Commissariat à l'énergie atomique
et aux énergies alternatives
Centre de Cadarache

P.G.S.E.

Présentation Générale de la Sûreté de l'Etablissement



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE
cea
CADARACHE

Indice G
Edition 11/2020

Centre CEA de Cadarache

Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement

PGSE

Indice G

Les chapitres suivants de la Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement (PGSE) du Centre de Cadarache sont mis à jour à l'indice indiqué :

- Chapitre « Constitution de la PGSE » indice G,
- Chapitre 6 du volume 2 « utilisation de l'espace » indice D.

Les chapitres indice F et C correspondants, contenus dans le classeur de la PGSE en votre possession, sont à remplacer par ces chapitres.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DE LA SÛRETÉ DE L'ÉTABLISSEMENT

CENTRE DE CADARACHE

CONSTITUTION DE LA PGSE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	ÉMISSION
F. HERVEOU DIMP/DCET/SESN/GSR	S. DARROUX DG/CEACAD/CSMN	Directeur du Centre de CADARACHE
Signature numérique de HERVEOU Frederic 171864 Date : 2020.11.05 15:31:59 +01'00'	Sylvain DARROUX Chef de la CSMN 6/11/2020	Jacques VAYRON Pour Didier DALLAVA Directeur Adjoint délégué à la Sûreté Sécurité

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004.
B	01/02/10	Mise à jour prenant en compte l'évolution des installations, les nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement ainsi que les demandes de l'ASN dans la lettre DRD n°0124 du 27 février 2008 et dans la lettre DRD n°0454 du 12 août 2008. *(Hors PUI traité par ailleurs)*
C	07/06/13	Mise à jour concernant le chapitre 1 du volume 1, le chapitre 5 du volume 2, les chapitres 1 et 3 du volume 3, le chapitre 5 du volume 4 et les chapitres 1, 2 et 3 du volume 5 avec : - prise en compte de la demande A1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-055555 du 24 octobre 2011 ; - prise en compte des demandes 1 et 10 transmises par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 ; - prise en compte des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement ; - prise en compte de l'évolution d'équipements et d'installations ; - mise à jour de la situation radiologique selon les résultats des mesures réalisées en 2011 ; - mise à jour des termes sources et conséquences selon l'étude d'impact réalisée en 2012.
D	13/11/14	Mise à jour concernant le chapitre 2 du volume 2, le chapitre 1 du volume 3, le chapitre 2 du volume 3 et le chapitre 6 du volume 4 avec : - prise en compte des demandes 1.1.1, 1.1.2 et 1.1.3 émises par l'ASN par lettre DRD n° 0454 du 12 août 2008 ; - prise en compte des demandes 1.1, 1.2, 1.3 émises par l'ASN par lettre CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012 ; - prise en compte de l'évolution d'équipements et d'installations ; - prise en compte de nouveaux textes réglementaires et d'organisation interne.

E	18/7/2016	Mise à jour concernant le chapitre 6 du volume 2 avec prise en compte : - des demandes formulées par l'ASN dans l'annexe au courrier CODEP-DRC-2012-007856 du 16/03/2012 et relatives à la PGSE chapitre Utilisation de l'espace Indice B, - de l'engagement D14 du CEA de l'annexe 3 du courrier CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 23 du 14/01/10 et la réévaluation des risques liés aux canalisations. - du dernier recensement de la population disponible, - des données agricoles suite au dernier Recensement Général Agricole de 2010 et au dernier schéma directeur de gestion de la forêt et des milieux naturels du CEA de Cadarache (2010-2019) de l'ONF, - de l'actualisation de l'étude des risques liés à l'aviation.
F	27/7/2017	Mise à jour concernant les chapitres 2, 3 et 5 du volume 2 et du chapitre 2 du volume 4 avec prise en compte : - des demandes formulées par l'ASN dans l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 et relative à la PGSE chapitres 2, 3 et 5 du volume 2 et du chapitre 2 du volume 4
G	11/2020	Mise à jour du chapitre 6 du volume 2 avec prise en compte de la demande [D-CAD/PGSE-10] de révision des probabilités de chute d'avion sur le Centre de Cadarache, émise par la lettre ASN CODEP-DRC-2020-002688 du 27 février 2020 suite à l'instruction de la PGSE indice E (courrier DG/CEA/CAD/CSN DO 546 du 27/08/2020). Nota : la prise en compte de cette demande intègre les actions prises par le CEA suite aux questions de l'IRSN formulées dans le cadre de l'instruction de la PGSE indice E (demande 14 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00539 du 17 octobre 2017 et demandes 5 et 6 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00628 du 4 décembre 2017 ; courriers CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 4 du 2 décembre 2017 et CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 111 du 27 février 2018.

SOMMAIRE

NOTE LIMINAIRE....5

RÈGLES DE NUMÉROTATION....5

PRÉSENTATION DU CONTENU DE LA PGSE....5

CONSTITUTION DU VOLUME 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CENTRE DE CADARACHE....6

CONSTITUTION DU VOLUME 2 : RAPPORT SITE....7

CONSTITUTION DU VOLUME 3 : INFRASTRUCTURES DU CENTRE....10

CONSTITUTION DU VOLUME 4 : ASSISTANCE AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE....11

CONSTITUTION DU VOLUME 5 : IMPACT DU CENTRE EN SITUATION NORMALE13

CONSTITUTION DU VOLUME 6 : PLAN D'URGENCE INTERNE....15

RÉFÉRENCES....16

NOTE LIMINAIRE

Le présent chapitre introductif à la *Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement* de Cadarache récapitule l'état des indices des différents Chapitres des Volumes 1 à 6.

Chaque chapitre peut être modifié de façon indépendante.

Chaque mise à jour de la PGSE même partielle entraîne l'incrémentation de l'indice de la version de la PGSE.

Cette édition actualise le chapitre 6 du volume 2.

Elle prend en compte :

- la demande [D-CAD/PGSE-10] de révision des probabilités de chute d'avion sur le Centre de Cadarache, émise par la lettre ASN CODEP-DRC-2020-002688 du 27 février 2020 [0.0.7] suite à l'instruction de la PGSE indice E.

Le plan-guide du Ministère de l'Industrie et de la Recherche [0.0.3] a servi de base pour la rédaction de ce document.

———————

RÈGLES DE NUMÉROTATION

Le mode de numérotation des chapitres, des références bibliographiques et des figures retenu est composé de trois chiffres, le premier correspondant au numéro du volume et le second au numéro du chapitre. Il est ainsi possible de lire une référence ou une figure et de la resituer dans le document. Ainsi :

[3.2.1] correspond à la référence bibliographique n°1 du Chapitre 2 *Chauffage,* du Volume 3 *Infrastructures du Centre.*

Figure 2.6.10 correspond à la figure n° 10 illustrant le Chapitre 6 *Utilisation de l'espace* du Volume 2 *Rapport site.*

———————

PRÉSENTATION DU CONTENU DE LA PGSE

La Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement de Cadarache est constituée de six volumes.

Les tableaux suivants indiquent par volume la date de diffusion et l'indice à jour de chaque chapitre. La synthèse des principales évolutions du chapitre par rapport à sa version précédente est également donnée.

CONSTITUTION DU VOLUME 1 : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CENTRE DE CADARACHE

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATIONS	REMARQUES
C	07/06/13	Chapitre 1 : Présentation du Centre de Cadarache	Non.	Pour rappel, modification pour l'indice C : - prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 [0.0.2] ; - prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement.

CONSTITUTION DU VOLUME 2 : RAPPORT SITE

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATIONS	REMARQUES
C	13/11/14	Chapitre 1 : Climatologie	Non	Pour rappel, modification pour l'indice C : prise en compte des demandes émises par l'ASN dans le courrier ASN/DRD 454 du 12 août 2008 (demandes 1.1.1, 1.1.2 et 1.3) [0.0.1] et dans le courrier ASN/CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012 (demandes 1.1, 1.2 et 1.3) [0.0.4], mise à jour des données météorologiques, prise en compte des études Météo France d'octobre et novembre 2009 relatives aux températures et aux vents extrêmes, modifications de forme.
C	05/07/2017	Chapitre 2 : Hydrologie	Non	Pour rappel, modification de l'indice C : Prise en compte des demandes 1.2, 6.1 et 6.2 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN [0.0.6] Mise à jour du débit de réserve de la Durance, correction du débit maximum de la crue de la Durance en 1994 Mise à jour de : § 2.2.1, 2.2.2, 2.3.1

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATIONS	REMARQUES
C	22/05/17	Chapitre 3 : Géologie et hydrogéologie	Non	Pour rappel, modification de l'indice C : Prise en compte des demandes 1.1, 2.1, 3, 4 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN [0.0.6]. Mise à jour de : § 2.3.2.2.2.1, § 2.3.2.2.2.4, § 2.3.2.6.2
B	01/02/10	Chapitre 4 : Sismologie	Non.	Pour rappel, modification pour l'indice B : prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes réglementaires, ainsi que des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008 [0.0.1].
D	02/09/16	Chapitre 5 : Situation radiologique de référence	Non	Pour rappel, modification de l'indice D : Prise en compte de la demande 5 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN [0.0.6].

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATIONS	REMARQUES
D	11/2020	Chapitre 6 : Utilisation de l'espace	Mise à jour du chapitre 6 du volume 2 avec prise en compte de la demande [D-CAD/PGSE-10] de révision des probabilités de chute d'avion sur le Centre de Cadarache, émise par la lettre ASN CODEP-DRC-2020-002688 du 27 février 2020 suite à l'instruction de la PGSE indice E. Nota : la prise en compte de cette demande intègre les actions prises par le CEA suite aux questions de l'IRSN formulées dans le cadre de l'instruction de la PGSE indice E (demande 14 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00539 du 17 octobre 2017 et demandes 5 et 6 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00628 du 4 décembre 2017 ; courriers CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 4 du 2 décembre 2017 et CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 111 du 27 février 2018.	Pour rappel, modification de l'indice C : Prise en compte : - des demandes formulées par l'ASN dans l'annexe au courrier CODEP-DRC-2012-007856 du 16/03/2012 [0.0.4] et relatives à la PGSE chapitre Utilisation de l'espace Indice B, - de l'engagement D14 du CEA de l'annexe 3 du courrier CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 23 du 14/01/10 [0.0.5] ainsi que de la réévaluation des risques liés à la canalisation, - du dernier recensement de la population disponible, - des données agricoles suite au dernier Recensement Général Agricole de 2010 et au dernier schéma directeur de gestion de la forêt et des milieux naturels du CEA de Cadarache (2010-2019) de l'ONF - de compléments relatifs aux canalisations et réévaluation des risques liés aux canalisations - de l'actualisation de l'étude des risques liés à l'aviation.

CONSTITUTION DU VOLUME 3 : INFRASTRUCTURES DU CENTRE

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATION	REMARQUES
D	13/11/14	Chapitre 1 : Électricité	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : réactualisation de la liste des GEM, réactualisation de l'ordre de priorité relative aux alimentations de remplacement pour l'INB 92 PHEBUS et l'INB 22 PEGASE.
C	13/11/14	Chapitre 2 : Chauffage	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : prise en compte des évolutions relatives à l'entreposage du fuel, compléments ou corrections en lien avec la chaufferie, prise en compte des nouveaux textes réglementaires et d'évolutions de l'organisation interne.
C	07/06/13	Chapitre 3 : Eau potable et effluents	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 [0.0.2] (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010) et prise en compte des évolutions.
B	01/02/10	Chapitre 4 : Télésurveillance	Non.	Pour rappel, modification de l'indice B : prise en compte de l'évolution des installations.
B	01/02/10	Chapitre 5 : Télécommunication	Non.	Pour rappel, modification de l'indice B : prise en compte de l'évolution des installations.

CONSTITUTION DU VOLUME 4 : ASSISTANCE AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATION	REMARQUES
B	01/02/10	Chapitre 1 : Organisation de la sûreté, qualité	Non.	Pour rappel, modification de l'indice B : mise à jour s'appuyant sur le Manuel de Management QSE du Centre et tenant compte de la nouvelle cartographie des processus ; prise en compte des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008 [0.0.1].
C	02/02/17	Chapitre 2 : Surveillance et protection radiologique du personnel	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : Prise en compte de la demande 8.1 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN [0.0.6]. Mise à jour des références et des § 4.2.5.1 et 4.2.5.3.
B	01/02/10	Chapitre 3 : Surveillance et interventions médicales liées aux activités nucléaires	Non.	Pour rappel, modification de l'indice B : mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation.
B	01/02/10	Chapitre 4 : Protection des personnes et des biens – Formation Locale de Sécurité	Non.	Pour rappel, modification de l'indice B : mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation.
C	07/06/13	Chapitre 5 : Traitement des déchets[1]	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : prise en compte des nouveaux textes de l'établissement.

[1] Dénommé *Assainissement radioactif et chimique* dans le plan guide

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATION	REMARQUES
C	13/11/14	Chapitre 6 : Transports radioactifs sur le Centre	Non.	Pour rappel, modification de l'indice C : Prise en compte de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base, précision sur l'organisation, reformulation des paragraphes relatifs aux matériels et aux exigences de sûreté.

CONSTITUTION DU VOLUME 5 : IMPACT DU CENTRE EN SITUATION NORMALE

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATION	REMARQUES
C	07/06/13	Chapitre 1 : Contrôle des rejets du site et rejets et transferts des installations	Non.	Pour rappel, modification pour l'indice C : - prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 [0.0.2], relative à la prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010 ; - prise en compte de la Décision n° 2011-DC-0208 de l'ASN du 27 janvier 2011 ; - prise en compte de la prise en charge des effluents liquides radioactifs par l'ICPE 312 (bonbonnes) et par la STEL de Marcoule (cuves) suite à l'arrêt de la prise en charge par la STE de Cadarache (INB 37 – STEDS) ; - mise à jour des références ; - prise en compte des 2 bassins de rejets supplémentaires.
C	07/06/13	Chapitre 2 : Surveillance du site et de l'environnement	Non.	Pour rappel, modification pour l'indice C : prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 [0.0.2] (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010).

INDICE	DATE	INTITULÉ	MODIFICATION	REMARQUES
C	07/06/13	Chapitre 3 : Rejets à l'environnement et conséquences des rejets radioactifs et toxiques chimiques	Non.	Pour rappel, modification pour l'indice C : - prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 [0.0.2] (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0172 de l'ASN du 5 janvier 2010) ; - mise à jour des données selon l'« Étude d'impact du Centre CEA Cadarache – février 2012 ».

CONSTITUTION DU VOLUME 6 : PLAN D'URGENCE INTERNE

INDICE	DATE	INTITULE	MODIFICATION	REMARQUES
Ind. 12 à la date de parution de la présente PGSE (*)	05/2020	Plan d'Urgence Interne	Le PUI, qui constitue le volume 6 de la PGSE, est mis à jour de façon indépendante des autres volumes de la PGSE. (*) Pour connaître l'indice en vigueur du PUI, se reporter au PUI lui-même.	

RÉFÉRENCES

[0.0.1] Lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.

[0.0.2] Lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011.

[0.0.3] Plan-Guide pour la rédaction du rapport de Présentation Générale de la Sûreté de l'Établissement (PGSE) - Courrier du Ministère de l'Industrie et de la Recherche - Direction Générale de l'Industrie - Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires - N° 6301 du 2 décembre 1983.

[0.0.4] Lettre CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012

[0.0.5] Lettre CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 23 du 14 janvier 2010

[0.0.6] Lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015

[0.0.7] Lettre ASN CODEP-DRC-2020-002688 du 27 février 2020

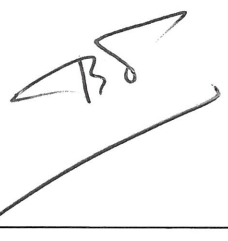
VOLUME 1

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CENTRE DE CADARACHE

CHAPITRE 1 : PRÉSENTATION DU CENTRE DE CADARACHE

VOLUME 1 - CHAPITRE 1

PRÉSENTATION DU CENTRE DE CADARACHE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	P. BATTESTI DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement.
C	12/02/13	Prise en compte de la demande 10 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011. Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement.

SOMMAIRE

1.1.1 GÉNÉRALITÉS 4
1.1.1.1 DÉSIGNATION 4
1.1.1.2 LOCALISATION DU CENTRE DE CADARACHE 4
1.1.1.3 VOCATION 5
1.1.1.4 ÉVOLUTION DU CENTRE 5
1.1.2 ADMINISTRATION DU CENTRE 5
1.1.2.1 ORGANISATION GÉNÉRALE DU CENTRE 5
1.1.2.2 ATTRIBUTIONS EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ET DE SÛRETÉ 6
1.1.2.2.1 Missions et responsabilités du Directeur de Centre 6
1.1.2.2.2 Missions et responsabilités du Chef d'Installation ou du Responsable de Contrat d'Installation 7
1.1.2.2.3 Moyens de soutien 7
1.1.2.2.4 Fonction de contrôle 7
1.1.2.2.5 Le Règlement intérieur 8
1.1.2.2.6 Responsabilités à l'occasion des travaux effectués par les entreprises extérieures 8
1.1.3 LISTE DES INSTALLATIONS 9
1.1.3.1 INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE 9
1.1.3.1.1 INB Exploitées par le CEA Cadarache 9
1.1.3.1.2 INB exploitées par AREVA NC 13
1.1.3.1.3 Installations Individuelles de l'INBS-PN exploitées par AREVA TA 14
1.1.3.1.4 Liste récapitulative des INB 15
1.1.3.2 INSTALLATIONS DU CENTRE SUSCEPTIBLES D'INFLUER SUR LA SÛRETÉ DES INB 16
1.1.3.2.1 ICPE nucléaires 17
1.1.3.2.2 ICPE non nucléaires 18
1.1.3.2.3 Autres installations 19
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 20
LISTE DES FIGURES 21
FIGURES 21

1.1.1 GÉNÉRALITÉS

1.1.1.1 DÉSIGNATION

Le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) a été créé en 1945. Il s'agit d'un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) qui constitue un acteur majeur en matière de recherche, de développement et d'innovation.

Les principaux thèmes de recherche du Commissariat à l'Énergie Atomique sont les suivants :

- la maîtrise de l'atome pour la recherche, l'énergie, l'industrie, la santé et la défense,
- la recherche fondamentale,
- la sûreté nucléaire,
- la protection du vivant et de l'environnement.

Les activités du CEA sont réparties sur neuf centres de recherche (cinq centres à caractère civil et quatre centres pour les applications militaires). Les centres civils ont été créés successivement à Fontenay-aux-Roses, à Saclay, à Grenoble puis à Cadarache et dans la Vallée du Rhône (Marcoule/Pierrelatte). Le centre de Cadarache a été créé en 1959.

Le CEA comprend [1.1.1] :

- *la Direction générale ;*
- *les pôles opérationnels, aux quels sont rattachées les directions de Centre :*
  - *le Pôle défense (Direction des Applications Militaires (DAM)),*
  - *le Pôle nucléaire (Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN)),*
  - *le Pôle recherche technologique (Direction de la Recherche Technologique (DRT)),*
  - *le Pôle sciences de la matière (Direction des Sciences de la Matière (DSM)),*
  - *le Pôle sciences du vivant (Direction des Sciences du Vivant (DSV)) ;*
- *les directions de programme transversal ou d'objectifs transversaux, rattachées aux pôles opérationnels ;*
- *les pôles fonctionnels, qui comprennent les directions fonctionnelles :*
  - *le Pôle Maîtrise des Risques (MR),*
  - *le Pôle Gestion des Systèmes d'Information (GSI),*
  - *le Pôle Stratégie et Relations Extérieures (SRE),*
  - *le Pôle Ressources Humaines et Formation (RHF).*

Les orientations stratégiques et les missions du Pôle nucléaire, dont fait partie Cadarache, sont fixées par la Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN). L'organisation et les missions de la DEN sont définies par la Note d'Instruction Générale (NIG) n° 582 [1.1.2]. Les axes essentiels de ces missions sont [1.1.2] :

- *la préparation des systèmes nucléaires du futur,*
- *les études sur la gestion des déchets radioactifs,*
- *le soutien aux industriels pour les technologies actuelles,*
- *la gestion rigoureuse des activités nucléaires présentes et passées du CEA,*
- *le maintien au plus haut niveau des connaissances et des moyens du CEA pour les applications civiles de l'énergie nucléaire.*

1.1.1.2 LOCALISATION DU CENTRE DE CADARACHE

Implanté sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance, dans les Bouches-du-Rhône (13), le centre de Cadarache se situe à 35 km au Nord Est d'Aix-en-Provence et à 60 km de Marseille. Situé aux confins des départements des Alpes-de-Haute-Provence, du Var et du Vaucluse et à la confluence de la Durance

et du Verdon (cf. carte de situation en Figure 1.1.1), le site s'étend sur 1 600 hectares, dont environ 900 clôturés.

1.1.1.3 VOCATION

Au sein de la Direction de l'énergie nucléaire (DEN), le CEA/Cadarache est chargé de mener des activités de recherche et de développement dans les domaines suivants [1.1.3] :

- *neutronique et physique nucléaire,*
- *physico-chimie et sciences des matériaux,*
- *thermo-hydraulique et physique des transferts,*
- *technologies au profit des activités liées au développement de l'énergie nucléaire (combustibles, réacteurs, génie des procédés, instrumentation et mesures nucléaires),*
- *conception, ingénierie et exploitation des installations nucléaires.*

Le Centre de Cadarache accueille l'Agence ITER-France (AIF) et des unités implantées de la Direction de la Recherche Technologique (DRT), de la Direction des Sciences de la Matière (DSM), de la Direction des Sciences du Vivant (DSV), de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN) et de la Direction des Applications Militaires (DAM). Des entreprises et organismes extérieurs sont également hébergés à l'intérieur du site (AREVA NC, AREVA TA, AREVA NP Intercontrôle, IRSN, …).

Pour l'ensemble de ces activités, environ 5200 personnes travaillent sur le site dont environ 2150 salariés CEA. À la date de publication du présent rapport, le Centre comprend 20 Installations Nucléaires de Base (INB) à usage civil et une Installation Nucléaire de Base Secrète Propulsion Navale (INBS-PN) et comporte 36 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) hors INB ainsi qu'une dizaine d'ICPE appartenant à l'IRSN.

1.1.1.4 ÉVOLUTION DU CENTRE

Par rapport à la précédente version de la PGSE, il n'a pas été identifié de nouvelles évolutions au titre des INB. Pour rappel, les principales évolutions indiquées dans la précédente version de la PGSE étaient, d'une part le retrait de l'INB 121 (IRCA) et de l'INB 41 (HARMONIE) de la liste des INB pour raison de déclassement, et d'autre part la création des INB 164 (CEDRA), 169 (MAGENTA), 171 (AGATE) et 172 (RJH). A l'issue de leur future mise en service l'INB 172 (RJH) et l'INB 171 (AGATE) viendront renouveler ou accroître le potentiel de recherche et de service du Centre. D'autres installations en phase de cessation définitive d'activité ou de démantèlement seront à termes retirées de la liste des INB. Le plan d'ensemble du Centre est présenté en Figure 1.1.2.

1.1.2 ADMINISTRATION DU CENTRE

1.1.2.1 ORGANISATION GÉNÉRALE DU CENTRE

Le CEA Cadarache comprend [1.1.3] :

- un échelon Direction, composé de :

- *un directeur,*
- *un directeur adjoint,*
- *un directeur délégué à la sûreté et à la sécurité, également officier de sécurité du Centre,*
- *un adjoint au directeur,*
- *l'Ingénieur Sécurité d'Établissement (ISE),*
- *d'assistants et de chargés de mission, en tant que de besoin et en nombre limité ;*

- cinq départements scientifiques et techniques :

- *le Département d'Études des Combustibles (DEC),*
- *le Département d'Études des Réacteurs (DER),*
- *le Département de Technologie Nucléaire (DTN),*

- *le Département des Projets d'Installations et d'Emballages (DPIE),*
- *le Département de Services Nucléaires (DSN),*

- deux départements de support et de soutien :

- *le Département des Services de Sécurité (D2S),*
- *le Département de Support Technique et Gestion (DSTG).*

Sont directement rattachées à l'échelon Direction :

- la Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN),

- la Cellule Qualité, Sécurité, Environnement (CQSE),

- l'Unité de Communication et Affaires Publiques (UCAP),

- la Cellule Animation scientifique et Actions régionales (C2A).

La NIG n°609 [1.1.3] décrit les attributions de chaque département du Centre.

Un système de management de la qualité, décrit dans le chapitre 1 du volume 4, a été instauré en cohérence avec la politique qualité de la Direction générale du CEA et de la DEN.

1.1.2.2 ATTRIBUTIONS EN MATIÈRE DE SÉCURITÉ ET DE SÛRETÉ

Les principes qui régissent l'organisation de la sécurité au CEA sont présentés dans la NIG n° 613 [1.1.5] (au sens de la NIG, la sécurité recouvre les activités de plusieurs domaines dont la sécurité classique, la sûreté nucléaire, la radioprotection, la gestion des matières nucléaires, la gestion de crise).

Les missions et responsabilités exercées dans le domaine de la sécurité au CEA se répartissent entre [1.1.5] :

- *la ligne d'action, qui intègre le contrôle de premier niveau,*
- *la fonction de soutien,*
- *le contrôle de deuxième niveau,*

autour de trois niveaux :

- *l'Administrateur Général,*
- *le Directeur de Centre,*
- *le Chef d'Installation ou lorsque la conduite complète d'une installation est confiée à une entreprise extérieure, le Responsable de Contrat d'Installation (RCI),*

à l'aide des moyens alloués par la ligne hiérarchique (directeur de pôle opérationnel, chef de département, directeur ou chef d'institut), conformément aux modalités précisées dans [1.1.5].

1.1.2.2.1 Missions et responsabilités du Directeur de Centre

Les missions et attributions du Directeur de Centre sont présentées dans la NIG n° 613 [1.1.5].et la NIG n° 465 [1.1.4].

Le Directeur du Centre est responsable e la sécurité générale du Centre. Cette responsabilité recouvre la sécurité des personnes, des biens, des installations, des informations, des matières nucléaires, de l'environnement et des transports.

Il met en œuvre la politique de sécurité et la politique de sécurité nucléaire définies par la Direction Générale et participe à son élaboration.

Le Directeur de Centre est le représentant local du CEA, en tant qu'exploitant des installations nucléaires ou non, vis-à-vis des autorités administratives. Il est responsable de la fonction de contrôle (dite « de deuxième niveau ») dans les domaines de la sécurité et de la sûreté nucléaire pour l'ensemble des installations et activités présentes sur son Centre, y compris celles des unités implantées, en s'assurant

de l'indépendance entre la fonction de contrôle, d'une part, et la ligne d'action et les moyens de soutien, d'autre part.

1.1.2.2.2 Missions et responsabilités du Chef d'Installation ou du Responsable de Contrat d'Installation

Les **Chefs d'Installation**, les **Responsables de Contrat d'Installation** ainsi que leurs suppléants sont nommés par le Directeur de Centre, sur proposition du Chef de Département ou du Directeur ou Chef d'Institut, avec avis conforme du Directeur du PMR et après accord, le cas échéant, du Directeur dont relèvent les unités implantés [1.1.5].

Par délégation du Directeur du Centre, le Chef d'Installation détermine et conduit les actions préventives et correctives permettant d'assurer la maîtrise des risques inhérents à leur installation, dans tous les domaines de la sécurité, conformément au référentiel de sécurité et/ou de sûreté nucléaire applicable.

Par délégation du Directeur du Centre, le Responsable de Contrat d'Installation veille à ce que l'entreprise extérieure chargée de la conduite complète de l'installation, qualifiée d'« Opérateur Technique » (OT), détermine et conduise les actions préventives et correctives permettant d'assurer la maîtrise des risques inhérents à l'installation, dans tous les domaines de la sécurité, conformément au référentiel de sécurité et/ou de sûreté nucléaire applicable.

À chaque échelon, les responsables organisent le contrôle interne, dit de premier niveau, sur les activités et installations placées sous leur autorité afin de garantir la sécurité nucléaire. Ils rendent compte de leur action à l'autorité dont ils relèvent.

1.1.2.2.3 Moyens de soutien

Le Directeur de Centre, sous l'autorité du directeur de pôle, met à la disposition des responsables de la ligne d'action :

- un appui méthodologique et opérationnel dans le domaine de la sûreté nucléaire assuré par le Service d'Assistance en Sûreté et Sécurité (SA2S) rattachée au DPIE [1.1.6]. L'Ingénieur Criticien du Centre (ICC) chargé du conseil aux unités en matière de criticité est rattaché au SA2S ;

- un Département des Services de Sécurité (D2S) regroupant les services supports suivants [1.1.7] :

- le Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) (cf. volume 4 - chapitre 2),
- la Formation Locale de Sécurité chargée du gardiennage du Centre et des bâtiments, du maintien de la sécurité ainsi que de l'intervention sur incendie et accidents (cf. volume 4 - chapitre 4),
- le Service de Santé au Travail (SST), (cf. volume 4 – chapitre 3),
- le Laboratoire d'Analyses Biologiques et Médicales (LABM), (cf. volume 4 - chapitre 3) ;

- un Département de Support Technique et Gestion (DSTG) [1.1.8] comprenant notamment :

- le Service Technique et Logistique (STL),
- le Service des Technologies de l'Information et Communication (STIC).

1.1.2.2.4 Fonction de contrôle

Au sens de la NIG 613 [1.1.5], sont distingués :

- *le contrôle de premier niveau :*
  - *. qui porte sur l'application des procédures et des règles définies au titre de la sécurité,*
  - *et qui répond aux exigences réglementaires en matière de contrôle technique des activités concernées par la sécurité ;*
- *le contrôle de deuxième niveau :*
  - *qui porte sur :*
    - *la vérification par sondage, de l'application des procédures et des règles et de l'efficacité du contrôle de premier niveau ;*

- *l'évaluation de l'adéquation et de l'efficacité du fonctionnement de l'organisation ;*

- *et qui répond aux exigences réglementaires en matière de vérification et d'évaluation des activités concernées par la sécurité.*

Le Directeur de Centre est responsable de la fonction de contrôle (dite « de deuxième niveau ») dans les domaines de la sécurité et de la sûreté nucléaire pour l'ensemble des installations et activités présentes sur son Centre, y compris celles des unités implantées [1.1.4]. Il s'appuie notamment pour cela sur la Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN) et la Cellule Qualité, Sécurité, Environnement (CQSE) rattachées à l'échelon Direction.

À ce titre, la CSMN est notamment chargée du contrôle de deuxième niveau, au sens de l'article 9 de l'arrêté du 10 août 1984 pour les Installations Nucléaires de Base (INB) et les Installations Individuelles de l'INBS-PN, les documents généraux du Centre (PUI, PGSE, Études Déchets, …), les sources et les transports de matières radioactives [1.1.9].

Au sein de la CQSE, l'Ingénieur Sécurité d'Établissement (ISE) est notamment chargée d'exercer la fonction de contrôle au sens de l'organisation de la sécurité au CEA, notamment au regard de l'application de la législation et de la réglementation en matière de sécurité du travail [1.1.9].

1.1.2.2.5 Le Règlement intérieur

Le Règlement intérieur a pour objet de préciser l'application dans l'établissement :

- des règles générales et permanentes relatives à la discipline,
- de la réglementation en matière d'hygiène et sécurité,

Il ne peut contrevenir aux dispositions du Code du Travail.

Il rappelle les dispositions de la Convention de Travail relatives à la discipline ainsi que les garanties dont le personnel bénéficie quant à sa procédure de mise en œuvre.

Les dispositions de ce règlement s'appliquent aux salariés du CEA, des filiales et des entreprises extérieures intervenant sur le Centre sans préjudice des obligations qui découlent des responsabilités des chefs d'entreprises extérieures ou de filiales et des compétences des Commissions Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT) de ces entreprises.

Le Règlement Intérieur est disponible au Service du Personnel et des Affaires Sociales (SPAS) et déposé dans les secrétariats des unités. Chaque salarié CEA en possède un exemplaire. Il a été mis à jour en septembre 2001. Le cas des intervenants autres que CEA est traité ci-après.

1.1.2.2.6 Responsabilités à l'occasion des travaux effectués par les entreprises extérieures

La convention de travail rappelle l'obligation des responsables du CEA de faire respecter par les entreprises les règles de prévention appliquées au CEA, et le droit de s'assurer du respect par ces entreprises des lois et règlements en vigueur.

Le Règlement intérieur du Centre précise, dans la partie hygiène et sécurité, les mesures de sécurité à observer par les entreprises du fait de leur présence et des travaux qu'elles effectuent. Il est remis à chaque entreprise contractante. Chaque agent d'entreprise reçoit, avec son laissez-passer, une fiche reprenant l'ensemble des consignes de sécurité applicables sur le Centre.

Les dispositions énumérées ci-dessus ne préjugent en aucune façon de la responsabilité du chef d'entreprise vis-à-vis de son personnel, de son matériel et des dommages causés au personnel et au matériel du CEA du fait des travaux effectués.

1.1.3 LISTE DES INSTALLATIONS

1.1.3.1 INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

1.1.3.1.1 INB Exploitées par le CEA Cadarache

1.1.3.1.1.1 INB du Département de Services Nucléaires (DSN)

Les tableaux suivants présentent les INB gérées par le Département de Services Nucléaires (DSN).

Le DSN, dont les missions et l'organisation dont décrites dans la circulaire CEA/Cadarache n°95 [1.1.10], gère notamment les installations du CEA Cadarache affectées au traitement, au conditionnement, à la caractérisation et à l'entreposage des déchets radioactifs, celles affectées à l'entreposage des combustibles usés et de matières nucléaires, ainsi que les installations en assainissement-démantèlement du Centre.

INB 22-PEGASE-CASCAD	
Description	Installation d'entreposage sous eau de combustibles irradiés et de fûts de sous-produits de fabrication d'éléments combustibles (Pégase) et d'entreposage à sec de combustibles nucléaires irradiés (Cascad).
Autorisation	Décret d'autorisation de création de Pégase (entreposage) du 17/04/1980 modifié par décret du 04/09/1989 (autorisation de création de Cascad).
Remarques	A l'origine l'installation Pégase avait pour vocation le test en vraie grandeur d'éléments combustibles de réacteurs refroidis au gaz. A l'arrêt depuis le 19/12/1975.
Figure	Figure 1.1.3

INB 25-RAPSODIE-LDAC	
Description	Réacteur à neutrons rapides en démantèlement (Rapsodie). Laboratoire de Découpage et d'examens après irradiation des Assemblages Combustibles (LDAC). Réacteur de neutronographie : examen des aiguilles d'assemblages combustibles (bâtiment LDAC).
Autorisation	Rapsodie déclaré par lettre SJC 64.590 du 27/05/1964. Autorisation de mise en exploitation LDAC : CSIA 66-226 du 20/12/1966. Autorisation de mise en exploitation réacteur de neutronographie : CSIA 70-136 du 17/04/1970.
Remarques	Rapsodie est à l'arrêt depuis le 15/04/1983 et en cours d'assainissement. Le réacteur de neutronographie est à l'arrêt depuis 1992. Le LDAC est à l'arrêt depuis 1997. À l'intérieur du périmètre de l'INB, des laboratoires d'analyse restent en fonctionnement.
Figure	Figure 1.1.5

INB 37-STED	
Description	Station de Traitement des Effluents et des Déchets. Composée d'une station de traitement des effluents (STE) et d'une station de traitement des déchets (STD). La STE assure le traitement par évaporation des effluents liquides suivi de l'enrobage des concentrats dans une matrice en ciment. La STD traite et conditionne les déchets solides.
Autorisation	Déclarée comme INB par lettre SJC 64.590 du 27/05/1964.
Remarques	Conformément à la Décision n° 2011-DC-0208 de l'ASN du 27 janvier 2011, la STE ne réceptionne plus de nouveaux effluents radioactifs $\beta\gamma$ depuis le 1er janvier 2012 et l'utilisation des ateliers de traitement de la STE devra prendre fin au plus tard deux ans après l'arrêt de la réception dans l'installation des effluents $\beta\gamma$. La STE sera, à terme, remplacée par l'INB 171 AGATE.
Figure	Figure 1.1.7

INB 52-ATUE	
Description	Atelier d'Uranium Enrichi.
Autorisation	Autorisation de création de 1962. Déclarée comme INB par lettre SJC 68.036 du 08/01/1968. Décret n°2006-154 du 8 février 2006 autorisant la mise à l'arrêt définitif et le démantèlement.
Remarques	Arrêt des activités (hors incinérateur) en 1995. Arrêt de l'incinérateur en 1997. Cessation définitive d'exploitation en 2005. Démantèlement en cours.
Figure	Figure 1.1.10

INB 53-MCMF	
Description	Le Magasin Central de Matières Fissiles entrepose des matières nucléaires non irradiées, gère les flux de matières entre les centres nucléaires, les centres de production, les établissements industriels nationaux et certains pays étrangers.
Autorisation	Agrément de la CSIA pour la construction du bâtiment principal (62-54 du 26/06/1962) et son extension (63-83 du 2/07/1963). Déclarée comme INB par lettre SJC 68.036 du 08/01/1968.
Remarques	Les matières présentent dans le MCMF sont en cours de transfert vers l'INB 169 MAGENTA. Cette installation sera à terme remplacée par l'INB 169.
Figure	Figure 1.1.11

INB 56-Parc d'entreposage	
Description	Entreposage en surface de déchets solides en attente d'évacuation (hangars et fosses). Entreposage en piscine de combustibles irradiés expérimentaux en transit. Entreposage en tranchées de déchets radioactifs produits par les installations du Centre.
Autorisation	Déclarée comme INB par lettre SJC 68.036 du 08/01/1968. Autorisation de mise en service des tranchées en 1969.
Remarques	Tranchées exploitées de 1969 à 1974. Tranchées en cours d'assainissement.
Figure	Figure 1.1.14

INB 156-CHICADE	
Description	Laboratoire de recherche et développement sur les déchets nucléaires : traitement de déchets liquides aqueux, décontamination, conditionnement des déchets solides, expertise et contrôle de colis de déchets conditionnés.
Autorisation	Décret de création du 29/03/1993.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.18

INB 164-CEDRA	
Description	Traitement et entreposage des déchets faiblement et moyennement radioactifs.
Autorisation	Décret de création du 5/10/2004. Autorisation de mise en exploitation de la tranche A du 20/04/2006.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.19

INB 169-MAGENTA	
Description	Caractérisation, conservation et conditionnement des matières nucléaires.
Autorisation	Décret de création 2008-1004 du 25 septembre 2008.
Remarques	L'INB 169 remplace l'INB 53 MCMF. L'INB 169 est en cours de remplissage.
Figure	Figure 1.1.20

INB 171-AGATE	
Description	Traitement des effluents liquides radioactifs.
Autorisation	Décret de création n°2009-332 du 25 mars 2009.
Remarques	L'INB 171 remplacera la STE de l'INB 37.
Figure	Figure 1.1.21

1.1.3.1.1.2 INB du Département d'Études des Combustibles (DEC)

Les tableaux suivants présentent les INB exploitées par le Département d'Études des Combustibles (DEC).

Le DEC, dont les missions et l'organisation dont décrites dans la circulaire CEA/Cadarache n°85 [1.1.11], assure notamment l'exploitation des installations nécessaires à la fabrication des combustibles et aux examens post-irradiatoires.

INB 55-LECA/STAR	
Description	Laboratoire d'Examen des Combustibles Actifs (LECA) : examens destructifs et non destructifs sur des éléments combustibles ainsi que sur des matériaux fortement irradiés provenant de réacteurs expérimentaux et de réacteurs des différentes filières nucléaires. Station de Traitement, d'Assainissement et de Reconditionnement des combustibles irradiés (STAR) : stabilisation et reconditionnement avant traitement des éléments combustibles provenant de la filière uranium naturel – graphite – gaz.
Autorisation	Autorisation d'exploitation du LECA par la CCSIA du 17/06/1964. LECA déclaré comme INB par lettre SJC 68.036 du 08/01/1968. Décret de création de STAR du 04/09/1989.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.13

INB 123-LEFCA	
Description	Laboratoire d'Études et de Fabrication expérimentales de Combustibles nucléaires Avancés : études sur le plutonium, l'uranium, les actinides et leurs composés sous toutes leurs formes (alliages, céramiques, composites) en vue de leur application aux réacteurs nucléaires.
Autorisation	Décret de création du 23/12/1981.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.17

1.1.3.1.1.3 INB du Département d'Études des Réacteurs (DER)

Les tableaux suivants présentent les INB gérées par le Département d'Études des Réacteurs (DER).

Le DER, dont les missions et l'organisation dont décrites dans la circulaire CEA/Cadarache n°92 [1.1.12], assure l'exploitation des réacteurs expérimentaux du Centre.

INB 39-MASURCA	
Description	Réacteur d'essais maquette critique, où des expériences de neutronique sur les cœurs de la filière des réacteurs à neutrons rapides sont réalisées.
Autorisation	Décret de création du 14/12/1966.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.8

INB 42-EOLE	
Description	Réacteur d'essais, maquette critique de type piscine à eau lourde ou légère afin d'études neutroniques de réseaux modérés (puissance 1kW). Le grand diamètre de la cuve peut permettre d'accueillir des cœurs de dimensions variées.
Autorisation	Décret de création du 23/06/1965.
Remarques	Le réacteur se situe dans le même bâtiment que le réacteur MINERVE (INB 95).
Figure	Figure 1.1.9

INB 95-MINERVE	
Description	Réacteur d'essais, maquette critique de type piscine. Sa cavité centrale étant de dimension variable, cette installation dispose d'une grande souplesse de fonctionnement.
Autorisation	Décret de création du 21/09/1977.
Remarques	Le réacteur se situe dans le même bâtiment que le réacteur EOLE (INB 42).
Figure	Figure 1.1.16

INB 24-CABRI	
Description	Réacteur expérimental de type piscine à eau légère destiné à l'étude des combustibles de réacteurs soumis à des régimes accidentels ou incidentels ainsi qu'aux études associées.
Autorisation	Déclaré comme INB par lettre SJC 64.590 du 27/05/1964. Décret de modification 2006-320 du 20/03/2006.
Remarques	L'installation est en cours de modification pour installer une nouvelle boucle expérimentale pour tester les éléments combustibles des réacteurs à eau sous pression.
Figure	Figure 1.1.4

INB 92-PHEBUS	
Description	Réacteur d'essais de type piscine à barreaux d'oxyde d'uranium faiblement enrichi. De fonctionnement intermittent, l'installation est un outil pour l'étude des hypothèses d'accident pouvant affecter un réacteur à eau sous pression. Extension PF : installation de simulation du comportement et du transport des produits de fission (PF) dans l'environnement en cas de fusion du cœur.
Autorisation	Décret de création N° 77-801 du 05/07/1977. Décret de modification de Phébus pour la réalisation des programmes PF N° 91-1154 du 07/11/1991.
Remarques	-
Figure	Figure 1.1.15

INB 172-RJH	
Description	Réacteur d'irradiation à haut flux de neutrons.
Autorisation	Décret de création N° 2009-1219 du 12/10/2009.
Remarques	L'INB 172 est en cours de construction. Projet en partenariat national et international. Le RJH sera amené à prendre le relais du réacteur OSIRIS de Saclay.
Figure	-

1.1.3.1.2 INB exploitées par AREVA NC

Les tableaux suivants présentent les INB du CEA Cadarache dont l'exploitant technique opérationnel est AREVA-NC.

INB 32-ATPu	
Exploitant technique	AREVA-NC
Description	Atelier de Technologie du Plutonium : fabrication de combustibles à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (homogénéisation, pastillage, frittage, gainage).
Autorisation	Déclarée comme INB par lettre SJC 64.590 du 27/05/1964. Décret n°2009-263 du 6 mars 2009 autorisant à procéder aux opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.
Remarques	En fonction depuis 1962. L'ATPu a cessé toute activité commerciale en juillet 2003 pour entrer dans une phase de traitement des rebuts, de reconditionnement des matières et d'assainissement. Il est entré en phase de démantèlement début 2009.
Figure	Figure 1.1.6

INB 54-LPC	
Exploitant technique	AREVA-NC
Description	Le Laboratoire de Purification Chimique assure les opérations de contrôle des combustibles fabriqués à l'ATPu ainsi que le suivi des opérations de traitement des rebuts.
Autorisation	Déclarée comme INB par lettre SJC 68.036 du 08/01/1968. Décret n° 2009-262 du 6 mars 2009 autorisant à procéder aux opérations de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement.
Remarques	Mise en service en 1965. Le LPC a cessé toute activité commerciale en juillet 2003 pour entrer dans une phase de traitement des rebuts, de reconditionnement des matières et d'assainissement. Il est entré en phase de démantèlement début 2009. Il est entré en phase de démantèlement début 2009.
Figure	Figure 1.1.12

1.1.3.1.3 Installations Individuelles de l'INBS-PN exploitées par AREVA TA

Les tableaux suivants présentent les Installations Individuelles de l'INBS-PN du CEA Cadarache dont l'Exploitant Technique Opérationnel est AREVA-TA.

RNG	
Exploitant technique	AREVA-TA
Description	Réacteur Nouvelle Génération. Réacteur de qualification et d'entraînement du programme nucléaire naval pour la Marine Nationale.
Autorisation	Autorisation de chargement du RNG donnée le 09/06/1989 par CCSIA/89-174.
Remarques	Le RNG est une transformation de la CAP (Chaufferie Avancée Prototype), ancienne INB 82. Arrêt définitif en octobre 2005.
Figure	-

PAT	
Exploitant technique	AREVA-TA
Description	Prototype à Terre. Réacteur de qualification et d'entraînement du programme nucléaire naval pour la Marine Nationale.
Autorisation	Autorisation définitive CSIA/65-135 du 28/01/1965.
Remarques	En fonction depuis 1964. Mise à l'arrêt définitif en 1992.
Figure	-

AZUR	
Exploitant technique	AREVA-TA
Description	Réacteur « pile critique » qui permet de tester les cœurs neufs des réacteurs nucléaires de propulsion navale.
Autorisation	Autorisation de construction donnée par décision 61-29 du 27/06/1961.
Remarques	-
Figure	-

FSMC	
Exploitant technique	AREVA-TA
Description	Fabrication Stockage Manutention de Combustible. FSMC permet l'étude et la fabrication des combustibles nucléaires utilisés par la Marine Nationale.
Autorisation	Autorisation de construction donnée par la décision HC/CD 80-300 du 04/12/1980. Autorisation de poursuite d'exploitation HC/00-343 DDSN/00-259 du 18/10/2000
Remarques	-
Figure	-

RES	
Exploitant technique	AREVA-TA
Description	Réacteur expérimental d'essais.
Autorisation	Autorisation de construction donnée par décision HC/99-372 du 02/08/99.
Remarques	Le RES est composé d'une partie piscine et d'une partie réacteur. L'installation RES piscine permettant l'entreposage et l'examen des combustibles irradiés, est en exploitation depuis octobre 2005. A terme, le RES remplacera le RNG.
Figure	-

La zone AREVA-TA est soumise à des règles de protection du secret de Défense Nationale. La modification de l'INBS-PN pour y intégrer le RES a été autorisée par Décret du 31/07/03.

1.1.3.1.4 Liste récapitulative des INB

Le tableau suivant récapitule l'ensemble des 20 INB civiles du Centre de Cadarache et des Installations Individuelles (II) de l'INBS-PN.

n° INB	Nom INB ou II INBS-PN	Département / Exploitant technique	Figure correspondante
22	PEGASE-CASCAD	DSN	Figure 1.1.3
24	CABRI	DER	Figure 1.1.4
25	RAPSODIE-LDAC	DSN	Figure 1.1.5
32	ATPu	AREVA NC	Figure 1.1.6
37	STED	DSN	Figure 1.1.7
39	MASURCA	DER	Figure 1.1.8
42	EOLE	DER	Figure 1.1.9
52	ATUE	DSN	Figure 1.1.10
53	MCMF	DSN	Figure 1.1.11
54	LPC	AREVA NC	Figure 1.1.12
55	LECA-STAR	DEC	Figure 1.1.13
56	Parc d'entreposage	DSN	Figure 1.1.14
92	PHEBUS	DER	Figure 1.1.15
95	MINERVE	DER	Figure 1.1.16
123	LEFCA	DEC	Figure 1.1.17
156	CHICADE	DSN	Figure 1.1.18
164	CEDRA	DSN	Figure 1.1.19
169	MAGENTA	DSN	Figure 1.1.20
171	AGATE	DSN	Figure 1.1.21
172	RJH	En cours de construction	-
II / INBS PN	PAT	AREVA TA	-
II / INBS PN	RNG	AREVA TA	-
II / INBS PN	AZUR	AREVA TA	-
II / INBS PN	FSMC	AREVA TA	-
II / INBS PN	RES	AREVA TA	-

1.1.3.2 INSTALLATIONS DU CENTRE SUSCEPTIBLES D'INFLUER SUR LA SÛRETÉ DES INB

Certaines installations du Centre font l'objet d'une inscription sur la liste des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) du fait des produits qui y sont stockés ou bien des manipulations qui y sont effectuées. Les installations susceptibles d'influer sur la sûreté des INB sont classées en trois catégories :

- les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à caractère nucléaire[1],
- les ICPE, à caractère non nucléaire[2],
- les autres installations, non classées ICPE.

A noter que les risques créés par les ICPE situées à l'intérieur du périmètre des INB sont étudiés dans le rapport de sûreté des INB concernées.

[1] rubriques n°1700 et suivantes de la nomenclature des ICPE.
[2] autres rubriques de la nomenclature des ICPE.

Il sera fait référence aux études d'impact existantes ainsi qu'aux rapports de sûreté des INB situées à proximité.

1.1.3.2.1 ICPE nucléaires

Un certain nombre d'installations sont classées parmi les ICPE du fait de la présence de certaines quantités de substances radioactives.

1.1.3.2.1.1 COMIR

Cette installation, située au bâtiment 225, a pour objectif l'étude de combustibles irradiés. Elle comprend :

- un laboratoire de faible activité, utilisé pour des mesures qualitatives et quantitatives d'échantillons faiblement radioactifs,
- un ensemble de mesures qualitatives et quantitatives sur des échantillons de combustibles irradiés,
- le laboratoire "SIRIUS", utilisé pour des essais relatifs aux tests nucléaires dans les usines de retraitement,
- un ensemble "générateur de neutrons" utilisé pour la détermination des mesures de matières fissiles dans des conteneurs spécifiques aux usines de retraitement,
- une enceinte blindée, utilisée pour des travaux sur matières actives,
- un laboratoire boîtes à gants.

L'exploitation de l'installation COMIR est confiée au Département de Services Nucléaires (DSN).

Les INB concernées, en terme de sûreté, par l'installation COMIR sont les INB 42-EOLE et 95-MINERVE et l'INB 22-PEGASE CASCAD situées respectivement à 100, 300 et 500 m. Les rapports de sûreté des INB 42 et 95 indiquent que l'incident maximum retenu (incendie déclaré dans le laboratoire des boîtes à gants) aurait pour conséquence une contamination de 0,025 CMA et 0,25 CMA à 200 m de la cheminée du bâtiment 225, ce qui représente une concentration négligeable.

1.1.3.2.1.2 Laboratoire UO_2

Situé au bâtiment 315, le labo UO_2 est exploité par le Département d'Étude des Combustibles (DEC).

Cette ICPE soumise à autorisation est utilisée pour la réalisation d'études sur les procédés de fabrication de combustibles à base d'uranium, et pour la caractérisation des produits obtenus.

Le rapport de sûreté de l'INB 55-LECA STAR, située à environ 200 m de ce laboratoire, mentionne la valeur de l'activité maximale, qui est sans conséquence sur le fonctionnement de l'installation.

1.1.3.2.1.3 Rhodia et MMB

L'installation entrepôt (RCP) (Rhodia) est située dans les bâtiments 420 et 465. Le Magasin des Matières Brutes (MMB) est situé au bâtiment 411 ; ces deux installations sont exploitées par le DSN.

L'ICPE Rhodia entrepose des terres rares issues de l'usine Rhodia de la Rochelle. L'ICPE MMB entrepose de l'uranium naturel appauvri, des fûts de thorium et des fûts de matières radioactives pouvant contenir du thorium, de l'uranium naturel, de l'uranium faiblement enrichi.

Les INB situées à proximité de Rhodia et MMB sont l'INB 53-MCMF à environ 200 m et l'INBS à environ 500 m.

Les risques induits par ces ICPE sont des risques radiologiques (exposition externe, dissémination de matières nucléaires) dont les conséquences n'auraient pas d'effet notable sur l'installation MCMF. Les études menées pour l'INBS au titre des rapports de sûreté des installations concluent à l'absence de source d'agressions pour leurs installations.

1.1.3.2.1.4 Bâtiment 312

Cette ICPE réalise les activités de décontamination sur des matériels en provenance des unités opérationnelles du Centre ainsi que les opérations de démantèlement concernant les objets contaminés alpha Pu et alpha U. Cette installation dépend du DSN.

Cette ICPE regroupe tous les équipements nécessaires à la réalisation des différentes opérations de décontamination (trempage acide ou basique, polissage électrolytique ou ultrasons), de démantèlement, de tri, de reconditionnement, de caractérisation et de traitement des déchets.

Les INB situées à proximité du bâtiment 312 sont : l'INB 37-STED à environ 100 m ; l'INB 156-CHICADE à 500 m ; ainsi que l'INB 55-LECA STAR à plus de 500 m. Selon le rapport de sûreté de l'INB 37-STED, le bâtiment 312 ne présente pas de risque pour cette installation.

1.1.3.2.1.5 Tore Supra

L'installation TORE SUPRA, ICPE soumise à autorisation, est constituée d'un dispositif expérimental permettant l'étude physique des plasmas chauds, denses et confinés magnétiquement. Elle comprend les bâtiments 500 à 510 et regroupe l'ensemble du Département DRFC, qui dépend de la Direction des Sciences de la Matière (DSM).

Les installations de l'INBS (situées à plus de 500 m du bâtiment 500) font référence à Tore Supra dans leurs rapports de sûreté (RNG, AZUR, FSMC). Ils concluent à l'absence de source d'agression pour leurs installations. Par extension, les mêmes conclusions seront retenues pour l'INB 53-MCMF, elle aussi située à plus de 500 m.

1.1.3.2.1.6 Station d'épuration du Centre

Le traitement des effluents du Centre est effectué grâce à deux stations d'épuration distinctes situées à proximité du bâtiment 110 :

- la STation d'ÉPuration des Effluents Sanitaires (STEP-ES) : les effluents sanitaires collectés sur le Centre sont conduits vers la station d'épuration biologique du Centre par un réseau spécifique. La capacité de cette installation correspond approximativement à 3500 équivalents-habitants ;

- la STation d'ÉPuration des Effluents Industriels (STEP-EI) : les effluents industriels sont transférés à la station d'épuration des effluents industriels. Au niveau de la station, ils transitent par un décanteur de 1000 m^3, puis sont stockés dans quatre cuves de 1000 m^3. En cas de dépassement des limites de pH, ou de concentration trop élevée en toxique chimique ces cuves permettent de stocker l'effluent en vue d'une neutralisation (ajustement du pH) et d'un contrôle du transfert vers les bassins de 3000 m^3. L'une de ces cuves est toujours tenue vide pour recevoir les eaux en cas d'incident radiologique.

La STEP-EI est une ICPE soumise à autorisation.

Après traitement, tous les effluents sont dirigés vers six bassins de 3000 m^3 affectés successivement : au remplissage, au contrôle, à la vidange, à une réserve.

Après les bassins de 3 000 m^3, les effluents sont acheminés vers une tête de rejets située en Durance.

Le rejet se fait en Durance par un émissaire en béton équipé d'un débitmètre, d'une sonde pour contrôle radiologique, et d'un préleveur asservi au débit pour contrôle des effluents conformément à l'arrêté préfectoral [1.1.16].

1.1.3.2.2 ICPE non nucléaires

La chaufferie centrale est susceptible d'influer sur la sûreté des INB.

Pour une description de la chaufferie centrale, du parc de stockage d'hydrocarbures ainsi que de l'arrivée de gaz naturel, se référer au volume 3 chapitre 2. La chaufferie centrale est une ICPE soumise à autorisation.

L'exploitation de la chaufferie centrale ainsi que du parc de stockage des hydrocarbures a été confiée au DSTG/STL (Service Technique et Logistique).

Les INB concernées par un éventuel accident sont les INB 52-ATUE, 55-LECA STAR, 156-CHICADE et 164-CEDRA, situées à environ au moins 200 m de la chaufferie centrale.

L'impact sur les INB peut provenir :

- de l'explosion et d'un incendie des cuves de fioul,
- d'un incident sur la canalisation d'arrivée de gaz,
- d'une explosion dans la chaufferie centrale (bât. 257).

Des études de risques ont été réalisées [1.1.13], [1.1.14], [1.1.15]. Elles démontrent que :

- une explosion des cuves de fioul n'aurait pas d'effets susceptibles d'engendrer une onde de surpression de plus de 20 mbar au-delà de 150 m. Par conséquent, les cuves de fioul ne présentent pas de risque pour les INB voisines,
- un incident sur les canalisations d'alimentation en gaz au niveau du poste de détente (bâtiment 381) n'aurait pas de conséquences sur les INB situées à proximité,
- une explosion de la chaufferie, rendue improbable par la présence de capteurs d'analyse des gaz dans la chaufferie, aurait de très faibles conséquences à l'extrémité la plus proche du bâtiment STAR de l'INB 55-LECA STAR.

1.1.3.2.3 Autres installations

Cinq réservoirs (quatre de 2500 m^3 et un de 1500 m^3) d'eau potabilisée sont situés à la côte NGF 355 et sont exploités par le STL. Le risque pour l'INB 53-MCMF, située à environ 200 m en contrebas, est l'inondation en cas de rupture des réservoirs.

Le rapport de sûreté de cette INB précise que le risque est faible compte tenu de la nature de la construction de ces réservoirs (béton armé semi-enterré). Une étude des conséquences de la fissuration de ces réservoirs, réalisée dans le cadre de l'étude séisme centre, conclut à l'absence d'incidence sur l'INB 53-MCMF en cas de déversement de l'eau stockée.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[1.1.1] NIG n°588 du 4 janvier 2010, relative à l'organisation du CEA.

[1.1.2] NIG n°582 du 1er août 2009, relative à la Direction de l'Énergie Nucléaire (missions – organisation).

[1.1.3] NIG n°609 du 27 octobre 2011, relative au Centre du CEA/Cadarache (missions – organisation).

[1.1.4] NIG n°465 du 11 mai 2001, relative aux missions et attributions des directeurs de centre.

[1.1.5] NIG n°613 du 26 février 2012, relative à l'organisation de la sécurité au CEA.

[1.1.6] Circulaire CEA/Cadarache n°86 du 1er janvier 2010, relative aux missions et à l'organisation du Département des Projets d'Installations et d'Emballages (DPIE).

[1.1.7] Circulaire CEA/Cadarache n°68 du 3 janvier 2008, relative aux missions et à l'organisation du Département des Services de Sécurité (D2S).

[1.1.8] Circulaire CEA/Cadarache n°103 du 3 décembre 2012, relative aux missions et à l'organisation du Département de Support Technique et Gestion (DSTG).

[1.1.9] Circulaire Direction de Centre de Cadarache n°96 du 1er février 20111, relative à l'organisation et aux attributions de l'Échelon Direction (CAD/DIR).

[1.1.10] Circulaire CEA/Cadarache n°95 du 1er février 2011, relative aux missions et à l'organisation du Département de Services Nucléaires (DSN).

[1.1.11] Circulaire CEA/Cadarache n°85 du 1er septembre 2009, relative aux missions et à l'organisation du Département d'Études de Combustibles (DEC).

[1.1.12] Circulaire CEA/Cadarache n°92 du 21 juin 2010, relative aux missions et à l'organisation du Département d'Étude des Réacteurs (DER).

[1.1.13] Champ de pression induit par l'explosion d'une cuve d'hydrocarbures sur l'installation MAGENTA. Rapport d'étude INERIS-DRA-07-85178 du 8 février 2007.

[1.1.14] Étude de sécurité sur l'alimentation en gaz naturel de la chaufferie centrale du CEA de Cadarache. Transmise par lettre DIR/CSN/JCS n° 95/892 du 15 septembre 1995.

[1.1.15] Alimentation en gaz naturel de la chaufferie centrale du Centre. CA ST AST SEC GAZ ETS 001 Ind. 2 du 24 janvier 1996. Transmise par lettre DIR/CSN/JCS n°96/403 du 30 mai 1996.

[1.1.16] Arrêté préfectoral n°113-2006 A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance. Autorisation à l'exploitation des installations classées.

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1.1 Carte de situation du Centre de Cadarache.
Figure 1.1.2 Plan d'ensemble du Centre avec périmètre des INB.
Figure 1.1.3 Plan d'ensemble de l'INB 22-PEGASE CASCAD
Figure 1.1.4 Plan d'ensemble de l'INB 24-CABRI
Figure 1.1.5 Plan d'ensemble de l'INB 25-RAPSODIE LDAC
Figure 1.1.6 Plan d'ensemble de l'INB 32-ATPu
Figure 1.1.7 Plan d'ensemble de l'INB 37-STED
Figure 1.1.8 Plan d'ensemble de l'INB 39-MASURCA
Figure 1.1.9 Plan d'ensemble de l'INB 42-EOLE
Figure 1.1.10 Plan d'ensemble de l'INB 52-ATUE
Figure 1.1.11 Plan d'ensemble de l'INB 53-MCMF
Figure 1.1.12 Plan d'ensemble de l'INB 54-LPC
Figure 1.1.13 Plan d'ensemble de l'INB 55-LECA STAR
Figure 1.1.14 Plan d'ensemble de l'INB 56-Parc d'entreposage
Figure 1.1.15 Plan d'ensemble de l'INB 92-PHEBUS
Figure 1.1.16 Plan d'ensemble de l'INB 95-MINERVE
Figure 1.1.17 Plan d'ensemble de l'INB 123-LEFCA
Figure 1.1.18 Plan d'ensemble de l'INB 156-CHICADE
Figure 1.1.19 Plan d'ensemble de l'INB 164-CEDRA
Figure 1.1.20 Plan d'ensemble de l'INB 169-MAGENTA
Figure 1.1.21 Plan d'ensemble de l'INB 171-AGATE

FIGURES

Figure 1.1.1 : Carte de situation du Centre de Cadarache

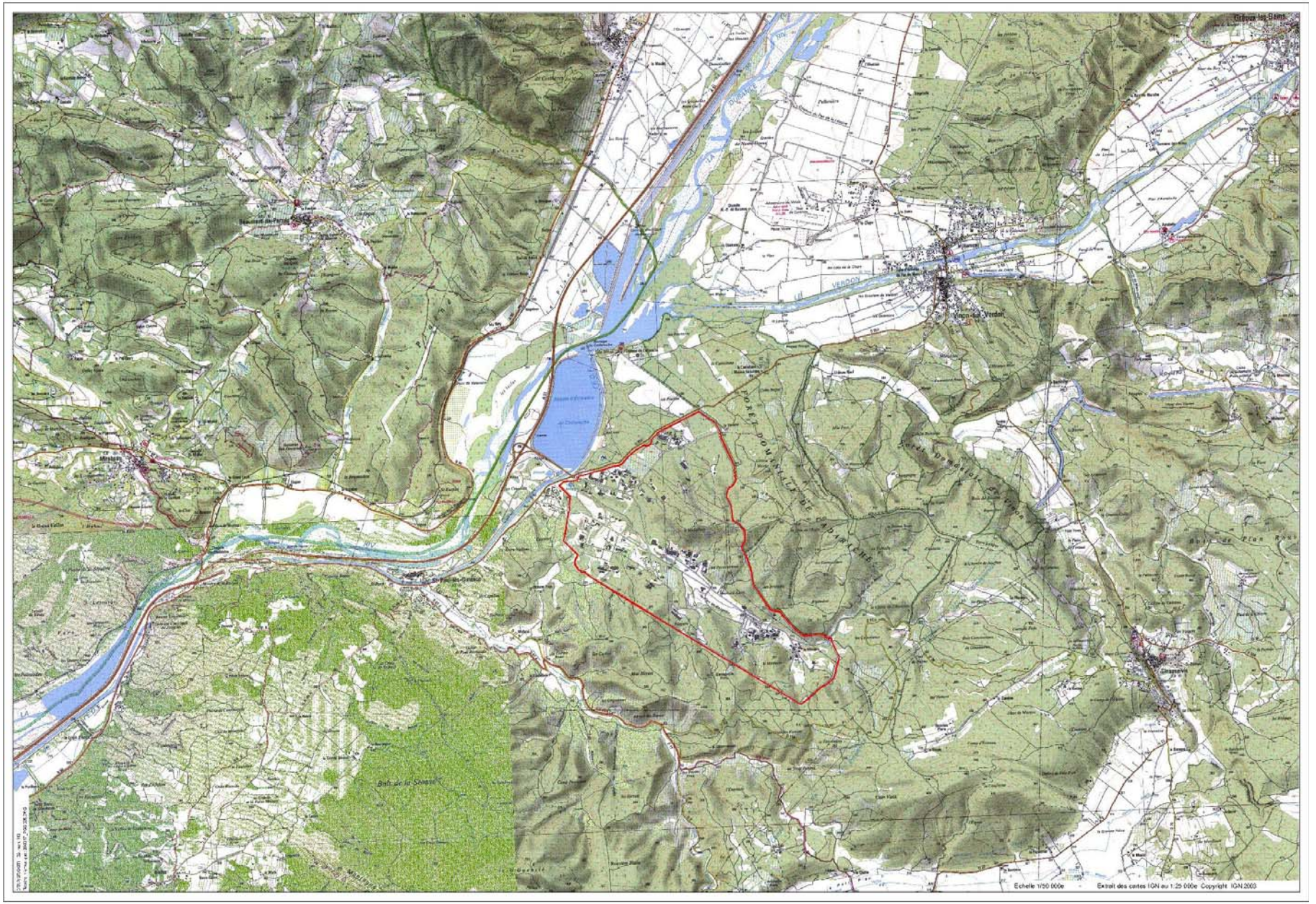
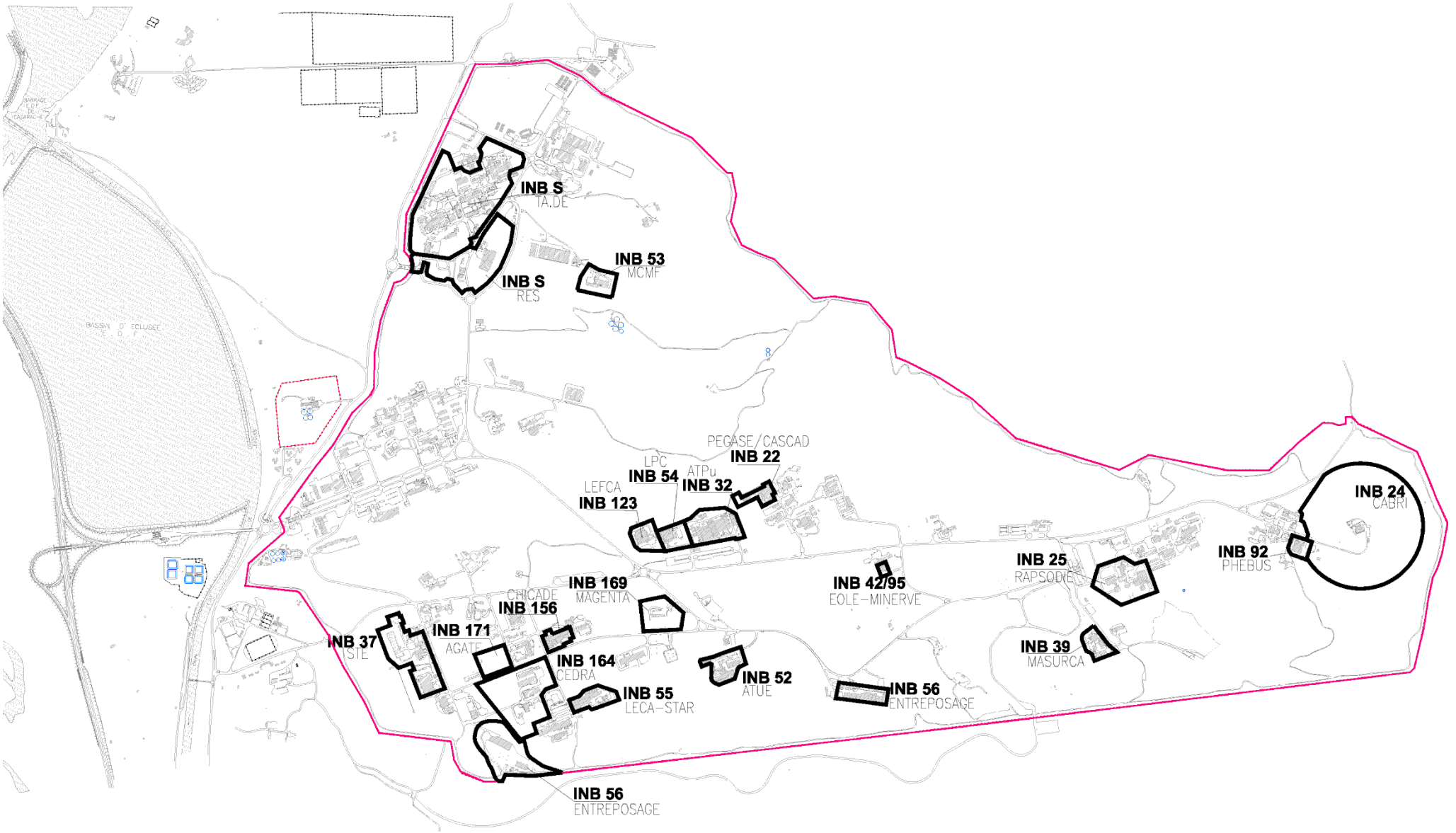


Figure 1.1.2 : Plan d'ensemble du Centre avec périmètre des INB (*)



(*) Hors INB 172-RJH en cours de construction.

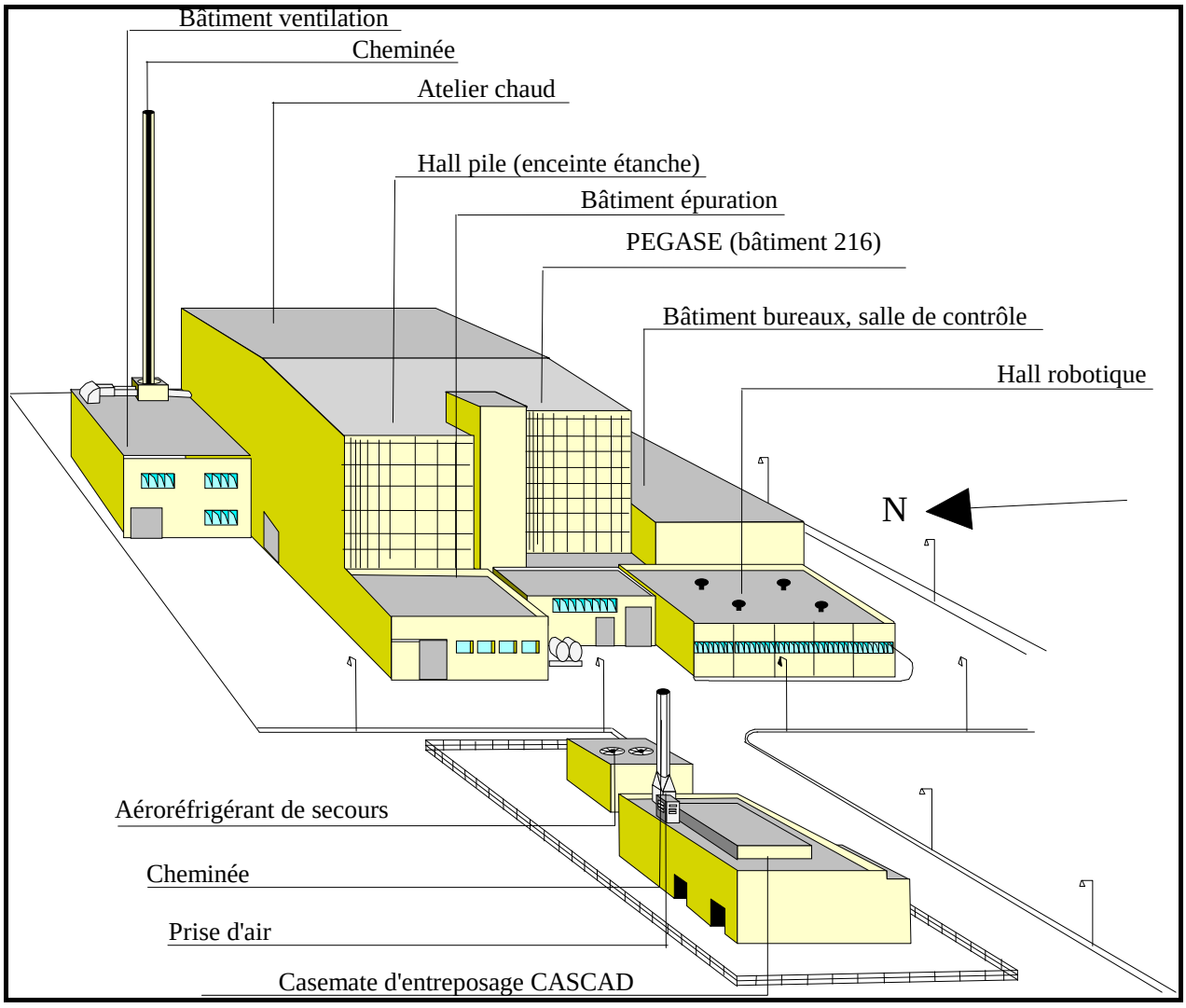
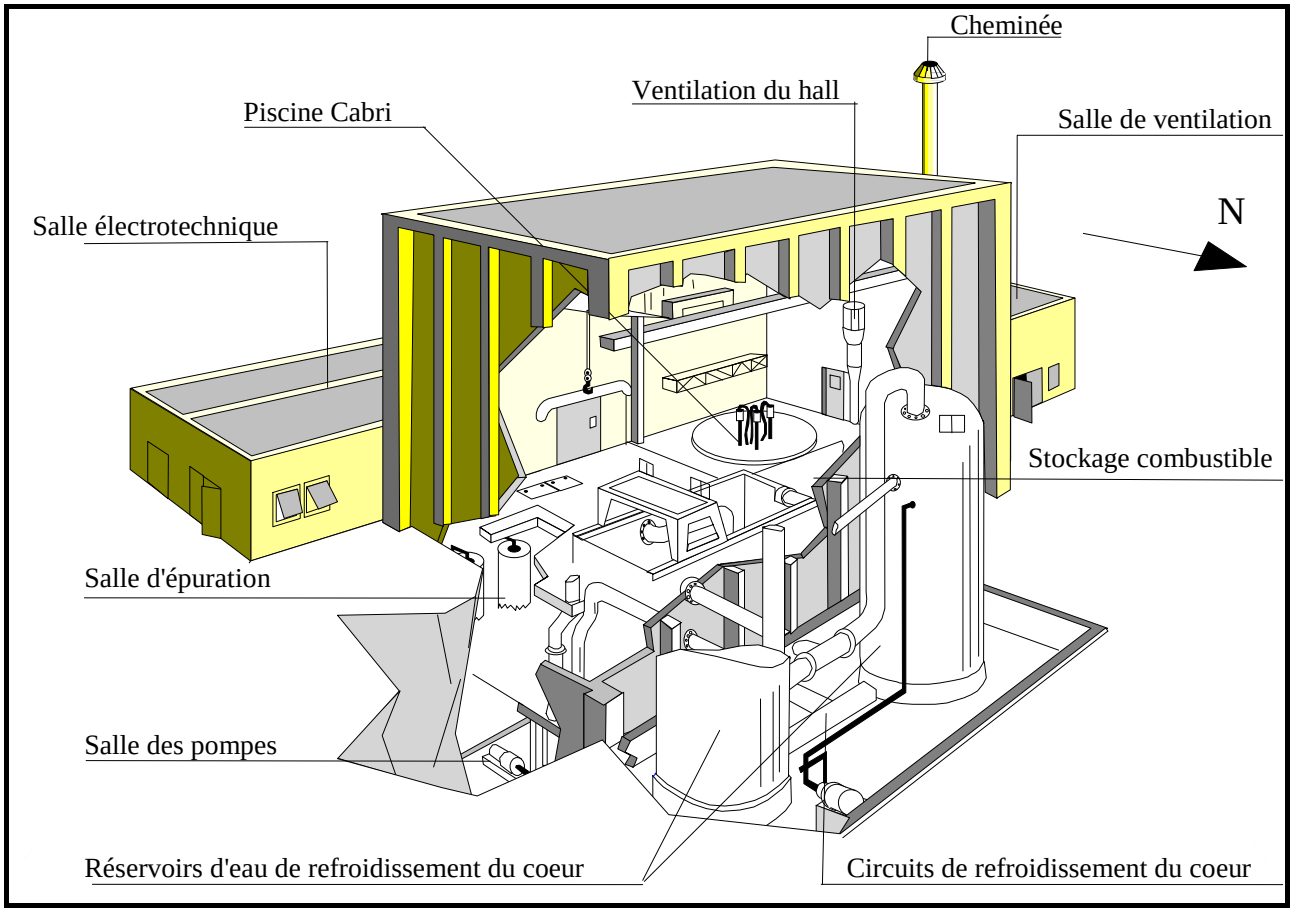

Bâtiment ventilation
Cheminée
Atelier chaud
Hall pile (enceinte étanche)
Bâtiment épuration
PEGASE (bâtiment 216)
Bâtiment bureaux, salle de contrôle
Hall robotique
N
Aéroréfrigérant de secours
Cheminée
Prise d'air
Casemate d'entreposage CASCAD

Figure 1.1.4 : Plan d'ensemble de l'INB 24-CABRI



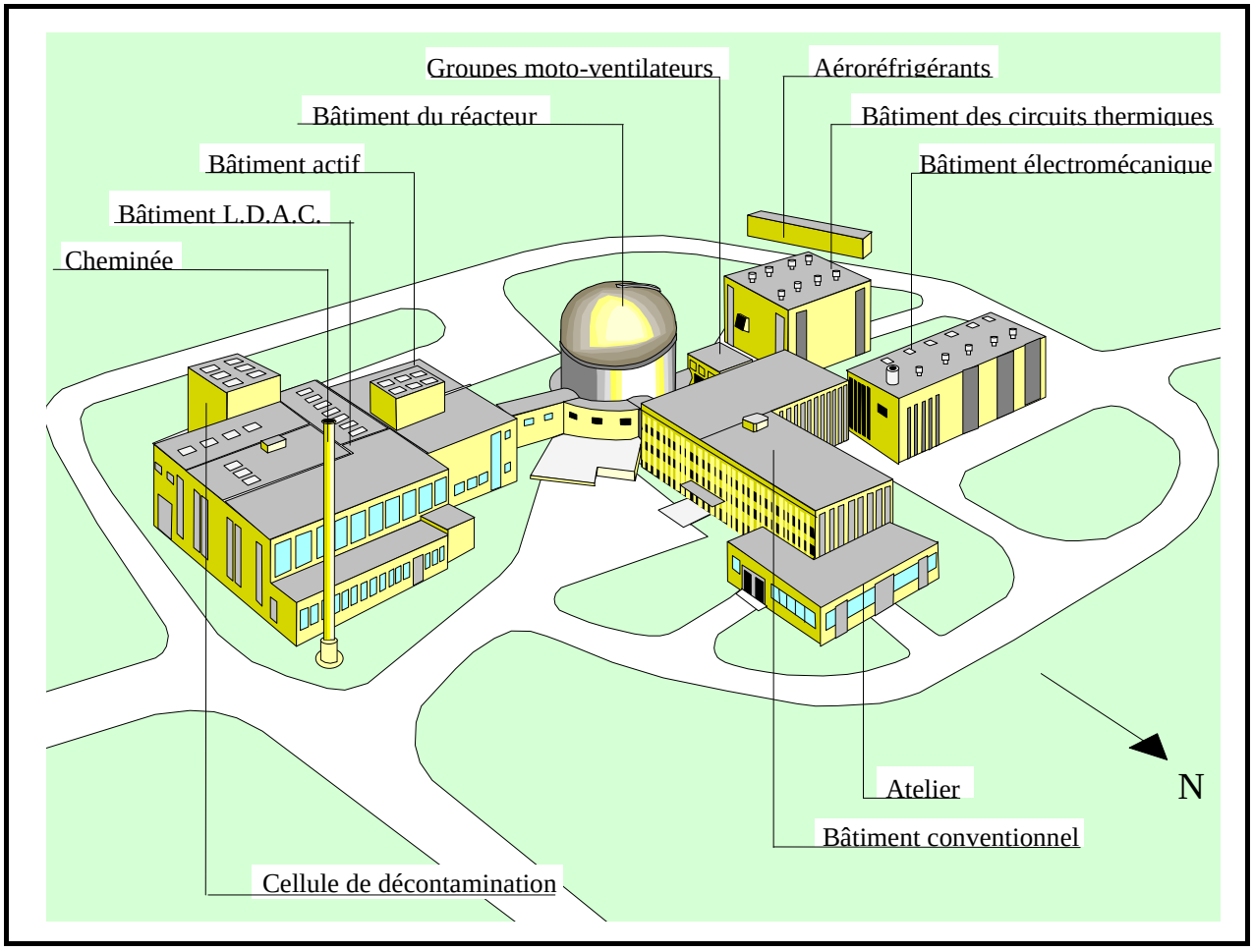

Groupes moto-ventilateurs
Aéroréfrigérants
Bâtiment du réacteur
Bâtiment des circuits thermiques
Bâtiment actif
Bâtiment électromécanique
Bâtiment L.D.A.C.
Cheminée
Atelier
N
Bâtiment conventionnel
Cellule de décontamination

Figure 1.1.6 : Plan d'ensemble de l'INB 32-ATPu

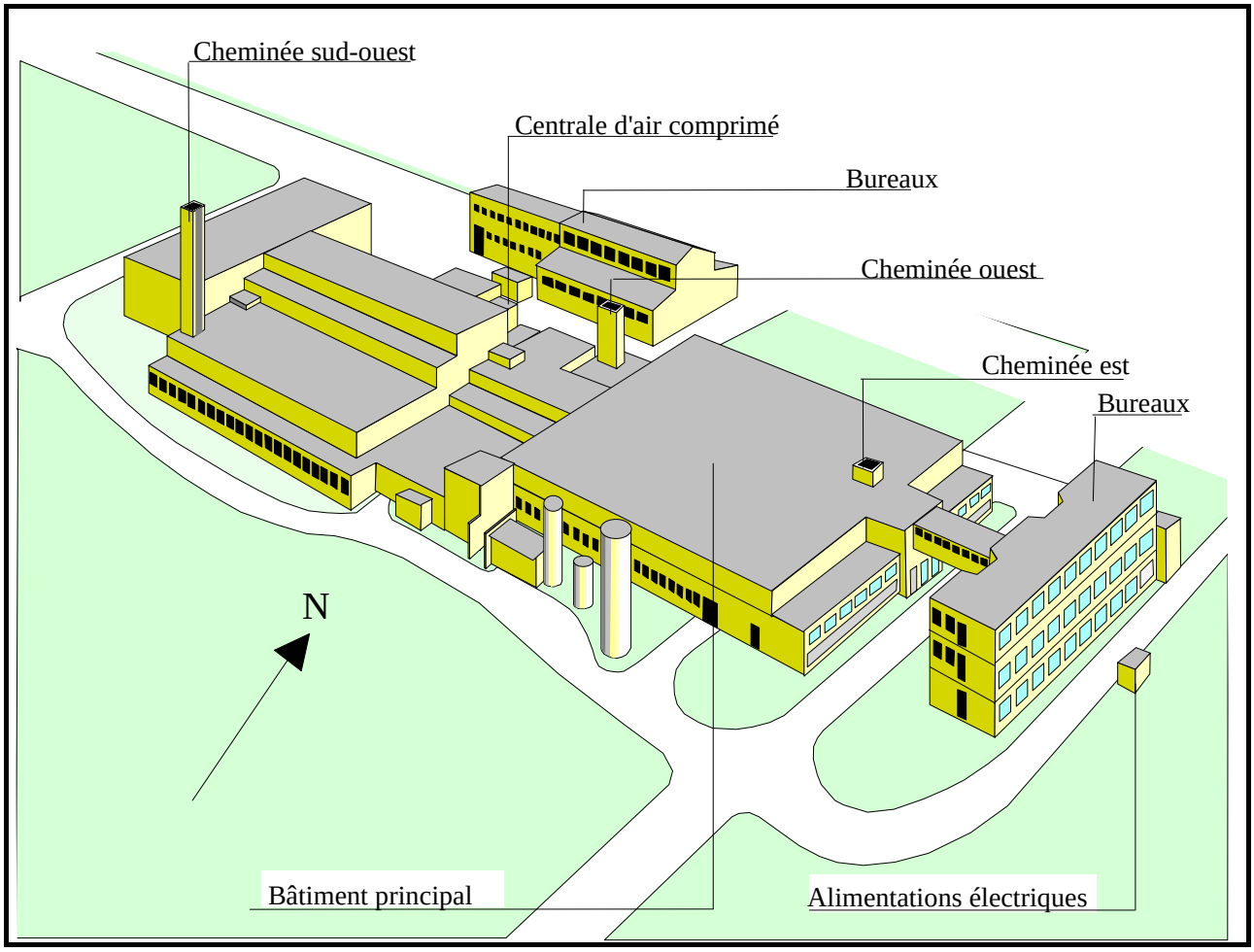


Figure 1.1.7 : Plan d'ensemble de l'INB 37-STED

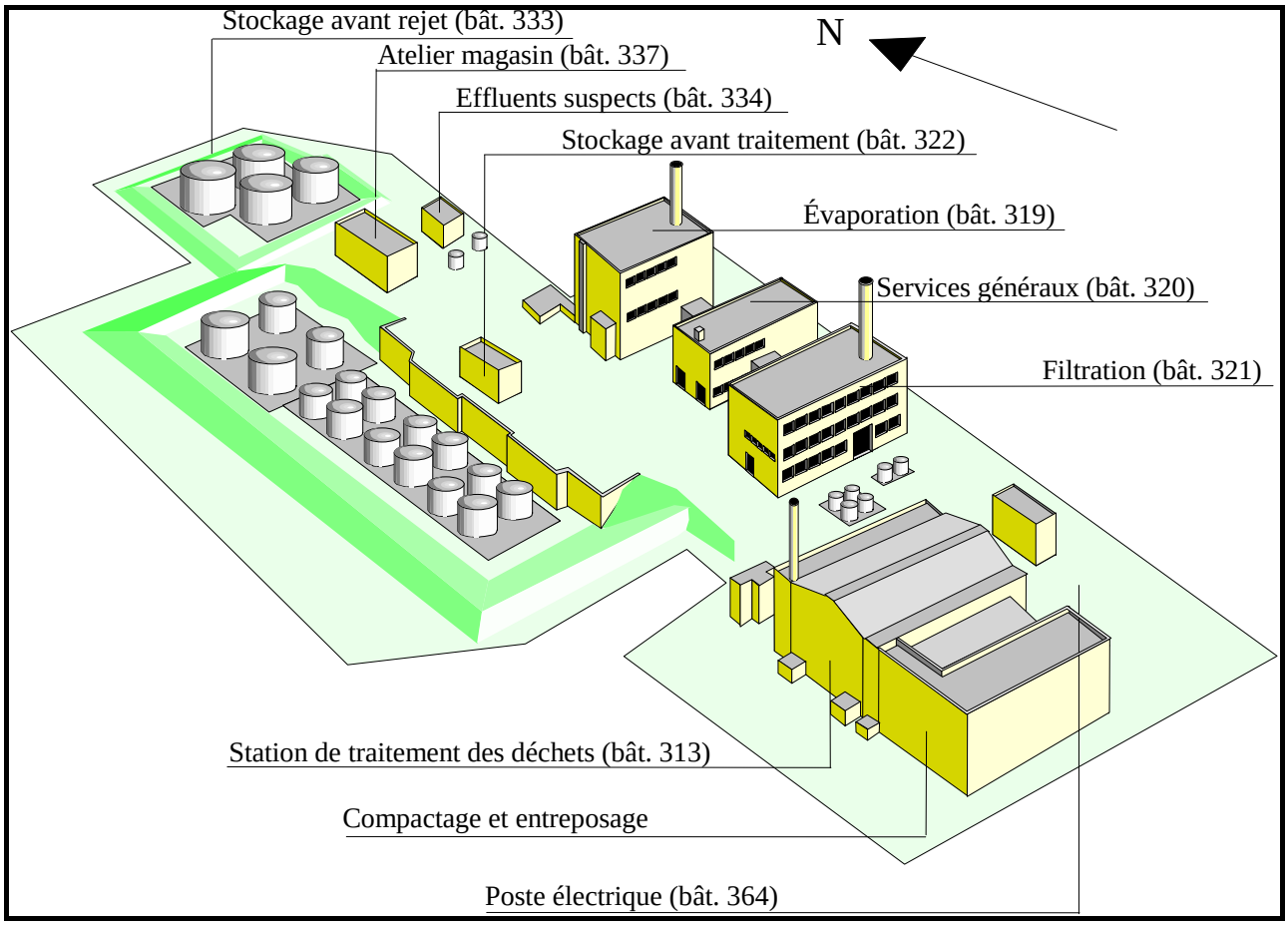


Figure 1.1.8 : Plan d'ensemble de l'INB 39-MASURCA

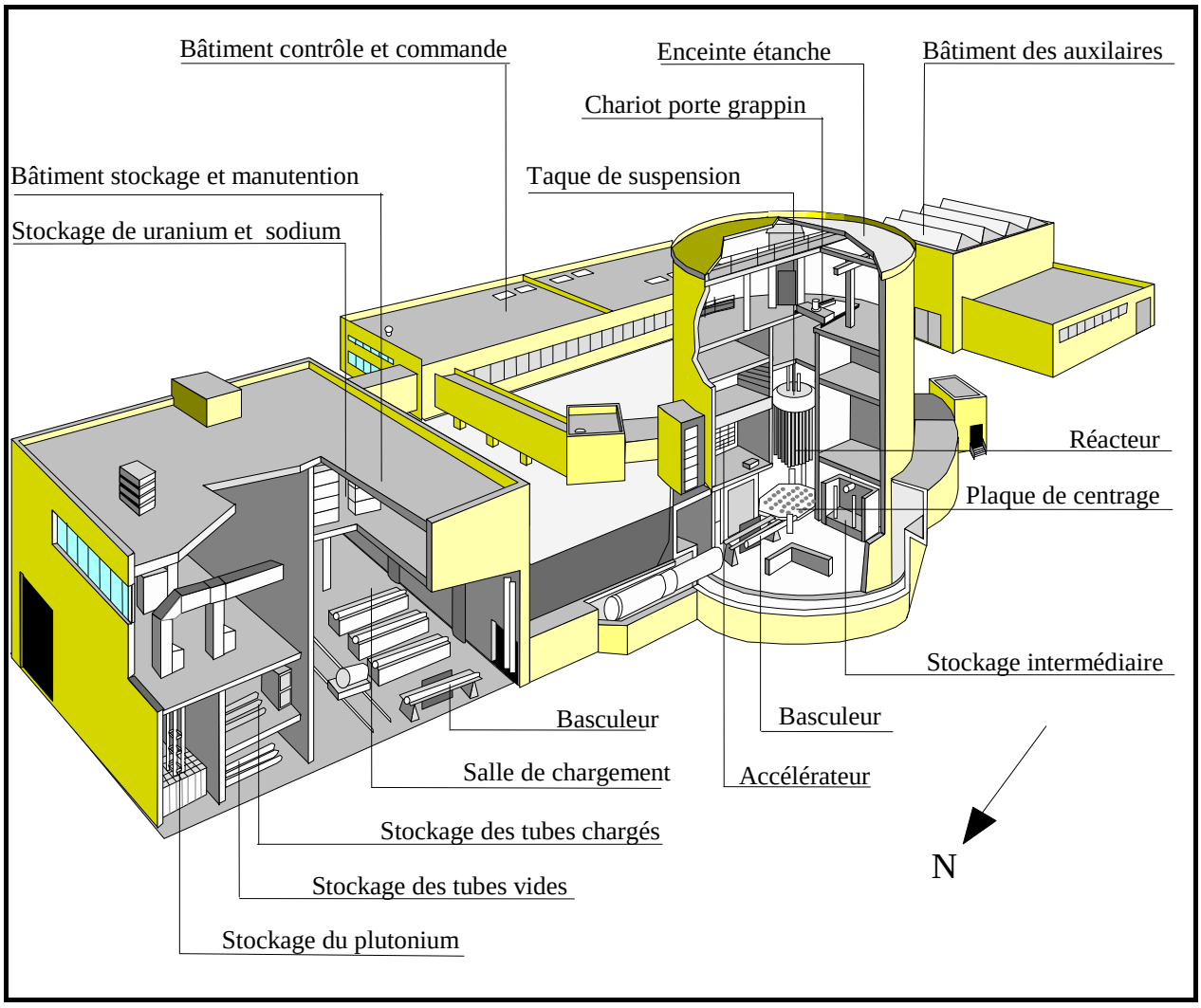


Figure 1.1.9 : Plan d'ensemble de l'INB 42-EOLE

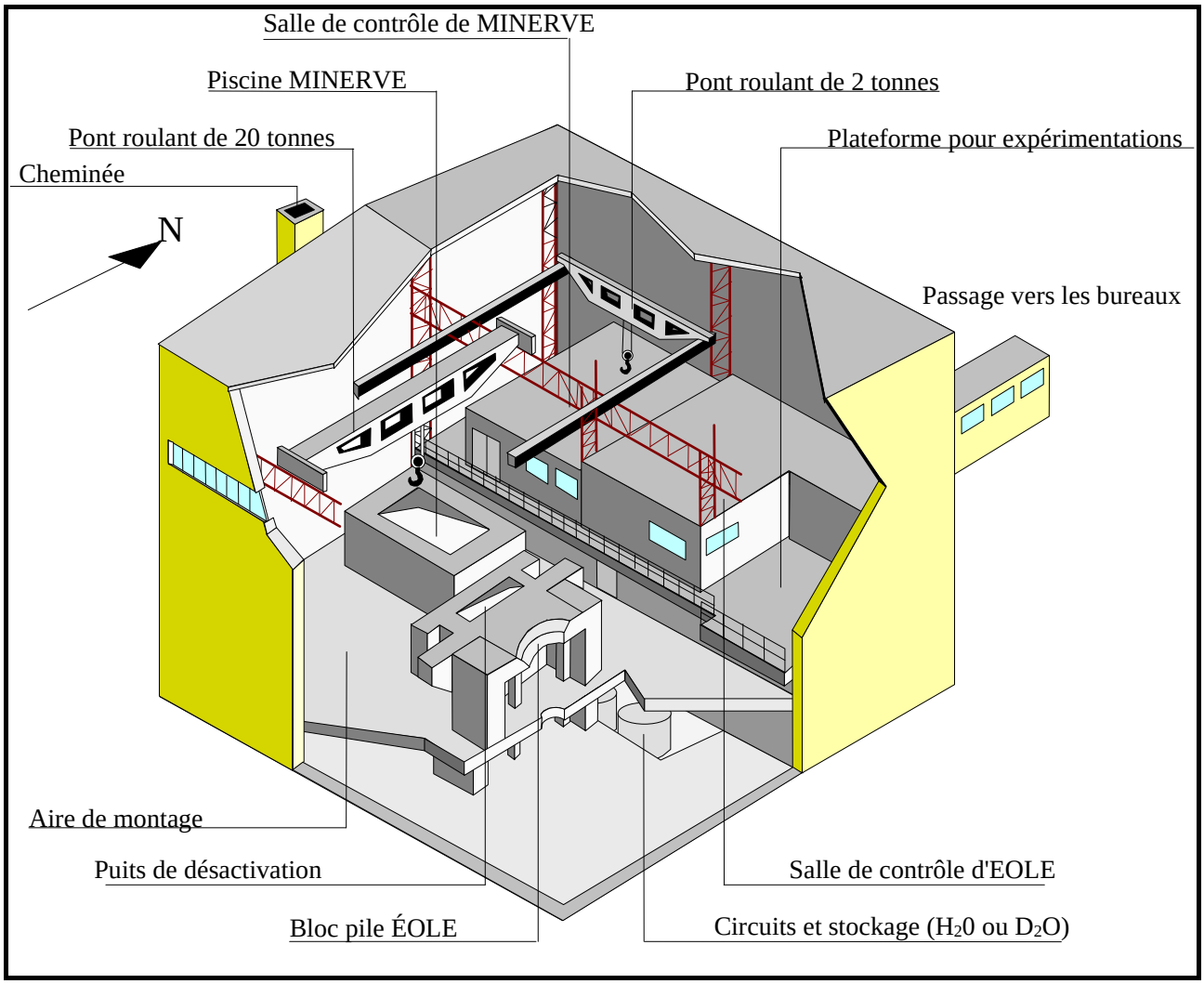


Figure 1.1.10 : Plan d'ensemble de l'INB 52-ATUE

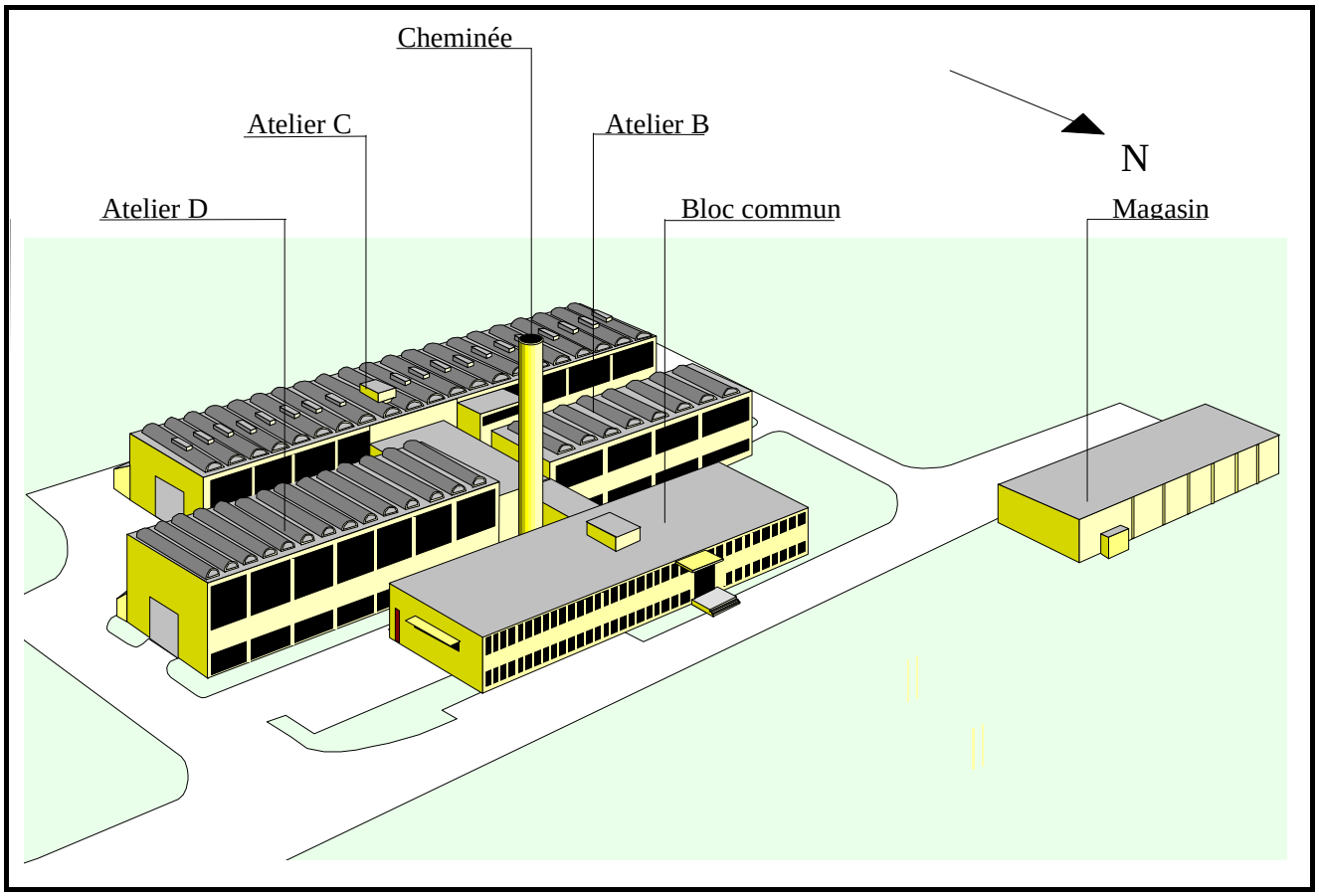


Figure 1.1.11 : Plan d'ensemble de l'INB 53-MCMF

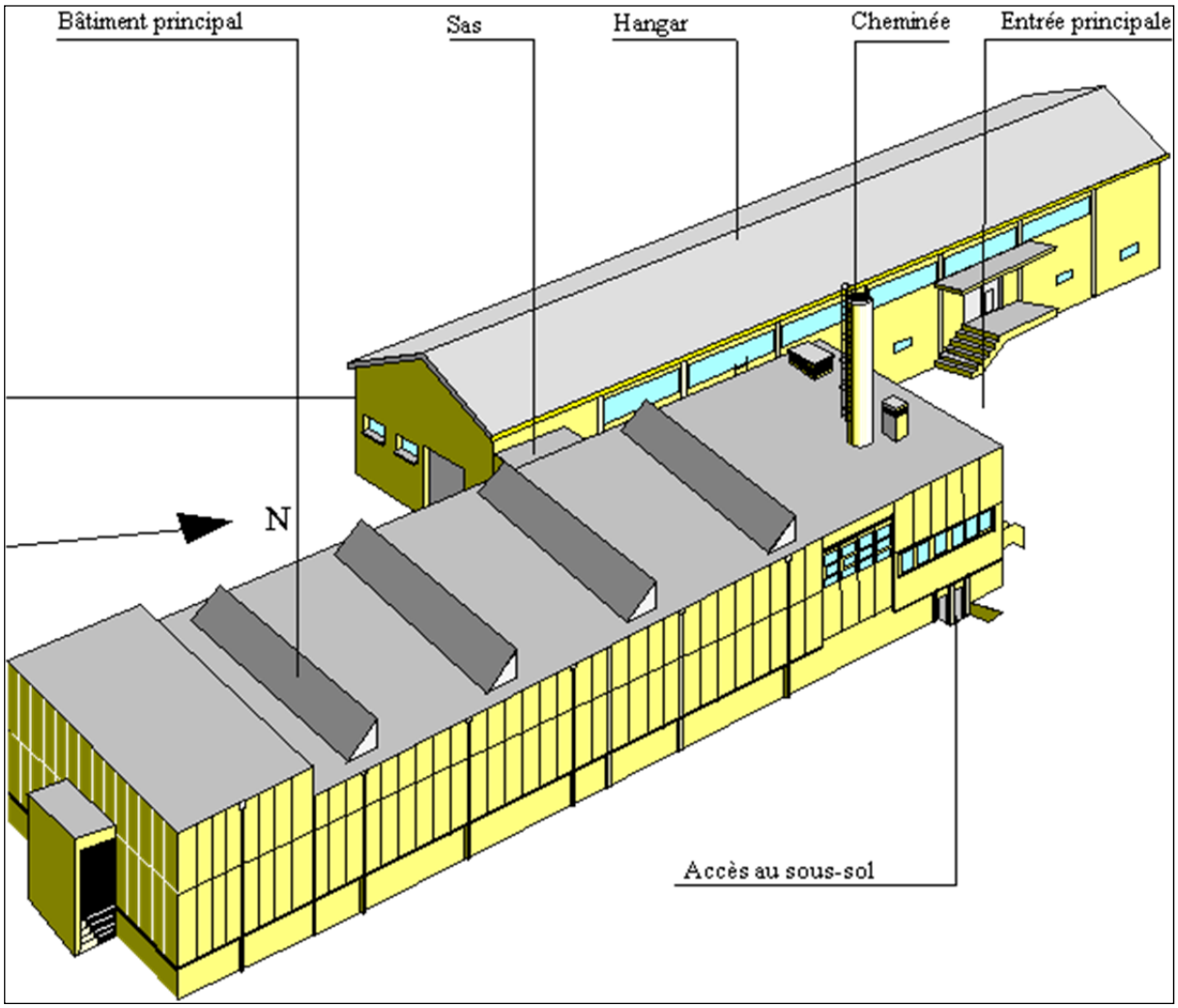


Figure 1.1.12 : Plan d'ensemble de l'INB 54-LPC

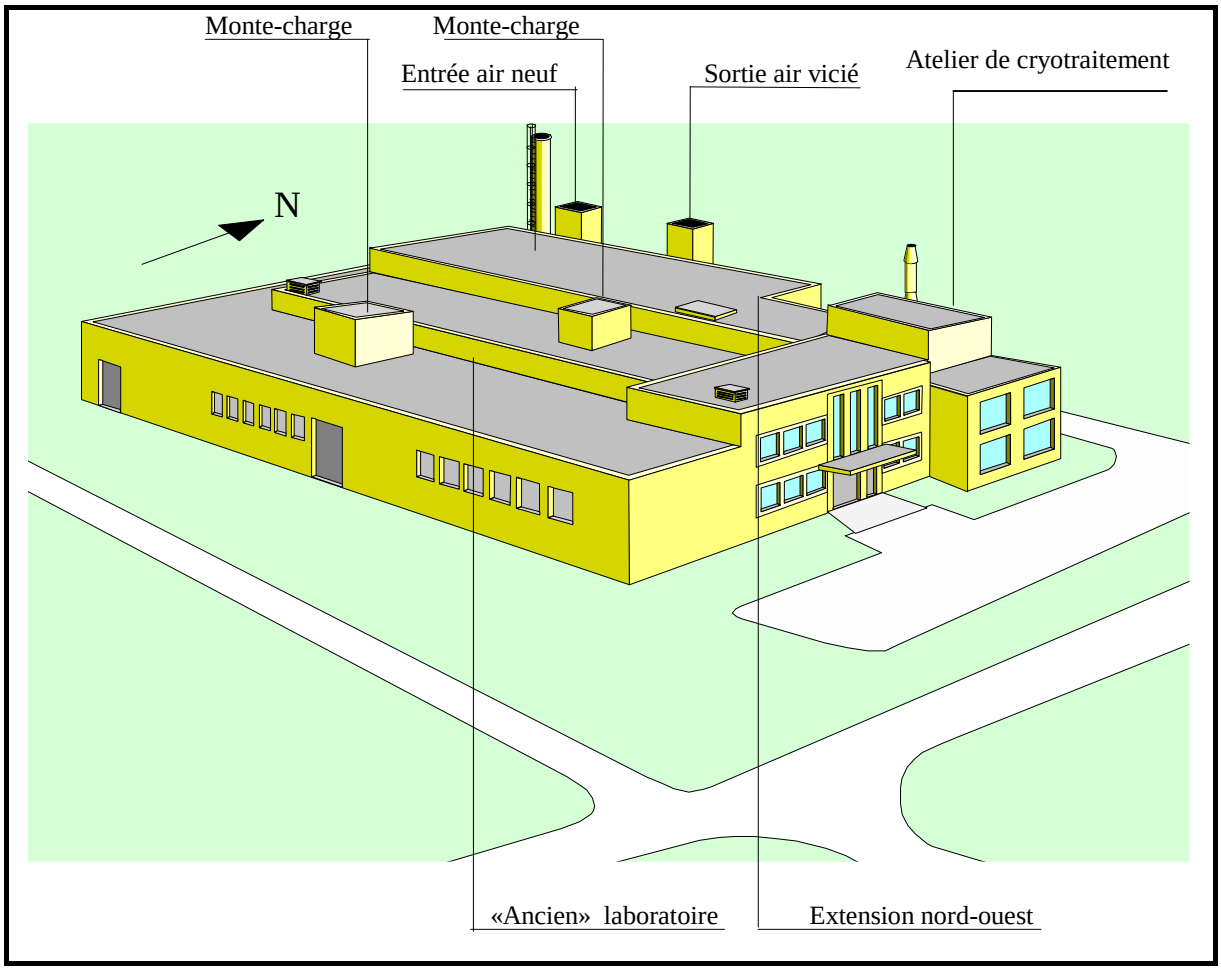


Figure 1.1.13 : Plan d'ensemble de l'INB 55-LECA STAR

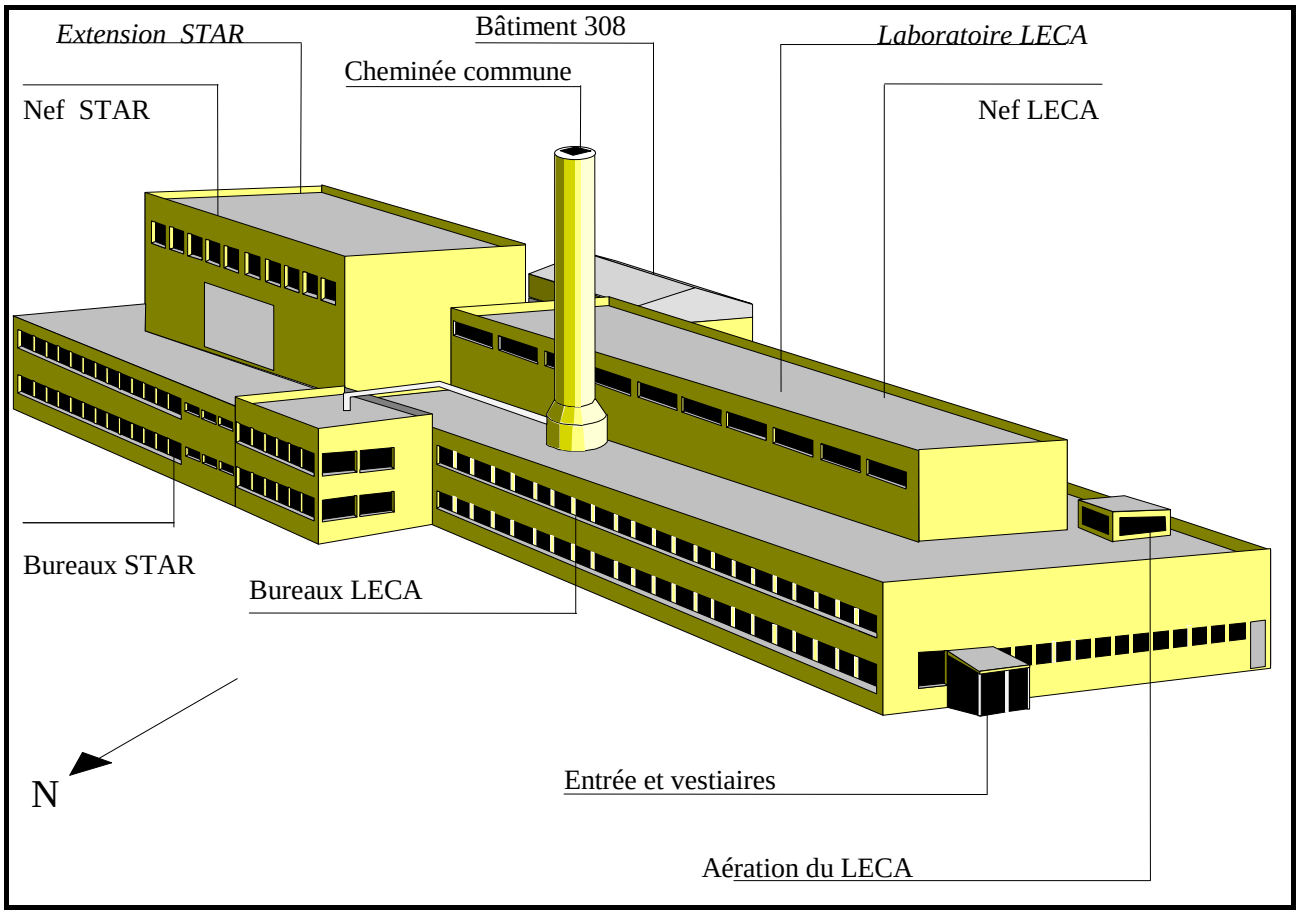


Figure 1.1.14 : Plan d'ensemble de l'INB 56-Parc d'entreposage

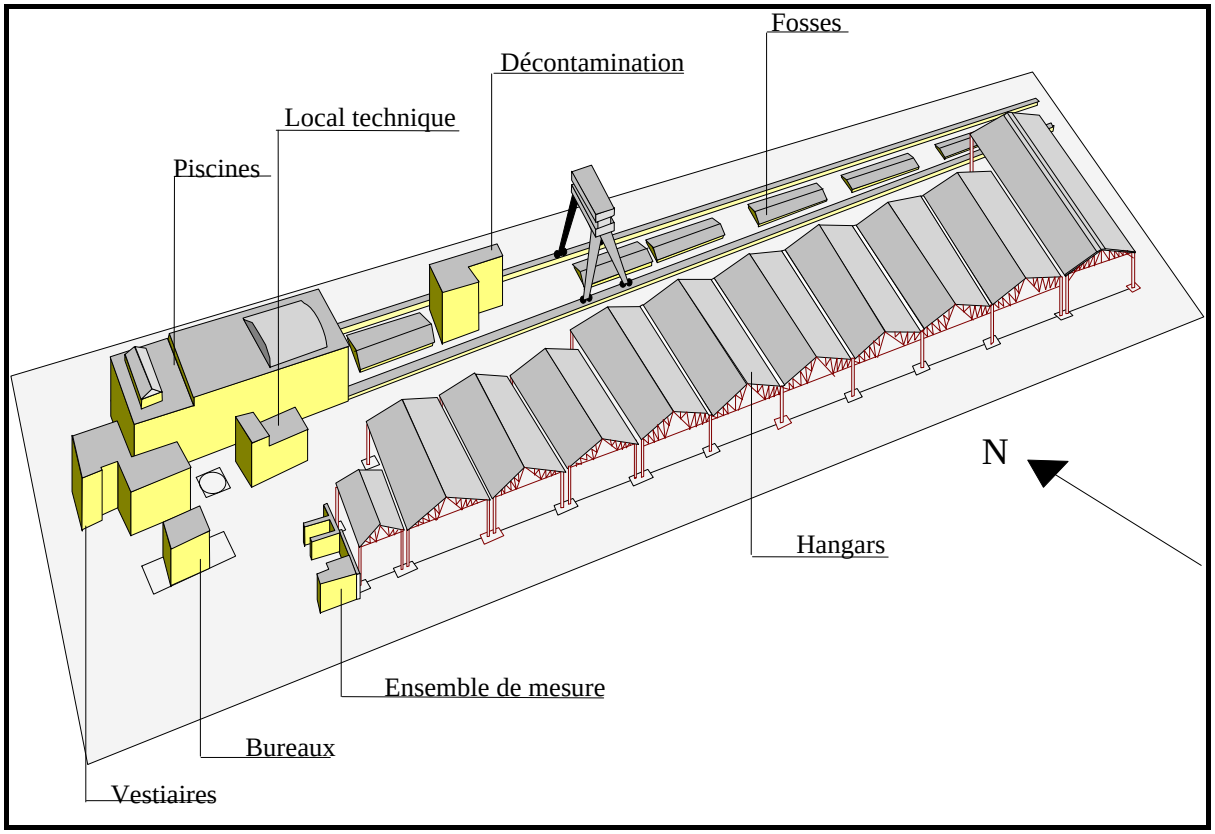


Figure 1.1.15 : Plan d'ensemble de l'INB 92-PHEBUS

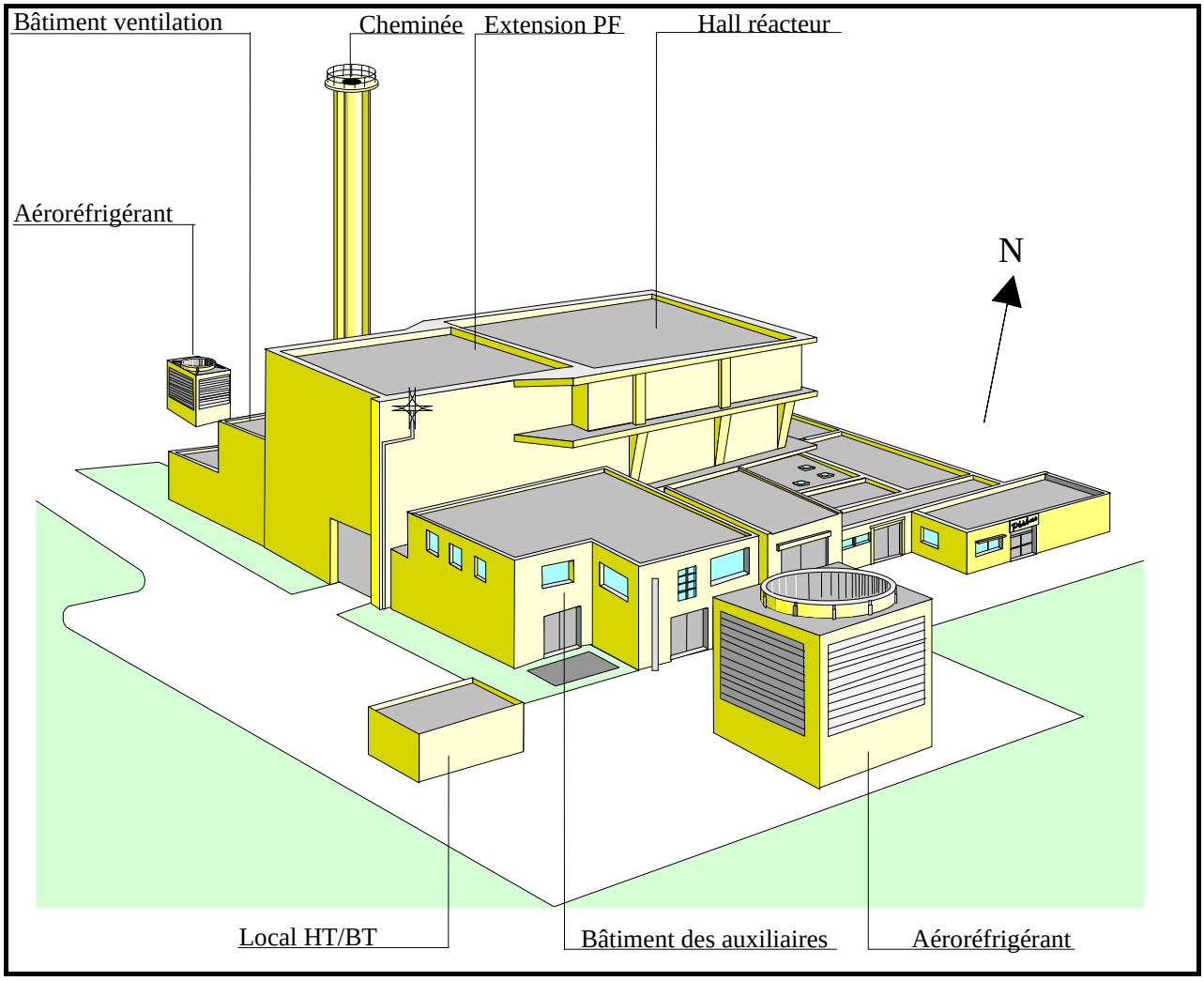


Figure 1.1.16 : Plan d'ensemble de l'INB 95-MINERVE

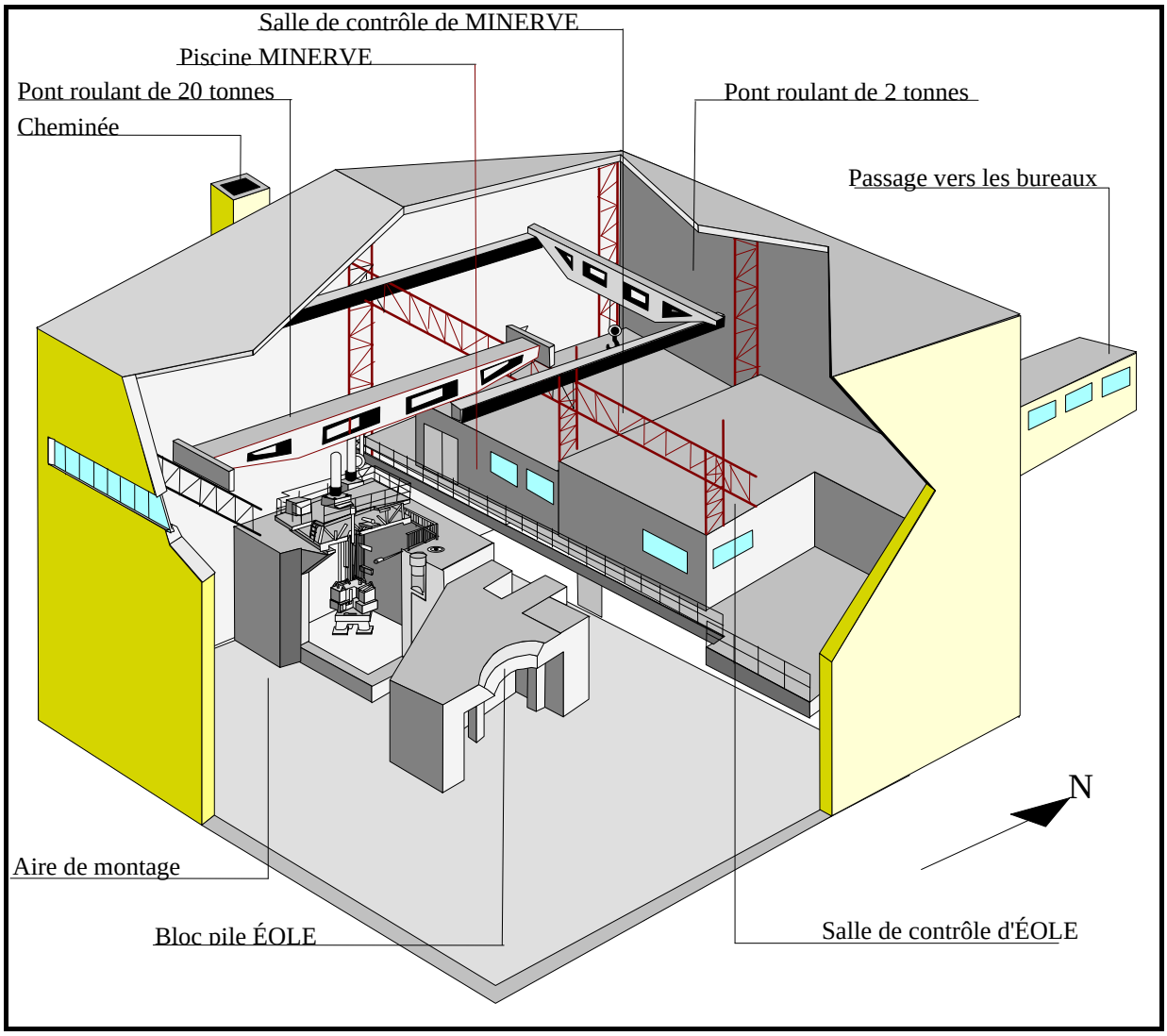


Figure 1.1.17 : Plan d'ensemble de l'INB 123-LEFCA

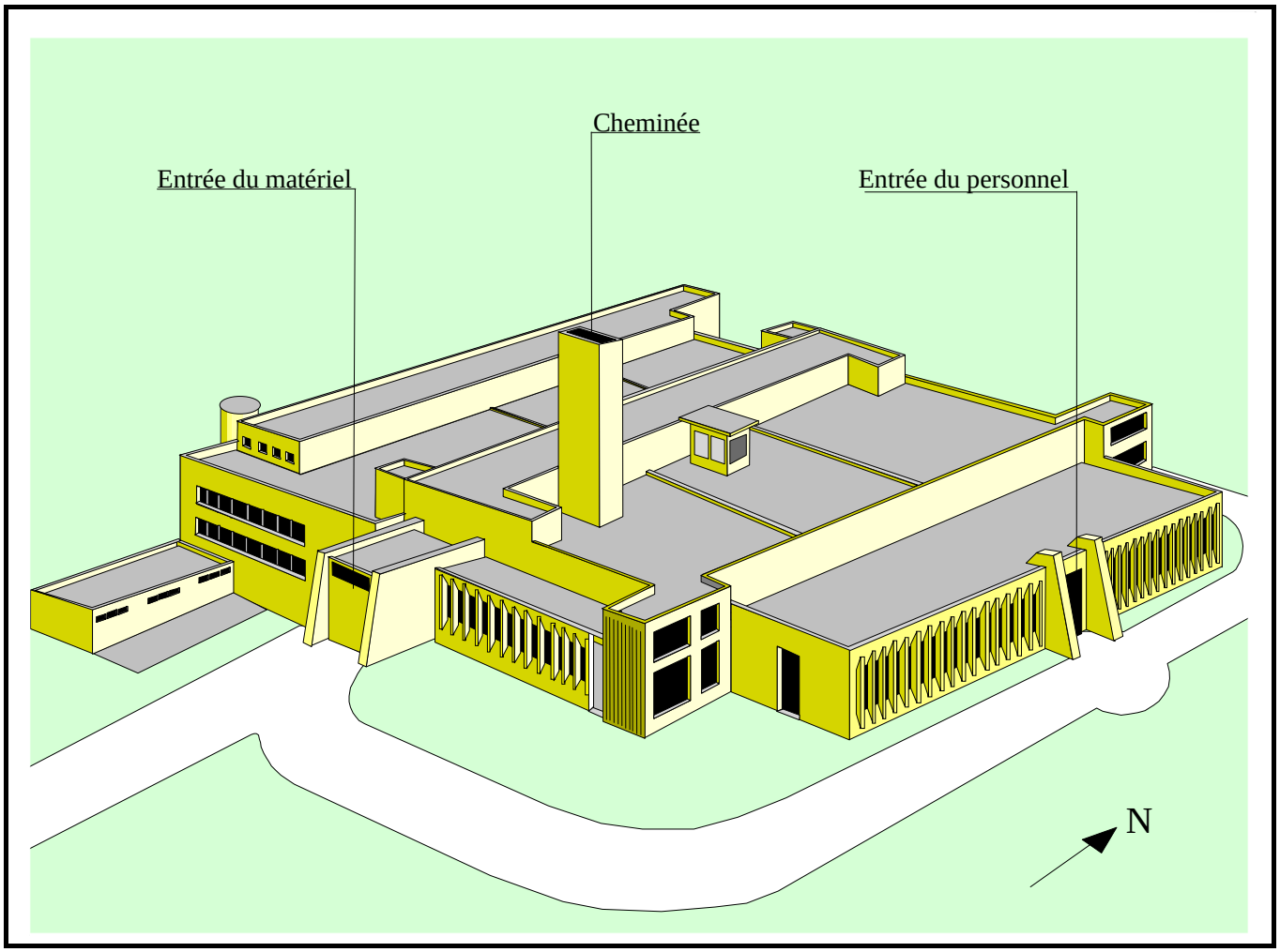


Figure 1.1.18 : Plan d'ensemble de l'INB 156-CHICADE

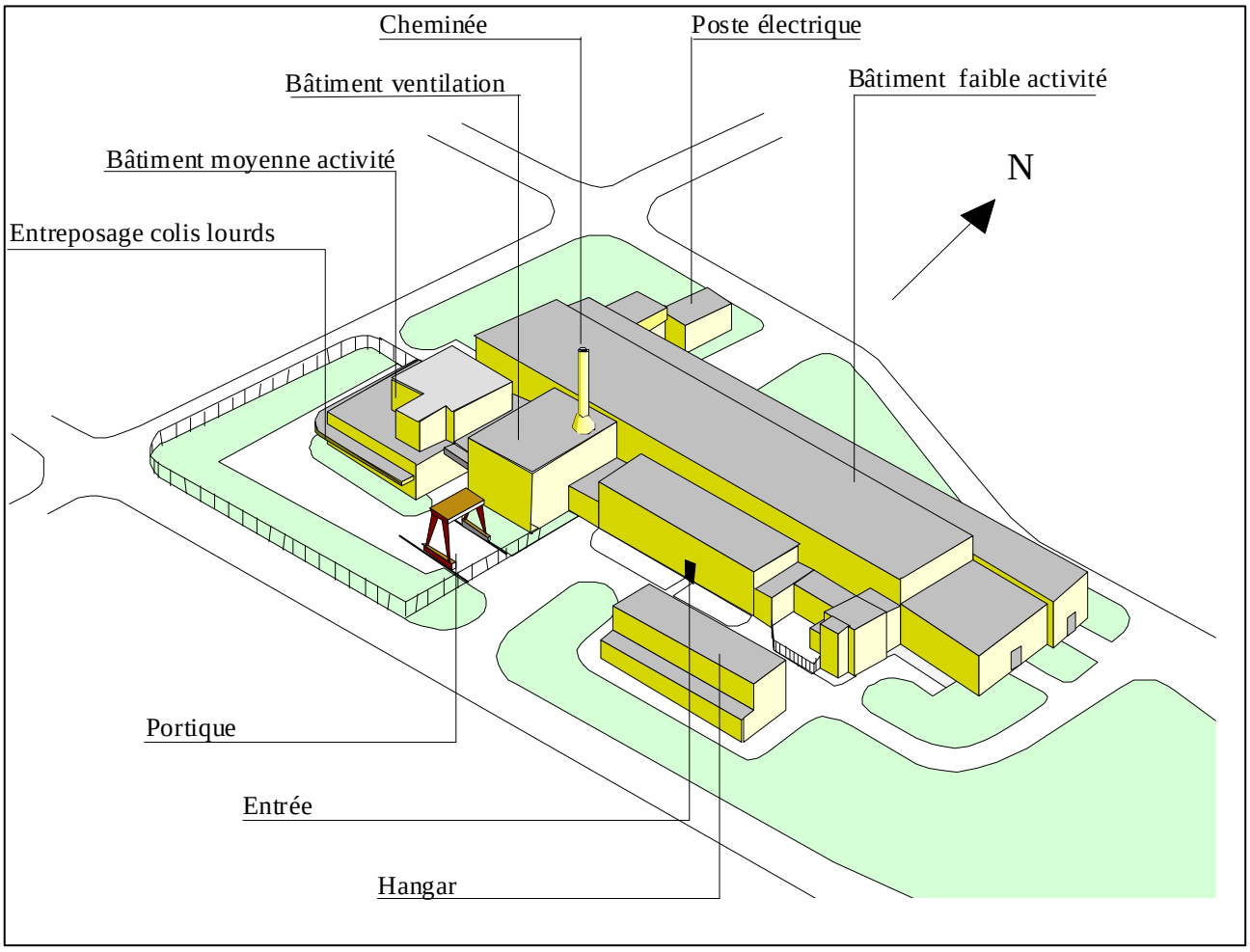


Figure 1.1.19 : Plan d'ensemble de l'INB 164-CEDRA

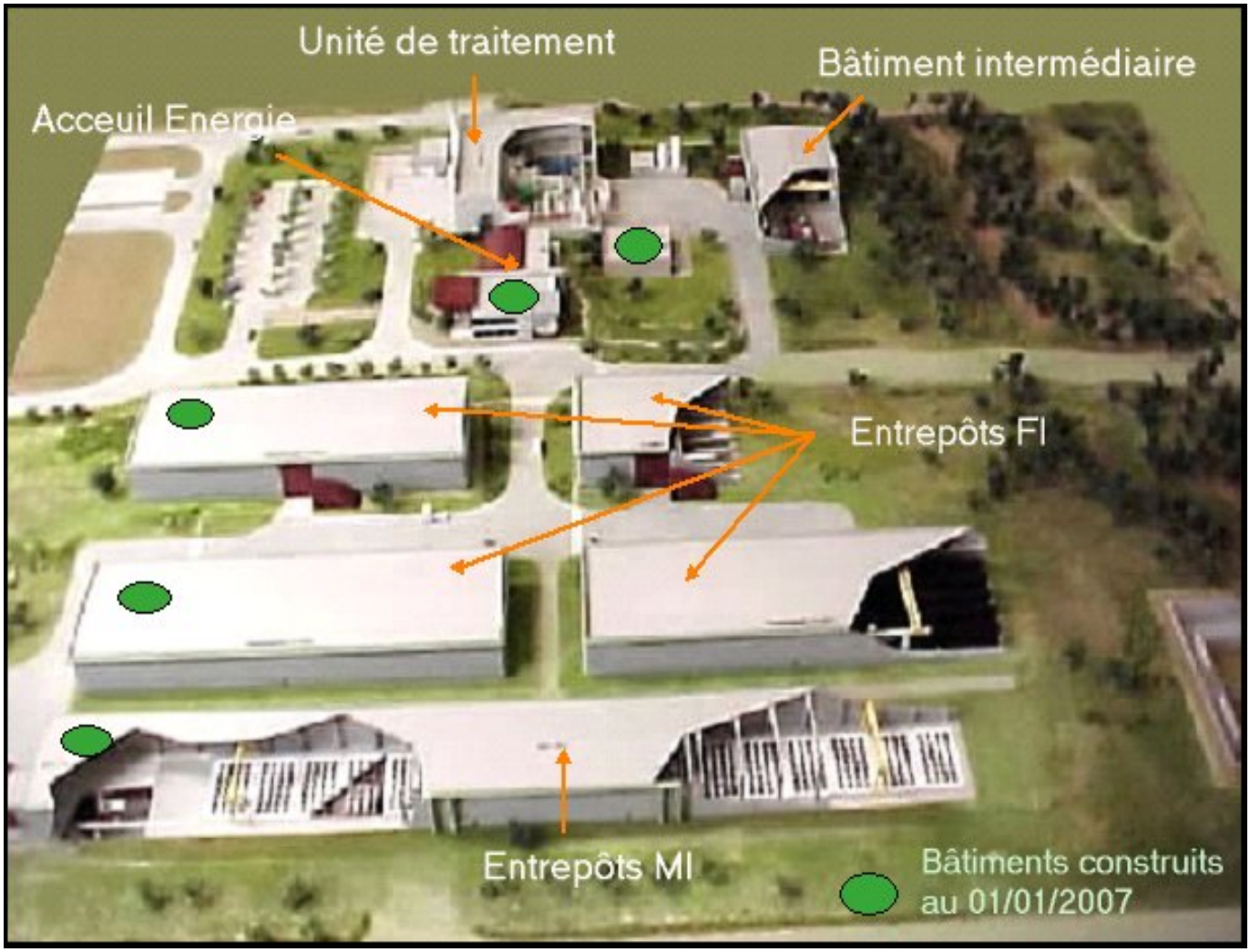
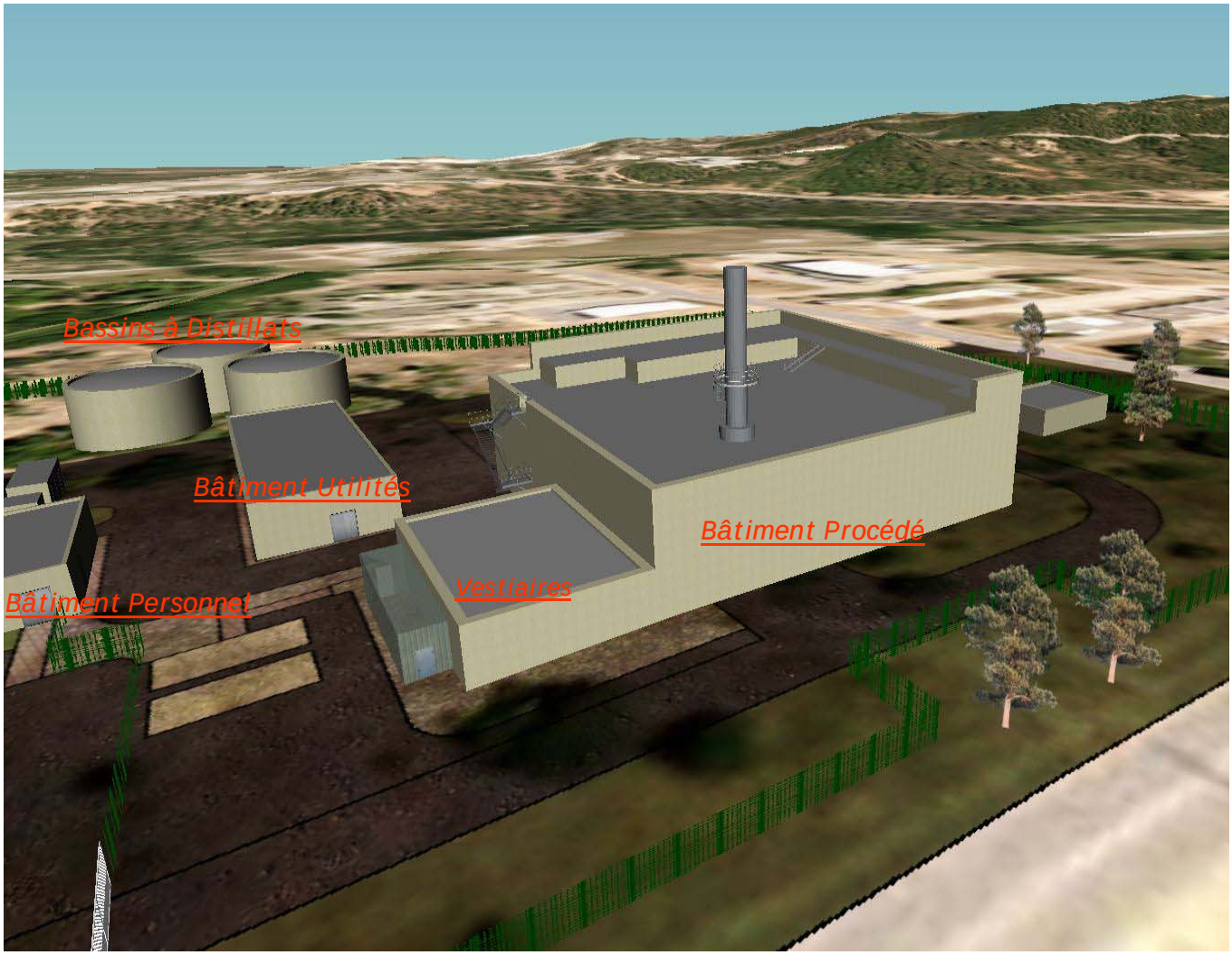


Figure 1.1.20 : Plan d'ensemble de l'INB169-MAGENTA



Figure 1.1.21 : Plan d'ensemble de l'INB171-AGATE



VOLUME 2
RAPPORT SITE

CHAPITRE 1 : CLIMATOLOGIE

CHAPITRE 2 : HYDROLOGIE

CHAPITRE 3 : GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

CHAPITRE 4 : SISMOLOGIE

CHAPITRE 5 : SITUATION RADIOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE

CHAPITRE 6 : UTILISATION DE L'ESPACE

VOLUME 2 - CHAPITRE 1

CLIMATOLOGIE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	P. BATTESTI DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	§ et/ou page	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	-	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004 **« Bon pour envoi à l'Autorité de Sûreté Nucléaire »** *Le chapitre fera l'objet d'une mise à jour ultérieure prenant en compte une nouvelle étude confiée à Météo France.*
B	01/12/07	-	Prise en compte de l'étude Météo France de décembre 2005.
C	13/11/14	§ 2.1.2.2.1 à 2.1.2.2.4 § 2.1.2, annexes § 2.1.2.2.1 à 2.1.2.2.3, annexes § 2.1.2, annexes	Prise en compte des demandes émises par l'ASN dans le courrier ASN/DRD 454 du 12 août 2008 (demandes 1.1.1, 1.1.2 et 1.1.3) et dans le courrier ASN/CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012 (demandes 1.1, 1.2 et 1.3). Mise à jour des données météorologiques. Prise en compte des études Météo France d'octobre et novembre 2009. Modifications de forme.

SOMMAIRE

2.1.1 CLIMATOLOGIE REGIONALE 4

2.1.2 CLIMATOLOGIE DU SITE 4

2.1.2.1 IMPLANTATION DES STATIONS DE SURVEILLANCE ATMOSPHERIQUE 4

2.1.2.2 ANALYSE DES PRINCIPAUX PARAMETRES METEOROLOGIQUES 5

2.1.2.2.1 Vent 5

2.1.2.2.2 Températures 9

2.1.2.2.3 Humidité relative 14

2.1.2.2.4 Pluie 15

2.1.2.2.5 Neige 17

2.1.2.2.6 Orages 17

2.1.2.2.7 Pression atmosphérique 18

2.1.2.2.8 Ensoleillement 18

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 19

LISTE DES ANNEXES 20

ANNEXES 20

2.1.1 CLIMATOLOGIE RÉGIONALE

D'une manière générale, le climat du bassin de la moyenne Durance est caractérisé par de forts contrastes journaliers et annuels (température, humidité, vent), une siccité parfois importante de l'atmosphère, des vents locaux placés sous l'influence prépondérante du relief (brises de vallées), donc orientés suivant les axes des vallées principales ou secondaires et associés à de fréquentes inversions de températures nocturnes. L'évaporation est forte mais l'eau condensée sous forme de rosée représente un apport important pour la végétation.

La circulation de l'air est habituellement divisée en trois éléments :

- **Le vent de montagne** : il correspond au mouvement de l'air qui s'établit après le coucher du soleil jusque vers le milieu du jour qui amène de l'air des sommets vers le bas de la vallée.
- **Le vent de la vallée proprement dit** : ce mouvement d'air correspond à la remontée de la vallée durant les heures les plus chaudes du jour jusqu'après le coucher du soleil et à la descente de la vallée durant la nuit et le matin. L'ampleur du phénomène est étroitement liée aux caractéristiques dimensionnelles du relief : orientation, ouverture, longueur, profondeur et inclinaison des versants.
- **Le vent de pente** : comme le sol s'échauffe et se refroidit rapidement suivant son insolation, il se crée à son voisinage une couche d'air plus chaude ou plus froide que celles qui la surmontent. Ainsi, lorsque le soleil frappe la pente, celle-ci s'échauffe et transmet une partie de la chaleur reçue à l'air voisin qui, devenant plus léger, a tendance à s'élever en entraînant par friction les couches les plus proches. Cette ascension s'accompagne d'un appel d'air froid du centre de la vallée. La profondeur de pénétration vis-à-vis des crêtes dépend de celle des rayons solaires. Lorsque le sol n'est plus atteint par les rayons solaires (déclin du jour, passage nuageux), le phénomène se ralentit, puis s'inverse. L'ampleur du mouvement ascendant est en relation avec l'ensoleillement, donc plus importante au-dessus des versants sud et durant les journées de ciel clair. L'épaisseur de la couche intéressée le long d'un versant est relativement variable : de 0 à 360 mètres, avec une épaisseur moyenne entre 200 et 300 mètres, mesurée suivant une perpendiculaire à la pente.

Nota : au niveau local, ce phénomène peut être contrarié par la circulation à échelle moyenne et se combiner avec celui d'autres vallées adjacentes à une vallée principale. C'est le cas pour le site de Cadarache où se combinent, suivant le lieu considéré, la circulation principale du Val de Durance et celle plus faible du Ravin de la Bête. L'importance des influences respectives de ces deux circulations dépend de la hauteur au-dessus du sol.

2.1.2 CLIMATOLOGIE DU SITE

2.1.2.1 IMPLANTATION DES STATIONS DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE

Les postes météorologiques sont associés aux stations de contrôle de la radioactivité atmosphérique. Leur implantation est indiquée sur la carte du Centre présentée en annexe 1. Les mesures (tableau 2.1.1) y sont effectuées à environ 2 m au-dessus du sol (température, humidité, pression), à 10 m au-dessus du sol (vitesse, direction de vent) et également à 110 m pour la station de la Grande Bastide.

La **station de la Grande Bastide** est équipée d'un pylône de 110 mètres permettant d'obtenir des mesures représentatives de la circulation générale dans la vallée de la Durance au droit du Centre. Cette station constitue la station de référence en matière de direction et de fréquence de vents. Le niveau de mesure le plus bas, situé à 10 mètres, est représentatif des circulations dans la vallée des Piles.

La **station de la Verrerie** est, par sa position à 50 mètres au-dessus du fond de la vallée, représentative des circulations au niveau de la zone surplombant la Durance. Les données obtenues à cette station sont utilisées par Météo France dans le cadre de son réseau national.

La **station Cabri** a été implantée en 1990 à proximité du site Phébus, à l'extrémité Est du Ravin de la Bête, pour connaître les effets particuliers à cette portion de vallée.

Tableau 2.1.1 : Stations météorologiques du Centre et mesures météorologiques

Stations	Coordonnées Lambert III (m.)	Mesures météorologiques					
		Vitesse et direction vent	Température	Gradient thermique	Pression atm.	Humidité	Précipitations
Grande Bastide	X=874 772 Y=160 625 Z=265	10 m 110 m	Sol	X	X	X	Hauteur (lecture directe)
Verrerie	X=876 221 Y=162 113 Z=296	15 m	Sol	-	X	-	Hauteur et intensité
Cabri	X=878 220 Y=158 225 Z=347,75	10 m	Sol	-	X	X	Hauteur et intensité

Les données mesurées en continu sur ces stations sont transmises toutes les minutes au poste de visualisation (Tableau de Contrôle de l'Environnement) du PC Environnement. Les valeurs moyennes, minimales et maximales sont archivées avec une fréquence de 10 minutes sur le serveur informatique du SPR.

A partir des graphes (support papier) conservés pour toutes les stations, puis des relevés informatiques (début des années 1990), les valeurs moyennes, minimales et maximales de température et de pluie sont sauvegardées tous les mois pour la station de la Verrerie depuis 1959.

2.1.2.2 ANALYSE DES PRINCIPAUX PARAMÈTRES MÉTÉOROLOGIQUES

Le climat de Cadarache, tel qu'il peut être analysé à partir des mesures effectuées à la station de la Verrerie, se rattache beaucoup plus au climat alpin qu'au climat provençal de la Vallée du Rhône. Il diffère, de façon encore plus accusée, du climat de la Provence littorale. Il s'agit en fait d'un climat de type semi-continental dont les éléments thermiques présentent une importante variation annuelle.

2.1.2.2.1 Vent

2.1.2.2.1.1 Rose des vents et classe de stabilité

Les résultats de l'étude menée sur les données météorologiques du site de Cadarache sont des tableaux de fréquence ou d'occurrence des situations météorologiques observées ([2.1.1]). Les roses des vents en constituent la traduction graphique.

Les situations météorologiques présentées sur la rose des vents se caractérisent par :

- une classe de direction du vent,
- une classe de stabilité de l'atmosphère.

En ce qui concerne la direction des vents, chaque classe correspond à un secteur angulaire de 20° (18 classes au total). On fait appel à la convention météorologique, c'est-à-dire que l'on considère la direction d'où vient le vent. Le nord correspond à 0°, et on tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire qu'un vent d'Est est associé à une direction de 90°, un vent de Sud à 180° et un vent d'Ouest à 270°.

Le traitement des données météorologiques de la station Grande Bastide pour la période 1999-2001 a donné la rose des vents générale présentée en figure 2.1.1 [2.1.1]. Cette rose des vents est utilisée dans les études d'impact et de dangers réalisées pour les installations du Centre.

On retrouve sur cette rose des vents, les trois directions privilégiées d'origine du vent, à savoir 60°, 140°, 280°. Les vents forts (> 7 m/s) viennent essentiellement du sud-est (140°) et de l'ouest - nord-ouest (260° à 320°), alors que les vents faibles (< 2 m/s) soufflent principalement du nord-est (60°) [2.1.2].

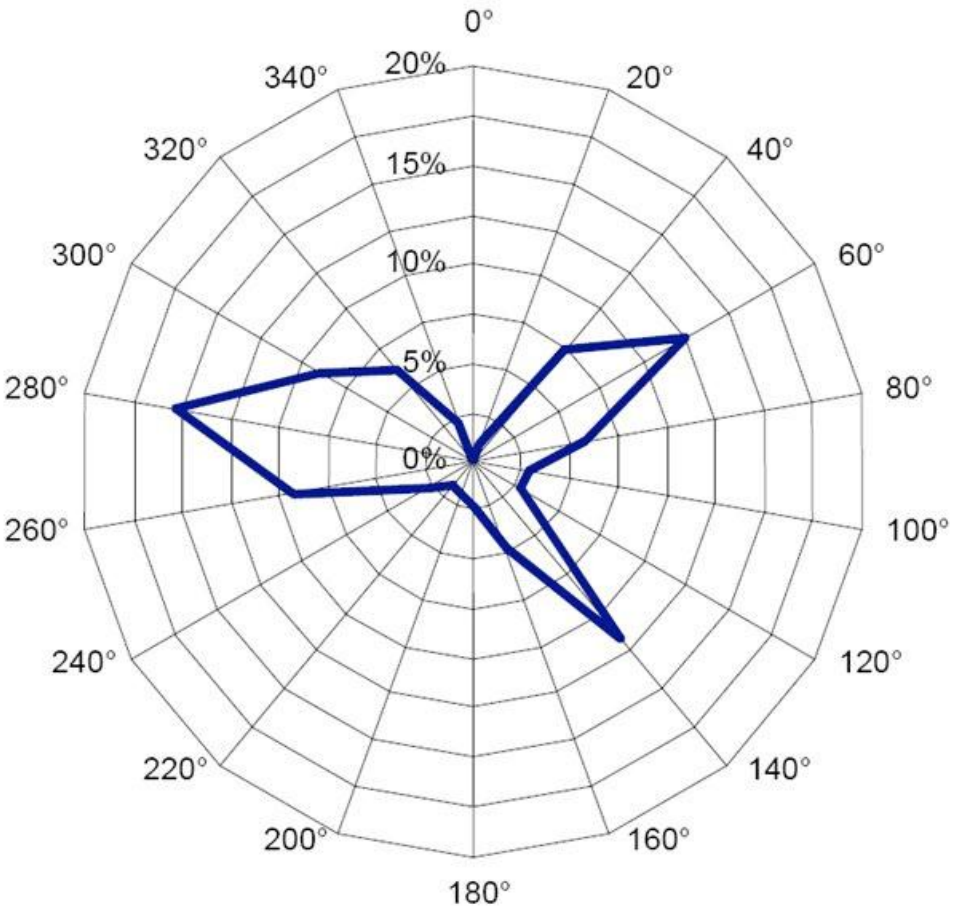


Figure 2.1.1 : Rose des vents générales à la Station de la Grande Bastide
(vents à 110 m - 1999 à 2001) [2.1.1]

La classe de stabilité est un indicateur du caractère plus ou moins dispersif de l'atmosphère, qui est relié à ses propriétés turbulentes d'origine mécanique et/ou thermique. Au CEA, on utilise le formalisme de Doury basé sur deux classes, DN pour « diffusion normale » et DF pour « diffusion faible » (figure 2.1.2). La limite entre la diffusion normale (DN – atmosphère instable) et la diffusion faible (DF – atmosphère stable) peut être caractérisée par la valeur du gradient thermique vertical γ : la diffusion est dite normale lorsque $\gamma \leq$ -0,5 °C/100 m et faible lorsque $\gamma >$ -0,5 °C/100 m.

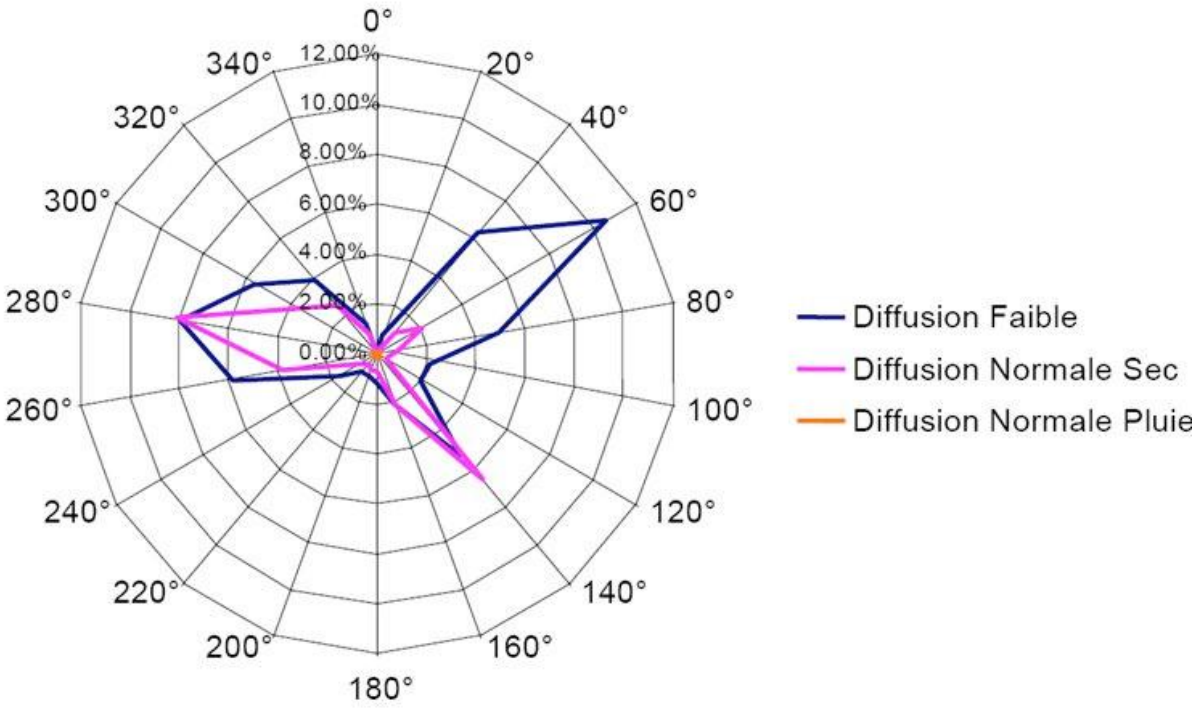


Figure 2.1.2 : Rose des vents à la Station de la Grande Bastide par classe de diffusion (vents à 110 m -1999 à 2001) [2.1.1]

2.1.2.2.1.2 Vent quasi-permanent

À partir des données disponibles jusque mi-2009 pour la station de la Verrerie de Cadarache (ou station de Saint-Paul-lez-Durance) et les stations Météo France les plus proches, Météo France a estimé les valeurs quasi-permanentes de la vitesse du vent moyennée sur 10 min (tableau 2.1.2).

Tableau 2.1.2 : Moyenne annuelle de la vitesse de vent moyennée sur 10 min pour la station météorologique de la Verrerie et les stations les plus proches du Centre : valeurs maximales et moyennes [2.1.4]

	Moyennes annuelles de la vitesse du vent moyennée sur 10 min (m/s)			
Station	Verrerie - Cadarache	Peyrolles	Vinon-sur-Verdon	Saint-Auban
Valeur maximale (année)	2,90 (2005)	3,58 (2006, 2007)	3,67 (2007)	**4,76** (1999)
Valeur moyenne sur la période de mesure (période)	2,75 (2005 à 06/2009)	3,5 (2005 à 06/2009)	3,53 (2005 à 06/2009)	4,44 (09/1995à 06/2009)

La vitesse du vent quasi-permanent estimée pour Cadarache est de 2,9 m/s, la valeur la plus élevée parmi celles déterminées par Météo France est de l'ordre de 5 m/s (Saint-Auban) (tableau 2.1.2).
Les modalités de prise en compte des vents, dont le vent quasi-permanent, dans le dimensionnement des installations nouvelles ou dans le cadre du réexamen d'installations existantes sont présentées dans la note [2.1.6].

2.1.2.2.1.3 Rafales de vents

Les rafales de vents sont mesurées sur Cadarache à la station de la Verrerie depuis mi-2005. La valeur maximale mesurée est de **28,4 m/s** (29/07/2013) (102 km/h) (le record antérieur est de 26,4 m/s (14/12/2008)).

Les relevés des stations Météo France les plus proches ont permis à Météo France d'estimer les valeurs de rafales extrêmes pour différentes périodes de retour [2.1.4]. Le tableau 2.1.3 donne les valeurs maximales observées et les valeurs estimées selon la « méthode du renouvellement avec la loi exponentielle » pour une durée de retour de 25 ans et de 50 ans.

Tableau 2.1.3 : Valeurs maximales de rafales de vents à 10 m et valeurs pour les périodes de retour de 25 et 50 ans pour la station météorologique de la Verrerie de Cadarache et les stations les plus proches du Centre [2.1.4]

Station	**Rafale maximale mesurée en m/s**	**Rafale maximale avec un période de retour de 25 ans** (méthode du renouvellement) **en m/s**	**Rafale maximale avec un période de retour de 50 ans** (méthode du renouvellement)**en m/s**	**Période de calcul des durées de retour**
Verrerie - Cadarache (*)	28,4 (24/07/13)	/	/	/
Saint-Auban	34 (28/12/99)	34,6	36,1	1993-2008
Peyrolles (*)	28,1 (06/03/06)	/	/	/
Aix-en-Provence	31 (07/03/91)	29,2	30,3	1993-2008
Meyrargues	26 (28/12/99)	28,6	29,9	1993-2008

(*) Les séries de données disponibles pour Cadarache et Peyrolles ne sont pas suffisamment longues pour l'estimation par Météo France (2005 – 2009) des rafales avec période de retour.
Pour le site de Cadarache l'examen des données mesurées a été prolongé jusqu'à fin 2013 à partir des données fournies par le SPR.

La rafale maximale observée, 34 m/s (122,4 km/h), mesurée à la Station de Saint-Auban correspond au passage de la deuxième tempête fin 1999 sur le sud de la France. Les valeurs les plus élevées calculées pour des durées de de retour de 25 et 50 ans sont également celles calculées pour Saint-Auban : 34,6 m/s et 36,1 m/s (127,6 et 130 km/h). Les bornes supérieures de ces valeurs avec un intervalle de confiance à 70 % sont respectivement de 36,6 m/s et 38,4 m/s [2.1.4].

Notons que l'ensemble de ces valeurs et donc celles observées à Cadarache sont inférieures à la valeur de rafale de 46,3 m/s (166,6 km/h) préconisée dans la version précédente de la PGSE pour le dimensionnement des bâtiments et issue de l'ancienne réglementation (règle NV 65[1]) pour la zone à laquelle Cadarache appartient (zone 3 (canton de Peyrolles) des Bouches-du-Rhône). Cette valeur est la valeur applicable aux structures des installations existantes construites sous cette réglementation.

Dans le cadre de la nouvelle réglementation (Eurocode), les méthodes mises en œuvre n'utilisent pas la notion de rafale de vent[2]. Pour le dimensionnement des ouvrages nucléaires nouveaux, les modalités de prise en compte du vent accidentel sont précisées dans la note [2.1.6], celles-ci étant établies de façon

[1] DTU P 06-006 – Règles NV 65 – Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes – Edition de 2009.
[2] Dans l'application de la NF EN 1991-1-4, c'est la valeur de base de la vitesse de référence qui est utilisée pour calculer une pression de pointe.

que l'action de ce vent accidentel soit enveloppe de l'action du vent extrême de la règle NV 65, elle-même enveloppe des valeurs mesurées sur le site ou autour du site ou encore des valeurs estimées avec période de retour pour les stations environnantes.

Les modalités de prise en compte des vents pour la conception des structures des installations nouvelles, les réexamens de sûreté d'installations existantes et la rénovation des ouvrages de génie civil sont présentées dans la note [2.1.6]. Il faut souligner que les valeurs retenues pour le dimensionnement de nouveaux bâtiments sont les valeurs les plus pénalisantes entre les valeurs observées localement et celles résultant de l'application de la réglementation.

2.1.2.2.2 Températures

2.1.2.2.2.1 Températures moyennes

L'analyse des observations menées de 1960 à 2013 donne une température moyenne annuelle de l'ordre de **+ 12 °C (+ 12,2 °C)**[3]**.**Le contraste des températures entre l'hiver et l'été est important. Les mois les plus froids sont les mois de janvier, février et décembre pendant lesquels on observe une température moyenne quotidienne de **+ 4,3 °C** (moyenne des valeurs quotidiennes de ces trois mois pour la période 1960 à 2013). La valeur de la température moyenne minimale quotidienne est égale à - 1,9°C (moyenne des valeurs quotidiennes minimales de ces trois mois pour la période 1960 à 2013). Le minima de cette température moyenne minimale quotidienne est égale à - 2,3°C (moyenne des valeurs minimales quotidiennes mesurées sur un mois pour la période 1960 à 2013) et correspond au mois de janvier[4].

Les mois les plus chauds sont les mois de juillet et août pendant lesquels on observe une température moyenne quotidienne de **+ 21,4 °C** (moyenne des valeurs quotidiennes de ces deux mois pour la période 1960 à 2013)[5]. La valeur de la température moyenne maximale quotidienne est de +30,3 °C (moyenne des valeurs quotidiennes maximales de ces trois mois pour la période 1960 à 2013)[6]. Le maxima de cette température moyenne maximale quotidienne est égale à + 30,6°C (moyenne des valeurs minimales quotidiennes mesurées sur un mois pour la période 1960 à 2013) et correspond au mois de juillet.

Sur une même période, le contraste des températures est également très important. À titre d'exemple, pour le mois d'octobre 1997, les valeurs minimales et maximales mesurées sont respectivement - 7,4°C et + 30,5°C.

L'annexe 2 présente graphiquement les températures moyennes mensuelles obtenues en considérant l'ensemble des années 1960 à 2013 et les températures moyennes annuelles, minimales annuelles et maximales annuelles pour la période allant de 1960 à 2013.

2.1.2.2.2.2 Températures minimales

Les séquences de grand froid (nombre de jours consécutifs où la température minimale n'a pas dépassé - 8 °C), sur la période de 1960 à 2013, sont synthétisées dans le tableau 2.1.4[7]. Les valeurs en gras constituent des faits marquants.

[3] Peu d'évolution par rapport à la valeur de la version précédente de la PGSE, la moyenne annuelle était de 12,0°C (période 1960-2001 ou 1960-2004).
[4] Les valeurs de 4,5°C et de - 2,3°C sont identiques à celles de la version précédente de la PGSE (période 1960-2001 ou 1960-2004).
[5] Peu d'évolution par rapport à la valeur de la version précédente de la PGSE, la moyenne annuelle était de 21,1°C (période 1960-2001 ou 1960-2004).
[6] Peu d'évolution par rapport à la valeur de la version précédente de la PGSE, la moyenne maximale quotidienne était de + 30,1°C (période 1960-2001 ou 1960-2004).

Tableau 2.1.4 : Séquences de grand froid : nombre de jours consécutifs où la température minimale n'a pas dépassé - 8 °C, sur la période de 1960 à 2013[7]

Nombre de jours de la séquence	Nombre de séquences représentées dans l'échantillon	Valeurs remarquables
1	121	1985 : -13°C 1968 : -13,6°C
2	60	1963 : -13,4 à -16,3°C 1986 : -10,9 à -14°C
3	31	2005 : -8,8 à -14°C 1973 : -8,8 à -15°C
4	20	1985 : -13,9 à -16,9°C
5	11	**Déc. 1962 : -10,5 à -18°C** **Janv. 1985 : -10,7 à -19,1°C**
6	3	**Fév. 1963 : -8,1 à -19,9°C**
7	3	Janv. 1971 : -9 à -14,5°C
8	1	2001 : -11 à -14,3°C
9	1	**Mars 1971 : -8 à -15°C**

Le nombre de jours sans dégel (c'est-à-dire où la température maximale n'a pas dépassé 0°C) sur la période de 1960 à 2013 est de 36 jours[8]. L'annexe 3 présente le nombre de jours de gelées par mois entre 1959 et 2013.

Le nombre de jours consécutifs avec une température minimale quotidienne ne dépassant pas + 5°C, relevés sur la période de 1995 à 2004, est donné dans l'annexe 4.

2.1.2.2.2.3 Températures extrêmes minimales

La valeur de température extrême minimale observée à Cadarache au cours de la période allant de 1960 à 2013 et les données estimées par Météo France [2.1.4], selon la « méthode Gumbel non stationnaire »[9], pour différentes périodes de retour à partir des données de 1960 à 2008 sont listées dans le tableau 2.1.5. Les valeurs relatives aux stations environnantes sont également présentées.

La température la plus faible observée sur Cadarache est de - 21,0 °C mesurée en janvier 1960.

[7] La période de 1960 à 2005 traitée dans [2.1.3] est complétée pour la période 2006 à 2013 par les informations déduites des données fournies par le SPR.

[8] Pour la période 1959 à 2005, le nombre de jours sans dégel était de 30 jours [2.1.3] à laquelle s'ajoutent 6 jours pour la période 2005 à 2013 déterminé à partir des données fournies par le SPR.

[9] Météo France déduit de son analyse [2.1.4] qu'il est nécessaire de tenir compte du changement climatique lors de l'estimation des durées de retour, ce sont donc les résultats des modèles « non stationnaires » qui sont retenus. Il n'est pas présenté d'intervalle de confiance associé à ces valeurs du fait de l'absence de méthode pour le faire lors de la réalisation de l'étude [communication personnelle Météo France].

Tableau 2.1.5 : Températures minimales observée (période 1960 à 2013) et températures instantanées et moyennes sur 1 jour et 7 jours estimées en 2008 pour les périodes de retour de 25 et 50 ans (données 1960 à 2008) [2.1.4]

Station	Minimum observé en °C	Température minimale instantanée en °C (méthode Gumbel non stationnaire)		Température minimale moyenne sur 1 jour en °C (méthode Gumbel stationnaire)		Température minimale moyenne sur 7 jours en °C (méthode Gumbel non stationnaire)	
		50 ans	100 ans	50 ans	100 ans	50 ans	100 ans
Saint-Paul lez Durance (Cadarache verrerie)	**-21,0** (janvier 1960)	**-16,7**	-17,9[10]	**-10,1**	**-11,5**	-5,0	-6,2
Aix-en-Provence	/	-12,7	-14,0	-8,4	-9,9	-2,8	-3,9
Saint-Auban	/	-12,0	-13,1	-8,5	-9,8	**-5,8**	**-7,0**

Les modalités de prise en compte des températures minimales pour la conception des structures des installations nouvelles, les réexamens de sûreté d'installations existantes et la rénovation des ouvrages de génie civil sont présentées dans la note [2.1.6].

Dans le cadre du dimensionnement des équipements identifiés comme Éléments Importants pour la Protection (EIP) sensibles aux températures extérieures, les données précédentes font ressortir pour le site de Cadarache les couples température minimale extérieure/durée suivants (entre parenthèse valeur pour la station environnante si celle-ci est plus faible) :

- - 5 °C (- 5,8 °C) sur 1 mois. Cette valeur correspond à la valeur estimée pour le site de la température minimale moyenne pendant plus de 7 jours consécutifs ayant une durée de retour de 50 ans Il est considéré que cette température représente des conditions pouvant survenir sur une longue durée ;
- - 11,5 °C sur 7 jours. Cette valeur est basée sur la température minimale moyenne sur 24 heures ayant une durée de retour de 100 ans. Il est considéré que cette température est représentative d'une température ne pouvant survenir que pour des périodes limitées dans le temps c'est à dire de courte durée ;
- - 21 °C sur quelques heures. Cette valeur est basée sur la température minimale observée sur le site. Il est considéré que cette température représente une situation de très courte durée.
  Remarque : la valeur de la température minimale instantanée ayant une durée de retour de 100 ans (- 17,9°C) répond à ce critère, mais n'a pas été retenue ici au profit de la valeur observée plus faible.

À partir de ces valeurs, les couples suivants sont recommandés, une marge de l'ordre de 4°C est appliquée pour les valeurs de courtes et très courtes durées, une température de pointe est également ajoutée au titre des marges :

- - 5,5 °C sur 1 mois,
- - 15°C sur 7 jours avec une pointe de - 21° C pendant 1 jour,
- - 25 °C sur 1 jour avec une pointe de - 30° C pendant 1 h.

[10] La version précédente de la PGSE présentait les valeurs obtenues à partir des données météorologiques allant de 1960 à 2005 et déterminées selon la méthode de Gumbel stationnaire soit -19,5 °C et - 21,1 °C pour les températures minimales instantanées avec une période de retour de 50 ans et de 100 ans. En considérant les données météorologiques jusqu'à 2009 les valeurs deviennent -19,3 °C et -20,9 °C avec cette même méthode. Les valeurs données dans le tableau 2.1.5 intégrant une tendance (méthode mon stationnaire) sont selon Météo France beaucoup plus réaliste compte tenu de l'évolution du climat avéré [2.1.4].

Lorsque les équipements sont protégés du froid en étant dans le(s) bâtiment(s) de l'installation, les deux premiers couples sont utilisés. En effet, des baisses de température plus importantes sur une courte durée (troisième couple) sont lissées par l'inertie thermique des bâtiments.

Pour les équipements situés à l'extérieur ou à l'interface des bâtiments de l'installation, les trois couples température extérieure /durée précisés ci-dessus sont utilisés.

Ces couples sont à appliquer pour les EIP ou pour les installations de conditionnement d'air concernant des locaux dans lesquels sont présents des EIP dont le maintien de la fonctionnalité est demandé ou est nécessaire pour ces conditions extrêmes de températures. Il est précisé que les installations du CEA Cadarache n'ont pas un objectif de disponibilité et donc une mise en arrêt à l'état sûr de ces installations en fonction des conditions climatiques (dont les températures extrêmes minimales) peut être définie. Les températures à maintenir dans les locaux sont également à déterminer selon les objectifs d'exploitation de l'installation (conditions d'ambiances nominales, température de 15°C ou encore température de 5°C (maintien hors gel), …).

2.1.2.2.2.4 Températures maximales

Les séquences de forte chaleur définies ici par le nombre de jours consécutifs où la température maximale a dépassé 35°C, sont synthétisées dans le tableau 2.1.6 pour la période de 1960 à 2013 [10]. Les valeurs en gras correspondent à des faits marquants.

Tableau 2.1.6 : Séquences de forte chaleur : nombre de jours consécutifs où la température maximale a dépassé 35 °C, sur la période de 1960 à 2013 [11]- Station de la Verrerie

Nombre de jours de la séquence	Nombre de séquences représentées dans l'échantillon	Valeurs remarquables
1	69	1971 : 37,2°C 2003 : 37°C
2	22	2005 : 35,8 à 38,8°C 2003 : 37,4 à 38,5°C
3	11	1981 : 35,2 à 38,9°C 2007 : 38,1 à 38,8°C
4	15	2000 : 35,5 à 39,1°C
5	5	**1982 : 35 à 40,1°C**
6	4	2003 : 35,5 à 38,8°C 2001 : 35 à 36,3°C 2009 : 35,1 à 38,0°C 2012 : 36,0 à 38,6°C
7	1	2006 : 35,4 à 37,5°C
8	0	-
9	0	-
10	0	-
11	1	1983 : 35 à 39,8°C
12	0	-
13	1	**2003 : 37 à 39,4°C**

[11] La période de 1960 à 2005 traitée dans [2.1.3] est complétée pour la période 2006 à 2013 par les informations déduites des données fournies par le SPR.

2.1.2.2.2.5 Températures extrêmes maximales

La valeur de température maximale observée à Cadarache au cours de la période allant de 1960 à 2013 et les données estimées par Météo France, selon la « méthode GEV non stationnaire »[12], à partir des données de 1960 à 2008 pour différentes périodes de retour sont listées dans le tableau 2.2.5 [2.1.4]. Les valeurs relatives aux stations environnantes sont également présentées.

La température la plus élevée observée sur Cadarache est de + 40,1 °C mesurée en juillet 1982.

Tableau 2.1.8 : Températures maximales observée (données de1960 à 2013) et températures instantanées et moyennes estimées pour les périodes de retour de 25 et 50 ans (période1960-2008) [2.1.4]

Station	**Maximum observé en °C**	**Température maximale instantanée en °C** (méthode GEV non stationnaire)		**Température maximale moyenne sur 1 jour en °C** (méthode GEV non stationnaire)		**Température maximale moyenne sur 7 jours en °C** (méthode GEV non stationnaire)	
		50 ans	**100 ans**	**50 ans**	**50 ans**	**50 ans**	**100 ans**
Saint-Paul lez Durance (Cadarache verrerie)	+ 40,1 (juillet 1982)	41,7	42,1[13]	29,3	29,7	28,1	28,8
Aix-en-Provence	/	**43,5**	**45,0**	**31,5**	**32,3**	**30,8**	**31,6**
Saint-Auban	/	39,7	40,1	30,4	30,6	30,3	31,1

Les modalités de prise en compte des températures pour la conception des structures des installations nouvelles, les réexamens de sûreté d'installations existantes et la rénovation des ouvrages de génie civil sont présentées dans la note [2.1.6].

Dans le cadre du dimensionnement des équipements identifiés comme Éléments Importants pour la Protection (EIP) sensibles aux températures extérieures, les données précédentes font ressortir pour le site de Cadarache les couples température maximale extérieure/durée suivants (entre parenthèse, valeur des stations environnantes si elle est plus élevée) :

- 28,1 °C (30,8 °C) sur un mois. Cette valeur correspond à la valeur estimée pour le site de la température maximale moyenne observée pendant plus de 7 jours consécutifs ayant une durée de retour de 50 ans. Il est considéré que cette température représente des conditions pouvant survenir sur une longue durée ;
- 29,7 °C (32,3 °C) sur 7 jours. Cette valeur est basée sur le maximum de la température maximale moyenne sur 24 heures, ayant une durée de retour de 100 ans il est considéré que cette température est représentative d'une température ne pouvant survenir que pour des périodes limitées c'est-à-dire de courte durée ;

[12] Météo France déduit de son analyse [2.1.4] qu'il est nécessaire de tenir compte du changement climatique lors de l'estimation des durées de retour, ce sont donc les résultats des modèles « non stationnaires » qui sont retenus. Il n'est pas présenté d'intervalle de confiance associé à ces valeurs du fait de l'absence de méthode pour le faire lors de la réalisation de l'étude [communication personnelle Météo France].

[13] La version précédente de la PGSE présentait les valeurs obtenues à partie des données météorologiques allant de 1960 à 2005 et déterminées selon la méthode de Gumbel stationnaire soit 41,2 °C et 42,1 °C pour les températures maximales instantanées avec une période de retour de 50 ans et de 100 ans. En considérant les données météorologiques jusqu'à 2009 les valeurs deviennent 41,3 °C et 42,4 °C avec cette même méthode. Les valeurs données dans le tableau 2.1.8 intégrant une tendance (méthode mon stationnaire) sont selon Météo France beaucoup plus réaliste compte tenu de l'évolution du climat avéré [2.1.4].

- 42,1 °C (45,0 °C) sur quelques heures. Cette valeur est basée sur la température maximale instantanée ayant une durée de retour de 100 ans. Il est considéré que cette température représente une situation de très courte durée

À partir de ces valeurs les couples suivants sont recommandés, une marge de l'ordre de 4 °C est appliquée sur les valeurs de courtes ou très courtes durées :

- 30 °C sur 1 mois,
- 34 °C sur 7 jours,
- 46 °C sur 1 jour pour les matériels de faible inertie thermique.

Ces couples sont à appliquer pour les EIP ou pour les installations de conditionnement d'air concernant des locaux dans lesquels sont présents des EIP dont le maintien de la fonctionnalité est demandé ou est nécessaire pour ces conditions extrêmes de températures. Il est précisé que les installations du CEA Cadarache n'ont pas un objectif de disponibilité et donc une mise en arrêt à l'état sûr de ces installations en fonction des conditions climatiques (dont les températures extrêmes maximales) peut être définie. Les températures à maintenir dans les locaux sont également à déterminer selon les objectifs d'exploitation de l'installation (conditions d'ambiances nominales, température de 35°C, …).

2.1.2.2.2.6 Gradient de températures

Ce paramètre est calculé sur la base des différences de température observées entre les niveaux 10 m et 110 m à la station de la Grande Bastide. Les relevés font apparaître que les conditions optimales de diffusion atmosphérique se retrouvent en général entre 9 et 18 heures TU, ce qui résulte de l'agitation thermique due au rayonnement solaire.

2.1.2.2.2.7 Amplitude thermique

L'amplitude thermique mensuelle moyenne varie au cours des saisons, de 11-12 °C pendant les mois d'hiver (novembre, décembre, janvier), à 14-15°C de mars à mai, pour atteindre 16 à 18°C de juin à août.

Les fortes amplitudes thermiques sont plus fréquentes en été.

Le tableau 2.1.9 donne l'amplitude thermique maximale relevée à la station Saint-Paul-lez-Durance (Verrerie - Cadarache) sur la période de 1960 à 2004 ainsi que les valeurs estimées en 2005 par Météo France pour différentes périodes de retour [2.1.3] (données les plus récentes disponibles).

Tableau 2.1.9 : Amplitude thermique maximale observée et amplitudes thermiques maximales estimées pour différentes périodes de retour – Station de Saint-Paul-lez-Durance (Verrerie - Cadarache) (donnée de 1960 à 2004) [2.1.3]

Amplitude thermique maximale observée	27,9°C (17 juillet 1978)
Maximum avec période de retour de 10 ans	27,1°C
Maximum avec période de retour de 50 ans	28,5°C
Maximum avec période de retour de 100 ans	**29,2°C**

2.1.2.2.3 Humidité relative

Concernant l'humidité relative, les éléments suivants sont mis en évidence pour le site de Cadarache :

- l'humidité relative moyenne annuelle est d'environ 80 %,
- en raison des fortes chutes de température nocturnes, des phénomènes de condensation peuvent se produire,

- les brouillards matinaux sont localisés dans la vallée de la Durance et restent souvent contenus au niveau du pertuis du pont de Mirabeau. Quand ils affectent le Centre, ces brouillards sont localisés au niveau du ravin de la Bête en relation avec l'existence de fortes inversions thermiques au voisinage du sol,
- ce paramètre est très contrasté.

Les données d'humidité relative mesurées sur la période allant de 2010 à 2013 à la station de la Verrerie sont présentées dans le graphique en annexe 5.

L'annexe 7 présente les résultats de l'analyse de corrélation des températures et humidités relatives horaires (analyse fréquentielle croisée) de la station de Saint-Paul-lez-Durance (Verrerie- Cadarache) réalisée par Météo France à partir des données allant de 2004 à 2008 [2.1.4].

Il en est déduit les couples [températures, humidité relatives (HR)] représentatifs du site à considérer pour le dimensionnement des équipements de conditionnement d'air à savoir :

[+ 36 °C, 25 % HR] et [- 10 °C, 90 % HR],

et pour le dimensionnement de la déshumidification basé sur le poids d'eau le plus élevé rencontré en période d'été, le couple recommandé est le suivant :

[+ 28 °C, 65% HR].

2.1.2.2.4 Pluie

2.1.2.2.4.1 Pluies moyennes

Les valeurs moyennes de précipitations pour la période allant de 1960 à 2013, sont les suivantes (annexe 6) :

- **hauteur annuelle : 651 mm,**
- **nombre de jours de pluie dans l'année : 83.**

Ces paramètres peuvent varier considérablement d'une année à l'autre (maxima et minima absolus des observations effectuées de mi-1959 à 2013) :

- hauteur annuelle : de 289 mm en 1967, à 965 mm en 1994,
- nombre de jours : 53 en 1967, à 117 en 1960,
- le mois le plus sec est juillet avec 23,7 mm de moyenne.

Sur la période allant de 1966 à 2013 (48 années) on a pu constater [14] :

- 79 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 40 mm,
- 38 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 50 mm,
- 21 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 60 mm,
- 10 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 70 mm,
- 6 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 80 mm,
- 4 jours où la pluie en 24 heures a dépassé 90 mm, avec un record le 5 novembre 2011 avec 115 mm en 24 h.

Les fortes précipitations ont souvent un caractère très localisé lors de situations orageuses. La part des pluies atteignant 10 $mm.h^{-1}$ ne représente que 2 %. L'intervalle de temps sans précipitation observée a atteint 54 jours en 1997. Les séquences de précipitations continues sont peu fréquentes sur le site de Cadarache. Sur la période allant de 1960 à 2013, la hauteur maximale de précipitation atteinte,

[14] Les valeurs pour la période allant de 1966 à 2005 présentées dans [2.1.3] sont complétées des données fournies par le SPR pour la période allant de 2006 à 2013.

consécutive à des pluies continues, est de 271,6 mm sur 9 jours en novembre 2011 [15]. C'est la plus longue séquence relevée sur la période de 1960 à 2013.

Afin de mieux caractériser l'évolution des précipitations dans le temps, il a été calculé à partir des données allant de 1960 à 2004, la hauteur de précipitations cumulée dans les douze mois précédents. Cette démarche, qui adoucit les fluctuations momentanées, a mis en évidence une oscillation à moyen terme. Les résultats montrent des oscillations longues de 20 ans environ, pouvant atteindre 350 mm d'amplitude. À cela viennent s'ajouter des fluctuations reproductibles dont la période correspond à environ trois ans et dont l'amplitude varie de 300 à 500 mm sur la période considérée. La plus petite valeur observée sur 12 mois de 1960 à 2004 est de 289 mm (décembre 1991), la plus forte de 965 mm (octobre 1979).

2.1.2.2.4.2 Pluies extrêmes

En ce qui concerne **les précipitations extrêmes**, il est difficile d'évaluer le risque pluviométrique à partir seulement des relevés locaux. Météo France estime que le risque pluviométrique doit être appréhendé à partir des valeurs maximales relevées dans un rayon de l'ordre de 20 km, représentatif du climat du site [2.1.3]. Les calculs réalisées par Météo France pour la période 1960-2004 [2.1.3] montrent que si la pluie journalière centennale calculée à partir des seuls relevés du site est de 114 mm [2.1.3], le seuil de 110 mm en 24 h a été dépassé 8 fois dans le périmètre de 20 km autour de Cadarache sur la période 1960-2004. Si on prend en compte l'ensemble des valeurs **journalières centennales** calculées dans un rayon de 20 km autour du site, englobant le plateau de Valensole, le Haut-Var et l'Est du Vaucluse, on obtient pour la pluie régulière et continue (PRC) une valeur journalière enveloppe de **180 mm.**

La **pluie centennale sur de courtes durées** est pour sa part plus difficile à estimer dans la mesure où il faut disposer de stations automatisées réalisant des mesures à pas de temps fin et sur un temps d'enregistrement assez long. Les historiques de pluies disponibles sur le site de Cadarache ne sont pas assez anciens pour être exploités de manière statistiques afin d'extrapoler des valeurs d'intensité à l'occurrence désirée. Seules les stations de Saint-Auban, Aix-en-Provence et Marignane fournissent ce type de données [2.1.3]. Mais des écarts notables, trouvant leur origine dans les effets géomorphologiques de site, sont observées entre ces stations.

Aussi pour le site de Cadarache, il a été décidé de prendre en compte un modèle générique de quantification d'intensité de pluie conformément à la Circulaire Interministérielle 77-284/INT du 22 juin 1977 qui préconise d'utiliser un modèle donnant l'intensité de la pluie en fonction de la durée de l'évènement pluvieux. Il s'agit du modèle de Montana pour la Région III (quart sud-est de la France) qui est retenu comme **pluie de référence du site de CADARACHE** et qui traduit le fait que plus la durée de l'évènement pluvieux est brève plus l'intensité de la pluie est intense. Ce modèle fait partie des modèles préconisés par le guide ASN n°13 relatif à la protection des INB vis-à-vis du risque d'inondation.

La figure 2.1.3 donne les valeurs de l'intensité et de la hauteur de pluie centennale de Montana région 3.

[15] Les valeurs pour la période allant de 1960 à 2004 présentées dans [2.1.3] sont complétées des données fournies par le SPR pour la période allant de 2005 à 2013.

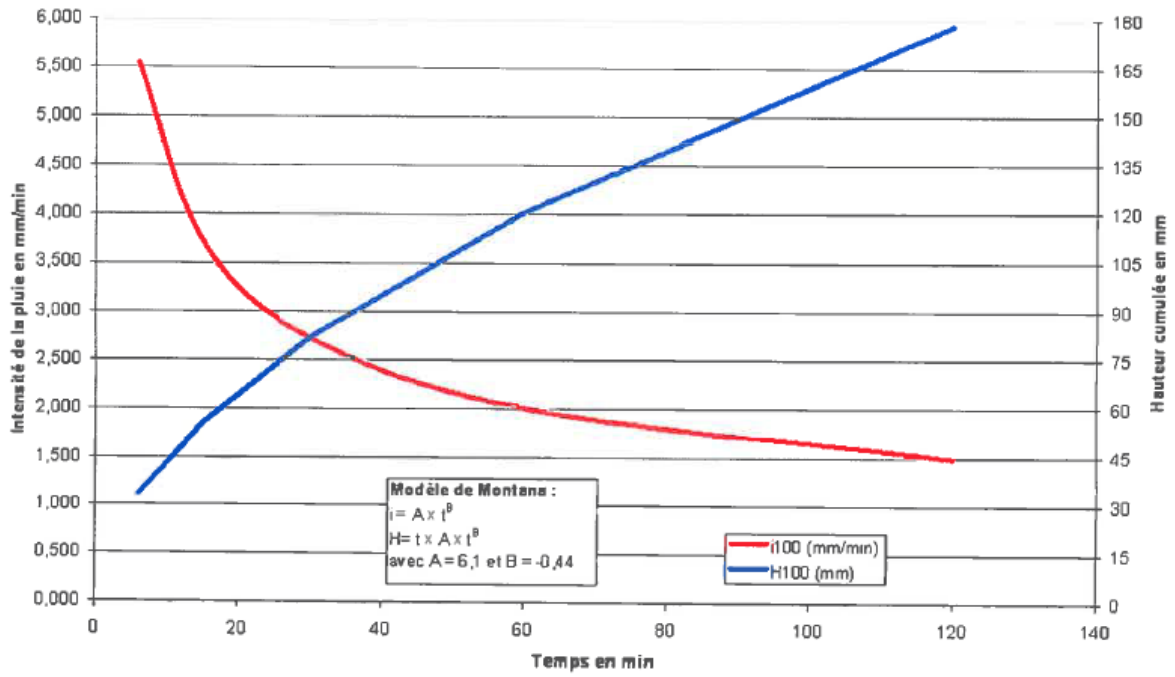


Figure 2.1.3 : Intensité et hauteur de pluie de période de retour 100 ans en fonction de sa durée, selon le modèle de Montana région 3

Le Centre dispose de moyens de pompages permettant de faire face au risque d'inondation par précipitation [2.1.7].

2.1.2.2.5 Neige

Les épisodes neigeux sont peu fréquents sur le site de Cadarache (annexe 7). Les hauteurs maximales relevées sont de 190 mm et 200 mm en février 2001 et janvier 2009 (soit respectivement 81 mm et 23 mm en eau de fusion[16]).

Les valeurs à retenir pour le dimensionnement des bâtiments sont les valeurs les plus pénalisantes entre ces valeurs locales et celles résultant de l'application de la réglementation.

Les modalités de prise en compte de la charge due à la neige dans le dimensionnement des installations nouvelles ou dans le cadre du réexamen d'installations existantes sont présentées dans la note [2.1.6].

2.1.2.2.6 Orages

D'une manière générale, les phénomènes orageux sont fréquents dans la région.

Le tableau 2.1.10 présente, le bilan sur 20 ans pour la période allant de janvier 1992 à décembre 2011, des relevés sur le site de Cadarache ainsi que son environnement dans un rayon de 10 km, réalisé en 2012 par Météorage. Les valeurs moyennes observées en France sont également données pour comparaison.

[16] La valeur de 81 mm d'eau de fusion correspond probablement à une neige gorgée d'eau de pluie.

Tableau 2.1.10 : Bilan sur 20 ans (janvier 1992 à décembre 2011) réalisé en 2012 par Météorage des relevés sur le site de Cadarache ainsi que son environnement dans un rayon de 10 km et valeurs moyennes en France

	SITE CADARACHE	MOYENNE FRANCE
Nombre d'impacts de foudre par an (rayon de 10 km)	632	276
Nombre d'impacts d'intensité > à 100 000 ampères	5,1	3,75
Pourcentage d'impacts positifs	5,7	11,04
Nombre de jours d'orages par an	29	20
Nombre de jours d'orages violents par an	17	7
Intensité moyenne des impacts positifs sur le site (kA)	36,7	37,1
Intensité moyenne des impacts négatifs sur le site (kA)	20,5	22,17
Densité de foudroiement (l/km^2/an)	2,01	0,88

Les deux premières valeurs sont comparées aux moyennes nationales, pour des surfaces identiques. L'intensité d'un impact correspond à la mesure en kilo ampères de l'amplitude crête du premier arc en retour.

2.1.2.2.7 Pression atmosphérique

Les variations de pression sur la Centre de Cadarache sont rarement de forte amplitude. Les situations barométriques les plus fréquemment rencontrées sont du type anticyclonique ou à marais barométrique.

À titre d'illustration, la figure de l'annexe 8 présente les variations de pression atmosphérique moyenne, minimale et maximale qui ont été observées pour l'année 2013 au niveau de la station de la Verrerie.

2.1.2.2.8 Ensoleillement

Le rayonnement solaire global maximal, mesuré dans la région de la station de Saint-Auban (située à 40 kilomètres au Nord-Est de Cadarache) avoisine 1000 W/m^2.

À titre d'illustration, la figure de l'annexe 9 présente, pour l'année 1998, l'éclairement moyen journalier (2 à 7,5 kWh/m² selon les mois dans cet exemple).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.1.1] Exploitation des données météorologiques du CEA Cadarache. P. Armand et Ph. Guétat. Rapport technique CEA/ DIF/DASE/SRCE. Référence SMQ EEX 52 RBC RTE QRCE 0057 A. Mars 2003.

[2.1.2] Caractérisation de la météorologie du CEA Cadarache : tendances journalières, saisonnières et journées types. P. Armand et Ph. Guétat. Rapport technique CEA/ DIF/DASE/SRCE. Référence VAL CEASI RBC DET 04000024 A. Janvier 2004.

[2.1.3] Étude climatologique du site de Cadarache (commune de Saint-Paul-lez-Durance). Météo France. Décembre 2005.

[2.1.4] Éléments concernant les périodes de fortes chaleurs et de grands froids. Étude METEO France, novembre 2009.

[2.1.5] Éléments concernant le vent. Étude METEO France, octobre 2009.

[2.1.6] Note de synthèse des valeurs des actions climatiques à prendre en compte pour la conception, les réexamens de sûreté et la rénovation des ouvrages de génie civil situés sur le site de Cadarache. CEA/DEN/DPIE/SMCP/GGCG 203 GECIV NTE 14 014.

[2.1.7] Inventaire des moyens de pompage et de contrôle de l'activité en cas d'inondation externe sur le Centre CEA de Cadarache. DEN/DPIE/SA2S/GAS 140 SURSE PGC NTE 08000003.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Implantation des stations de surveillance atmosphérique.

Annexe 2 : Températures mensuelles (°C) de 1960 à 2013 - Station de la Verrerie.

Évolution des températures (°C) de 1960 à 2013 - Station de la Verrerie.

Annexe 3 : Répartition du nombre de jours consécutifs avec une température minimale journalière inférieure à 5°C sur la période 1995 à 2004 – Station de la Verrerie.

Annexe 4 : Nombre de jours de gelées par mois pour la période allant de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie.

Annexe 5 : Fréquences de l'humidité relative pour la période 2010 - 2013 - Station de la Verrerie.

Annexe 6 : Pluies de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie :

. Nombre de jours de pluie par mois de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie.

. Hauteur de pluie par mois (en dixième de mm) de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie.

Annexe 7 : Analyse de corrélation des températures et humidités relatives horaires - Station de la Verrerie, 2004 à 2008.

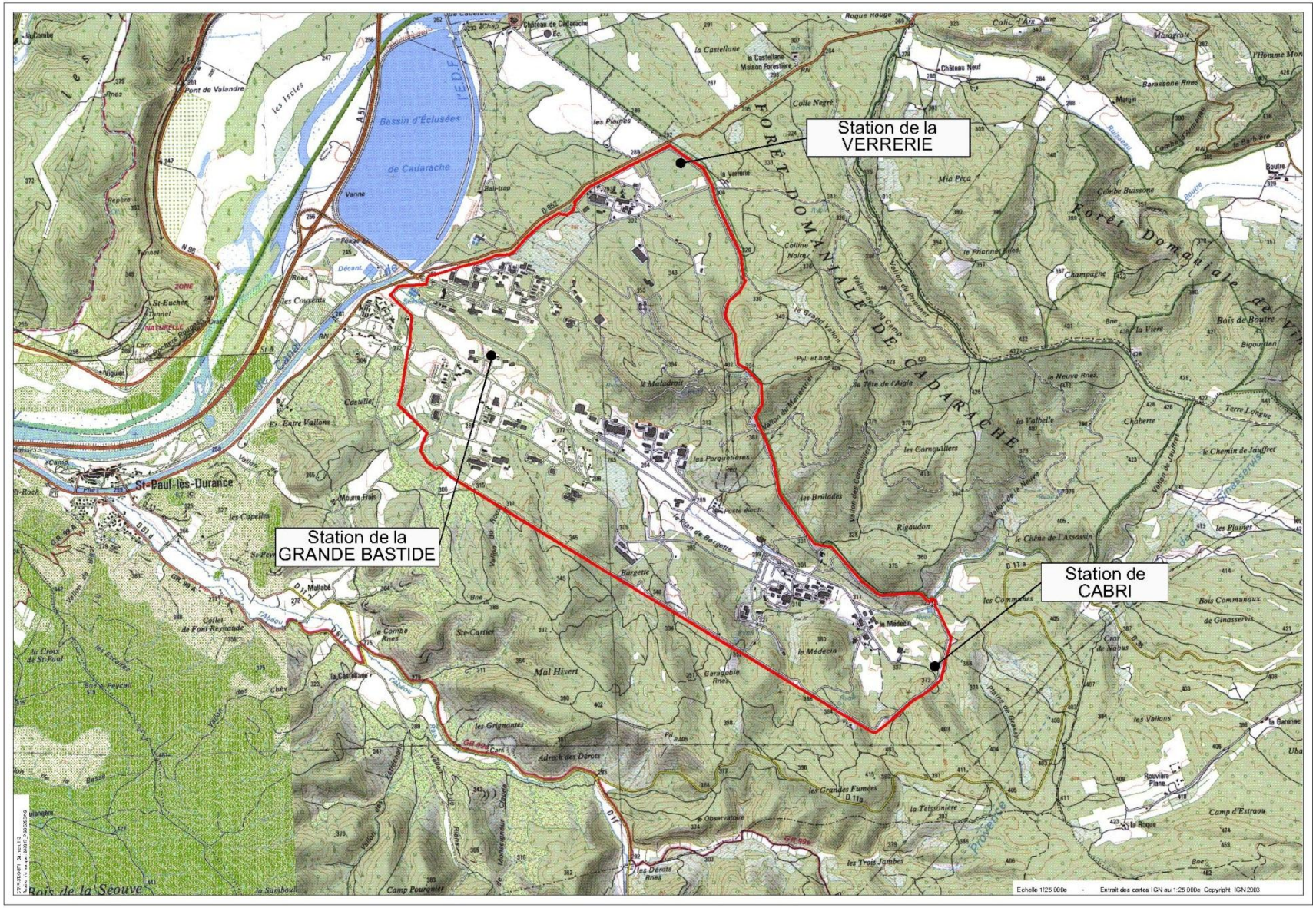
Annexe 8 : Neige de 2000 à 2013 - Station de la Verrerie.

Annexe 9 : Pression atmosphérique pour l'année 2013 - Station de la Grande Bastide.

Annexe 10 : Moyenne journalière de l'éclairement global horizontal pour l'année 1998 - Station de Saint-Auban.

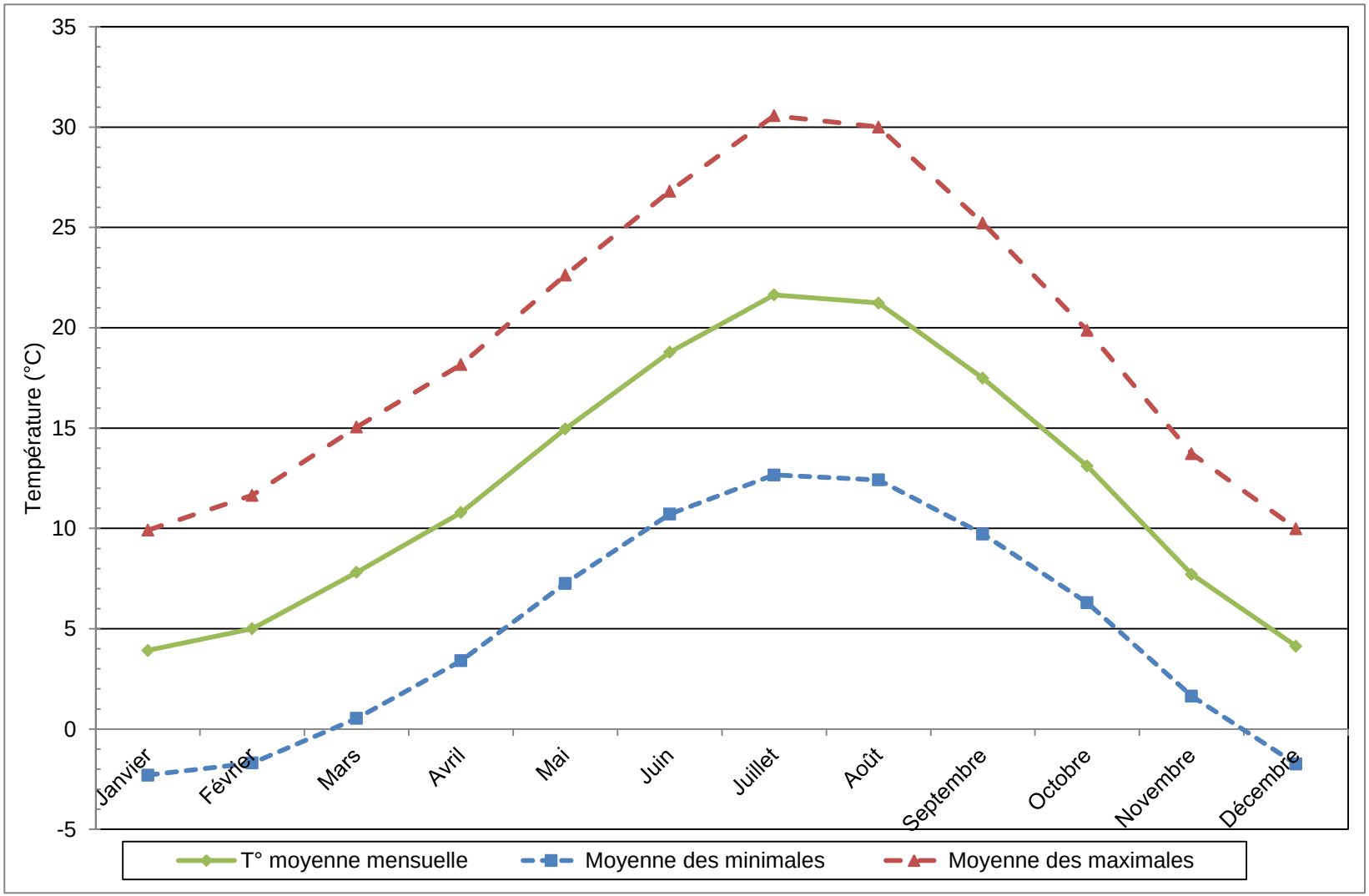
ANNEXES

Annexe 1 : Implantation des stations de surveillance atmosphérique



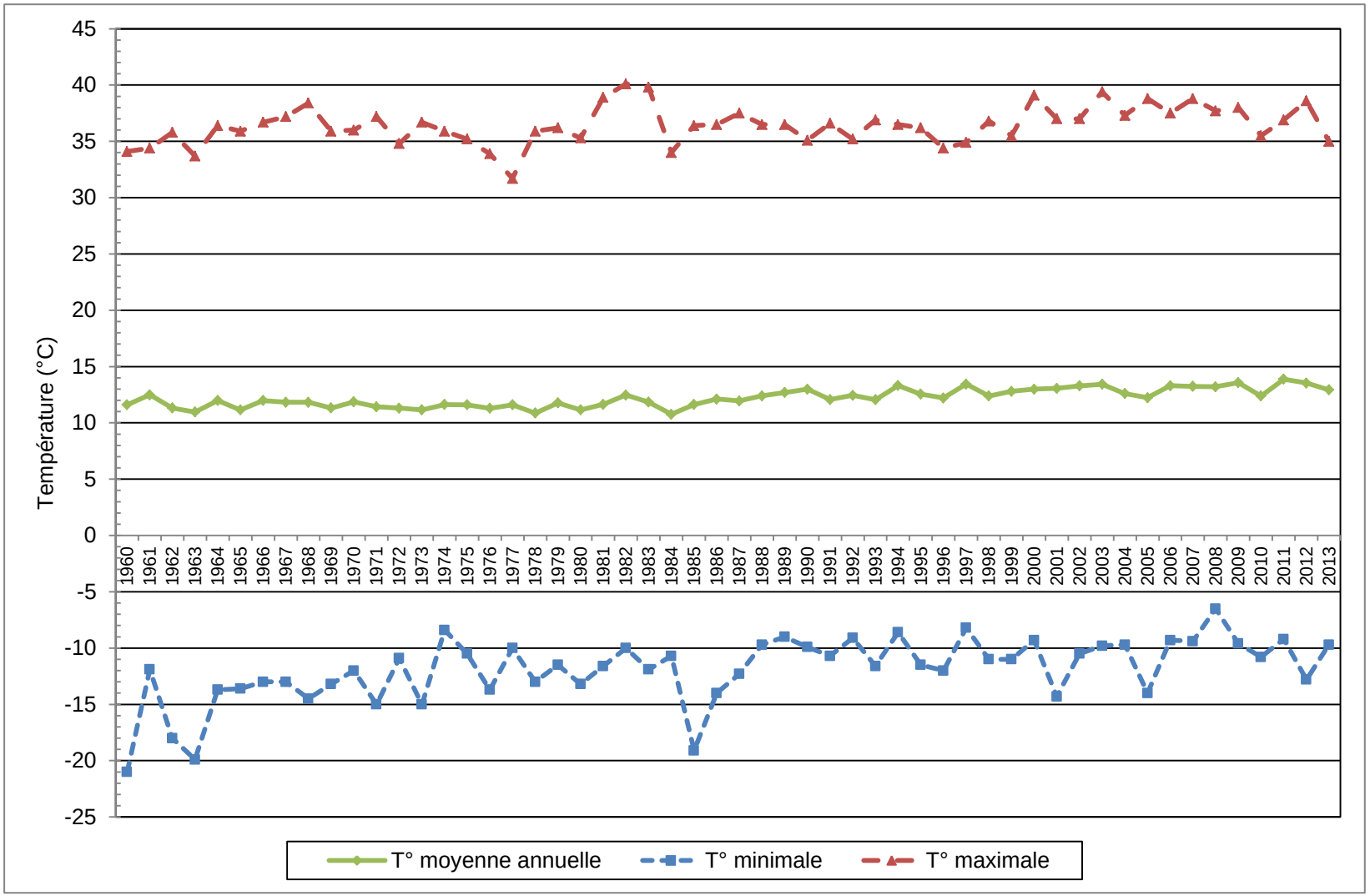
Annexe 2 : Températures de 1960 à 2013 – Station de la Verrerie

Températures mensuelles moyennes, minimales et maximales, pour la période 1960 à 2013 – Station de la Verrerie



Annexe 2 : Températures de1960 à 2013 – Station de la Verrerie

Températures annuelles moyennes, minimales et maximales, pour la période 1960 à 2013 – Station de la Verrerie



Annexe 3 : Nombre de jours de gelée par mois pour la période allant de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1959	*Début exploitation du site par CEA*							0	0	2	22	16	40
1960	23	18	10	11	5	0	0	0	0	2	16	23	108
1961	26	20	22	0	3	0	0	0	0	1	12	16	100
1962	14	20	17	8	2	0	0	0	1	1	16	25	104
1963	24	19	14	6	1	0	0	0	0	0	5	23	92
1964	26	17	12	4	0	0	0	0	0	7	11	20	97
1965	23	24	16	10	0	0	0	0	0	1	12	19	105
1966	21	9	21	3	0	0	0	0	0	3	18	20	95
1967	21	18	10	9	1	0	0	0	0	2	14	28	103
1968	22	13	17	10	1	0	0	0	0	0	15	15	93
1969	20	21	12	7	0	0	0	0	0	3	16	25	104
1970	18	17	18	9	0	0	0	0	0	6	10	25	103
1971	25	22	22	1	0	0	0	0	0	1	19	23	113
1972	21	14	17	7	0	0	0	0	2	3	7	19	90
1973	25	23	25	16	0	0	0	0	0	9	17	24	139
1974	18	10	11	6	0	0	0	0	0	15	13	21	94
1975	19	17	19	6	0	0	0	0	0	12	14	22	109
1976	25	18	21	11	0	0	0	0	0	2	18	19	114
1977	16	13	10	12	0	0	0	0	2	0	10	21	84
1978	26	18	14	5	0	0	0	0	0	10	26	16	115
1979	20	15	11	15	6	0	0	0	0	1	16	19	103
1980	18	16	19	12	0	0	0	0	0	6	15	26	112
1981	23	22	11	3	0	0	0	0	0	5	15	17	96
1982	19	19	20	12	5	0	0	0	0	1	6	19	101
1983	22	23	15	6	0	0	0	0	0	7	12	21	106
1984	22	22	21	15	3	0	0	0	0	0	10	24	117
1985	26	15	15	9	0	0	0	0	0	0	20	21	106
1986	20	21	19	6	0	0	0	0	0	3	15	21	105
1987	26	16	15	4	1	0	0	0	0	0	13	16	91
1988	14	20	11	0	0	0	0	0	0	0	6	24	75
1989	26	19	12	3	0	0	0	0	0	2	13	19	94
1990	26	8	12	6	0	0	0	0	0	0	12	23	87
1991	21	23	9	8	5	0	0	0	0	6	12	25	109

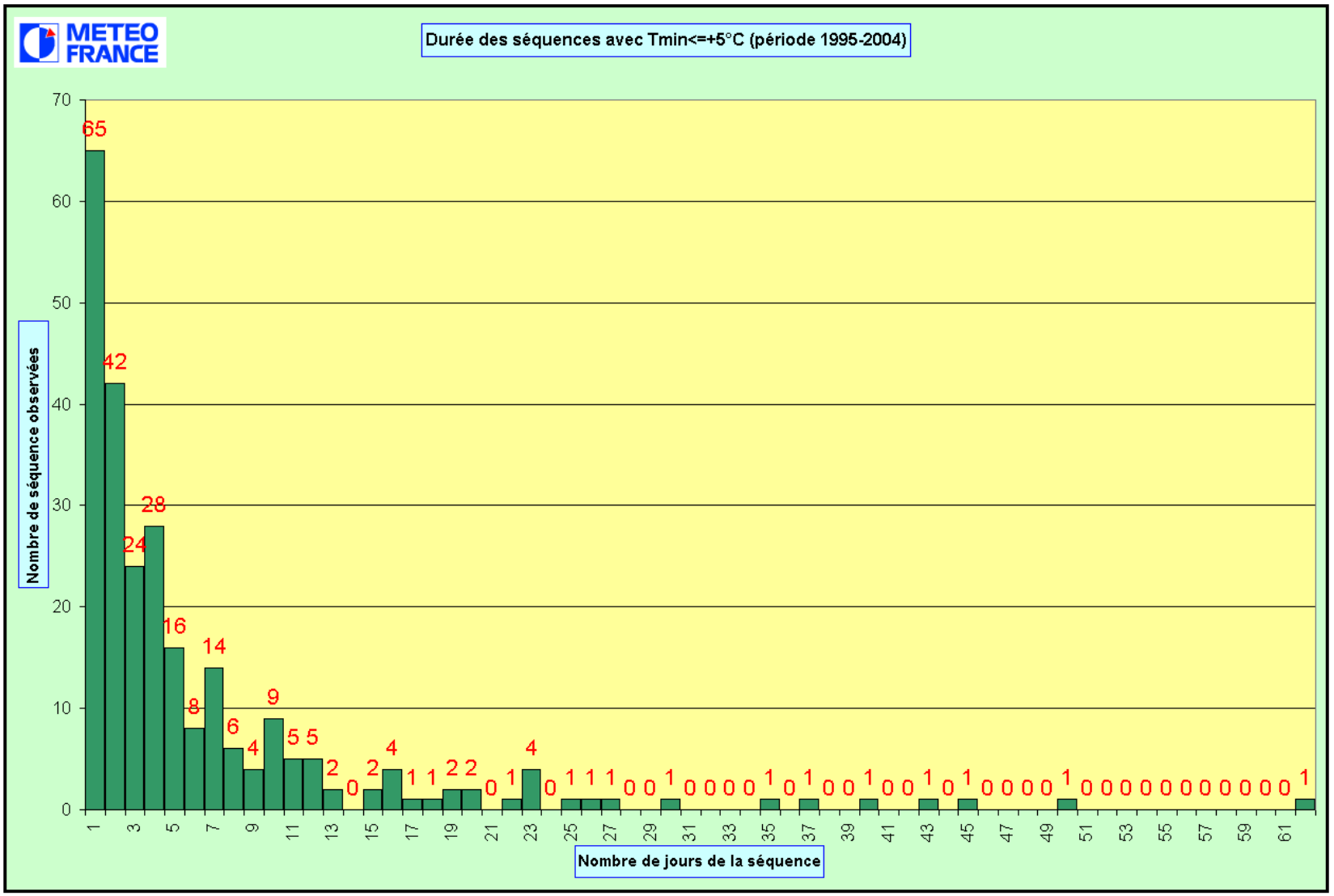
Annexe 3 : Nombre de jours de gelée par mois pour la période allant de 1959 à 2013 - Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1992	27	19	11	7	0	0	0	0	0	2	4	17	87
1993	22	23	20	4	0	0	0	0	0	2	15	17	103
1994	20	17	9	8	0	0	0	0	0	1	6	18	79
1995	22	13	18	3	1	0	0	0	0	0	11	16	84
1996	13	22	16	6	0	0	0	0	0	2	7	11	77
1997	17	16	20	15	0	0	0	0	0	3	13	18	102
1998	20	24	24	5	0	0	0	0	0	0	20	31	124
1999	21	20	19	6	0	0	0	0	0	0	14	19	99
2000	28	17	13	2	0	0	0	0	0	0	7	11	78
2001	15	18	4	5	0	0	0	0	0	0	12	22	76
2002	23	13	13	6	0	0	0	0	0	1	3	11	70
2003	26	21	22	2	0	0	0	0	0	3	8	17	99
2004	24	20	17	6	0	0	0	0	0	0	21	21	109
2005	24	23	18	5	0	0	0	0	0	0	13	25	108
2006	22	22	8	4	1	0	0	0	0	0	7	21	85
2007	16	11	14	0	0	0	0	0	0	4	16	21	82
2008	17	18	8	3	0	0	0	0	0	0	9	19	74
2009	24	17	14	0	0	0	0	0	0	1	5	16	77
2010	21	14	14	1	0	0	0	0	0	3	7	19	79
2011	15	15	12	0	0	0	0	0	0	1	8	13	64
2012	17	28	9	1	0	0	0	0	0	2	4	19	80
2013	21	23	8	1	0	0	0	0	0	0	9	19	81

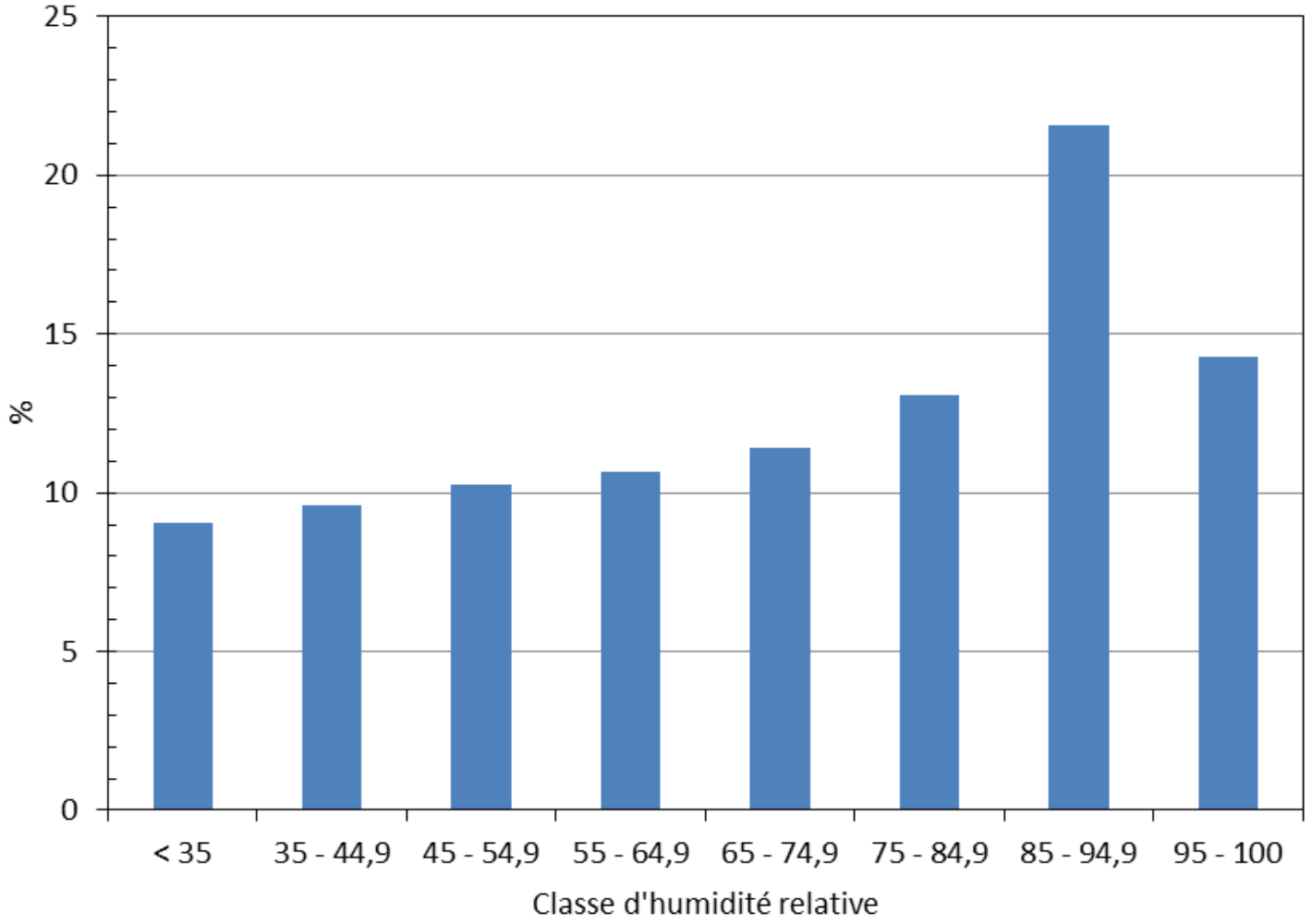
Nbre jours moy.	21	18	15	6	1	0	0	0	0	2	12	20
Nbre jours max.	28	28	25	16	6	0	0	0	2	15	26	31
Nbre jours min.	13	8	4	0	0	0	0	0	0	0	3	11

			Mois
Mois avec le plus grand nombre de jours gelée	MAX	31	déc-98
			Année
Année avec le plus grand nombre de jours gelée	MAX	139	1973
Année avec le plus petit nombre de jours gelée	MIN	64	2011

Annexe 4: Répartition du nombre de jours consécutifs avec une température minimale journalière inférieure à 5°C - Période 1995 à 2004 - Station de la Verrerie



Annexe 5 : Fréquences de l'humidité relative pour la période 2010 à 2013 – Station de la Verrerie



Annexe 6 : Pluies de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Hauteur de pluie par mois (en dixième de mm) de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1959	*Début exploitation du site par CEA*							370	840	1610	800	1290	4910
1960	710	430	850	310	150	780	160	600	1040	1960	1100	1200	9290
1961	200	50	0	1180	910	560	20	80	640	1330	1050	290	6310
1962	200	680	300	270	310	400	0	30	610	480	1170	780	5230
1963	490	900	300	890	170	1130	700	520	1630	480	1050	440	8700
1964	310	620	920	300	200	220	20	300	400	630	240	420	4580
1965	360	40	620	40	144	285	909	729	968	316	477	525	5413
1966	407	982	66	764	754	479	215	169	265	583	822	310	5816
1967	80	243	77	329	182	409	2	122	341	4	927	175	2891
1968	45	790	253	404	887	464	66	370	637	350	1061	505	5832
1969	601	511	752	72	679	579	513	524	898	47	481	23 4	5891
1970	570	370	590	230	310	800	70	130	40	880	740	650	5380
1971	720	120	680	860	710	380	340	440	210	60	1370	190	6080
1972	562	1787	532	545	245	826	663	440	571	1352	313	1220	9056
1973	550	260	300	490	170	630	210	390	280	1160	360	1070	5870
1974	600	990	500	1300	590	220	150	250	1680	130	350	220	6980
1975	310	690	940	380	510	710	30	410	630	120	700	570	6000
1976	270	510	680	910	400	410	540	670	680	1920	640	570	8200
1977	910	510	540	330	890	360	590	1340	20	1030	520	810	7850
1978	2000	700	590	730	1300	220	120	260	200	90	20	610	6840
1979	1190	710	800	520	160	230	100	120	160	2820	240	970	8020
1980	280	10	600	360	950	360	230	630	0	460	610	70	4560
1981	240	120	940	610	400	300	230	30	930	220	0	1900	5920
1982	180	200	210	160	100	300	30	160	420	860	1050	310	3980
1983	0	1070	730	280	610	570	60	1170	30	1030	90	780	6420
1984	600	440	390	140	1300	1000	0	470	390	1140	840	490	7200
1985	420	400	970	150	1090	240	50	580	140	470	360	500	5370
1986	1220	390	60	1720	110	400	190	940	930	190	450	280	6880
1987	790	740	260	770	290	380	640	1460	190	1400	810	610	8340
1988	500	160	630	1190	660	330	60	630	140	1720	240	170	6430
1989	150	420	100	950	50	300	180	10	260	130	630	250	3430

Annexe 6 : Pluies de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1990	64	207	185	975	1033	120	142	612	255	1403	408	748	6152
1991	299	408	708	352	264	168	285	17	1237	793	514	2	5047
1992	190	205	458	248	660	1211	634	466	1160	1237	417	167	7053
1993	20	115	96	1443	516	231	157	386	1943	1458	637	126	7128
1994	1346	1576	14	635	526	634	360	327	2368	871	907	89	9653
1995	297	804	264	1867	1351	0	105	424	986	254	894	1246	8492
1996	1260	237	205	766	503	507	262	788	1237	676	2148	934	9523
1997	1018	22	0	185	209	544	251	960	313	129	727	582	4940
1998	458	130	63	864	959	385	4	560	1571	670	298	313	6275
1999	1042	108	569	681	481	100	142	200	1494	1371	888	269	7345
2000	20	94	827	1141	379	611	311	199	1083	832	1673	533	7703
2001	884	860	605	358	1153	39	62	31	494	405	272	75	5238
2002	423	552	384	365	2217	770	475	493	976	392	1884	381	9312
2003	555	118	117	733	247	15	0	415	571	1026	1004	1136	5937
2004	373	258	101	285	210	123	0	497	345	976	172	624	3964
2005	69	3	322	711	546	731	87	159	1118	548	561	584	5439
2006	689	271	351	173	123	32	798	414	928	304	245	852	5180
2007	148	289	174	410	784	731	18	126	116	213	495	227	3731
2008	557	340	265	870	1277	734	8	190	726	940	1123	1884	8914
2009	521	388	381	1073	620	435	20	173	920	458	525	1005	6519
2010	828	715	719	432	593	1125	12	375	384	1387	703	640	7913
2011	304	303	705	449	63	928	663	220	749	601	2716	119	7820
2012	271	0	117	1021	987	81	148	170	451	1602	1453	383	6684
2013	375	197	1489	809	958	25	781	207	335	481	363	1093	7113
Moyenne mensuelle	530	445	450	630	591	455	237	414	690	800	737	589	

			Mois
Mois le moins pluvieux	mini	0	
Mois le plus pluvieux	maxi	2820	oct.-79
	moyenne	545	

			Année
Année la moins pluvieuse	mini	2891	1967
Année la plus pluvieuse	maxi	9653	1994
	moyenne	6535	

Annexe 6 : Pluies de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Nombre de jours de pluie par mois de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1959	*Début exploitation du site par CEA*							7	7	6	8	11	39
1960	10	7	11	7	4	8	6	9	10	16	12	17	117
1961	9	4	0	9	8	9	2	4	4	9	11	10	79
1962	4	7	10	8	6	6	0	2	5	7	10	8	73
1963	14	14	7	12	4	9	8	8	12	4	10	6	108
1964	2	13	13	3	5	5	3	3	5	8	5	6	71
1965	8	1	6	2	1	4	4	4	9	7	9	9	65
1966	9	10	3	11	9	7	3	5	2	7	8	5	79
1967	7	5	5	4	4	3	1	6	4	1	11	2	53
1968	5	13	6	7	11	7	1	7	7	4	8	13	89
1969	8	7	11	6	10	6	7	6	11	4	8	6	90
1970	13	6	9	4	5	7	1	4	3	3	9	5	69
1971	7	2	7	8	12	4	2	2	4	2	11	4	65
1972	10	12	9	9	5	10	6	5	10	6	8	9	99
1973	8	6	7	5	6	5	2	5	2	4	4	10	64
1974	9	17	11	12	7	7	2	5	8	4	8	2	92
1975	7	7	9	5	12	8	2	8	8	1	11	9	87
1976	3	7	8	14	4	10	7	8	8	16	8	10	103
1977	17	8	9	3	14	8	5	7	2	12	7	9	101
1978	14	10	9	12	16	8	2	4	1	3	2	19	100
1979	13	12	11	10	1	8	3	6	4	15	2	16	101
1980	9	2	10	7	19	8	3	4	0	6	11	2	81
1981	6	7	11	9	9	3	6	2	11	6	0	15	85
1982	5	4	4	6	5	10	3	4	5	13	11	11	81
1983	0	7	5	9	8	7	3	12	3	4	6	9	73
1984	11	8	11	3	11	10	0	7	7	10	10	8	96
1985	11	7	12	3	15	6	2	3	2	8	7	9	85
1986	13	11	4	11	4	5	2	3	9	4	5	9	80
1987	7	9	5	7	6	8	11	5	5	13	7	9	92
1988	9	9	4	13	15	7	3	1	3	10	6	1	81
1989	2	4	5	11	3	3	5	2	3	2	7	8	55

Annexe 6 : Pluies de 1959 à 2013 – Station de la Verrerie

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
1990	3	6	4	13	9	5	4	5	5	18	7	9	88
1991	3	7	6	6	4	7	2	2	8	8	8	1	62
1992	5	4	9	7	17	15	8	3	4	16	7	6	101
1993	1	7	6	16	10	3	2	3	8	14	10	4	84
1994	7	9	1	11	5	5	2	2	14	11	6	5	78
1995	6	9	8	8	8	0	3	10	9	4	9	13	87
1996	15	7	5	10	6	6	5	7	7	6	15	16	105
1997	10	2	0	2	6	10	4	6	4	6	10	7	67
1998	7	1	2	16	9	4	2	2	7	6	7	8	71
1999	8	4	6	13	8	6	8	9	8	12	12	8	102
2000	4	5	8	14	6	6	4	5	4	10	16	9	91
2001	15	3	13	7	16	3	3	1	10	6	8	1	86
2002	4	6	4	5	9	5	8	8	6	5	17	11	88
2003	8	3	3	8	9	1	0	6	9	9	12	10	78
2004	11	6	5	7	8	4	0	6	4	12	4	9	76
2005	2	1	5	7	4	4	2	4	9	6	6	7	57
2006	6	5	8	5	2	2	8	4	9	6	3	8	66
2007	2	10	6	7	10	9	2	3	3	3	6	6	67
2008	9	3	6	9	16	10	2	2	7	7	14	11	96
2009	7	6	5	14	4	5	3	2	5	4	7	12	74
2010	12	15	7	11	11	5	1	3	5	8	9	7	94
2011	5	5	8	8	3	7	6	2	3	6	9	4	66
2012	4	0	3	13	10	3	2	3	6	8	11	10	73
2013	7	4	13	12	10	2	9	3	4	7	8	7	86

Nbre Max	17	17	13	16	19	15	11	12	14	18	17	19

Annexe 7 : Analyse de corrélation des températures et humidités relatives horaires - Station de Verrerie, 2004 à 2008

L'analyse de corrélation des températures et humidités relatives horaires (analyse fréquentielle croisée) a été établie par Météo France à partir des données de la station de la Verrerie à Cadarache allant de 2004 à 2008 [2.1.4].

Analyse fréquentielle croisée des températures et des humidités horaires à St Paul Lez Durance (en ‰)
Années 2004 à 2008

METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

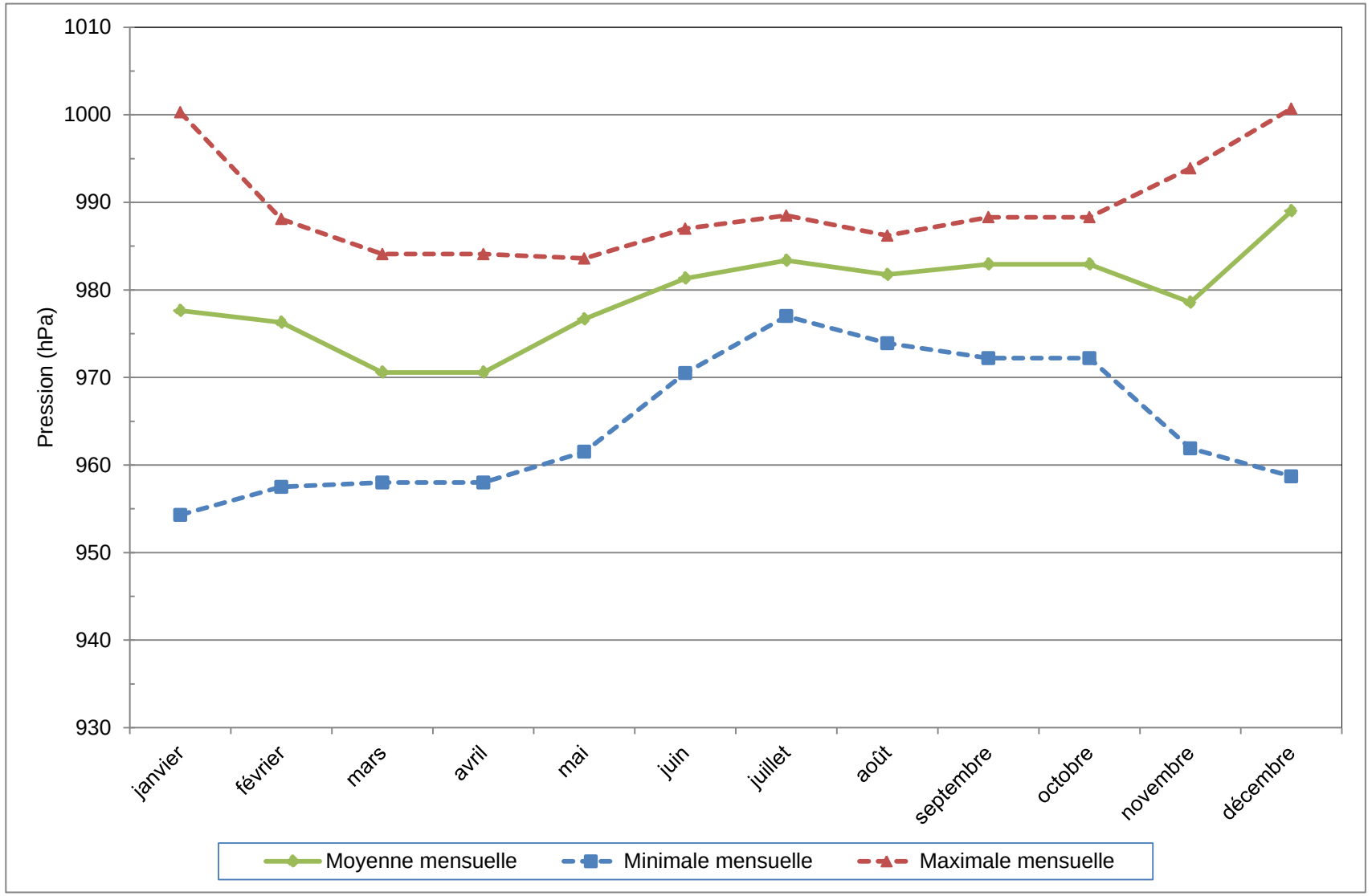
T en °C / U en %	<15	[15 ; 20[	[20 ; 25[	[25 ; 30[	[30 ; 35[	[35 ; 40[	[40 ; 45[	[45 ; 50[	[50 ; 55[	[55 ; 60[	[60 ; 65[	[65 ; 70[	[70 ; 75[	[75 ; 80[	[80 ; 85[	[85 ; 90[	[90 ; 95[	>=95	Total
>=40.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
[38.0 ; 40.0[	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
[36.0 ; 38.0[	0,1	0,4	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
[34.0 ; 36.0[	0,0	0,9	1,8	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
[32.0 ; 34.0[	0,3	0,8	3,5	3,3	1,8	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1
[30.0 ; 32.0[	0,1	1,3	4,4	5,0	4,8	2,1	1,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,3
[28.0 ; 30.0[	0,1	1,0	3,3	6,1	5,3	4,2	2,0	1,6	0,6	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3
[26.0 ; 28.0[	0,0	0,6	1,4	5,8	7,3	4,4	4,2	2,5	2,0	1,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0
[24.0 ; 26.0[	0,0	0,1	1,9	4,4	7,4	6,6	5,2	4,0	2,8	2,1	1,2	0,5	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	36,7
[22.0 ; 24.0[	0,0	0,1	1,0	3,4	7,3	6,8	5,8	4,3	4,7	3,9	2,3	1,9	1,8	0,5	0,6	0,1	0,1	0,0	44,5
[20.0 ; 22.0[	0,0	0,1	1,0	1,7	5,6	5,6	4,9	5,3	4,1	4,4	4,7	3,7	2,3	2,7	2,1	0,9	0,4	0,0	49,3
[18.0 ; 20.0[	0,1	0,2	1,1	0,9	2,3	4,0	4,9	6,0	5,2	6,2	4,2	4,5	4,8	4,6	4,9	4,1	1,9	0,2	60,0
[16.0 ; 18.0[	0,0	0,2	0,6	1,2	1,7	3,3	3,9	5,9	5,0	6,7	5,7	7,0	5,7	5,5	6,4	7,9	6,1	2,1	74,9
[14.0 ; 16.0[	0,1	0,5	0,7	1,2	1,6	1,4	3,1	4,3	5,5	6,0	5,7	5,6	6,5	6,7	7,0	7,9	10,7	4,3	78,5
[12.0 ; 14.0[	0,0	0,1	0,2	1,4	1,9	2,6	2,5	3,7	3,6	5,2	5,8	6,0	6,6	7,5	7,0	8,8	11,5	7,2	81,5
[10.0 ; 12.0[	0,0	0,3	0,5	0,5	1,5	1,6	3,3	3,3	4,2	5,3	4,5	5,0	6,1	7,3	7,7	8,1	12,8	8,2	80,1
[8.0 ; 10.0[	0,0	0,2	0,5	1,1	1,0	2,4	2,7	3,5	4,0	5,1	4,2	4,9	5,1	6,2	6,7	7,9	16,0	9,3	80,6
[6.0 ; 8.0[	0,0	0,0	0,3	1,1	1,9	1,4	1,8	3,1	3,6	3,3	3,1	3,2	4,6	4,4	6,2	7,5	15,2	9,6	70,3
[4.0 ; 6.0[	0,0	0,0	0,3	0,1	0,8	1,1	2,1	2,0	1,9	2,7	1,9	3,2	3,6	3,6	3,8	6,4	15,6	9,8	58,7
[2.0 ; 4.0[	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,9	0,6	1,7	0,9	1,5	1,0	1,7	1,6	2,9	4,7	6,8	12,7	10,4	48,4
[0.0 ; 2.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,5	0,8	0,7	0,6	0,5	0,9	1,8	2,3	4,1	6,1	14,5	13,0	46,2
[-2.0 ; 0.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,7	0,6	0,7	1,4	1,8	2,6	5,1	13,7	12,2	39,4
[-4.0 ; -2.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8	0,6	0,4	0,6	1,1	2,6	13,1	11,0	30,8
[-6.0 ; -4.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,7	0,5	1,1	1,9	10,0	3,4	18,3
[-8.0 ; -6.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,0	0,4	1,1	4,6	0,3	7,9
[-10.0 ; -8.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,6	1,3	0,0	2,7
[-12.0 ; -10.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,6	0,0	1,2
[-14.0 ; -12.0[	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,4
<-14.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	0,8	6,7	22,8	38,5	53,0	49,1	49,0	52,8	49,0	56,0	46,8	50,0	53,5	58,4	67,1	84,5	160,8	100,8	999,4

Nota : Les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus sont arrondis ce qui explique que le total n'atteigne pas 1000.

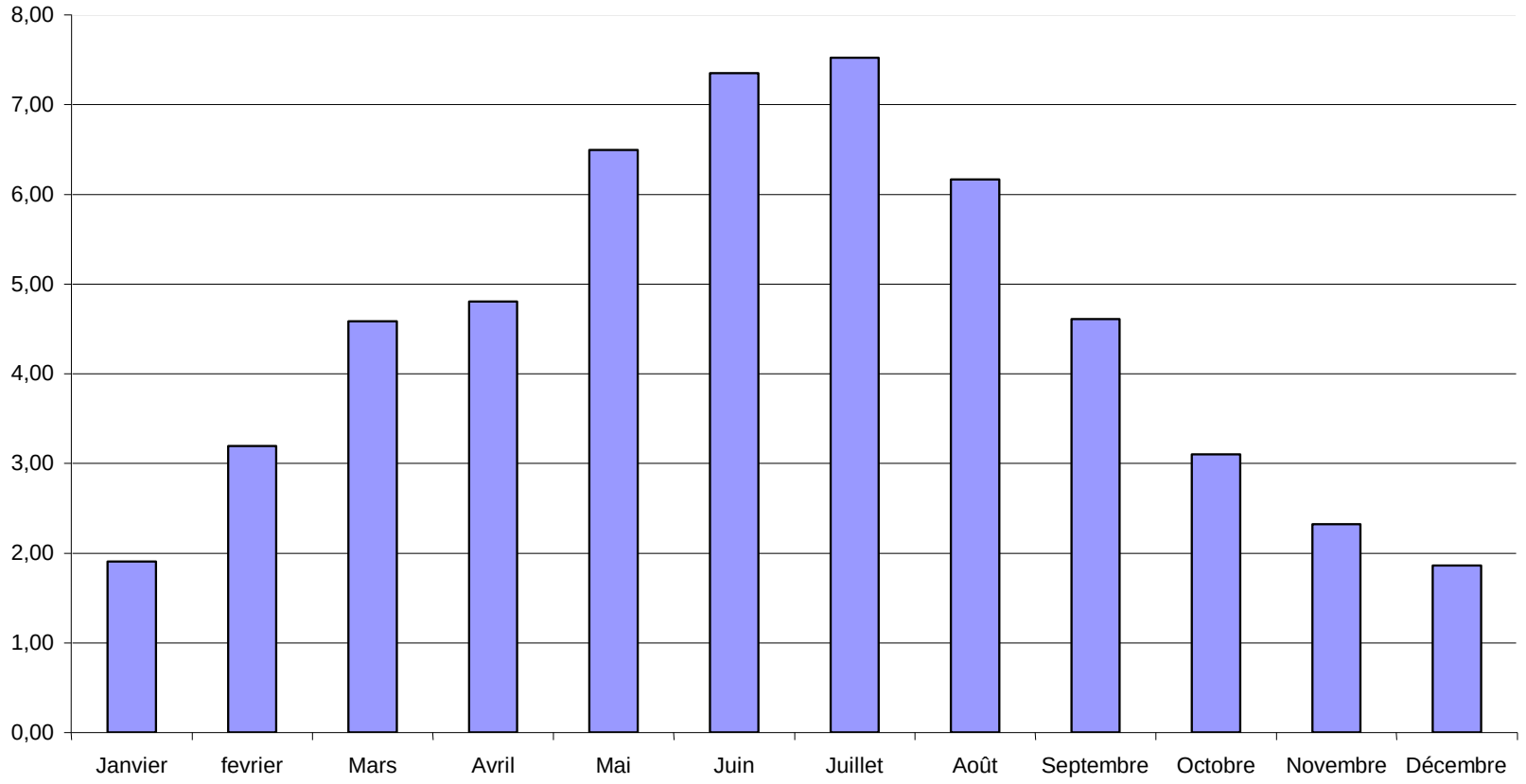
Année	Date	Hauteur en eau de fusion (mm)	Hauteur de neige (cm)
2000	(*)	/	/
2001	27/02/2001	81	≈ 20
	12/12/2001	7,5	non mesuré
2002	(*)	/	/
2003	11/01/2003	3	≈ 5
	16/02/2003	4,5	≈10
2004	28/12/2004	2	non mesuré
2005	28/02/2005	0,3	≈ 1
	02/03/2005	8	non mesuré
	08/12/2003	3,5 (**)	≈ 4
	09/12/3003	8,8 (**)	
2006	05/01/2006	2	traces
	16/01/2006	14	traces
	27/01/2006	28	≈10
2007	15/11/2011	6	≈ 10
2008	(*)	/	/
2009	07/01/2009	23	≈ 20
	18/12/2009	1,5	≈1
2010	03/01/2010	9 (**)	traces
	07/01/2010	40 (**)	≈ 10
	08/01/2010	15 (**)	
	11/02/2010	1,3	traces
	16/12/2010	2	traces
2011	20/12/2011	1,2	≈1
2012	31/01/2012	16	≈10 à 15
	07/12/2012	5,5	qq cm
2013	15/01/2013	1	traces
	18/01/2013	1,5	traces
	10/02/2013	5	non mesuré
	23/01/2013	9	≈15 cm

(*) Pas de chute de neige significative.
(**) Eau de fusion + pluie.

Annexe 9 : Pression atmosphérique pour l'année 2013 – Station de la Verrerie

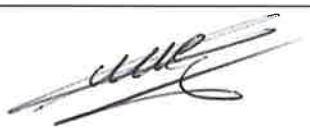


Annexe 10 : Moyenne journalière de l'éclairement global horizontal (kWh/m^2) pour l'année 1998 à la station de Saint-Auban



VOLUME 2 - CHAPITRE 2

HYDROLOGIE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
R. CORRE DSTG/STL/GFD	C. RONOT DPIE/SA2S/GAS H. MASSIT DSTG/STL	J. GEORGES Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de la réactualisation de l'étude DECTA de 2004.
C	05/07/2017	Prise en compte des demandes 1.2, 6.1 et 6.2 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN Mise à jour de : § 2.2.1, § 2.2.2, § 2.2.3 (mise à jour du débit de réserve de la Durance (Cf. arrêté N° 2014364-0007 du 30.12.2014), correction du débit maximum de la crue de la Durance en 1994, prise en compte du PPR Inondation de Saint-Paul-Lez-Durance)

SOMMAIRE

2.2.1 ELEMENTS DESCRIPTIFS 4
2.2.1.1 GÉNÉRALITÉS 4
2.2.1.2 LE SITE 4
2.2.1.3 LE VERDON 5
2.2.1.4 AU SUD DU SITE 5
2.2.1.5 LA DURANCE 5

2.2.2 UTILISATION DE L'EAU A L'AVAL DE CADARACHE 7
2.2.2.1 RÉGIME DE FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE DURANCE / CANAL INDUSTRIEL 7
2.2.2.1.1 Fonctionnement normal avec débit arrivant au barrage de Cadarache inférieur au débit d'équipement des usines situées en aval 8
2.2.2.1.2 Fonctionnement normal avec débit arrivant à Cadarache supérieur au débit d'équipement des usines situées en aval 8
2.2.2.1.3 Fonctionnement exceptionnel 8
2.2.2.2 REJETS DES EFFLUENTS DE CADARACHE 9
2.2.2.2.1 En fonctionnement normal 10
2.2.2.2.2 En régimes de crues 10

2.2.3 ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ CONCERNANT LA DURANCE 11
2.2.3.1 CONSÉQUENCES DIRECTES DES MODIFICATIONS DU MILIEU DURANCIEN 11
2.2.3.1.1 Laminage et raréfaction des crues 11
2.2.3.1.2 Rétention des transports solides 11
2.2.3.2 CONSÉQUENCES INDIRECTES DES MODIFICATIONS DU MILIEU DURANCIEN 12
2.2.3.2.1 Occupations du milieu naturel et protections hydrauliques 12
2.2.3.2.2 Développement de la végétation et essartements 12

2.2.4 ANALYSE DU RISQUE INONDATION EXTERNE 12
2.2.4.1 PLUIES LOCALES ET CRUE DU RAVIN DE LA BÊTE 13
2.2.4.2 RUPTURE D'UN OUVRAGE DE RETENUE SUR LA DURANCE OU LE VERDON 14
2.2.4.3 DÉGRADATION OU DYSFONCTIONNEMENT D'OUVRAGES 15

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 17

LISTE DES FIGURES 17

2.2.1 ELEMENTS DESCRIPTIFS

2.2.1.1 GÉNÉRALITÉS

Le Centre de Cadarache est construit sur la rive gauche de la Durance, immédiatement à l'aval de son confluent avec le Verdon. Les eaux réunies de ces deux rivières alimentent, par l'intermédiaire d'un canal de dérivation, cinq usines hydroélectriques avant de se déverser dans l'Étang de Berre (Figure 2.2.3). Le barrage de Cadarache, dont le volume utile est de 600.000 m^3, constitue le premier ouvrage de cette chaîne d'aménagements industriels de la basse Durance. Il restitue à l'ancien cours un débit de réserve de 9 m^3/s dans lequel sont déversés les effluents du Centre. Ce débit est assuré contractuellement par EDF. C'est le canal de dérivation qui se substitue pratiquement à la Durance pour assurer ses fonctions traditionnelles d'alimentation en eaux de boisson et d'irrigation. Un bassin d'éclusée a été mis en service, en 1980, pour assurer le délimonage des eaux. La surface du bassin est de 125 ha à la cote de retenue maximale, soit 256 m NGF. Ce bassin, d'un volume utile de 3.500.000 m^3, est aujourd'hui envasé à 95% et son utilisation est de ce fait limitée.

2.2.1.2 LE SITE

Le site de Cadarache est traversé en grande partie par le Ravin de la Bête, petit ruisseau qui se jette dans la Durance, caractérisé par un linéaire de 6,4 km entre le point amont, lieu-dit *Le chêne de l'assassin* à l'Est du Centre et la grille du Ravin de la Bête à l'exutoire aval du Centre de Cadarache. Le ravin de la Bête prend sa source sur le Centre et le parcourt du sud-est au nord-ouest en direction de la Durance, il constitue l'axe de drainage principal du bassin versant de Cadarache. Le bassin versant de ce ruisseau a été évalué au point bas du Centre à 25 km^2 (2500 ha) (Figure 2.2.1). Ce cours d'eau est alimenté en période de basses eaux par la nappe mio-quaternaire et en période de hautes eaux et à la suite d'évènements pluvieux, par le ruissellement de surface et la mise en charge des nappes au droit du site (secteur des sources de la Grande Bastide situées en contrebas du rond-point de Carcy (NGF 275)). Le ruisseau ne coule en amont des sources de la Grande Bastide que lors de fortes précipitations. En aval de ces sources, le ruisseau s'écoule de façon permanente avec un débit d'étiage de 3 m^3/h et un débit de crue pouvant atteindre quelques m^3/s [2.2.1]. Ce ruisseau est le lieu de rassemblement de la majeure partie des eaux pluviales s'écoulant en surface ; il intéresse de ce fait les différentes installations du Centre.

Au nord ouest du Centre, un second bassin versant se rejette dans le talweg du Chemin des Lapins. Ce bassin versant a une surface de 120 ha et récupère les eaux des zones INBS PN et Tore Supra.

Des travaux de modification des écoulements de surface réalisés entre 1999 et 2009 ont permis de concentrer toutes les eaux pluviales du Centre en un seul point de rejet au niveau de l'exutoire du Ravin de la Bête :

- Une première conduite (DN 500) draine les eaux pluviales de la zone RES et des petits bassins versants adjacents pour une surface de 20 ha,
- Une seconde conduite (DN 1000) draine les eaux pluviales qui se rejetaient dans le Talweg du Chemin des Lapins.

La seconde conduite récupère aussi les eaux de fuite du bassin d'orage de la zone ITER, soit un débit calibré à 640 L/s.

Concernant la sûreté des ouvrages souterrains collectant les eaux du Ravin de la Bête, à savoir l'ovoïde de Carcy et la sortie du Centre, les débits estimés ont été réactualisés en 2004 et en 2009 :

- Débit centennal à l'entrée de l'ouvrage de Carcy : 17 m^3/s
- Débit centennal total (Ravin de la Bête, zone RES, Talweg des Lapins et Bassin d'orage ITER) en sortie Centre : 25,5 m^3/s (NGF 250).

Le débit maximum admissible dans l'ovoïde de Carcy a été recalculé par la méthode de Strickler [2.2.2] à 40 m^3/s, ce qui signifie que cet ouvrage est bien dimensionné pour un débit d'occurrence centennal. En ce qui concerne l'ouvrage sous clôture situé à la sortie du Centre, le débit maximum admissible est estimé à

31 m^3/s. Le dimensionnement de cette conduite permet donc largement l'évacuation d'un débit d'occurrence centennale.

2.2.1.3 LE VERDON

Il est soumis à un régime pluvio-nival méditerranéen avec des hautes eaux au printemps et des basses eaux en été ; les orages méditerranéens provoquent un maximum secondaire en automne. Ses eaux qui sont retenues, à proximité de Cadarache, par le barrage de Gréoux-les-Bains/Esparron-de-Verdon, alimentent une usine hydroélectrique à Vinon-sur-Verdon (débit nominal turbinable de 40 m^3/s) et le canal de Provence (débit nominal de 55 m^3/s) qui passe à proximité du Centre (1 à 2 km), mais en galerie souterraine, l'entrée en galerie se situant à environ 4 km dans la direction Est Nord-Est.

2.2.1.4 AU SUD DU SITE

La Durance a pour affluent, au niveau de Saint Paul lez Durance, le ruisseau de l'Abéou. Celui-ci s'écoule du Sud-Est vers le Nord-Ouest suivant un tracé quasiment parallèle au ruisseau du Ravin de la Bête. Le bassin versant topographique de ce cours d'eau représente environ 120 km^2 pour un débit spécifique évalué en 1977 à 6,9 L/s.km^2. Son cours devient permanent à partir du paléoméandre de Mallabé où plusieurs sources pérennes, dite sources de Saint Paul lez Durance, lui délivrent un débit soutenu qui peut varier de quelques centièmes de m^3/s à l'étiage à près de 20 m^3/s en crue.

2.2.1.5 LA DURANCE

Elle se jette dans le Rhône, sur sa rive gauche, à l'aval d'Avignon, après un cours d'environ 300 km. A partir de sa source, près du col de Montgenèvre à 2500 m d'altitude, à la frontière italienne, elle suit une direction générale nord-est vers sud-ouest jusqu'au seuil de Mirabeau, à 5 km du Centre de Cadarache. Se heurtant ensuite au massif de Sainte Victoire, elle tourne à l'ouest/nord-ouest pour rejoindre le Rhône, entre les Alpilles au sud et le Luberon au nord, dans une plaine fertile où l'on trouve notamment les grands centres agricoles de Pertuis, Cavaillon et Châteaurenard. Les affluents notables sont :

En rive droite : la Clarée, la Guisane, la Gyronde, le Buech, le Jabron, le Largue et le Coulon,

En rive gauche : le Guil, l'Ubaye, la Bléone, l'Asse et surtout le Verdon.

La Durance est un cours d'eau de caractère alpestre et pluvio-nival à l'amont de Serre-Ponçon, plutôt de caractère méditerranéen à l'aval. Ceci se traduit par des apports variables suivant les saisons : hautes eaux au printemps (55 % des apports annuels), étiage accentué en été (15 %), reprise d'un débit moyen en automne (21 %), nouvel étiage sévère en hiver (9 %). En automne et en hiver les pluies, sporadiquement brutales, peuvent entraîner des crues violentes mais courtes.

Le bassin versant à Cadarache atteint environ 12 000 km^2 dont 2 200 km^2 pour le Verdon, correspondant à une altitude moyenne de 1290 m pour la Durance et 1065 m pour le Verdon. Ceci se traduit par des apports annuels de l'ordre de 6 à 7.10^9 m^3.

La pente du fleuve est forte, 3 m/km, soit cinq fois celle du Rhône. Le débit moyen des eaux est de 171 m^3/s au niveau du Centre de Cadarache. Avant la mise en oeuvre de l'équipement hydroélectrique actuel (notamment Serre-Ponçon), l'étiage d'été pouvait tomber à 35 m^3/s alors que les crues pouvaient dépasser 6000 m^3/s.

Les riverains de la Durance, exposés de tous temps à ses caprices et sa puissance redoutable, ont détourné, depuis plus de 800 ans, une partie de ses eaux à des fins agricoles, en profitant de la forte pente de la rivière.

C'est ainsi qu'aujourd'hui, entre Serre-Ponçon et la mer, 80 000 hectares sont irrigués grâce à 25 canaux agricoles répartissant un débit pouvant atteindre 130 m^3/s. Sur ce débit, 15 m^3/s sont consacrés à l'alimentation en eau, notamment de la ville de Marseille. C'est l'aménagement hydroélectrique du fleuve qui a permis, tout en atténuant les irrégularités de son régime, de réaliser une réalimentation régulière des irrigations et de minimiser les périodes de pénurie, notamment en été.

Il faut remarquer que la majeure partie des réalimentations de canaux agricoles se situe dans la Basse Durance, à l'aval du barrage de Cadarache (117 m^3/s répartis sur 22 canaux).

Pour comprendre de quelle manière l'eau est utilisée à l'aval de Cadarache et évaluer les transferts possibles de produits rejetés au niveau du site, il convient donc d'examiner, plus en détail, le complexe qui associe la Durance et le canal industriel EDF qui conduit vers l'aval les eaux retenues au barrage de Cadarache.

Avant d'aborder cet examen, il faut remarquer que le caractère violent de certaines précipitations locales peut entraîner, par le jeu de ruissellements superficiels rassemblés par les petits affluents torrentiels, proches de Cadarache, une augmentation passagère mais notable de la radioactivité des eaux de la rivière. Le lessivage des terrains entraîne en effet les produits de fission à vie longue qui y sont déposés depuis les grandes campagnes de tirs nucléaires atmosphériques des années 60 ou plus récemment suite à l'accident de Tchernobyl.

2.2.2 UTILISATION DE L'EAU A L'AVAL DE CADARACHE

La plupart des canaux agricoles qui prenaient naguère leur eau dans la Durance, sont dorénavant alimentés par le canal EDF par lequel transite la quasi-totalité du débit nominal de la Durance et du Verdon. Seuls, les canaux de la région d'Avignon restent alimentés par la Durance, au niveau du barrage de Bonpas.

Pour ce qui est de l'eau de boisson, les villes et villages du Val de Durance s'alimentent, en général, dans la nappe phréatique ou grâce à des sources captées. Le réseau d'adduction de la ville de Marseille est alimenté par le canal EDF au niveau de la chute de Saint Estève-Janson. L'eau du canal EDF est également utilisée, pour l'eau potable, par Salon et, au niveau de Saint Chamas, par quelques communes riveraines de l'Etang de Berre. Par un jeu complexe de canaux, cette eau alimente le sud du département des Bouches-du-Rhône, jusqu'à La Ciotat. Les services de la Ville de Pertuis peuvent exceptionnellement effectuer des prélèvements directs dans la Durance pour la production d'eau potable.

On rappelle que les rejets sont effectués après traitements et contrôles dans la Durance, à 2 km en aval du barrage de Cadarache.

2.2.2.1 RÉGIME DE FONCTIONNEMENT DU COMPLEXE DURANCE / CANAL INDUSTRIEL

Un volume annuel de $3{,}6.10^9$ m^3 transite par le canal EDF au niveau de Cadarache. Sur ce volume, $2{,}1.10^9$ m^3 sont restitués à l'Étang de Berre et $1{,}5.10^9$ m^3 sont destinés à l'agriculture. Le volume qui, depuis Cadarache, atteint le Rhône par le lit proprement dit de la rivière, reste inférieur à 10^8 m^3 en régime normal et s'élève à 10^9 m^3 les années de crues.

Les prises des canaux repérées depuis le point de rejet des effluents de Cadarache ou depuis le bassin d'éclusée sont listées dans le tableau de la Figure 2.2.2.

La Figure 2.2.3 donne le schéma hydrographique de la basse Durance et du canal industriel.

Les débits agricoles sont fluctuants ; les valeurs figurant sur le tableau de la Figure 2.2.2 sont celles qui ont été fixées par les conventions qui lient EDF et les exploitants de canaux. Il s'agit de maxima et les prélèvements réels sont généralement inférieurs.

On peut remarquer qu'au niveau de Mallemort, il peut y avoir transfert, dans un sens ou dans l'autre, entre la Durance et le canal EDF, suivant les rapports qui existent entre, d'une part, la demande des canaux mixtes de Saint Julien et des canaux issus de Bonpas et, d'autre part, l'apport des affluents de la Durance entre Cadarache et Bonpas.

Les chômages des canaux ont lieu normalement en hiver, en décembre ou janvier. Deux canaux ont des dates de chômage particulières, Sud Luberon du 1er novembre à fin février et Eaux de Marseille avec 3 ou 4 jours en mars et 3 ou 4 jours en octobre.

Les vitesses de propagation dans le canal industriel vont de 0 à 1,35 m/s (soit une vitesse maximale de l'ordre de 5 km/h). Les temps de transfert en canal à débit maximum sont les suivants :

- Cadarache – Jouques : 1 heure,
- Jouques – Saint Estève : 4 heures,
- Saint Estève – Mallemort : 2,75 heures
- Mallemort – Durance : 30 minutes.

La distance de Cadarache :

- au barrage de Mallemort : 41,9 km,
- au barrage de Bonpas : 71,2 km,
- au Rhône : 94,7 km,

- au barrage de Saint Chamas : 85,0 km.

Trois régimes de fonctionnement du complexe Durance – canal industriel peuvent être considérés :

2.2.2.1.1 Fonctionnement normal avec débit arrivant au barrage de Cadarache inférieur au débit d'équipement des usines situées en aval

C'est le fonctionnement le plus fréquent, en moyenne 337 jours par an entre 1969 et 2001. Le débit entrant minimum enregistré à la retenue de Cadarache entre 1969 et 2001 est de 5,37 m^3/s (hiver 1986).

Le débit arrivant dans la retenue de Cadarache et dans le bassin d'éclusée est utilisé :

- au débit de réserve dans le lit de la Durance, fixé à 9 m^3/s à Cadarache,
- au débit turbiné par les centrales de manière à n'avoir aucun déversement,
- aux prélèvements (117 m^3/s) des canaux agricoles alimentés par la Durance ou le canal industriel.

2.2.2.1.2 Fonctionnement normal avec débit arrivant à Cadarache supérieur au débit d'équipement des usines situées en aval

Ce fonctionnement s'est produit en moyenne 28 jours par an sur la période 1969-2001. Le débit arrivant est très variable ; le maximum, enregistré lors de la crue de janvier 1994, est de 2850 m^3/s.

Le débit arrivant est utilisé :

- aux alimentations agricoles, comme en 2.2.2.1.1, mais il faut noter qu'en période de crue, certains canaux réduisent de façon considérable leurs prélèvements,
- au maximum turbinable des usines,
- le complément est déversé dans le lit de la Durance à Cadarache, Mallemort et Bonpas.

A noter que le débit entonnable par le canal industriel est limité en période de forte hydraulicité, en raison de phénomènes de colmatage des grilles de prise d'eau. En outre, pour limiter les rejets dans l'Étang de Berre, le débit entonné à Cadarache est généralement restitué à Mallemort (sauf décision préfectorale). En particulier lorsque la turbidité de l'eau à Saint-Chamas dépasse 5 g/l ou 1 g/l en moyenne journalière, l'eau entonnée dans le canal est rejetée en Durance à la restitution de Mallemort. Cette situation particulière peut se présenter 3 à 8 jours par an en moyenne.

Les temps de propagation dans le lit de la Durance sont très variables, en fonction du débit déversé et de l'état initial du lit ; ils vont de 6 à 11 heures entre Cadarache et Mallemort et de 5 à 8 heures entre Mallemort et Bonpas.

2.2.2.1.3 Fonctionnement exceptionnel

Ce type de fonctionnement est susceptible d'intervenir en cas d'incident sur le canal industriel ou d'opération de maintenance programmée sur celui-ci. Selon le tronçon concerné par l'indisponibilité, des mesures d'exploitation spécifiques concernant la dérivation d'eau en Durance ou la restitution d'un débit en rivière peuvent être mises en œuvre.

Mise hors d'eau entre Cadarache et Jouques :

- toute la chaîne de Jouques à Mallemort est hors service,
- le débit arrivant à Cadarache est rejeté en totalité dans la Durance mais il est repris, au barrage de Mallemort, pour alimenter Salon et Saint Chamas et on retombe pour cette partie d'installation sur les fonctionnements (ci-avant paragraphes 2.2.2.1.1 et 2.2.2.1.2),

- les prises agricoles de Peyrolles, Sud Luberon ainsi que la prise du Canal de Marseille peuvent être en principe réalimentées par leurs anciennes prises en Durance, réalimentations qui ne sont plus possibles actuellement sans travaux importants de remise en état préalable. Lors d'une mise hors d'eau entre Cadarache et Jouques, le bassin d'éclusée pourra être vidangé partiellement ou totalement en Durance par la vanne de vidange prévue à cet effet.

Mise hors d'eau entre Jouques et Saint Estève :

- L'usine de Jouques peut continuer à turbiner en rejetant l'eau en Durance à la digue du Logis d'Anne, située à 12,6 km de Cadarache.
- Le fonctionnement aval est celui décrit au cas précédent.

Mise hors d'eau entre Saint Estève et Mallemort :

- L'usine de Saint Estève peut continuer à turbiner en rejetant l'eau en Durance à Gontard, à l'aval du pont de Cadenet, à 36,2 km de Cadarache.
- Le fonctionnement aval est celui décrit au premier cas du présent paragraphe.

Mise hors d'eau entre Mallemort et Salon :

- Les usines de Jouques, Saint Estève et Mallemort fonctionnent ; le débit à l'aval de l'usine de Mallemort retourne en Durance par le barrage de Mallemort.
- Fonctionnement identique à 2.2.2.1.1 et 2.2.2.1.2 pour la chaîne de Jouques à Mallemort.
- Les prises agricoles de Salon sont arrêtées ainsi que les prélèvements de la Société du Canal de Provence (SCP).
- La prise du canal de Carpentras est alimentée par le barrage de Mallemort à 42 km de Cadarache.

Mise hors d'eau entre Salon et Saint Chamas :

- les usines de Jouques, Saint Estève et Mallemort fonctionnent normalement,
- les usines de Salon et Saint Chamas sont arrêtées,
- les prises agricoles sont alimentées en totalité comme en 2.2.2.1.1 et 2.2.2.1.2,
- la surveillance continuelle des niveaux à Cadarache, Mallemort, Bonpas et dans les différents biefs du canal d'amenée est assurée de façon permanente avec enregistrement au poste commun de commande de Sainte Tulle,
- cet organisme est tenu au courant, en permanence, des débits arrivant en amont de Cadarache, sur la Durance et sur le Verdon,
- en application du plan interdépartemental de lutte contre la pollution visant à limiter les conséquences de la présence de produits polluants dans le lit de la Durance, si la pollution est en amont de Cadarache, tout le débit entrant dans la retenue de Cadarache sera évacué par la Durance.

2.2.2.2 REJETS DES EFFLUENTS DE CADARACHE

Un arrêté préfectoral autorise le Centre de Cadarache à effectuer le rejet d'effluents liquides en Durance suivant des modalités fixées précises (voir Volume 5).

2.2.2.2.1 En fonctionnement normal

Dans ce cas, la Durance coule à son débit de salubrité jusqu'au barrage de Mallemort (en amont de ce barrage l'apport par les affluents de la Durance est insignifiant) ainsi qu'en aval du barrage de Bonpas. Le canal de Carpentras/Saint Julien est alors alimenté par la galerie sous-fluviale à partir du canal EDF.

Le débit entre les barrages de Mallemort et de Bonpas dépendra des demandes du tronc commun du canal EDF qui alimente les canaux de Crillon, Puy, Hôpital et Alpines Septentrionales 1.

Selon la période de l'année et les nécessités de l'irrigation, la dilution évolue entre deux extrêmes :

En cas de chômage simultané des canaux agricoles (quelques jours par an en janvier ou février), il n'y a pas de dilution supplémentaire liée au canal industriel et les rejets éventuels sont confinés dans la Durance.

En cas de fonctionnement à la dotation maximale des canaux agricoles, la dilution est importante du fait du canal EDF. Dans ce cas, les rejets intéressent la majeure partie de la zone irriguée.

2.2.2.2.2 En régimes de crues

Le débit déversé au barrage de Cadarache passe de 9 m^3/s à 200 m^3/s en moyenne pendant 28 jours par an.

Tout déversement d'effluents en Durance est donc affecté d'un coefficient de dilution moyen supplémentaire de l'ordre de 22.

2.2.3 ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ CONCERNANT LA DURANCE

La dérivation de la Durance au profit du canal d'amenée à usage hydroélectrique et la réalisation de barrages de stockage et de retenues au fil de l'eau ont modifié directement trois caractéristiques fondamentales du système durancien. Tout d'abord, le débit en Durance est devenu faible et relativement constant. Ensuite, le régime des crues a changé.

Les conséquences indirectes des modifications dues à l'homme sont de deux ordres : modification du milieu et du peuplement des espèces tout d'abord, développement végétal ensuite.

Par ailleurs, le risque particulier de rupture de barrage en amont du Centre de Cadarache a été étudié. Les conséquences sont présentées dans le paragraphe 2.2.4.

L'énergie de la Durance a été maîtrisée pour éviter des conséquences trop importantes pour les activités humaines (pertes de cultures, érosions). Cependant, certains champs d'épandage de crues pouvaient dans certains cas permettre le dépôt de limons fertiles sur les terres et avaient d'importantes et bénéfiques répercussions sur le milieu naturel. On citera parmi les plus importantes : la réalimentation de la nappe (irrigation et eau potable) et l'existence de zones de refuge et de reproduction pour la faune, en particulier pour la faune piscicole. L'ensemble des conséquences observées sur le milieu durancien sont décrites ci-dessous en fonction de leur impact plus ou moins direct.

2.2.3.1 CONSÉQUENCES DIRECTES DES MODIFICATIONS DU MILIEU DURANCIEN

2.2.3.1.1 Laminage et raréfaction des crues

En cas d'hydrologie élevée le débit a déjà atteint 2850 m^3/s (mais il pourrait largement les dépasser en cas d'événement extrême). La crue de fréquence centennale au niveau de la basse Durance, estimé à 5000 m^3/s au niveau du barrage de Cadarache constitue la crue de référence retenue dans le « Plan Particulier des Risques naturels prévisibles (PPR) Inondation sur la commune de Saint-Paul-Les-Durance » de novembre 2014.

Les ouvrages de production d'hydroélectricité, s'ils n'ont pas expressément vocation à écrêter les crues, sauf Sainte-Croix à hauteur de 106 Mm^3, peuvent, dans la mesure où ils n'ont pas atteint la cote maximale d'exploitation en début d'épisode, atténuer les crues les moins importantes. A titre d'exemple, lors de l'épisode du 14 au 17 novembre 2002, les barrages de Serre-Ponçon et Sainte-Croix ont stocké au total 120.10^6 m^3 d'eau, diminuant respectivement le débit en rivière de 350 m^3/s et 470 m^3/s. En revanche, les autres barrages de la Durance tels que Cadarache et Mallemort ne jouent aucun rôle dans l'écrêtement des crues.

2.2.3.1.2 Rétention des transports solides

Seule une faible proportion des matériaux charriés par la rivière se dépose dans les retenues de la Durance, dont le taux d'envasement est déjà important. En revanche, dans les grandes capacités de stockage (Serre-Ponçon sur la Durance et les barrages du Verdon), l'essentiel des matériaux se déposent en queue de retenue.

En période de crue, la teneur de matière en suspension dans l'eau transitant dans les canaux de la Durance peut être très élevée. Il faut cependant remarquer que :

- les débits turbinés sont réduits en période de crue pour ne pas colmater les grilles de prise d'eau ;
- sauf phénomène de crue majeure exigeant pour des raisons de sûreté de soulager le lit de la Durance ou du Rhône en rejetant autant que faire se peut dans l'étang de Berre, les débits éventuellement turbinés aux usines de Jouques, Saint Estève et Mallemort sont rejetés en Durance à l'aval du barrage de Mallemort.

2.2.3.2 CONSÉQUENCES INDIRECTES DES MODIFICATIONS DU MILIEU DURANCIEN

2.2.3.2.1 Occupations du milieu naturel et protections hydrauliques

En 1976, les cultures occupaient plus de la moitié des espaces naturels initiaux. La création d'épis tranversaux a respecté les champs d'inondation encore existants et favorisé l'apparition de nouveaux biotopes.

Les aménagements liés à l'autoroute A51 (entre 1985 et 1990) ont conduit au recalibrage du lit, à l'extraction de matériaux destinés au remblai, à des endiguements longitudinaux de nature insubmersible qui ont supprimé certains champs d'inondation. Ceci a nécessité deux types d'opérations :

- les fouilles réalisées dans le lit moyen permettent la création de plans d'eau destinés à l'usage piscicole et touristique (ex : Manosque, Peyrolles),
- les curages qui ont abaissé la cote du lit sur les tronçons engravés et les cônes de déjection. Ceux-ci ont été parfois suivis de la construction de seuils pour maintenir le niveau des nappes (ex : Jouques).

Le milieu naturel s'est considérablement réduit (60 % par rapport à 1949). Cependant, il faut noter que la Durance constitue un espace important pour la migration et la reproduction des espèces. A ce titre, plusieurs Zones de Protection Spéciale ont été créées en Durance par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable dans le cadre du programme européen de conservation du patrimoine naturel Natura 2000.

2.2.3.2.2 Développement de la végétation et essartements

Le débit constant et faible a permis le dépôt des "fines" et le colmatage accéléré de tout le lit moyen très rapidement colonisé par une végétation de type humide, avec enracinement profond à un stade préforestier et amplification du phénomène de dépôt des sédiments en suspension. La baisse du niveau de la nappe, bien que volontairement limitée, a accentué l'assèchement du milieu et la transformation du milieu. Ces obstacles naturels entravent l'écoulement des crues ce qui conduit EDF à réaliser des coupes (essartements) de façon à dégager un chenal de 200 m de large.

2.2.4 ANALYSE DU RISQUE INONDATION EXTERNE

Conformément au chapitre 2.3 du guide ASN n°13 du 8 Janvier 2013, les Situations de Référence pour le risque Inondation (SRI) ont été étudiées. Le CEA a identifié les SRI suivantes :

- les pluies locales ;
- la crue du Ravin de la Bête en regard d'une part des thalwegs naturels, du dimensionnement des ouvrages collecteurs des eaux pluviales dans le ruisseau Ravin de la Bête et d'autre part d'une possible obstruction du dispositif d'évacuation en sortie du site CEA Cadarache ;
- la rupture d'un ouvrage de retenue sur la Durance ou le Verdon ;
- la dégradation ou dysfonctionnement d'ouvrages (réservoirs eau potable sur le Centre, ouvrages de la Société du Canal de Provence (SCP)) ;
- la remontée de nappes phréatiques (cf. volume 2 chapitre 3).

L'éloignement du Centre avec la Durance, l'écart topographique et la présence de barrières hydrographiques telles que l'autoroute et le canal EDF conduisent à écarter tout risque d'inondation du Centre par une crue naturelle de la Durance. A titre de comparaison, une crue centennale représente un pic de débit de 5000 m^3/s, à comparer aux 60 000 m^3/s représentés par la dégradation du barrage EDF de Serre-Ponçon.

2.2.4.1 PLUIES LOCALES ET CRUE DU RAVIN DE LA BÊTE

Les pluies de référence, quantification de débit et dimensionnement

L'occurrence retenue pour l'ensemble des études est la pluie centennale. Les historiques de pluies disponibles sur le site de Cadarache ne sont pas assez anciens pour être exploités de manière statistique afin d'extrapoler des valeurs d'intensité à l'occurrence désirée.

En application des prescriptions de l'Instruction technique ministérielle 77, il est préconisé d'utiliser un modèle donnant l'intensité de la pluie en fonction de la durée de l'évènement pluvieux. Il s'agit du modèle de **Montana pour la Région III** (quart sud-est de la France) qui a été retenu comme pluie de référence du site de CADARACHE et qui traduit le fait que plus la durée de l'évènement pluvieux est brève plus l'intensité de la pluie est intense. Ce modèle est conforme au guide ASN n°13 relatif à la protection des installations nucléaires de base contre les inondations externes (Version du 08/01/2013).

Les modèles retenus pour la transformation de la pluie en débit sont la méthode rationnelle et la formule de Caquot quand les conditions d'utilisation le permettent.

Le modèle de dimensionnement des réseaux d'évacuation est le modèle d'écoulement qui prend en compte la rugosité des matériaux des canalisations étudiées, appelé modèle de Strickler et classiquement utilisé en hydraulique à surface libre.

Crue du Ravin de la Bête

Les études existantes [2.2.2.] ont montré que les ouvrages souterrains localisés sur le Ravin de la Bête (ovoïde de Carcy et ovoïde à la sortie du Centre) permettent d'évacuer un débit d'occurrence centennale.

Une étude complémentaire a permis de démontrer que l'impact des projets en cours (RES, RJH, CEDRA, AGATE, ROTONDE, MAGENTA) sur l'hydrologie générale du Ravin de la Bête, du fait de l'imperméabilisation du sol, est négligeable avec seulement 2% d'augmentation du débit d'occurrence centennal [2.2.3].

Il est à noter que le bassin versant du Ravin de la Bête, avec une surface de 25 km^2, peut être considéré comme un petit bassin versant, au sens du guide ASN n°13 (bassins versants inférieurs à 100 km^2, cf. § 3.4.1 du guide).

Au point de sortie des eaux pluviales du Centre sur le Ravin de la Bête, un ouvrage de sectionnement a été placé, communément appelé « grille du Ravin de la Bête ». En cas d'obstruction pendant de fortes pluies, cet ouvrage peut être à l'origine du débordement du Ravin de la Bête, c'est pourquoi un ensemble de dispositions de maintenance et d'exploitation visant à protéger cette grille des risques d'obstruction pendant les épisodes pluvieux a été mis en place :

- pour éviter la présence d'embâcles de grande taille (troncs d'arbres et gros branchages) au niveau de la grille ou dans l'ovoïde, un dispositif de dégrillage a été mis en place en travers du ravin de la Bête à environ 400 m en amont. De plus, des travaux d'entretien du lit du cours d'eau ainsi que de ses abords sont réalisés dans le cadre de l'entretien périodique des espaces verts du Centre. Ces actions d'entretien comprennent l'élagage, le débroussaillage et l'évacuation des végétaux susceptibles de colmater les grilles ou les ouvrages de canalisation. Enfin, la topographie très plane immédiatement en amont de la grille joue un rôle favorable de tranquillisation des écoulements et favorise la décantation ;
- la grille du ravin de la Bête, identifiée comme point sensible du réseau pluvial du Centre, est inscrite dans la liste des ouvrages particuliers du réseau pluvial faisant l'objet d'une surveillance préventive mensuelle comprenant un contrôle visuel des installations et un test d'ouverture de grille ;
- des dispositifs redondants de contrôle du niveau d'eau sont placés en amont immédiat de la grille, dont une poire de niveau raccordée au réseau téléalarme du Centre.

Le déclenchement d'une alarme de niveau donne immédiatement lieu à une intervention de la Formation Locale de Sécurité qui peut remonter la grille en actionnant la crémaillère motorisée ou au moyen d'une manivelle. Ces ouvertures de grille permettent d'évacuer un débit de fuite plus important vers l'aval en

augmentant la surface de passage vers l'ovoïde. De plus, en fonction des niveaux d'alertes de Météo France il peut être décidé de réaliser des rondes préventives.

Enfin, une étude a été réalisée pour évaluer les conséquences, en termes de zone submergée et d'impact sur les installations du Centre, y compris les moyens généraux, d'un débordement du ravin de la Bête suite à une obstruction de son exutoire [2.2.4.].

Cette étude a été réalisée en considérant une obstruction totale de l'ouvrage avec un débit de fuite nul ou extrêmement faible ce qui signifie que les systèmes d'alerte et d'intervention ont été inopérants.

La cartographie des zones inondées est présentée à la figure 2.2.4. La cote limite de la zone inondée est déterminée par la cote de la route RD 952 soit 257,10 m NGF. Les structures et équipements essentiels situés dans la zone d'inondation et susceptibles d'être impactés sont une partie des dispositifs de surveillance des rejets dans l'environnement qui seraient rendus inopérants.

La station de surveillance météo et de l'environnement de la Grande Bastide située à 6 m au-dessus du lit du ravin ne devrait pas être impactée.

Dans la mesure où aucune installation nucléaire ne serait concernée et où l'accès au Centre resterait possible, les perturbations occasionnées sur les structures et équipements essentiels ne sont pas de nature à dégrader la situation des installations ou d'être à l'origine d'un effet falaise.

2.2.4.2 RUPTURE D'UN OUVRAGE DE RETENUE SUR LA DURANCE OU LE VERDON

Conformément aux dispositions de l'arrêté du 1er décembre 1994 en application du décret n° 92-997 du 15 septembre 1992, EDF a établi des mémoires relatifs à l'onde de submersion liée à la rupture des barrages de la Durance et du Verdon. Ces mémoires ont reçu fin 1999 l'avis favorable du Comité Technique Permanent des Barrages (CTPB) pour l'établissement des Plans Particuliers d'Intervention (PPI) des ouvrages.

Les calculs ont été effectués en prenant les conditions les plus défavorables qui correspondent à une onde de submersion se propageant sur lit sec. L'onde de submersion résulterait de l'effacement total mais progressif du barrage du fait de l'apparition d'un renard hydraulique. Les modifications récentes intervenues dans le lit de la Durance telles que la construction de l'autoroute A51 et l'aménagement du bassin d'éclusée ont été prises en compte.

Il s'avère que l'onde de submersion la plus pessimiste en termes de surélévation du plan d'eau correspond à la rupture du barrage de Serre-Ponçon. Cette onde atteindrait Cadarache en 5h40min après la rupture du barrage ; elle se traduirait par un pic de débit de l'ordre de 60 000 m^3/s sur quelques heures. A noter qu'une crue centennale simultanée représenterait un débit supplémentaire de 5 000 m^3/s ce qui ne modifierait pas sensiblement la cote maximale atteinte par l'onde de submersion.

La Figure 2.2.5 donne la cartographie de la zone submergée dans le secteur de Cadarache. La cote maximale atteinte serait de 265 m NGF. A noter que cette figure réalisée par EDF montre le tracé grossier de l'onde de submersion, cette carte n'a pas pour but d'être lue dans les détails. Les constructions du Centre potentiellement exposées à l'onde de submersion sont les suivantes :

- Bassins de 3000 m^3 : 248 m NGF,
- Station des rejets : 246 m NGF,
- Station de pompage : 257 m NGF,
- Station d'épuration : 252 m NGF,
- Poste de garde entrée : 261 m NGF,
- Garages et annexes : 257 m NGF,
- Une partie de la plateforme solaire : 262 à 269 m NGF,
- la station de surveillance météo et de l'environnement de la Grande Bastide ; il est à noter que le Centre disposerait des informations fournies par les deux autres stations qui ne seraient pas impactées par cette inondation.

Aucune installation nucléaire ne serait concernée. L'accès au Centre resterait possible par les portes annexes.

En cas de rupture des barrages du Verdon, la cote atteinte par l'onde de submersion est nettement inférieure (254 m NGF pour Sainte-Croix et 250 m NGF pour Esparron/Gréoux). Par contre, les temps d'arrivée du front d'onde sont beaucoup plus courts (1h50min pour Sainte-Croix et 1h30min pour Esparron/Gréoux).

2.2.4.3 DÉGRADATION OU DYSFONCTIONNEMENT D'OUVRAGES

Réservoirs d'eau potable

Les réservoirs d'alimentation en eau potable du centre sont situés en élévation sur une crête, à l'intérieur du Centre de Cadarache. Ils sont semi-enterrés et ancrés au sein d'un faciès géologique imperméable (poudingue de Valensole).

L'analyse structurelle des réservoirs et des chambres à vannes associées (groupement des réservoirs de 2500 m^3 et de 1000 m^3) a mis en évidence que seules des fuites localisées peuvent se présenter, mais une vidange rapide des réservoirs par rupture brutale est à exclure.

Les débits de fuites alors générés au travers d'ouvertures de petites dimensions (fissures sur le génie civil ou fuites entre brides) et bénéficiant d'une très faible charge hydraulique amont seront relativement faibles (estimés à quelques centaines de m^3/h au maximum). Le positionnement en crête topographique des réservoirs permet de considérer que les eaux de fuite seront rapidement canalisées vers le réseau hydrographique naturel (fond de thalwegs environnants) et/ou par le réseau pluvial du Centre.

Cette analyse permet donc de conclure à l'absence de conséquences vis-à-vis du Centre CEA/Cadarache.

Ouvrages / conduites d'eau brute de la Société du Canal de Provence (SCP)

L'aléa pris en compte est la rupture d'ouvrage hydraulique donnant lieu à un débit de fuite en surface qui sera considéré comme la source d'une inondation d'origine externe.

A l'extérieur du Centre, l'analyse cartographique permet de limiter le risque d'inondation externe du Centre de Cadarache par le canal de Provence, uniquement à la zone de la prise du Médecin. Il s'agit en effet du seul secteur traversant le bassin versant du Ravin de la Bête.

L'analyse a porté sur la prise en compte exhaustive des scenarii pouvant conduire à la génération d'un débit de fuite mobilisable dans le vallon du Ravin de la Bête pour ensuite, par ruissellement, impacter le centre de Cadarache. Les scenarii de fuite suivants ont alors été identifiés :

- débordement du puits du Médecin,
- effacement du puits du Médecin et écoulement par la galerie d'amenée,
- fuites par dégradation du puits.

Cette analyse du risque inondation par les ouvrages du Canal de Provence a permis de conclure que la dégradation des ouvrages de la prise du Médecin n'est pas susceptible de générer un débit de fuite mobilisable dans le vallon du Ravin de la Bête. La rupture de l'ensemble des ouvrages de la SCP est donc sans conséquence sur la sûreté des installations du Centre de Cadarache.

Enfin, il a été également étudié le risque inondation en considérant une rupture sur la conduite d'eau brute traversant le Centre de Cadarache et pouvant être à l'origine d'une inondation pour les installations situées à l'aval hydraulique. Cette conduite d'adduction d'eau brute présente sur le Centre de Cadarache est une conduite enterrée en béton à âme en tôle ou en fonte verrouillée.

Compte tenu de la topographie du site, seule une rupture de la conduite dans son périmètre immédiat peut être à l'origine d'un risque inondation. En considérant des hypothèses pénalisantes (rupture par guillotine et rugosité de conduite extrêmement faible), il a été regardé l'adéquation entre les débits de fuite

à prendre en compte et les capacités des infrastructures pluviales du site (ouvrages/points singuliers et profils naturels).

En considérant le débit de fuite maximal de 14 m^3/s, il a été mis en évidence que l'ensemble des ouvrages et tronçons du Ravin de la Bête ont une capacité d'évacuation bien supérieure, à l'exception d'un tronçon, situé dans la partie amont du Ravin de la Bête sur laquelle, le lit mineur n'est pas très marqué et les ouvrages ont été construits en conséquence.

De plus, le cheminement de la conduite de la SCP le long du chemin hydraulique du Ravin de la Bête est favorable à une mobilisation rapide des eaux de fuite directement dans le réseau hydrographique. Toutefois, il convient de relativiser un éventuel débordement localisé dans la zone car aucune INB n'est située à proximité du passage de la conduite et du Ravin de la Bête. De plus, cette analyse est réalisée en envisageant les conséquences d'une perte des moyens de consignations hydrauliques mis en place.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.2.1] Étude Decta 90.DT.080 Ind 0 du 21 février 1990 Hydrologie du Ravin de la Bête - Actualisation du dossier établi en octobre 1960.

[2.2.2] P. AMPHOUX - Réactualisation de l'étude DECTA de 1990 – Validation du dimensionnement des ouvrages hydrauliques du Centre. Note Technique DTAP/STL DO 234 du 19 octobre 2004.

[2.2.3] P. AMPHOUX – Évaluation de l'impact hydrologique des nouveaux projets sur le Ravin de la Bête. Note Technique DTAP/STL DO 235 du 19 octobre 2004.

[2.2.4] P. AMPHOUX – Etude des conséquences du débordement du Ravin de la Bête sur obstruction de la grille anti-intrusion de sortie du Centre CEA Cadarache. Note technique DSTG/STL DO 662 du 02 juillet 2012.

LISTE DES FIGURES

Figure 2.2.1 Limite du bassin versant du Ravin de la Bête.

Figure 2.2.2 Liste des prises d'eau en aval de Cadarache.

Figure 2.2.3 Schéma hydrographique de la basse Durance et du canal industriel.

Figure 2.2.4 Zone impactée par le débordement du Ravin de la Bête.

Figure 2.2.5 Zone submergée en cas de rupture du barrage de Serre-Ponçon.

Figure 2.2.1 : Limites du bassin versant du Ravin de la Bête

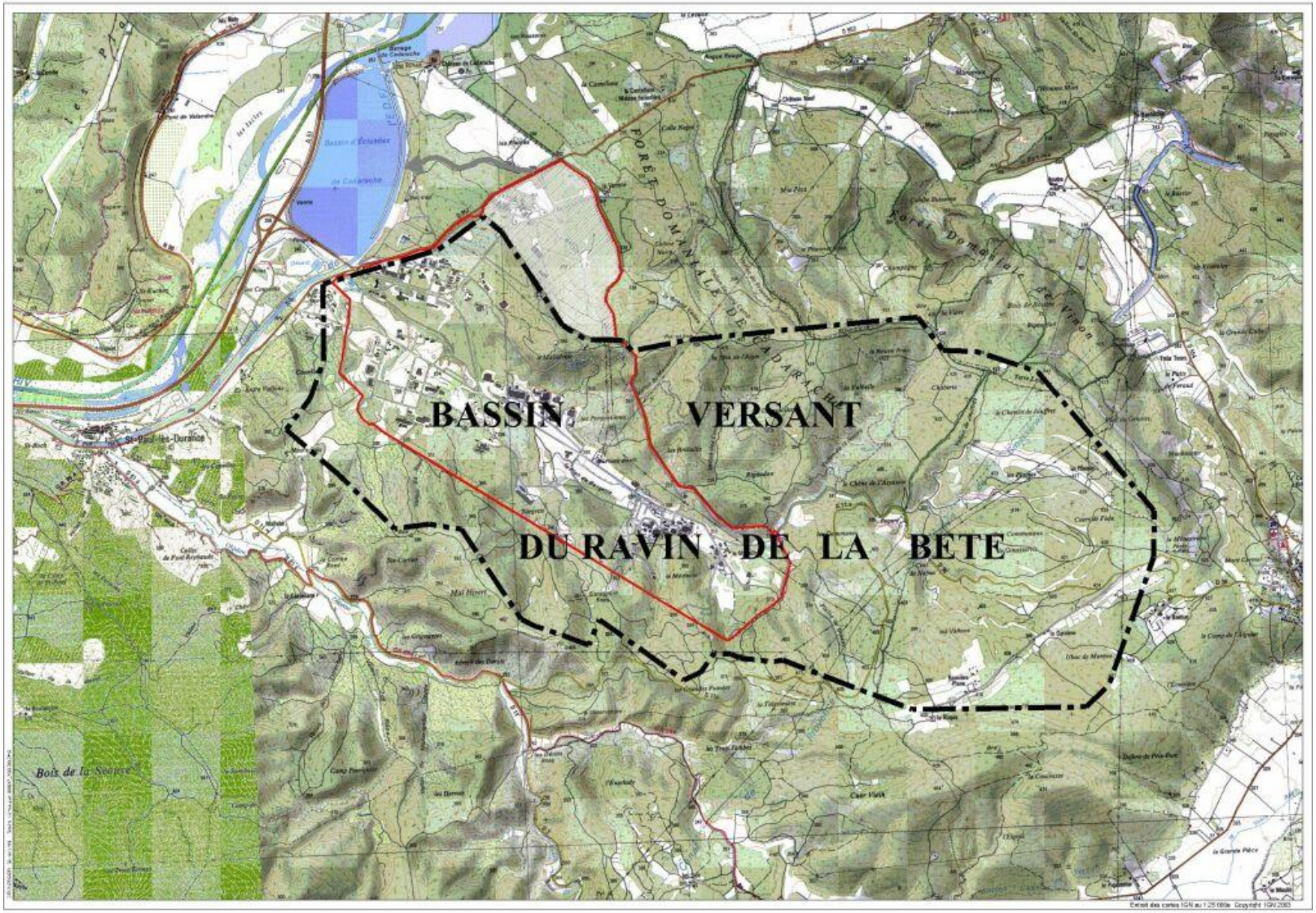


Figure 2.2.2 : Liste des prises d'eau en aval de Cadarache

Canal	Prise d'eau (Canal EDF ou Durance)	Distance prise d'eau – Cadarache (km)	Dotation maximale ($m^3.s^{-1}$)
Peyrolles 1	EDF	12,2	2,9
Peyrolles 2	EDF	27,3	
Peyrolles 3	EDF	33	
Sud luberon	EDF	14,7	4,5
Société des eaux de Marseille	EDF	36,6	15,1
Saint Julien / Cheval Blanc	EDF / DUR*	42	7,2
Canal de Carpentras	EDF / DUR*	42	12,3
OGC Roque sud	EDF	43	1,1
OGC Roque nord	EDF		
SCP Roque nord	EDF	44	1,6
OGC Charleval	EDF	48	0,5
OGC Alleins	EDF	51	2,8
SCP Fontenelle	EDF	58,5	4
Partiteur de Salon – Lamanon	EDF	61,7	44
Canal de Salon	EDF	61,7	3,7
Crillon	DUR	71	4,3
Hôpital	DUR	71	2,2
Puy	DUR	71	1,1
Chateurenard	DUR	71	1,6
Alpines septentrionnales II	DUR	71	6,7
SCP Cabardelle	EDF	75,3	0,1
SCP Saint Chamas	EDF	85	1,7

(*) Ce canal est alimenté, en fonctionnement normal, par une galerie sous-fluviale à partir du canal EDF. Il peut également être alimenté par le barrage de Mallemort si le débit de la Durance est suffisant.

Figure 2.2.3 : Schéma hydrographique de la Basse Durance et du canal industriel

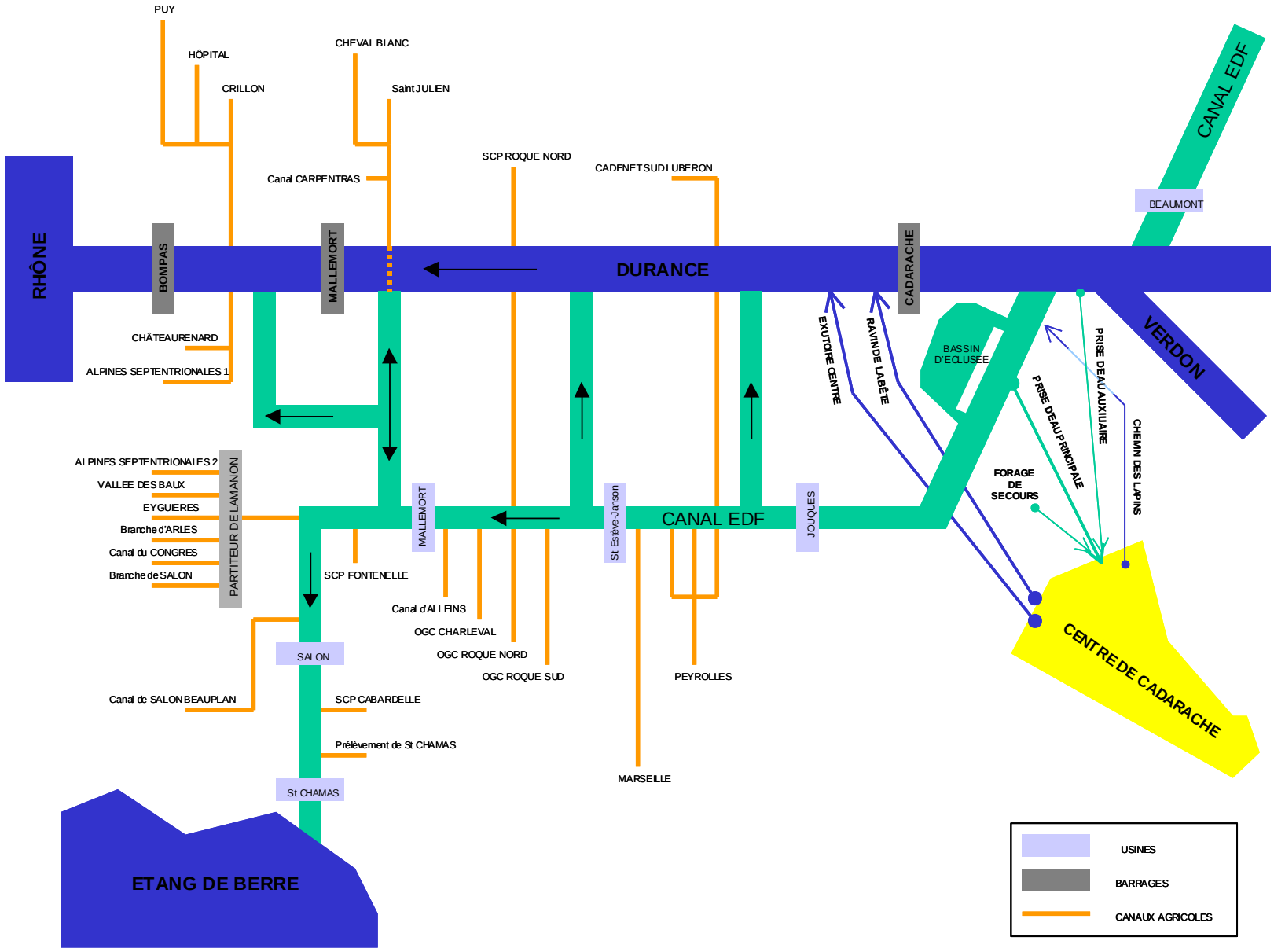


Figure 2.2.4 : Zone impactée par le débordement du Ravin de la Bête

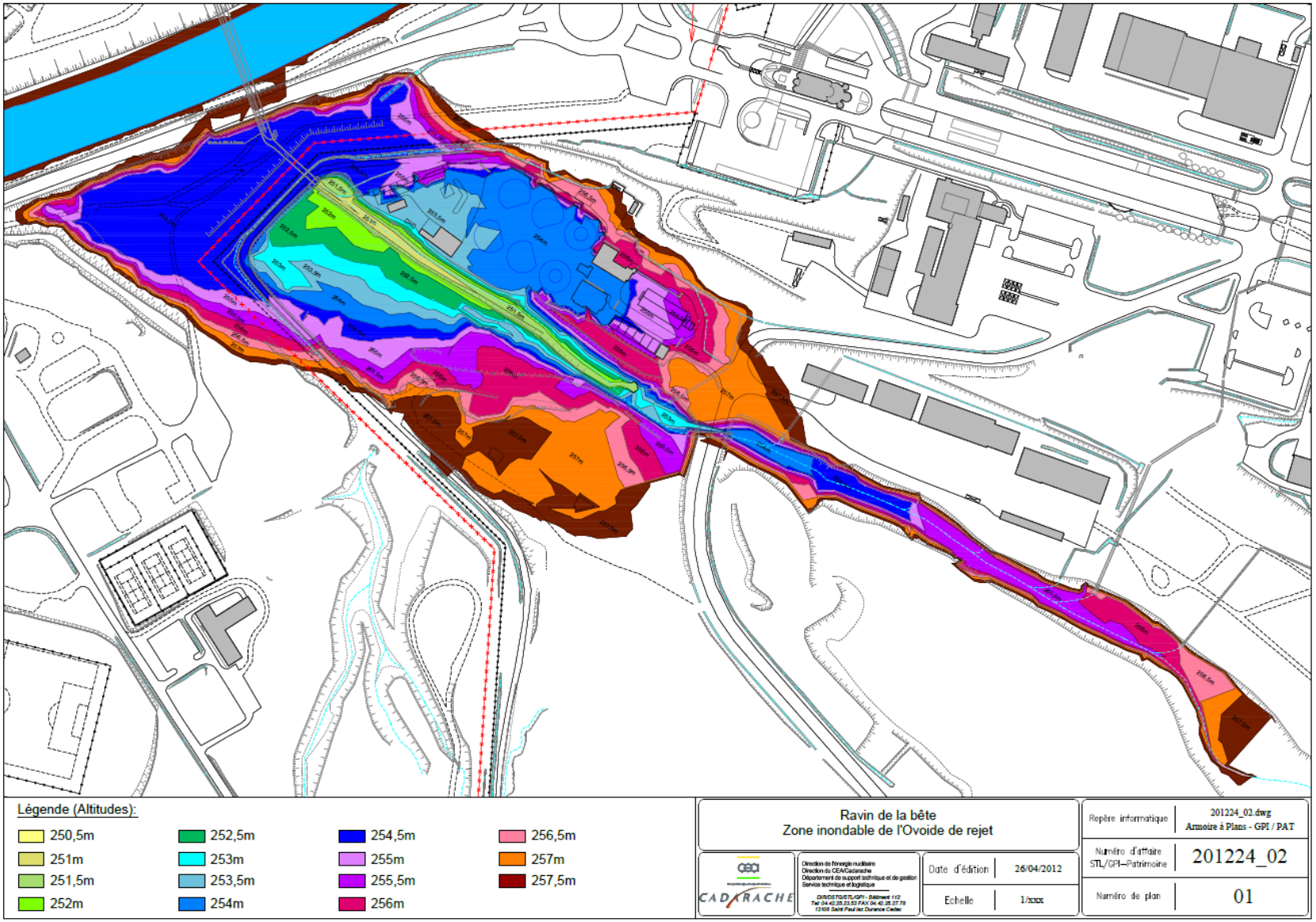
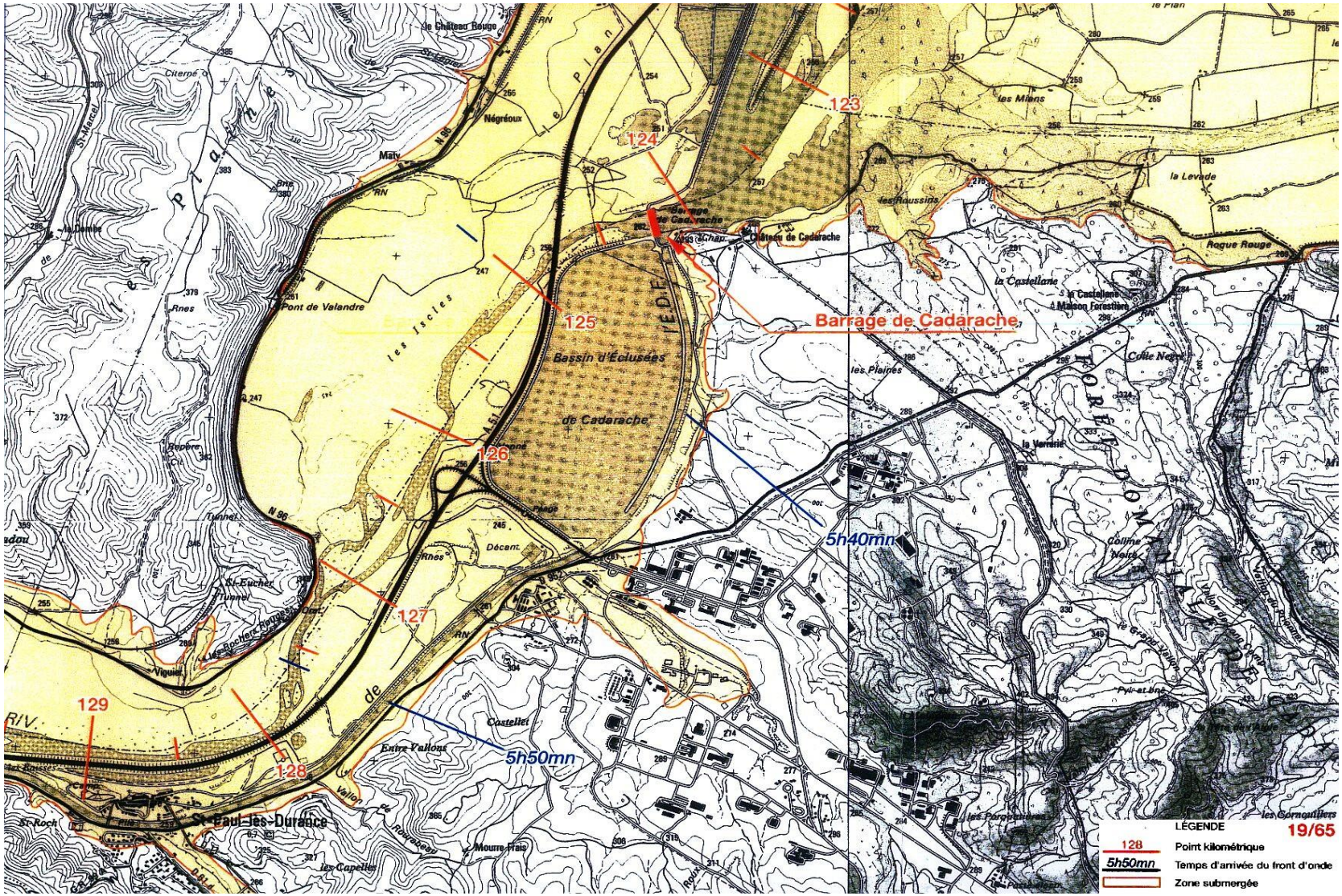
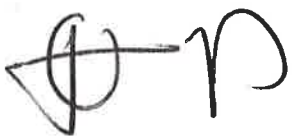


Figure 2.2.5 : Zone submergée en cas de rupture du barrage de Serre-Ponçon (étude EDF)



VOLUME 2 - CHAPITRE 3

GÉOLOGIE ET HYDROGÉOLOGIE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
W. EPTING DPIE/SMCP/GGCG F. HOLLENDER DPIE/SA2S/GAS S. MORILHAT DTN/SMTM/LMTE	C. RONOT DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes réglementaires, ainsi que des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	22/05/17	Prise en compte des demandes 1.1, 2.1, 3 et 4 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN. Mise à jour de : § 2.3.2.2.2.1, § 2.3.2.2.2.4, § 2.3.2.6.2

SOMMAIRE

FICHE DE MISES A JOUR 2

SOMMAIRE 3

2.3.1. GEOLOGIE DU SITE DE CADARACHE 4

2.3.1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL ET GÉOMORPHOLOGIE DU SITE 4
2.3.1.2. DESCRIPTION DES UNITÉS LITHOSTRATIGRAPHIQUES RENCONTRÉES 4
2.3.1.2.1 Les formations secondaires 4
2.3.1.2.2 Les formations tertiaires 5
2.3.1.2.3 Les formations quaternaires 6
2.3.1.2.4 Contraintes stratigraphiques (âges des formations) et contexte paléogéographique 7
2.3.1.3. CONTEXTE TECTONIQUE ET RECONSTRUCTION DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE DU SITE 7
2.3.1.3.1 La phase « pyrénéo-provençale » 8
2.3.1.3.2 L'extension Oligocène 8
2.3.1.3.3 La compression alpine 8
2.3.1.3.4 Observations tectoniques sur le Centre de Cadarache 9
2.3.1.4 INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES 9
2.3.1.5. RISQUES EN LIEN AVEC LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DES FORMATIONS 9
2.3.1.5.1 Cavités souterraines et karsts 9
2.3.1.5.2 Le risque de liquéfaction des sols 10

2.3.2. HYDROGEOLOGIE DU SITE DE CADARACHE 10

2.3.2.1 CADRE HYDROLOGIQUE 10
2.3.2.1.1 LA DURANCE 10
2.3.2.1.2 Le Ravin de la Bête 10
2.3.2.1.3 L'Abéou 11
2.3.2.2 CADRE HYDROGÉOLOGIQUE 11
2.3.2.2.1 Limites du bassin hydrogéologique de Cadarache 11
2.3.2.2.2 Aquifère des alluvions quaternaires 12
2.3.2.2.3 Aquifère des formations miocènes 13
2.3.2.2.4 Aquifère des calcaires crétacés 15
2.3.2.3 MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS 18
2.3.2.4 LE RÉSEAU DE SURVEILLANCE PIÉZOMÉTRIQUE DU CENTRE DE CADARACHE 19
2.3.2.5 HYDROGÉOCHIMIE 19
2.3.2.6 ANALYSE DU RISQUE DE CRUE HYDROGÉOLOGIQUE 20
2.3.2.6.1 Application aux nappes à cinétique rapide (ex : nappe Crétacée) 20
2.3.2.6.2 Application aux nappes à cinétique lente (ex : nappe Miocène) 21

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 21

LISTE DES FIGURES 23

LISTE DES ANNEXES 24

2.3.1. GEOLOGIE DU SITE DE CADARACHE

Le présent paragraphe synthétise les connaissances actuelles sur la géologie du Centre de Cadarache et de ses environs proches. Il s'appuie largement sur de nouvelles études réalisées au cours des années 2006 à 2010. Ces nouvelles études ont notamment porté sur la révision de la carte géologique du Centre [2.3.1]. En complément, un « modèle 3D » des unités géologiques a été réalisé [2.3.2], valorisant l'ensemble des forages réalisés sur Cadarache depuis 1959 et utilisant les résultats de nouvelles campagnes de mesure géophysique [2.3.3]. Ce travail a été complété par de nombreuses datations bio-stratigraphiques (ammonites, pollens, microplancton, rongeurs) qui ont permis de mieux connaitre l'âge et la géométrie des formations (éléments synthétisés dans [2.3.1] et [2.3.2]). Bien que de nombreuses questions demeurent ouvertes, ces nouveaux éléments ont permis de préciser « l'histoire géologique » du Centre de Cadarache.

2.3.1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL ET GÉOMORPHOLOGIE DU SITE

A l'échelle régionale, le Centre de Cadarache se déploie en bordure ouest de la « Provence Orientale » (au sens géologique du terme, c'est-à-dire à l'Est de la Moyenne Durance). L'épaisseur des sédiments déposés et préservés depuis le début de l'ère secondaire (il y a ~ 250 Ma) y est d'environ 2 km. Cette caractéristique contraste fortement avec la « Provence Occidentale » (Ouest de la Moyenne Durance) où cette épaisseur sédimentaire pourrait atteindre, voire dépasser les 10 km. La transition entre ces deux domaines aux comportements mécanique et tectonique différents se fait par le système de failles de la Moyenne Durance. Ce système de failles, majeur à l'échelle régionale, se localise à quelques kilomètres à l'ouest du Centre de Cadarache (cf. Figure 2.3.1).

A une échelle intermédiaire, en analysant une coupe NE-SW (cf. Figure 2.3.2), le Centre de Cadarache se situe entre deux plis de rampe : les chevauchements de Vinon-Gréoux au Nord (déversé vers le Nord) et le pli de la Vautubière au Sud (déversé vers le Sud). Entre ces deux structures, on peut dénombrer 3 vallées principales, avec du Nord au Sud :

- la vallée du ruisseau de Boutre,
- la vallée de la Bête,
- la vallée de l'Abéou.

Le Centre de Cadarache est situé dans la vallée centrale qu'emprunte le ruisseau de la Bête, vallée rebaptisée « vallée des Piles » à la création du Centre.

A l'échelle locale, d'autres vallées secondaires sont des tributaires de la Bête (vallon de Mourre Frais et de Bargette notamment). La vallée actuelle emprunte globalement le tracé ancien d'une vallée plus profonde, aujourd'hui comblée de sédiment (on parlera de « paléovallée »).

2.3.1.2. DESCRIPTION DES UNITÉS LITHOSTRATIGRAPHIQUES RENCONTRÉES

La carte géologique de Cadarache (Figure 2.3.3 à Figure 2.3.7) a été construite sur la base d'une approche litho stratigraphique, c'est-à-dire que l'approche purement stratigraphique (identification des formations uniquement par leur âge) est complétée par une identification lithologique (description de la nature de la roche : calcaire, marne, grès, etc.), approche plus pertinente dans le cadre d'études hydrogéologiques ou géotechniques. Afin de respecter les normes internationales d'établissement des cartes géologiques, les formations litho stratigraphiques sont en général dénommées par une description lithologique très succincte suivie du nom de lieu où la formation est la plus caractéristique. On parlera par exemple des « Marnes de Beaumont » car c'est à Beaumont-de-Pertuis que les marnes correspondantes sont les plus caractéristiques et les mieux identifiées, de même que des « brèches de base et sables de Cadarache » car c'est sur le Centre même de Cadarache que ces formations sont les plus abondantes.

2.3.1.2.1 Les formations secondaires

L'encaissant principal du Centre de Cadarache, dans lequel ont été creusées les paléovallées du site, se compose de formations carbonatées du Secondaire (Mésozoïque). Sur Cadarache même, on identifie

trois unités litho stratigraphiques principales (des plus anciennes aux plus récentes) (voir photos de la Figure 2.3.8) :

2.3.1.2.1.1 Les calcaires de Meyrargues

Les calcaires de Meyrargues présentent des micrites en bancs décimétriques à métriques à joints plans, séparés par des inter-bancs marneux centimétriques ou décimétriques, plus rarement métriques. Ils sont épais de 50 à 60 m.

2.3.1.2.1.2 Les marnes de Beaumont

Il s'agit d'une formation à dominante marneuse dans laquelle s'intercalent de petits bancs calcaires d'épaisseur centimétrique. D'une épaisseur de plus de 150 m dans sa localité type (Beaumont), ces marnes ne se développent que sur une quarantaine de mètres sur le Centre de Cadarache (variation latérale d'épaisseur et de faciès significative).

2.3.1.2.1.3 Les calcaires de Gréoux

Les calcaires de Gréoux présentent également des variations latérales de faciès notables. Il s'agit principalement de calcarénites bioclastiques de 60 à 80 m d'épaisseur dans la partie Sud-Ouest de Cadarache. Cette formation a été subdivisée d'une part en un faciès marno-calcaire (se déployant principalement sur une bande entre l'entrée du Centre et le village de Saint-Paul-lez-Durance) et un faciès très carbonaté, plus au Sud-Est, que l'on rencontre au sommet des reliefs séparant la vallée de la Bête de celle de l'Abéou. Ces deux faciès sont des équivalents latéraux de la même formation : ils ne permettent pas de distinguer deux âges de formation différents.

2.3.1.2.2 Les formations tertiaires

(cf. photos de la Figure 2.3.9)

2.3.1.2.2.1 Les brèches et sables de base de Cadarache

A la base du remplissage de la paléovallée de Cadarache et sur ses flancs, on trouve une brèche de placage, monogénique, à élément de Crétacé et à matrice grèseuse. Cette brèche de base et de placage est surmontée de sables jaunes à grains moyens, avec de petits éléments noirs, souvent lithifiés en grès laminiés. Ces grès présentent parfois un litage oblique marqué.

Cet ensemble (brèches, sables et grès) est très riche en microcodiums (organisme lithophage). Ces organismes se développent en milieu continental terrestre. Ce fossile (dont on ne sait pas s'il a appartenu au règne animal ou végétal) a longtemps été considéré comme marquant la limite Crétacé / Tertiaire, mais de nombreuses études ont montré qu'il peut être présent plus récemment. C'est donc plus un marqueur paléogéographique qu'un marqueur stratigraphique. Si les microcodiums sont présents dans les brèches et sables de base de Cadarache (de même que cariant très largement les carbonates secondaires), on ne les retrouve jamais dans les formations postérieures présentées ci-après.

2.3.1.2.2.2 Les sables et grès de la Sicarde

Les sables et grès de la Sicarde sont une épaisse série (près de 100 m sur Cadarache) où alternent des sables limoneux à dominante rouge, localement lithifiés en grès, recoupés par des chenaux bréchiques monogéniques. Deux barres de brèches continues à matrice grèseuse rouge recoupent cette série (globalement en son milieu et en son sommet). Il s'agit de la principale formation de remplissage (en termes de volume) de la paléovallée de Cadarache.

2.3.1.2.2.3 Les calcaires lacustres de la Sicarde

Sur la colline du Maladroit se trouve une couronne de calcaire lacustre à faciès *mudstone*. D'une puissance d'une dizaine de mètres, cette formation avait précédemment été cartée comme calcaire crétacé, mais il est clair que cette formation est beaucoup plus récente et résulte d'un processus de sédimentation radicalement différent, de type continental.

2.3.1.2.2.4 Le poudingue de Valensole

Au sommet de la série, se trouvent les poudingues de Valensole. Généralement, il s'agit de galets d'origine durancienne, altérés à dominante jaune et joints par une matrice. Cette formation ne présente toutefois pas systématiquement un faciès conglomératique homogène. Elle peut présenter localement un faciès moins induré ou contenir des passées plus ou moins importantes de sables, parfois indurés, et de calcaires lacustres. L'épaisseur de cette formation est d'environ 25 m au Belvédère mais elle peut atteindre, voire dépasser, les 50 mètres sur le site du Grand Vallon.

2.3.1.2.3 Les formations quaternaires

Le Quaternaire est constitué de nombreuses formations organisées en terrasses et cônes de déjection. Les terrasses forment des aplanissements plus ou moins marqués dans le paysage et sont, pour certaines, étagées. Les cônes de déjections (ou colluvions) sont disposés de manière étagée au débouché des vallées et reposent sur les terrasses. On dénombre cinq unités alluviales (en général sous forme de terrasses) et deux formations de colluvions dans la vallée de Cadarache (cf. Figure 2.3.10).

2.3.1.2.3.1 La terrasse très ancienne

Constituée de galets duranciens, elle forme des replats généralement situés entre 320 et 323 mètres d'altitude.

2.3.1.2.3.2 La terrasse ancienne

Caractérisée par un conglomérat n'affleurant qu'en position de relief ou dans les fonds de vallon, son épaisseur varie de 4 m en amont à 10 m en aval et se situe entre 269 et 278 mètres d'altitude.

2.3.1.2.3.3 La terrasse récente

Formée par un conglomérat hétérogène à matrice sableuse grise, elle est localisée entre 259 mètres d'altitude (depuis l'entrée du Centre) jusqu'à 273 mètres.

2.3.1.2.3.4 La terrasse très récente

Composée d'éléments fins (alluvions) et grossiers (grèzes), elle constitue les bords de la plaine alluviale de la Durance. Elle n'affleure donc pratiquement jamais et est difficilement dissociable de la terrasse récente. Lorsqu'elle est bien différenciée, elle se situe entre 258 et 260 mètres d'altitude (Château de Cadarache).

2.3.1.2.3.5 Les alluvions actuelles

Formées de galets, d'argiles et limons, elles correspondent au lit majeur de la Durance, aux « ravins » actuels, etc.

2.3.1.2.3.6 Les colluvions anciennes

Caractérisées par des dépôts fins limoneux ainsi que des gélifracts grossiers de carbonates (ou grèzes) et présentant parfois un faciès induré à aspect bréchique, elles se présentent sous forme de tabliers d'éboulis et de « *debris flow* ». Les travaux de décaissement sur le chantier du projet AGATE ont révélé une formation dépassant 10 mètres d'épaisseur. Inclus dans cette formation, des calcaires tavertineux ont été découverts à l'Est de la Maison Forestière, au Nord du Centre.

2.3.1.2.3.7 Les colluvions récentes

Aussi constituées de gélifracts (de taille inférieure à ceux de colluvions anciennes) ainsi que de dépôts sableux et argileux, les gélifracts ne s'organisent pas en tabliers ou *debris flo*w comme les formations de colluvions anciennes mais s'observent plus particulièrement en position de talus en bordure des terrasses très récentes.

2.3.1.2.4 Contraintes stratigraphiques (âges des formations) et contexte paléogéographique

Les travaux récents [2.3.1] et [2.3.2] ont été l'occasion de procéder à de nombreuses datations bio-stratigraphiques (basées sur l'identification de fossiles caractéristiques de telle ou telle période géologique). De très nombreuses ammonites ont permis de bien contraindre l'âge des formations secondaires. Des analyses de pollens, de nanoplancton et de dents de rongeurs ont permis de progresser dans la datation des formations tertiaires.

Les calcaires de Meyrargues sont datés du Berriasien supérieur. Les marnes de Beaumont marquent la transition Berriasien terminal / Valanginien basal. Les calcaires de Gréoux datent du Valanginien inférieur. Ces faciès carbonatés se sont donc formés aux alentours de 140 millions d'années avant notre ère, dans un contexte de sédimentation marine continue pélagique (sédimentation d'éléments provenant uniquement de la zone pélagique, sans contribution des éléments provenant du continent) ou hémipélagique (faible contribution d'éléments continentaux) associé à la formation du bassin « Vocontien » au Nord. On estime que les profondeurs de sédimentation s'échelonnent, selon les faciès, de 50 m à 300 m.

Les formations tertiaires marines, présentes dans le secteur de Mirabeau, ont pu être datées par nanoplancton et pollens. Les formations situées directement au-dessous des sables et grès de la Sicarde ont ainsi pu être datées dans une fourchette de temps allant du Tortonien terminal au Messinien inférieur (environ 7 millions d'années avant notre ère). Parallèlement, des débris de molaires de rongeurs ont pu être découverts dans un niveau marneux très peu épais intercalé entre les sables et grès de la Sicarde et le poudingue de Valensole (localisation : colline du Maladroit le long de la clôture du Centre). Ces dents ont pu être attribuées au Pliocène inférieur (environ 4 millions d'années avant notre ère).

Les sables et grès de la Sicarde se sont donc mis en place à l'intérieur d'un laps de temps couvrant le Messinien (dernier étage du Miocène) et le Zancléen (premier étage du Pliocène). Il est toutefois aujourd'hui difficile de dire si cette formation s'est mise en place avant ou après la crise messinienne. La crise messinienne correspond à la baisse drastique du niveau de la mer Méditerranée causée par la fermeture d'origine tectonique de ses voies de communication avec l'océan Atlantique et l'évaporation non compensée de la Méditerranée. Sur le continent, les fleuves et leurs tributaires ont creusé de profonds canyons. La Durance a été affectée par ce creusement, et ce, jusque largement plus au Nord que Cadarache. Ce creusement s'est effectué à la fin de Messinien et la remise en eau a impliqué un comblement rapide des anciens canyons par les sédiments charriés par les rivières. La question se pose donc de savoir si la paléovallée de Cadarache a été affectée et donc « sur-creusée » par la crise messinienne, puis à nouveau comblée au Pliocène. Au stade actuel, il n'est pas possible de conclure définitivement. Les contraintes de datation dont nous disposons sur les sables et grès de la Sicarde ne nous permettent pas de savoir s'ils se sont déposés avant (Miocène) ou après (Pliocène) la crise messinienne.

Les brèches et sables de base de Cadarache sont antérieurs aux sables et grès de la Sicarde et nécessairement postérieurs aux calcaires du Crétacé inférieur. Ils sont très largement affectés de microcodiums et il semble difficile que ces derniers ait pu se développer pendant ou postérieurement à la crise messinienne. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

Les dents de rongeurs ont permis de définitivement attribuer les poudingues de Valensole présents sur Cadarache au Pliocène (il s'agit donc du poudingue de Valensole « 2 », le poudingue de Valensole « 1 », présent à l'échelle régionale largement plus au Nord, étant d'âge Miocène).

Les formations quaternaires sont datées relativement les unes par rapport aux autres en fonction de leur position géomorphologique relative. L'ensemble des formations tertiaires et quaternaires présentes sur Cadarache se sont mises en place dans un contexte de sédimentation continentale, majoritairement fluviatile.

L'ensemble de ces données est synthétisé sur l'échelle stratigraphique donnée à la Figure 2.3.11.

2.3.1.3. CONTEXTE TECTONIQUE ET RECONSTRUCTION DE L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE DU SITE

« L'histoire tectonique » de la région de Cadarache est abordée dans ce paragraphe uniquement depuis la fin de Crétacé. Ce sont effectivement des phases tectoniques plus récentes (post-Crétacé) qui ont

« structuré » la géomorphologie de la Provence actuelle (à l'exception notoire des plans de failles profonds du système de la Moyenne Durance qui, installés depuis la fin de l'ère primaire, ont « guidé » les structures plus superficielles.

2.3.1.3.1 La phase « pyrénéo-provençale »

A la fin Crétacé (Santonien supérieur, ~ 84 Ma) et jusqu'à la fin de l'Eocène, le régime tectonique devient compressif, dû à un changement du mouvement relatif du bloc ibérique et du bloc européen. C'est la phase dite « pyrénéo-provençale » qui donne notamment naissance à la chaîne des Pyrénées. A cette époque, le bloc Corse-Sardaigne ne s'était pas encore détaché du continent : il faut imaginer qu'une chaîne de montagne se prolongeait à l'Est des Pyrénées actuelles, à la position de l'actuel Golfe du Lion. Il y avait donc une haute chaîne de montagne au Sud de la Provence actuelle. C'est dans ce contexte que de nombreuses structures tectoniques de la Provence se sont mises en place. Le raccourcissement induit d'abord une déformation cassante précoce, puis un plissement accompagné de failles inverses à petite et grande échelle (rampes et chevauchements). La mise en place du chevauchement de Vinon-sur-Verdon et de la Vautubière date de cette période. D'ailleurs, le dernier rejeu significatif attesté du chevauchement de Vinon date probablement de la fin de cette phase tectonique (formations éocènes chevauchées visibles à l'Est de Saint-Julien-le-Montagnier). Sur ces structures, si rejeux ultérieurs il y a, ils ne peuvent être que de très faible importance. Le Luberon prend lui aussi naissance lors de la phase pyrénéo-provençale mais son histoire se prolongera ultérieurement.

2.3.1.3.2 L'extension Oligocène

A la fin de l'Eocène et pendant l'Oligocène, le régime tectonique devient extensif. Le bloc corso-sarde se sépare du continent. En Provence, des failles décrochantes et transtensives (présentant une composante en décrochement et une composante en faille normale) induisent la création de grabens (bassin de Manosque par exemple). La modélisation 3D des formations géologiques de Cadarache [2.3.2] montre que la paléovallée de Cadarache correspond probablement à un petit graben, bordé de failles décrochantes ou transtensives. Il est en effet impossible, sur le plan géométrique, de faire correspondre les formations recoupées par le forage CAD25 avec les formations affleurantes au Nord-Est et au Sud-Ouest de la paléovallée sans introduire des failles présentant une composante normale. A l'affleurement, des failles très redressées avec des stries décrochantes sont aussi observées. De manière plus quantitative, une faille bordière de ce type avait déjà été caractérisée sur la Colline du Médecin par corrélation de diagraphies géophysiques : la faille (reprise sur la nouvelle carte géologique) y présente un jeu vertical d'environ 90 m. La subsidence totale au sein du graben de Cadarache reste modeste (de l'ordre de la centaine de mètres). Il est intéressant de noter que des petits grabens du même type et de même orientation sont présents plus à l'Est (Montmeyan, la Mourotte, Saint-Pierre, Ginasservis/Boutre : cf. carte géologique au 1/50 000ème de Tavernes). Il est donc possible que la paléovallée de Cadarache appartienne au même système d'un point de vue génétique et chronologique. L'âge de la mise en place de la structuration en graben de Cadarache reste toutefois à préciser. Elle peut avoir eu lieu au cours de la phase pyrénéenne, au bénéficie d'un régime localement transtensif dans un contexte global décrochant ou transpressif (bassins *pull-apart*) ou bien avoir lieu à l'Oligocène, période à laquelle de nombreux bassins pull-apart se développent en Provence (comme par exemple le bassin de Marseille). Le dépôt des brèches et sables de base de Cadarache peut avoir eu lieu à cette occasion. Même si cette observation n'exclut pas une reprise érosive ultérieure de la paléovallée (érosion tortonienne ou messinienne), l'histoire géologique de cette paléovallée ne peut en aucun cas s'expliquer sous l'unique angle de la crise messinienne. Il est aussi important de préciser que ce mécanisme en graben n'a pas nécessairement créé un « espace d'accommodation » (volume disponible pour y déposer des sédiments) important. Il a toutefois a minima créé une dépression et un substratum fracturé, plus facilement « érodable », que les cours d'eau ont emprunté en priorité et qui a pu par la suite « guider » et amplifier les phénomènes d'incision. Il faut enfin noter que les formations ultérieures « scellent » les failles de ce graben. Elles ne sont donc plus actives.

2.3.1.3.3 La compression alpine

Au Miocène, le régime tectonique global redevient compressif et c'est au tour des Alpes de se former. A la latitude de Cadarache, les accidents de la Provence orientale sont peu réactivés. Par contre, les accidents de la Provence occidentale (notamment le Luberon) sont largement réactivés [2.3.4]. La

Durance charrie en grande quantité les produits de l'érosion des Alpes, des galets notamment qui vont former les poudingues de Valensole (dépôts provisoirement et brièvement interrompus à la fin du Miocène par la crise messinienne déjà évoquée plus haut). Ces galets (poudingue de Valensole) sont présents sous le Belvédère de Cadarache. Leur dépôt s'achève vers ~ 2 Ma.

Le Quaternaire se caractérise par l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires très marquées impliquant des modifications du niveau de base du réseau hydrographique local. Il en résulte la mise en place de différents niveaux de terrasses, étagées ou emboîtées, introduites plus haut.

2.3.1.3.4 Observations tectoniques sur le Centre de Cadarache

Aucune faille significative ne recoupe les formations tertiaires et quaternaires de Cadarache. Les failles ne sont présentes que dans le Crétacé.

Dans le Crétacé, les failles sont distribuées dans deux directions principales : NW-SE et NE-SW. Les failles de direction NW-SE sont plus marquées et plus longues. Elles délimitent le graben de Ginasservis et le graben sous la vallée de Cadarache.

Des observations microtectoniques effectuées dans la vallée de Cadarache ont montré une cinématique dextre sur les failles N120 et senestre sur les failles NE-SW avec une contrainte principale horizontale NW-SE à N-S. Ceci indique que les deux directions de failles peuvent être synchrones et se développer lors d'un évènement tectonique unique transtensif ou décrochant d'âge post-Crétacé et anté-Miocène.

2.3.1.4 INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

En complément des figures déjà introduites, la Figure 2.3.12 présente le log stratigraphique type de Cadarache, la Figure 2.3.13 donne un ensemble de coupes sériées au travers du Centre, la Figure 2.3.14 propose une cartographie (isohypses) du toit des formations calcaires mésozoïques sous les paléovallées du Centre de Cadarache, et la Figure 2.3.15 propose une histoire géologique « type » possible pour la mise en place des formations de Cadarache.

Par ailleurs, bien que ne bénéficiant pas des dernières informations disponibles (notamment en terme de datation et de modélisation géométrique 3D), les références [2.3.6] à [2.3.10] pourront apporter des informations locales complémentaires utiles.

2.3.1.5. RISQUES EN LIEN AVEC LES CARACTÉRISTIQUES GÉOLOGIQUES DES FORMATIONS

Les risques en lien avec les mouvements vibratoires du sol générés par les séismes sont traités dans le Vol.2 Chap.4. De même, les risques liés aux remontées des nappes seront traités dans le paragraphe suivant. Il convient toutefois de mentionner ici deux autres risques en lien avec la géosphère : la présence de cavités de même que le risque de liquéfaction des sols.

2.3.1.5.1 Cavités souterraines et karsts

La karstification est un phénomène qui provoque la dissolution progressive de roches calcaires sous l'effet de la circulation d'eau. Cumulée sur de très longues périodes, cette dissolution peut conduire à la formation de cavités souterraines qui peuvent potentiellement s'effondrer et provoquer des dommages aux installations de surface.

Sur le Centre de Cadarache, les formations carbonatées du Crétacé présentent une karstification peu développée en comparaison à d'autres formations géologiques réputées « karstifiées » (Jurassique, Urgonien…). Des cavités décimétriques à métriques ont toutefois pu être mises en évidence. Ces cavités peuvent être présentes dans les formations crétacées, mais également dans les brèches de base. Par « propagation » de ces cavités vers le haut par effondrements successifs (phénomène de « fontis »), il ne peut être exclu de trouver des cavités dans les autres formations de remplissage de la paléovallée.

Dans le cadre d'installations neuves, il s'agira donc d'analyser la présence de cavités par la mise en œuvre de méthodes de reconnaissance de cavités adaptées aux formations rencontrées et à l'emprise de l'installation : micro-gravimétrie, radar géologique, tomographie sismique, inspections télévisuelles… (liste non-exhaustive et évolutive en fonction de l'état de l'art des méthodes de reconnaissance). En cas de

présence de cavités potentiellement dommageables pour le génie civil, il s'agira de les traiter par des dispositions adaptées (par exemple injection de matériau de substitution).

En outre, la frange superficielle du toit des calcaires peut avoir des caractéristiques mécaniques amoindries compte tenu des contraintes lithostatiques inférieures et/ou d'une altération de surface. Dans le cadre de travaux de fondations et en fonction des caractéristiques mécaniques de cette frange superficielle, il peut être envisagé de la traiter voire de la purger.

2.3.1.5.2 Le risque de liquéfaction des sols

La liquéfaction est un phénomène qui se produit sous sollicitation sismique. Le passage d'une onde sismique provoque, dans certaines formations géologiques, la perte de résistance d'un matériau sableux saturé en eau, liée à une augmentation de la pression interstitielle engendrée par les déformations cycliques. La déconsolidation brutale du matériau se traduit par la déstructuration du sol, rendant particulièrement instables les constructions reposant sur ces formations.

L'analyse du risque de liquéfaction des sols implique :

- d'évaluer l'aléa sismique (cf. Vol.2 Chap.4),
- d'évaluer l'aléa hydrogéologique (niveaux hauts de la nappe correspondant à une période de retour donnée) puisque la liquéfaction ne peut se produire que dans un milieu saturé,
- de déterminer les caractéristiques géotechniques des sols (analyse granulométrique, mesures de type SPT, etc.).

Dans le domaine de l'analyse de la liquéfaction des sols, les méthodes de mesure de même que les méthodes de calcul sont en évolution continuelle et il n'est donc pas pertinent de donner ici une méthodologie d'analyse figée. Il s'agira par conséquent d'utiliser les méthodes correspondant à l'état de l'art au moment de l'étude.

Il est toutefois à noter que le risque de liquéfaction est exclu pour les installations fondées sur les formations crétacées rencontrées sur Cadarache, de même que celles fondées sur les brèches de base. Les installations implantées sur ce type de formation n'ont donc pas à engager d'étude du risque de liquéfaction.

2.3.2. HYDROGEOLOGIE DU SITE DE CADARACHE

2.3.2.1 CADRE HYDROLOGIQUE[1]

Le réseau hydrographique du secteur se compose de trois cours d'eau principaux : la rivière de la Durance (à l'ouest du site), le Ravin de la Bête (au cœur du site) et le ruisseau de l'Abéou (au sud du site). Le Ravin de la Bête et celui de l'Abéou se caractérisent par la présence de pertes et de résurgences bien connues (Figure 2.3.16). Pour la Durance, les échanges avec les nappes d'eau souterraines se font par l'intermédiaire d'exutoires profonds en relation avec la nappe alluviale.

2.3.2.1.1 LA DURANCE

La Durance et sa nappe alluviale constituent l'exutoire principal des eaux souterraines du site de Cadarache. Depuis la mise en place de la dérivation du canal industriel (EDF), la Durance dispose d'un débit de réserve de 4,5 m^3/s.

2.3.2.1.2 Le Ravin de la Bête

Le Ravin de la Bête prend sa source sur le Centre et le parcourt du SE au NW avant de se jeter dans la Durance. Il constitue l'axe de drainage principal du bassin versant de Cadarache.

[1] Pour des informations complémentaires, on se référera au volume 2 – chapitre 2 de la PGSE concernant la description de l'hydrologie.

En période de basses eaux, le Ravin de la Bête est principalement alimenté par la nappe mio-quaternaire dont l'affleurement constitue très probablement la partie pérenne du cours d'eau. Cette hypothèse s'appuie sur des observations ainsi que des mesures (température, conductivité électrique, nivellement et mesures piézométriques réalisées en 2015 et 2016). A noter que lorsque le dispositif de drainage de l'INB 123 (LEFCA) sera mis en service, les eaux évacuées participeront également à l'alimentation de la partie avale du Ravin de la Bête.

En période de hautes eaux et à la suite de fortes précipitation, le Ravin de la Bête est alimenté d'une part par le ruissellement de surface et les écoulements de sub-surface à l'échelle du bassin versant et d'autre part, par les résurgences issues de la mise en charge de la nappe crétacée et de la nappe mio-quaternaire. A noter que le secteur des sources de la Grande Bastide – située en partie inférieure du cours d'eau correspond à une zone où des griffons d'eau (petites sources temporaires diffuses) apparaissent en période de hautes eaux. A noter également que lorsque la nappe crétacée est en crue, une partie de ces eaux est évacuée vers le Ravin de la Bête via le Puits Drainant Gravitaire (PDG) de l'INB156 (Chicade). En amont de cette zone, le ruisseau est à sec la plupart du temps. Il ne coule que lors de fortes précipitations. Dans cette portion, quelques sources temporaires de faible débit sont connues : source de la Porte de Ginasservis ; source vers l'INB 25-Rapsodie qui n'est plus observable actuellement, car masquée par les travaux d'aménagement du site.

En aval des sources de la Grande Bastide, le ruisseau s'écoule de manière temporaire avec un débit d'étiage inférieur à 3 m^3/h.

Des jaugeages effectués sur le Ravin de la Bête ont permis de mettre en évidence :

- une abondante alimentation du ruisseau en période de hautes eaux, par des sous-écoulements, entre la Source de la Grande Bastide et le secteur dit « de l'Intendance » ou du garage. Les débits mesurés (mars 1959) passaient de 7 m^3/h aux sources, à 20 m^3/h quelques centaines de mètres plus en aval,
- des pertes en période de basses eaux, estimées à environ 30 %, en face de la station d'épuration (cote 250 NGF).

2.3.2.1.3 L'Abéou

L'Abéou s'écoule du SE vers le NW suivant un tracé quasiment parallèle au Ravin de la Bête. Il rejoint la Durance au niveau du village de Saint-Paul-lez-Durance. Son cours devient permanent à partir du paléoméandre de Mallabé où plusieurs sources pérennes, dites sources de Saint-Paul-lez-Durance, lui délivrent un débit qui peut varier de quelques centièmes de m^3/s en étiage, à près de 20 m^3/s en crue.

Trois principales résurgences sont connues : la source de Font Reynaude (cote 267 NGF) captée pour l'alimentation en eau potable de la commune de Saint-Paul-lez-Durance, les sources des Laurons (Laurons 1 : 269 NGF; Laurons 2 : 270 NGF) utilisées pour l'irrigation et celles de Bournéous / Travaillet (cote 270 NGF). Les sources les plus aval des Laurons et de Font Reynaude sont normalement pérennes. Elles ont, toutefois, été asséchées durant les années 1989, 1990 et récemment en 2007 pendant une quinzaine de mois (fort déficit pluviométrique).

Des jaugeages effectués durant l'été 1977 ont donné pour ces trois sources un débit global de 1100 m^3/h.

2.3.2.2 CADRE HYDROGÉOLOGIQUE

2.3.2.2.1 Limites du bassin hydrogéologique de Cadarache

De manière schématique, le bassin hydrogéologique de Cadarache correspond à un emboîtement de trois réservoirs, correspondant aux trois principaux aquifères : l'aquifère quaternaire, l'aquifère dit du Miocène[2] et l'aquifère des calcaires du Crétacé-Jurassique[3]. Il est cependant difficile de différencier la limite hydraulique entre l'aquifère du Quaternaire et l'aquifère du Miocène.

[2] Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, il existe une incertitude quant à l'âge des formations du remplissage des paléovallées de Cadarache (au-dessous des formations quaternaires). Les brèches de base pourraient être plus anciennes que le Miocène, de même que l'on ne peut formellement exclure qu'une partie des sables et grès de La Sicarde ait été déposée au début du Pliocène. Toutefois, nous estimons aujourd'hui que l'hypothèse d'un dépôt réalisé principalement au Miocène reste l'hypothèse la plus probable. Nous maintenons donc l'emploi du terme « aquifère miocène »

Du point de vue hydrogéologique, ces trois réservoirs présentent des connexions hydrauliques entre eux. En fonction du régime hydrologique (période de basses ou hautes eaux), des phénomènes de drainance ou de mise en charge peuvent avoir lieu entre ces différentes unités.

Aujourd'hui, les limites du bassin hydrogéologique du Centre de Cadarache ne sont pas connues avec certitude. Les éléments dont nous disposons sont les suivants :

- On suppose que la limite inférieure de ce bassin ne correspond pas à la base des formations du Crétacé, mais au niveau des marnes de l'Oxfordien (premier étage du Jurassique Supérieur) que l'on observe sur le massif de la Vautubière situé plus au Sud.
- Au Nord-Est, la faille de Boutre joue un rôle de limite à flux nul, au vu des différences de charge observées dans le bloc oriental.
- Au Sud-Est, l'aquifère quaternaire de la vallée de Valavès constitue une limite à charge constante.
- Au Sud-Ouest, une limite hydrogéologique est supposée exister au niveau du massif de la Vautubière qui demande à être confirmée. La faille de Jouques jouerait un rôle de barrière hydraulique au vu des différences de charges observées de part et d'autre. Les écoulements au niveau du vallon de l'Abéou convergent en direction de la Durance. Des incertitudes demeurent quant aux écoulements issus de la recharge au niveau des calcaires du Jurassique et les calcaires du Crétacé au niveau du CEA de Cadarache.

A noter, la présence d'une limite supposée au niveau de la bordure Sud du Centre qui tend à se déplacer latéralement en fonction du régime hydrologique (hautes ou basses eaux).

L'ensemble de ces observations est regroupé sur la Figure 2.3.17.

2.3.2.2.2 Aquifère des alluvions quaternaires

2.3.2.2.2.1 Structure de l'aquifère

Les dépôts quaternaires de la vallée de la Durance sont largement présents sur le Centre de Cadarache. Ils reposent sur les sables miocènes (ex : Vallée des Piles) ou directement sur les calcaires (ex : partie aval du Ravin de la Bête ainsi que sur les bordures Est et Ouest du Vallon de Mourre Frais).

Le Quaternaire présente des variations de faciès notables, notamment au niveau du Vallon de Mourre Frais. En amont (secteur des Tranchées), il est composé de cailloutis enrobés dans des limons, de quelques mètres d'épaisseur. En aval, au niveau de l'intersection avec le Ravin de la Bête, il est épais de 30 mètres avec un faciès plus graveleux à matrice argilo-sableuse, recouvert de quelques mètres de limons.

La présence de lentilles argileuses peut localement permettre la formation de petites nappes perchées. Ce type de configuration a été mis en évidence sur différents sites : secteur des Tranchées de l'INB 56, dans la partie Sud du site de CEDRA, et plus récemment sur le site Agate. Sur le site de l'INBS-PN cette différenciation entre la nappe Quaternaire et la nappe Miocène a été mise en évidence en plusieurs points du site. Toutefois, dans la majorité des cas, les données dont nous disposons ne traduisent pas la présence de nappes quaternaires étendues mais plutôt de petites nappes perchées isolées et d'extension limitée. Par conséquent il est souvent difficile de les identifier et de les dissocier de la nappe miocène sous-jacente.

A l'extérieur du Centre, sur sa bordure Nord, les alluvions de la Durance et du Verdon constituent des réserves importantes d'eau, exploitables notamment pour l'adduction d'eau potable et l'irrigation (à l'inverse des aquifères présents sur le site de Cadarache). Une dizaine de forages ont reconnu la nappe alluviale de la Durance. Ils sont situés à proximité de la station de rejet et de la station de pompage du Centre.

[3] Il n'y a aucune raison pour que la limite Jurassique / Crétacé constitue un imperméable au sens hydrogéologique et que par conséquent il y ait existence de deux nappes distinctes. La base de l'aquifère « mésozoïque » de Cadarache est probablement plus profonde, au niveau des marnes appelées régionalement « terres noires », et datée de l'Oxfordien moyen à supérieur. Une partie importante du Jurassique supérieur (Tithonien notamment) appartient probablement au même système hydrogéologique que le Crétacé inférieur de Cadarache. Toutefois, par souci de simplification, on maintiendra l'utilisation du terme « aquifère crétacé ».

2.3.2.2.2.2 Alimentation et exutoire

Sur le Centre lui-même, l'alimentation de cet aquifère superficiel résulte de l'infiltration directe des précipitations atmosphériques. Le Crétacé et le Miocène peuvent également contribuer à la recharge lors d'épisodes de crues par des phénomènes de mise en charge (cf. Figure 2.3.18).

L'exutoire principal correspond au cours d'eau du Ravin de la Bête et à des pertes dans les niveaux perméables sous-jacents.

2.3.2.2.2.3 Propriétés hydrauliques de l'aquifère

Des tests hydrauliques réalisés dans les formations quaternaires dans la partie Nord du Centre (zone de l'INBS PN) mettent en évidence une perméabilité sensiblement plus élevée que les terrains miocènes sous-jacents. La perméabilité moyenne des terrains quaternaires est de l'ordre de 2.10^{-4} m/s contre 10^{-5} en moyenne pour les terrains miocènes. Notons qu'il existe néanmoins une certaine disparité entre les perméabilités mesurées qui correspondent aux différents faciès qui constituent les dépôts quaternaires. Les fortes perméabilités se rencontrent dans les galets, sables et cailloutis où les essais de perméabilité fournissent une fourchette de 10^{-3} à 10^{-5} m/s. Pour des faciès plus argileux, les perméabilités sont nettement plus faibles 10^{-7} à 10^{-8} m/s [2.3.5].

2.3.2.2.2.4 Comportement hydrodynamique de la nappe

Il n'existe pas de limite imperméable entre les alluvions quaternaires et les sables miocènes. Par conséquent, il est souvent très difficile de dissocier la nappe quaternaire superficielle de la nappe miocène sous-jacente. Cependant, des investigations ont récemment montré que des contrastes de perméabilité suffisamment marqués entre ces deux ensembles lithologiques pouvaient localement permettre la différenciation de deux unités aquifères. C'est le cas notamment sur le site de l'INBS-PN ou la présence d'une nappe quaternaire a été mise en évidence à une vingtaine de mètres de profondeur. Le comportement dynamique de cette nappe se traduit par des variations lentes et de faible amplitude (inférieure à un mètre).

En période de hautes eaux, les aquifères Miocène et/ou Crétacé peuvent localement être drainés par les dépôts quaternaires sus-jacents dont la perméabilité plus élevée favorise des circulations d'eau plus rapides. Ce phénomène pourrait expliquer la présence de petits talwegs piézométriques observables dans certains secteurs (ex : LEFCA, INB-37).

2.3.2.2.3 Aquifère des formations miocènes

2.3.2.2.3.1 Structure de l'aquifère

A grande échelle, on observe une certaine logique d'organisation des dépôts constitutifs du remplissage de la paléo-vallée du Ravin de la Bête et de ses « paléo-affluents » : ensemble Mourre Frais / Grande Bastide, paléo-ravine de l'INB 55 – LECA-STAR, de l'INB 56, de l'INB 25-Rapsodie et sur le versant Nord, paléo-dépression de la confluence Ravin de la Bête/Durance/Verdon, paléo-ravines au NE de l'INB 22 - Pégase/Cascad (Figure 2.3.19) :

- les brèches se trouvent principalement sur les pentes du paléo talweg. De part la paléo topographie très marquée, la géométrie des faciès de brèches n'est pas tabulaire. En fonction de leur épaisseur et leur degré d'altération, elles constituent tantôt un écran imperméable entre les deux aquifères (Miocène et Crétacé), tantôt une zone de transfert privilégié.

- le centre du remplissage est constitué principalement de sables argileux, plus ou moins grésifiés. On observe localement la présence d'horizons plus graveleux au sein de l'ensemble sablo-gréseux, susceptibles de jouer le rôle de drains à grande échelle.

Dans le détail, la structure sédimentaire est plus complexe. Outre la présence de variations de faciès importantes à très petite échelle, on constate une dissymétrie du corps sédimentaire à l'échelle intermédiaire : ceci a notamment été mis en évidence au niveau du Vallon de Mourre Frais où l'on observe une prédominance de faciès conglomératiques sur la bordure Est, alors que la bordure Ouest est essentiellement constituée de faciès sablo-gréseux.

2.3.2.2.3.2 Alimentation et exutoire

Son alimentation est assurée principalement par les apports pluviométriques. Pour une pluie efficace de 300 mm, estimation de l'année 1985, l'ordre de grandeur de la recharge journalière serait d'environ 800 m^3/km^2 [2.3.5].

Par ailleurs, lorsque la nappe aquifère crétacé est mise en charge à la suite de fortes précipitations (hautes eaux) (Figure 2.3.20), elle peut contribuer également à l'alimentation de la « nappe » miocène soit par phénomène de déversement (en bordure de vallon ou de paléo-vallée notamment), soit par mise en charge du réseau de fractures. Ce phénomène de mise en charge a notamment été mis en évidence par les chroniques piézométriques issues du réseau de surveillance piézométrique du Centre de Cadarache. A l'inverse, on suppose aussi des phénomènes de drainance de l'aquifère miocène par l'aquifère crétacé, notamment en période de basses eaux.

La piézométrie de l'aquifère mio-quaternaire montre qu'en surface la nappe est globalement drainée par le Ravin de la Bête qui, lui-même, est drainé par la Durance [2.3.5]. Cette configuration impose les écoulements des différents paléo-affluents et notamment ceux de Mourre Frais et de Grande Bastide qui évacuent leurs eaux vers la paléo-vallée principale du Ravin de la Bête (Figure 2.3.21).

En profondeur, l'exutoire de l'aquifère miocène correspond à l'embouchure du « paléo-canyon » de la Vallée des Piles avec celui de la Durance dont la localisation exacte n'est pas connue à ce jour.

On sait aujourd'hui que le prolongement du paléo-canyon miocène ne correspond pas exactement au débouché quaternaire et actuel du Ravin de la Bête mais se situe a priori plus au Nord (au droit des bâtiments situés à proximité du « Carrefour Centre »).

Notons aussi la présence d'un paléo-débouché Quaternaire au droit de la Vallée des cuves (contact direct du Quaternaire sur les calcaires crétacés). La profondeur de ce paléo talweg (environ 15 mètres) est certes beaucoup moins importante que celle du paléo-canyon de la vallée des Piles, mais suffisante pour constituer un exutoire temporaire de l'aquifère mio-quaternaire en cas de remontée exceptionnelle de la nappe.

2.3.2.2.3.3 Propriétés hydrauliques de l'aquifère

L'ensemble des tests hydrauliques réalisés sur le site de Cadarache montre que la perméabilité moyenne de cet aquifère est de l'ordre de 10^{-5} m/s. Les plus fortes perméabilités mesurées correspondent aux faciès sablo-gréseux (jusqu'à 10^{-3} m/s). Les plus faibles correspondent généralement aux conglomérats lorsqu'ils sont bien cimentés et qu'ils ne sont pas fracturés (perméabilité inférieure à 10^{-8} m/s).

L'emmagasinement de l'aquifère est très variable, compris entre 2.10^{-4} et 0,3 et dépend en premier lieu du caractère confiné (faibles valeurs) ou libre (fortes valeurs) de l'aquifère testé. En second lieu, cette variabilité est la conséquence de la variabilité naturelle des matériaux qui constituent la formation.

2.3.2.2.3.4 Comportement hydrodynamique de la nappe

Les dépôts mio-quaternaires constituent un aquifère de type « poreux » (comparable à la nappe alluviale de la Durance) dont le comportement piézométrique se traduit généralement par des variations amorties et de faible amplitude. Les battements annuels de la nappe sont généralement de quelques mètres et s'effectuent sur plusieurs jours voire plusieurs semaines. La réponse aux épisodes pluvieux est rarement immédiate et nécessite plusieurs jours, le temps que les eaux météoriques atteignent la zone saturée de l'aquifère.

L'aquifère miocène présente un comportement sensiblement homogène à l'échelle du Centre comme l'indique la Figure 2.3.22. Sur cette figure, sont représentées des chroniques piézométriques de l'aquifère mio-quaternaire enregistrées en 2006 dans 4 piézomètres localisés sur différentes installations du Centre de Cadarache.

Toutefois, il arrive que certains piézomètres enregistrent des remontées de nappe plus rapides (quelques mètres en quelques heures) suite à des événements pluvieux intenses. Ce phénomène n'est pas habituel pour ce type d'aquifère mais peut s'expliquer dans les cas suivants :

- Le piézomètre enregistre une mise en charge de l'aquifère miocène par l'aquifère crétacé sous-jacent qui présente une réactivité plus importante aux précipitations. Ceci s'observe notamment lorsque la brèche basale miocène est fortement altérée ce qui favorise les échanges avec l'aquifère

crétacé sous-jacent.

- Le piézomètre est implanté dans une zone de remblais ou dans des terrains quaternaires plus perméables qui favorisent une infiltration rapide des eaux météoriques (ce phénomène a été observé sur le site « Entreposage » de l'INB-56)
- Le piézomètre présente un défaut d'équipement qui favorise l'infiltration des eaux superficielles dans le tube piézométrique.

Dans ces deux derniers cas, la chronique n'est pas représentative de l'aquifère étudié.

2.3.2.2.3.5 Cartes piézométriques

Les cartes piézométriques du Miocène réalisées en mars 2008 (basses eaux – Figure 2.3.23) et en avril 2009 (hautes eaux – Figure 2.3.24) montrent que :

- Les écoulements s'effectuent du Sud-Est vers le Nord-Ouest en direction de l'entrée du Centre ;
- Les isopièzes sont globalement régulières ce qui traduit un aquifère poreux relativement homogène ;
- Les directions d'écoulement sont sensiblement identiques entre périodes de hautes et basses eaux. Notons cependant, que les niveaux mesurés en avril 2009 sont environ 4 mètres plus hauts que ceux mesurés en mars 2008 ;
- Les isopièzes dessinent localement des petits talwegs (ou dépressions) piézométriques qui semblent indiquer la présence d'axes d'écoulements préférentiels (ex : INB37, CEDRA, INB56) ;
- Les isopièzes sont d'autant plus écartées que l'on se rapproche de l'axe de la Vallée des Piles, indiquant un abaissement du gradient hydraulique. Ce phénomène peut s'expliquer par la présence des terrains quaternaires plus perméables.

2.3.2.2.4 Aquifère des calcaires crétacés

2.3.2.2.4.1 Structure de l'aquifère

L'aquifère se développe au sein des formations calcaires massives au niveau du Jurassique et de la base du Crétacé. Les calcaires sont affectés d'un ensemble de discontinuités (plans de stratification, fractures, diaclases, fentes de tension, failles, etc.) qui forment des vides plus ou moins bien interconnectés. Ces discontinuités étant essentiellement représentées par des fractures ou des failles, on parle d'aquifère de type « fissuré ». On observe aussi de manière générale que les formations calcaires se caractérisent par davantage d'inter-bancs (alternance marno-calcaire) dans la partie sommitale.

Sous l'action de mécanismes tectoniques, chimiques (dissolution et précipitation) et mécaniques (transport d'éléments dissous et de particules) ces discontinuités ont été plus ou moins élargies formant un réseau hydraulique complexe. Toutefois, le champ de contraintes qui a régné depuis le début du tertiaire a privilégié l'ouverture des fractures subméridiennes et des fractures NE-SW alors que, statistiquement, il entraînait plutôt la fermeture des fractures E-W. Ce phénomène semble majeur dans la région de Cadarache où les circulations observées sont liées géométriquement à des ouvertures pluricentimétriques de fractures décrochantes sans dissolutions importantes.

Les calcaires présentent localement des indices de karstification. Ces indices, qui ont été rencontrés au niveau des fouilles et des forages sur les différents sites, sont globalement peu importants. Ils sont essentiellement représentés par des fractures sub-verticales élargies par dissolution dont l'ouverture est centimétrique à décimétrique pour les plus importantes. Ces indices de karstification sont plus rares au-dessous de la cote 275 m NGF.

Des faisceaux de failles jouant un rôle hydraulique très local sont présents, notamment au niveau de Chicade et de l'INB-37. Néanmoins, des contrastes de perméabilité existent et se traduisent notamment par des phénomènes de mise en charge importante et des remontées de nappe sous certains des bâtiments.

Le cheminement de l'eau ne se fait donc pas de façon homogène mais suivant des directions préférentielles, guidées essentiellement par la fracturation. Les circulations d'eau sont contrôlées par des compartiments à forte perméabilité se développant le long de faisceaux fracturés (ex Chicade). Ces couloirs drainant alternent avec des zones de blocs de plus faible perméabilité où les vitesses de circulation sont beaucoup plus faibles. Dans certains cas, lorsque les fractures connectées deviennent trop peu abondantes, ces blocs sont quasiment imperméables.

2.3.2.2.4.2 Alimentation et exutoire

L'alimentation de l'aquifère crétacé est assurée :

- par infiltration gravitaire des eaux météoriques au niveau des formations crétacées affleurantes dans le périmètre du site de Cadarache, mais également en dehors de l'emprise du Centre (notamment pour les formations jurassiques) ;
- par les aquifères sus-jacents et/ou adjacents (miocène/quaternaire, jurassique inférieur ?) ;
- par les pertes de cours d'eau (Ravin de la Bête et peut être par les pertes au niveau de l'Abéou en périodes de basses eaux, sans que cela ait été démontré pour l'Abéou).

L'exutoire de ce système aquifère est supposé mais n'a pas encore été identifié de manière certaine, rendant ainsi l'établissement d'un bilan hydrologique difficile.

Lorsque les calcaires sont directement en contact avec les alluvions de la Durance, en fonction du niveau de charge, on peut supposer que l'aquifère se décharge à ce niveau.

Les sources de l'Abéou situées au Sud du Centre de Cadarache peuvent constituer un des exutoires des calcaires crétacés. Cependant aucune preuve n'existe à ce jour.

Les autres exutoires possibles sont :

- En condition de hautes eaux, un drainage par les aquifères de sub-surface (mio-quaternaires) qui se déversent au niveau des cours d'eau. On notera à ce titre que plusieurs phénomènes d'artésianisme ont été observés sur le Centre en fin d'année 2008 ainsi qu'en novembre 2011.
- Les sources temporaires de type karstique qui ne fonctionnent que lors des fortes précipitations et correspondent à une évacuation de crues karstiques. La plus connue, se trouve à l'intérieur du Centre au niveau de la Porte de Ginasservis. Cette source a coulé plusieurs jours suite aux fortes pluies qui se sont abattues en fin d'année 2008 ainsi qu'en novembre 2011.

2.3.2.2.4.3 Propriétés hydrauliques de l'aquifère

L'ensemble des tests réalisés sur le site de Cadarache (environ 150) montrent que la moyenne géométrique des perméabilités calculées, est 6.10^{-8} m/s. Si l'on compare cette valeur à la perméabilité moyenne des dépôts miocènes (~2.10^{-5} m/s), on constate de manière générale que les calcaires crétacés sont en moyenne de deux ordres de grandeur moins perméables que les terrains miocènes.

Dans le détail, on s'aperçoit que l'aquifère des calcaires peut être discrétisé en 4 sous-ensembles de perméabilité différente :

- La matrice : 10^{-13} m/s,
- Les petites fissures peu perméables : 10^{-11} à 10^{-9} m/s,
- Les fractures et/ou réseau de diaclases perméables : 10^{-8} à 10^{-5} m/s,
- Les failles ou zones fracturées faiblement karstifiées : > 10^{-4} m/s.

Il est intéressant de constater qu'en fonction de l'échelle à laquelle on souhaite étudier les écoulements, il faudra s'intéresser à l'une ou l'autre de ces sous-unités (voir Figure 2.3.26).

L'emmagasinement de l'aquifère est très variable, compris entre 10^{-6} et 10^{-3}, et dépend du caractère confiné (faibles valeurs) ou libre (fortes valeurs) de l'aquifère.

2.3.2.2.4.4 Comportement hydrodynamique de la nappe

Depuis le début des années 2000, le parc de piézomètres du Centre de Cadarache est équipé d'une centaine de capteurs de pression qui enregistrent en continu (pas de temps d'enregistrement de 30 minutes) les variations piézométriques de la nappe au droit des INB.

Les chroniques piézométriques obtenues permettent d'étudier la réactivité de la nappe aux précipitations ainsi que sa variabilité spatiale à l'échelle du Centre. Elles renseignent aussi sur la structure de l'aquifère (identification de niveaux plus perméables : fracturés ou karstifiés) et sur le degré de connexion des terrains de surface avec la nappe profonde :

- Contrairement à la nappe mio-quaternaire, la nappe crétacée se caractérise par des variations piézométriques rapides et de fortes amplitudes (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres en quelques jours).
- Le comportement de la nappe crétacée est très variable à l'échelle du Centre, ce qui souligne la complexité des écoulements au sein de cet aquifère. Pour une même année, les chroniques piézométriques sont différentes d'une installation à l'autre et parfois même entre deux piézomètres situés à quelques dizaines de mètres l'un de l'autre. La Figure 2.3.27 illustre la différence des signaux enregistrés en 2006.
- D'une manière générale on constate que plus on se dirige vers le Nord-Ouest (en direction de la Durance) plus les battements de nappe diminuent.
- La forme des chroniques piézométriques apporte aussi des renseignements sur la compartimentation de l'aquifère à l'échelle du Centre ou d'une installation. Par exemple, lorsque les chroniques sont similaires entre plusieurs piézomètres, on peut supposer une bonne interconnexion des fractures conductrices entre ces piézomètres.
- On observe régulièrement des seuils de stabilité en phase de mise en charge ou de décrue ce qui traduit généralement la présence de niveaux plus perméables (zone fracturée, voire karstifiée, etc.). Ce phénomène est particulièrement visible sur les chroniques du site RJH où les seuils observés correspondent très probablement au joint de stratification séparant les bancs calcaires de bancs marneux parfaitement visibles au niveau des talus et du fond de fouille.
- On constate que ces seuils de stabilité sont d'autant plus élevés que l'on se dirige vers le Sud-Est ce qui confirme les écoulements de la nappe vers le Nord-Ouest en direction de la Durance.

On retiendra aussi que le signal enregistré dans un piézomètre dépend de ses caractéristiques (état général, profondeur, inclinaison, etc.) et de sa localisation (relief, talweg, présence ou non d'une couverture de surface, épaisseur du recouvrement, etc.).

2.3.2.2.4.5 Cartes piézométriques

Les calcaires sont constitués d'un réseau fracturé qu'il est très difficile d'appréhender, car les éléments observables en surface ne représentent qu'une infime partie de la structure réelle de l'aquifère. Certes, nous disposons aussi d'informations provenant des reconnaissances par forage ou par méthodes indirectes (ex : reconnaissances géophysiques) mais les volumes investigués ne constituent qu'un échantillon très réduit.

Il est donc très difficile de dresser la carte piézométrique d'un aquifère de type fissuré. Nous insistons donc sur le fait que les cartes piézométriques des calcaires crétacés présentées dans ce document doivent être observées et interprétées avec le recul nécessaire et qu'elles ne constituent en aucun cas la représentation exacte des écoulements de l'aquifère crétacé à l'échelle du Centre.

Néanmoins, les cartes piézométriques proposées (Figures 2.3.28, 2.3.29 et 2.3.30) apportent un certain nombre d'informations sur les écoulements supposés de cet aquifère :

La Figure 2.3.28 représente sous forme d'un code couleur les cotes piézométriques de le nappe (en m NGF) mesurées en mars 2008 (période de basse eaux) dans l'ensemble des piézomètres crétacés (environ 190 points de mesure). Sur cette figure, on s'aperçoit que :

- les couleurs les plus foncées (correspondant aux niveaux les plus hauts) sont localisées sur la moitié SE du Centre. A l'inverse, les couleurs les plus claires sont majoritairement présentes sur la

moitié NW. Les gradients hydrauliques laissent donc supposer des écoulements qui s'effectuent principalement du SE vers le NW.

- le dégradé de couleur du SE vers le NW n'est pas parfaitement uniforme ce qui traduit la compartimentation de l'aquifère fissuré et l'existence de sous unités plus ou moins bien connectées les unes aux autres.

La Figure 2.3.29 est une carte piézométrique qui a été réalisée à la même période que la Figure 2.3.28 (mars 2008 – **basses eaux**), mais pour laquelle nous n'avons retenu que 68 piézomètres jugés bien connectés à la nappe profonde des calcaires. Cette carte « épurée » permet une meilleure visualisation des écoulements à l'échelle du Centre. Elle confirme le gradient hydraulique du Sud-Est vers le Nord-Ouest. On observe aussi un resserrement des isopièzes au droit du Vallon de Mourre Frais qui semble faire barrage aux écoulements de l'aquifère crétacé[4].

La Figure 2.3.30 est aussi une carte piézométrique « épurée » qui a été réalisée à partir des 68 piézomètres jugés bien connectés à la nappe profonde des calcaires. Cependant, contrairement à la Figure 2.3.29, elle représente la morphologie piézométrique des calcaires en période de **hautes eaux** (avril 2009). En comparant cette carte à la précédente, on observe que :

- Les niveaux piézométriques mesurés en avril 2009 au niveau du Vallon de Mourre Frais sont environ de 15 mètres supérieurs à ceux mesurés en mars 2008. Cette différence est encore supérieure pour les installations situées au Sud-Est (ex : Masurca) où l'on mesure une différence de 20 mètres environ.
- Les directions d'écoulements sont globalement similaires à celles observées en mars 2008, orientées vers le Nord-Ouest en direction de la Durance.
- Au droit de certaines installations (ex : Chicade, Leca-Star, INB 56 – Parc entreposage), au Sud-Ouest de l'INB37, on observe un écartement marqué des isopièzes qui traduit un faible gradient hydraulique. Ce phénomène s'explique certainement par la présence de calcaires plus fracturés dont la perméabilité en grand est plus élevée.
- Le resserrement des isopièzes au droit du Vallon de Mourre Frais est encore plus marqué en période de hautes eaux, ce qui confirme l'effet barrage du remplissage mio-quaternaire vis-à-vis des écoulements de la nappe des calcaires. Les écoulements dans le massif calcaire pourraient être en partie ralentis et détournés par l'intermédiaire des fractures ouvertes NE-SW qui jalonnent et guident cette paléo-vallée.
- Ce phénomène semble aussi se dessiner selon l'axe de la Vallée des Piles, entre l'entrée du Centre et l'installation Pégase. Ceci traduit probablement l'effet barrage de la paléovallée de la Bête aux écoulements qui s'effectuent vers le Nord.

2.3.2.3 MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS

A l'échelle du site, l'hydrogéologie du site de Cadarache est particulièrement complexe de par la nature des différentes unités aquifères qui la constituent et de leurs caractéristiques spécifiques.

Afin d'appréhender au mieux les écoulements d'eaux souterraines à l'échelle du site, le centre de Cadarache est doté depuis plusieurs années d'outils de simulation numérique. Certains de ces outils permettent notamment de modéliser les écoulements au sein de chaque aquifère et de simuler les transferts de substances (radiologiques ou chimiques) via les eaux souterraines à l'échelle du site. Ils sont mis en œuvre et « calés » à partir de chroniques pluviométriques et piézométriques enregistrées sur le site par le biais de dispositifs de mesures dédiés (station météorologique, sondes piézométriques), qui ont permis de couvrir plusieurs cycles hydrogéologiques. Ces outils prennent aussi en compte les résultats issus des nombreuses études réalisées sur le site depuis sa création : campagne de reconnaissance de sols, études géophysiques et sismiques, études hydrogéologiques, etc.

[4] Le phénomène que nous appelons « effet barrage » n'est pas nécessairement dû à une perméabilité localement plus faible des formations mio-quaternaires dans la paléovallée de Mourre frais. Ce phénomène peut aussi s'expliquer par la présence du faisceau de failles, positionné parallèlement à l'axe de la paléovallée de Mourre frais et juste en amont de celui-ci, jouant le rôle de drain. Une combinaison des deux effets est aussi possible.

2.3.2.4 LE RÉSEAU DE SURVEILLANCE PIÉZOMÉTRIQUE DU CENTRE DE CADARACHE

Le Centre de Cadarache dispose en 2010 d'un réseau de 390 piézomètres localisés à l'intérieur et à l'extérieur du périmètre clôturé (voir liste des piézomètres en annexe 1 et localisation en annexe 2).

La répartition des piézomètres pour chaque unité géologique est la suivante :

- Alluvions du Quaternaire : 59 piézomètres
- Formations du Miocène : 151 piézomètres
- Calcaires du Crétacé : 178 piézomètres
- Calcaires et dolomies du Jurassique : 2 piézomètres (*CAD25* et *CAD32*).

Ce parc piézométrique constitue le réseau de surveillance des eaux souterraines à l'échelle du site de Cadarache. Il permet d'effectuer le suivi dynamique, chimique et radiologique des trois principaux aquifères présents sous les installations du Centre (voir paragraphe 2.3.2.2).

Concernant le suivi radiologique et chimique, le bilan de l'état des eaux souterraines est présenté au Volume 2 – Chapitre 5 Situation radiologique. La surveillance radiologique effectuée par piézomètre est présentée au Volume 5 – Chapitre 2 Surveillance du site et de l'environnement.

Concernant le suivi dynamique, parmi les 390 piézomètres que compte le réseau de surveillance de Cadarache, 100 piézomètres sont équipés de capteurs de pression qui enregistrent en continu le niveau piézométrique des nappes (le pas de temps d'enregistrement est de 30 minutes). Ce suivi piézométrique par capteur de pression a été mis en place en 2000 sur les installations CHICADE et INB37. Aujourd'hui, 14 INB font l'objet d'un suivi piézométrique annuel. Des campagnes trimestrielles permettent de récupérer les données enregistrées par les capteurs. Les chroniques piézométriques issues de ce suivi font l'objet d'un rapport annuel pour chaque installation.

Pour vérifier l'état des piézomètres et garantir leur bon fonctionnement, des diagnostics par inspection télévisuelle sont réalisés ponctuellement. En fonction de l'état de colmatage des crépines et du niveau d'ensablement des piézomètres inspectés, un nettoyage mécanique ou chimique est réalisé. Depuis l'année 2000, environ 115 piézomètres ont fait l'objet d'un diagnostic et/ou d'une réhabilitation par nettoyage mécanique ou chimique.

2.3.2.5 HYDROGÉOCHIMIE

Ce paragraphe récapitule les résultats de l'étude de caractérisation géochimique des eaux des nappes principales (nappe des calcaires et nappe des alluvions miocènes) menée en 1999. Les forages échantillonnés sont localisés en Figure 2.3.31.

L'échantillonnage a été effectué sur les piézomètres *CAD7*, *TFA5*, *TFA14*, *RJH3* (quatre forages représentatifs du Miocène), ainsi que sur les piézomètres *CAD1*, *CAD2*, *CAD4*, *CAD6*, *CAD10*, *CAD12*, *TFA17*, *AGAT2*, *IPSN*, *RJH1* (dix forages représentatifs du Crétacé). Un échantillon a été prélevé au niveau de l'exutoire aval des sources de l'Abéou ainsi qu'un échantillon d'eau de pluie. La Figure 2.3.32 présente l'ensemble des résultats d'analyses effectuées à cette époque.

Toutes les eaux sont de type bicarbonaté ($HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^- > NO_3^-$), calcique ($Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ > K^+$).

Les éléments majeurs et les éléments traces présentent une grande variabilité qui suggère l'idée d'un milieu aquifère très hétérogène (les résultats des isotopes stables confortent cette idée).

Les eaux se caractérisent par la présence naturelle de strontium (278 à 1060 µg/l). Cet élément se corrèle généralement bien avec le lithium, avec le molybdène et avec l'uranium.

Globalement, il se produit un enrichissement en éléments traces dans le sens de la direction générale d'écoulement (du SE vers le NW).

Les activités tritium sont comprises entre 1,9 UT[5] (*TFA17*) et 26 UT (*CAD7*) :

[5] Unité Tritium (UT) : 1 UT correspond à 1 atome de tritium pour 10^{18} atomes d'hydrogène de masse atomique 1. 1 UT = $^3H/^1H$ = 10^{-18} en nombre d'atomes.

- La faible valeur du TFA17 indique une eau ancienne (supérieure à 40 ans) et bien confinée.
- Les valeurs supérieures à 18 UT (*CAD2*, *CAD7*, *CAD12*, *RJH3*) pourraient traduire un mélange entre des eaux anciennes et des apports récents ou une légère contamination (à noter que RJH3 présente la plus forte valeur en césium et en uranium).
- Les valeurs intermédiaires de 5 à 18 UT correspondraient à des eaux ayant la plus forte proportion d'eaux récentes.

Les concentrations en terres rares sont très faibles et conformes aux eaux habituellement rencontrées dans les systèmes karstiques.

L'ensemble des éléments analysés ne fait pas apparaître de signature géochimique distincte des eaux des deux nappes. Pour les éléments traces, on notera cependant que les plus faibles teneurs en Rb et Ba appartiennent aux eaux du Miocène. Toutefois, le trop faible nombre d'échantillons miocènes (seuls deux échantillons ont pu être analysés en traces) ne permet pas d'affirmer que ces deux éléments pourraient être discriminants. La source de l'Abéou se distingue des eaux du Crétacé et du Miocène du Centre, notamment par les plus faibles teneurs en strontium, molybdène et manganèse.

2.3.2.6 ANALYSE DU RISQUE DE CRUE HYDROGÉOLOGIQUE

2.3.2.6.1 Application aux nappes à cinétique rapide (ex : nappe Crétacée)

Certaines installations nucléaires de base du Centre de Cadarache sont construites sur des formations calcaires. Ces formations, modérément karstifiées, sont sujettes à des remontées de nappe parfois brutales, qui pourraient engendrer des désordres, soit de nature mécanique (pression exercée sur le génie civil) soit par venue d'eau à l'intérieur des installations. Les installations CHICADE (INB 156) et CABRI (INB 24), ont dans le passé déjà été confrontées à des remontées exceptionnelles de nappe ayant engendré des venues d'eau et motivé la mise en place de stratégies spécifiques de gestion du risque « crue hydrogéologique ».

L'analyse du risque hydrogéologique passe d'abord par l'estimation de « l'aléa hydrogéologique ». Une manière simple d'exprimer cet aléa est de produire des courbes donnant la cote atteinte par la nappe en fonction de la période de retour. Si la cote correspondant à la période de retour « 100 ans » est, par exemple, de 127 m NGF, cela signifie que la probabilité annuelle que la nappe dépasse cette cote de 127 m NGF est de 10^{-2}.

La méthodologie à suivre pour évaluer l'aléa hydrogéologique pour les INB construites sur les calcaires crétacés est une approche statistique, établie en collaboration avec l'Université de Montpellier II. Cette méthodologie a été initiée par Bidaux et al. (1995) pour l'installation CHICADE [2.3.11], puis développée et optimisée par le même laboratoire dans le cadre de la thèse de K. Najib [2.3.12].

Cette méthodologie consiste à pallier le manque de connaissance historique en termes de suivi des événements exceptionnels souterrains en reconstituant une chronique piézométrique simulée sur une cinquantaine d'années (à partir des mesures de pluviométrie sur le site de Cadarache, connues depuis 1960). C'est sur cette chronique simulée que sont ensuite appliquées les méthodes statistiques « standard » de l'hydrologie afin d'être en mesure d'évaluer les cotes atteintes en fonction de périodes de retour données.

Les étapes à suivre pour appliquer cette approche sont les suivantes :

- suivi piézométrique continu sur au moins trois cycles hydrogéologiques en plusieurs piézomètres,
- choix d'un piézomètre de référence (choisi pour sa représentativité, sa réactivité aux pluies, éventuellement son caractère « enveloppe » des niveaux mesurés les plus hauts),
- calage d'un modèle de reconstitution des chroniques piézométriques sur la durée des mesures piézométriques, utilisant comme données d'entrée la pluviométrie et la température au pas de temps journalier,
- simulation d'une chronique piézométrique « longue » à partir des données météorologiques du Centre de Cadarache,

- application de différentes méthodes statistiques sur ces chroniques simulées afin de dégager des niveaux extrêmes avec leurs intervalles de confiance,
- analyse d'une part des résultats statistiques en fonction de leurs qualités (selon la chronique utilisée, la méthode produisant le meilleur résultat peut différer), et d'autre part des éléments de contexte hydrogéologique permettant d'évaluer le caractère enveloppe (ou non) des hypothèses retenues pour la modélisation.

La cote à retenir pour les analyses de sûreté est la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% pour une crue de probabilité annuelle de dépassement de 10^{-2}. Il s'agit de la crue dite « centennale » assortie d'une majoration de « deux écarts-type ».

L'approche statistique doit être complétée par une compréhension globale du fonctionnement hydrogéologique de la zone étudiée afin notamment d'inventorier les facteurs permettant de juger du caractère enveloppe ou non du résultat de la modélisation. On citera par exemple le contexte topographique et morphologique : le degré de conservatisme du résultat de la modélisation sera en effet moindre pour un site localisé en fond de vallée, concentrant les écoulements en provenance des versants que pour un site ayant une capacité de drainage naturelle par artésianisme le long des versants et en contrebas de l'ouvrage.

Plus de détails pourront être trouvés dans la référence [2.3.2]. Une première application systématique de cette méthode pour les INB pérennes de Cadarache construites sur du calcaire et dont le CEA est l'exploitant a été réalisée en 2008 [2.3.13], mise à jour en 2012 [2.3.14].

2.3.2.6.2 Application aux nappes à cinétique lente (ex : nappe Miocène)

Concernant les nappes à cinétique lente, plusieurs méthodes ont été testées en 2012 dans le cadre de la mise à jour des tomes I et II du rapport de sûreté de l'installation CEDRA. Les tests réalisés ont conduit à retenir une méthode de référence qui consiste à calculer des évènements pluvieux centennaux pour différentes durées de cumuls de pluie et à estimer l'impact potentiel de ces pluies sur le niveau de la nappe.

Pour ce faire, les différentes étapes de la démarche sont les suivantes :

- Réalisation de chroniques pluviométriques pour différentes durées de cumuls de pluies, à partir des pluies journalières enregistrées à la station de la Verrerie. Ce sont ces chroniques qui permettront l'estimation de pluies centennales pour différentes durées de cumuls de pluies,
- Constitution d'un échantillon de valeurs extrêmes à l'aide de différentes méthodes, pour chaque chronique de pluies cumulées créée à l'étape 1,
- Calage d'une loi statistique « extrême » sur chaque échantillon de valeurs de pluies extrêmes (estimation des paramètres des lois),
- Calculs des intensités de pluies centennales,
- Évaluation du niveau piézométrique de référence résultant de l'injection d'une lame d'eau centennale dans le modèle « pluies / niveaux ».

De la même manière que pour l'application aux nappes à cinétique rapide l'approche statistique doit être complétée par une compréhension globale du fonctionnement hydrogéologique de la zone étudiée afin notamment d'inventorier les facteurs permettant de juger du caractère enveloppe ou non du résultat de la modélisation.

Plus de détails pourront être trouvés dans la référence [2.3.15].

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.3.1] BORGOMANO J. et al. (2010) - Cartographie géologique haute résolution et nouvelles données de la région de Cadarache. Rapport Université de Provence.

[2.3.2] GUYONNET-BENAIZE C. (2010) - Modélisation géologique haute résolution de la région de Cadarache. Thèse de l'Université de Provence, Aix-Marseille I.

[2.3.3] HOLLENDER F, ANDRE M., CAILLOT V., GUYONNET-BENAIZE C, BARD P.-Y. and LACAVE 2009) - Ambient vibration H/V technique on sites characterized by a high daily-variation of noise level: the example of Cadarache. Provence' 2009 Internationnal Conference, Aix-en-Provence 6-8 juillet 2009, Communication n°124.

[2.3.4] MOLLIEX S. (2009) - Caractérisation de la déformation tectonique récente en Provence (Sud-Est France). Thèse de l'Université Paul Cézanne, Aix-Marseille III.

[2.3.5] GUERIN R. (2001) – CE Cadarache. Synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques (Second semestre 2001). RT CAD/ST/GPI PAT/GEOL RAP012.

[2.3.6] GUERIN R., VUILLEMENOT P. (1997) - CEN Cadarache. Réacteur Jules Horowitz. Recherche d'un site. Synthèse préliminaire des résultats de la phase de qualification des sites de Bargette Est et de Plan de Bargette. NT SESD/97-20.

[2.3.7] COMBES Ph., GRELLET B., GUERIN R., VUILLEMENOT P. (1996) - Projet ITER Cadarache - Reconnaissance géologique et sélection de trois sites candidats. Rapport CEA/RT PIAC 052 / Rév.1.

[2.3.8] HENRY A. (1998) - Étude géologique et hydrogéologique de la partie centrale et méridionale du Centre. Rapport GEE – not E 9807045.

[2.3.9] HENRY A. (1999) - Étude géologique et hydrogéologique de la partie septentrionale du Centre. Rapport GEE 9912057.

[2.3.10] HENRY A. (1999) - Étude géologique et hydrogéologique du versant nord du massif de la Vautubière. Rapport GEE 9912058.

[2.3.11] BIDAUX P., GUERIN R., VUILLEMENOT P. (1995) - Site de Chicade - Étude hydrogéologique - Modélisation de la nappe des calcaires de l'Hauterivien. Rapport CEA/DESD/95-134.

[2.3.12] NAJIB K. (2007), Phénomènes de remontées de nappe extrêmes en terrain carbonaté fracturé et karstifié : Évaluation de l'aléa et Prévention du risque dans le cadre de la protection de bâtiments. UNIVERSITE MONTPELLIER II : Montpellier.

[2.3.13] HOLLENDER F. et NAJIB K. (2008), Analyse du risque de crue hydrogéologique pour les INB civiles pérennes du CEA de Cadarache, implantées sur des formations calcaires. NT CEA 150 SURSE PGC NTE 08000227.

[2.3.14] GARNIER J., HOLLENDER F. et MORILHAT S., Analyse du risque de crue hydrogéologique pour les INB civiles pérennes du CEA de Cadarache implantées sur des formations calcaires. Mise à jour du référentiel établi en 2008. – CEA/DEN/CAD/DTN/SMTM/LMTE DO63 du 05/07/2012

[2.3.15] GARNIER J. Analyse du risque de crue hydrogéologique au droit des bâtiments de l'INB164 - CEDRA – CEA/DEN/CAD/DTN/SMTM/LMTE DO119 du 04/12/2012.

LISTE DES FIGURES

Figure 2.3.1 Contexte géologique général (sur fond de la carte géologique BRGM au 1/1 000 000ème).

Figure 2.3.2 Coupe géologique équilibrée NE-SW.

Figure 2.3.3 Légende des figures suivantes.

Figure 2.3.4 Carte géologique de Cadarache, vue générale.

Figure 2.3.5 Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie Nord.

Figure 2.3.6 Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie centrale.

Figure 2.3.7 Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie Sud.

Figure 2.3.8 Photos des formations secondaires.

Figure 2.3.9 Photos des formations tertiaires.

Figure 2.3.10 Photos des formations quaternaires.

Figure 2.3.11 Age de mise en place des différentes formations de Cadarache.

Figure 2.3.12 Log stratigraphique type des formations rencontrées sur le Centre de Cadarache.

Figure 2.3.13 Coupes géologiques sériées au travers du Centre de Cadarache.

Figure 2.3.14 Cartographie du toit des calcaires mésozoïques sous les paléovallées du Centre de Cadarache.

Figure 2.3.15 Représentation schématique d'une « histoire géologique » de la mise en place des formations de Cadarache compatible avec les observations.

Figure 2.3.16 Carte hydrogéologique de la région de Cadarache.

Figure 2.3.17 Présentation du bassin hydrogéologique et des écoulements supposés dans la région du CEA Cadarache.

Figure 2.3.18 Schéma des relations entre le Ravin de la Bête et les aquifères miocène/quaternaire et Crétacé.

Figure 2.3.19 Schéma illustrant les réponses piézométriques des trois nappes.

Figure 2.3.20 Schéma des écoulements et des relations entre aquifères miocène/quaternaire et crétacé (paléovallée de la Grande Bastide).

Figure 2.3.21 Carte piézométrique générale de l'aquifère miocène.

Figure 2.3.22 Représentation des variations piézométriques de l'aquifère miocène en 2006 au niveau de 4 installations du Centre de Cadarache.

Figure 2.3.23 Carte piézométrique de l'aquifère miocène en état de basses eaux (mars 2008).

Figure 2.3.24 Carte piézométrique de l'aquifère miocène en état de hautes eaux (avril 2009).

Figure 2.3.25 Carte piézométrique générale de l'aquifère crétacé.

Figure 2.3.26 Représentation schématique de l'aquifère crétacé.

Figure 2.3.27 Représentation des variations piézométriques de l'aquifère crétacé en 2006 au niveau de quatre installations du Centre de Cadarache.

Figure 2.3.28 Niveaux piézométriques atteints dans les piézomètres de l'aquifère crétacé dans un contexte de niveau bas (mars 2008).

Figure 2.3.29 Carte piézométrique de l'aquifère crétacé en contexte de niveau bas (mars 2008).

Figure 2.3.30 Carte piézométrique de l'aquifère crétacé en contexte de niveau haut (avril 2009).

Figure 2.3.31 Localisation des forages échantillonnés (étude hydrogéochimique).

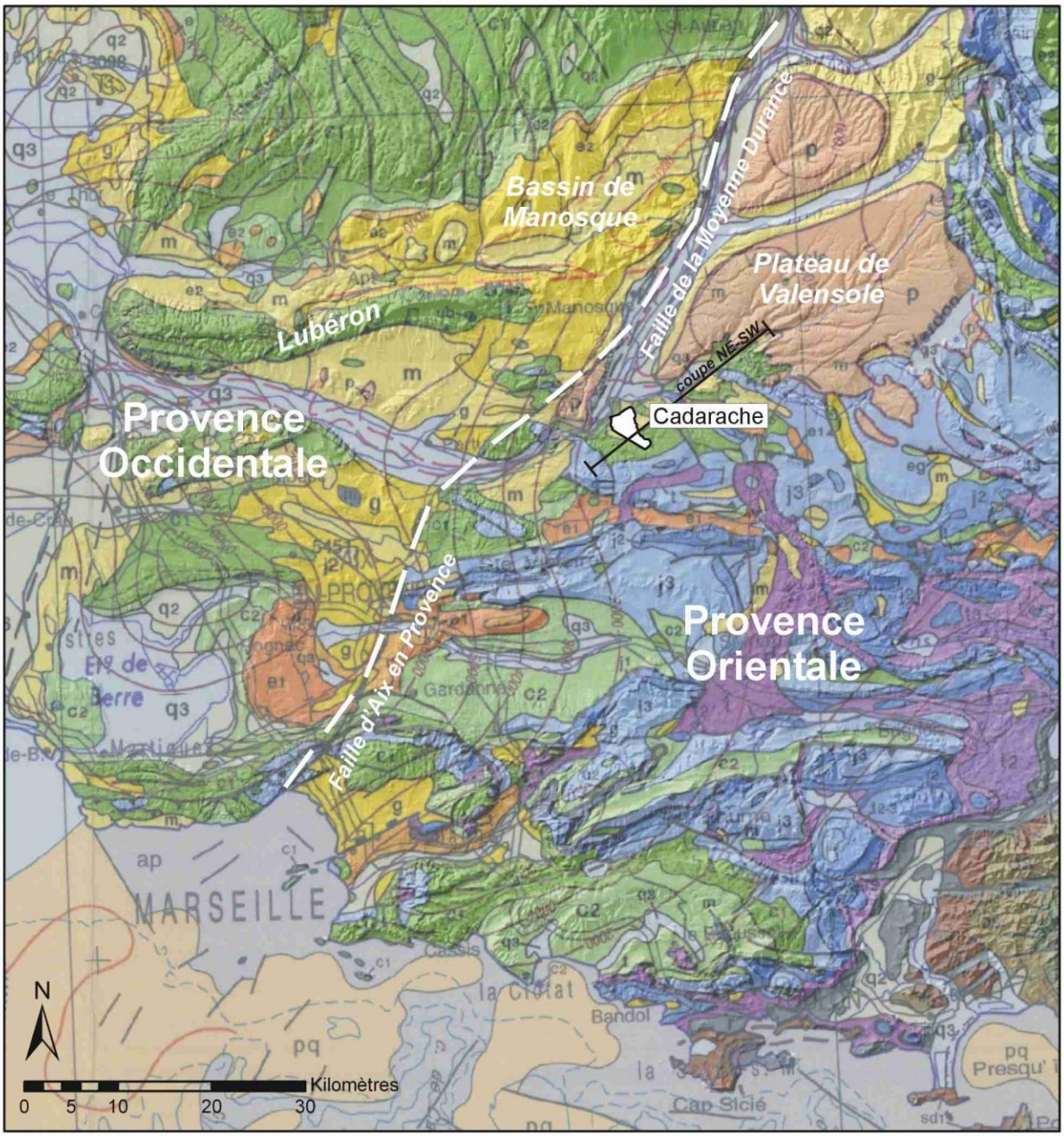
Figure 2.3.32 Résultats des analyses hydrogéochimiques.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache.

Annexe 2 Localisation des piézomètres du Centre de Cadarache.

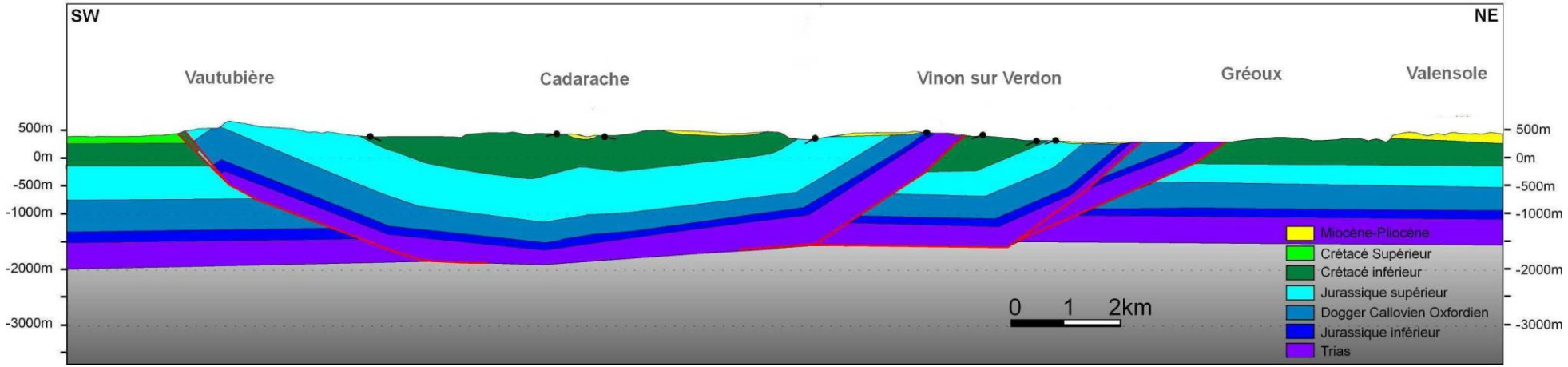
Figure 2.3.1 : Contexte géologique général



Contexte géologique général (sur fond de la carte géologique BRGM au 1/1 000 000ème)

et position de la coupe équilibrée proposée en Figure 2.3.2.

Figure 2.3.2 : Coupe géologique équilibrée NE-SW



Voir Figure 2.3.1 pour localisation de la coupe.

Figure 2.3.3 : Légende des figures suivantes

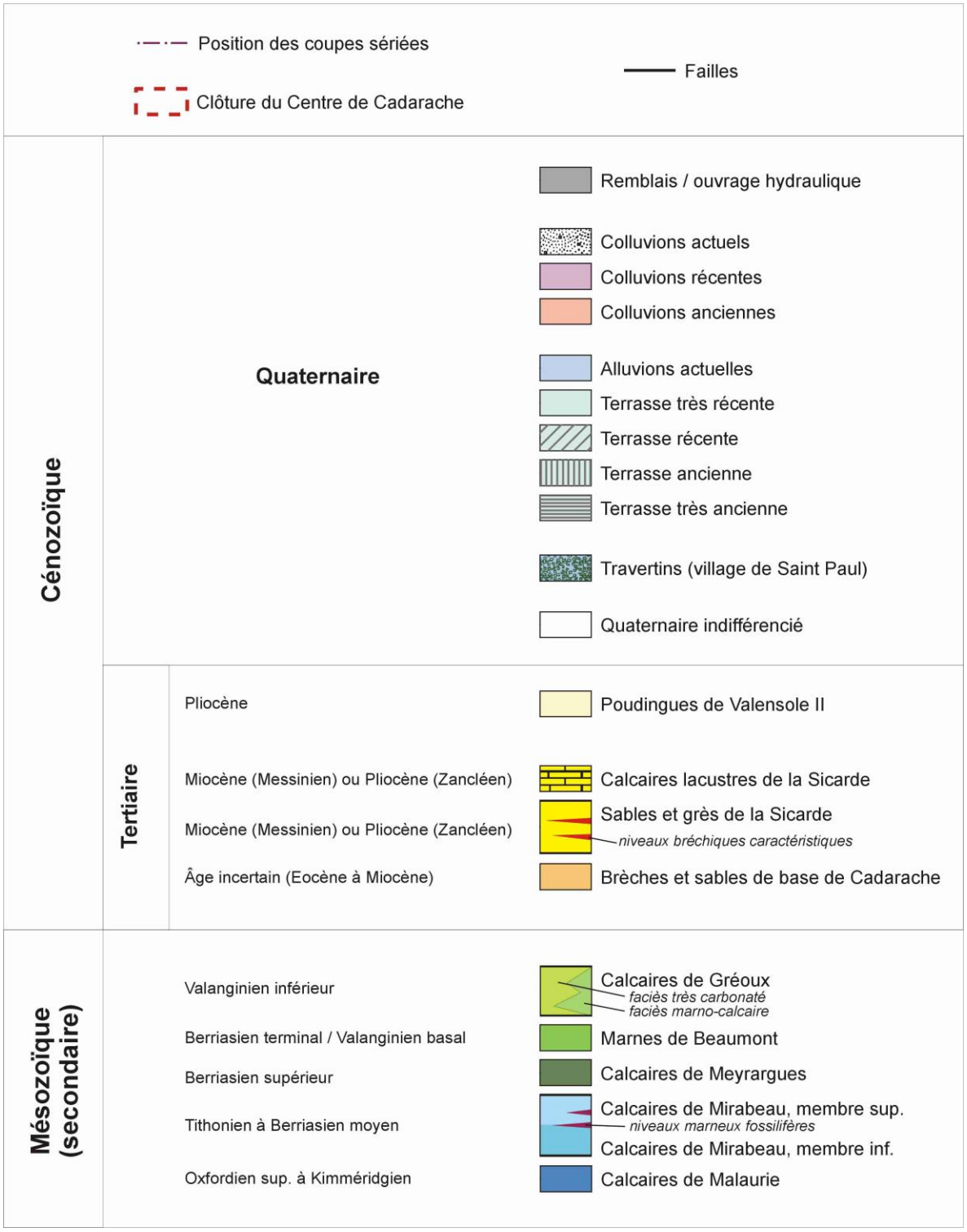
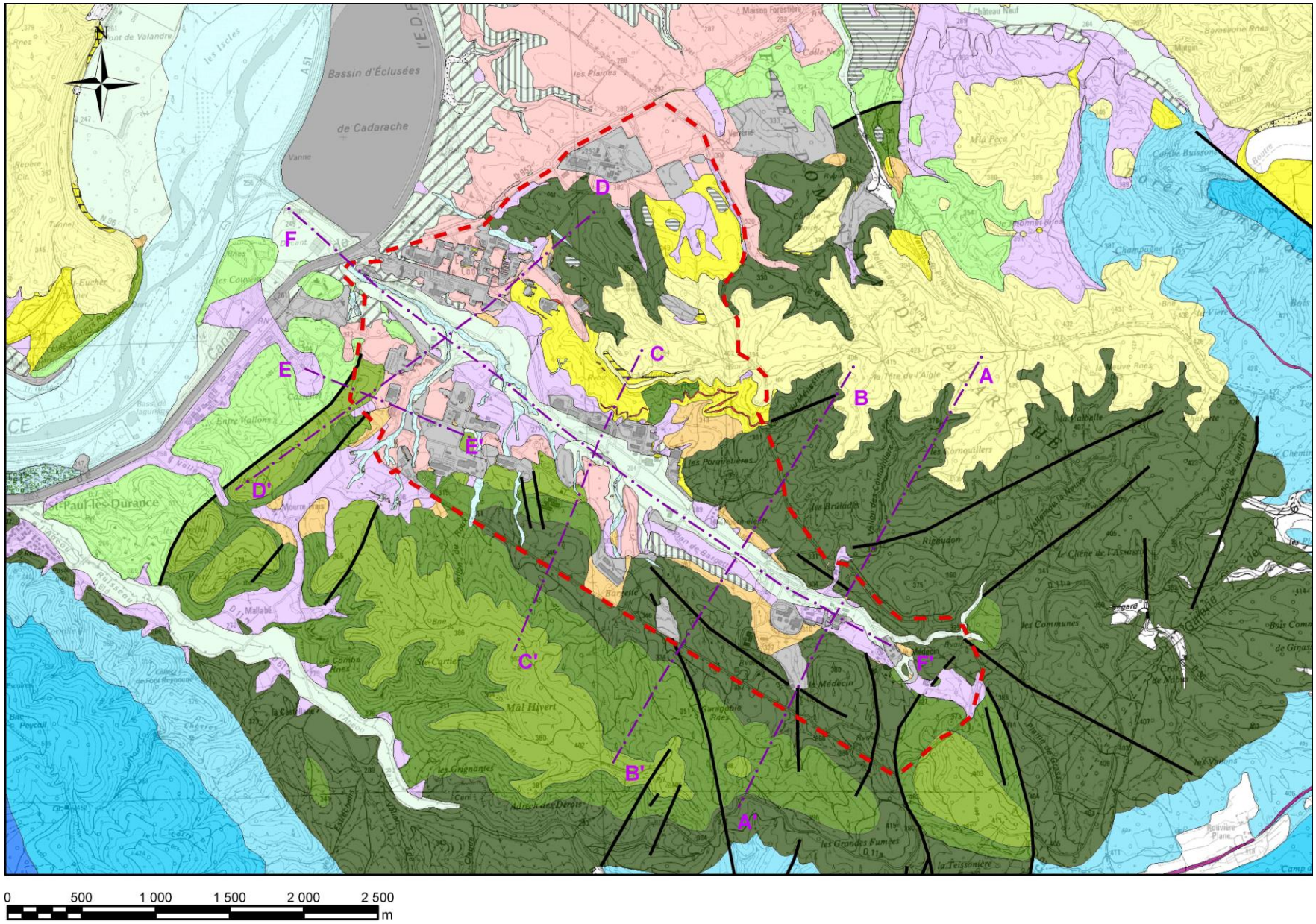
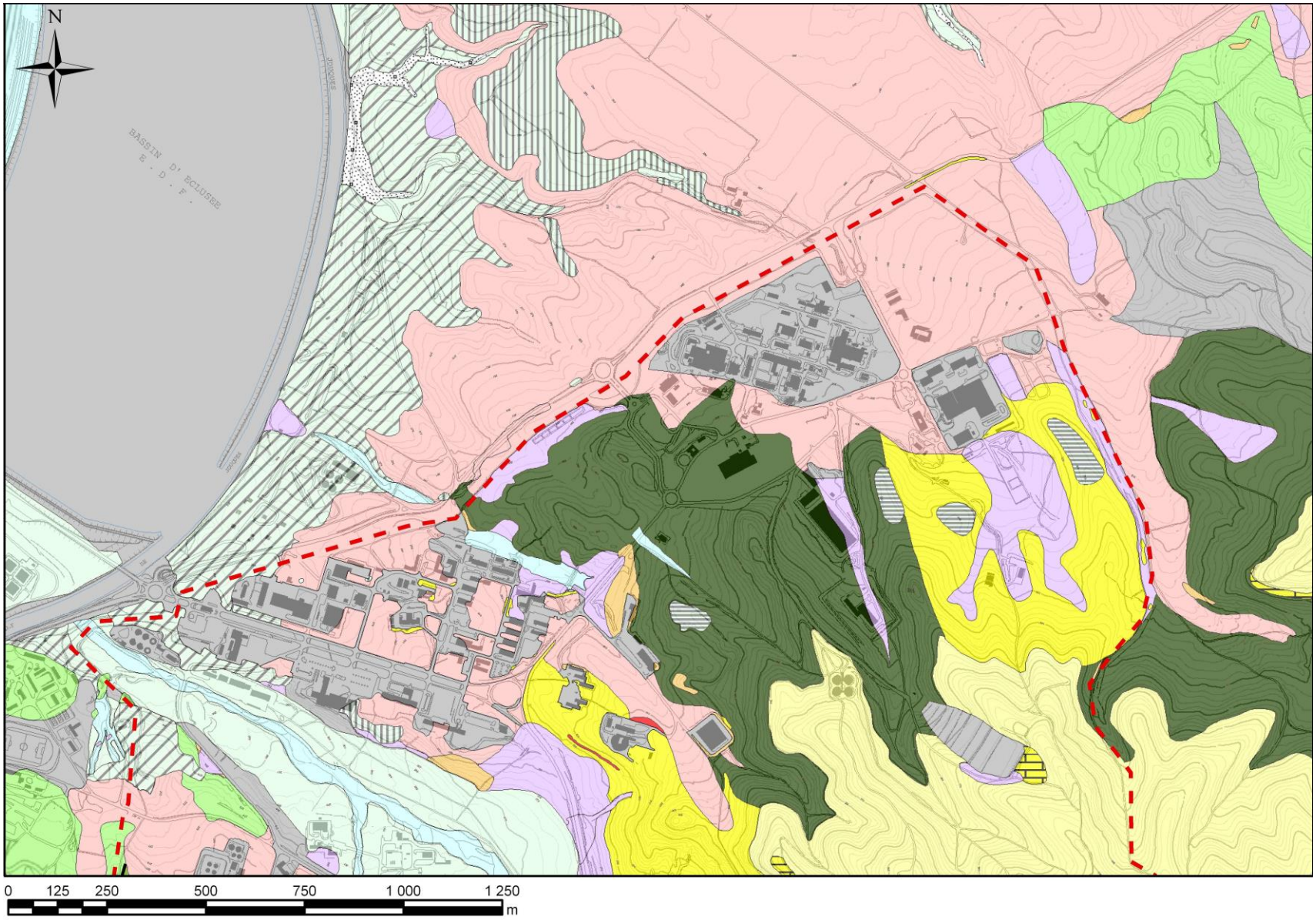


Figure 2.3.4 : Carte géologique de Cadarache, vue générale



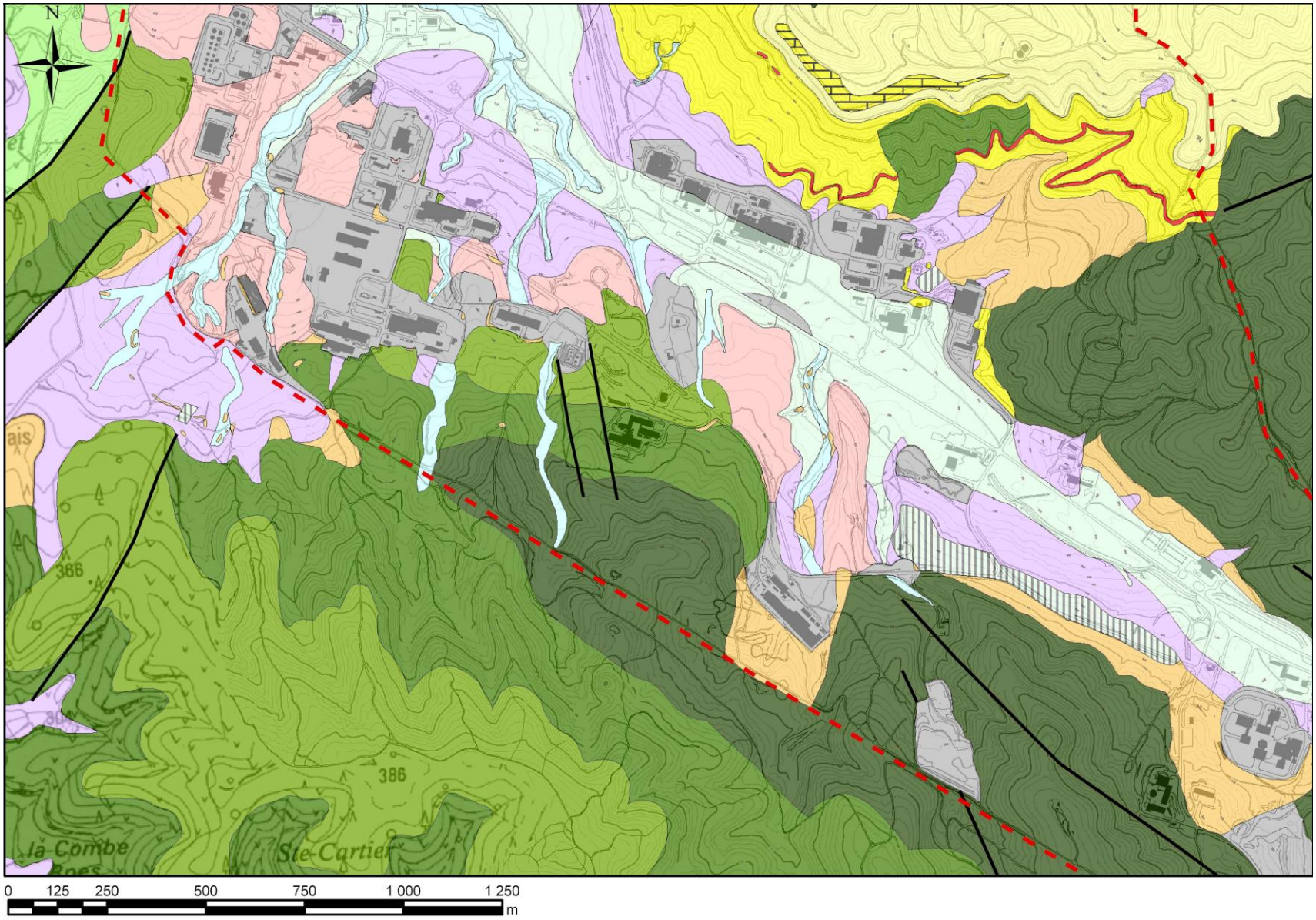
Voir légende Figure 2.3.3.

Figure 2.3.5 : Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie Nord



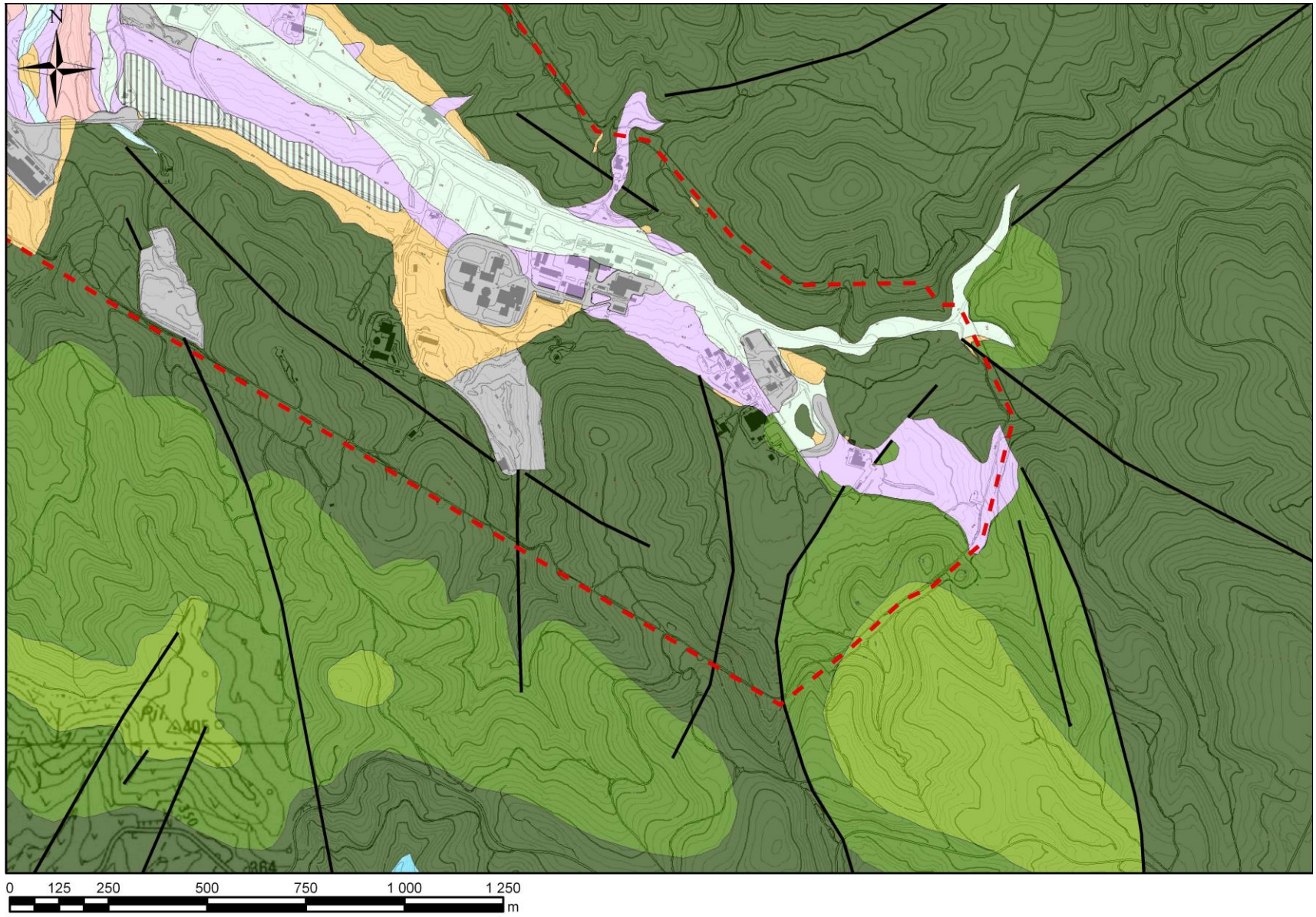
Voir légende Figure 2.3.3.

Figure 2.3.6 : Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie centrale



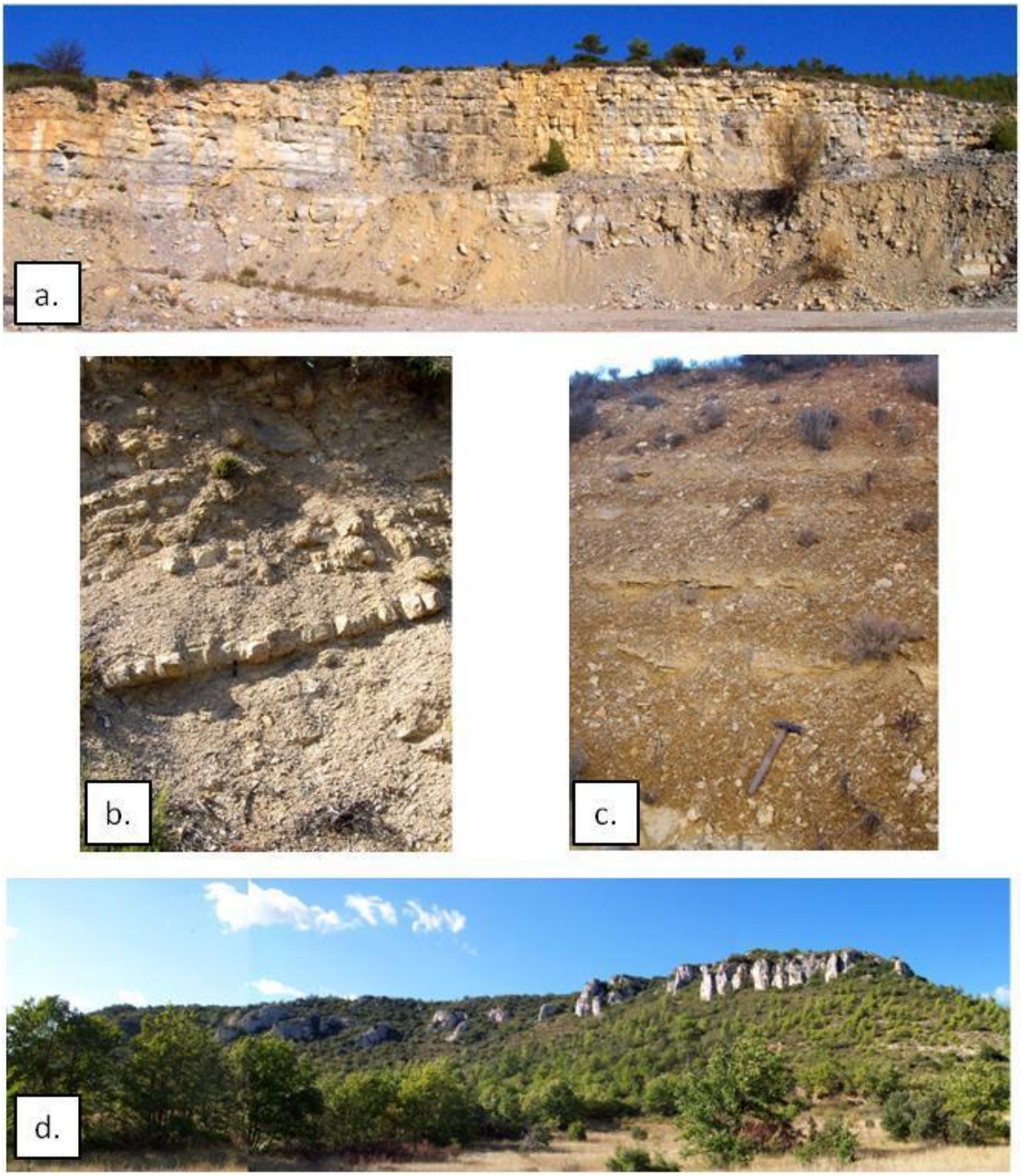
Voir légende Figure 2.3.3.

Figure 2.3.7 : Carte géologique de Cadarache, zoom sur la partie Sud



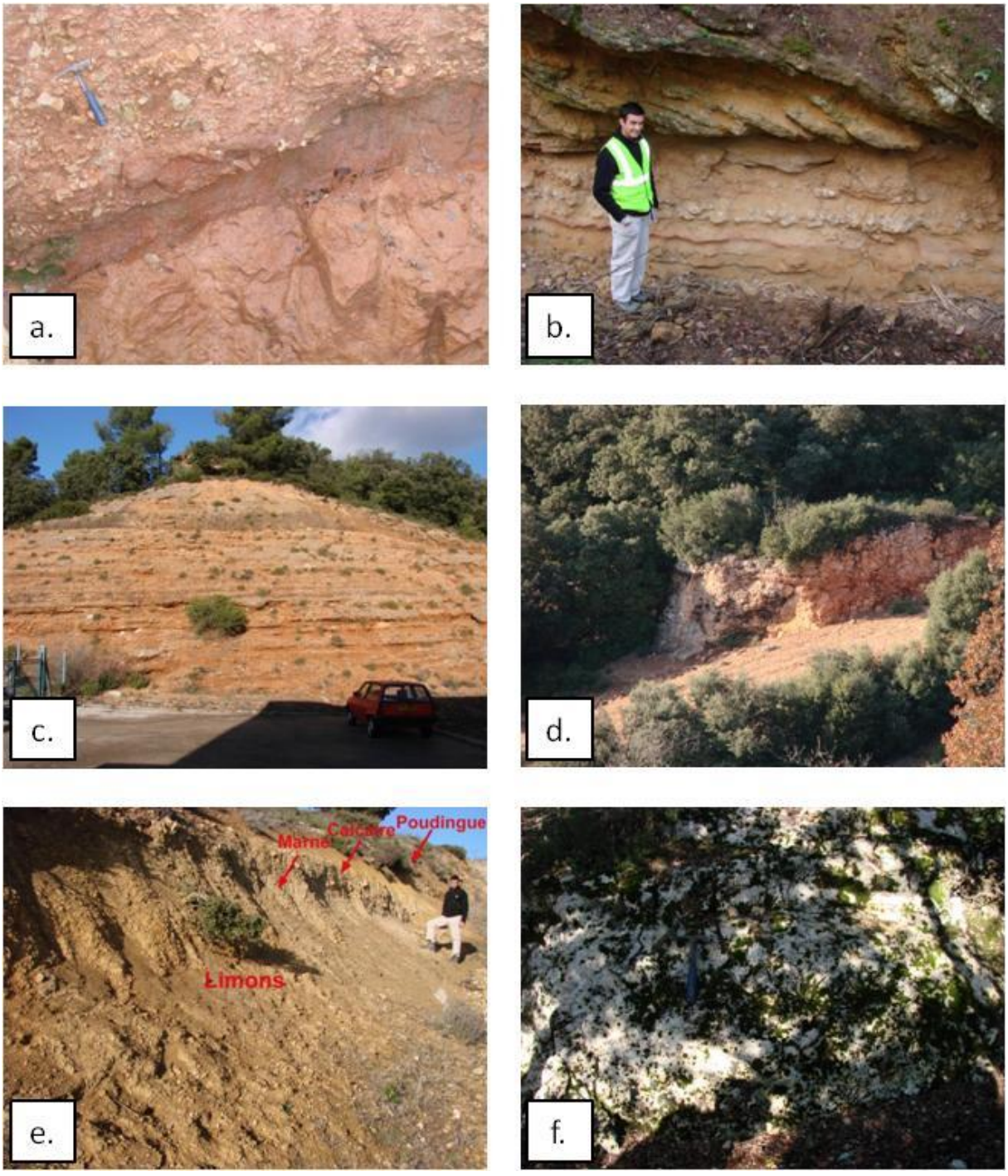
Voir légende Figure 2.3.3

Figure 2.3.8 : Photos des formations secondaires



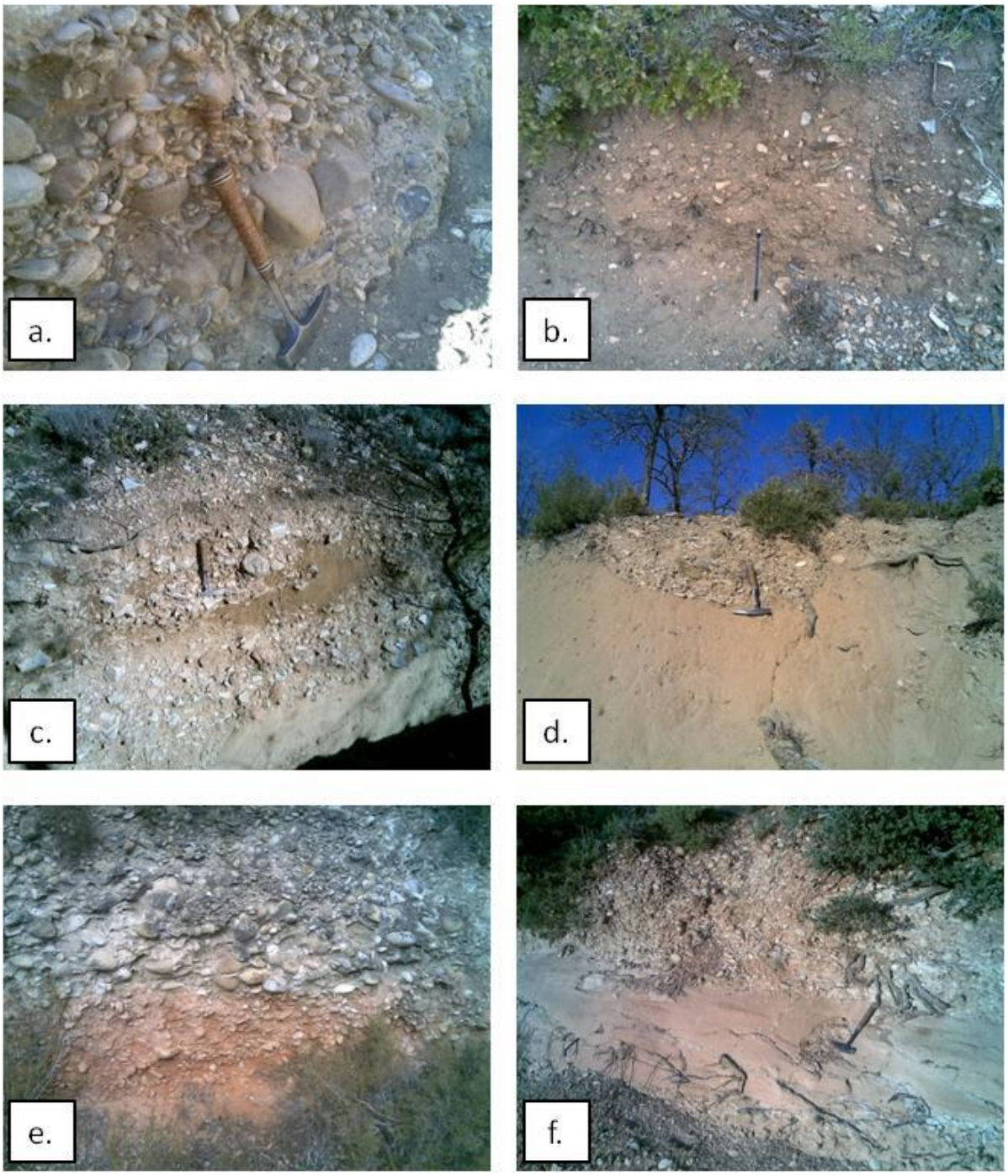
a- Affleurement des calcaires de Meyrargues à Saint-Paul-lez-Durance (Carrière des Grignantes). Alternance régulière de bancs calcaires dominants et d'inter-bancs marneux ; b- Bancs calcaires centimétriques intercalés dans les marnes (dans la localité type de Beaumont-de-Pertuis) ; c- Affleurement des marnes de Beaumont à Cadarache. On peut voir sous le marteau le contact avec la formation des calcaires de Meyrargues ; d- Affleurement des calcaires de Gréoux (calcarénites), au Sud de Saint-Paul-lez-Durance.

Figure 2.3.9 : Photos des formations tertiaires



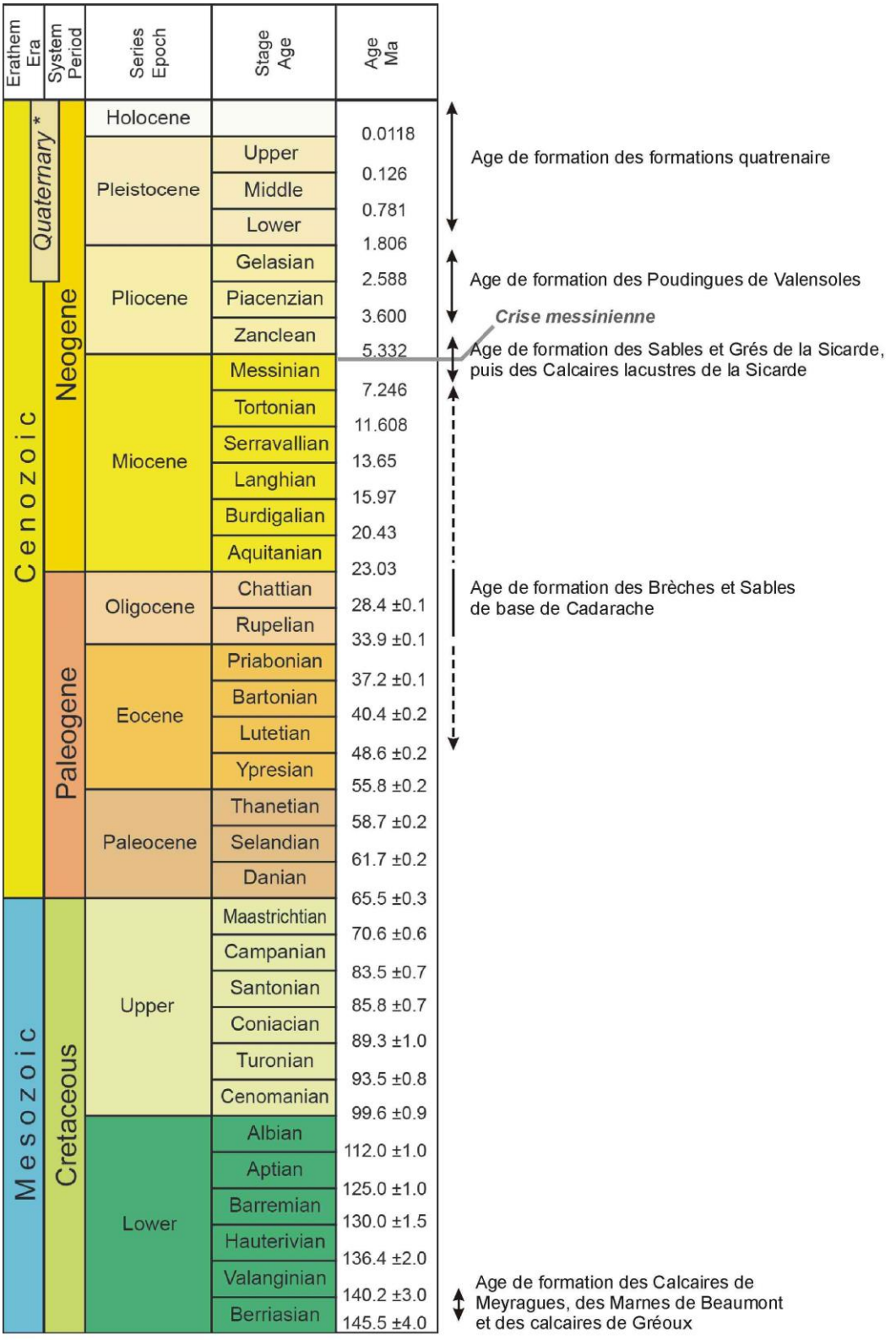
a- « Brèches et sables de base de Cadarache » visibles sur le chantier du projet RJH (Quartier Bargette) ; b- Sables et grès à stratifications obliques (appartenant à la formation des « Brèches et sables de base de Cadarache ») dans un petit vallon au Sud de l'INB 56 (Quartier Bargette) ; c- Alternance de sables limoneux et passées bréchiques (Formation des « sables et grès de la Sicarde ») et d- Couronne de brèche intermédiaire à l'intérieur de cette même formation, au Nord de l'INB123 LEFCA (Colline du Maladroit, Quartier du Belvédère) ; e- Sables limoneux rouges et derniers faciès de la série Miocène sur le chemin de ronde (Colline du Maladroit, Quartier du Belvédère) ; f- Calcaires lacustres de la Sicarde (Colline du Maladroit, Quartier du Belvédère).

Figure 2.3.10 : Photos des formations quaternaires



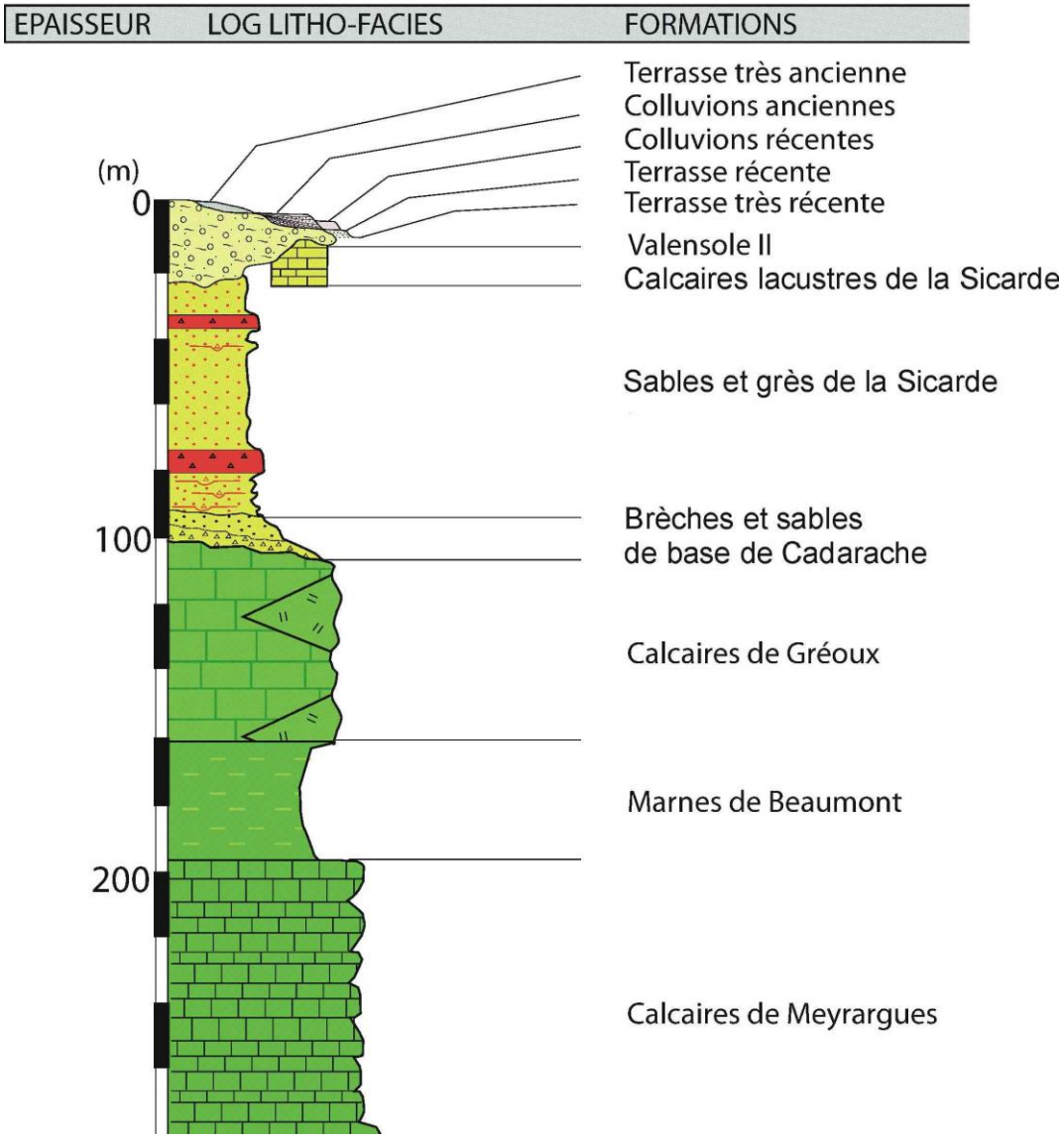
a- Terrasse alluviale reposant en discordance sur le conglomérat du Valensole II (tête du marteau : Valensole II ; manche : terrasse) ; b- Grèzes entourés de limons fins composant les colluvions récentes ; c- Alternance de niveaux de grèzes et de limons sableux ; d- Debris flow compris dans une formation limoneuse légèrement indurée ; e- Conglomérats typiques du Valensole II ; f- Lentilles de sable inter-stratifiées indurées dans les conglomérats du Valensole II.

Figure 2.3.11 : Age de mise en place des différentes formations de Cadarache



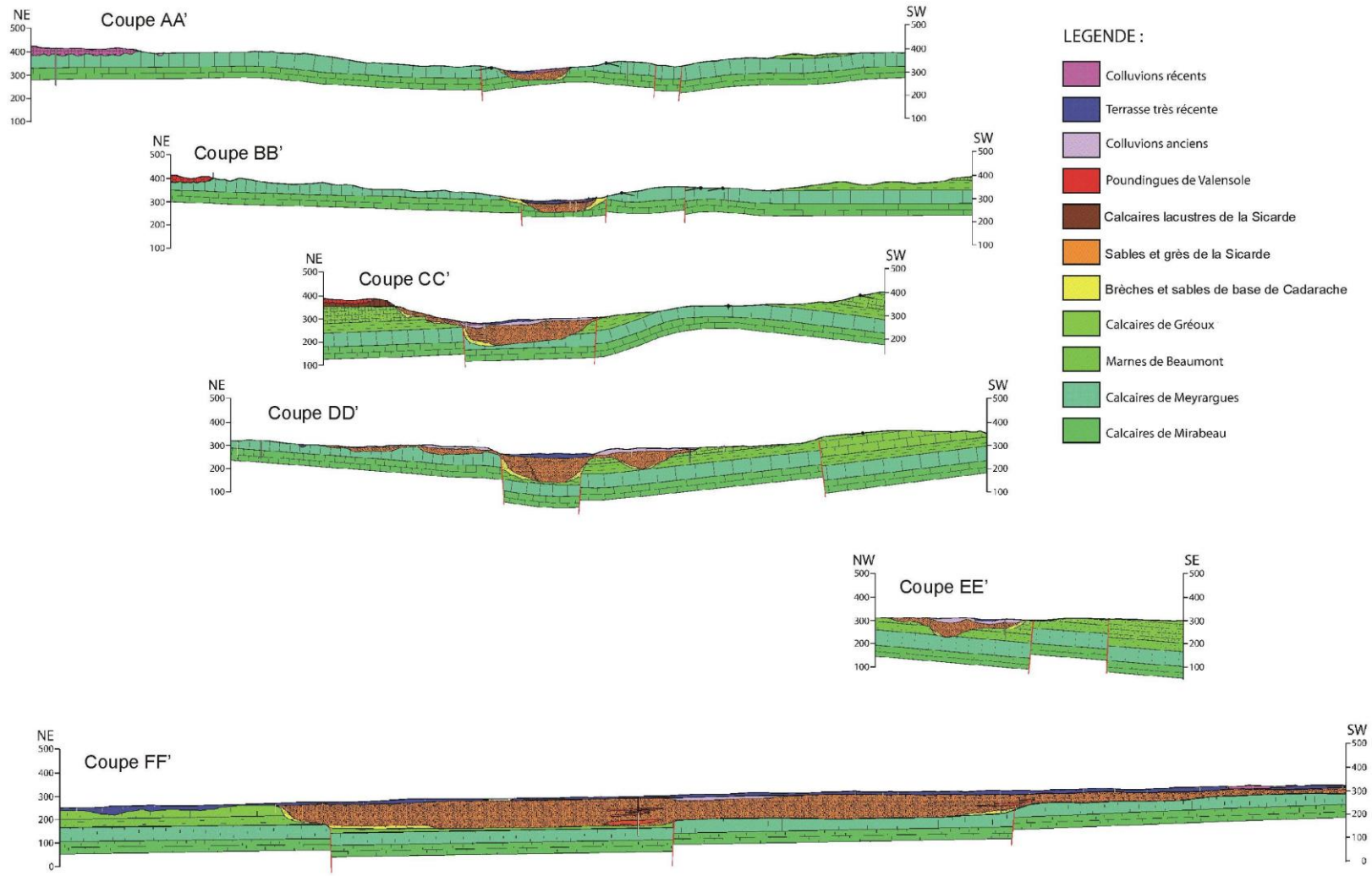
Age de mise en place des différentes formations de Cadarache (et incertitudes associées) sur l'échelle stratigraphique internationale (version 2004 – édité par l' « International Commission on Stratigraphy » en 2006).

Figure 2.3.12 : Log stratigraphique type des formations rencontrées sur le Centre de Cadarache



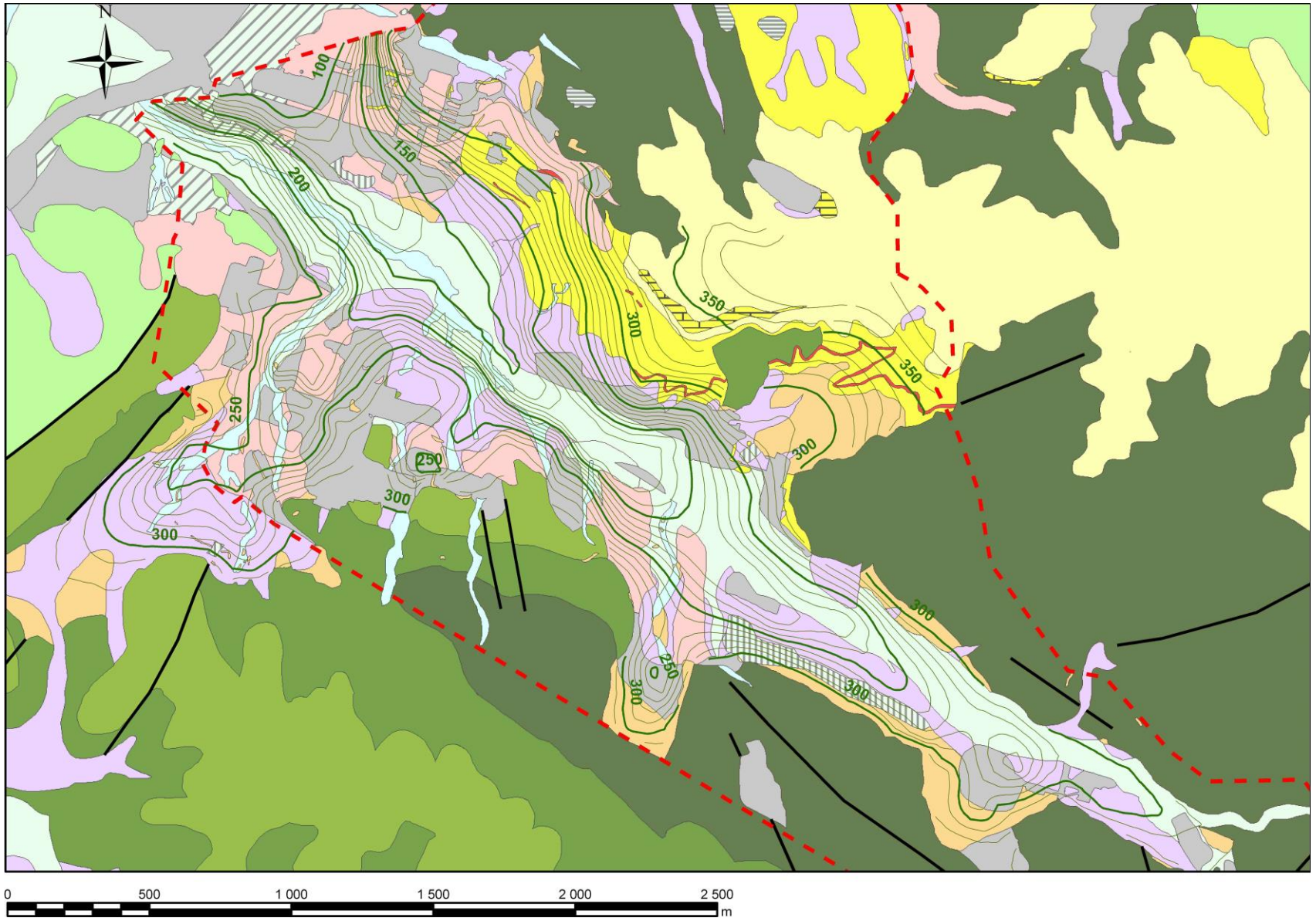
Les formations quaternaires ont été conventionnellement placées au sommet de la série bien que ces dernières se trouvent le plus souvent sur les formations de la Sicarde ou mésozoïques.

Figure 2.3.13 : Coupes géologiques sériées au travers du Centre de Cadarache



Voir Figure 2.3.4 pour visualiser le positionnement des coupes.

Figure 2.3.14 : Cartographie du toit des calcaires mésozoïques sous les paléovallées du Centre de Cadarache



Voir légende Figure 2.3.3.

Figure 2.3.15 : Représentation schématique d'une « histoire géologique » de la mise en place des formations de Cadarache compatible avec les observations

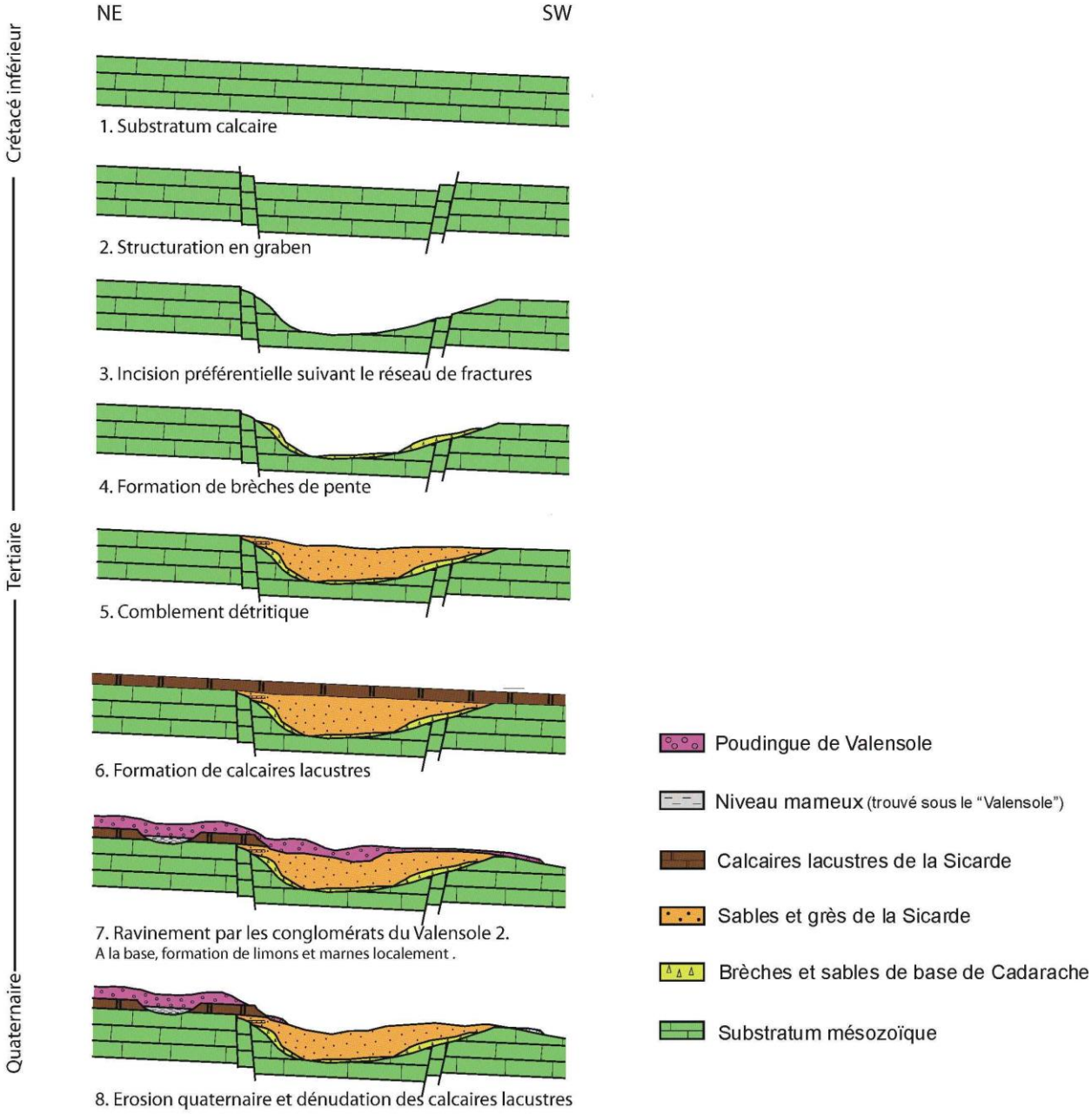


Figure 2.3.16 : Carte hydrogéologique de la région de Cadarache

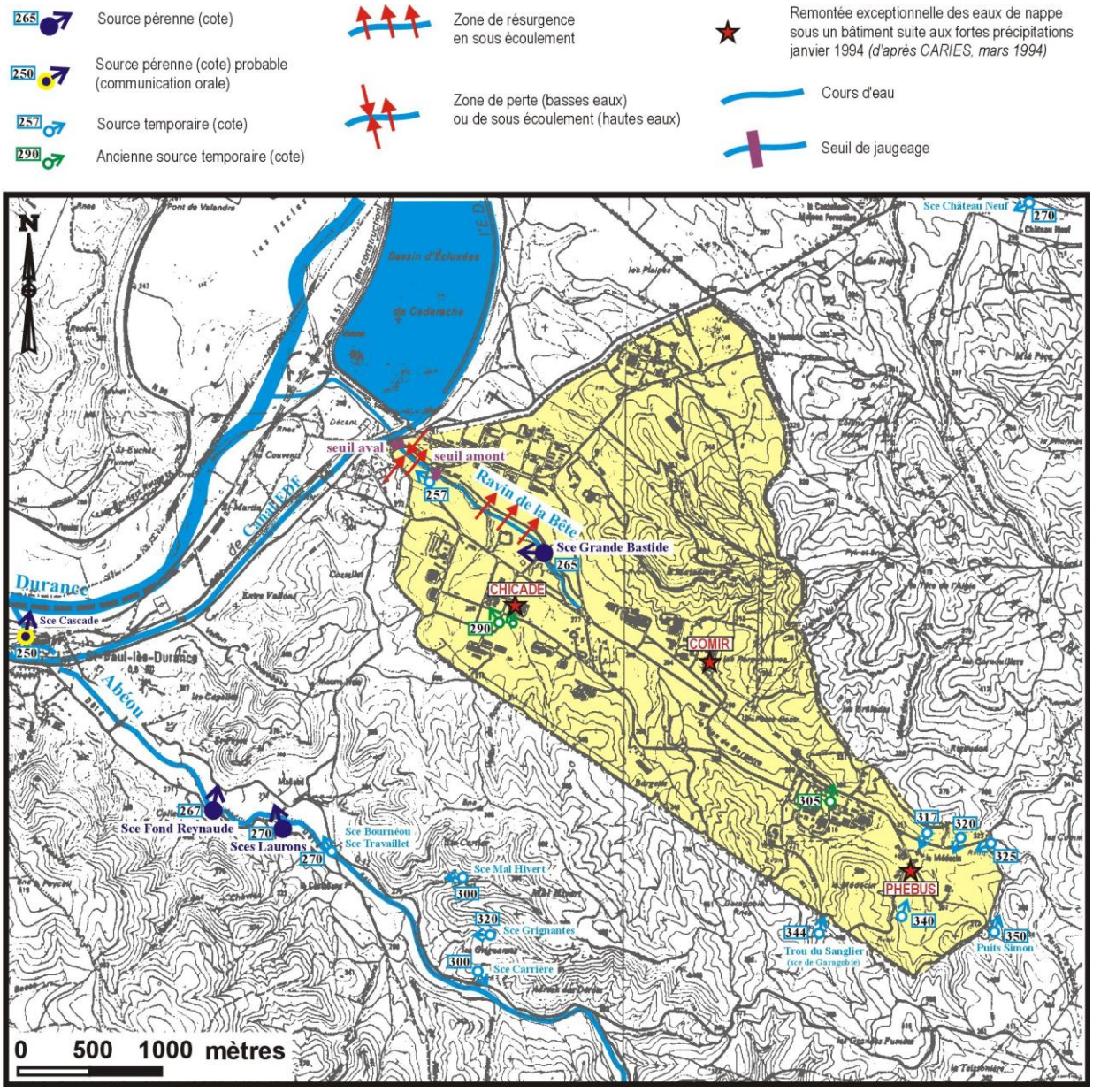


Figure 2.3.17 : Présentation du bassin hydrogéologique et des écoulements supposés dans la région du CEA Cadarache

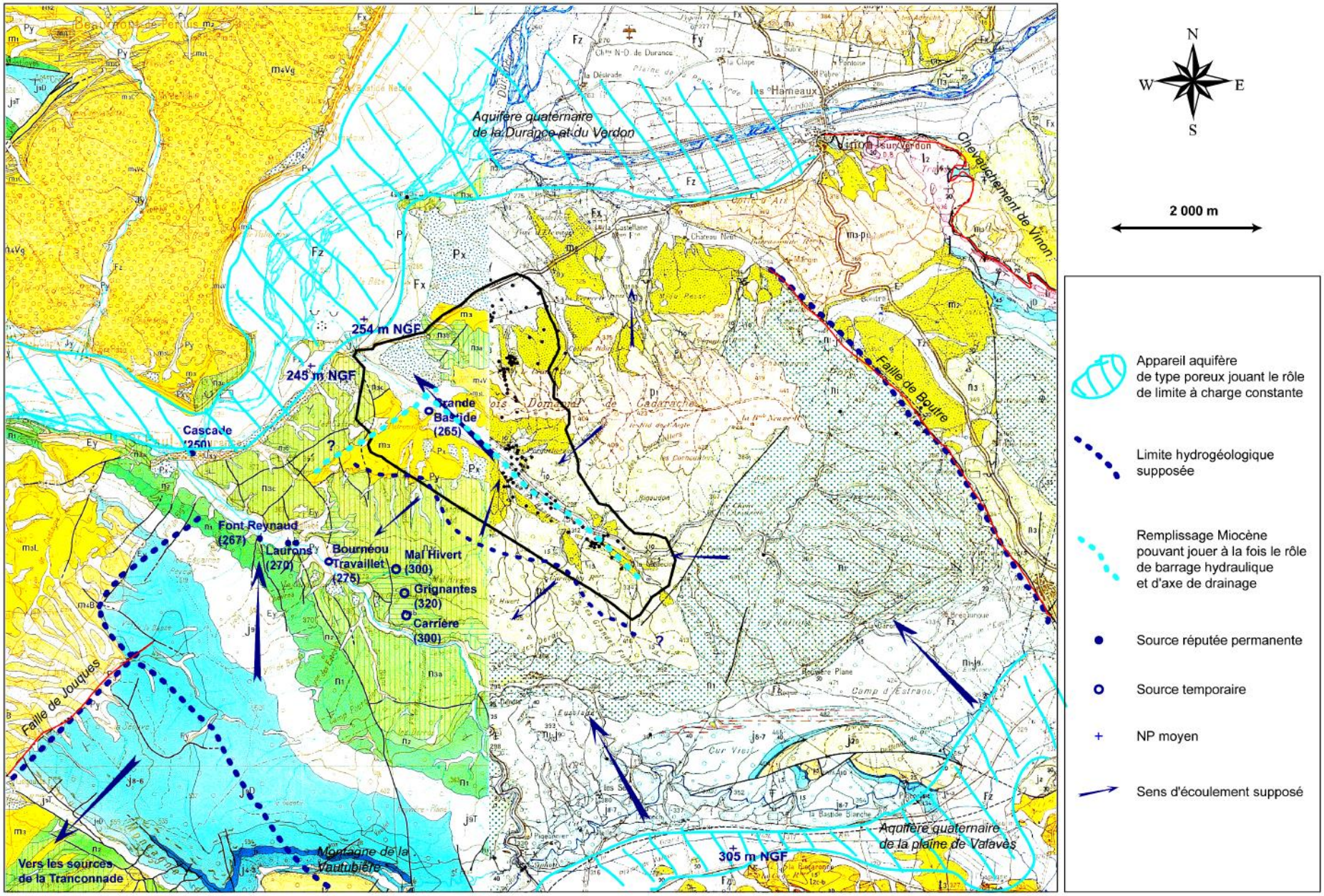


Figure 2.3.18 : **Schéma des relations entre le Ravin de la Bête et les aquifères miocène/quaternaire et Crétacé**

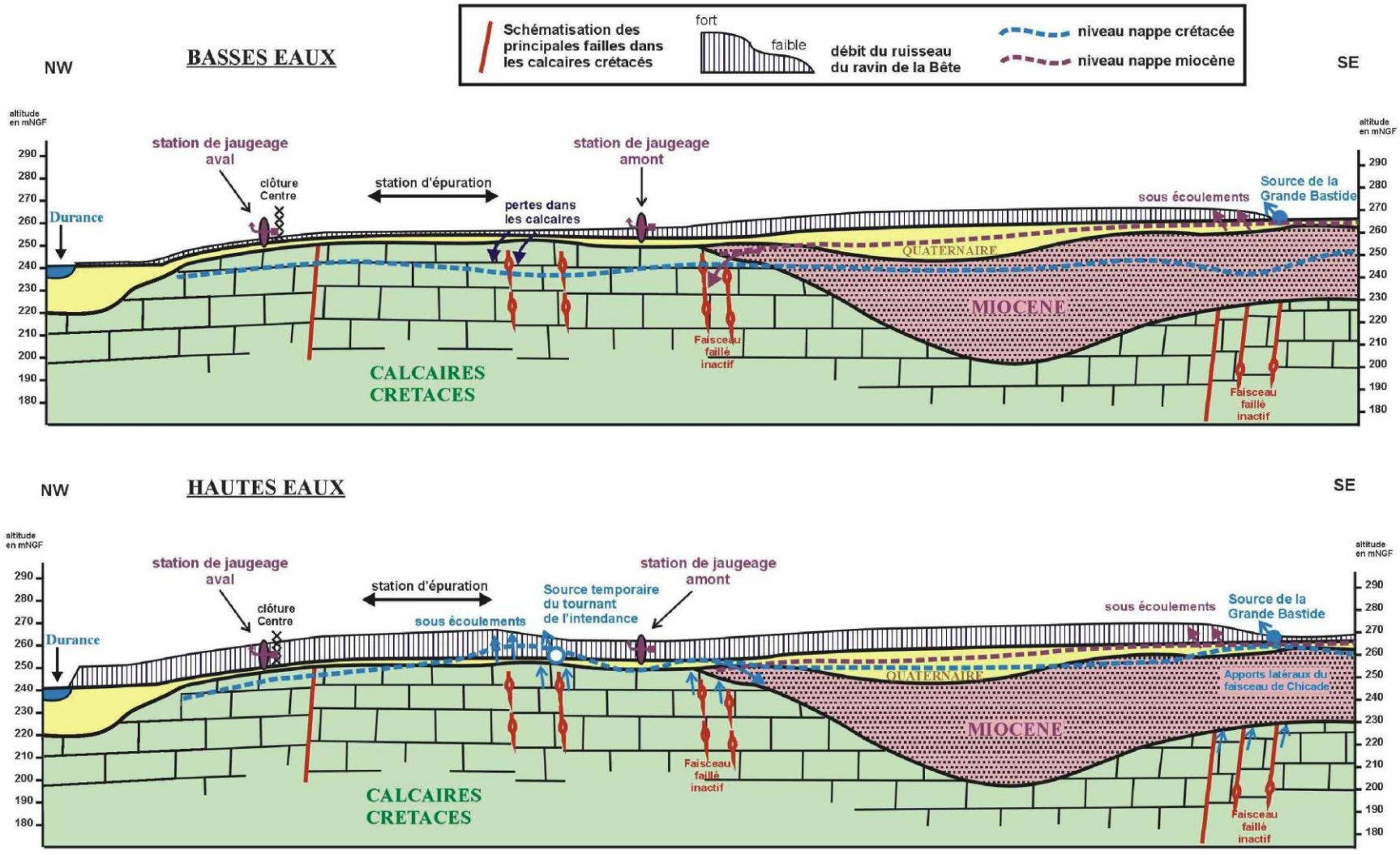


Figure 2.3.19 : Schéma illustrant les réponses piézométriques des trois nappes

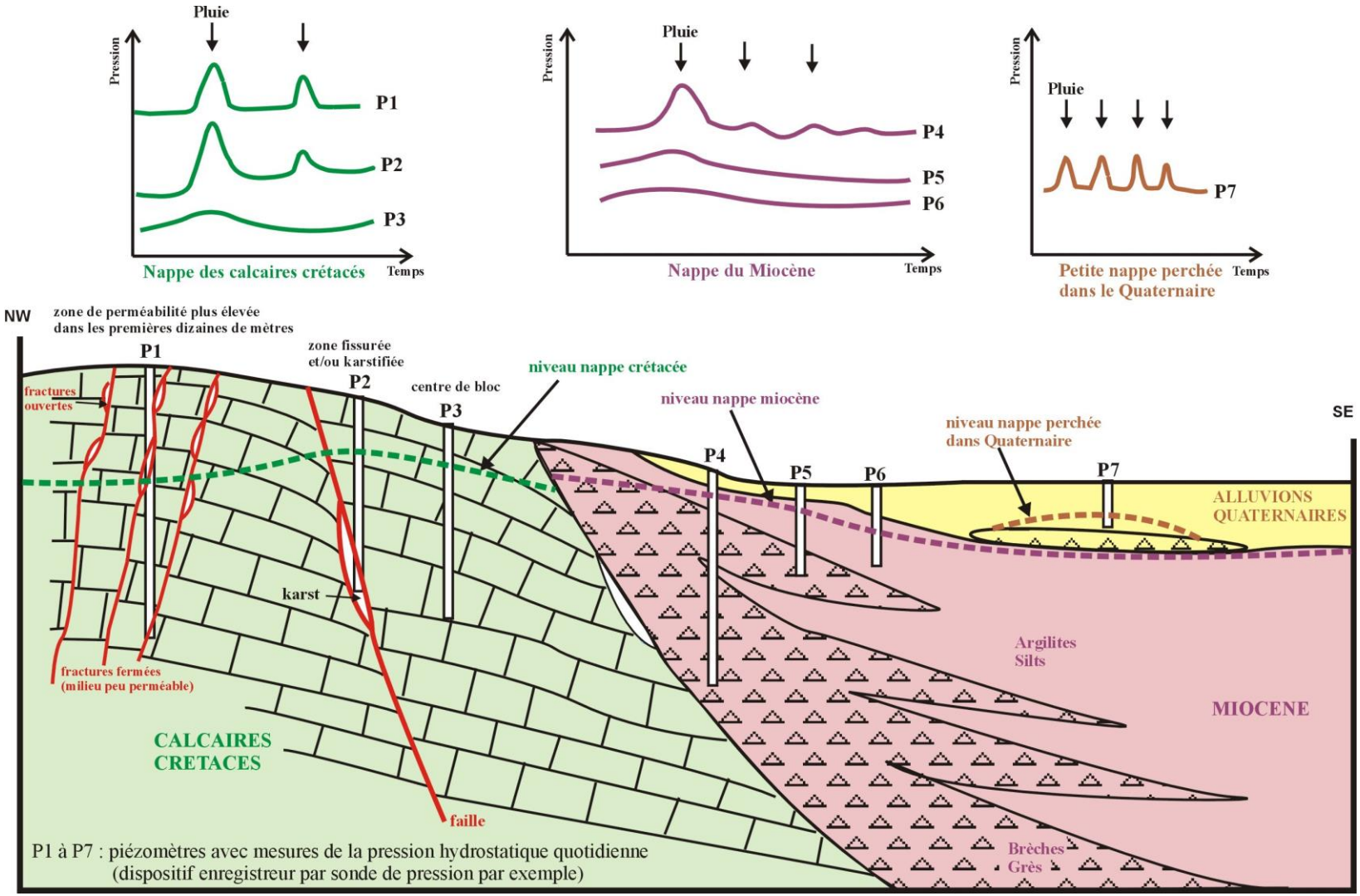


Figure 2.3.20 : Schéma des écoulements et des relations entre aquifères miocène/quaternaire et crétacé (paléovallée de la Grande Bastide)

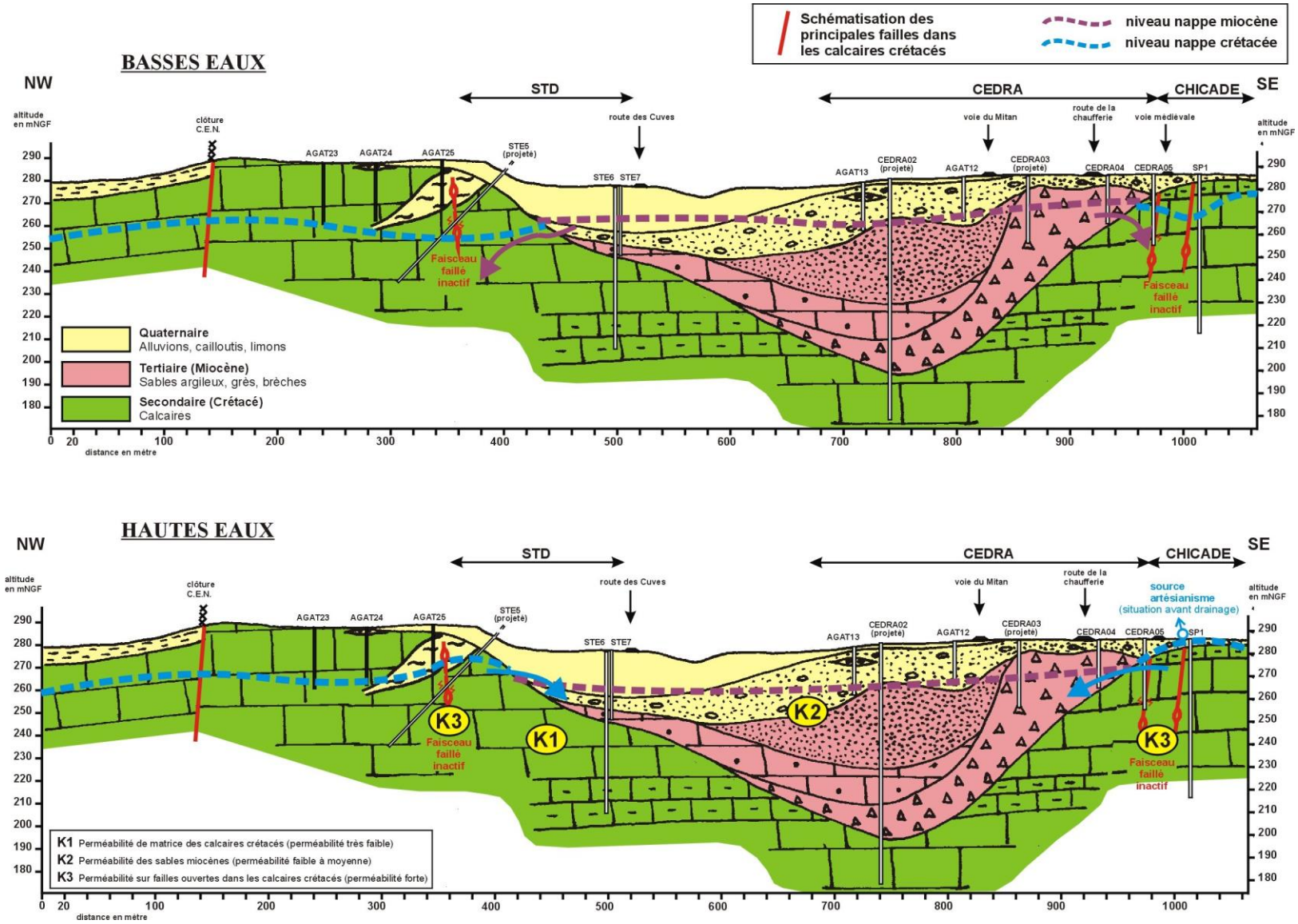
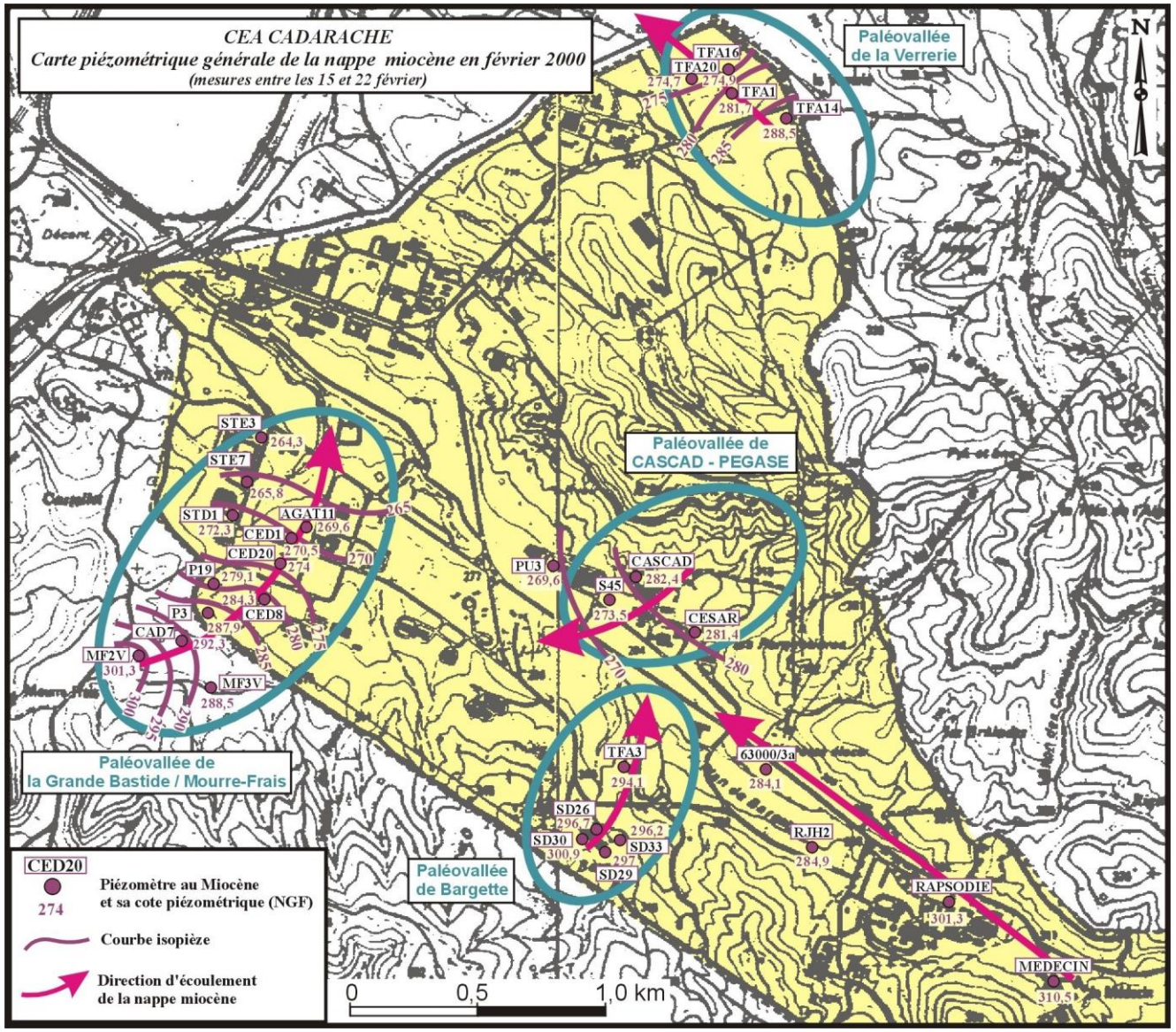


Figure 2.3.21 : Carte piézométrique générale de l'aquifère miocène



Des cartes piézométriques de l'aquifère miocène plus détaillées et actualisées sont données Figures 2.3.23 et 2.3.24.

Figure 2.3.22 : Représentation des variations piézométriques de l'aquifère miocène en 2006 au niveau de 4 installations du centre de Cadarache

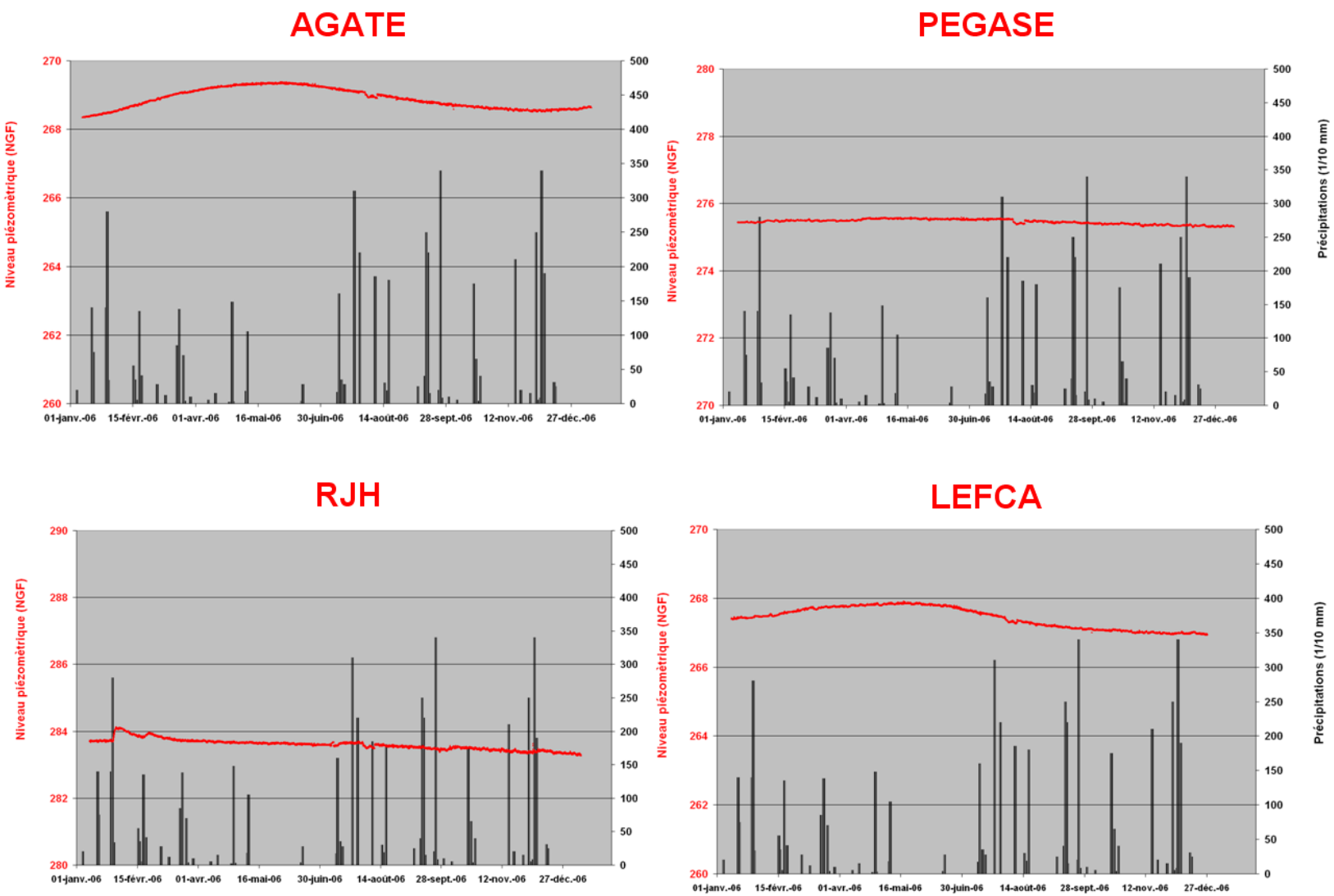
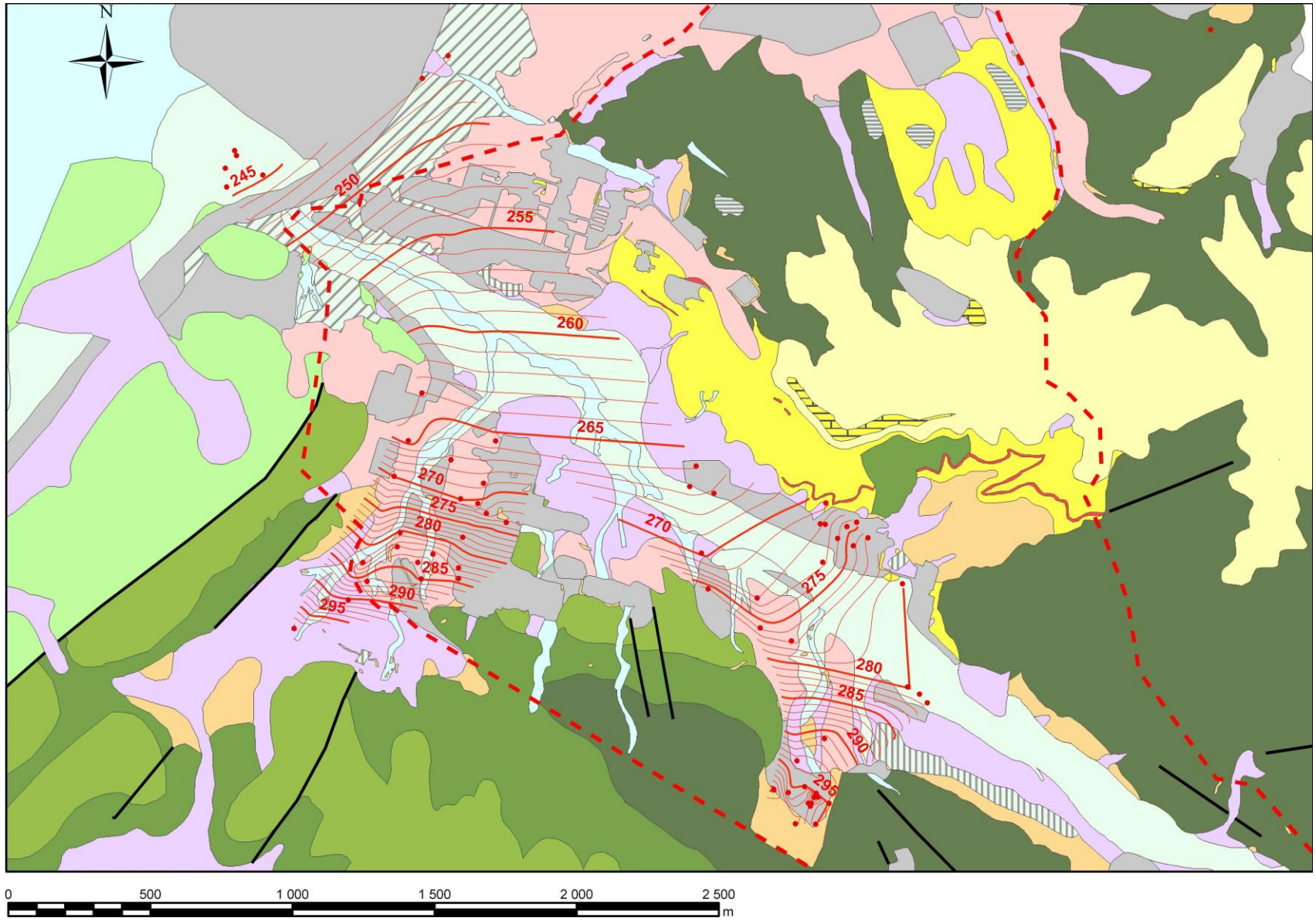
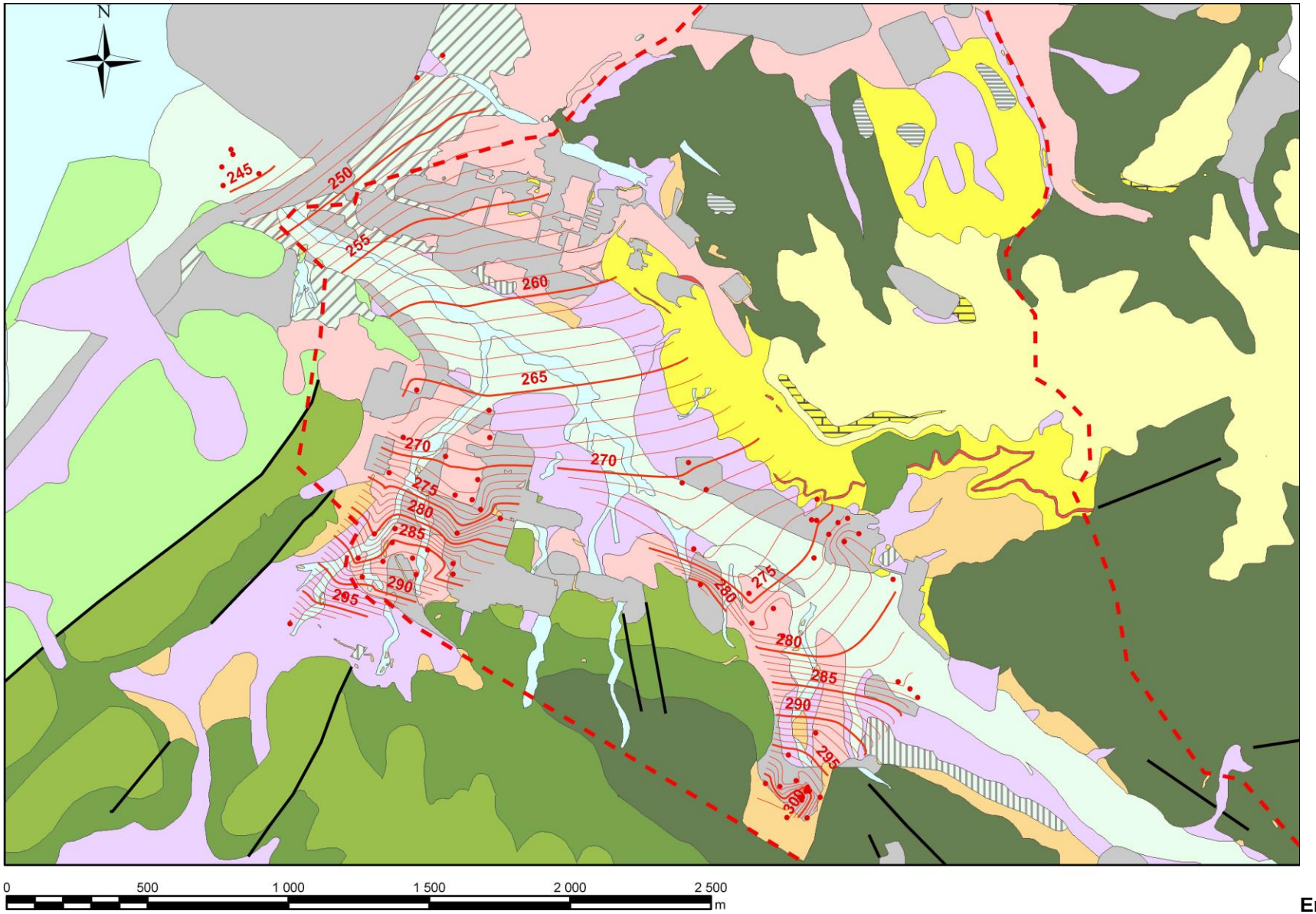


Figure 2.3.23 : Carte piézométrique de l'aquifère miocène en état de basses eaux (mars 2008)



Voir légende Figure 2.3.3. Les points représentent la position des piézomètres retenus pour l'interpolation.

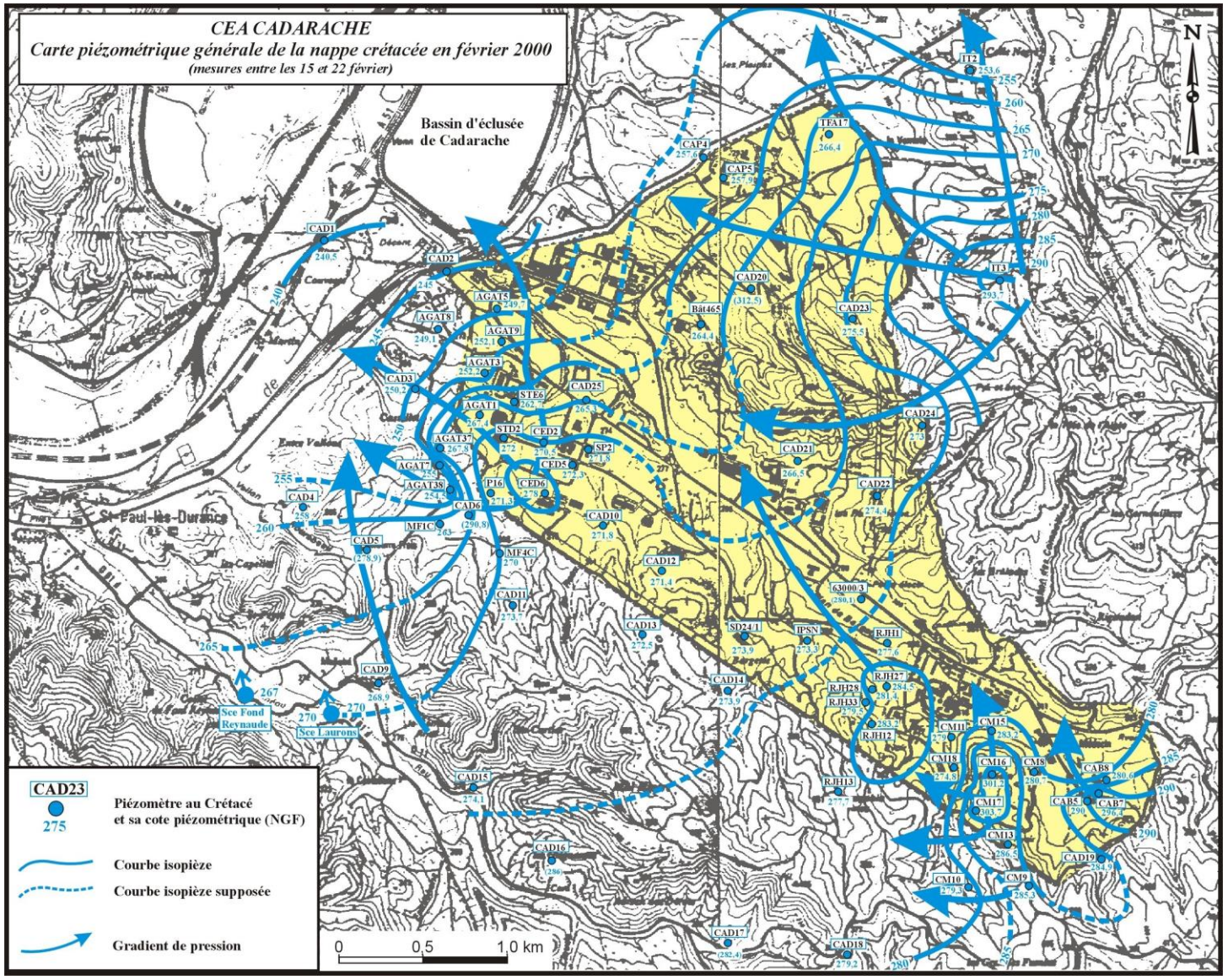
Figure 2.3.24 : Carte piézométrique de l'aquifère miocène en état de hautes eaux (avril 2009)



Erreur !

Voir légende Figure 2.3.3. Les points représentent la position des piézomètres retenus pour l'interpolation.

Figure 2.3.25 : Carte piézométrique générale de l'aquifère crétacé



Des cartes piézométriques de l'aquifère crétacé plus détaillées et actualisées sont données Figures 2.3.29 et 2.3.30.

Figure 2.3.26 : Représentation schématique de l'aquifère crétacé

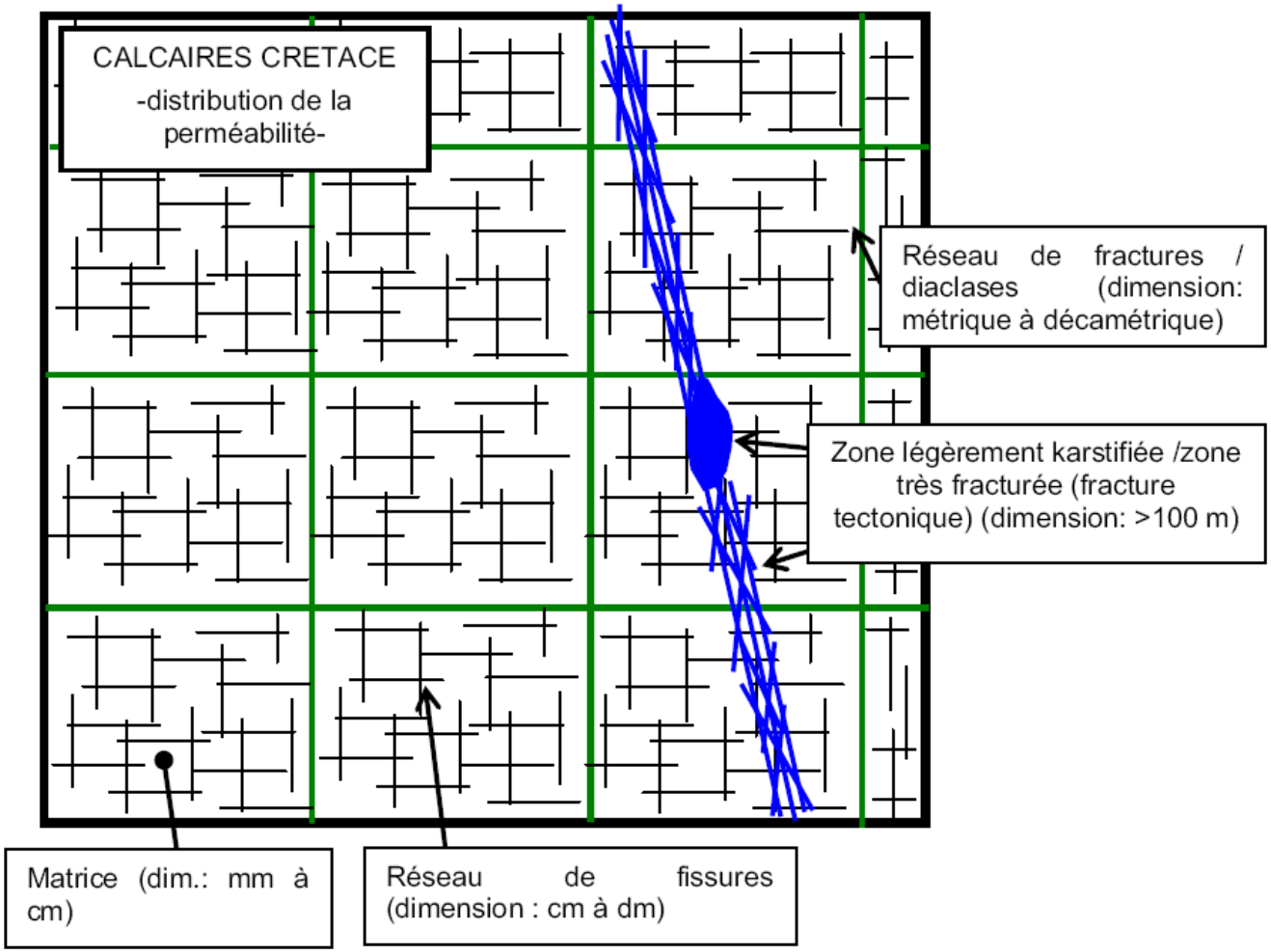
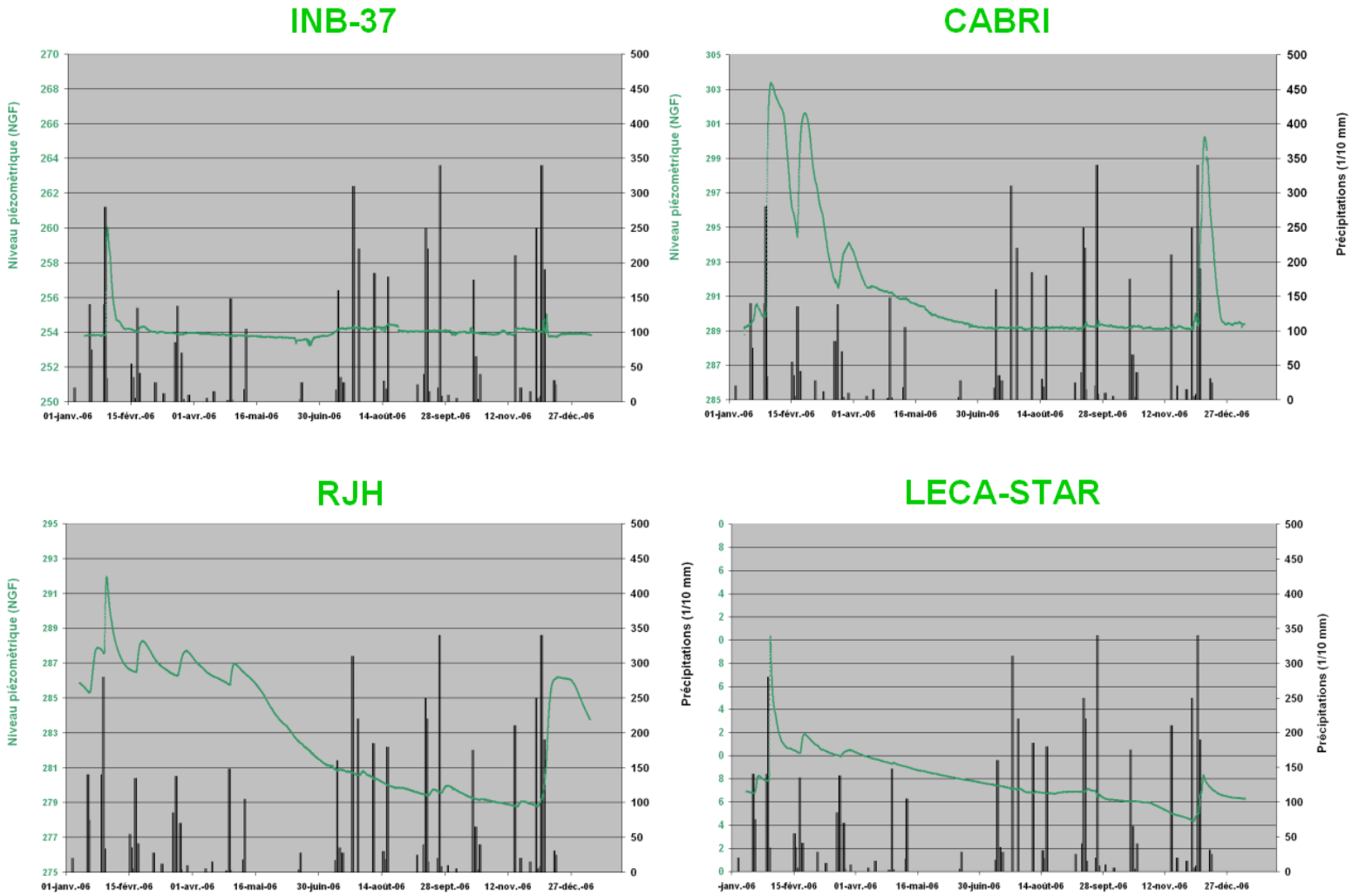
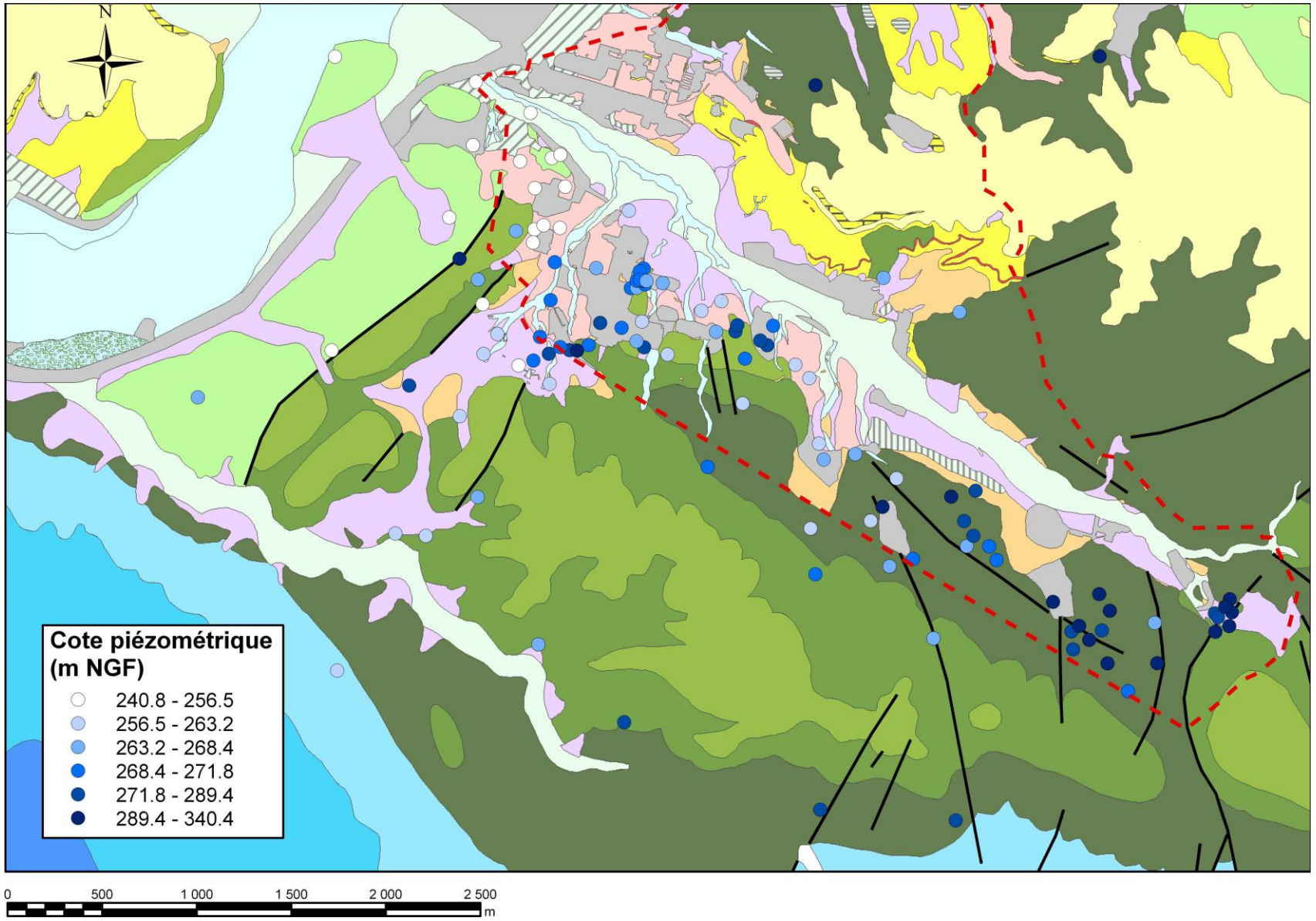


Figure 2.3.27 : Représentation des variations piézométriques de l'aquifère crétacé en 2006 au niveau de 4 installations du Centre de Cadarache



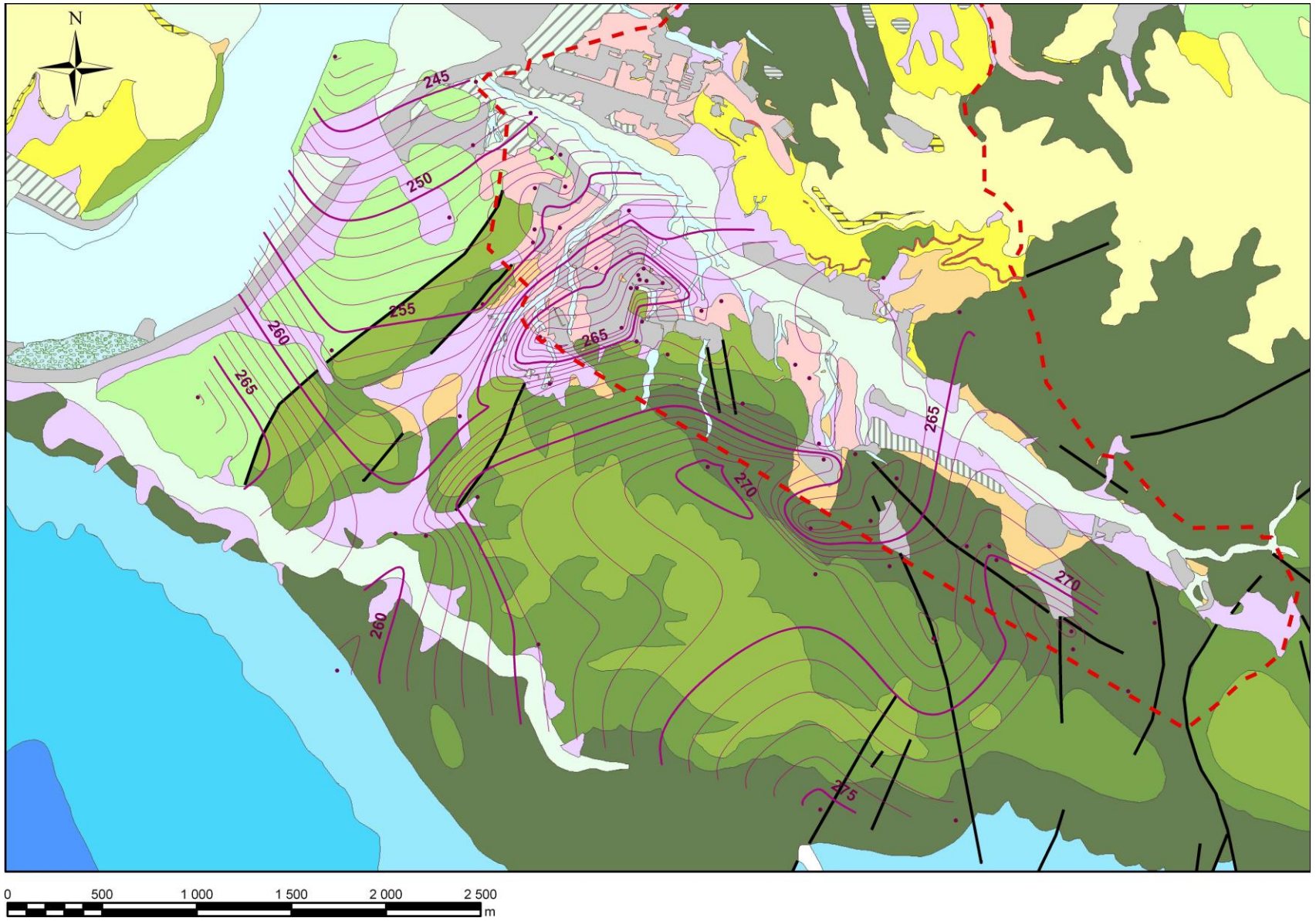
En vert est représenté le niveau de la nappe.
Les histogrammes de couleur noir représentent la pluviométrie enregistrée à la station météo de la Verrerie située au Nord du Centre de Cadarache.

Figure 2.3.28 : Niveaux piézométriques atteints dans les piézomètres de l'aquifère crétacé dans un contexte de niveau bas (mars 2008)



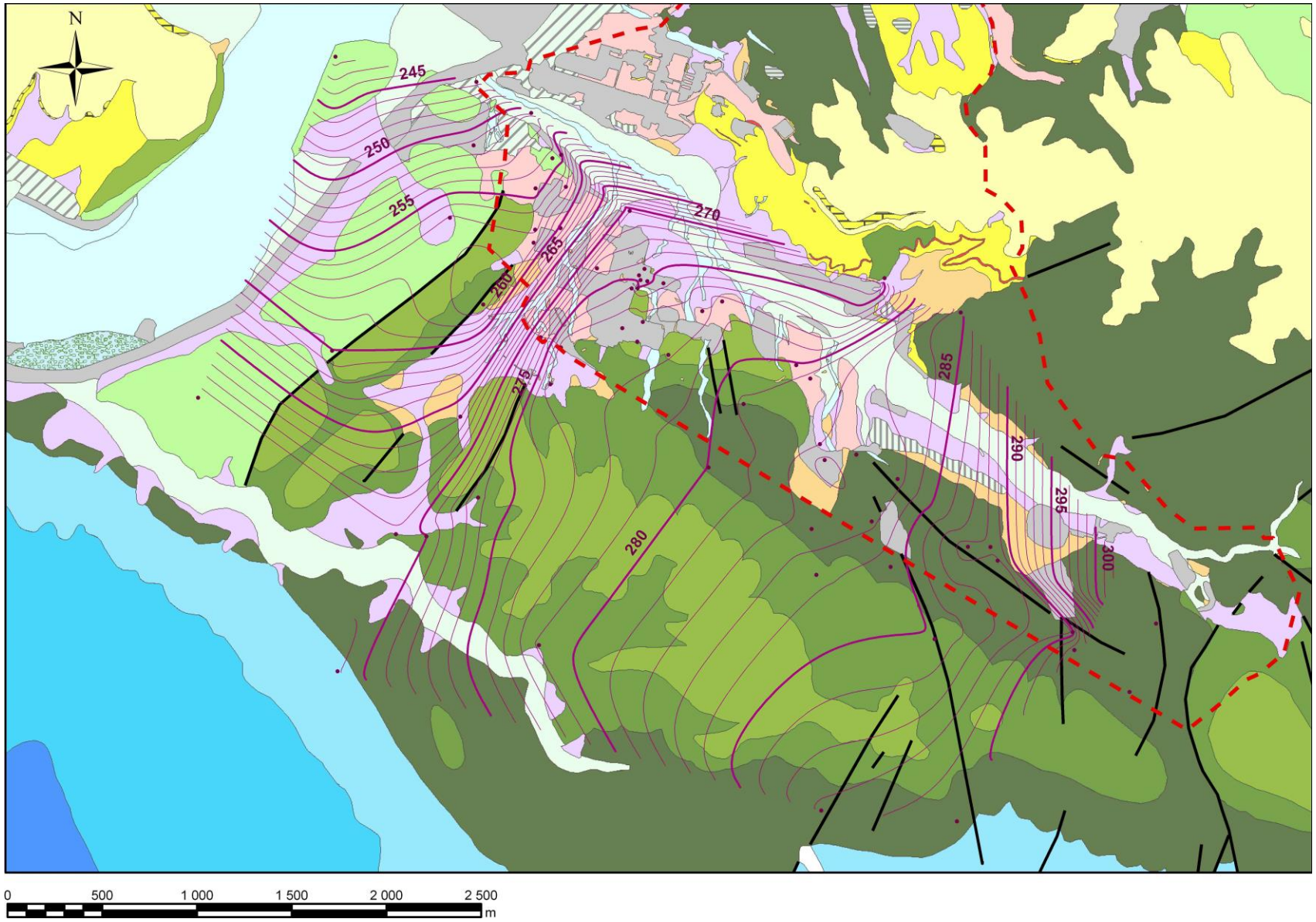
Voir légende Figure 2.3.3.

Figure 2.3.29 : Carte piézométrique de l'aquifère crétacé en contexte de niveau bas (mars 2008)



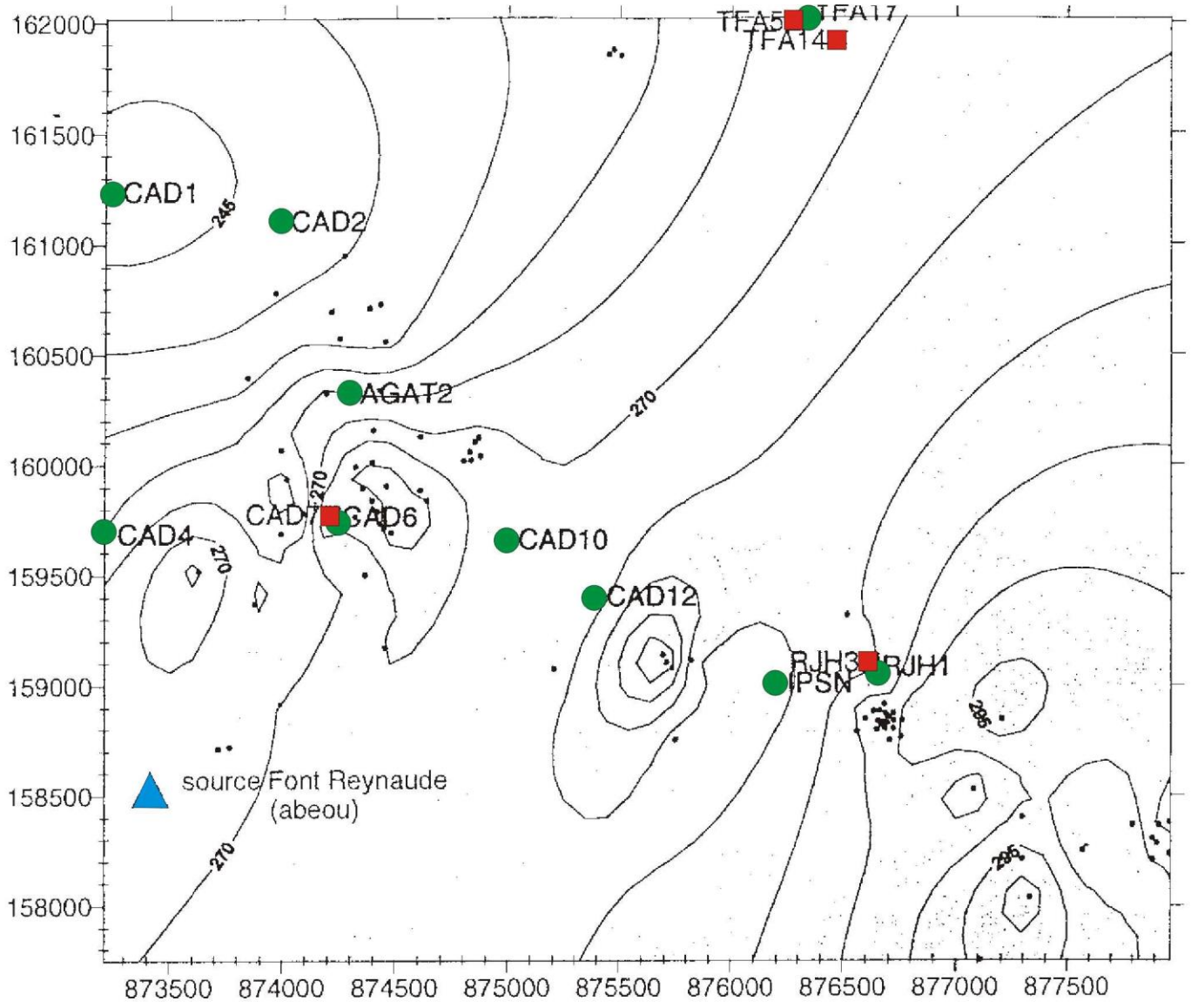
Voir légende Figure 2.3.3. Les points représentent la position des piézomètres retenus pour l'interpolation.

Figure 2.3.30 : Carte piézométrique de l'aquifère crétacé en contexte de niveau haut (avril 2009)



Voir légende Figure 2.3.3. Les points représentent la position des piézomètres retenus pour l'interpolation.

Figure 2.3.31 : Localisation des forages échantillonnés (étude hydrogéochimique)



Points verts : aquifère crétacé, carrés rouges : aquifère miocène, triangle bleu : source.

Figure 2.3.32 : Résultats des analyses hydrogéochimiques

Paramètres physico-chimiques et éléments majeurs

	pH	Cond	t	O_2	Ca	Na	Mg	K	HCO3	SO4	Cl	NO3	$logP_{CO2}$	ISCal	ISDol
		µS/cm	°C	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l			
CAD1	7.11	764	13.8	3.00	114.1	11.4	25.4	4.8	421.5	74.3	25.7	25.3	-1.57	0.10	-0.3
CAD2	6.98	669	14.7	4.50	115.5	9.1	15.4	1.2	385.2	36.1	16.3	6.9	-1.47	-0.02	-0.8
CAD4	6.98	681	14.4	2.50	125.5	5.4	14.9	0.7	468.6	47.1	9.8	0.0	-1.39	0.08	-0.6
CAD6	7.56	341	12.8	7.00	48.0	4.4	13.8	0.5	185.2	21.9	6.9	0.9	-2.37	-0.11	-0.6
CAD7	7.62	317	12.8	7.50	41.0	4.3	13.5	0.7	168.2	23.5	7.3	0.4	-2.47	-0.15	-0.6
CAD10	7.10	605	13.5	2.00	128.5	5.5	14.2	0.9	421.3	29.0	6.5	0.0	-1.56	0.16	-0.5
CAD12	7.02	576	13.2	2.50	112.5	3.5	9.7	0.7	371.9	17.6	5.8	3.5	-1.53	-0.02	-0.9
TFA5	7.77	582	13.6	9.00	86.9	9.4	9.8	0.9	336.8	19.6	11.7	12.5	-2.33	0.59	0.39
TFA14	7.10	504	13.9	6.00	84.4	5.4	10.4	0.6	307.5	18.5	7.8	17.3	-1.69	-0.12	-1
TFA17	7.33	432	13.9	6.00	79.9	4.5	7.8	0.6	254.3	3.8	9.0	10.1	-2.00	0.03	-0.8
AGAT2	7.01	697	15.5	5.50	117.9	8.0	21.2	0.8	363.2	33.3	10.7	7.3	-1.53	0.00	-0.6
IPSN	7.03	645	13.9	6.00	120.7	11.0	9.9	0.8	348.5	30.3	21.7	5.9	-1.57	0.00	-0.9
RJH3	7.29	467	14.9	4.50	84.6	4.8	8.0	0.5	254.3	36.4	5.4	5.8	-1.96	0.00	-0.8
RJH1	7.12	502	13.5	4.50	84.3	8.7	8.8	0.7	175.7	2.6	16.3	124.8	-1.95	-0.33	-1.5
ABEOU	7.02	675	13.8	6.00	110.2	10.1	18.9	0.6	361.2	29.6	19.2	14.8	-1.55	-0.04	-0.7
Pluie	6.29	35	n.d.	n.d.	11.4	1.2	0.2	0.3	28.7	2.8	2.5	2.6	n.d.	n.d.	n.d.

Isotopes stables et radons dissous

	$\delta^{18}O$	$\delta^{13}C$	^3H	Rn
	‰	‰	UT	Bq/l
CAD1	-7.36	-10.4	12+2	0.25
CAD2	-7.87	-12.0	17+1	7
CAD4	-7.37	-11.5	8.6+0.8	0.25
CAD6	-7.60	-9.8	n.d.	0.25
CAD7	-7.72	-9.1	26+1	4
CAD10	-7.65	-8.6	7.0+0.9	0.5
CAD12	-7.68	-10.8	18+2	3
TFA5	-8.34	n.d.	n.d.	n.d.

	$\delta^{18}O$	$\delta^{13}C$	^3H	Rn
	‰	‰	UT	Bq/l
TFA14	-7.61	-12.8	7+2	<LD
TFA17	-7.71	-12.0	<1.9	2.7
AGAT2	-7.58	-10.1	14+2	0.2
IPSN	-8.37	-11.4	14+2	4
RJH3	-7.68	-12.0	21+1	6.8
RJH1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ABEOU	-7.60	-11.2	10+1	3.7
Pluie	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Eléments traces (en µg/l)

	Li	B	Al	Mn	Co	As	Rb	Sr	Mo	Cd	Cs	Ba	U
CAD1	14.18	29.24	12.21	2.1	0.51	0.87	1.67	1057.7	1.54	0.036	0.006	70.5	1.763
CAD2	3.91	15.92	2.87	27.3	0.59	0.63	0.52	450.0	0.69	0.022	0.004	37.0	0.872
CAD4	5.13	14.47	3.89	5.2	0.79	0.38	0.67	723.1	0.82	0.026	0.007	30.5	0.967
CAD6	5.02	10.00	1.64	0.3	0.19	0.51	0.21	555.3	0.59	0.027	0.001	20.0	1.531
CAD7	4.02	8.49	1.89	0.2	0.16	0.60	0.16	577.9	0.74	0.015	0.000	17.8	1.344
CAD10	11.23	35.94	3.06	12.8	0.88	0.81	1.08	629.2	0.67	0.015	0.014	19.6	0.859
CAD12	3.69	14.11	68.84	3.9	0.55	0.46	0.86	430.3	0.26	0.015	0.036	20.3	0.872
TFA17	1.93	6.42	1.36	0.9	0.31	0.62	0.70	392.6	0.25	0.003	0.003	23.7	0.652
AGAT2	8.01	30.52	1.84	0.5	0.49	0.66	0.75	814.4	0.70	0.024	0.008	31.2	0.704
IPSN	19.36	28.87	25.31	4.1	0.51	0.90	0.57	368.8	0.26	0.012	0.026	28.3	1.763
ABEOU	2.50	14.32	0.72	0.0	0.44	0.71	0.35	277.7	0.17	0.029	0.005	20.7	0.245
RJH3	0.96	12.22	3.60	1.6	0.34	0.72	0.13	338.5	0.37	0.014	0.040	15.9	5.176
PLUIE	0.05	0.33	5.77	5.2	0.07	0.11	0.10	4.5	0.02	0.035	0.004	1.6	0.002

Concentration de terres rares en ng/l

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
CAD1	19.20	18.94	2.98	12.28	4.64	14.45	4.37	0.64	2.89	0.53	1.33	0.38	1.31	0.51
CAD2	4.78	9.56	0.90	5.97	1.33	7.77	2.25	0.56	1.40	0.35	2.64	0.48	5.48	1.40
CAD4	6.36	19.37	0.94	5.19	0.97	6.40	2.30	0.41	1.48	0.24	0.90	0.17	1.00	0.29
CAD6	8.05	9.59	1.27	6.80	1.12	3.77	1.66	0.24	0.99	0.17	0.76	0.04	0.44	0.20
CAD7	8.56	4.44	0.91	3.66	1.91	3.80	1.62	0.21	0.97	0.07	0.70	0.01	0.73	0.16
CAD10	8.04	11.57	0.83	4.20	2.82	4.56	1.80	0.42	1.04	0.14	1.12	0.14	0.59	0.04
CAD12	117.68	452.23	35.27	149.33	30.57	11.57	39.72	5.33	25.90	4.78	13.31	1.47	9.73	1.80
TFA17	5.57	12.48	0.98	5.87	1.13	4.62	1.12	0.27	2.36	0.24	0.84	0.03	1.02	0.27
AGAT2	5.79	5.35	0.61	5.28	1.73	6.52	1.54	0.34	0.95	0.02	0.92	0.08	1.28	0.32
IPSN	55.65	182.10	14.36	65.59	14.83	8.53	18.12	2.39	12.37	1.96	7.13	1.04	9.15	2.01
ABEOU	11.76	7.92	1.54	7.87	3.67	4.79	3.06	0.71	3.37	0.90	3.78	0.31	2.92	0.76
RJH1	391.67	96.62	9.07	43.09	13.47	32.22	19.30	2.49	13.54	2.71	6.37	0.67	4.31	1.13
RJH3	15.28	19.97	2.96	13.10	2.25	3.58	3.42	0.58	3.87	0.73	3.27	0.46	2.95	0.77

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
63000-3	Miocène	X		293.8	294.4	-	14.7	90	PVC	41/50	9.0	14.7
63000-3b	Crétacé			293.7	294.2	105.0	82.5	90	PVC	40/50	69.0	78.0
63000-3t	Miocène			293.7	294.2	-	16.0	-	-	-	-	-
63000-4	Miocène			295.0	295.8	12.0	16.6	90	PVC	110/125	-	-
63000-5	Miocène			294.5	295.4	20.0	8.4	90	-	-	-	-
AGAT01	Crétacé		X	296.2	296.8	50.0	50.1	90	PVC	112/125	6.0	50.0
AGAT02	Crétacé			286.5	287.1	70.3	74.1	90	PVC	112/125	12.0	70.3
AGAT04	Crétacé			273.4	273.7	62.9	63.0	90	PVC	112/125	12.0	62.9
AGAT05	Crétacé		X	258.6	259.2	40.1	39.2	90	PVC	112/125	18.0	40.1
AGAT06	Crétacé			307.6	308.7	103.1	110.5	90	PVC	112/125	9.0	103.0
AGAT07	Crétacé			306.4	307.6	75.0	59.2	90	PVC	112/125	6.0	75.0
AGAT08	Crétacé		X	272.3	272.9	65.1	58.8	90	PVC	112/125	15.0	65.0
AGAT09	Crétacé	X		273.2	273.6	60.0	60.0	90	PVC	112/125	9.0	60.0
AGAT10	Quaternaire			283.3	283.8	20.0	15.0	90	PVC	112/125	3.0	15.0
AGAT11	Miocène	X		285.1	285.6	20.0	20.6	90	PVC	110/125	3.0	20.0
AGAT12	Miocène	X		287.9	288.6	20.1	20.5	90	PVC	112/125	2.0	20.1
AGAT19	Quaternaire			278.7	279.3	20.0	14.7	90	PVC	112/125	2.0	20.0
AGAT37	Crétacé			301.1	301.7	70.0	70.7	90	PVC	112/125	10.0	70.0
AGAT38	Crétacé			301.2	301.8	66.0	66.9	90	PVC	112/125	52.0	66.0
ARC01	Quaternaire			281.3	282.1	10.1	7.6	90	PVC	80/90	2.0	7.0
ARC02	Quaternaire			281.2	282.0	10.3	7.1	90	PVC	80/90	2.0	6.4
ARC03	Quaternaire			281.5	282.3	14.8	9.5	90	PVC	80/90	1.0	8.7
ATL01	Miocène	X		281.4	282.0	29.8	22.1	90	PVC	112/125	3.0	27.0
ATL08	Miocène	X		288.3	288.7	30.2	30.1	90	PVC	112/125	9.0	30.0
ATUE01	Crétacé	X		300.3	301.0	60.4	60.4	90	PVC	64/75	10.0	60.4
ATUE02	Crétacé			303.2	304.0	60.6	55.5	90	PVC	64/75	10.0	60.6
Bat465	Crétacé			312.0	312.3	65.6	-	90	PVC	80/90	53.0	65.0
BN02	Miocène			297.1	297.1	53.0	46.7	90	PVC	64/75	3.0	53.0
BN03	Miocène			294.9	295.3	53.5	53.3	90	PVC	64/75	3.0	50.0
BN04	Miocène			299.1	299.6	50.0	50.9	90	PVC	80/90	7.0	49.0
C31	Quaternaire			268.3	267.5	-	23.0	90	PVC	42/48	-	-
CABRI04	Crétacé	X	X	326.7	327.0	70.0	64.9	90	PVC	112/125	20.0	50.0
CABRI05	Crétacé		X	332.0	332.3	75.0	71.9	90	PVC	115/125	10.0	72.4
CABRI06	Crétacé		X	324.1	324.3	73.5	49.7	90	PVC	115/125	10.0	72.5
CABRI07	Crétacé	X	X	329.4	329.5	75.5	56.1	90	PVC	115/125	5.0	75.5
CABRI08	Crétacé	X	X	328.7	328.8	70.5	51.2	90	PVC	115/125	10.0	53.0
CABRI09	Crétacé	X	X	332.6	332.8	70.5	65.0	90	PVC	115/125	10.0	70.3
CABRI10	Crétacé	X	X	327.2	327.5	73.0	60.8	90	PVC	115/125	10.0	70.7
CABRI11	Crétacé			328.7	328.7	20.3	19.9	90	PVC	115/125	2.0	20.3
CAD01	Crétacé			254.8	255.2	40.0	31.7	90	PVC	110/125	11.0	40.0
CAD02	Crétacé		X	252.7	253.2	40.0	37.7	90	PVC	80/90	26.0	40.0
CAD03	Crétacé	X	X	287.8	288.4	61.0	59.7	90	PVC	110/125	11.0	61.0

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
CAD04	Crétacé			302.2	302.7	70.0	69.3	90	PVC	110/125	12.5	70.0
CAD05	Crétacé		X	327.1	327.5	61.5	51.9	90	PVC	80/90	36.0	58.0
CAD06	Crétacé			299.6	300.1	70.5	6.2	90	PVC	110/125	30.0	60.0
CAD07	Miocène			299.3	299.8	20.0	19.2	90	PVC	110/125	10.0	20.0
CAD08	Crétacé		X	309.9	310.3	71.0	53.6	90	PVC	110/125	11.0	71.0
CAD09	Crétacé			292.3	292.7	61.0	-	90	PVC	110/125	11.0	61.0
CAD10	Crétacé	X	X	300.5	300.9	70.6	70.6	90	PVC	110/125	11.0	70.5
CAD11	Crétacé			351.1	351.7	100.0	-	90	PVC	110/125	11.0	100.0
CAD12	Crétacé	X		313.4	313.9	80.0	77.2	90	PVC	110/125	10.0	80.0
CAD13	Crétacé			331.1	331.5	89.5	63.8	90	PVC	110/125	11.0	89.0
CAD14	Crétacé	X		332.6	333.1	85.0	81.2	90	PVC	110/125	11.0	85.0
CAD15	Crétacé		X	285.2	285.4	60.2	53.9	90	PVC	110/125	9.0	60.0
CAD16	Crétacé			316.0	316.3	76.3	75.4	90	PVC	110/125	16.0	76.0
CAD17	Crétacé			305.0	305.4	71.9	67.9	90	PVC	110/125	20.9	71.9
CAD18	Crétacé			368.8	369.3	116.0	110.0	90	PVC	110/125	11.0	116.0
CAD19	Crétacé			354.2	354.5	116.0	-	90	PVC	110/125	11.0	116.0
CAD20	Crétacé			331.7	332.1	39.5	39.5	90	PVC	110/125	9.5	39.5
CAD21	Crétacé	X		301.9	302.2	120.1	117.2	90	PVC	110/125	60.0	120.0
CAD22	Crétacé			323.8	324.1	99.9	99.3	90	PVC	110/125	27.9	99.9
CAD23	Crétacé			371.7	372.1	100.5	>100	90	PVC	110/125	60.0	100.0
CAD24	Crétacé			397.5	397.7	128.2	128.3	90	PVC	110/125	66.0	128.0
CAD25	Crétacé	X		271.7	272.5	500.0	>150	90	Trou nu	96 /	310.5	500.0
CAD26	Crétacé	X		305.1	305.7	50.0	50.3	90	PVC	89 /	8.9	50.0
CAD27	Crétacé	X		402.1	402.7	132.0	125.8	90	PVC	64/75	10.0	132.0
CAD28	Crétacé			375.8	375.8	84.0	81.7	90	PVC	64/75	10.0	84.0
CAD29	Crétacé	X		357.1	357.7	90.0	90.9	90	PVC	64/75	10.0	90.0
CAD30	Crétacé			412.6	413.1	149.0	130.9	90	PVC	64/75	30.0	140.0
CAD31	Crétacé			311.7	312.2	78.0	77.4	90	PVC	64/75	10.0	77.0
CAD32	Crétacé	X		300.5	301.1	80.0	67.0	90	PVC	64/75	12.0	80.0
CAD33	Crétacé		X	304.2	304.6	81.5	78.0	90	PVC	112/125	45.0	81.0
CAD34	Crétacé			308.5	308.8	85.5	85.6	90	PVC	112/125	30.0	85.5
CAD35	Quaternaire			265.9	265.9	-	-	-	-	-	-	-
CAP01	Miocène			289.1	289.6	42.5	-	90	PVC	40 /	8.5	38.5
CAP02	Crétacé			289.1	289.4	89.0	-	90	PVC	35 /	70.0	89.0
CAP05	Crétacé		X	292.4	293.2	40.9	-	90	-	105/	-	-
CAP06	Miocène			292.8	293.0	15.7	-	90	-	100/	-	-
CAP07	Miocène			292.3	292.8	35.0	-	90	PVC	150/160	10.0	32.0
CAP08	Crétacé			292.5	292.7	-	-	-	-	-	-	-
CAP08bis	Crétacé			292.6	293.0	55.0	-	45	PVC	64/75	43.0	55.0
CAP09	Crétacé		X	286.8	287.4	92.0	74.7	90	PVC	45/50	71.0	92.0
CAP10	Miocène		X	286.9	287.4	40.0	33.0	90	PVC	80/90	10.0	40.0
CAP11	Miocène		X	288.8	287.4	40.0	30.1	90	PVC	45/50	10.0	40.0

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
CAP12	Crétacé		X	289.1	288.5	130.0	> 100	90	PVC	45/50	118.0	130.0
CAP13	Miocène			288.3	287.9	45.0	44.9	90	PVC	52/90	28.5	44.5
CAS01	Miocène			300.6	301.0	45.0	44.3	90	PVC	64/75	5.0	45.0
CAS02	Miocène			293.2	293.9	35.0	22.9	90	PVC	64/75	5.0	35.0
CAS03	Miocène	X		293.2	294.0	35.2	28.6	90	PVC	64/75	15.0	35.0
CAS05	Miocène			293.2	294.0	38.0	24.6	90	PVC	64/75	18.0	38.0
CASCAD	Miocène			293.3	293.3	16.9	14.5	90	PVC	34 /	6.0	15.8
CEDRA01	Miocène		X	286.6	286.9	40.0	40.2	90	PVC	83/90	10.0	40.0
CEDRA02	Crétacé		X	287.0	287.4	105.5	100.0	90	Acier	83/90	93.0	104.0
CEDRA03	Miocène	X	X	288.6	288.9	30.0	22.3	90	PVC	83/90	10.0	24.0
CEDRA04	Miocène		X	288.5	288.7	30.0	22.7	90	PVC	83/90	6.0	15.0
CEDRA05	Crétacé	X	X	286.9	287.2	30.0	28.2	90	PVC	83/90	12.0	30.0
CEDRA06	Crétacé		X	298.3	298.6	30.0	25.6	90	PVC	83/90	20.0	30.0
CEDRA07	Miocène	X	X	298.7	299.0	31.0	19.1	90	PVC	83/90	0.0	21.0
CEDRA08	Miocène		X	288.6	288.7	20.0	18.3	90	PVC	83/90	10.0	20.0
CEDRA10	Quaternaire			297.4	297.9	5.0	6.3	90	PVC	83/90	1.0	5.0
CEDRA11	Miocène			293.3	293.5	40.0	5.0	90	PVC	83/90	1.0	5.0
CEDRA12	Miocène	X		295.0	295.3	41.0	38.2	90	PVC	80/88	-	-
CEDRA126	Miocène			284.9	285.4	30.0	30.9	90	PVC	112/125	6.0	30.0
CEDRA13	Quaternaire			295.4	295.5	40.5	4.9	90	PVC	83/90	1.0	5.0
CEDRA130	Crétacé			292.2	293.0	30.0	24.3	90	PVC	112/125	5.0	15.0
CEDRA131	Miocène	X		289.5	290.3	30.0	28.1	90	PVC	112/125	10.0	30.0
CEDRA19	Miocène			294.3	295.5	25.0	23.6	90	-	83/90	10.0	25.0
CEDRA20	Miocène		X	292.4	292.2	35.0	35.3	90	PVC	83/90	10.0	35.0
CESAR-IRCA	Miocène		X	291.5	292.5	25.0	23.8	90	PVC	103/120	1.3	18.2
CHAMP_GB	Quaternaire		X	263.0	264.0	8.0	7.0	90	PVC	85/90	4.0	8.0
CHAU01	Crétacé	X		289.2	290.0	39.8	24.3	90	PVC	64/75	20.0	30.0
CHAU01bis	Miocène			289.1	289.6	17.2	17.0	90	PVC	64/75	5.0	17.0
CHAU02	Crétacé	X		293.5	294.0	40.8	39.9	90	PVC	64/75	15.0	40.8
CHAU03	Miocène			283.0	283.7	30.0	24.9	90	PVC	64/75	5.0	30.0
CM02	Crétacé	X		378.3	379.0	120.4	121.1	90	Trou nu	96 /	-	-
CM04	Crétacé			376.4	376.8	121.1	119.6	90	Trou nu	122/	-	-
CM05	Crétacé			376.3	376.8	-	-	-	-	-	-	-
CM06	Crétacé	X		376.1	376.7	120.5	118.0	90	Trou nu	122/	-	-
CM07	Crétacé			376.1	377.0	-	90.0	-	-	-	-	-
CM08	Crétacé	X		338.6	339.2	120.0	119.9	90	PVC	113/125	10.0	120.0
CM09	Crétacé	X		390.0	390.8	120.0	114.7	90	PVC	113/125	10.0	120.0
CM10	Crétacé			353.4	354.2	120.0	118.0	90	PVC	113/125	10.0	120.0
CM11	Crétacé			328.0	328.5	120.0	112.7	90	PVC	113/125	10.0	120.0
CM12	Crétacé			355.6	355.9	100.0	104.0	90	PVC	113/125	10.0	100.0
CM13	Crétacé			385.0	385.2	150.0	> 150	90	PVC	113/125	10.0	150.0

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
CM14	Crétacé			342.4	343.1	81.5	80.7	90	PVC	113/125	10.0	81.5
CM15	Crétacé			340.4	341.1	86.0	-	90	Trou nu	113/125	10.0	86.0
CM16	Crétacé			372.8	373.5	100.1	99.8	90	Trou nu	113/125	20.0	100.0
CM17	Crétacé			369.3	369.6	96.5	65.5	90	Trou nu	113/125	11.0	96.5
CM18	Crétacé			334.4	335.0	100.0	100.0	60	Trou nu	113/125	10.3	100.0
CM19	Crétacé			347.6	348.0	100.0	-	60	Trou nu	113/125	10.5	100.0
CM21	Crétacé			363.4	363.9	117.0	-	48	PVC	103/113	10.0	117.0
CM22	Crétacé			374.4	375.0	125.8	116.7	65	Trou nu	113/125	5.3	125.8
CM23	Crétacé			356.3	356.8	115.5	-	60	Trou nu	94/100	16.0	115.5
CM24	Crétacé			328.4	328.8	86.8	89.6	60	Trou nu	140/	15.0	86.8
CM25	Crétacé	X		348.0	348.7	90.3	84.1	90	Trou nu	113/125	6.0	90.3
CM26	Crétacé			353.6	354.2	89.2	74.7	90	Trou nu	113/125	6.0	89.2
ECOP01	Miocène			303.7	304.2	-	-	-	-	-	-	-
ENT01	Crétacé	X		289.1	289.7	48.9	39.2	90	PVC	112/125	12.0	49.0
ENT04	Miocène			284.2	285.0	34.2	20.7	90	PVC	112/125	11.0	29.0
ENT05	Miocène			290.9	291.9	30.5	21.7	90	PVC	112/125	10.0	25.0
ENT06	Crétacé			290.0	290.9	58.9	43.5	90	PVC	112/125	37.0	55.0
ENT07	Crétacé			293.7	295.4	45.4	45.9	90	PVC	112/125	15.0	45.0
ENT08	Miocène			292.4	293.2	40.5	35.9	90	PVC	112/125	13.0	40.0
ENT09	Miocène			295.7	296.3	41.3	32.0	90	PVC	112/125	14.0	41.0
ENT10	Crétacé	X		298.9	299.9	65.7	61.9	90	PVC	65/75	47.0	65.0
ENT11	Miocène			294.1	295.0	100.0	98.2	90	PVC	64/75	70.0	100.0
ENT12	Crétacé			298.1	299.0	45.5	38.0	90	PVC	112/125	29.5	38.5
ENT13	Miocène			295.9	296.7	41.0	38.6	90	PVC	112/125	10.0	40.0
ENT17	Crétacé			293.0	293.8	-	20.3	90	Trou nu	-	6.0	21.0
ENT18	Crétacé	X		294.0	294.5	40.0	39.3	90	PVC	112/125	10.0	40.0
ENT31	Crétacé	X		288.8	289.8	30.3	20.4	90	Trou nu	-	5.6	30.3
ENT34	Crétacé	X		291.6	291.9	50.2	26.9	50	PVC	112/125	7.0	45.0
ENT43	Crétacé			292.8	293.3	41.0	-	90	-	-	-	-
ENT44	Crétacé	X		289.7	290.3	75.0	73.0	59	-	-	-	-
ENT45	Crétacé	X		294.8	295.4	50.0	45.0	61	-	-	-	-
ENT46	Crétacé			282.9	283.4	103.5	99.9	55	-	-	-	-
EOL01	Miocène	X		290.9	291.4	25.6	24.3	90	PVC	64/75	5.5	25.0
EOL02	Miocène	X		289.2	289.8	26.0	25.4	90	PVC	64/75	6.0	26.0
EOL12	Miocène	X		290.1	290.3	-	19.5	-	-	-	-	-
EPURATION02	Quaternaire		X	255.4	255.4	-	-	90	-	-	-	-
F02	Quaternaire			298.1	298.1	7.0	-	90	-	-	-	-
F03	Quaternaire			298.0	298.0	6.0	-	90	-	-	-	-
F04	Quaternaire				298.1	6.0	-	90	-	-	-	-

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
F06	Quaternaire			299.4	299.6	7.9	-	90	-	-	-	-
F09	Quaternaire			296.9	297.2	4.9	-	90	-	-	-	-
F11	Quaternaire			300.2	300.4	9.0	-	90	-	-	-	-
F12	Miocène				298.1	6.0	-	90	PVC	112/125	0.0	6.0
F16	Quaternaire			297.8	297.8	57.0	-	90	PVC	80/90	2.0	5.0
F17	Quaternaire			298.0	298.0	5.0	-	90	PVC	80/90	2.0	5.0
F18	Quaternaire			298.1	298.1	5.9	-	90	PVC	80/90	3.0	5.9
F19	Quaternaire			298.0	298.0	5.7	-	90	PVC	80/90	2.7	5.7
F20	Quaternaire			297.0	297.0	5.0	-	90	PVC	80/90	2.0	5.0
F21	Quaternaire			298.5	298.5	6.0	-	90	PVC	80/90	3.0	6.0
F22	Quaternaire			295.8	295.8	5.0	-	90	PVC	80/90	2.0	5.0
F23	Quaternaire			299.0	299.0	7.0	-	90	PVC	80/90	4.0	7.0
F24	Quaternaire			298.9	298.9	7.0	-	90	PVC	80/90	4.0	7.0
F25	Quaternaire			295.8	295.8	6.0	-	90	PVC	80/90	4.0	6.0
F26	Quaternaire			295.2	295.3	6.0	-	90	PVC	80/90	4.0	6.0
Forage ONF	Crétacé				417.8	-	> 150	-	-	-	-	-
GAR01	Quaternaire			258.8	259.3	7.0	7.7	90	PVC	64/75	1.0	7.0
GP01	Miocène			281.8	281.8	20.0	-	90	PVC	110/125	12.0	20.0
GP02	Miocène			281.5	282.2	20.0	-	90	PVC	110/125	3.5	20.0
GP03	Miocène			281.5	282.0	18.5	-	90	PVC	110/125	3.5	18.5
GP04	Miocène			278.9	279.8	18.0	-	90	PVC	110/125	14.0	18.0
GP05	Miocène			276.5	277.2	16.5	-	90	PVC	110/125	4.0	14.0
GP06	Miocène			276.5	277.2	16.5	-	90	PVC	110/125	4.0	15.0
GP07	Miocène			281.5	282.1	-	-	-	-	-	-	-
GP08	Miocène			281.6	282.4	-	-	-	-	-	-	-
GP09	Miocène			276.8	277.3	-	-	-	-	-	-	-
GP10	Miocène			277.7	278.6	-	16.6	-	-	-	-	-
INCINERATEUR	Crétacé	X		314.7	313.9	-	57.5	90	-	-	-	-
INTENDANCE	Quaternaire			262.2	262.7	-	16.5	90	-	-	8.2	12.3
IPSN	Crétacé			316.4	316.6	301.0	> 150	90	PVC	110/	0.5	250.0
JOS01	Miocène			288.9	289.6	15.0	8.0	90	PVC	64/75	1.0	15.0
LABO01	Miocène			283.1	283.6	30.0	23.3	90	PVC	64/75	5.0	30.0
LEC01	Crétacé	X		298.2	298.8	40.0	38.6	90	PVC	112/125	8.0	40.0
LEC02ter	Crétacé	X	X	296.4	296.8	50.5	48.9	55	-	112/125	10.0	50.0
LEC03	Miocène			297.1	297.6	20.0	15.9	90	PVC	112/125	4.0	20.0
LEC04	Miocène	X		297.9	298.3	26.0	-	90	PVC	112/125	6.0	25.0
LEC05	Miocène				298.0	20.5	-	90	PVC	112/125	4.0	15.5
LEC06	Crétacé			299.6	300.0	50.0	48.7	49	PVC	112/125	10.0	50.0
LEC07	Crétacé			295.6	296.2	40.0	39.9	90	PVC	112/125	5.0	40.0
LEC11	Crétacé	X		300.2	300.8	39.7	40.8	90	PVC	112/125	5.0	39.7
MAS01	Crétacé			327.4	327.9	75.8	76.0	90	PVC	112/125	10.0	75.8
MAS02	Crétacé	X		328.0	328.0	75.5	77.5	90	PVC	112/125	10.0	75.5

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
MF01C	Crétacé			307.4	308.3	53.3	86.9	90	-	-	63.3	69.4
MF02V	Miocène			307.4	307.9	7.4	17.0	90	-	-	11.0	16.2
MF03V	Miocène			308.4	309.1	20.0	21.1	90	PVC	113/125	9.0	20.0
MF04C	Crétacé			311.9	312.4	65.5	60.1	90	PVC	113/125	56.3	59.3
MF05C	Crétacé			333.1	333.6	85.0	83.7	90	PVC	113/125	73.0	85.0
MF06C	Crétacé			278.6	279.2	25.0	20.5	90	PVC	113/125	15.0	25.0
P01	Miocène		X	291.1	291.3	30.0	19.5	90	-	-	-	-
P02	Miocène			287.0	288.3	30.0	6.3	90	-	40 /	-	-
P03	Miocène		X	290.6	290.9	20.0	17.4	90	Acier	50/60	13.6	20.0
P04	Miocène			-	299.2	20.0	-	90	Acier	50/60	14.0	20.0
P05	Crétacé		X	-	299.1	89.7	-	90	Acier	50/60	53.8	73.1
P06	Crétacé		X	302.3	302.9	20.0	18.8	90	-	50 /	13.6	-
P06bis	Crétacé			303.3	303.9	55.0	46.9	90	PVC	63/75	20.0	55.0
P07	Miocène	X	X	291.5	291.8	20.0	12.9	90	Acier	50/60	13.6	20.0
P09	Quaternaire		X		298.1	5.5	-	90	Acier	40/49	1.5	5.5
P16	Crétacé	X	X	296.3	296.9	90.0	89.0	90	Acier	50/60	70.8	90.0
P17	Miocène		X	292.5	293.0	20.0	13.2	90	Acier	50/60	13.5	20.0
P19	Miocène		X	285.3	285.8	20.0	12.0	90	Acier	50/60	13.5	20.0
P27	Miocène		X	287.3	287.7	27.0	26.1	90	-	100/	13.6	27.0
P31	Crétacé		X		298.7	35.0	-	90	-	-	-	-
P31bis	Crétacé	X	X	300.0	300.5	51.0	51.3	70	PVC	112/125	33.0	51.0
P32	Miocène				298.2	20.0	-	90	PVC	110/	10.0	20.0
P33	Crétacé		X		298.1	60.0	-	90	PVC	110/	35.0	60.0
P34	Crétacé			301.1	301.8	61.2	57.8	90	PVC	112/125	48.0	59.0
P35	Miocène	X		293.4	294.3	30.0	24.6	90	PVC	64/75	9.0	30.0
P36	Miocène			292.4	292.9	30.0	30.4	90	PVC	64/75	9.0	30.0
P37	Crétacé	X		293.7	294.5	65.0	57.5	90	PVC	64/75	42.0	63.0
P38	Miocène			294.2	294.9	25.0	25.5	90	PVC	80/90	1.2	25.0
P40	Miocène				298.1	9.4	-	90	PVC	80/90	6.4	9.4
P41	Crétacé				297.9	60.0	-	90	PVC	80/90	36.0	57.5
P42	Miocène				297.8	16.0	-	90	PVC	80/90	9.3	15.3
P43	Crétacé	X		292.2	292.6	113.0	109.7	90	PVC	80/90	57.0	112.0
P44	Quaternaire				298.1	8.0	-	90	PVC	80/90	3.3	6.3
P47	Quaternaire				298.1	10.0	-	90	PVC	80/90	2.7	5.7
P48	Quaternaire				298.0	8.0	-	90	PVC	80/90	4.0	7.0
P50	Quaternaire				298.1	8.0	-	90	PVC	80/90	3.0	6.0
P52	Quaternaire				299.1	8.0	-	90	PVC	80/90	4.0	6.0
PEG01	Miocène	X			292.7	25.5	17.7	90	PVC	112/125	6.0	23.0
PEG02	Miocène		X	292.4	292.5	30.0	30.7	90	PVC	112/125	6.0	29.0
PEG04	Miocène				292.1	30.2	29.2	90	PVC	112/125	6.0	30.2
PEG05	Miocène				292.6	30.5	26.0	90	PVC	112/125	6.0	30.5
PEG06	Miocène	X			292.8	30.0	21.3	90	PVC	112/125	6.0	30.0

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
POMPAGE01	Quaternaire			259.2	259.6	20.3	17.5	90	-	-	-	-
POMPAGE02	Quaternaire			259.6	260.2	27.0	15.1	90	-	-	-	-
POMPAGE03	Quaternaire			259.6	260.2	28.4	11.5	90	-	-	-	-
PP01	Miocène	X		277.1	277.8	14.5	14.6	90	PVC	50 /	3.0	14.5
PP02	Miocène			276.8	277.4	14.5	15.4	90	PVC	50 /	3.0	14.5
PP03	Miocène	X		276.7	277.2	14.5	-	90	PVC	50 /	3.0	14.5
PP04	Miocène			281.6	282.0	16.0	-	90	PVC	50 /	1.0	16.0
PP05	Miocène			281.4	282.0	16.0	-	90	PVC	50 /	1.0	16.0
PP06	Miocène	X	X	281.2	281.6	16.0	16.1	90	PVC	50 /	3.0	16.0
PP07	Miocène			282.1	281.5	-	-	-	-	-	-	-
PU01	Miocène			277.8	278.2	13.0	-	90	-	70 /	-	-
PU02	Miocène			277.7	277.9	13.0	-	90	-	70 /	-	-
PU03	Miocène		X	277.8	278.1	13.0	-	90	-	70 /	-	-
PU04	Miocène			277.9	278.4	13.0	-	90	-	70 /	-	-
PU05	Miocène			278.0	278.6	13.0	-	90	-	70 /	-	-
PU19	Miocène		X	279.6		13.0	-	90	-	70 /	-	-
PUITS_CHENIL	Miocène			303.8	304.6	-	16.0	90	-	-	-	-
PUITS_MEDECIN	Miocène	X	X	317.4	318.0	-	15.0	90	-	-	-	-
PUITS_POMPAGE	Quaternaire			259.2	260.1	21.0	-	90	PVC	280/315	0.0	21.0
PUITS_REJETS	Quaternaire		X	245.8	246.3	-	9.7	90	Acier	44/	53.0	-
PUITS_SPR	Quaternaire			269.3	270.0	-	5.7	90	-	-	-	-
PZ01	Crétacé				305.5	60.2	-	90	PVC	52/63	42.0	60.0
PZ02	Crétacé			305.4	305.9	56.2	-	90	PVC	52/63	38.0	56.0
PZ03	Crétacé			316.4	316.8	70.7	68.5	90	PVC	52/63	52.5	70.5
PZ04	Crétacé			319.5	320.2	73.2	-	90	PVC	52/60	55.0	73.0
PZ05	Crétacé			303.3	303.8	58.6	-	80	-	-	16.0	58.6
PZ06	Crétacé		X	312.6	313.2	70.0	-	80	-	-	14.4	69.5
R03P03	Crétacé			262.4	263.4	162.5	> 100	90	PVC	390/50	108.0	113.5
R03P03-bis	Quaternaire			262.4	263.3	-	10.8	-	-	-	-	-
R03P03-ter	Quaternaire			262.5	262.8	-	10.3	-	-	-	-	-
RAPSODIE	Miocène			306.7	306.8	-	16.0	90	-	40 /	15.6	19.2
REJ01	Quaternaire		X	246.7	247.1	8.5	6.3	90	PVC	360/40	0.0	5.0
REJ02	Quaternaire		X	247.0	247.1	10.1	10.8	90	PVC	360/40	0.0	10.1
REJ03	Quaternaire		X	246.9	247.2	6.5	3.2	90	PVC	360/40	0.0	5.0
REJ04	Quaternaire	X	X	248.8	249.4	7.1	5.2	90	PVC	360/40	0.0	5.0
REJ-PIEZO01	Quaternaire		X	249.7	250.8	-	10.4	90	-	100/	-	-
REJ-PIEZO02	Quaternaire		X	248.7	249.5	-	7.9	90	-	100/	-	-
REJ-PIEZO03	Quaternaire		X	245.7	246.3	-	4.2	90	-	100/	-	-
RES01	Crétacé			304.0	304.4	110.5	24.5	90	PVC	74 /	13.0	32.0
RES03	Crétacé			302.3	302.9	100.8	-	90	PVC	74 /	29.0	61.0
RJH68	Crétacé	X		302.5	304.4	50.0	-	90	PVC	80/90	5.0	50.0

Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
RJH69	Crétacé	X		313.6	314.1	63.0	63.7	76	PVC	80/90	10.0	63.0
RJH12	Crétacé	X		342.0	342.3	100.2	92.0	90	PVC	112/125	6.0	100.0
RJH13	Crétacé	X		351.1	352.0	90.1	> 100	90	PVC	112/125	6.0	90.0
RJH16	Crétacé			310.5	311.7	39.5	39.8	90	PVC	83/90	10.0	39.5
RJH32	Crétacé			322.4	323.0	44.5	37.0	90	PVC	83/90	10.0	44.5
RJH33	Crétacé			339.4	339.5	80.0	81.2	90	PVC	83/90	10.0	80.0
RJH34	Crétacé	X		332.8	332.8	70.0	71.3	90	PVC	83/90	10.0	70.0
RJH37	Crétacé			311.8	312.5	40.0	39.8	90	PVC	112/125	15.0	40.0
RJH38	Crétacé			330.9	331.5	40.0	39.8	90	PVC	112/125	10.0	40.0
RJH41	Miocène			307.0	307.3	14.5	-	90	PVC	64/75	0.0	14.3
RJH67	Miocène	X		301.7		20.5	20.6	90	PVC	-	1.0	20.0
RTD03	Miocène			279.5	280.0	30.3	30.8	90	PVC	63/75	5.0	30.0
RTD10	Miocène			271.8	272.2	12.0	12.5	90	PVC	112/125	3.0	12.0
RTD11	Miocène				272.6	14.0	-	90	PVC	112/125	5.0	14.0
S45	Miocène		X	282.8	283.8	90.0	22.1	90	Acier	40/45	10.2	20.0
S45-bis	Miocène			282.8	283.6	30.2	28.8	90	PVC	80/90	5.6	27.6
S68	Miocène			270.0	270.4	30.0	17.5	90	PVC	50/45	-	-
SD03	Miocène		X		311.4	18.0	-	90	-	100/	-	-
SD04	Miocène			311.1		11.4	-	90	-	100/	-	-
SD05	Miocène	X	X	311.3	312.1	16.3	-	90	-	100/	-	-
SD20	Miocène			306.9	307.2	20.0	11.6	90	-	40 /	0.0	7.5
SD21	Miocène			309.7	310.4	20.0	14.2	90	-	40 /	1.2	-
SD22	Miocène			307.1	307.5	10.0	12.0	90	-	100/	2.8	13.5
SD24-1	Crétacé		X	307.9	308.1	70.0	-	90	-	40 /	55.0	70.0
SD24-2	Miocène		X	307.9	308.2	10.4	-	90	-	40 /	0.0	9.0
SD25	Miocène			312.4	313.0	18.0	-	90	-	40 /	0.0	1.3
SD26	Miocène			306.8	308.0	11.2	12.6	90	-	100/	10.5	14.2
SD27	Miocène		X	310.6	311.7	14.0	-	90	-	100/	8.2	16.0
SD28	Miocène		X	310.6	311.3	22.6	-	90	-	100/	-	-
SD29	Miocène		X	311.7	312.0	16.2	-	90	-	100/	13.2	17.3
SD30	Miocène		X	315.8	316.2	18.5	15.8	90	PVC	100/	8.0	15.5
SD31	Miocène			315.3	315.6	20.0	17.8	90	PVC	100/	8.5	18.0
SD32bis	Miocène			313.9	314.5	20.0	-	-	-	-	-	-
SD33	Miocène		X	313.7	314.2	22.1	20.7	90	-	75 /	0.0	0.0
SD34	Miocène		X	313.5	313.9	21.3	21.3	90	-	75 /	-	-
SD35	Miocène	X			305.8	38.5	24.7	90	PVC	112/125	12.0	27.0
SD36	Crétacé			305.0	306.0	70.0	68.4	90	PVC	112/125	40.0	70.0
SD38	Crétacé	X		312.6	313.2	70.3	68.5	50	PVC	64/75	15.0	70.0
SD39	Crétacé			323.9	324.7	66.5	51.2	90	PVC	112/125	31.2	51.5
SD40	Miocène			321.3	322.4	30.0	-	90	PVC	112/125	10.0	30.0
SD41	Miocène				311.2	31.1	-	90	PVC	80/90	5.0	30.0
SD42	Miocène			309.9	310.4	35.0	-	90	PVC	112/125	5.0	35.0

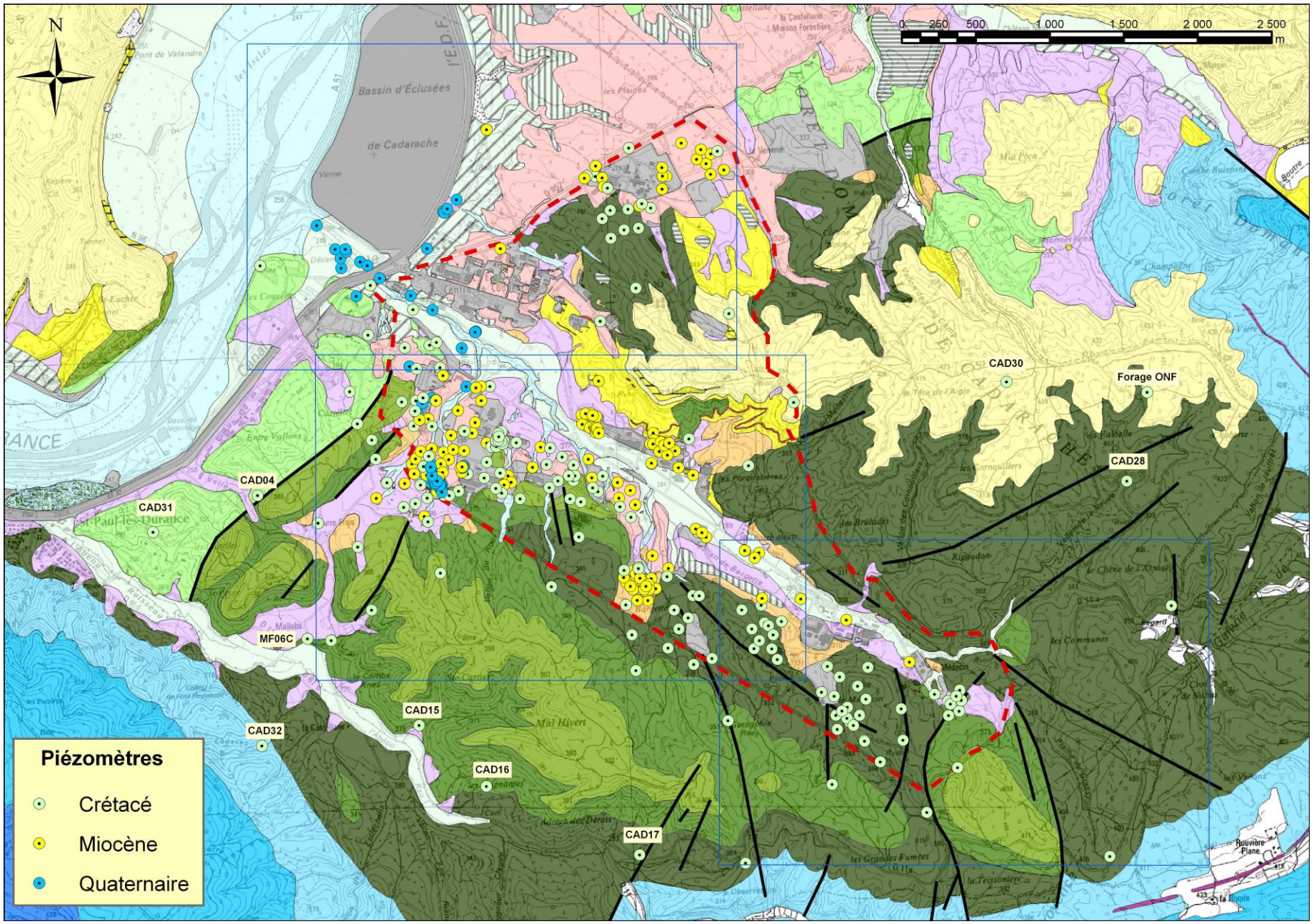
Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
SD43	Miocène			311.2	311.4	40.0	-	33	PVC	112/125	5.0	40.0
SD44	Miocène				311.0	30.5	-	90	PVC	80/90	5.0	30.0
SD45	Miocène			310.7	311.0	40.0	-	35	PVC	112/125	5.0	40.0
SP01	Crétacé	X	X	285.6	286.5	70.0	77.0	90	PVC	113/125	16.0	68.0
SP02	Crétacé		X	281.2	281.2	81.0	79.2	90	PVC	113/125	28.0	80.0
SP03	Crétacé	X		284.1	284.4	55.7	30.4	30	PVC	195/	-	-
SP04bis	Crétacé			284.9	284.9	50.1	48.5	30	PVC	175/	11.0	31.0
SP05	Crétacé	X			284.2	45.0	36.7	30	PVC	195/	17.0	43.0
SP06	Quaternaire			285.3	285.9	-	9.5	90	-	-	-	-
SP07	Crétacé			285.1	285.6	25.0	25.0	90	-	-	-	-
SP08	Crétacé		X	285.2	285.7	25.0	24.8	90	-	109/117	-	-
SP09	Crétacé		X	283.4	283.9	21.0	20.6	90	-	-	-	-
SP11	Crétacé			284.4	284.4	-	20.5	90	-	-	-	-
SP12	Crétacé	X			284.4	-	20.6	90	-	-	-	-
SP13	Crétacé				284.3	-	-	90	-	-	-	-
STD01	Miocène	X	X	281.0	281.4	30.9	19.9	90	PVC	112/125	10.0	30.9
STD02	Crétacé		X	280.5	280.6	87.4	58.8	90	PVC	112/125	55.0	87.0
STD03	Crétacé	X	X	286.1	286.5	79.3	50.1	43	PVC	89 /	30.0	79.3
STD04	Miocène	X	X	283.7	284.0	18.7	13.7	90	PVC	112/125	1.0	12.0
STD05	Crétacé	X	X	284.2	284.4	39.7	37.9	90	-	125/	16.0	39.7
STE01	Crétacé	X	X	267.9	268.4	40.4	41.2	90	PVC	112/125	9.0	40.0
STE02	Crétacé		X	279.4	279.8	41.0	34.3	90	PVC	112/125	20.0	40.0
STE03	Miocène	X	X	279.9	280.4	34.4	34.3	90	PVC	112/125	10.0	34.0
STE04	Crétacé	X	X	279.9	280.0	48.6	43.4	90	PVC	112/125	28.5	48.6
STE05	Crétacé	X	X	285.5	285.9	73.5	70.2	44	PVC	89 /	20.0	73.5
STE06	Crétacé	X	X	280.9	281.3	70.0	67.2	90	PVC	112/125	37.0	70.0
STE07	Miocène		X	280.7	281.1	30.4	26.2	90	PVC	112/125	10.0	30.0
STEP01bis	Quaternaire			252.9	253.0	12.5	-	90	PVC	64/75	5.0	12.5
T00	Quaternaire			298.97	298.97	5.9	-	90	-	50 /	-	-
T01	Quaternaire			299.07	299.07	6.6	-	90	-	45 /	-	-
T02	Quaternaire			299.07	299.07	5.4	-	90	-	50 /	-	-
T03	Quaternaire			298.51	298.51	4.9	-	90	-	50 /	-	-
T04	Quaternaire			300.13	300.13	6.5	-	90	-	50 /	-	-
T05	Quaternaire			297.85	297.85	7.3	-	90	-	50 /	-	-
TFA01	Miocène			298.9	299.4	39.5	19.3	90	PVC	90 /	0.0	36.0
TFA02	Miocène			297.9	298.4	40.3	19.0	90	PVC	90 /	0.0	36.0
TFA03	Miocène		X	306.3	306.7	40.0	35.0	90	PVC	90 /	0.0	37.5
TFA05	Miocène			299.2	298.9	40.0	35.5	90	-	-	-	-
TFA07	Miocène			296.9	297.7	40.0	38.7	90	-	-	-	-
TFA16	Miocène			297.3	297.6	55.0	54.8	90	-	-	-	-
TFA17	Crétacé		X	299.7	300.5	104.1	94.0	90	PVC	62/75	92.0	104.1
TFA20	Miocène			293.8	294.5	40.0	41.1	90	PVC	89/83	-	-

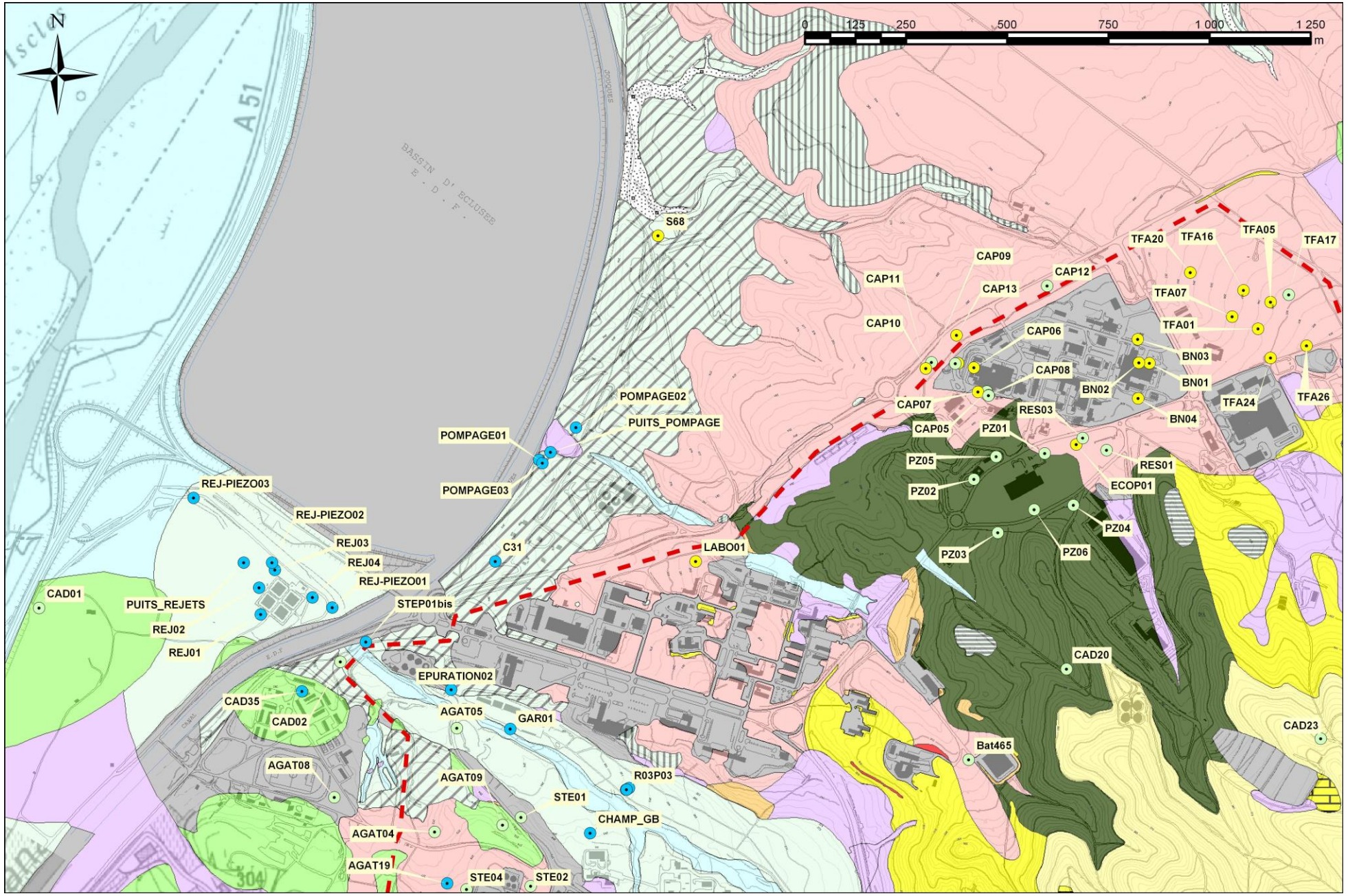
Annexe 1 : Liste et caractéristiques principales des piézomètres du Centre de Cadarache

Référence piézomètre	Aquifère concerné	Capteur de pression (en 2010)	Suivi radiologique (SPR)	Z sol (NGF)	Z tube (NGF)	Profondeur forée (théorique)	Profondeur actuelle	Inclinaison	Nature du tube	Diamètre crépine	Profondeur début crépine	Profondeur fin crépine
TFA24	Miocène			301.0	301.4	40.0	16.3	90	-	-	-	-
TFA26	Miocène		X	302.9	303.5	40.0	17.4	90	-	85 /	-	-
ZEDI01	Crétacé		X	322.9	323.5	50.4	42.4	90	PVC	64/75	10.0	50.4
ZEDI02	Crétacé			335.4	336.1	60.2	58.8	90	PVC	64/75	10.0	60.2
ZEDI02bis	Crétacé			335.7	336.3	81.5	82.0	90	PVC	64/75	10.0	81.5
ZEDI03	Crétacé			350.4	351.0	94.0	98.0	90	PVC	112/125	20.0	94.0
ZEDI04	Crétacé			335.3	335.8	91.3	96.1	90	PVC	112/125	20.0	91.0
ZEDI05	Crétacé	X		343.1	343.3	91.0	94.7	90	PVC	112/125	20.0	91.0
ZEDI06	Crétacé	X		330.4	331.3	69.0	67.8	90	PVC	112/125	21.0	69.0
ZEDI07	Crétacé	X		309.7	310.5	72.0	66.5	90	PVC	112/125	30.0	71.0
ZEDI08	Crétacé	X		338.1	338.7	84.0	85.0	90	PVC	112/125	30.0	84.0

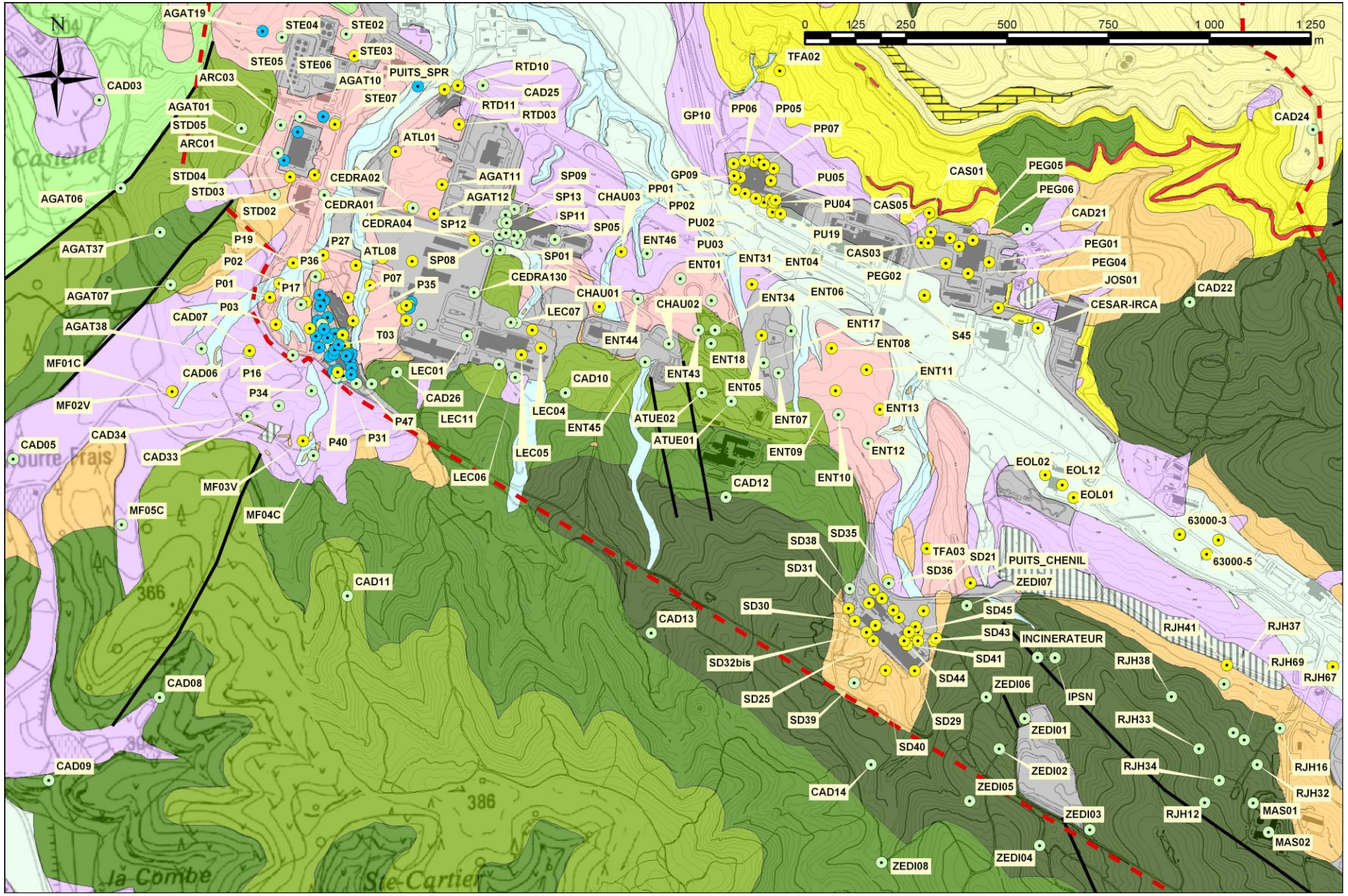
Annexe 2 : Localisation des piézomètres du Centre de Cadarache



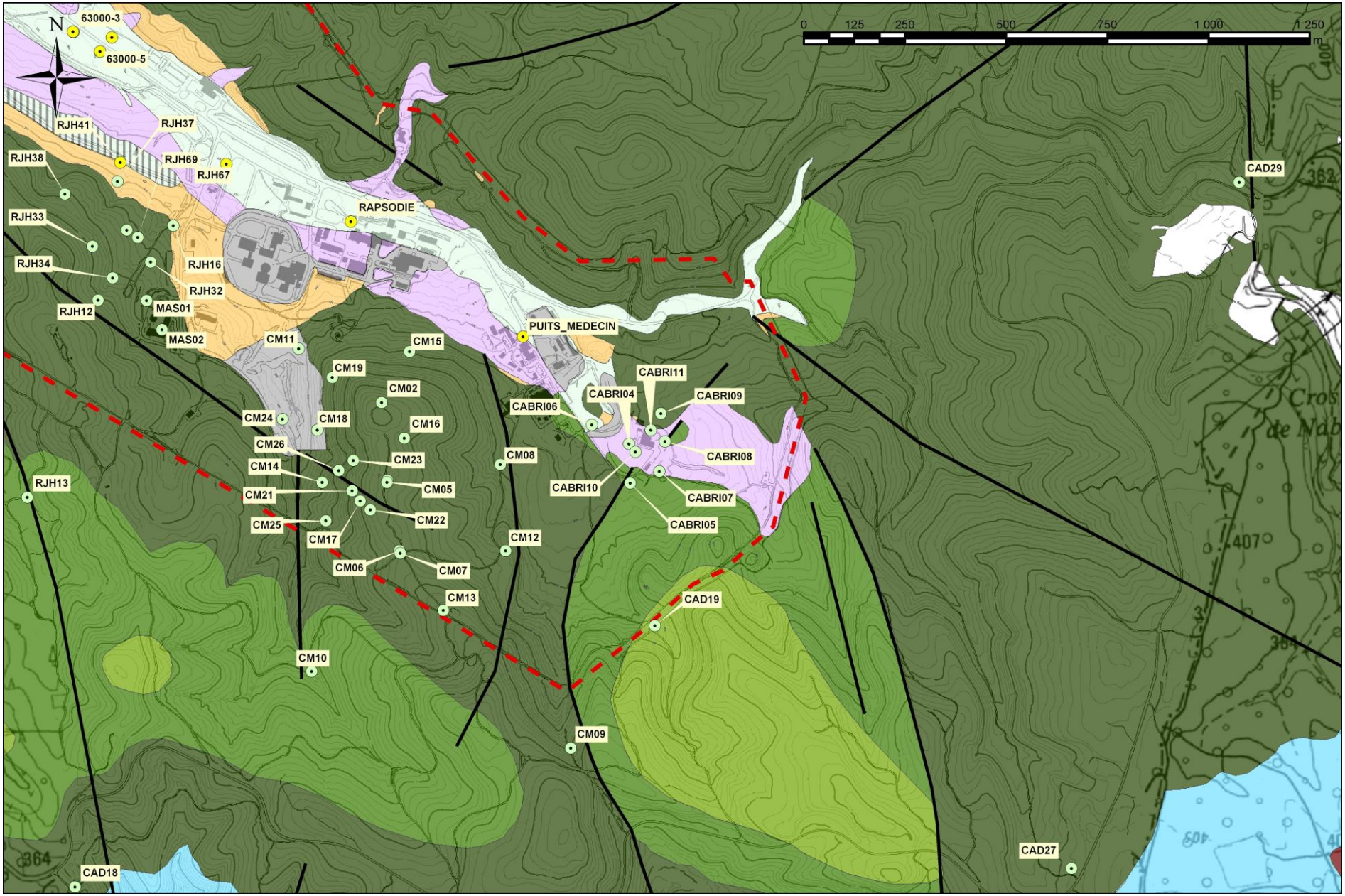
Annexe 2 : Localisation des piézomètres du Centre de Cadarache



Annexe 2 : Localisation des piézomètres du Centre de Cadarache



Annexe 2 : Localisation des piézomètres du Centre de Cadarache



VOLUME 2 - CHAPITRE 4

SISMOLOGIE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
M. NICOLAS DAM/DASE/LDG F. HOLLENDER DPIE/SA2S/GAS	Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S/GAS	J.-C. MASY Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes réglementaires, ainsi que des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.

SOMMAIRE

2.4.1 DEFINITION DE L'ALEA SISMIQUE 4
2.4.1.1 ANALYSE DU CONTEXTE SISMOTECTONIQUE 5
2.4.1.1.1 La sismicité historique et instrumentale de la Provence 5
2.4.1.1.2 Sismotectonique de la Provence 7
2.4.1.1.3 Zonage sismotectonique 9
2.4.1.2 DETERMINATION DES SMHV 11
2.4.1.2.1 Séismes de référence 11
2.4.1.2.2 Spectres SMHV 12
2.4.1.3 PRISE EN COMPTE DES PALEOSEISMES 12
2.4.1.3.1 Méthodologie 12
2.4.1.3.2 Évaluation des périodes de retour 13
2.4.1.4 SPECTRES DE REPONSE A PRENDRE EN COMPTE 13
2.4.1.5 EFFETS DE SITE 14
2.4.1.5.1 Effets de site « standards » 14
2.4.1.5.2 Analyse des effets de site particuliers potentiels 14
2.4.1.6 NOUVEAUX ELEMENTS 15
2.4.1.6.1 Profondeur d'enracinement de la faille de la Moyenne Durance 15
2.4.1.6.2 Linéament Corbières-Saint Eucher 15
2.4.1.6.3 Chevauchement de Vinon et indice Maragratte 16
2.4.1.6.4 Cartographie systématique de Cadarache 17
2.4.1.6.5 Mise à jour du catalogue de sismicité instrumentale 17

2.4.2 INSTRUMENTATION SISMIQUE 17
2.4.2.1 ACCELEROMETRES DECLENCHANT UNE ALERTE EN CAS DE DEPASSEMENT DE SEUILS 18
2.4.2.2 ENREGISTREMENT DE SERIES TEMPORELLES DES MOUVEMENTS FORTS 18

2.4.3 CONCLUSION 19

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 20

LISTE DES FIGURES 22

L'aléa sismique à prendre en compte pour les installations nucléaires de Cadarache repose sur des études réalisées à la fin des années 1990 et au début des années 2000 dans le cadre de la révision réglementaire ayant abouti à l'établissement de la RFS 2001-01. Depuis, de nombreuses études ont été conduites par différents instituts, dont le CEA/Cadarache via le programme « Cashima » (*Cadarache Seismic Hazard Integrated Multidisciplinary Assessment*). Les nouveaux éléments de connaissances acquis ne remettent pas en cause l'aléa sismique précédemment établi et validé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire en décembre 2001[1]. Dans ce chapitre lié à la sismologie, sont présentés la méthodologie et les résultats de l'étude ayant permis de définir les spectres actuellement à prendre en compte. Toutefois, certains des nouveaux éléments acquis sont introduits, notamment en lien avec la problématique des effets de site et sur l'analyse sismotectonique locale.

2.4.1 DEFINITION DE L'ALEA SISMIQUE

L'étude de la sismicité de l'Europe montre que, sans être parmi les régions les plus exposées au risque sismique, la France et en particulier les domaines pyrénéens et alpins peuvent être le théâtre de séismes importants : celui de 1909 à Lambesc en est l'illustration la plus récente pour la Provence.

Depuis 1981, le Ministère chargé de l'Industrie a mis en application plusieurs documents sous forme de Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) concernant le dimensionnement des installations aux séismes et la surveillance de l'occurrence de ceux-ci [2.4.1], [2.4.2] et [2.4.3]. Les RFS traitant de la détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires ont été fusionnées et révisées en 2001. La RFS 2001-01 est désormais applicable à toutes les installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme de déchets radioactifs [2.4.4].

Le but du présent chapitre, qui a fait l'objet d'un rapport technique détaillé [2.4.5], est de décrire l'aléa sismique applicable au site et l'instrumentation mise en place sur le Centre et dans ses environs pour en connaître les manifestations. Cette réactualisation se place dans le cadre des textes aujourd'hui en vigueur qui proposent une démarche tenant compte des acquis des vingt dernières années dans le domaine des sciences de la terre et de ses applications [2.4.2] et [2.4.4]. La méthodologie suivie peut se résumer de la façon suivante :

1) Dans un premier temps, il sera effectué une présentation des données de sismicité sur la Provence ainsi que des données géologiques et néotectoniques. Cette analyse permet de caractériser la sismicité connue dans la région sur la période historique. Sur cette période, sont recensés :

- les failles majeures et les caractéristiques des séismes qu'elles peuvent avoir produits,
- les paléoséismes qui ont pu être éventuellement documentés.

2) Un zonage sismotectonique de la région est établi à partir de ces données. Le potentiel sismogénique de chaque zone est caractérisé en terme :

- de distribution en fréquence et en magnitude pour les zones de sismicité diffuse,
- de séisme caractéristique pour les failles.

3) On calcule ensuite les intensités attendues sur le site de Cadarache en déplaçant les séismes à l'intérieur de leur zone sismotectonique ou le long des failles auxquelles ils sont associés. Cette démarche permet d'évaluer l'intensité maximale attendue sur le site. On déduit de cette analyse le Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV) et le niveau d'intensité associé I_{SMHV}.

4) Les spectres du SMHV et du Séisme Majoré de Sécurité (SMS), dont la magnitude excède de 0,5 celle du SMHV, sont calculés à l'aide des coefficients de la RFS.

5) Les magnitudes des séismes maximaux attribuées à chaque zone ou faille sont majorées de façon à couvrir les hypothèses les plus pénalisantes déduites en particulier des analyses néotectoniques et paléosismiques. Sur la base de cette hypothèse, les intensités sur le Centre de Cadarache et leurs

[1] Lettre DSIN-FAR/SD3/50677/01 du 14/12/2001 – Aléa sismique, site nucléaire de Cadarache.

périodes de retour sont estimées, en particulier pour les périodes de retour des intensités au delà du niveau I_{SMS}. Cette analyse conduit éventuellement à compléter les séismes de référence déduits des données historiques par des séismes déduits des analyses néotectoniques et paléosismiques susceptibles de se produire sur une période de référence donnée.

2.4.1.1 ANALYSE DU CONTEXTE SISMOTECTONIQUE

2.4.1.1.1 La sismicité historique et instrumentale de la Provence

La Figure 2.4.1 présente les épicentres des séismes documentés par leurs effets macrosismiques (sismicité "historique" d'après [2.4.6]) ou enregistrés par les stations sismologiques (catalogue "instrumental" 1962-1997 du LDG [2.4.7]). La Figure 2.4.2 montre la distribution des intensités macrosismiques (échelle Medvedev Sponheuer Karnik – MSK-1964) [2.4.6]. Le catalogue instrumental donne une idée assez précise et complète des séismes qui se sont produits dans la région depuis 1962, tandis que le catalogue historique est plus incertain et incomplet mais il répertorie probablement convenablement les effets des séismes majeurs depuis 600 à 700 ans. Ces deux Figures montrent des disparités à l'échelle de la région dont nous allons essayer de rendre compte par un zonage sismotectonique. Afin d'appuyer ce zonage sur des considérations physiques, il sera discuté ci-après des caractéristiques de la sismicité et des données tectoniques sur la région. On notera que la Figure 2.4.2 montre des intensités observées pouvant atteindre VII (MSK) assez régulièrement réparties dans la région provençale. Les intensités supérieures à VII sont assez isolées, le maximum répertorié étant l'intensité de IX, atteinte une seule fois à proximité de Lambesc en 1909.

La sismicité historique de la basse Provence apparaît relativement forte en comparaison des régions adjacentes. Le peuplement de ce domaine et la présence du Rhône, principale voie de communication entre le monde méditerranéen et l'Europe septentrionale explique que nous disposions de données plus anciennes que dans des régions comme les Alpes de Haute-Provence ou les Cévennes.

La sismicité instrumentale de la Provence est diffuse et de faible magnitude pendant la période de 1962 à nos jours. La plupart des séismes détectés ont une magnitude locale (M_L) inférieure à 3,5 et seulement 6 événements ont une magnitude locale comprise entre 3,5 et 4,4. On citera par exemple :

- Ouest d'Avignon (25/02/1986) M_L = 3,7 ; intensité épicentrale Io = V
- Nord-Est de Marseille (31/10/1973) M_L = 3,6
- Sud-Est de Gardanne (19/02/1984) M_L = 4,4 ; intensité épicentrale Io = VI

Les mécanismes au foyer calculés pour 4 de ces événements [2.4.8] mettent en évidence des directions subméridiennes et cévenoles rejouant en faille normale dans le sud de la vallée du Rhône et le bassin de Gardanne. Ces directions sont bien soulignées par la microsismicité en Camargue, aux abords des failles de Nîmes, de Pujaut et de la Durance.

La base SIRENE [2.4.6] répertorie une centaine de séismes (ou essaims) d'intensité épicentrale Io $\geq$ IV qui ont pu faire l'objet d'une localisation plus ou moins précise. Dix événements seulement sont antérieurs à 1700. En tenant compte de l'incertitude des localisations (événements peu documentés, fixation " urbaine ", effets de site importants...), cette sismicité met en évidence le caractère actif d'un certain nombre de structures comme la faille de la Durance, le système de Costes-Trévaresse ou la faille de Nîmes. En dehors des lieux situés dans un rayon de quelques kilomètres des épicentres majeurs, les intensités maximales répertoriées ne dépassent que rarement le degré V, signe d'une activité modérée (Figure 2.4.2).

La vallée de la Moyenne Durance a été secouée par plusieurs crises importantes depuis le début du 16ème siècle. En 1509, l'intensité VIII a été atteinte dans le secteur de Manosque. Une crise assez similaire s'est produite en 1708. Le choc principal du 14 août (Io = VIII), bien que ressenti jusqu'à une centaine de kilomètres, n'a provoqué des dégâts que dans une zone très restreinte. En 1812 c'est à une quinzaine de km au sud-ouest (Beaumont-de-Pertuis) que l'activité s'est déplacée (Io = VII-VIII). D'aire macrosismique à peu près identique au séisme de Manosque, cet événement a été suivi d'une soixantaine de répliques ressenties uniquement dans les environs immédiats de Beaumont. Le dernier événement significatif

remonte au 14/5/1913 à 15 km au nord-est de l'essaim de 1708 (région de Volx Io = VII-VIII). Les aires macrosismiques de tous ces séismes apparaissent relativement limitées eu égard aux intensités épicentrales. Ce fait est confirmé par deux séismes instrumentaux mineurs localisés respectivement à Beaumont-de-Pertuis et Volx (26/1/1967 ; M_L = 3,3 et 26/12/1979 ; M_L = 3,0) qui ont atteint l'intensité V.

Alors que plusieurs séismes d'intensité inférieure à VII se sont produits dans la région de Cavaillon (1731, 1763, 1863), c'est surtout le système de Costes-Trévaresse qui retient l'attention par la présence du seul séisme provençal d'intensité supérieure à VIII (Lambesc, 11/06/1909 Io = VIII-IX). Ressenti de la Ligurie aux Pyrénées orientales ce tremblement de terre a provoqué des destructions très importantes dans un rayon de 10 km autour de son épicentre (Imax = IX). L'intensité V atteinte dans la basse vallée du Rhône, distante de 80 km, a été localement dépassée jusqu'à 250 km de l'épicentre, essentiellement dans des sites alluvionnaires (Figure 2.4.3).

Dans la basse vallée du Rhône, la sismicité est dominée par deux ensembles assez différents (Figure 2.4.1) :

- une activité diffuse le long de la faille de Nîmes et des failles secondaires associées,
- un important essaim d'événements correspondant à plusieurs crises différentes localisées au niveau du Tricastin entre Donzère et Bollène.

La faille de Nîmes, l'une des structures régionales les plus marquées dans la topographie a été le siège d'une dizaine de séismes ressentis, notamment :

- 18/11/1769 et 21/12/1769 dans la vallée du Rhône (Bédarrides Io = VII),
- 24/7/1927 vers Malaucène (Io = VII).

D'autres événements concernent plus probablement la faille de Pujaut, de même orientation, à 5 km plus au sud :

- 7/8/1927 et 30/9/1946, au sud de Remoulins (Io = V et VI-VII),
- 25/2/1986 entre Remoulins et Avignon (Io = V ; M_L = 3.7).

A 30 kilomètres plus à l'est, le séisme de Pierrelongue (8/6/1952, Io = VII), aux confins de la vallée du Rhône et des Baronnies, est localisé dans une zone où convergent la faille de Nîmes et un important chevauchement EO (Ventoux). On notera également que pendant l'année 1927 plusieurs tronçons éloignés de la faille de Nîmes ont été actifs.

Signalons enfin quelques événements isolés, tous d'intensité épicentrale inférieure ou égale à VII, qui se sont produits au niveau des Alpilles (1397), et dans les Baronnies (Vaison-la-Romaine en 1905, Dieulefit en 1907).

On notera, pour mémoire, la région du Tricastin qui a été le théâtre d'une série de crises sismiques mal comprises depuis 1772. La majorité d'entre elles ont duré plusieurs mois et ont compté plusieurs dizaines d'événements ressentis atteignant parfois l'intensité VII.

Par ailleurs, plusieurs séismes ou séries de séismes, tous d'intensité inférieure ou égale à VII, sont difficilement corrélables avec une structure tectonique précise comme par exemple :

- 18/10/1738 à proximité de Carpentras (Io = VI),
- 13/5/1901 à Roubion, au sud de Crest (Io = VII),
- 24/9/1924 vers Caderousse (Io = VI-VII),
- 19/2/1975 à Bourg Saint Andéol (Io = VI, M_L = 3.2).

Les éléments en notre possession sur la sismicité de la Provence et des régions limitrophes montrent que ce domaine se démarque assez nettement des autres régions françaises. Si les données historiques sont plus abondantes qu'ailleurs, beaucoup d'événements répertoriés correspondent probablement à des

séismes mineurs avec des effets très localisés que l'on peut attribuer à des profondeurs focales faibles (5 km ou moins) et/ou à la présence d'effets de site. Les données de sismicité instrumentale mettent en évidence quelques événements de magnitude M_L 3-3,5 dont l'intensité épicentrale peut atteindre VI (MSK).

2.4.1.1.2 Sismotectonique de la Provence

Les accidents sismogènes connus et particulièrement bien exprimés dans la morphologie sont la faille des Cévennes, la faille de Nîmes, le système de Costes-Trévaresse, du Luberon, du Ventoux - Montagne de Lure et la faille de la Durance. Ces accidents délimitent un large panneau de couverture mésozoïque. Les structures d'orientation E-O sont compressives (Mont Ventoux et Montagne de Lure au nord, Luberon, Costes et Trévaresse au sud) et les accidents de direction NE de la Durance à l'est, des Cévennes et de Nîmes à l'ouest, sont décrochantes.

Conformément aux recommandations de la RFS 2001-01, pour chaque faille active on indique les séismes historiques qu'on peut lui associer directement ou indirectement en se référant à des failles semblables ayant produit des séismes historiques. Dans le cadre de la prise en compte des paléoséismes, les magnitudes maximales que l'on peut attribuer à chaque faille ou zone sont précisées.

2.4.1.1.2.1 Failles décrochantes

La faille de la Durance joue en faille normale à l'Oligocène, lors de l'ouverture de la mer Ligure, puis est réactivée en faille décrochante sénestre avec une composante inverse. Cet accident constitue l'un des traits majeurs des Alpes méridionales. Plusieurs indices de déformations post-Miocène ont été mis à jour dans les secteurs de Volx et Manosque, certains probablement associés à des paléoséismes [2.4.9].

Le tracé de la faille présenté sur la Figure 2.4.1 a été établi sur la base des cartes géologiques et de la trace morphologique de la faille visible sur le Modèle Numérique de Terrain. Le pendage de cette faille est d'environ 60° ouest. Etant donné le pendage vers l'ouest de la faille, la distance la plus courte entre un point du Centre de Cadarache et la faille est mesurée directement entre ce point et la trace de la faille en surface, soit 5 kilomètres.

Des indices de déformations de surface ont cependant été relevés par analyse de scènes SPOT et de la topographie numérique [2.4.10]. Des analyses ont été menées sur les tranchées réalisées à proximité de la trace supposée de la faille [2.4.11], [2.4.12]. Ces tranchées montrent des déformations mio-pliocènes principalement sur des accidents secondaires qui semblent associés à la faille de la Durance. La tranchée de Manosque-Valveranne révèle une faille inverse à pendage Est, située à environ 1 km de distance de la trace de la faille de la Durance. Le plan axial du pli est assimilé à la trace d'une faille inverse et les auteurs concluent que la déformation verticale observée dans cette tranchée correspond à un paléoséisme survenu entre 26000 ans et 9000 ans, avec un glissement cosismique de 1,2 m. Selon ces auteurs, ce paléoséisme s'est initié sur la faille de la Durance, décrochante. En estimant, à l'aide de cartes et de coupes, la longueur et la largeur de la faille de la Durance et en utilisant comme glissement cosismique moyen la valeur du glissement inverse déterminé dans la tranchée, ils proposent alors une magnitude maximale de 6,8.

La faille de Nîmes, associée et parallèle à la faille de Pujaut, forme la limite méridionale du faisceau des failles cévenoles de direction NE (Figure 2.4.1). Ces failles ont d'abord fonctionné en décrochement sénestre pendant l'épisode pyrénéo-provençal puis ont été réactivées en failles normales pendant la phase d'ouverture du bassin provençal.

Les différentes sources d'information quant à l'orientation des contraintes principales (mécanismes au foyer, plans striés, axes de plis, mesures in situ..) indiquent une compression de direction NS à SO-NE. Par son orientation, la faille de Nîmes devrait être réactivée en décrochement sénestre compressif. La faille de Nîmes marque la topographie par un escarpement modeste. Cet escarpement est net lorsque la faille coupe les terrains calcaires du Crétacé mais disparaît lorsque la faille traverse des colluvions et alluvions. Ceci suggère que ces escarpements ont été entretenus par érosion différentielle plutôt que par des rejeux verticaux récents. Les terrasses alluviales qui se sont mises en place au travers de la faille au quaternaire ne sont pas décalées verticalement.

On peut néanmoins suivre la trace de l'accident sur l'image panchromatique SPOT et dans la topographie au travers de la vallée actuelle du Rhône. Des profils de sismique réflexion ont permis de préciser la façon dont certains marqueurs d'âge messinnien étaient affectés au passage de la faille de Nîmes permettant d'estimer une vitesse moyenne maximale de l'ordre de 0,1 mm/an depuis 5,3 Ma (Millions d'années) [2.4.13].

La paléosismicité de la faille de Nîmes est pour le moment peu connue. Une faille qui affecte le substratum sableux et les alluvions du Rhône (Mindel à Riss) a été observée à la faveur de travaux de terrassement au nord-ouest de Courthézon en rive gauche du Rhône [2.4.14], [2.4.15]. Ces travaux ont mis en évidence une rupture tectonique de surface, dont l'origine est probablement sismique, à 2 kilomètres au nord de la faille de Nîmes. Il s'agit d'une faille inverse de faible pendage vers le nord (30°) et de direction N50°E. La tranchée indique que cette faille a rejoué d'environ 60 cm au plio-quaternaire. Les auteurs de l'étude suggèrent que ce décalage a pu se produire en un seul ou plus probablement deux événements. Les paléoséismes dans cette zone de failles pourraient avoir atteint une magnitude de l'ordre de 7, donc bien supérieure aux magnitudes de l'ordre de 5 attribuées aux séismes historiques dans cette zone. Aucune autre tranchée n'a pour le moment confirmé ces résultats ni permis d'estimer l'extension latérale des ruptures tectoniques vues à Courthézon.

2.4.1.1.2.2 Failles inverses

Toutes les structures Est-Ouest sont comparables du point de vue des déformations récentes. Elles affectent toutes la même couverture voire la croûte, sont parallèles et morphologiquement bien marquées. Le potentiel sismique est considéré équivalent sur toutes ces structures étant donné leur relation cinématique avec les décrochements majeurs de Nîmes et de la Durance [2.4.16].

La faille de Ventoux - Lure est un système compressif Est-Ouest, qui borde respectivement au nord et au sud un panneau de couverture mésozoïque probablement décollé du socle dans des niveaux évaporitiques du Trias. Ces deux accidents, morphologiquement bien exprimés, sont probablement relativement actifs. Un seul séisme historique semble pouvoir être associé à ces structures. Pour déterminer le séisme caractéristique, on remarquera l'importante extension et la continuité de l'accident ainsi que sa relation directe avec les failles de la Durance et de Nîmes. Pour rester cohérent avec des séismes caractéristiques de magnitude 7 associés à ces failles, le séisme caractéristique associé à la faille de Ventoux - Lure est de magnitude 7.

Le Luberon Est existait déjà à l'Oligocène comme le montre la forme des dépôts associés. Il faut rappeler que cette période correspond à un affaissement relatif de la partie Ouest par rapport à la partie Est de la faille de la Durance. Les rivières de l'Aigue Brun et la Lergue précèdent la déformation du Luberon car elles traversent de part en part le massif. L'activité Miocène du Luberon Est est observable par une discordance angulaire des dépôts marins puis continentaux au sud du massif dans la région de Cucuron. Au sommet, le pendage actuel des derniers dépôts miocènes, colluvions du Luberon, est proche d'une pente de dépôt normal. Cette couche sommitale ne semble ni déformée ni basculée, ce qui constitue actuellement l'argument principal indiquant un arrêt de la déformation du Luberon Est depuis 5,8 Ma.

Le Luberon Ouest est quant à lui actif depuis le Pliocène. En effet, dans la partie ouest du massif ont pu être observés des dépôts marins avec l'interface marin - continental servant de niveau repère de la déformation depuis 2 à 5,3 Ma. Ces données indiquent un soulèvement de 40 m du Luberon Ouest par rapport à la zone de Lamanon. Sur des aspects géométriques, une magnitude caractéristique de 6,5 est associée à cet accident.

Les Alpilles forment un accident morphologique particulièrement prononcé qui barre la vallée du Rhône et qui a probablement influé sur l'évolution des cours du Rhône et de la Durance (Figure 2.4.1). Cette structure orientée Est-Ouest se trouve dans le prolongement du système de Costes-Trévaresse. Il relève de la même tectonique. On ne connaît pas de séisme historique clairement associé aux Alpilles. Vu la taille de la structure, une magnitude caractéristique de 6,5 est proposée.

On admet aujourd'hui que le séisme destructeur du 11 juin 1909 (Io = VIII-IX, Imax=IX magnitude = 5,5) s'est produit sur le système de Costes-Trévaresse. Les fortes intensités observées auraient résulté d'effets de site [2.4.17]. Les données macrosismiques sont compatibles avec une profondeur épicentrale

de 5 km environ. Étant donné certaines incertitudes sur cet événement et la segmentation des failles, une magnitude caractéristique de 6 est proposée pour ces structures.

Le secteur de Vautubière est marqué par un pli anticlinal en genoux, à vergence Sud dans sa partie Est alors que vers l'ouest, il se termine en périclinal au niveau du pli en genoux de Mirabeau qui a, quant à lui, une vergence Nord. Il affecte les dépôts jurassiques à crétacés. Le flanc Nord du pli de Mirabeau montre nettement une activité anté crise messinienne. Du fait de sa morphologie marquée, de l'altitude de la surface d'érosion miocène et de sa présence au niveau de la zone du relais compressif de la faille de la Durance, la faille de Vautubière est considérée comme active. Par contre, ses dimensions réduites ne permettent pas de considérer un événement de magnitude supérieure à 5,5.

2.4.1.1.3 Zonage sismotectonique

2.4.1.1.3.1 Failles actives en Provence.

Les failles potentiellement actives en Provence, déduites de l'analyse précédente, sont cartographiées en Figure 2.4.4. Le Tableau 1 qui suit mentionne en outre les magnitudes estimées des séismes historiques ou instrumentaux qui ont pu être associés à l'une ou l'autre d'entre elles. Conformément à la démarche préconisée par la RFS 2001-01, les failles considérées comme actives mais sans séismes importants connus se voient attribuer les mêmes séismes caractéristiques que les failles voisines du même type.

Le Tableau 1 présente des magnitudes maximales majorées et leurs périodes de retour obtenues en tenant compte des données paléosismiques. Ce sont les magnitudes les plus fortes qui ont été retenues (magnitudes caractéristiques) en prenant les valeurs maximales possibles déduites de données paléosismiques, ou en majorant systématiquement les magnitudes maximales observées au cours de la période historique.

Le nombre de segments est estimé en comparant la longueur de chaque faille avec la longueur typique de la zone de rupture associée à un séisme de magnitude correspondante en se référant aux lois d'échelle les plus récentes [2.4.19].

Tableau 1 : Failles actives de la région Provence

Faille	Longueur (km)	Type *	Magnitude maximale observée	Magnitude du séisme caractéristique	Nombre de segments	Profondeur focale (km)	Période de retour par faille (an)
Durance	100	D	5,3	7,0	2	10	13000
Ventoux - Lure	76	C	5,5	7,0	2	10	13000
Cévennes Nord	100	D	5,3	7,0	2	10	13000
Cévennes Centre	81	D	5,3	7,0	2	10	13000
Cévennes Sud	134	D	5,3	7,0	3	10	9000
Nîmes	200	D	5,3	7,0	5	10	5300
Luberon Ouest	27	C	5,5	6,5	1	5	2600
Vauvert - Alpilles	66	C	5,5	6,5	3	5	900
Costes	23	C	5,5	6,0	2	5	450
Trévaresse	14	C	5,5	6,0	1	5	900
Concors	9	C	5,5	6,0	1	5	900

Type * : D = Décrochement, C = Chevauchement

2.4.1.1.3.2 Les zones de sismicité diffuse

La distribution en fréquence et magnitude des séismes historiques et instrumentaux de la zone Provence est présentée en Figure 2.4.5. Si l'on considère que les failles actives susceptibles de produire des séismes majeurs sont toutes identifiées et associées à des séismes de magnitude 5,3 et 5,5 (Tableau 1), alors les séismes maximaux de la zone de sismicité diffuse de Provence seraient de magnitude 4.9**.** Cette magnitude correspond à celle attribuée au séisme qui s'est produit au sud de Crest (Roubion) le 13/05/1901 qui est le séisme de plus forte magnitude qui ne semble pas pouvoir être attribué à une faille active. Dans le calcul des périodes de retour qui sera présenté ultérieurement, l'hypothèse retenue est plus conservatrice en attribuant à la Provence une magnitude maximale de 5,1 qui permet de couvrir les séismes du Tricastin malgré leur caractère atypique.

Concernant les autres zones, leur éloignement du site d'étude ne rend pas indispensable la définition de failles actives dans le cadre de la démarche présentée ici. Ces régions sont donc uniquement caractérisées en termes de zones diffuses (Tableau 2). On attribue à chaque région une magnitude maximale plausible égale à la magnitude maximale connue dans les catalogues de sismicité historique et instrumentale. Dans le cadre de la prise en compte des paléoséismes, les magnitudes maximales retenues majorent les magnitudes maximales observées (Tableau 2).

Tableau 2 : Zones à sismicité diffuse

Zone	Magnitude maximum	Magnitude maximum observée	date	Profondeur moyenne (km)
Provence	7,0	4,9	13/05/1901	4
Alpes Externes Sud	7,0	6,0	23/02/1887	5
Alpes Externes Nord	7,0	5,3	10/09/1774	5
Mer Ligure	7,0	5,8	19/07/1963	5
Alpes Internes Sud	7,0	5,3	02/04/1808	7
Fossé rhénan	6,5	5,8	18/10/1356	7
Massif Central	6,0	5,3	01/03/1490	5
Montagne noire	5,5	4,1	29/08/1978	7
Bassin aquitain	5,5	5,1	10/08/1759	10
Pyrénées	7,0	6,0	02/02/1428	7
Méditerranée	5,5	5,0	24/09/1994	10
Corse et Sardaigne	5,5	4,9	22/10/1775	10
Alpes Internes Nord	7,0	5,5	25/07/1855	7

Les zones ont été définies en terme de cohérence géodynamique (observation, démarche dynamique telle que densité et niveau de sismicité, mode de déformation, homogénéité du processus de déformation) à une échelle compatible avec la démarche retenue (Figure 2.4.6).

Parmi les 38 zones définies dans le cadre des études d'aléa sismique à l'échelle du territoire métropolitain, les plus proches du site de Cadarache sont décrites ci-dessous :

Alpes Internes Nord et Alpes Internes Sud caractérisent la déformation des Alpes Internes en y incluant les massifs du Pelvoux et de l'Argentera. La distinction Nord et Sud est basée sur une sismicité actuellement très différente entre ces deux zones. Les événements les plus marquants se sont produits dans le Valais (1755, Io = IX).

Alpes Externes Nord et Alpes Externes Sud englobent les déformations des Alpes Externes, principalement plicatives et de nappes en arc de cercle autour du massif des Alpes. La distinction Nord-Sud, bien qu'arbitraire, reflète la différence de sismicité entre le Vercors et la nappe de Digne. L'événement le plus important de ce domaine est le séisme ligure de 1887 (Io = IX).

Pyrénées matérialise la zone de déformation associée à la collision entre les plaques Europe et Ibérie. Les Pyrénées sont le siège d'une sismicité relativement importante et régulière, en particulier sur le versant français de la partie centre-occidentale de la chaîne (Béarn et Bigorre) où de nombreux séismes d'intensité épicentrale supérieure à VII (MSK) se sont produits (notamment en 1660, 1750, 1854 ,1967 et 1980). Dans la partie orientale de la chaîne, l'activité, nettement plus diffuse, concerne à la fois les versants français et catalans débordant largement sur l'avant pays. Il faut noter que les crises catalanes des 14ème et 15ème siècles (1373, 1427, 1428 – Io = IX) ont eu des effets destructeurs (Intensité > VII) qui ont intéressé une partie importante du sud de la France.

Provence est la zone d'étude. Elle contient la faille des Cévennes à l'ouest et s'arrête à l'est à la bordure occidentale de l'arc de Digne Castellane. Au nord, elle englobe le Diois. Elle caractérise la zone de relais entre les Pyrénées et les Alpes.

Massif Central : domaine où la sismicité est surtout concentrée le long des accidents tardi-hercyniens du nord-ouest (Limousin, faille de la Marche), au contact du domaine armoricain, et au niveau des fossés d'effondrement oligocènes. Ces derniers ont été le siège de quelques séismes destructeurs notamment en 1477 et 1490 (Io = VIII) et la microsismicité y est relativement régulière.

Le domaine sismotectonique utilisé pour évaluer l'aléa sismique dans la région du sud-est est donc largement étendu géographiquement (Figure 2.4.6). Les lois de Gutenberg-Richter des zones à sismicité diffuse ont été établies d'après les catalogues de sismicité historique et instrumentale mixés (Tableau 2). La magnitude maximale observée correspond à la magnitude locale $M_{L(LDG)}$ ou à la magnitude de surface M_S pour la période instrumentale. Pour les séismes historiques connus seulement par leurs effets, la magnitude macrosismique M_M est déduite des intensités observées.

2.4.1.2 DETERMINATION DES SMHV

2.4.1.2.1 Séismes de référence

Les séismes de référence sont obtenus en déplaçant dans leur position la plus pénalisante les séismes maximaux historiquement connus associés à chaque faille ou zone. En ce qui concerne la zone Provence, il a été noté que les séismes du Tricastin sont associés à une région particulière bien que l'accident tectonique à leur origine n'ait pas été identifié précisément. C'est donc le séisme de Roubion (13/05/1901) qui a été déplacé à l'aplomb du Centre.

L'application des règles de déplacement dans les zones et le long des failles actives nous conduit donc à retenir comme Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable (SMHV) le séisme historique caractéristique de la faille de la moyenne Durance (M_L = 5,3) ramené au point le plus proche du site à une distance épicentrale de 5 kilomètres, soit à une distance hypocentrale de 7,1 kilomètres. La méthodologie suivie pour déterminer la magnitude du séisme historique caractéristique de la faille de la moyenne Durance (séisme de Manosque, 1708) est donnée dans la référence [2.4.20].

Cet événement induit une intensité au site de VII-VIII (MSK). On notera que ce séisme couvre les effets induits sur le Centre de Cadarache par le séisme de Lambesc déplacé sur la structure chevauchante Est-Ouest la plus proche.

Le SMS est alors un séisme de magnitude locale 5,8 à la même position hypocentrale, induisant une intensité VIII-IX (MSK) au niveau du site.

Tableau 3 : Séismes de référence (SMHV indiqué en gras)

Faille / Domaine	Date du séisme de référence	Io (MSK)	M_L	Profondeur (km)	Distance épicentrale au site (km)	Distance hypocentrale (km)	Intensité Cadarache (MSK)
Concors	11/06/1909 (Lambesc)	VIII-IX	5,5	10	17	19,7	VII
Vautubière	11/06/1909 (Lambesc)	VIII-IX	5,5	10	9	13,5	VII-VIII
Costes-Trévaresse	11/06/1909 (Lambesc)	VIII-IX	5,5	10	24	26	VI-VII
Provence	13/05/1901 (Roubion)	VII	4,9	4	0	4	VII
Durance	**14/08/1708 (Manosque)**	**VIII**	**5.3**	**5**	**5**	**7,1**	**VII-VIII**

2.4.1.2.2 Spectres SMHV

La Figure 2.4.7 montre les spectres associés pour un amortissement de 5 %, calculés à partir des coefficients de corrélation de la RFS 2001-01. Le spectre SMHV est calé à environ 0,2 g en hautes fréquences avec un maximum de 0,5 g entre 5 et 10 Hz dans le cas de sites à vitesse de cisaillement V_{s30} supérieure à 800m/s. Pour les sites correspondants à des vitesses plus faibles, la valeur de 0,5 g intéresse une plage de fréquences de 4 à 9 Hz.

2.4.1.3 PRISE EN COMPTE DES PALEOSEISMES

Conformément à la RFS 2001-01, une discussion doit être menée sur les niveaux d'intensité et les spectres auxquels on pourrait s'attendre sur le site de Cadarache dans l'hypothèse où des séismes de magnitudes supérieures à celles connues pendant la période historique pourraient se produire, comme le suggèrent les données paléosismiques évoquées plus haut. Cette analyse suppose une méthode de calcul des périodes de retour.

2.4.1.3.1 Méthodologie

La méthode développée à cette fin est inspirée des méthodes probabilistes classiques [2.4.21] et a fait l'objet d'un rapport technique [2.4.22]. Dans cette démarche, tous les séismes potentiels déduits du zonage sismotectonique sont simulés et leur probabilité d'occurrence est calculée. On en déduit ensuite les périodes de retour des intensités par cumul. Ces calculs nécessitent une loi d'atténuation de l'intensité qui a été obtenue en deux étapes. On calcule dans un premier temps un pic d'accélération à l'aide d'une loi d'atténuation établie sur la base de données régionales. Le pic d'accélération est ensuite converti en intensité à l'aide de la loi de Murphy. La loi d'atténuation de l'intensité résultante est en fait très proche de celles établies pour la France dans des études antérieures. L'avantage de cette démarche est qu'elle passe par le calcul d'une grandeur physique, en l'occurrence le pic d'accélération, qui peut être confrontée à des mesures de terrain.

Les périodes de retour sont calculées sur la base de la distribution fréquence - magnitude observée pendant des périodes historiques et instrumentales, à l'intérieur de chaque zone sismotectonique. Les failles sont supposées suivre le modèle du " séisme caractéristique". Les périodes de retour des "séismes caractéristiques" ont été évaluées de façon à ajuster au mieux les données historiques (Figure 2.4.5). Les tests effectués montrent que les distributions obtenues sont peu sensibles aux incertitudes sur les paramètres de la loi de Gutenberg-Richter ou à la géométrie du zonage sismotectonique.

2.4.1.3.2 Évaluation des périodes de retour

Le calcul des intensités sur le site de Cadarache et des périodes de retour associées a été effectué dans le cas où les séismes maximaux du zonage sismotectonique majorent à la fois les magnitudes connues et les estimations déduites des données paléosismiques (Tableaux 1 et 2). Dans ce cas, il apparaît que le site de Cadarache pourrait subir des intensités supérieures aux intensités I_{SMHV} et I_{SMS} obtenues précédemment (Figure 2.4.8). Il ressort ainsi que la période de retour de ce niveau d'intensité sur le site de Cadarache serait, dans cette hypothèse, de l'ordre de 2500 ans pour l'intensité VIII et de 13000 ans pour l'intensité IX. L'absence d'intensités au site supérieures à VII-VIII dans l'échantillon historique est donc compatible avec la petite période couverte par cet échantillon (estimée à 650 ans dans la région) et n'exclut donc pas la possibilité de séisme de plus forte magnitude que celles connues pendant la période historique. Afin de retrouver un niveau de risque comparable à celui attribué au SMS au paragraphe précédent, il faut retenir les séismes correspondant à une intensité IX sur le site de Cadarache. La distribution en distance et magnitude correspondante s'étend d'une magnitude 5.6 en champ proche jusqu'à une magnitude 7 à une distance épicentrale d'au moins 15 km (Figure 2.4.9 et Tableau 4). Les séismes simulés, sur les failles majeures ou dans les domaines de sismicité diffuse qui contribuent à cette distribution, sont présentés en Figure 2.4.10.

Il ressort que, dans l'hypothèse où des séismes de magnitude supérieure aux séismes maximaux connus pourraient se produire, on pourrait atteindre le niveau I_{SMS} aussi bien lors de séismes proches comparables à un séisme de magnitude 5,8 obtenu à l'étape précédente par majoration de 0,5 de la magnitude du SMHV, que lors de séismes plus lointains mais de plus forte magnitude (Tableau 4).

Tableau 4 : Exemples de séismes simulés produisant un niveau d'intensité IX, sur le Centre de Cadarache

Faille / Domaine	M_L	Profondeur (km)	Distance épicentrale au site (km)	Distance hypocentrale (km)	Intensité Cadarache (MSK)
Provence	6,0	10	5	11,2	IX
Provence	6,6	10	10,5	14,5	IX
Durance/Ventoux	7,0	10	15,5	18,5	IX
SMS	5,8	5	5	7,1	VIII-IX

2.4.1.4 SPECTRES DE REPONSE A PRENDRE EN COMPTE

Il apparaît que le spectre SMS ne couvre pas complètement les niveaux de pseudo-accélération attendus aux basses fréquences pour de tels paléoséismes. Bien que les magnitudes de ces paléoséismes soient probablement surestimées à la vue des données néotectoniques, nous suggérons que ces spectres soient aussi pris en compte. Pour couvrir les mouvements sismiques sur l'ensemble de la gamme fréquentielle utile, **on doit retenir, pour la conception des installations, le spectre enveloppe défini par le SMS et un séisme de magnitude 7 situé à 18,5 km** (Figures 2.4.11 et 2.4.12). L'enveloppe de ces spectres est supérieure aux spectres forfaitaires minimaux imposés par la RFS 2001-01.

Notons par ailleurs, que dans le cas où, comme le prévoit la RFS 2001-01, on souhaiterait utiliser d'autres indicateurs que les spectres (par exemple la durée de la phase forte du signal) pour caractériser le mouvement sismique, il conviendrait alors de considérer en outre un séisme de référence « lointain » de magnitude Ms = 6, comparable à la magnitude du séisme de Lambesc majorée de 0,5 (SMS), à une distance hypocentrale de 16,5 km. Toutefois, la prise en compte du séisme de Lambesc selon la démarche de la RFS 2001-01 implique des spectres de réponses inférieurs à ceux proposés plus haut.

2.4.1.5 EFFETS DE SITE

2.4.1.5.1 Effets de site « standards »

Les effets de site sont des amplifications locales des mouvements sismiques dues à la rhéologie des formations superficielles et/ou à des configurations géométriques défavorables. La RFS 2001-01 impose de prendre en compte les effets de site.

Dans la majorité des cas, l'amplification potentielle est à imputer à la présence de couches de géométrie plane de qualité mécanique moindre que le substratum sous-jacent. On parle dans ce cas d'effets de site « 1D » ou « standard » (mais en aucun cas « d'effets de site *particuliers* » qui seront introduits plus loin). Conformément à la RFS 2001-01, ces effets de site sont pris en compte en mesurant la vitesse de propagation moyenne des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres de sol sous l'assise de l'installation considérée (paramètre V_{s30}). En cas de V_{s30} supérieures à 800 m/s, on choisira des spectres de réponse de type « rocher ». En cas de V_{s30} comprises entre 300 m/s et 800 m/s, on choisira des spectres de réponse de type « sédiment ». Selon la RFS, le cas où le paramètre V_{s30} est inférieur à 300 m/s constitue l'un des cas où la présence éventuelle d'un effet de site *particulier* doit être examinée plus spécifiquement.

Depuis sa création, une cinquantaine de logs verticaux de vitesse de cisaillement ont été établis en différents points du Centre de Cadarache, essentiellement avec des mesures de type « cross-hole ». L'examen systématique de ces données permet aujourd'hui d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Le cas où V_{s30} est inférieur à 300 m/s peut être exclu.
- Les installations construites sur les formations calcaires du Mésozoïque (voir Figures 2.3.3 à 2.3.7 du Vol.2 Chap.3 de la PGSE) présentent des V_{s30} en général supérieures à 2000 m/s : le choix de spectres « rocher » est sans équivoque.
- Les installations construites sur les « Brêches et Sables de bases de Cadarache » (voir Figures 2.3.3 à 2.3.7 du Vol.2 Chap.3 de la PGSE) présentent des V_{s30} supérieures à 1200 m/s : Il faut donc à nouveau choisir les spectres « rocher ».
- Pour les installations construites sur des formations plus récentes (sables et grès de la Sicarde, formations quaternaires), il est nécessaire de réaliser des mesures de type cross-hole spécifiques au site étudié. En effet, dans certains cas, les spectres « rocher » seront licites (site AGATE, CASCAD par exemple) alors que dans d'autres cas, ce sont les spectres « sédiments » qu'il faudra choisir (site LEFCA, EOLE-MINERVE par exemple). En cas d'absence de mesures spécifiques ou en cas de variation latérale à l'échelle de l'installation impliquant des V_{s30} tantôt inférieures, tantôt supérieures à 800 m/s, il s'agira de prendre en compte l'enveloppe des spectres « rocher » et « sédiments ».

2.4.1.5.2 Analyse des effets de site particuliers potentiels

Selon le RFS 2001-01, un effet de site *particulier* correspond à un contexte qui impliquerait des amplifications locales qui iraient au delà de l'amplification liée à la réponse monodimensionnelle du sol (effet de site standard). Ce type d'amplification de caractère exceptionnel peut s'envisager dans le cadre d'une cuvette sédimentaire ou de forte topographie[2]. La présence d'un effet de site *particulier* avéré implique la nécessité de majorer les spectres de réponses à retenir pour le dimensionnement des installations, bien que les modalités de cette majoration ne soient pas spécifiées par la RFS 2001-01 [2.4.4].

Compte tenu de la géomorphologie sur site de Cadarache caractérisée par la présence d'une paléovallée associée à la formation d'un petit graben et des processus d'incisions qui ont suivi (cf. Vol.2 Chap.3 de la PGSE), il est licite de s'interroger sur la présence potentielle d'effets de site *particuliers*. De nombreuses études méthodologiques et appliquées à Cadarache ont été menées sur ce sujet [2.4.22].

En différents points du Centre, des études site-spécifiques ont ainsi d'ores et déjà démontré que le caractère « multidimensionnel » de la géologie du site ne majorait pas l'amplification associée à la réponse monodimensionnelle du site. Pour ces sites, l'amplification relève donc du cas « 1D », couvert

[2] Dans le cas de Cadarache, le cas où V_{s30}<300 m/s pouvant être exclu, nous n'aborderons pas ce cas de figure dans le paragraphe dédié aux effets de site particulier.

par les spectres « standard ». L'effet de site *particulier* a donc pu y être exclu. Les études conduites à ce jour ne peuvent toutefois pas être généralisées compte tenu de la variabilité latérale des formations de Cadarache. Il sera donc nécessaire de conduire ce type d'étude site-spécifique, en suivant la démarche proposée dans le document [2.4.22], à l'occasion du déploiement de nouvelles installations ou dans le cadre des réexamens de sûreté, et ce, pour les installations assises sur les formations miocènes ou plus récentes du site.

Dans le cas de Cadarache, l'absence de majoration de l'amplification liée au caractère multidimensionnel réel de la géologie du site s'explique par le fait que les contrastes de vitesses sont généralement faibles (on observe des gradients de vitesse, mais rarement de forts contrastes généralisés à l'échelle des longueurs d'ondes des mouvements sismiques à considérer). Par ailleurs, même si les formations de remplissage de la paléovallée présentent des caractéristiques mécaniques moindres que l'encaissant calcaire, ces dernières restent favorables, comme l'indique les mesures de V_{s30} qui y dépassent souvent les 800 m/s.

2.4.1.6 NOUVEAUX ELEMENTS

2.4.1.6.1 Profondeur d'enracinement de la faille de la Moyenne Durance

Les études d'aléa sismique établissant les spectres à retenir pour les INB du Centre de Cadarache utilisent l'hypothèse très conservative d'un paléoséisme de magnitude 7.

Des études récentes, tant sur la géométrie de la structure profonde du système de faille [2.4.23] que sur la microsismicité [2.4.24] montrent un découplage entre les structures « superficielles » affectant la couverture sédimentaire et dont l'activité transpressive actuelle est avérée, et les structures plus profondes, en faille normale, qui affectent le socle et dont l'activité est sinon nulle, en tout cas très faible.

L'application des lois d'échelle à ces nouvelles observations montre que la magnitude maximale qui pourrait être portée par la faille de la Moyenne Durance se situe entre 6,3 et 6,5.

2.4.1.6.2 Linéament Corbières-Saint Eucher

Certains auteurs postulent la présence d'un segment de faille plurikilométrique, démarrant au village de Corbières jusqu'au lieu dit « Saint Eucher », voire jusqu'à Saint-Paul-lez-Durance [2.4.24], [2.4.25], [2.4.26]. Ce segment se situerait donc plus à l'Est que le segment de faille cartographique majeure, situé dans l'axe Sainte-Tulle – Beaumont-de-Pertuis et sur lequel une sismicité historique est avérée.

Guignard et al. proposent l'existence de ce segment sur la base de deux arguments géomorphologiques [2.4.26]. Le premier correspond à une déviation systématique du tracé des talwegs accueillant le réseau hydrographique secondaire temporaire selon une géométrie en baïonnettes sénestres. Ces déviations sont effectives et marquent un linéament au sens large du terme. Le second argument porte sur les profils altimétriques des fonds de talweg qui semblaient marquer une anomalie au passage du linéament.

Depuis, plusieurs études complémentaires ont été menées : mesure précise du profil altimétrique des fonds de talwegs par GPS différentiel, analyse morphologique des interfluves, tomographie électrique [2.4.27] et cartographie géologique haute résolution systématique de la zone [2.4.28].

La mesure par GPS différentiel du profil altimétrique des fonds de talwegs n'a révélé aucune anomalie significative ; ce qui avait été précédemment interprété par Guignard et al. [2.4.26] relevait en fait d'un artéfact de calcul (utilisation d'un modèle numérique de terrain de résolution trop faible).

La cartographie de la zone a révélé de petites failles à l'affleurement dans le conglomérat de Valensole sur la route D122 (entre Corbières et Beaumont-de-Pertuis) [2.4.27], mais ces petits accidents se situent largement à l'Ouest du linéament. A l'inverse, la présence de hautes terrasses quaternaires a été mise en évidence au niveau des baïonnettes (Borgo).

Plusieurs profils de tomographies électriques ont été réalisés : deux sur les interfluves dans la zone du linéament et un plus à l'Ouest, sur la D122 le long de l'affleurement où les petites failles avaient été découvertes [2.4.27]. Sur les profils situés sur les interfluves, des anomalies électriques marquées pourraient suggérer la présence de failles. Toutefois, ici encore, ces dernières ne s'alignent pas sur les anomalies géomorphologiques. De plus et surtout, le profil réalisé le long de l'affleurement de la D122 montre également des anomalies, mais ces dernières ne sont pas corrélées aux failles affleurantes (il existe des anomalies non associées aux failles en surface et les failles en surface ne génèrent pas nécessairement d'anomalie). Compte tenu de ces éléments et du fait que les formations de Valensole peuvent être localement très hétérogènes (lentilles d'argile notamment), nous considérerons que l'interprétation des profils de tomographie électrique est trop aléatoire dans ce contexte.

Certains auteurs [2.4.24] proposent de prolonger le segment jusqu'à Saint-Paul. La cartographie haute résolution systématique de la zone [2.4.28], complétée par les travaux de S. Molliex [2.4.27], n'a toutefois révélé aucune observation tectonique dans les formations Miocène, Pliocène et Quaternaire du flanc Nord de la colline de Saint-Eucher où les conditions d'affleurement sont pourtant relativement bonnes.

L'analyse morphologique des interfluves montre un basculement de la surface d'abandon des poudingues de Valensole dans cette zone, attestant d'une déformation tectonique, compatible en mécanisme et en vitesse avec l'activité du segment cartographique de la faille de la Moyenne Durance [2.4.27]. Pour finir, il est nécessaire de mentionner les travaux de l'IRSN [2.4.24] sur la micro-sismicité de la zone. Un essaim assez diffus de microséismes est effectivement présent dans la zone de Saint-Eucher, mais ces derniers ne s'alignent pas (en fait, la précision de la localisation des foyers ne permettrait probablement pas une telle mise en évidence).

Ces différents éléments démontrent l'existence d'une déformation répartie et diffuse à l'Est de la faille de la Moyenne Durance et jusqu'au linéament de Corbières - Saint Eucher (basculement, petites failles, micro-sismicité). Toutefois, aucune des études engagées n'a permis de révéler l'existence ou l'activité d'une structure plurikilométrique susceptible de générer des séismes de forte magnitude. Le seul argument de l'alignement des déflections du réseau hydrographique secondaire n'est pas suffisant, d'autant plus que ce dernier pourrait être lié a des processus sédimentaires dans un contexte de déformation diffuse (ré-incision des talwegs dans les hautes terrasses selon une direction légèrement différente de l'axe d'écoulement précédent).

La déformation répartie de la zone pourrait être susceptible de générer des séismes modérés (M<5), mais ces derniers sont couverts, en terme d'aléa, par le « SMS » (M=5,8) situé sur le segment cartographique majeur de la faille de la Moyenne Durance.

2.4.1.6.3 Chevauchement de Vinon et indice Maragratte

Une analyse néotectonique avait été réalisée dans le secteur de Vinon-sur-Verdon pour le compte du CEA [2.4.29] à la fin des années 1990. A cette occasion, des indices suggérant une faille potentiellement active ont été observés à proximité du lieu-dit « Maragratte » (également identifié sur certaines cartes avec la toponymie « Maragrate » ou « Malagrate »). Les auteurs proposent qu'il pourrait s'agir d'une faille secondaire associée au chevauchement de Vinon, qui est un accident de direction Est-Ouest situé à quelques kilomètres au nord du Centre de Cadarache.

La mise en évidence de cet indice pose deux questions :

1/ Quelle est l'extension de la faille (que nous appellerons « faille de Maragratte ») où l'indice a été effectivement observé ?
2/ Le chevauchement de Vinon (seule structure plurikilométrique existante à proximité de l'indice mais distinct de la faille de Maragratte) doit-il être considéré comme actif ?

Les travaux récents de cartographie géologique [2.4.28] se sont particulièrement intéressés à la zone. Il n'a pas été possible de suivre l'accident sur plus de quelques dizaines de mètres. La « faille de Maragratte » semble donc être d'une extension limitée. Sur le chevauchement de Vinon même, un contrôle systématique des lieux où Morabito [2.4.30] avait affirmé avoir identifié des formations miocènes chevauchées par les formations mésozoïques a été réalisé. A aucun endroit de telles observations n'ont pu être confirmées. Si des formations miocènes sont bien présentes, ces dernières ne sont pas affectées

par la tectonique et « cachettent » le chevauchement de Vinon, confirmant la position du CEA exprimée dans la précédente version de la PGSE. Seul de l'Eocène est chevauché (observation visible à l'Est de Saint-Julien-le-Montagnier), marquant la dernière activité significative du chevauchement lors de la phase tectonique pyrénéo-provençale.

Sur les plans de faille du chevauchement de Vinon (dans le village de Vinon-sur-Verdon même), un travail microtectonique systématique d'analyse des stries a été réalisé [2.4.27]. Certaines directions sont compatibles avec les directions tectoniques des phases alpines précoces, mais les dernières phases ne sont pas représentées.

Ces dernières études nous permettent de conclure que l'indice de Maragratte reste une observation isolée qui ne peut en aucun cas être généralisée comme étant la preuve d'une activité paléosismique d'une faille d'extension plurikilométrique. Il serait opportun d'analyser ces observations sous l'angle de glissements de terrain potentiellement liés au tassement ou au fluage des matériaux marneux de remplissage des canyons messiniens.

2.4.1.6.4 Cartographie systématique de Cadarache

Le travail de cartographie systématique haute résolution du Centre de Cadarache et de ces alentours [2.4.28], déjà largement commenté et qui a cumulé près de 300 journées de géologues spécialistes sur le terrain, n'a relevé sur le Centre et dans ses environs proches aucune faille affectant les formations récentes. La présence de « failles capables » impactant les INB du site de Cadarache peut être exclue.

2.4.1.6.5 Mise à jour du catalogue de sismicité instrumentale

Dans le cadre d'une étude réalisée pour le site de Marcoule [2.4.31], une mise à jour de la sismicité provençale, également applicable pour Cadarache, a été conduite en 2010. Ce complément de données ne remet pas en cause l'analyse de l'aléa définie pour Cadarache.

2.4.2 INSTRUMENTATION SISMIQUE

Plusieurs systèmes d'instrumentation sismique sont mis en œuvre à différentes échelles.

A l'échelle des installations elles-mêmes, certaines INB possèdent localement des systèmes automatiques de mise en condition sûre en cas de séisme fort en mettant en œuvre des accéléromètres, généralement placés au radier. Nous ne détaillerons pas ces systèmes puisqu'ils ne relèvent pas de la PGSE.

A l'échelle du Centre de Cadarache, deux systèmes accélérométriques sont mis en œuvre. Le premier est destiné à informer en temps réel la FLS de dépassement de seuils, le second à enregistrer complètement les mouvements du sol (« séries temporelles ») afin de pouvoir des exploiter ultérieurement dans le cadre d'études post-sismiques du comportement des installations. Nous reviendrons plus bas sur ces deux systèmes.

Finalement, à l'échelle régionale et nationale, rappelons l'existence des réseaux « LDG » et « RéNaSS ». Le réseau « LDG », géré par le CEA/DASE, dispose d'une quarantaine de stations équipées de sismographes courte période très sensibles. Une dizaine de ces stations est implantée dans le Sud-Est. Sa capacité de détection au niveau de la Provence permet la localisation de tout séisme de magnitude supérieure à 2. L'enregistrement en continu de toutes les données lui assure par ailleurs une capacité d'expertise en cas d'évènement douteux. Le CEA/DASE a également en charge l'alerte en cas de fort séisme en France et diffuse ses messages d'alerte vers les autorités gouvernementales et les différents centres CEA. Le réseau RéNaSS regroupe les différents réseaux universitaires français. Dans ce cadre, une vingtaine de capteurs opérés par les universités de Nice, Marseille et Grenoble et coordonnés par le RéNaSS (Strasbourg) complètent l'instrumentation très dense de cette région.

Notons pour mémoire que l'IRSN a exploité depuis la fin des années 1990 et sur une période d'une dizaine d'années un réseau local d'études de la faille de la Moyenne Durance comprenant une dizaine de stations équipées de sismographes et/ou d'accélérographes permettant de suivre précisément la microsismicité sur cet accident tectonique. Ce réseau avait été développé à des fins scientifiques. Il est aujourd'hui démantelé (seuls quelques accéléromètres ont été maintenus et intégrés au réseau « RAP » (Réseau Accélérométrique Permanent français).

2.4.2.1 ACCELEROMETRES DECLENCHANT UNE ALERTE EN CAS DE DEPASSEMENT DE SEUILS

Implantés dans le bâtiment 252, dans le sud-est du Centre de Cadarache, trois accéléromètres distincts permettent de signaler le dépassement de trois seuils (0,01 g, 0,1 g et 0,2 g). Si les seuils de détection sont dépassés, le système émet un signal d'alerte au PC sécurité de la FLS du Centre de Cadarache. L'implantation de ce système est donnée sur la Figure 2.4.13.

2.4.2.2 ENREGISTREMENT DE SERIES TEMPORELLES DES MOUVEMENTS FORTS

Deux accéléromètres à trois composantes sont déployés sur le Centre de Cadarache (Figure 2.4.13). Leur objectif est de disposer de signaux de référence en cas de mouvements forts à proximité du Centre de Cadarache et tenir ces signaux à disposition de l'exploitant. Le système assure l'enregistrement des données nécessaires à l'analyse de la réponse des sites. Ces deux capteurs sont installés en champ libre, c'est-à-dire à une distance suffisante d'un bâtiment afin de s'affranchir de perturbations pouvant être liées à la structure. Pour tenir compte des amplifications du sol selon la nature des terrains géologiques, un des capteurs (CAD1) est installé sur un terrain calcaire, au rocher, au Sud du bâtiment LECA. Un second capteur (CAD2) est installé en zone alluvionnaire, dans l'enceinte de la station de contrôle météo [2.4.32]. Chaque capteur est couplé à des coffrets de numérisation à 100 Hz et transmet ses données par voie hertzienne vers une station de centralisation des données. Les capteurs accélérométriques sont de type AC-23 de marque SIG, triaxiaux, de grande dynamique, conçus pour les mesures de terrain et les applications industrielles. La station CAD1 « au rocher » est alimentée par panneaux solaires. La station CAD2 en zone alluvionnaire est alimentée en 220V.

Les données sont transmises par voie hertzienne vers une station de centralisation située au niveau du bâtiment SPR, où elles sont enregistrées sur un PC en continu. Les fichiers sont créés au format « fonyx », format standard du DASE. La surveillance de la station de centralisation des données est assurée quotidiennement par le service SPR. La procédure de surveillance est décrite dans la note « Procédure de surveillance du PC d'acquisition de données » [2.4.33].

Le système peut être également surveillé depuis la salle de contrôle des réseaux du CEA/DASE à Bruyères-le-Châtel grâce à une liaison RNIS et au même logiciel de supervision CRISTAL. Cette liaison permet le rapatriement à la demande des données, par exemple en cas de séisme, au CEA/DASE où les signaux peuvent être expertisés.

A noter que des actions sont en cours afin de fusionner et améliorer les performances des deux systèmes accélérométriques actuels.

2.4.3 CONCLUSION

L'application de la RFS 2001-01 au site de Cadarache conduit donc à retenir un SMS de magnitude 5,8 à une distance hypocentrale de 7,1 km et un niveau sismique pour la conception des ouvrages enveloppe des niveaux SMS et paléoséisme de magnitude 7 à une distance hypocentrale de 18,5 km.

Dans le cas où on souhaiterait, comme le prévoit la RFS 2001-01, utiliser d'autres indicateurs que le spectre, il conviendra de considérer en outre un séisme « lointain » de magnitude 6 à une distance hypocentrale de 16,5 km.

Les spectres correspondant au SMHV, au SMS et au paléoséisme en fonction des différents taux d'amortissements sont disponibles en [2.4.34].

Ces valeurs ont reçu l'approbation de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (lettre DSIN/FAR 50677/01 du 14 décembre 2001).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.4.1] RFS I.2.c du 01/10/1981 – Détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour la sécurité des installations (réacteurs).

[2.4.2] RFS I.3.b du 8/06/1984 – Instrumentation sismique.

[2.4.3] RFS I.I.c du 7/10/1992 - Détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour la sécurité des installations (INB autres que réacteurs).

[2.4.4] RFS 2001-01 du 16/05/2001 – Détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de surface.

[2.4.5] AVOUAC J.P., NICOLAS M., BOTTARD S., SCHLUPP A., RODRIGUES D. et GACHON A., Proposition d'application de la nouvelle RFS I.2.c pour l'évaluation de l'aléa sismique sur le Centre de Cadarache, CEA/DIF/DASE/LDG 61, 1999.

[2.4.6] SIRENE, Sismicité historique de la France, CEA/IPSN-BRGM-EDF, version 1996.

[2.4.7] CEA/LDG - Fichier de la sismicité instrumentale de la France et des régions limitrophes (1962-1997).

[2.4.8] NICOLAS M., SANTOIRE J. P. and DELPECH P.Y. - Intraplate seismicity : new seismotectonic data in Western Europe, Tectonophysics, 179, 27 - 53, 1990.

[2.4.9] GRELLET, B., COMBES, P., GRANIER, T. and CUSHING M., The Durance Fault system, 5th international conference of seismic zonation, Nice, France, 1995.

[2.4.10] CUSHING M., GRELLET B., COMBES P. et GRANIER T., Ruptures de surface en France dans le Plio-quaternaire, 3e colloque national de génie parasismique, A.F.P.S, St Rémy les Chevreuse, France, 11-12, 1993.

[2.4.11] GHAFIRI A., Paléosismicité de failles actives en contexte de sismicité modérée : application à l'évaluation de l'aléa sismique dans le Sud-Est de la France, Thèse Université Paris XI Orsay, 1995.

[2.4.12] SÉBRIER M., GHAFIRI A. et BLES J.L., Paleoseismicity in France : fault trench in a region of moderate seismicity, J. GEODYN., 24 : 207-217, 1997.

[2.4.13] SCHLUPP A., CLAUZON, G., et AVOUAC J.P., Mouvement post-messinien sur la faille de Nîmes : implications pour la sismotectonique de la Provence, Bull. Soc. Géol. France, t.172, n°6, 697-711, 2001.

[2.4.14] PASQUAL G., Présence d'une faille à rejeu quaternaire au Cellier des Princes, Courthézon (Vaucluse), Géol. Médit., V, n°3, p. 325-326, 1978.

[2.4.15] COMBES P., CARBON D., CUSHING M., GRANIER T. et VASKOU P., Mise en évidence d'un paléoséisme pléistocène supérieur dans la vallée du Rhône : implications sur les connaissances de la sismicité de la France, C. R. Acad. Sci., t.. 317, Série II, p. 689-696, 1993.

[2.4.16] PHILIP H., La tectonique actuelle et récente dans la domaine méditerranéen et ses bordures, ses relations avec la sismicité, Thèse d'état, USTL, Montpellier, 1983.

[2.4.17] TERRIER M., Néotectonique de la Provence occidentale : vers une analyse multicritère des déformations récentes. Application à la classification des structures sismogènes, Thèse Université de Provence (Aix - Marseille 1), 1991.

[2.4.18] WELLS D.L., et COPPERSMITH, K.J., New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement, Seismological Society of America, v 84, 974-1002,1994.

[2.4.19] CORNELL C.A., Engineering seismic risk analysis, Bull. Seis. Soc. Am., 58, 5, 1583-1606, 1968.

[2.4.20] MARIN S., AVOUAC, J.-Ph., NICOLAS M. & SCHLUPP A. A Probabilistic Approach to Seismic Hazard in Metropolitan France. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 6, pp. 2137–2163, December 2004.

[2.4.21] BOTTARD S., AVOUAC JP., NICOLAS M., et SCHLUPP A., Proposition d'une méthode pour la détermination des intensités macrosismiques et de leurs périodes de retour, CEA/DIF/DASE/LDG N°115, 1999.

[2.4.22] HOLLENDER F., Synthèse des travaux réalisés dans le cadre du projet « Cashima 2008 - effets de site particuliers », CEA/DEN/CAD/DPIE/SA2D DO250 du 18/12/2008.

[2.4.23] HOLLENDER F., CUSHING E.-M., MOLLIEX S., FLEURY J., BOLLINGER L., COMBES Ph., RENOUX P., BELLIER O., HANOT F., TERRIER M. & GUYONNET-BENAIZE C., Deep Geometry of the Middle Durance Faults System (SE of France): Reprocessing and New Interpretation of Reflection Seismic Sections, Provence' 2009 International Conference, Aix-en-Provence 6-8 juillet 2009, Communication n°130.

[2.4.24] CUSHING E. M, BELLIER O., NECHTSCHEIN S., SÉBRIER M., LOMAX A., VOLANT PH., DERVIN P., GUIGNARD P. and BOVE L., A multidisciplinary study of a slow-slipping fault for seismic hazard assessment: the example of the Middle Durance Fault (SE France), Geophys. J. Int. (2008) 172, 1163–1178. 2008.

[2.4.25] CUSHING E.-M. et BELLIER O., Faille de la Moyenne Durance : précisions concernant le tracé en surface de la faille entre Pertuis et Château Arnoux, Note technique IRSN n° 03.21. 2003.

[2.4.26] GUIGNARD P., BELLIER O. et CHARDON D., Géométrie et cinématique post-oligocène des Failles d'Aix et de la Moyenne Durance (Provence, France), Compte Rendu à l'Académie des Sciences, C. R. Géoscience 337, 375–38. 2005.

[2.4.27] MOLLIEX S., Caractérisation de la déformation tectonique récente en Provence (Sud-Est France). Thèse de l'Université Paul Cézanne, Aix-Marseille III. 2009.

[2.4.28] BORGOMANO J. et al., Cartographie géologique haute résolution et nouvelles données de la région de Cadarache. Rapport Université de Provence. 2010.

[2.4.29] Projet ITER CADARACHE, Reconnaissances géologiques et sélection de trois sites candidats, 2 vol., CEA DSM/DRFC, GEO-TER, CEA DCC/DESD, GEE, n° RT PIAC 052/Rev.0, Mars 1996.

[2.4.30] MORABITO J., Evolution tectonique des régions du Bas-Verdon. Bull. Soc. géol. de France (7), IX, p.585-592. 1967.

[2.4.31] MARIN S. et BOLLINGER L., Détermination des mouvements sismiques prendre en compte pour la sûreté des installations nucléaires du site de Marcoule - Réponses aux questions formulées par l'IRSN dans le cadre des réexamens de sûreté des installations MAR 400 et lSAI. CEA/DIF/DASE/LDG/137/DO. 2010.

[2.4.32] Réseau accéléromètres Cadarache : Caractéristiques du système et des stations, CEA/DIF/DASE/LDG DO 77 du 21/03/2001.

[2.4.33] Procédure de surveillance du PC d'acquisition de données, CEA/DIF/DASE/STMG 85 du 28/03/2001.

[2.4.34] Données sismiques pour les INB de surface du site de Cadarache. Note DSNQ/MSN/FT/015 Ind. 0 du 08/01/2002.

LISTE DES FIGURES

Figure 2.4.1 Carte sismotectonique du Sud-Est.

Figure 2.4.2 Intensités maximales (MSK) observées en Provence d'après la base SIRENE 96.

Figure 2.4.3 Carte macrosismique du séisme de Lambesc (11/06/1909, Io = VIII-IX (MSK).

Figure 2.4.4 Zonage sismotectonique de la Provence et des régions adjacentes.

Figure 2.4.5 Distribution en fréquence et magnitude pour l'ensemble des séismes historiques et instrumentaux en Provence.

Figure 2.4.6 Zonage européen.

Figure 2.4.7 Spectres de réponse SMHV (séisme de magnitude 5,3 à 7,1km).

Figure 2.4.8 Prise en compte des paléoséismes : intensités sur le Centre de Cadarache et périodes de retour associées.

Figure 2.4.9 Prise en compte des paléoséismes : distribution magnitude - distance des séismes simulés correspondant à l'intensité IX sur le Centre de Cadarache.

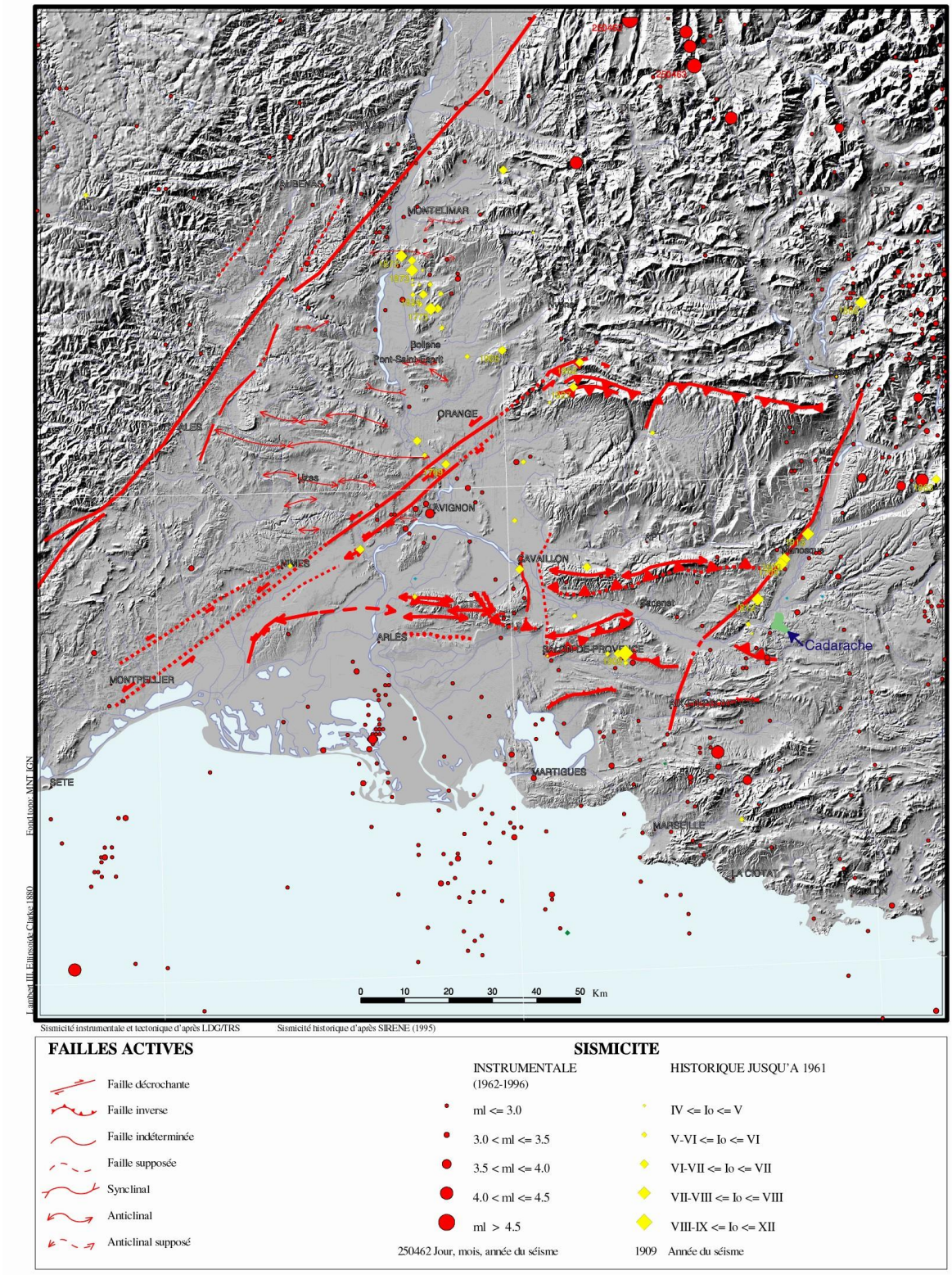
Figure 2.4.10 Distribution des séismes produisant des intensités IX.

Figure 2.4.11 Spectres de réponse SMS. Cas avec V_{s30} > 800m/s.

Figure 2.4.12 Spectres de réponse SMS. Cas avec 300m/s< V_{s30} < 800m/s.

Figure 2.4.13 Localisation des stations accélérométriques de Cadarache.

Figure 2.4.1 : Carte sismotectonique du Sud-Est



Séismes historiques d'après la base SIRENE 96, séismes instrumentaux d'après le catalogue du LDG (1962-97). Topographie IGN ombrée.

Figure 2.4.2 : Intensité maximales (MSK) observées en Provence d'après la base SIRENE 96

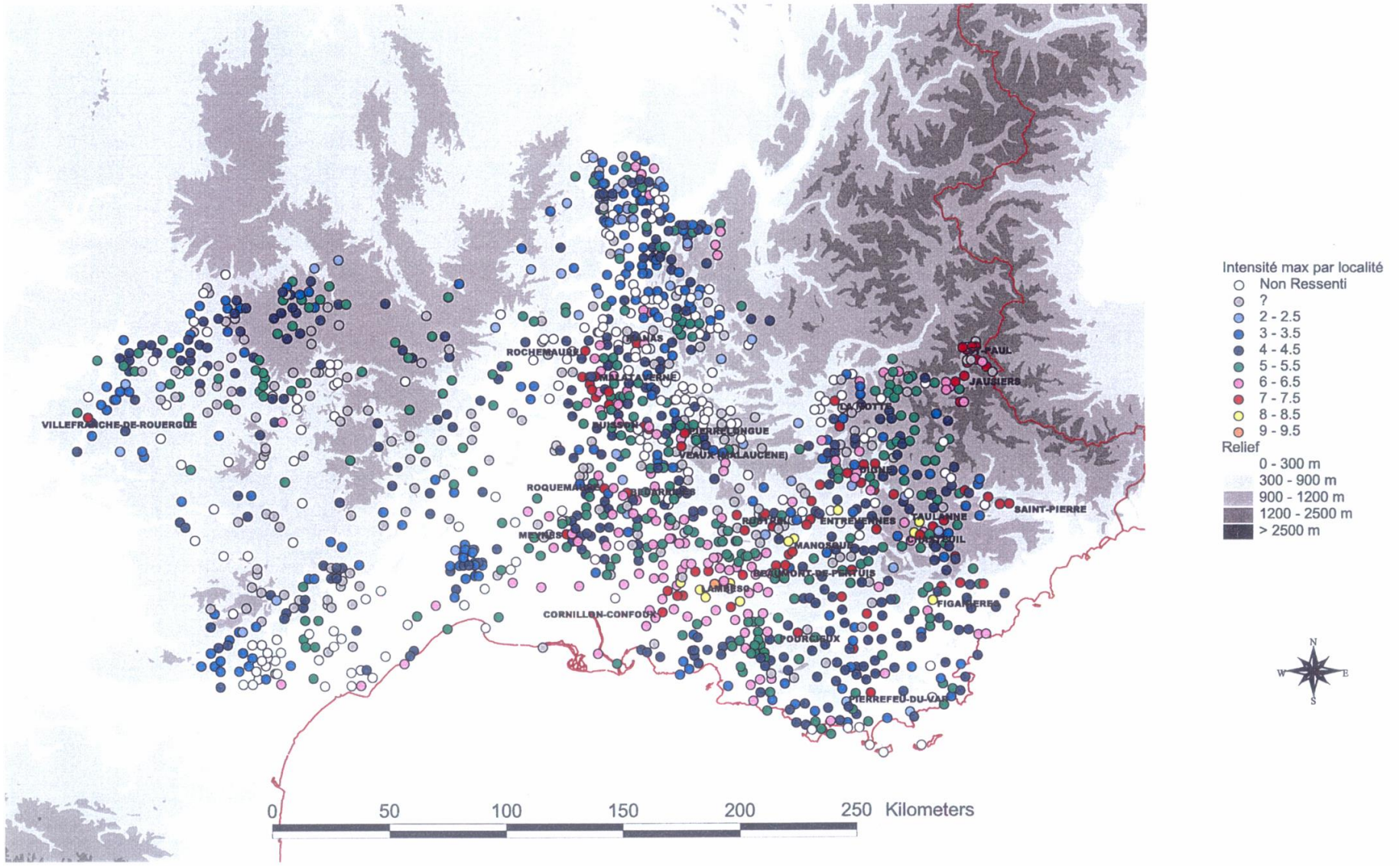


Figure 2.4.3 : Carte macrosismique du séisme de Lambesc (11/06/1909, Io = VIII-IX MSK)

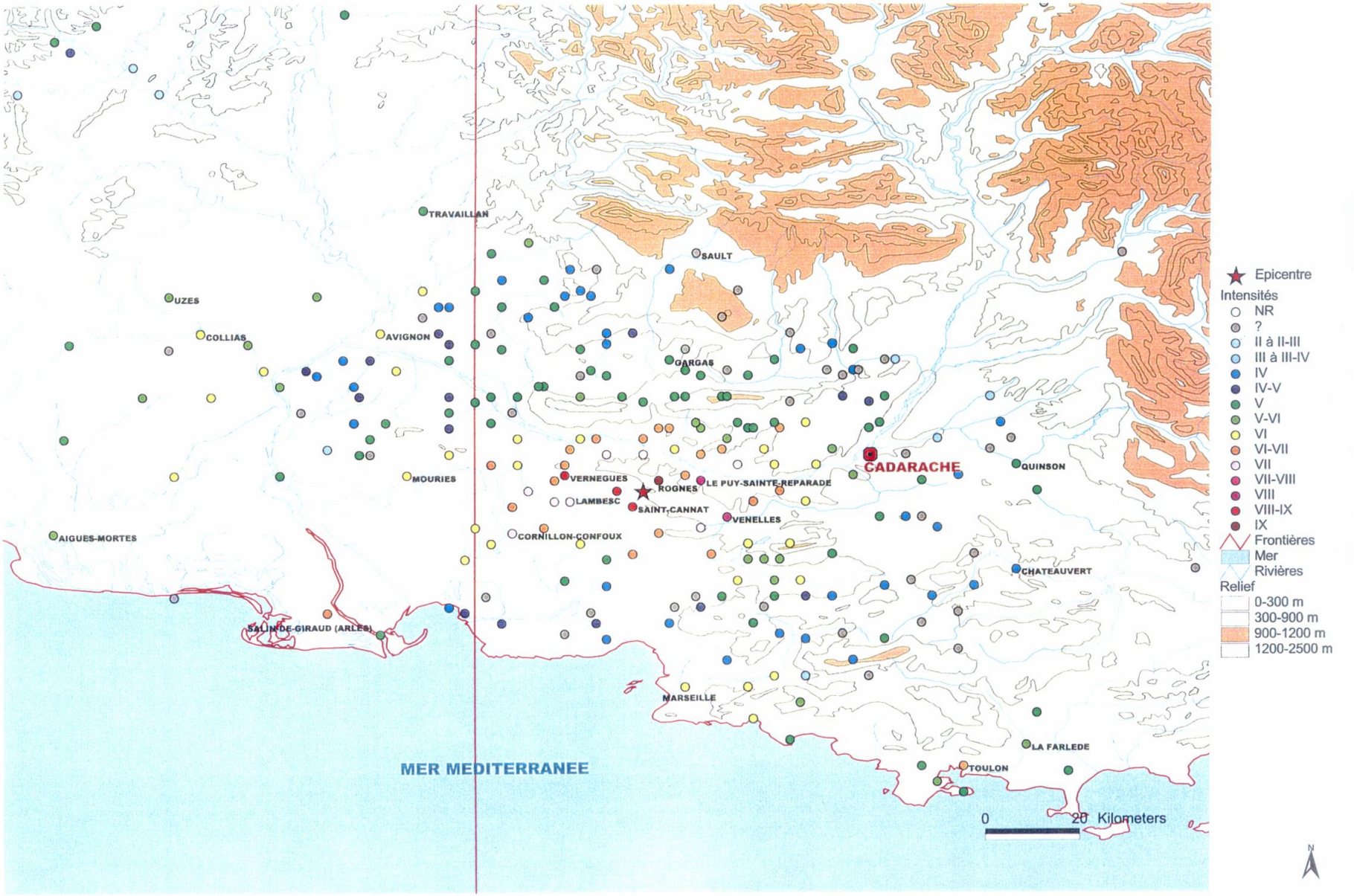


Figure 2.4.4 : Zonage sismotectonique de la Provence et des régions adjacentes.

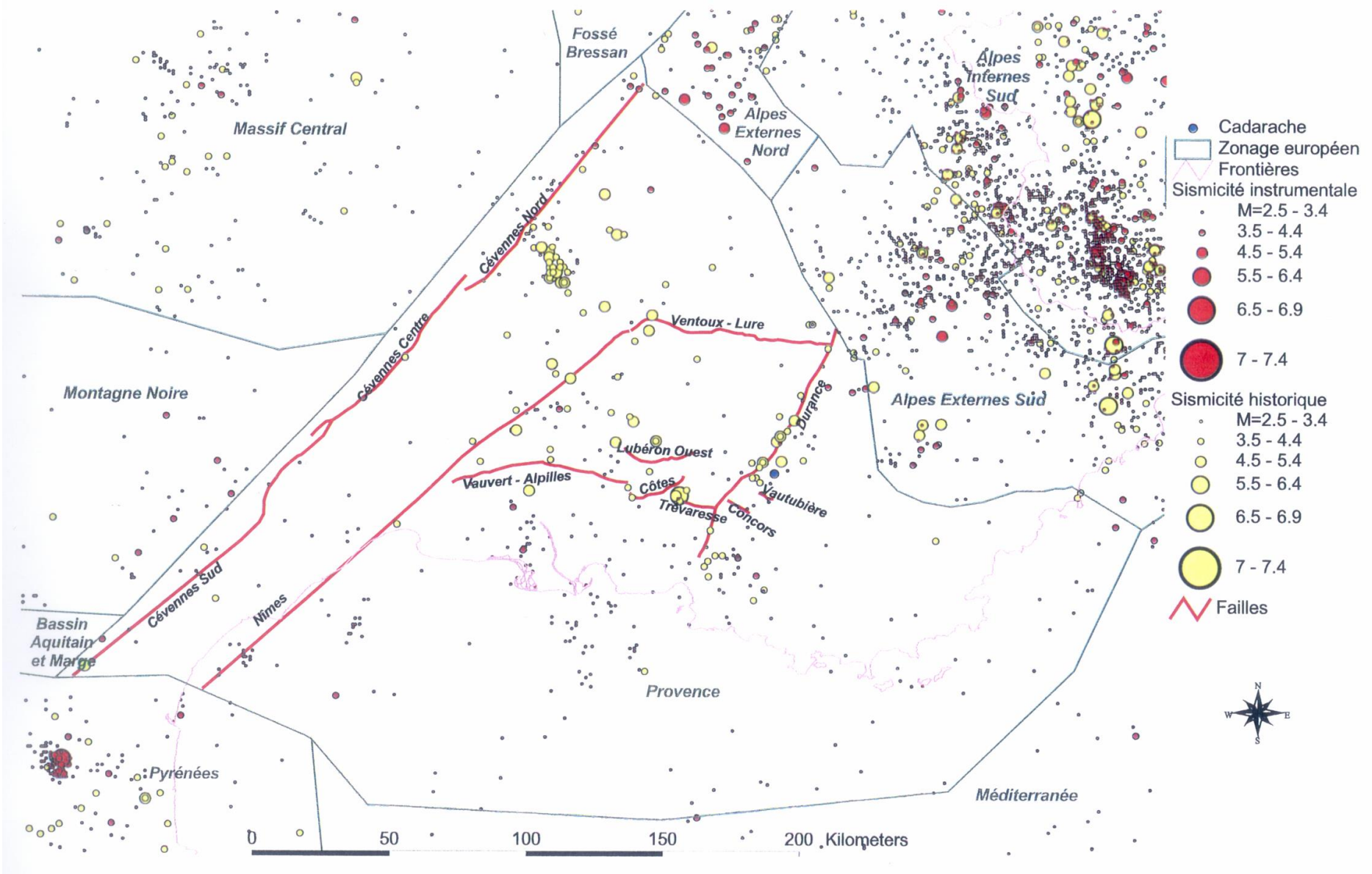


Figure 2.4.5 : Distribution en fréquence et magnitude pour l'ensemble des séismes historiques et instrumentaux en Provence.

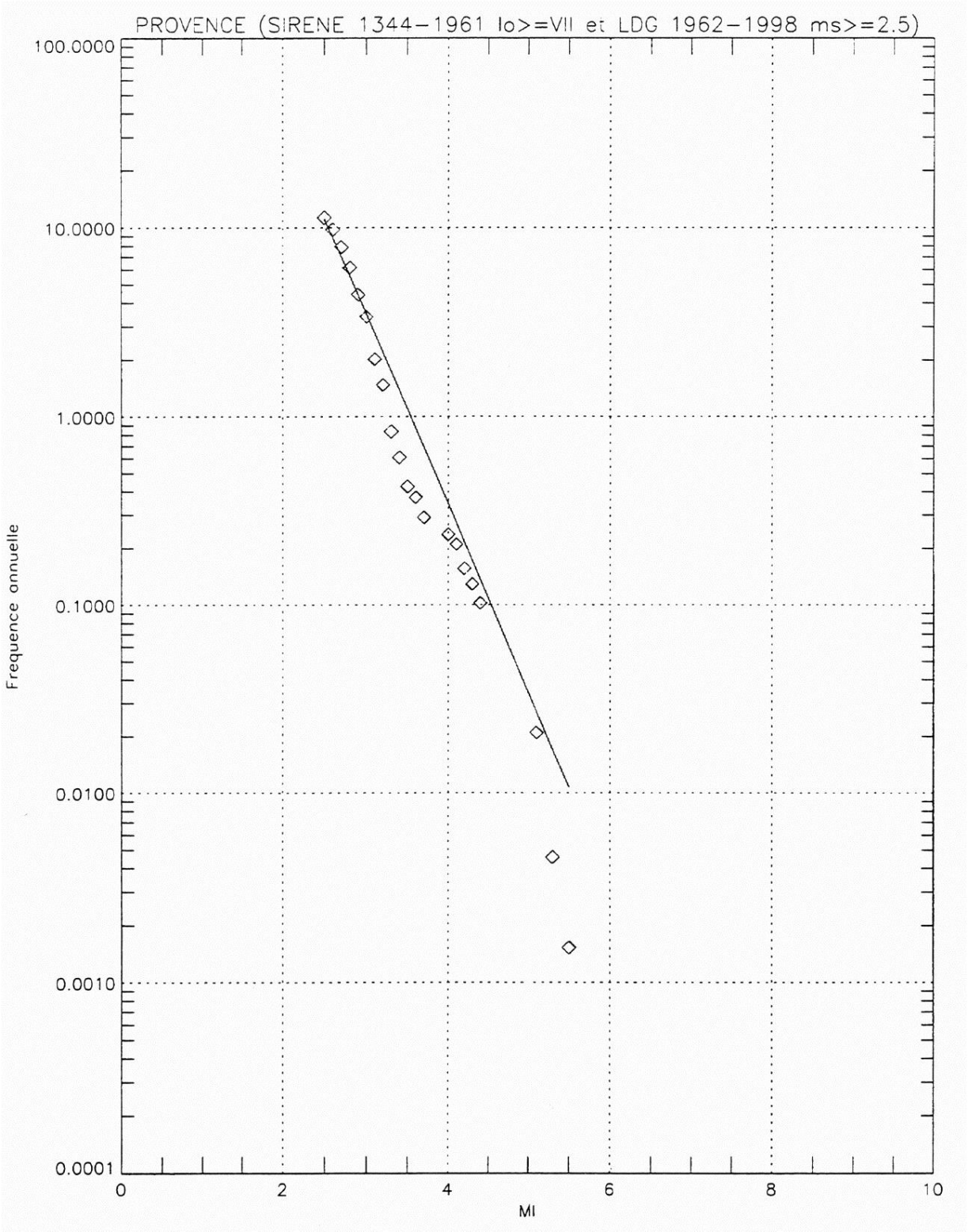


Figure 2.4.6 : Zonage européen.

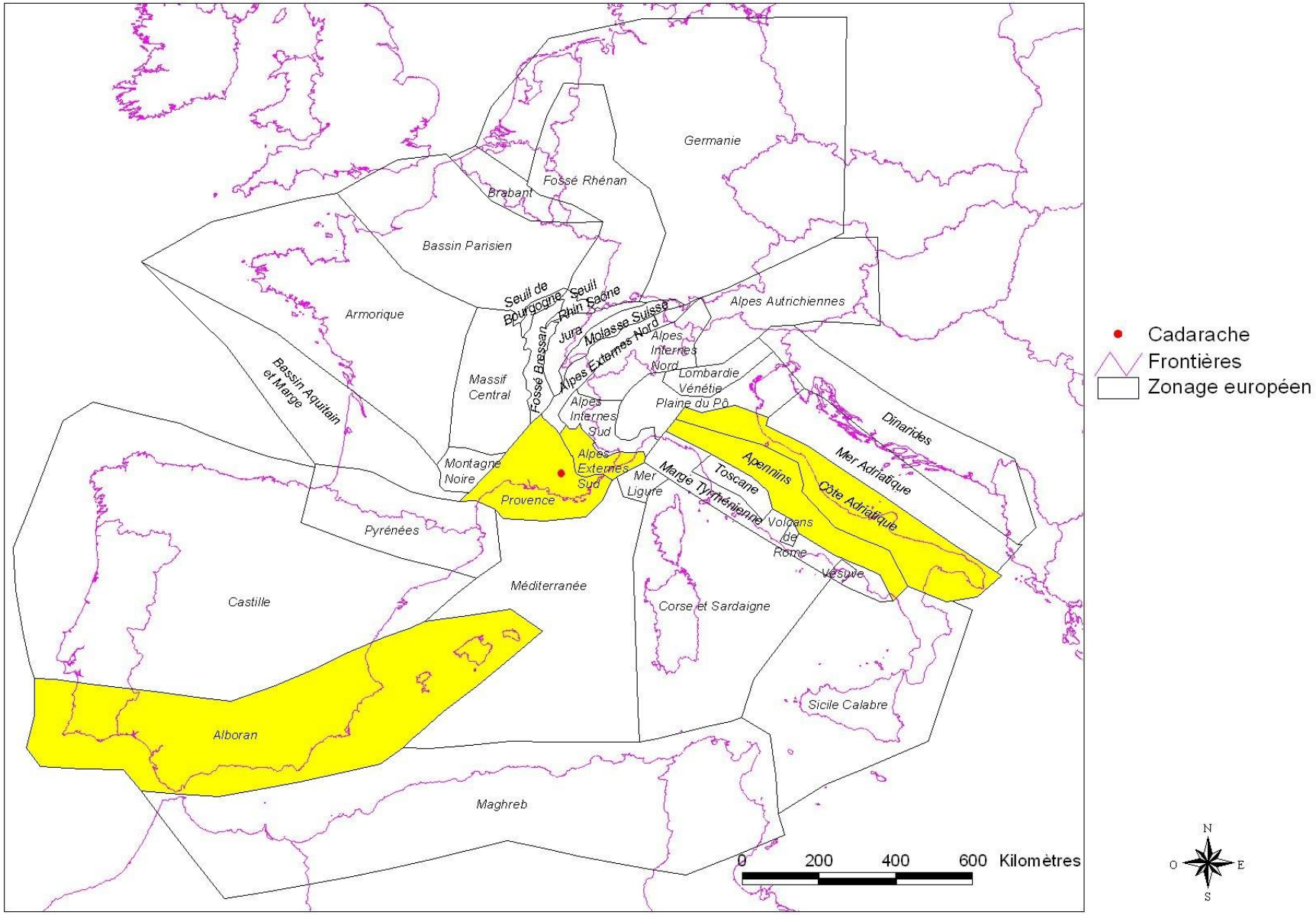
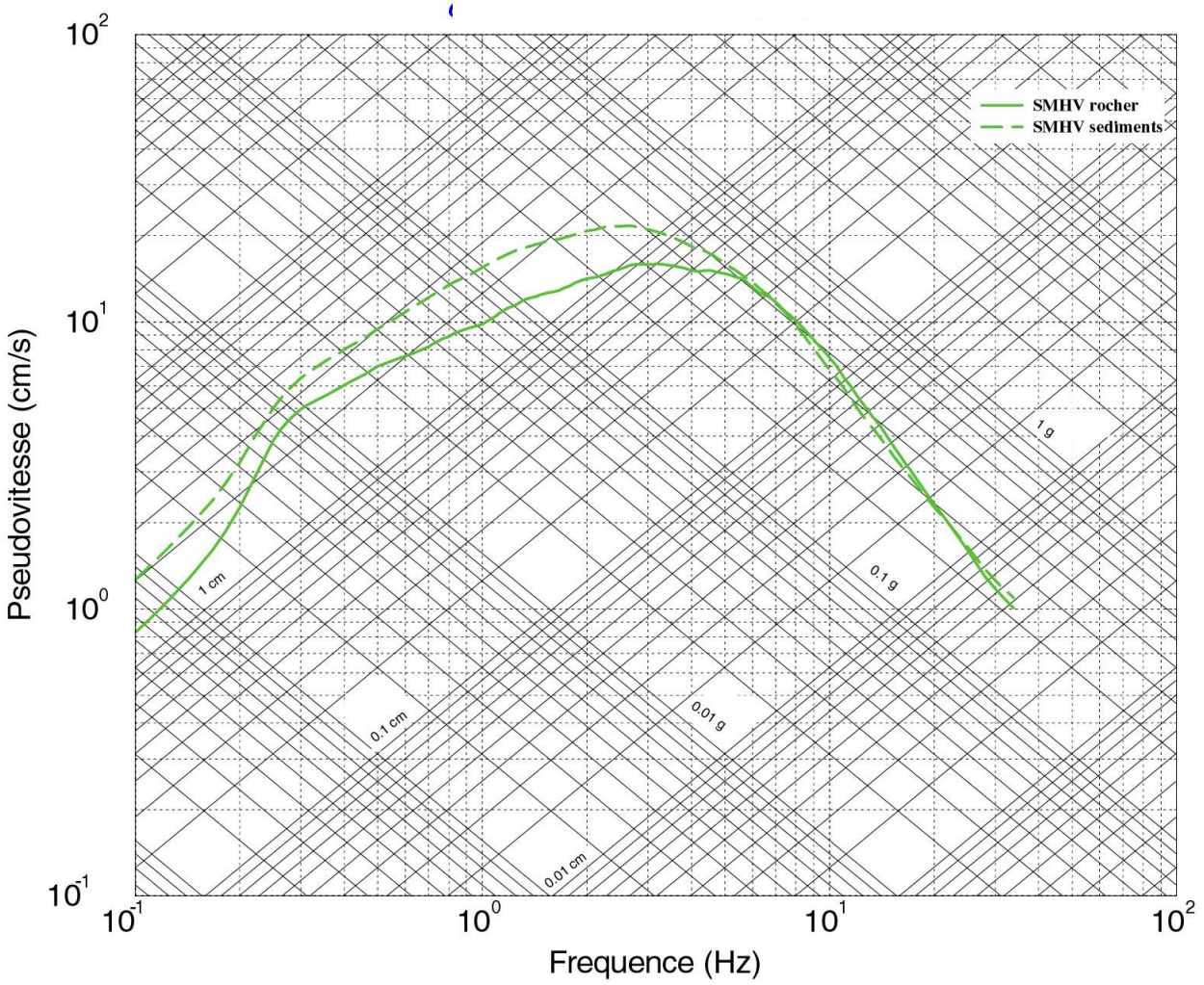


Figure 2.4.7 : Spectres de réponse SMHV (séisme de magnitude 5.3 à 7.1km).



La courbe en trait continu correspond à un site situé sur des terrains bien consolidés dans lesquels la vitesse des ondes de cisaillement, V_{s30} , est supérieure à 800 m/s en moyenne. La courbe en trait pointillé correspond à des sites sur des terrains de moins bonne qualité mécanique susceptibles d'amplifier les mouvements du sol (300m/s< V_{s30} <800m/s).

Figure 2.4.8 : Prise en compte des paléoséismes : intensités sur le Centre de Cadarache et périodes de retour associées.

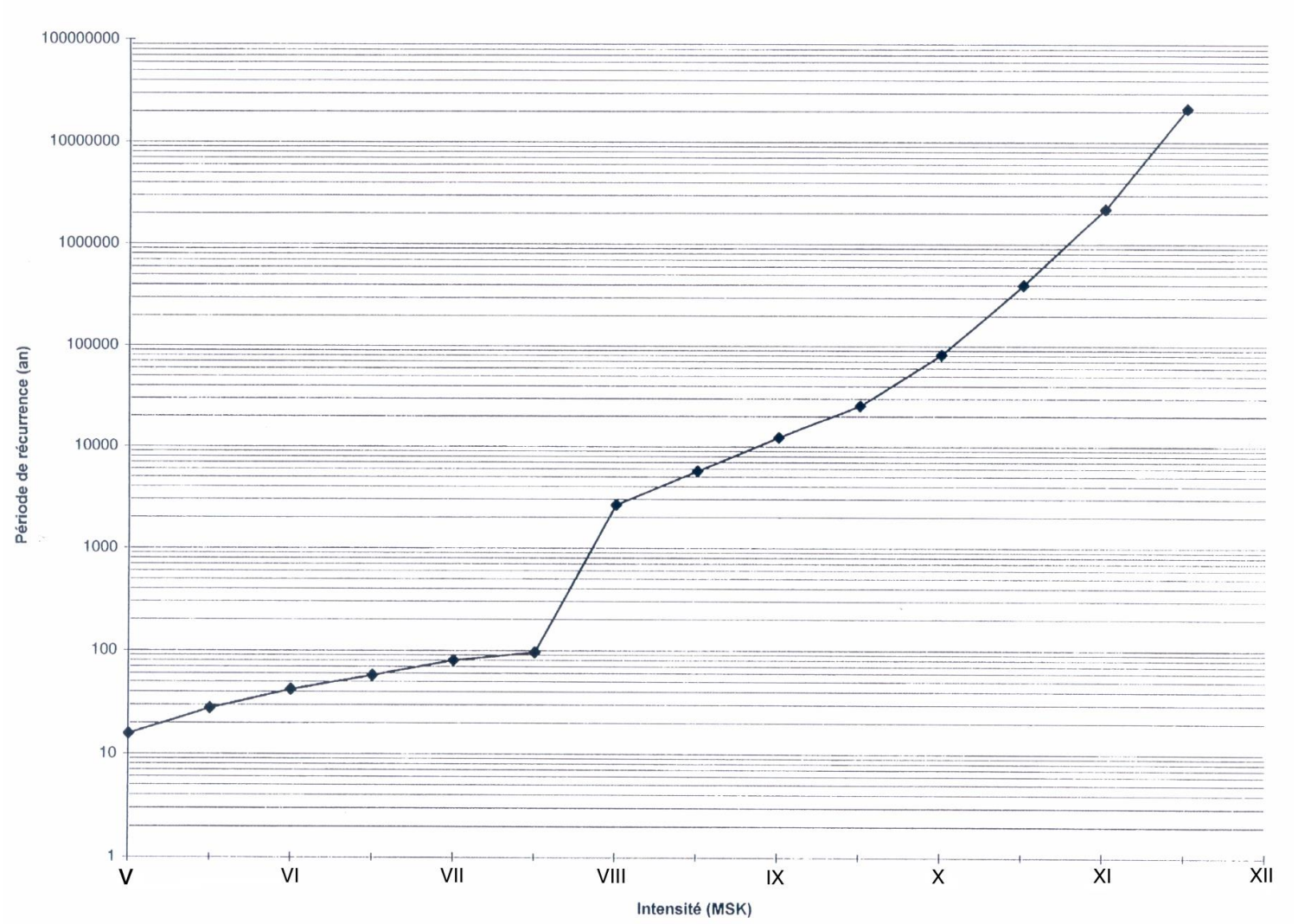


Figure 2.4.9 : Prise en compte des paléoséismes : distribution magnitude - distance des séismes simulés correspondant à l'intensité IX sur le Centre de Cadarache.

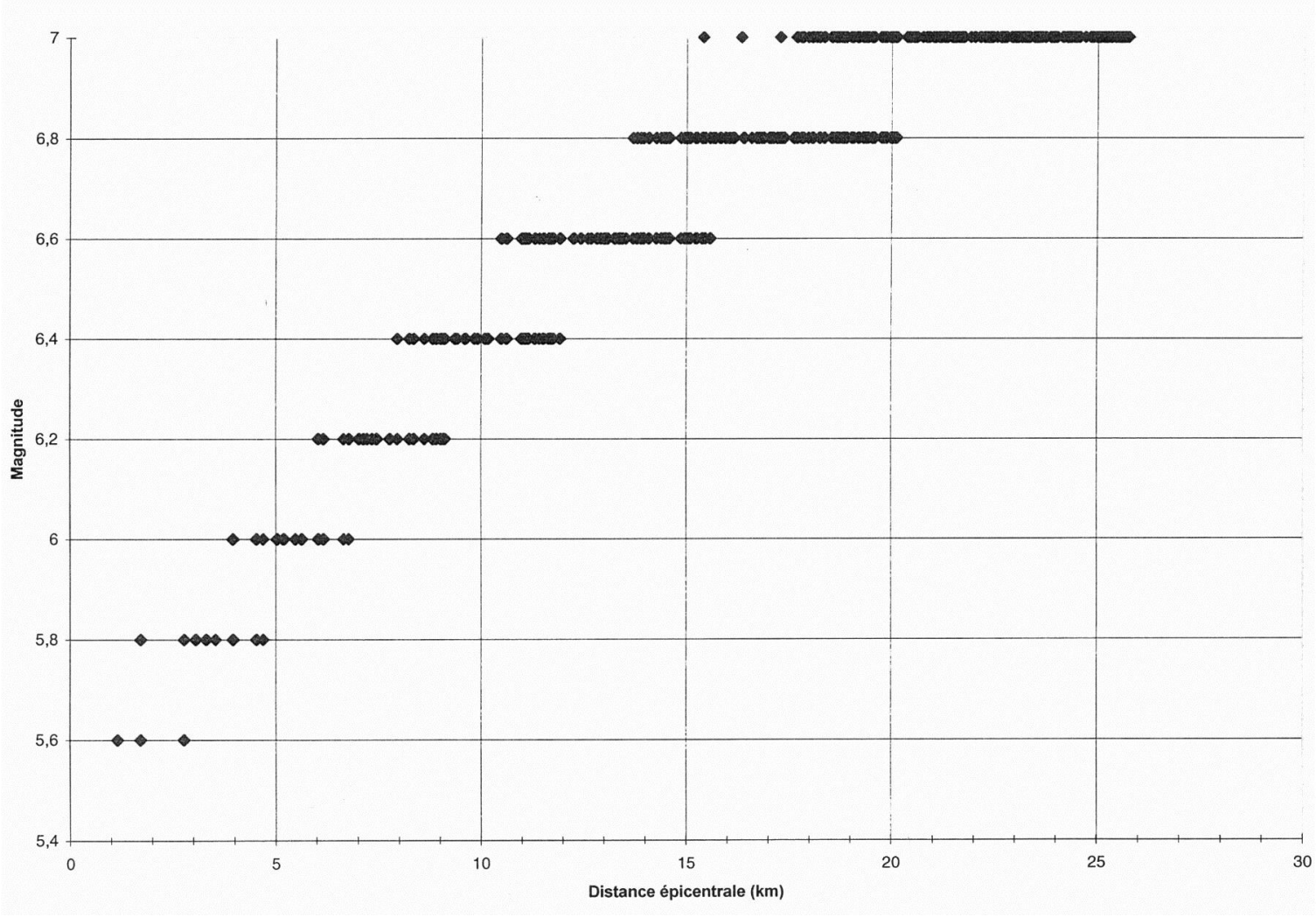


Figure 2.4.10 : Distribution des séismes produisant des intensités IX.

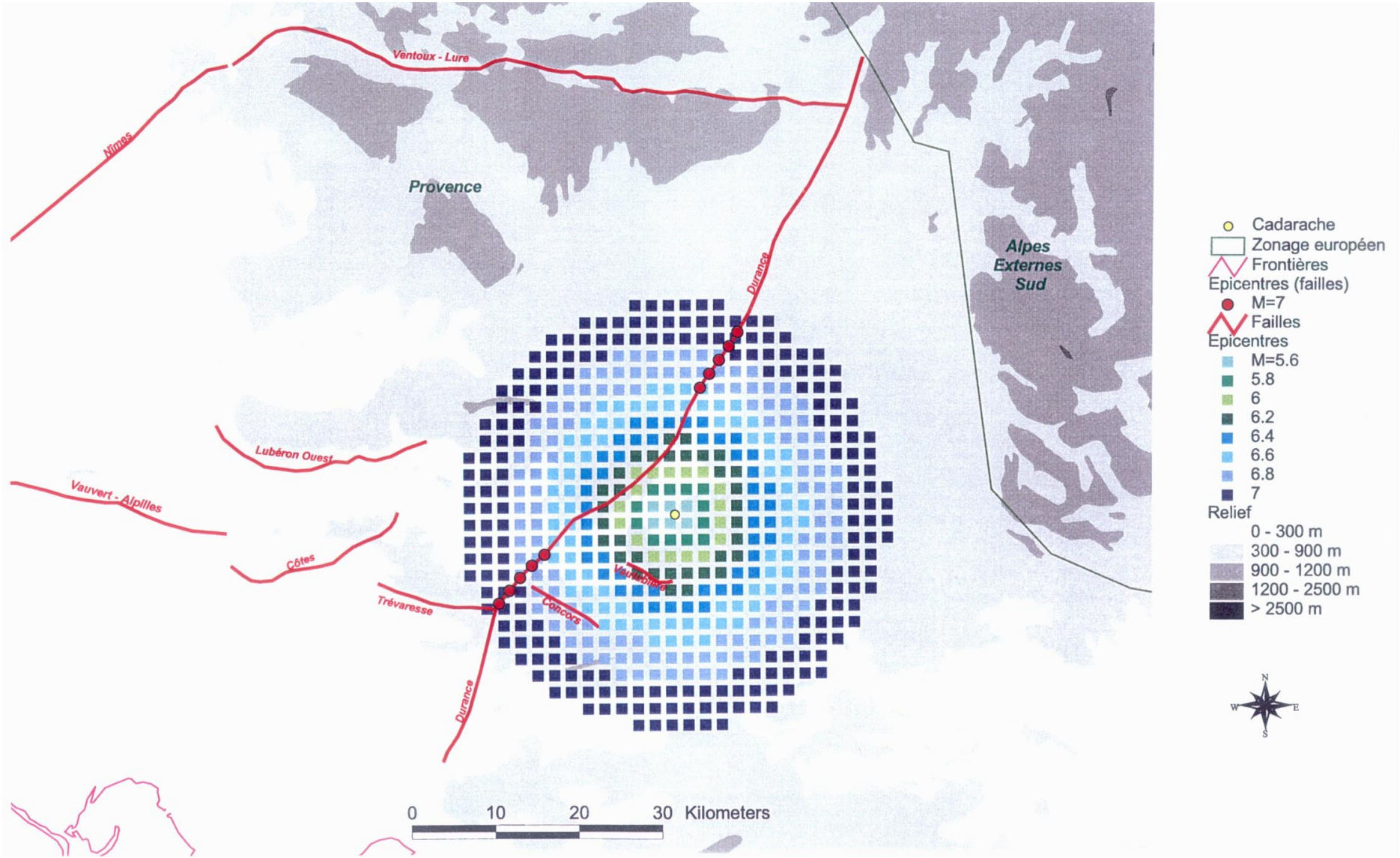


Figure 2.4.11 : Spectres de réponse SMS – Cas avec V_{s30} > 800m/s).

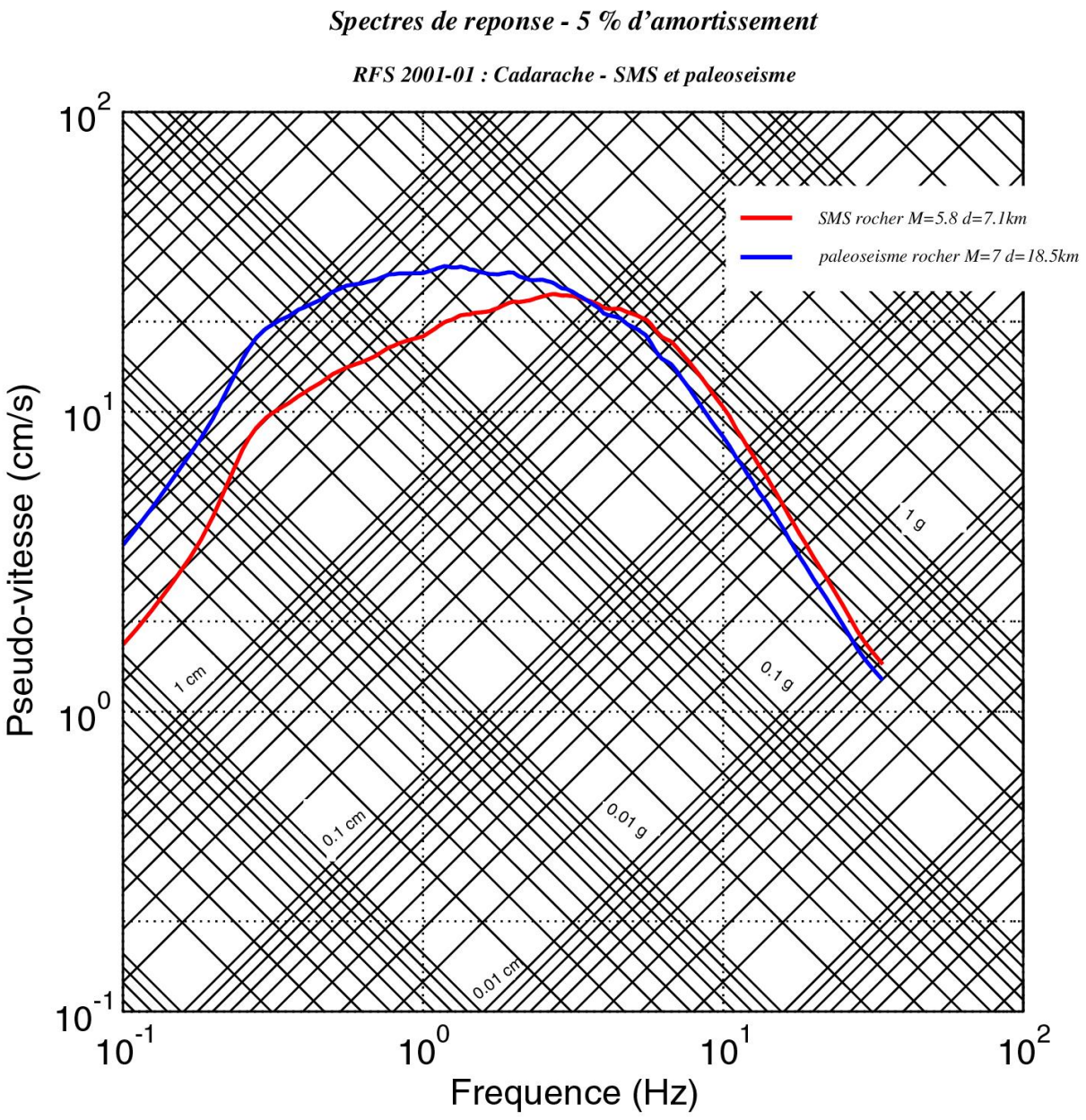


Figure 2.4.12 : Spectres de réponse SMS. Cas avec 300m/s< V_{s30} < 800m/s).

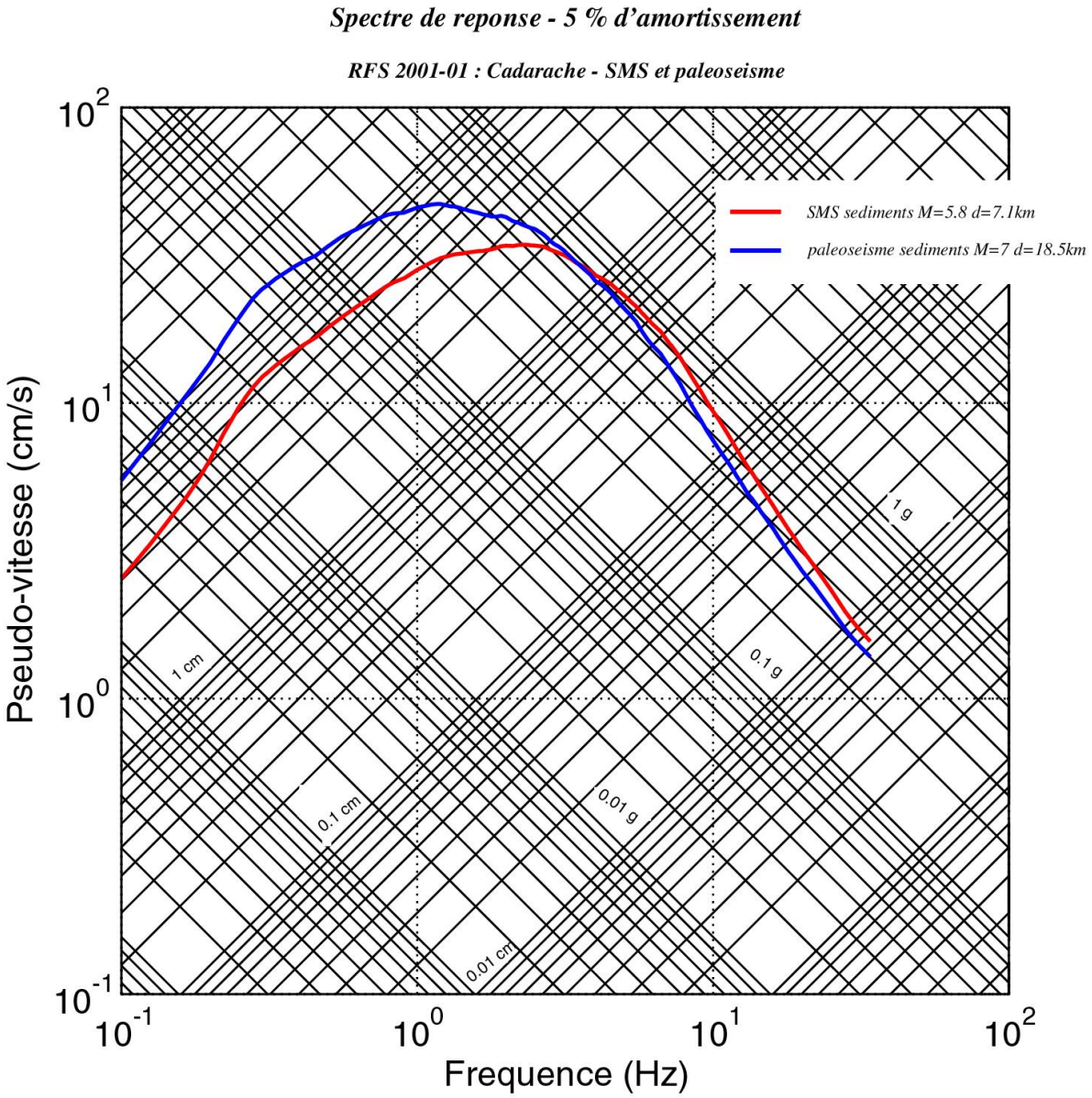
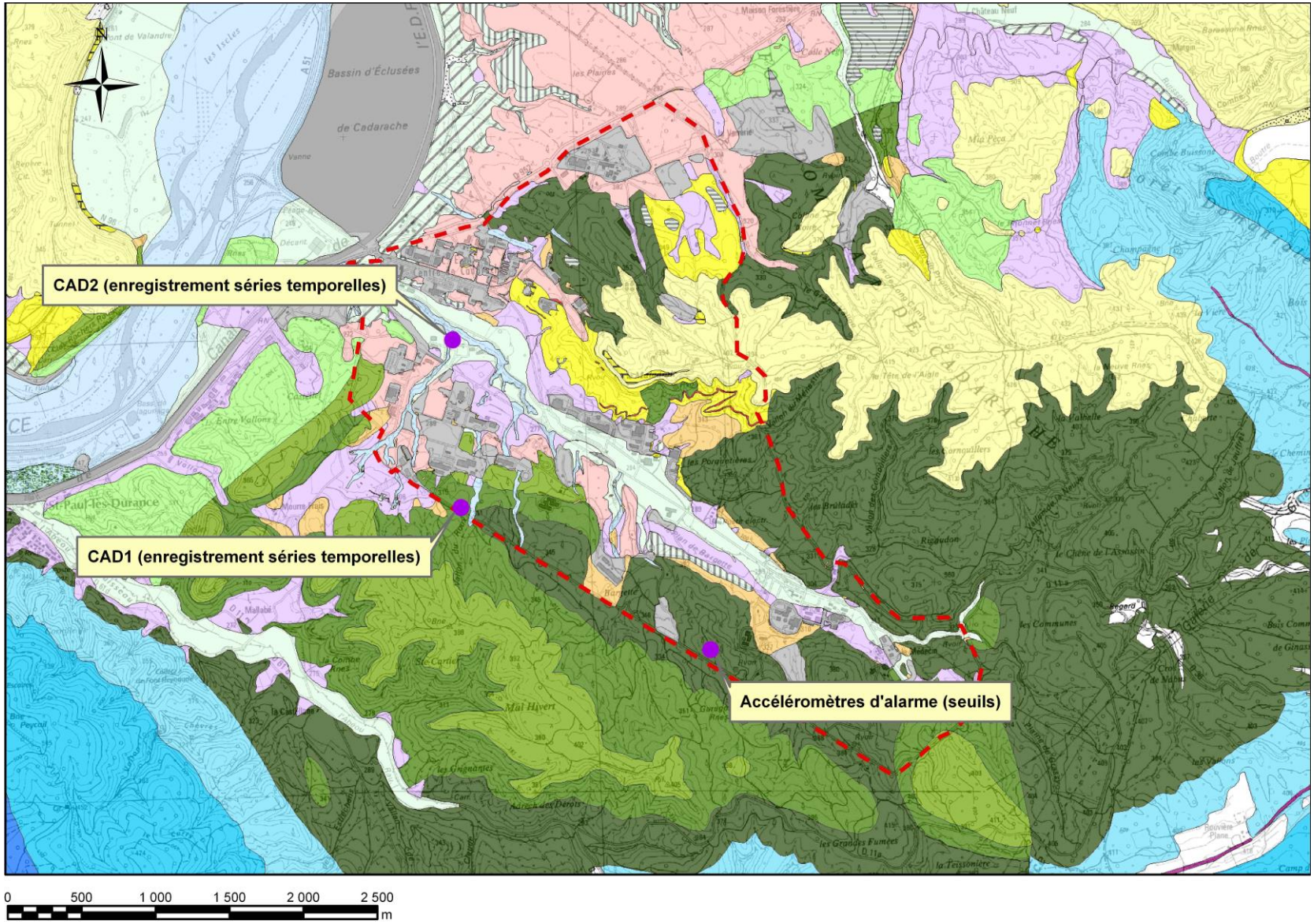


Figure 2.4.13 : localisation des stations accélérométriques de Cadarache.



Voir Figure 2.3.3 du Volume 2 Chapitre 3 pour la légende de la carte géologique.

VOLUME 2 - CHAPITRE 5

SITUATION RADIOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE

REDACTION	VERIFICATION	APPROBATION
F. VAN DORPE D2S/SPR/LANSE	C. RONOT DPIE/SA2S/GAS P. BATTESTI DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004.
B	01/02/10	Mise à jour et prise en compte des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	07/06/13	Prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010). Mise à jour des données selon les résultats des mesures réalisées en 2011.
D	02/09/16	Prise en compte de la demande 5 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN.

SOMMAIRE

2.5.1 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU ATMOSPHERIQUE 4
2.5.1.1 LES AEROSOLS 4
2.5.1.2 LES HALOGENES (IODE 131) 6
2.5.1.3 LE TRITIUM 6
2.5.1.4 LE CARBONE 14 7
2.5.1.5 LES RETOMBEES ATMOSPHERIQUES HUMIDES 8
2.5.1.6 L'IRRADIATION AMBIANTE 9
2.5.1.7 BILAN DES REJETS ATMOSPHERIQUES 10

2.5.2 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU AQUATIQUE 10
2.5.2.1 LES EAUX DE SURFACE 10
2.5.2.2 LES EAUX SOUTERRAINES 14
2.5.2.3 LA FAUNE AQUATIQUE 15
2.5.2.4 LA FLORE AQUATIQUE 17
2.5.2.5 LES SEDIMENTS 17
2.5.2.6 BILAN DES TRANSFERTS ET DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES 18

2.5.3 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU TERRESTRE 18
2.5.3.1 LES SOLS 18
2.5.3.2 LE LAIT DE CHEVRE 19
2.5.3.3 LES BIO-INDICATEURS 20
2.5.3.4 LES VEGETAUX DE CONSOMMATION 22

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 25

LISTE DES FIGURES 26

FIGURES 26

Un certain nombre d'indicateurs permettent de mesurer la radioactivité de l'environnement du site CEA de Cadarache. Ceux-ci font l'objet de mesures de contrôle ou de surveillance de la part du Service de Protection contre les Rayonnements (SPR)[1].

Des prélèvements sont effectués quotidiennement par les salariés du SPR en suivant le Plan de Contrôle et de Surveillance de l'Environnement (PCSE) du site de Cadarache [2.5.7].

Les différents types de prélèvements qui sont présentés dans ce document correspondent à l'état des analyses actuellement effectuées par le SPR. Ils représentent la situation la plus exacte possible pour le site du point de vue radiologique à ce jour. Il y est fait référence, et à titre d'exemple, aux mesures dans l'environnement pour l'année 2011 qui sont représentatives et équivalentes à celles des années précédentes. Ces résultats sont classés en trois catégories : radioactivité du milieu atmosphérique, du milieu liquide et du milieu terrestre.

A noter que les résultats des campagnes de surveillance sont présentés chaque année dans le rapport annuel transmis aux autorités de sûreté et à la Commission Locale d'Information (CLI) de Cadarache et destiné à être rendu public. Ils sont également transmis chaque mois depuis l'année 2009 pour information du public sur le site du Réseau National de Mesures développé sous l'égide de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et géré par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).

2.5.1 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU ATMOSPHERIQUE

Le SPR de Cadarache mesure la radioactivité des retombées humides (précipitations) ainsi que l'irradiation ambiante. Des contrôles sur les aérosols, les halogènes et le tritium sont également effectués.

Les stations de surveillance radiologique de l'environnement de la Grande Bastide, de la Verrerie, et de Cabri sont équipées de matériels destinés à effectuer des mesures à l'intérieur du Centre (voir localisation au chapitre 1 « Climatologie » de ce volume). Deux autres stations de surveillance sont également implantées à l'extérieur du Centre, sur les communes de Saint-Paul-Lez-Durance et de Ginasservis.

2.5.1.1 LES AEROSOLS

Les mesures d'activité alpha et bêta des aérosols, microparticules présentes dans l'atmosphère, sont effectuées en deux étapes :

- aspiration et dépôt sur filtres des aérosols contenus dans l'air,
- mesures en différé de l'activité alpha et bêta de ces filtres.

Les niveaux d'activité globale des émetteurs alpha et bêta montrent la présence de descendants solides du radon présents naturellement dans l'atmosphère.

Le Tableau 1 présente les niveaux d'activité volumique moyens mesurés en 2011 sur les aérosols pour les stations de surveillance de l'environnement de Ginasservis, Saint-Paul-Lez-Durance et la Verrerie.

[1] Les moyens de surveillance et de contrôle qui sont mis en œuvre par le Centre de Cadarache sont détaillés dans le volume 5 de la PGSE « *Impact du Centre* ».

Tableau 1 : Activités volumiques moyennes mesurées en 2011 pour les aérosols dans l'atmosphère

		Valeur moyenne (Bq/m^3)	Valeur maximale (Bq/m^3)	Valeur minimale (Bq/m^3)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/m^3)
GINASSERVIS							
MESURE DE L'ACTIVITE GLOBAL	α	$7,9.10^{-05}$	$3,6.10^{-04}$	$1,3.10^{-05}$	87,1 %	365	$5,1.10^{-05}$
	β	$7,5.10^{-04}$	$2,9.10^{-03}$	$4,3.10^{-05}$	99,5 %	365	$4,4.10^{-04}$
S^T-PAUL-LEZ-DURANCE							
MESURE DE L'ACTIVITE GLOBAL	α	$8,0.10^{-05}$	$3,2.10^{-04}$	$2,0.10^{-05}$	82,7 %	365	$5,2.10^{-05}$
	β	$8,1.10^{-04}$	$3,3.10^{-03}$	$6,9.10^{-05}$	100%	365	$4,9.10^{-04}$
GRANDE BASTIDE							
MESURE DE L'ACTIVITE GLOBAL	α	$7,9.10^{-05}$	$2,8.10^{-04}$	$1,9.10^{-05}$	82,1 %	364	$4,9.10^{-05}$
	β	$7,7.10^{-04}$	$3,7.10^{-03}$	$6,3.10^{-05}$	100%	364	$4,3.10^{-04}$
VERRERIE							
MESURE DE L'ACTIVITE GLOBAL	α	$8,7.10^{-05}$	$2,9.10^{-04}$	$1,1.10^{-05}$	87,1%	365	5.10^{-05}
	β	$8,9.10^{-04}$	$2,8.10^{-03}$	$4,6.10^{-05}$	100%	365	$4,7.10^{-04}$

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les activités volumiques α global et β global quotidiennes mesurées sur les filtres sont la plupart du temps inférieures à 2 mBq/m^3. Les activités mesurées sont essentiellement dues aux poussières radioactives naturellement présentes dans l'air et qui se déposent sur les filtres. Après une spectrométrie gamma, on retrouve par exemple :

- le béryllium 7, radionucléide solide émetteur γ, résultant de l'interaction du rayonnement cosmique avec la haute atmosphère,
- le plomb 210, descendant solide du radon 222.

Ces mesures sont identiques aux valeurs mesurées les années précédentes.

A titre indicatif, le bilan de l'état radiologique de l'environnement français en 2009 réalisé par l'IRSN montre des activités volumiques de béryllium 7 et de plomb 210 dans l'atmosphère qui varient en fonction des saisons et des régions. Les activités mesurées sont de l'ordre de 0,3 à 1 mBq/m^3 pour le plomb 210 et de 2 à 3,5 mBq/m^3 pour le béryllium 7.

2.5.1.2 LES HALOGENES (IODE 131)

Les mesures d'activité des halogènes sont réalisées en deux étapes :

- piégeage des halogènes contenus dans l'air sur des cartouches de charbon actif,
- mesure en différé de l'isotope 131 de l'iode sur ces cartouches.

Le Tableau 2 présente les résultats de l'activité volumique moyenne mesurée en 2011 pour l'iode 131.

Tableau 2 : Activités volumiques mesurées en 2011 en iode 131 dans l'atmosphère

	MESURE DE L'ACTIVITE					
	Valeur moyenne (Bq/m^3)	Valeur maximale (Bq/m^3)	Valeur minimale (Bq/m^3)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/m^3)
GINASSERVIS						
^{131}I	$7{,}5.10^{-04}$	$2{,}5.10^{-03}$	$2{,}3.10^{-04}$	6,3 %	48	$1{,}3.10^{-03}$
S^{T}-PAUL-LEZ-DURANCE						
^{131}I	$3{,}7.10^{-04}$	$6{,}2.10^{-04}$	$1{,}9.10^{-04}$	6,3 %	48	$2{,}2.10^{-04}$
GRANDE BASTIDE						
^{131}I	$5{,}3.10^{-04}$	$9{,}7.10^{-04}$	$1{,}8.10^{-04}$	8,3 %	48	$3{,}9.10^{-04}$
VERRERIE						
^{131}I	$6{,}6.10^{-04}$	$1{,}1.10^{-03}$	$2{,}1.10^{-04}$	8,3 %	48	$5{,}1.10^{-04}$
CABRI						
^{131}I	$6{,}6.10^{-04}$	$1{,}1.10^{-03}$	$1{,}7.10^{-04}$	8,3 %	48	$4{,}6.10^{-04}$

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les valeurs d'activité volumique en iode 131 sont inférieures aux seuils de décision sur les cinq stations de surveillance du Centre tout au long de l'année 2011 hormis durant la période correspondant aux rejets de Fukushima (fin mars à fin avril 2011).Ces mesures sont identiques aux valeurs mesurées les années précédentes.

2.5.1.3 LE TRITIUM

Le Tableau 3 présente les résultats de l'activité volumique moyenne mesurée en 2011 pour le tritium (^{3}H). Ces mesures sont réalisées en deux étapes :

- piégeage du tritium atmosphérique dans l'eau des barboteurs,
- mesures en différé de l'activité en eau tritiée de ces barboteurs.

Tableau 3 : Activités volumiques moyennes mesurées en 2011 en gaz tritium dans l'atmosphère

	MESURES DE L'ACTIVITE EN TRITIUM					
	Valeur moyenne (Bq/m^3)	Valeur maximale (Bq/m^3)	Valeur minimale (Bq/m^3)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/m^3)
S^T-PAUL-LEZ-DURANCE						
Phase Vapeur d'eau	<0,16			0 %	47	
Phase gazeuse	<0,16			0 %	47	
GRANDE BASTIDE						
Phase Vapeur d'eau	<0,17			0 %	48	
Phase gazeuse	<0,18			0 %	48	
VERRERIE						
Phase Vapeur d'eau	<0,18			0 %	48	
Phase gazeuse	<0,17			0 %	48	
CABRI						
Phase Vapeur d'eau	0,26	0,38	0,13	4,2 %	48	0,18
Phase gazeuse	<0,17			0 %	48	

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les analyses effectuées sur les barboteurs tritium des stations donnent des résultats non significatifs ou proches des limites de détection.
Ces mesures sont identiques aux valeurs mesurées les années précédentes.

2.5.1.4 LE CARBONE 14

Le Tableau 4 présente les résultats de l'activité volumique moyenne mesurée pour le carbone 14. Ces mesures sont réalisées en deux étapes :

- piégeage, dans une solution de soude à l'aide de barboteurs, du carbone 14 présent dans l'air sous forme de dioxyde de carbone ou de composés organiques gazeux,
- mesures en différé de l'activité en carbone 14 de la solution aqueuse de ces barboteurs par scintillation liquide.

Tableau 4 : Activités volumiques moyennes mesurées en 2011 en carbone 14 dans l'atmosphère

	MESURES D'ACTIVITÉ					
	Valeur moyenne (Bq/m^3)	**Valeur maximale (Bq/m^3)**	**Valeur minimale (Bq/m^3)**	**Pourcentage de valeurs significatives** (1)	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type (Bq/m^3)**
GINASSERVIS						
^{14}C	$6,1.10^{-02}$	$6,7.10^{-02}$	$5,5.10^{-02}$	100 %	12	$3,9.10^{-03}$
S^{T}-PAUL-LEZ-DURANCE						
^{14}C	$6,5.10^{-02}$	$9,8.10^{-02}$	$5,0.10^{-02}$	100 %	12	$1,5.10^{-02}$
VERRERIE						
^{14}C	$6,3.10^{-02}$	$7,2.10^{-02}$	$5,5.10^{-02}$	100 %	12	$5,2.10^{-03}$

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les activités mesurées en carbone 14 sont globalement stables au cours de l'année et par rapport aux années précédentes.

2.5.1.5 LES RETOMBEES ATMOSPHERIQUES HUMIDES

Les eaux de pluie sont collectées sur quatre stations de surveillance. Chaque semaine, un aliquote est prélevé (en cas d'épisodes pluvieux suffisants) et analysé en différé :

- activité volumique bêta global sur l'eau brute,

remarque : si l'activité bêta est supérieure au seuil de décision, la mesure de potassium est réalisée sur eau filtrée et une spectrométrie gamma a lieu sur l'eau brute,

- activité volumique tritium sur eau filtrée.

Le Tableau 5 présente les résultats des activités volumiques moyennes mesurées en 2011 dans l'eau de pluie.

Tableau 5 : Activités volumiques moyennes de l'eau de pluie mesurées en 2011

	MESURES D'ACTIVITÉ					
	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/l)
GINASSERVIS						
β global	$1,27.10^{-01}$	$2,80.10^{-01}$	$6,10.10^{-02}$	42,9 %	21	$6,99.10^{-02}$
Tritium	2,54	2,65	2,42	9,5 %	21	0,16
VERRERIE						
β global	$1,36.10^{-01}$	$3,50.10^{-01}$	$7,20.10^{-02}$	42,1 %	19	$1,03.10^{-01}$
Tritium	2,41	2,48	2,33	15,8 %	19	0,08
VINON-sur-VERDON						
β global	$1,31.10^{-01}$	$3,00.10^{-01}$	$6,80.10^{-02}$	50 %	20	$7,44.10^{-02}$
Tritium	2,39			5 %	20	
S^{T}-PAUL-LEZ-DURANCE						
β global	$1,14.10^{-01}$	$2,80.10^{-01}$	$5,60.10^{-02}$	52,6 %	19	$7,77.10^{-02}$
Tritium	2,60	3,03	2,36	15,8 %	19	0,37

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les valeurs mesurées en 2011 sont similaires à celles mesurées les années précédentes sur les prélèvements hebdomadaires d'eau de pluie.

À chaque mesure β significative (supérieure au seuil de décision) sur un échantillon d'eau de pluie, une spectrométrie gamma et un dosage en potassium sont réalisés. Lors de ces investigations, aucun radioélément artificiel n'a été détecté supérieur au seuil de décision par spectrométrie gamma.

Les activités en tritium des précipitations mesurées sont généralement non significatives (de l'ordre de 2,5 Bq/l). Les valeurs significatives sont proches des seuils de décision et avec des incertitudes importantes (> à 75 %).

2.5.1.6 L'IRRADIATION AMBIANTE

Un dispositif de quatre balises de type REG 803 (Radiomètre Environnement Gamma – compteur Geiger Muller) mesure en continu l'exposition gamma ambiante au niveau des stations de surveillance du site. Les mesures en continu sur ces stations donnent des valeurs moyennes de l'ordre de 75 à 80 nGy/h en 2011. Ces valeurs sont équivalentes à celles des années précédentes.

Des mesures de dose γ ambiante sont également réalisées en différé (dosimètres passifs), mensuellement et trimestriellement, en clôture du site de Cadarache (Figure 2.5.1 et Figure 2.5.2).

Des dosimètres sont également disposés en plusieurs points situés à l'extérieur du site, au niveau des communes environnantes. En 2011, comme les années précédentes, la valeur moyenne enregistrée à l'extérieur du site était de l'ordre de 80 nGy/h (Manosque 04).

À titre comparatif, la valeur moyenne en France de l'exposition due aux rayonnements d'origine tellurique et d'origine cosmique est de 97 nGy/h.

2.5.1.7 BILAN DES REJETS ATMOSPHERIQUES

Les bilans des rejets radioactifs atmosphériques des Installations Nucléaires de Base (INB) du Centre sont contrôlés par l'Autorité de Sûreté Nucléaire, conformément aux décisions et arrêtés d'autorisations de rejets d'effluents gazeux [2.5.1] [2.5.2] [2.5.3] [2.5.4], qui définissent des autorisations de rejets d'effluents gazeux pour chaque installation.
Les rejets des INB sont présentés chaque année dans le rapport annuel transmis aux autorités de sûreté et à la Commission Locale d'Information (CLI) de Cadarache.
Le bilan des rejets des Installations Classées pour l'Environnement (ICPE) est contrôlé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) conformément à l'arrêté préfectoral [2.5.5] et est présenté chaque année dans le bilan annuel ICPE transmis à la DREAL.

2.5.2 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU AQUATIQUE

Les effluents liquides du Centre sont rejetés, après traitement, en Durance si leurs activités sont inférieures aux valeurs prescrites dans l'arrêté préfectoral en vigueur [2.5.5]. En amont et en aval de l'émissaire de rejet du Centre, des échantillons d'eau et de sédiments sont prélevés ainsi qu'un certain nombre de bio-indicateurs tels que la chair de poissons ou des végétaux aquatiques. Le SPR effectue également un ensemble de prélèvements d'eau souterraine suivant le Plan de Contrôle et de Surveillance de l'Environnement [2.5.7].

2.5.2.1 LES EAUX DE SURFACE

La radioactivité des eaux de surface est mesurée en différents points de prélèvements (Figure 2.5.3).

- Eaux de surface en amont du site

Un aliquote hebdomadaire est réalisé par un hydrocollecteur qui prélève en continu une partie de l'eau brute pompée pour alimenter le Centre, i.e. au niveau de la station de pompage (PS1).
Des mesures d'activités alpha global, bêta global et tritium sont effectuées au laboratoire en vue de déterminer les niveaux de radioactivité des eaux d'alimentation en amont du site.

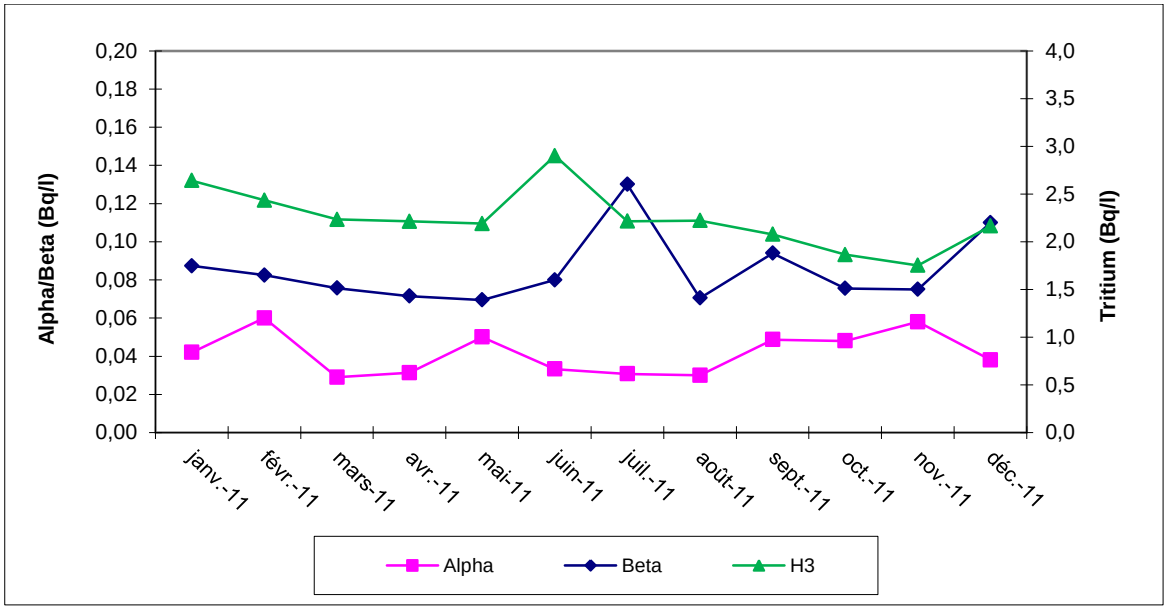
Les activités moyennes en alpha global, bêta global et tritium mesurées en 2011 ont été reportées dans le Tableau 6. Dans ce tableau, les valeurs significatives sont inférieures ou très proches des limites de détection.

Le Graphe 1 montre l'évolution mensuelle de ces activités au cours de l'année 2011. Les courbes sont réalisées à partir de toutes les mesures.
Les valeurs mesurées dans les eaux de surface en amont du site sont inférieures ou très proches des limites de détection.

Tableau 6 : Activités moyennes en alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) mesurées dans l'eau au niveau de la station de pompage (PS1) en 2011

	MESURES D'ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/l)
STATION DE POMPAGE						
α GLOBAL	0,05	0,06	0,04	20,4 %	49	0,01
β GLOBAL	0,08	0,13	0,06	43 %	49	0,02
TRITIUM	2,54	2,90	2,19	10,2 %	49	0,29

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).



Graphe 1 : Evolution mensuelle sur 2011 des activités en alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) de l'eau au niveau de la station de pompage (PS1).

- Eaux de surface en aval du site :

- ***Prélèvements en Durance***

Un hydro collecteur automatique installé sur la station de Mirabeau (rive droite) prélève en continu de l'eau de la Durance en aval du site (cf. Figure 2.5.3).

Une analyse hebdomadaire est réalisée en différé sur un échantillon moyen ou aliquote constitué à partir du prélèvement continu. Cette analyse est constituée par les mesures suivantes : mesure de l'activité alpha global et bêta global sur l'eau brute et en tritium sur l'eau filtrée, dosage du potassium stable, mesure de l'activité bêta global des matières en suspension, complétée mensuellement par analyse par

spectrométrie gamma, une recherche du strontium 90 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radium).
Un aliquote est également adressé au laboratoire IRSN du Vésinet (78).

Un contrôle en continu est effectué à l'aide d'une sonde gamma étanche, avec report d'alarme au Bâtiment 300 (Ferme). Une autre station a été implantée sur la rive gauche de la Durance fin 2003, au niveau du pont de Mirabeau, pour pallier à la modification du lit de la rivière lors de ses crues périodiques.

Les années précédentes, des prélèvements d'eau de la Durance étaient également effectués mensuellement à la station de Bonpas, située près d'Avignon, à la confluence de la Durance et du Rhône. Le suivi sur cette station a été arrêté en début d'année 2006, mais la station reste opérationnelle en cas de besoin, lors d'un incident par exemple.

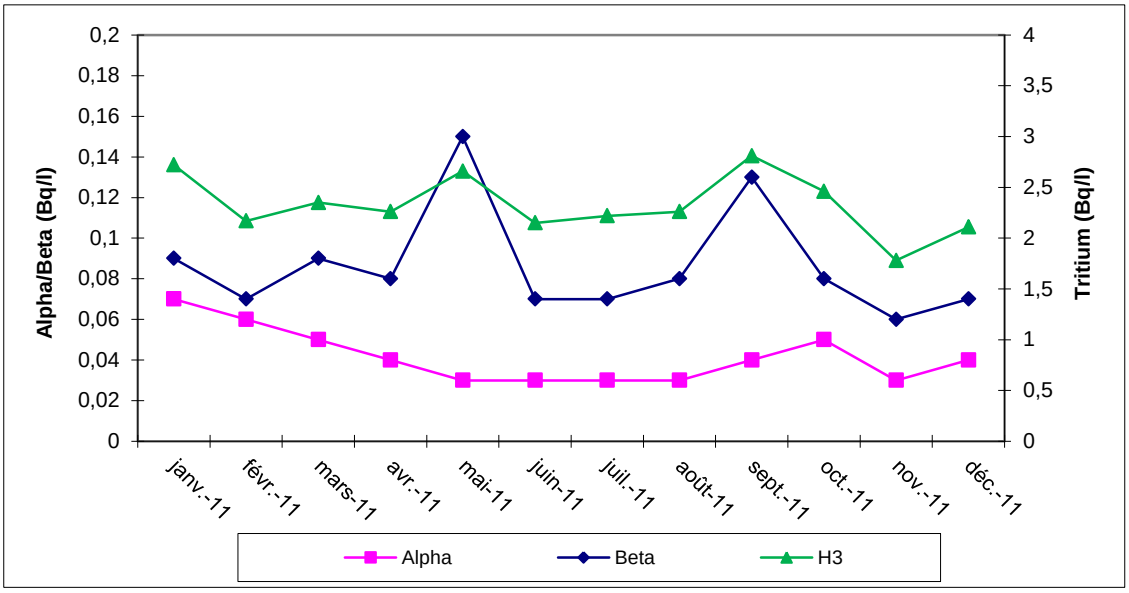
Les résultats des mesures des activités alpha global, bêta global et tritium effectuées sur les prélèvements d'eau, de la station de Mirabeau ont été reportés dans le Tableau 7.

L'évolution mensuelle des activités alpha global, bêta global et tritium de ces prélèvements est illustrée dans le Graphe 2 pour la station de Mirabeau. Les courbes ont été réalisées à partir de tous les résultats mesurés.

Tableau 7 : Activités moyennes en alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) mesurées en 2011 dans les eaux prélevées en Durance sur la station de Mirabeau

	MESURES D'ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne (Bq/l)	**Valeur maximale (Bq/l)**	**Valeur minimale (Bq/l)**	**Pourcentage de valeurs significatives** (1)	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type (Bq/l)**
STATION DE MIRABEAU						
α GLOBAL	0,05	0,09	0,04	15,7%	51	0,02
β GLOBAL	0,08	0,13	0,06	47%	51	0,02
TRITIUM	2,46	2,81	2,17	17,6%	51	0,24

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).



Graphe 2 : Évolution mensuelle des activités alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) des prélèvements de la station de Mirabeau en 2011

Les valeurs mesurées dans les eaux de surface à l'aval du site sont inférieures ou proches des limites de détection, montrant l'absence d'impact du site sur l'eau de la Durance.

- ***Prélèvements dans le canal EDF (eau de consommation et d'irrigation)***

Un aliquote mensuel est également réalisé à partir des échantillons d'eau du canal EDF (alimentation en eau de Marseille) en continu à la station de Jouques. De plus, un contrôle en continu est effectué à l'aide d'une sonde gamma étanche, avec report d'alarme au bâtiment 300 (Ferme).

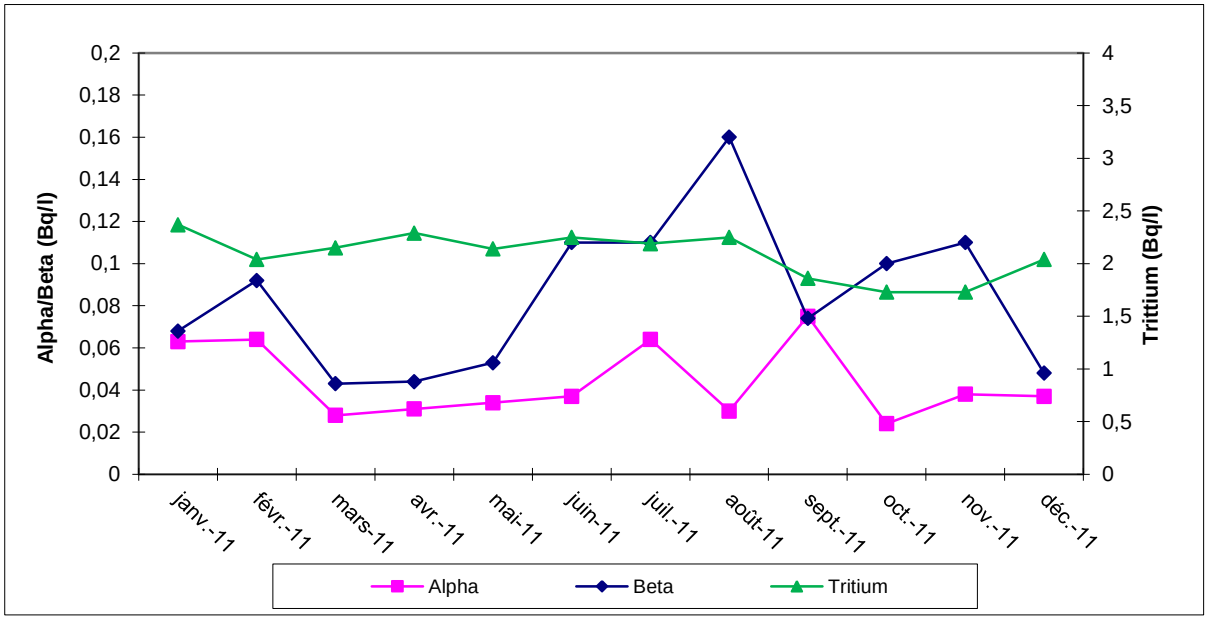
Les résultats des mesures des activités alpha global, bêta global et tritium effectuées sur les prélèvements d'eau de la station de Jouques pour l'année 2011 sont reportés dans le Tableau 8.

L'évolution mensuelle des activités alpha global, bêta global et tritium de ces prélèvements est illustrée dans le Graphe 3.

Tableau 8 : Activités en alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) mesurées en 2011 dans les eaux prélevées sur la station de Jouques

	MESURES D'ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne (Bq/l)	Valeur maximale (Bq/l)	Valeur minimale (Bq/l)	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type (Bq/l)
STATION DE JOUQUES						
α GLOBAL	0,07	0,08	0,06	33,3 %	12	0,01
β GLOBAL	0,10	0,16	0,04	66,6 %	12	0,03
TRITIUM	< 2,37			0 %	12	

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).



Graphe 3 : Evolution mensuelle des activités alpha global, bêta global et tritium (en Bq/L) des prélèvements de la station de Jouques en 2011

Les mesures à la station de Jouques ne présentent aucune valeur anormale. Les activités sont inférieures aux valeurs guides recommandées par le Code de la santé publique.

2.5.2.2 LES EAUX SOUTERRAINES

Un réseau de près d'une centaine de forages permet d'assurer la surveillance radiologique des eaux souterraines du Centre de Cadarache. Des mesures d'activités en alpha global et bêta global ainsi qu'en tritium sont effectuées sur les eaux prélevées. Chaque mois, les résultats de 48 piézomètres réglementaires (cf. Figure 2.5.4) sont transmis à l'ASN.

Les résultats des campagnes de surveillance des eaux souterraines sont présentés chaque année dans le rapport annuel transmis aux autorités de sûreté et à la Commission Locale d'Information (CLI). Les valeurs des activités mesurées en 2011 sont équivalentes à celles des années précédentes. Pour la quasi-totalité de ces piézomètres, les résultats sont inférieurs aux limites de détection de la mesure.

Un rapport interne SPR faisant état de la surveillance des eaux souterraines de l'ensemble des piézomètres du Centre suivis radiologiquement, est édité annuellement pour l'ensemble des installations nucléaires du Centre (INB et ICPE). Les conclusions de ce rapport, comme pour l'ensemble des rapports annuels précédents, montrent que les résultats des mesures radiologiques issues de la surveillance des eaux souterraines autour des installations sont globalement stables et proches des seuils de décision.

Les piézomètres suivants sont particulièrement et régulièrement suivis avec une périodicité adaptée, compte-tenu de marquages radiologiques historiques des nappes. Il s'agit de :

- REJ 03 et REJ 04 dans la zone station des rejets,
- P7, P17, P31 dans la zone INB 56 - tranchées,
- SD05 et SD 24/2 dans la zone INB 56 – stockage déchets,
- CABRI 04 et CABRI 10 dans la zone Cabri,
- STE 02, STE 03, STE 04 dans la zone INB 37.

Les rapports périodiques transmis à l'ASN mentionnent les fluctuations des activités radiologiques mesurées dans chaque forage et l'éventuelle extension de ces marquages.

A noter que l'ensemble de ces marquages radiologiques des eaux souterraines restent situés au niveau des installations concernées. Aucun d'entre eux n'a été constaté à l'extérieur du centre.

2.5.2.3 LA FAUNE AQUATIQUE

Des campagnes de pêche scientifique sont organisées avec la collaboration de l'IRSTEA (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture). Différentes espèces de poissons sont pêchées en Durance au niveau de Vinon-sur-Verdon, de Manosque, de l'exutoire du Centre et du lieu-dit Saint-Eucher : carpes, truites, barbeaux, chevesnes… Les analyses sont effectuées sur une ou plusieurs espèces en fonction de celles recueillies.

Les activités bêta mesurées sur les cendres des poissons sont dues essentiellement à la présence de potassium 40, naturellement présent.

Les résultats (pour les chevesnes) de ces analyses sont présentés dans le Tableau 9 pour l'année 2010 [1].

Ce tableau montre qu'aucune activité n'a été mise en évidence dans les poissons prélevés en 2010 comme pour les années précédentes.

[1] Il est présenté ici les résultats de la pêche réalisée en 2010. Les résultats relatifs à la pêche de l'année 2011 sont présentés dans le bilan environnement du Centre de l'année 2012. Ce décalage de présentation est dû à la réalisation de la pêche annuelle au dernier trimestre de l'année 2011 et à la réalisation de mesures radiochimiques nécessitant une préparation et un temps de comptage longs sur l'ensemble de ces échantillons incompatibles avec la sortie du bilan annuel 2011 réalisé courant février 2012.

Tableau 9 : Activités massiques moyennes annuelles des poissons prélevés sur la Durance et le Verdon en amont et aval du site et à l'exutoire (valeurs de 2010)

	ACTIVITÉS										
	β global	^{40}K	^{137}Cs	^{134}Cs	^{210}Pb	^{238}Pu	^{239}Pu et ^{240}Pu	$^{90}Sr/^{90}Y$	^{3}H libre	^{3}H TOL	^{14}C (Bq/kg de C tot)
	(Bq/kg frais)										
ORAISON (CHEVESNES)											
Filets	121,26	169,52	< 0,11	< 0,09	< 1,30						
Arêtes	97,67	133,19	< 0,50	< 0,42	< 6,22						
ORAISON (TRUITES)											
Filets	135,59	135,59	< 0,09	< 0,06	< 0,91	$< 1,23.10^{-3}$	$< 1,23.10^{-3}$	< 0,02	< 0,79	< 0,22	192,60
Arêtes	84,29	84,29	< 0,10	< 0,57	< 8,43	$< 3,83.10^{-3}$	$< 3,83.10^{-3}$	< 0,26	< 0,65	< 1,55	200,80
EXUTOIRE (CARPES)											
Filets	110,36	130,43	< 0,06	< 0,05	< 0,69	$< 5,02.10^{-4}$	$< 5,92.10^{-4}$	< 0,06	< 8,02	2,58	268,30
Arêtes	63,53	55,97	< 0,23	< 0,20	< 2,95	$< 3,78.10^{-3}$	$< 3,78.10^{-3}$	< 0,19	< 0,54	3,49	288,60
EXUTOIRE (CHEVESNES)											
Filets	115,48	159,71	< 0,11	< 0,09	< 1,35						
Arêtes	64,44	128,88	< 0,51	< 0,43	< 6,15						
EXUTOIRE (TRUITES)											
Filets	117,60	141,12	< 0,09	< 0,07	< 1,01						
Arêtes	74,93	129,19	< 0,56	< 0,47	< 7,15						
ST EUCHER (BARBEAUX)											
Filets	97,10	118,43	< 0,19	< 0,17	< 2,37						
Arêtes	84,83	125,32	< 0,32	< 0,27	< 3,95						
ST EUCHER (CARPES)											
Filets	105,17	137,20	< 0,06	< 0,05	< 0,65						
Arêtes	78,02	79,05	< 0,17	< 0,15	< 2,36						
ST EUCHER (TRUITES)											
Filets	128,68	167,29	< 0,14	< 0,14	< 1,54						
Arêtes	50,16	116,80	< 0,38	< 0,32	< 4,74						
VINON-SUR-VERDON (BARBEAUX)											
Filets	126,66	180,94	< 0,16	< 0,13	< 1,81						
Arêtes	99,81	275,32	< 1,14	< 0,98	< 13,77						
VINON-SUR-VERDON (TRUITES)											
Filets	128,40	140,07	< 0,14	< 0,09	< 1,40	$< 5,84.10^{-4}$	$< 5,84.10^{-4}$	< 0,06	< 0,87	< 0,19	201,90
Arêtes	81,36	98,62	< 1,23	< 0,78	< 11,51	$< 4,11.10^{-3}$	$< 4,11.10^{-3}$	< 0,27	< 0,76	< 0,30	251,90

Cases grisées : pas de recherche spécifique.
TOL : Tritium Organiquement Lié.

2.5.2.4 LA FLORE AQUATIQUE

Des végétaux aquatiques sont prélevés chaque année à Manosque (en Durance), Vinon-sur-Verdon (dans le Verdon) et au lieu-dit Saint-Eucher (en Durance, à 800 m de l'exutoire du Centre). Les résultats des analyses des végétaux aquatiques prélevés en 2011 sont reportés dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Activités bêta global, des émetteurs gamma (K-40 et Cs-137), des isotopes du Pu, de Sr-Y-90, du tritium et du carbone 14 dans les végétaux aquatiques prélevés en 2011

	ACTIVITÉS							
	β global	^{40}K	^{238}Pu	^{239}Pu et ^{240}Pu	$^{90}Sr/^{90}Y$	^{3}H libre	^{3}H lié (TOL)	^{14}C en Bq/kg de C tot
	en Bq/kg frais							
VINON SUR VERDON	94,14	87,41						
S^T EUCHER	74,87	69,11	< $2,88.10^{-3}$	< $3,46.10^{-3}$	< 0,32	< 0,86	< 0,11	248,1

Les végétaux aquatiques sont absents au point de rejet du Centre et à Manosque, d'où l'absence de mesures en ces lieux, car les cours d'eau torrentiels comme la Durance ou le Verdon ne favorisent pas l'ancrage des végétaux aquatiques dans certaines zones (présence majoritaire de galets et sables).

Ce tableau montre qu'aucune activité anormale n'a été mise en évidence dans les végétaux aquatiques prélevés en 2011, comme pour les années précédentes.

2.5.2.5 LES SEDIMENTS

Des prélèvements de sédiments sont réalisés chaque année à Manosque (en Durance), Vinon-sur-Verdon (dans le Verdon) et au lieu-dit Saint-Eucher (en Durance, à 800 m de l'exutoire du Centre).

Les analyses portent sur la mesure de l'activité bêta massique, sur la recherche des émetteurs gamma et des isotopes du plutonium ($Pu^{239+240}$) à l'aide d'une séparation radiochimique suivie d'une spectrométrie alpha bas niveau.

Les échantillons de sédiments prélevés à Saint-Eucher sont également envoyés au laboratoire de l'IRSN.

Les résultats des analyses des sédiments prélevés en 2011 sont reportés dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Activités en bêta global, des émetteurs gamma (K-40 et Cs-137) et des isotopes du Pu dans les sédiments prélevés en 2011

	ACTIVITÉS (Bq/kg sec)					
	β global	**^{40}K**	**^{137}Cs**	**^{238}Pu**	**^{239}Pu et ^{240}Pu**	**^{90}Sr/^{90}Y**
MANOSQUE	380	210	1,20	< 0,05	< 0,05	< 8,36
VINON SUR VERDON	380	140	0,85	< 0,05	0,06	< 6,08
S^{T} EUCHER	280	180	0,89	< 0,05	< 0,06	< 4,54

Les sédiments sont absents au point de rejet du Centre, d'où l'absence de mesures en ce lieu, car les cours d'eau torrentiels comme la Durance ou le Verdon ne favorisent pas la sédimentation d'éléments fins (présence majoritaire de galets et sables) à de nombreux endroits du cours d'eau.

Les émetteurs gamma mesurés sont le potassium 40, isotope radioactif du potassium, naturellement présent dans les sédiments, et le césium 137, radioélément artificiel dont les traces dues aux retombées de l'accident de Tchernobyl de 1986, sont encore mesurables.

2.5.2.6 BILAN DES TRANSFERTS ET DES REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES

Le bilan des transferts d'effluents liquides effectués par les Installations Nucléaires de Base (INB) du Centre vers la STation d'EPuration des Effluents Industriels (STEP EI) du Centre et le bilan des rejets liquides sont contrôlés par les autorités, conformément aux décisions et arrêtés d'autorisation [2.5.1] à [2.5.6].
Ces bilans sont présentés chaque année dans le rapport annuel transmis aux autorités de sûreté et à la CLI de Cadarache.

2.5.3 LA RADIOACTIVITE EN MILIEU TERRESTRE

Le SPR réalise annuellement des prélèvements de terre, et de végétaux de consommation humaine (fruits et légumes) et mensuellement de bio-indicateurs (thym). Il se fournit mensuellement également en lait de chèvre provenant d'un élevage proche de Gréoux-les-Bains (04).

2.5.3.1 LES SOLS

Le prélèvement annuel réglementaire de sol s'effectue à Saint-Paul-Lez-Durance à proximité de la station de surveillance atmosphérique sur lequel une spectrométrie gamma et une spectrométrie alpha sont réalisées. Les résultats de l'analyse radiologique réalisée sur la terre en 2011 ont été reportés dans le Tableau 12.

Tableau 12 : Activités en bêta global et des émetteurs gamma naturels de l'échantillon de terre (sol) prélevé à Saint-Paul-Lez-Durance en 2011

	ACTIVITÉS (Bq/kg sec)						
	Radioéléments Naturels			Radioéléments artificiels			
	^{226}Ra+desc	^{228}Ra+desc	^{40}K	^{137}Cs	^{238}Pu	^{239}Pu et ^{240}Pu	^{241}Am
SAINT-PAUL-LEZ-DURANCE	19	22	290	26	< 5,00	0,42	0,15

Les activités mesurées pour les radioéléments naturels et les radioéléments artificiels n'appellent aucun commentaire particulier, hormis la présence de plutonium et d'américium proche des limites de détection, et restent comparables aux valeurs mesurées aux années précédentes.

2.5.3.2 LE LAIT DE CHEVRE

Afin d'évaluer l'impact des rejets radioactifs du CEA Cadarache sur les produits de consommation d'origine animale de type laitage, un échantillon de lait de chèvre fait l'objet d'analyses radiologiques tous les mois qui portent sur la mesure de l'iode 131, du césium 137 et du potassium 40 (radioélément naturel) par spectrométrie gamma. Une fois par an des analyses complémentaires en carbone 14 et tritium sont réalisées.
Les résultats des analyses des laits prélevés en 2011 sont reportés dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Activités en iode 131, césium 137, potassium 40, carbone 14 et tritium dans le lait de chèvre prélevé en 2011

	ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur minimale	Pourcentage de valeurs significatives (1)	Nombre total de valeurs de mesure	Écart type
GRÉOUX-LES-BAINS						
^{131}I (en Bq/l)	0,55			10 %	10	
^{137}Cs (en Bq/l)	< 0,34			0 %	10	
^{40}K (en Bq/l)	62,6	73	52	100 %	10	7,2
14-C (en Bq/kg de C)	241			100 %	1	
3-H libre (en Bq/l)	< 0,78			0 %	1	
3-H lié - TOL (en Bq/l)	0,23			100 %	1	

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Hormis l'échantillon de lait prélevé en avril 2011 (activité de 0,55 Bq/l due aux retombées de l'accident de Fukushima), aucune autre mesure significative en iode 131 n'a été mise en évidence le reste de l'année. Les mesures en césium 137 en en tritium sont inférieures ou proches des seuils de décision.
Le potassium 40, isotope radioactif du potassium, et le carbone 14, isotope radioactif du carbone, sont des composants naturels présents dans le lait.

2.5.3.3 LES BIO-INDICATEURS

Chaque mois, des prélèvements de thym (végétal bio-indicateur) sont effectués sur les stations de Ginasservis, de Saint-Paul-Lez-Durance, de la Grande Bastide et de la Verrerie.
Les résultats des analyses, après traitement (étuvage, calcination), des végétaux bio-indicateurs prélevés en 2011 sont reportés dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Activité dans les végétaux terrestres prélevés sur les stations de surveillance de l'environnement en 2011

	Activité					
	Valeur moyenne	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**	**Pourcentage de valeurs significatives**	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type**
GINASSERVIS						
^{40}K (Bq/kg frais)	298	455	236	100 %	12	61
^{137}Cs (Bq/kg frais)	0,56	0,83	0,34	50 %	12	0,2
^{134}Cs (Bq/kg frais)	0,26			100 %	1	
^{131}I (Bq/kg frais)	0,93			100 %	1	
^{14}C (Bq/kg frais de C total)	243			100 %	1	
^{3}H libre (Bq/kg frais)	1,23			100 %	1	
^{3}H TOL (Bq/kg frais)	0,69			100 %	1	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	$< 2{,}62.10^{-3}$			0 %	1	
$^{239}Pu + ^{240}Pu$ (Bq/kg frais)	$7{,}88.10^{-3}$			100 %	1	

Suite Tab. 14

	ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**	**Pourcentage de valeurs significatives**	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type**
ST-PAUL-LEZ-DURANCE						
^{40}K (Bq/kg frais)	278	451	185	100 %	12	76
^{137}Cs (Bq/kg frais)	0,66	1,09	0,36	91,7 %	12	0,2
^{134}Cs (Bq/kg frais)	< 0,18			0 %	1	
^{131}I (Bq/kg frais)	0,99			100 %	1	
^{14}C (Bq/kg frais de C total)	231			100 %	1	
^{3}H libre (Bq/kg frais)	< 0,5			0 %	1	
^{3}H TOL (Bq/kg frais)	0,59			100 %	1	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	$< 2,16.10^{-3}$			0 %	1	
$^{239}Pu + ^{240}Pu$ (Bq/kg frais)	$6,9.10^{-3}$			100 %	1	
GRANDE BASTIDE						
^{40}K (Bq/kg frais)	258	420	144	100 %	12	90
^{137}Cs (Bq/kg frais)	0,71	1,21	0,29	66,7 %	12	0,3
^{134}Cs (Bq/kg frais)	< 0,23			0 %	1	
^{131}I (Bq/kg frais)	0,98			100 %	1	
^{14}C (Bq/kg frais de C total)	250			100 %	1	
^{3}H libre (Bq/kg frais)	0,86			100 %	1	
^{3}H TOL (Bq/kg frais)	2,68			100 %	1	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	$< 2,58.10^{-3}$			0 %	1	
$^{239}Pu + ^{240}Pu$ (Bq/kg frais)	$5,15.10^{-3}$			100 %	1	

Suite Tab. 14

	ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**	**Pourcentage de valeurs significatives**	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type**
VERRERIE						
^{40}K (Bq/kg frais)	231	383	169	100 %	12	62
^{137}Cs (Bq/kg frais)	0,68	1,2	0,3	66,7 %	12	0,3
^{134}Cs (Bq/kg frais)	< 0,18			0 %	1	
^{131}I (Bq/kg frais)	0,36			100 %	1	
^{14}C (Bq/kg frais de C total)	238			100 %	1	
^{3}H libre (Bq/kg frais)	1,2			100 %	1	
^{3}H TOL (Bq/kg frais)	1,16			100 %	1	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	$< 2{,}18.10^{-3}$			0 %	1	
$^{239}Pu + {}^{240}Pu$ (Bq/kg frais)	$4{,}26.10^{-3}$			100 %	1	

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Ce tableau montre que les émetteurs gamma mesurés sont le potassium 40 (radioélément naturel) et le césium 137.
Les valeurs annuelles en carbone 14 sont proches des valeurs mesurées dans les végétaux (en moyenne 244 Bq/Kg de carbone). Les valeurs annuelles en tritium libre et en tritium lié sont toutes inférieures aux limites de détection.

2.5.3.4 LES VEGETAUX DE CONSOMMATION

Afin d'évaluer l'impact potentiel des rejets radioactifs du CEA Cadarache sur les produits de consommation d'origine végétale cultivés dans la région, des légumes sont achetés tous les trimestres dans des communes situées autour du Centre : Saint-Paul-Lez-Durance, Vinon-sur-Verdon, Ginasservis, et Peyrolles-en-Provence.
Quatre espèces de végétaux, de types fruit, légume-feuille, légume-fruit et légume-racine sont sélectionnées sur chaque lieu de prélèvement.
Les analyses, après traitement (étuvage, calcination), portent sur la recherche des émetteurs alpha, bêta et gamma.
Les résultats des analyses des végétaux de consommation prélevés en 2011 sont reportés dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Activités dans les végétaux de consommation prélevés en 2011

	ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**	**Pourcentage de valeurs significatives** (1)	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type**
LEGUMES-FEUILLES						
^{40}K (Bq/kg frais)	107	138,7	57,2	100 %	4	39,2
^{137}Cs (Bq/kg frais)	< 0,1			0 %	4	
^{3}H Eau libre (Bq/kg frais)	< 2,8			0 %	2	
^{3}H lié (TOL) (Bq/kg frais)	< 1,04			0 %	2	
^{14}C (Bq/kg)	237	237	236	100 %	2	0,99
^{90}Sr+^{90}Y (Bq/kg frais)						
^{239}Pu+^{240}Pu (Bq/kg frais)						
^{238}Pu (Bq/kg frais)						
LEGUMES-FRUITS						
^{40}K (Bq/kg frais)	103,4	130,7	84,3	100 %	4	19,7
^{137}Cs (Bq/kg frais)	< $4{,}7.10^{-2}$			0 %	4	
^{3}H Eau libre (Bq/kg frais)						
^{3}H lié (TOL) (Bq/kg frais)						
^{14}C (Bq/kg)						
^{90}Sr+^{90}Y (Bq/kg frais)	< $5{,}21.10^{-2}$			0 %	3	
^{239}Pu+^{240}Pu (Bq/kg frais)	< $5{,}78.10^{-4}$			0 %	2	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	< $5{,}78.10^{-4}$			0 %	2	

Suite Tab. 15

	ACTIVITÉS					
	Valeur moyenne	**Valeur maximale**	**Valeur minimale**	**Pourcentage de valeurs significatives** (1)	**Nombre total de valeurs de mesure**	**Écart type**
LEGUMES-RACINES						
^{40}K (Bq/kg frais)	116,7	143,3	76,2	100 %	4	31,7
^{137}Cs (Bq/kg frais)	$< 4{,}18.10^{-2}$			0 %	4	
^{3}H Eau libre (Bq/kg frais)	< 2,49			0 %	2	
^{3}H lié (TOL) (Bq/kg frais)	$< 1{,}6.10^{-1}$			0 %	2	
^{14}C (Bq/kg)	275	284	265	100 %	2	13,4
^{90}Sr+^{90}Y (Bq/kg frais)	$< 4{,}22.10^{-2}$			0 %	1	
^{239}Pu+^{240}Pu (Bq/kg frais)	$< 5{,}86.10^{-4}$			0 %	2	
^{238}Pu (Bq/kg frais)	$< 5{,}86.10^{-4}$			0 %	2	

(1) : Pourcentage de valeurs significatives – Une valeur est dite « significative » lorsqu'elle est supérieure au seuil de décision (limites de détection et seuil de décision définis et déterminés selon la norme NF ISO 11929).

Les analyses réalisées montrent la présence de potassium 40, isotope radioactif du potassium naturellement présent dans les végétaux, avec des activités de l'ordre de 103 à 117 Bq/kg frais.
Les activités mesurées en césium 137, strontium-yttrium 90 et tritium sont toutes inférieures aux seuils de décision.
Les niveaux d'activité en carbone 14 sont proches des valeurs trouvées communément dans les végétaux (en moyenne 260 Bq/kg de carbone).
Sur les échantillons prélevés, aucune mesure de transuranien n'a été significative.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.5.1] Décision n°2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[2.5.2] Arrêté du 9 mars 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[2.5.3] Décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[2.5.4] Arrêté du 15 octobre 2012 autorisant le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'installation nucléaire de base secrète dénommée « Propulsion Nucléaire » de son site de Cadarache.

[2.5.5] Arrêté préfectoral n°113-2006A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance. Autorisation à l'exploitation des installations classées.

[2.5.6] Arrêté préfectoral n°99-2005 A du 12 août 2005 imposant des prescriptions complémentaires à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) à Cadarache.

[2.5.7] Plan de Contrôle et de Surveillance du site et de l'Environnement du CEA Cadarache (PCSE). CAD/D2S/SPR, ENV.01 010 PCD 001.

LISTE DES FIGURES

Figure 2.5.1 Localisation et valeurs moyennes annuelles (en nGy/h) des mesures de dosimètres positionnés en clôture du site de Cadarache en 2011.

Figure 2.5.2 Valeurs annuelles moyennes de dosimétrie ambiante (en nGy/h) mesurées en clôture de site pour 2011, comparées aux valeurs moyennes depuis 1998.

Figure 2.5.3 Stations ou points de surveillance des eaux de surface du site de Cadarache.

Figure 2.5.4 Implantation des piézomètres réglementaires de surveillance radiologique sur le Centre de Cadarache.

FIGURES

Figure 2.5.1 : Localisation et valeurs moyennes annuelles (en nGy/h) des mesures de dosimètres positionnés en clôture du site de Cadarache en 2011

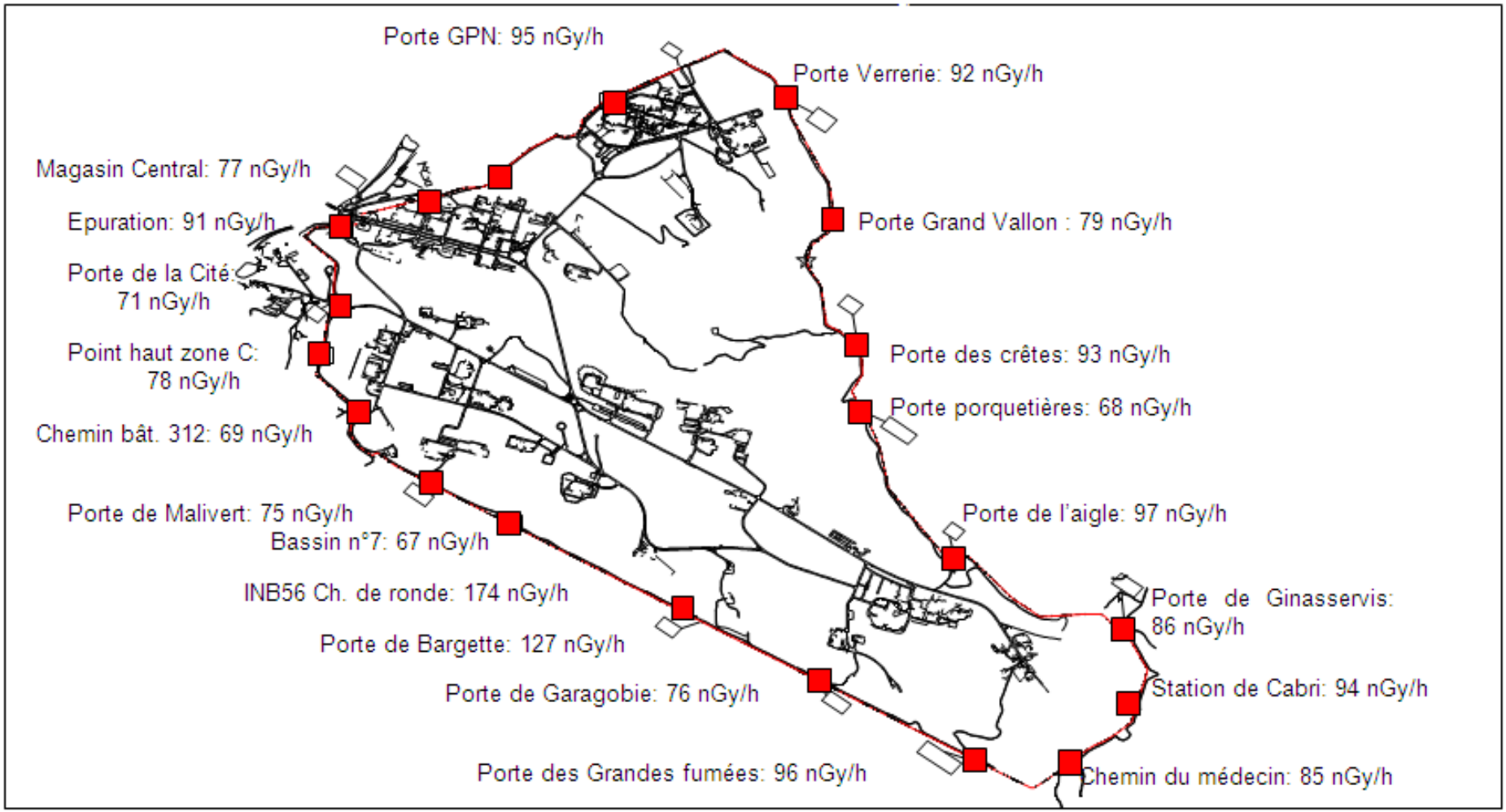
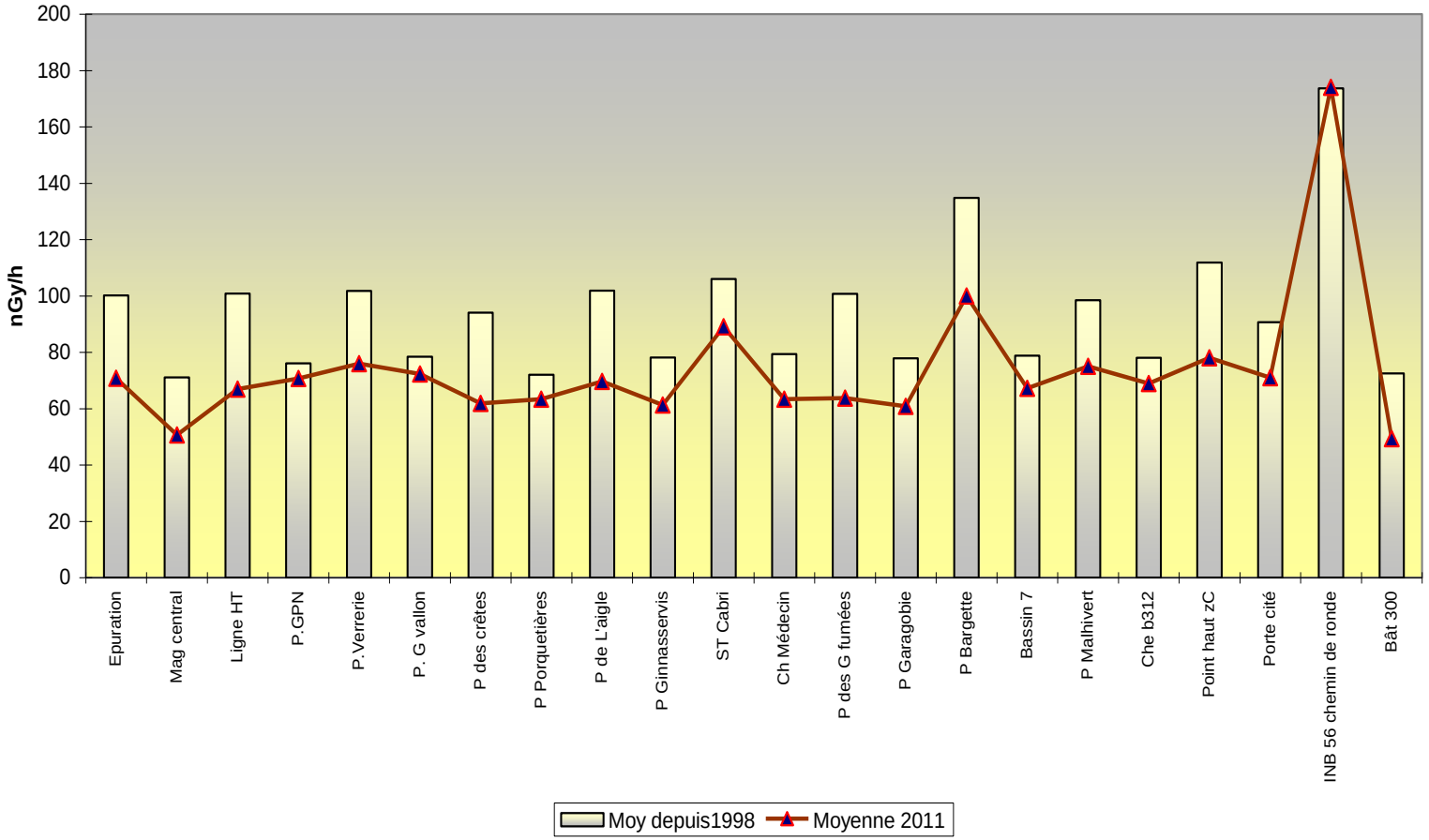
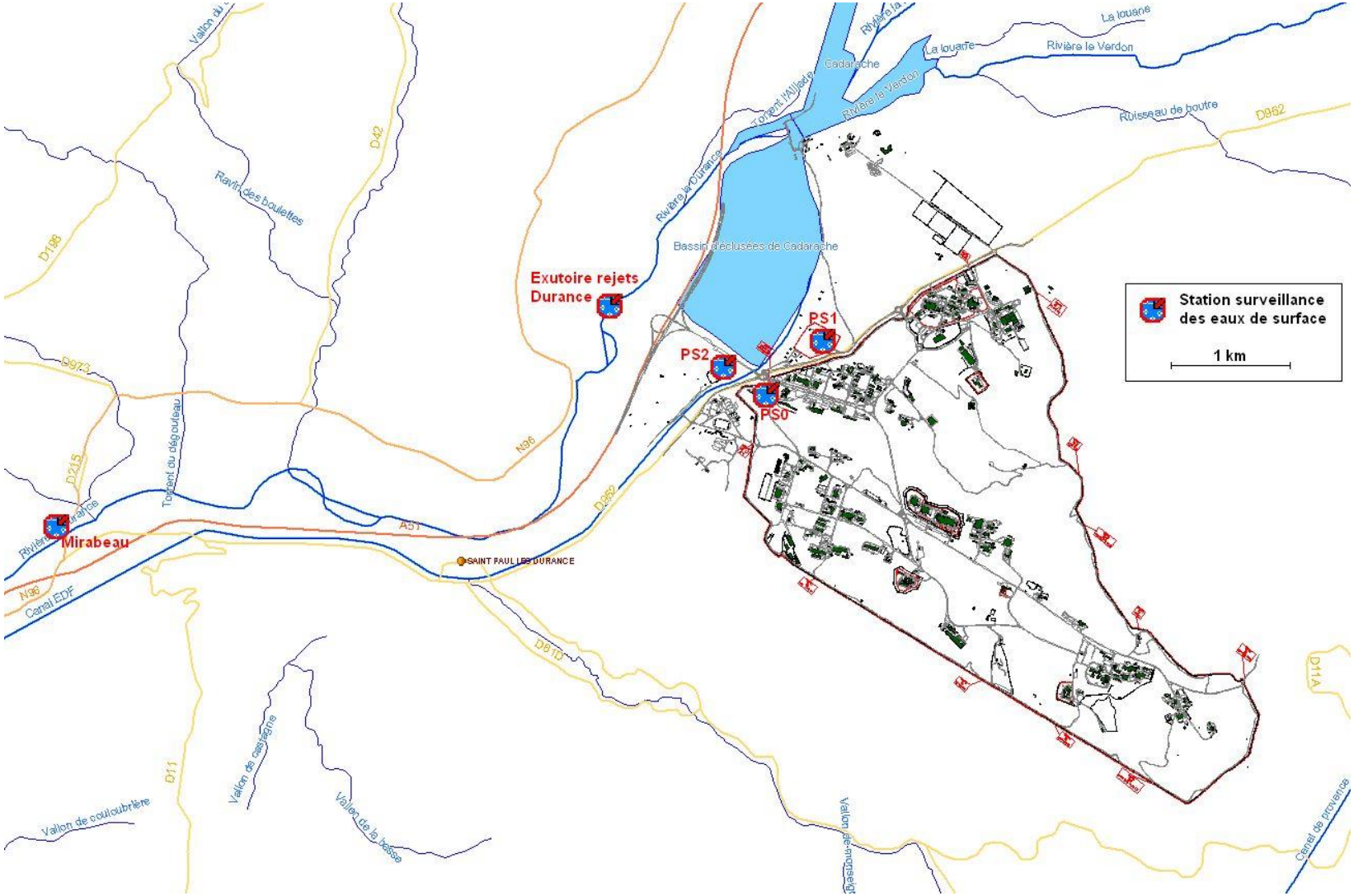


Figure 2.5.2 : Valeurs annuelles moyennes de dosimétrie ambiante (en nGy/h) mesurées en clôture de site pour 2011, comparées aux valeurs moyennes depuis 1998



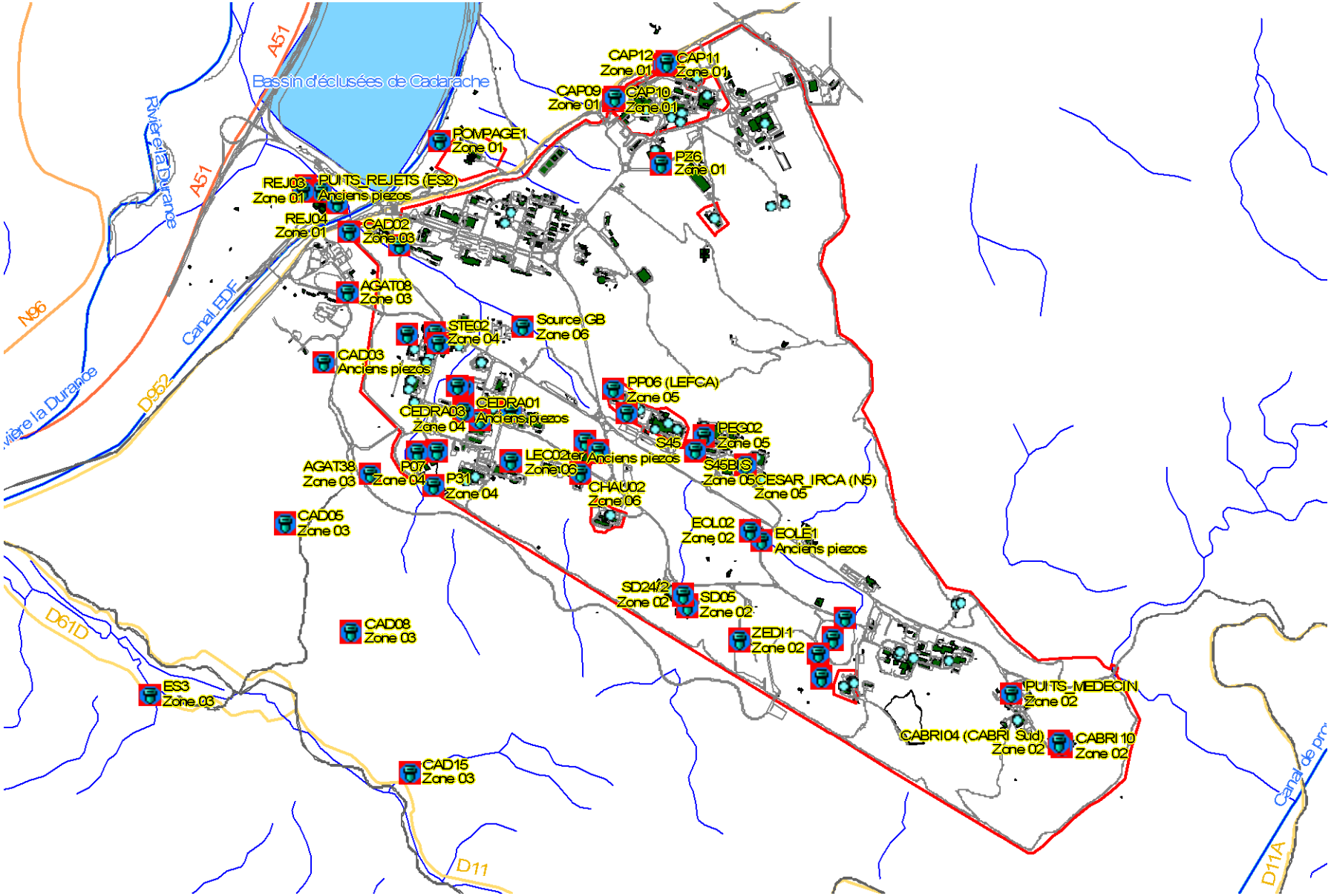
Les valeurs de dosimétrie ambiante mesurée en clôture de site en 2011 sont du même ordre de grandeur que la valeur moyenne calculée sur les 13 dernières années. Il est à noter, comme chaque année, une augmentation de la dosimétrie ambiante à la porte de la Bargette du fait de la proximité de la zone d'entreposage (INB 56).

Figure 2.5.3 : Stations ou points de surveillance des eaux de surface du site de Cadarache



PS0 : Station d'épuration
PS1 : Station de pompage
PS2 : Station des rejets (bassins 3000 m^3)

Figure 2.5.4 : Implantation des piézomètres réglementaires de surveillance radiologique sur le Centre de Cadarache



VOLUME 2 - CHAPITRE 6

UTILISATION DE L'ESPACE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
F. HERVEOU DIMP/DCET/SESN/GSR	P. BATTESTI DIMP/DCET/SESN	F. JOURDAIN Chef du SESN
Signature numérique de HERVEOU Frederic 171864 Date : 2020.11.04 17:00:45 +01'00'	Signature numérique de BATTESTI Paul-Joseph 097162 Date : 2020.11.04 18:10:47 +01'00'	Signature numérique de JOURDAIN Franck 155010 Date : 2020.11.05 08:45:36 +01'00'

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	§ et/ou page	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	-	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004 **« Bon pour envoi à l'Autorité de Sûreté Nucléaire »** *Le chapitre fera l'objet d'une mise à jour concernant les risques liés aux voies de communications externes du Centre.*
B	01/12/07		Mise à jour prenant en compte l'étude des risques liés aux voies de communications internes et externes du Centre (décembre 2005) ainsi que l'actualisation de l'étude des risques liés à l'aviation (février 2006).
C	18/07/16	§ 2.6.1 § 2.6.2 § 2.6.2.3 § 2.6.4.1 § 2.6.4.1 § 2.6.4.2	Ajout du dernier recensement de la population disponible à la date des chapitres indices B et C (recensement INSEE). Mise à jour des données agricoles suite au dernier Recensement Général Agricole de 2010 et au dernier schéma directeur de gestion de la forêt et des milieux naturels du CEA de Cadarache (2010-2019) de l'ONF Compléments relatifs aux canalisations. Prise en compte des demandes 2.1, 2.2, 2.3 et 2.4 émises par l'ASN dans le courrier ASN/CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012, ainsi que de la réévaluation des risques liés aux voies de communication. Prise en compte de l'engagement D14 émis par le CEA le courrier CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 23 du 14 janvier 2010, ainsi que de la réévaluation des risques liés à la canalisation. Prise en compte de l'actualisation de l'étude des risques liés à l'aviation.
D	11/2020	§ 2.6.4.2 Figure 2.6.17	Mise à jour du chapitre 6 du volume 2 avec prise en compte de la demande [D-CAD/PGSE-10] de révision des probabilités de chute d'avion sur le Centre de Cadarache, émise par la lettre ASN CODEP-DRC-2020-002688 du 27 février 2020 suite à l'instruction de la PGSE indice E (courrier DG/CEA/CAD/CSN DO 546 du 27/08/2020). Nota : la prise en compte de cette demande intègre les actions prises par le CEA suite aux questions de l'IRSN formulées dans le cadre de l'instruction de la PGSE indice E (demande 14 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00539 du 17 octobre 2017 et demandes 5 et 6 du fax IRSN/PSN-EXP/SSTC/2017-00628 du 4 décembre 2017 ; courriers CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 4 du 2 décembre 2017 et CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 111 du 27 février 2018. Correction des limites caractérisant la zone interdite LF P10.

SOMMAIRE

2.6.1 DÉMOGRAPHIE....4

2.6.2 UTILISATION DES TERRAINS....5

2.6.2.1 VÉGÉTATION NATURELLE ET ENVIRONNEMENT FORESTIER....5

2.6.2.2 UTILISATION AGRICOLE DES SOLS ET ÉCONOMIE RURALE....6

2.6.2.2.1 Généralités....6

2.6.2.2.2 Les régions proches de Cadarache....7

2.6.2.2.3 Les régions éloignées de Cadarache....9

2.6.2.2.4 Conclusion....9

2.6.2.3 ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET PIPELINE....10

2.6.3 VOIES DE COMMUNICATION....11

2.6.3.1 CIRCULATIONS ROUTIÈRE ET FERROVIAIRE....11

2.6.3.2 CIRCULATION AÉRIENNE....12

2.6.4 ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION....12

2.6.4.1 RISQUES LIÉS AUX VOIES DE COMMUNICATION ET À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL....12

2.6.4.1.1 Risques liés à l'environnement industriel externe au Centre....13

2.6.4.1.2 Risques liés aux voies de communication externe au Centre....13

2.6.4.1.3 Risques liés aux transports de matières dangereuses internes au Centre....16

2.6.4.1.4 Risques liés à la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du Centre....20

2.6.4.2 RISQUES LIÉS À LA CHUTE D'UN AVION....21

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE....26

LISTE DES FIGURES....27

2.6.1 DÉMOGRAPHIE

La carte de densité de population (Figure 2.6.1) établie sur la base du recensement INSEE de 1999 donne la répartition de la population dans un rayon de 80 km autour du Centre de Cadarache. Elle met en évidence que la région de Cadarache appartient à une zone de peuplement faible, voire très faible vers le nord et vers l'est (régions à prédominance montagneuse). Par contre, les densités croissent vers l'ouest et surtout le sud-ouest pour atteindre des valeurs élevées, supérieures à 220 hab.km^{-2}, dépassant localement 2000 hab.km^{-2} dans la région côtière marseillaise. Il est à noter que ces secteurs ne sont pas situés sous les vents dominants (cf. volume 2 - chapitre 1).

Cette population est par conséquent essentiellement concentrée au-delà d'un rayon de 40 km, sur le littoral avec les agglomérations de Toulon et Marseille, autour de l'étang de Berre et dans la vallée du Rhône. Plus près de Cadarache se trouve également l'agglomération d'Aix-en-Provence à environ 35 km au sud-ouest. La ville la plus importante située à proximité du site est Manosque (environ 20.000 habitants) à 15 km dans la direction du nord.

La Figure 2.6.2 montre l'évolution de la densité de population sur le même territoire entre les deux recensements de 1990 et 1999. On constate que, près de Cadarache, la population a peu évolué et qu'elle a même diminué dans une couronne de rayon 20 km. Seul le secteur de Pertuis, à l'ouest du site, a connu une augmentation significative.

Le Centre de Cadarache est entouré de 8 communes rurales situées dans un rayon de 7,5 km. Le tableau 2.6.1 donne la population recensée lors des différents recensements dont le plus récent disponible.

Commune	Département	Population recensement INSEE			
		1990	1999	2006 (*)	2012 (**)
Corbières	04	786	791	935	1062
Jouques	13	3062	3321	3979	4375
Saint Paul-lez-Durance	13	643	790	962	995
Ginasservis	83	911	984	1403	1583
Rians	83	2720	3628	4289	4398
Vinon-sur-Verdon	83	2752	2992	3799	4299
Beaumont-de-Pertuis	84	788	934	1019	1115
Mirabeau	84	770	907	1076	1228
	TOTAL	12432	14347	17462	19055

(*) Populations légales millésimées 2006 entrées en vigueur le 01/01/09 (source site internet INSEE)
(**) Populations légales millésimées 2012 entrées en vigueur le 01/01/15

Tableau 2.6.1 : Recensement de la population des communes situées aux alentours du Centre de Cadarache

La répartition fine de la population dans les fermes et hameaux situés dans un rayon de 7,5 km autour du Centre est donnée dans le tableau de la Figure 2.6.3. Ces données recueillies par enquête spécifique auprès des communes permettent d'élaborer une cartographie de répartition de la population par secteurs et couronnes à proximité du site (Figure 2.6.4). À noter que dans ce périmètre, l'apport estival de la population touristique n'est pas significatif, excepté sur la commune de Vinon-sur-Verdon en raison

de l'activité de l'aérodrome. On constate sur la Figure 2.6.4 que les environs immédiats du Centre sont très peu peuplés. Les concentrations de population les plus proches du Centre sont localisées au village de Saint-Paul-lez-Durance et à la zone d'activités située entre le village et le Centre (direction ouest), au Hameau destiné essentiellement au logement des stagiaires et situé à proximité de l'entrée principale (direction nord-ouest), au château de Cadarache (direction nord) et surtout au village de Vinon-sur-Verdon (à 5 km de Cadarache dans la direction nord-est).

Au-delà de ce périmètre de 7,5 km, il faut souligner une activité touristique importante avec la station thermale de Gréoux-les-Bains à environ 14 km du Centre et le lac d'Esparron à environ 20 km. Cette activité est de caractère plutôt estivale et concerne essentiellement les mois de juillet et août. On peut noter que les communes de Vinon-sur-Verdon, Gréoux-les-Bains et Esparron sont situées dans la direction nord-est par rapport au Centre, ce qui signifie qu'elles ne sont quasiment pas soumises aux vents dominants (cf. volume 2 – chapitre 1). Par ailleurs, une communauté religieuse est installée sur la commune de Jouques, au lieu-dit Notre Dame de la Fidélité, à 12 km du Centre dans la direction ouest sud-ouest.

2.6.2 UTILISATION DES TERRAINS

2.6.2.1 VÉGÉTATION NATURELLE ET ENVIRONNEMENT FORESTIER

La région de Cadarache fait partie de la Provence occidentale calcaire composée en alternance de reliefs compacts et de bassins sédimentaires meubles. Elle présente un peuplement sylvestre en accord avec les terrains, quoique l'essor rapide de l'exploitation économique et industrielle du territoire ait entraîné des modifications importantes du tapis végétal.

Différentes espèces occupent des terrains souvent en relation avec les conditions micro-climatologiques, le site de Cadarache étant à la limite de leurs zones de végétation.

Ces différentes espèces sont les suivantes :

- la chênaie, presque partout présente sous forme de taillis médiocres, qui se maintient difficilement dans les régions de la vallée de la Durance ainsi que sur les régions côtières sous l'action de la sécheresse, du vent et de l'impact humain ;
- dans les zones incultes, on trouve également le pin d'Alep, le pin pignon et le pin maritime ;
- les taillis qui sont pour leur part constitués de térébinthes, buis, troènes, cornouillers, genévriers, tandis que les clairières sont peuplées entre autre de romarins, de thym et de chênes kermès. Le long des cours d'eau (moins de 1 % du peuplement), se trouvent également des peupliers, des aulnes et des ormeaux.

Le domaine de Cadarache propriété du CEA, d'une surface totale de 1600 ha dont environ 900 ha (867 ha) clos, représente un domaine naturel important malgré les activités qui y sont implantées. La Figure 2.6.5 donne la carte de peuplement du domaine constitué, pour une part importante, de chênes verts et de chênes pubescents et pour une part moindre de futaie de pins d'Alep. Les superficies couvertes par chaque espèce se répartissent comme suit :

Chênaie pubescente	331 ha
Chênaie verte	233 ha
Chênaie mixte (verte et pubescente)	100 ha
Ripisylve	22 ha
Pinède à pin d'Alep	169 ha
Pinède à pin sylvestre	17 ha
Plantations (cèdres, pins noirs, pins brutia)	16 ha
Mélange chênaie/pinède à pin d'Alep	113 ha
Mélange chênaie/pinède à pin sylvestre	15 ha

Garrigues	211 ha
Espaces cultivés	54 ha
Espaces non boisés	32 ha

La végétation qui entoure et peuple le Centre de Cadarache est particulièrement sensible au feu notamment après une longue période de sécheresse et en présence de vent. En effet, sur le plan de la sécurité, l'orographie, le régime particulier des vents, la topographie et surtout la prédominance des espaces boisés sont des facteurs propres à amplifier les effets d'un éventuel incendie de forêt. L'incendie des 1er, 2 et 3 août 1989 a ainsi détruit 4 300 hectares aux abords du Centre dont 17 hectares à l'intérieur. Les mesures et les moyens de prévention et d'intervention contre ce risque sont décrits dans le volume 4 - chapitre 4.

Des espèces animales de grande taille sont présentes sur le site de Cadarache : le cerf Sika, le sanglier et le mouflon. D'autre part, des blaireaux, des lapins, des lièvres et des renards sont également représentés. De nombreux oiseaux peuvent également être observés : verdier d'Europe, chardonneret, pinson des arbres, bergeronnette grise, grive musicienne, corneille noire, bécasse, mésanges, rapaces dont le faucon crécerelle.

À noter que la végétation et la faune du site de Cadarache ont fait l'objet d'une étude détaillée en 2002 [2.6.7].

2.6.2.2 UTILISATION AGRICOLE DES SOLS ET ÉCONOMIE RURALE

2.6.2.2.1 Généralités

L'économie agricole des régions avoisinant le Centre se partage entre plusieurs activités conditionnées par l'altitude des terrains :

- Sur les hautes terres et collines, soit des forêts ou des peuplements arbustifs déjà décrits soit des prairies naturelles ou artificielles servant de pacage, soit des cultures de plantes à parfums (lavande principalement) ou médicinales (sauge principalement) soit aussi de la vigne.
- Dans les fonds de vallée ou les terres irrigables, des cultures vivrières diverses dans des zones très particularisées : rives de la Durance entre Manosque et Avignon, nord-ouest d'Aix entre cette agglomération et la Durance, zone sud du Luberon dans un polygone ayant pour sommets : Lauris, la Bastide-des-Jourdans, Mirabeau, Pertuis, enfin au Sud de Cadarache aux alentours de Rians.

La figure 2.6.6 donne l'orientation technico-économique des communes de la région PACA.

Au-delà de ces généralités, il est difficile de disposer d'éléments représentatifs permanents qui sont en effet liés :

- aux choix effectués par les agriculteurs en fonction de la météorologie, des demandes du marché, des directives régionales, nationales ou européennes.
- à la période de l'année : telle parcelle plantée en céréales jusqu'au mois de juillet sera, pendant l'été plantée en melon, ou restera en jachère.

Les statistiques agricoles fournies par le Ministère de l'Agriculture ignorent la géographie des exploitations pour ne retenir que l'aspect économique de la production agricole ou de l'élevage. Elles ignorent aussi les trop petites exploitations (moins de 1 ha de superficie agricole ou 20 ares de cultures spécialisées) ainsi que les terrains domaniaux, communaux ou n'appartenant pas à des exploitants agricoles. Les forêts ne faisant pas partie d'une exploitation agricole ne sont pas recensées non plus dans les statistiques.

Les éléments donnés ci-après ne constituent que des indications générales [2.6.1]. Pour les cantons ou communes proches de Cadarache, seules des enquêtes détaillées et fréquentes peuvent donner un aperçu de la réalité de la répartition des cultures pratiquées à une époque donnée.

Les données décrivant l'agriculture locale sont extraites du Recensement Général Agricole (RGA) dont le dernier date de l'année 2010 [2.6.1]. Elles sont présentées dans les paragraphes qui suivent et comparées à celles du précédent recensement datant de 2000 et à celui de 1988.

Les données chiffrées du RGA étant fournies par canton et non par commune (secret statistique), les données présentées ci-après sont qualitatives en ce qui concerne les communes et quantitatives pour les cantons[1].

Dans un rayon de 20 km, 8 cantons (situation en 2010), répartis sur 4 départements, sont concernés (Figure 2.6.7) :

- le canton de Peyrolles en Provence (Bouches du Rhône), composé des communes de Saint-Paul-Lez-Durance, Jouques, Peyrolles en Provence, Meyrargues et Le Puy Sainte Réparade.
- le canton de Rians (Var), composé des communes de Ginasservis, Vinon-sur-Verdon, Rians, Artigues, Saint-Julien et La Verdière.
- le canton de Valensole (Alpes de Haute Provence), composé des communes de Gréoux-les-Bains, Valensole, Saint Martin de Brôme et Brunet.
- le canton de Pertuis (Vaucluse), composé des communes Beaumont de Pertuis, La Bastide des Jourdans, Mirabeau, Grambois, Vitrolle en Lubéron, La Tour d'Aigues, La Bastidonne, Pertuis, Ansouis, Saint Martin de la Brasque, La Motte d'Aigues, Pépin d'Aigues, Cabrières d'Aigues et Sannes.
- le canton de Manosque Sud-Est (Alpes de Haute Provence), composé des communes de Corbières et Sainte-Tulle.
- le canton de Manosque Sud-Ouest (Alpes de Haute Provence), composé des communes de Pierrevert et Montfuron.
- le canton de Manosque Nord (Alpes de Haute Provence), composé des communes de Volx et Saint Martin les Eaux.
- et le canton de Manosque Ville (Alpes de Haute Provence).

Au-delà de 20 km autour du centre, seuls sont considérés ceux situés le long de la vallée de la Durance : Forcalquier, Les Mées, Peyruis, Reillanne pour la haute vallée de la Durance, Chateaurenard, Eyguières, Lambesc, Orgon, Cadenet et Cavaillon pour la basse vallée de la Durance.

Dans un rayon de 5 km autour du centre, sont présentes les communes de Jouques et Saint-Paul-lez-Durance (Bouches-du-Rhône), de Ginasservis, Rians et Vinon-sur-Verdon (Var), de Beaumont-de-Pertuis et Mirabeau (Vaucluse) et de Corbières (Alpes de Haute-Provence), réparties sur quatre départements.

2.6.2.2.2 Les régions proches de Cadarache

2.6.2.2.2.1 Rayon de 5 km autour de Cadarache

L'évolution des pratiques agricoles dans un rayon de 5 km est la suivante (Figures 2.6.8 et 2.6.9) :

Sur les huit communes, les surfaces agricoles utilisées ont globalement augmenté depuis 1988. Pour les communes de Corbières, Jouques, Ginasservis, Vinon-sur-Verdon et Mirabeau, elles ont baissé. A contrario, pour les communes de Beaumont de Pertuis et Rians, elles ont augmenté et notamment doublé pour Rians. La répartition de la surface agricole utilisée a évolué depuis 1988, les terres labourables laissant la place aux terrains en herbe (Figure 2.6.9).

En ce qui concerne le cheptel, le nombre de têtes de bétail à sensiblement diminué entre 2000 et 2010 sur les communes de Jouques et de Mirabeau, et a franchement décru sur les communes de Ginasservis (-40%), Vinon-sur-Verdon (-85%) et Beaumont de Pertuis (divisé par 3). Seule la commune de Rians a vu ce nombre croitre très notablement (multiplié par 5).

[1] Le recensement agricole est réalisé commune par commune. Les données sur les cantons sont obtenues en sommant les données sur les communes. Les communes éclatées entre plusieurs cantons telles que Manosque sont de ce fait traitées de manière indépendante et les données affectées aux cantons (ex : Manosque nord) correspondent seulement aux communes périphériques hors Manosque

L'existence de cheptel n'est pas recensée sur les communes de Corbières et Saint-Paul- Lez-Durance.

Les orientations technico-économiques de ces communes ont peu évolué entre 2000 et 2010 comme présenté dans le tableau 2.6.2 :

	Orientation technico-économique de la commune	
Libellé de commune	**2010**	**2000**
Beaumont-de-Pertuis	Viticulture (appellation et autre)	Viticulture (appellation et autre)
Corbières	Viticulture (appellation et autre)	Viticulture (appellation et autre)
Ginasservis	Polyculture et polyélevage	Polyculture et polyélevage
Jouques	Fruits et autres cultures permanentes	Polyculture et polyélevage
Mirabeau	Viticulture (appellation et autre)	Viticulture (appellation et autre)
Rians	Polyculture et polyélevage	Polyculture et polyélevage
Saint-Paul-lès-Durance	Céréales et oléoprotéagineux	Céréales et oléoprotéagineux
Vinon-sur-Verdon	Cultures générales (autres grandes cultures)	Cultures générales (autres grandes cultures)

Tableau 2.6.2 : Orientations technico-économiques des communes sur un périmètre de 5 km autour du centre de Cadarache (RGA 2010)

Le secret statistique ne permet pas d'obtenir de données chiffrées détaillées concernant les types d'élevage ou de cultures. Seul le recensement de l'existence du type est disponible et présenté dans le tableau 2.6.3 :

Commune	**Légume**	**Fruit**	**Plante aromatique**	**Céréales**	**Cheptel**
Beaumont-de-Pertuis	Betterave, Pomme de terre et Tubercule	Melon, Vignes	-	Blé tendre, Orge, Maïs, Oléagineux, Colza, Tournesol, Fourrage	Chèvre, Brebis
Corbières	Betterave	Vignes	-	Maïs, Oléagineux, Colza, Tournesol	-
Ginasservis	Betterave	-	-	Blé tendre, Orge, Maïs, Oléagineux, Tournesol, Fourrage	Bovin, Vache, Chèvre, Brebis, Poulet
Jouques	Aubergine, Courgette, Haricot vert, Poivron, Potiron, Salade, Tomate, Pomme de terre et Tubercule	Vignes	Lavande et Lavandin, Safran, Sauge	Blé tendre, Orge, Oléagineux, Tournesol, Fourrage	Bovin, Vache, Chèvre, Brebis
Mirabeau		Vignes	Lavande et Lavandin, Romarin, Thym	Blé tendre, Orge, Maïs, Oléagineux, Tournesol, Fourrage	Brebis
Rians	Ail, Autres légumes	Melon, Vignes	-	Blé tendre, Orge, Maïs, Oléagineux, Colza, Tournesol, Fourrage	Bovin, Vache, Chèvre, Brebis, Poulet
Saint-Paul-lès-Durance	-	-	-	Céréale (jachère)	-
Vinon-sur-Verdon	Ail, Artichaut, Aubergine, Asperge, Bette et Carde, Betterave, Brocoli, Carotte, Céleri, Choux, Concombre, Courgette, Echalote, Epinard, Fenouil, Fève, Haricot vert, Navet, Oignon, Petit pois, Poireau, Poivron, Potiron, Radis, Salade, Salsifis, Tomate, Betterave, Pomme de terre et Tubercule, Autres légumes	Fraise, Melon, Pastèque, Vignes	-	Orge, Mais, Oléagineux, Colza, Tournesol, Fourrage	Brebis

Tableau 2.6.3 : Cultures et élevage dans les communes sur un périmètre de 5 km autour du centre de Cadarache (RGA 2010)

2.6.2.2.2 Rayon de 20 km autour de Cadarache

La zone étudiée se divise en deux parties à l'image de l'agriculture de la région : d'une part les plaines de la Durance et du Verdon et les zones irrigables dans lesquelles se trouvent les grandes cultures et les maraîchages, d'autre part les parties hautes sur lesquelles prédominent la culture de la vigne, les pacages et la culture des plantes à parfum.

L'évolution des pratiques agricoles dans un rayon de 20 km est la suivante (Figures 2.6.10 et 2.6.11) :

Entre 1988 et 2010, le nombre d'exploitations agricoles et la superficie des terres utilisées ont sensiblement baissé. Les cantons de Pertuis, de Valensole et de Rians sont ceux qui comptabilisent le plus de surfaces agricoles utilisées en nombre d'hectares. La surface agricole utilisée représente pour l'ensemble des cantons 26 % de la surface totale des cantons. Elle était de 30 % en 2000 et de 27 % en 1988. Sur le canton de Pertuis, plus de 67 % de la superficie agricole utilisée est occupée par les cultures permanentes (vignes, vergers, pépinières ornementales, etc.). Les cantons de Valensole, Rians, Pertuis et Peyrolles en Provence sont ceux disposant de la plus grande superficie en terres labourables, dédiées aux cultures de céréales, de légumes secs et protéagineux, de fourrages, de tubercules et de légumes de plein champ. Le canton de Valensole dédie quasi exclusivement sa surface agricole à ce type de culture. Les cantons de Rians et Peyrolles en Provence y associent terres labourables et prairies, dédiées au bétail. Les cantons de Manosque nord et sud-ouest utilisent leur surface agricole en prairies à plus de 60 %. Globalement, la répartition de l'utilisation des surfaces agricoles a peu évolué depuis 2000 (Figure 2.6.11).

En ce qui concerne le cheptel, le nombre de têtes de bétail a fortement diminué depuis 2000 dans certains cantons comme celui de Pertuis (divisé par 2), de Rians (-30%) ou de Manosque Sud-Est (divisé par 5). Dans le canton de Peyrolles en Provence, il a augmenté de 50 % par rapport à 2000, mais est en baisse de 50 % par rapport à 1988.

2.6.2.2.3 Les régions éloignées de Cadarache

On entend par région éloignée du Centre de Cadarache les cantons géographiquement placés à plus de 20 km du Centre mais situés le long de la Durance.

L'évolution des pratiques agricoles au-delà de 20 km de Cadarache est la suivante (Figures 2.6.12 et 2.6.13) :

Entre 1988 et 2010, le nombre d'exploitations agricoles a été divisé par deux et la superficie des terres utilisées a diminué de 14 %. Les cultures permanentes (vignes, vergers, pépinières ornementales, etc.) se retrouvent quasiment exclusivement en aval de Cadarache. Les cantons d'Eyguières et de Forcalquier présentent la plus grande superficie toujours en herbe, laquelle a été multipliée par trois pour le canton d'Eyguières sur la période. Les superficies en terres labourables dédiées aux cultures de céréales, de légumes secs et protéagineux, de fourrages, de tubercules et de légumes de plein champ, ont tendance à diminuer dans l'ensemble des cantons, sauf pour le canton des Mées. La répartition de la surface agricole utilisée a peu évolué depuis 1988, les cultures permanentes laissant la place aux terrains en herbe (Figure 2.6.13).

Le cheptel, dans les cantons en amont de Cadarache, a diminué d'un cinquième ces dix dernières années. Pour les cantons situés en aval du centre, il a augmenté de 26 % sur 10 ans. Le canton d'Eyguières présente une progression de 40 % depuis 2000 et de 20 % depuis 1988.

2.6.2.2.4 Conclusion

Pour les cantons proches du Centre de Cadarache, malgré les évolutions parfois sensibles, les grandes caractéristiques de l'agriculture et de l'élevage ont peu évolué depuis la version 2010 de la PGSE, à savoir :

- L'économie agricole des régions avoisinant le Centre se partage entre plusieurs activités conditionnées par l'altitude des terrains.

- Les cultures sont localisées dans les zones irriguées et principalement dans le val de Durance et du Verdon dont le cours est bien maîtrisé au profit des surfaces cultivables.
- La spécialisation des agricultures : maraîchages sur Jouques et Vinon sur Verdon, vignes et céréales sur l'ensemble des communes à l'exception, pour la vigne, de Saint Paul Lez Durance et Ginasservis.
- La spécialisation des élevages : volailles, ovins et dans une moindre mesure les caprins sont les principaux élevages de la région.
- Peu ou pas de vaches laitières sont recensées sur les communes comprises dans un rayon de 5 km autour du Centre.

2.6.2.3 ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET PIPELINE

Les éléments de ce paragraphe sont notamment tirés de la référence [2.6.2]. La Figure 2.6.14 indique la localisation des sites industriels les plus importants dans un rayon de 80 km autour de Cadarache.

L'emplacement du Centre a été choisi en grande partie pour des raisons d'éloignement des grandes agglomérations, et des grands centres industriels. De fait, les concentrations industrielles importantes se situent à plus de 50 km (usines chimiques ARKEMA à Saint-Auban et SANOFI-AVENTIS à Sisteron au nord, agglomération marseillaise au sud et périphérie de l'Étang de Berre au sud-ouest).

Dans un rayon de 20 km autour du Centre, se sont développées des zones industrielles de taille plus modeste qui accueillent notamment beaucoup de sous-traitants de Cadarache. C'est en particulier le cas à Saint-Paul-Lez-Durance et Vinon-sur-Verdon, mais aussi à Manosque et Sainte-Tulle dans les Alpes de Haute-Provence. À Manosque (15 km au nord), on trouve des entreprises spécialisées en mécanique de précision, en électronique ou en optique, ainsi qu'en traitement des déchets.

Mais l'activité industrielle la plus importante de la vallée de la Durance concerne la production et la distribution d'énergie hydroélectrique. L'ensemble hydraulique comprend 18 centrales représentant une puissance de 2000 MW. Celles-ci peuvent être pilotées de manière synchrone à partir d'un poste de commande centralisée localisé à Sainte-Tulle à 10 km au nord du Centre. Les centrales les plus proches du Centre sont celles de Sainte-Tulle (10 km), Beaumont-de-Pertuis (5 km) et Jouques (8 km).

Il faut noter aussi à Manosque la présence d'un site de stockage souterrain pour les hydrocarbures ou le méthane, dans des cavités de sel, équipées dès la fin de 1992. L'exploitation au meilleur coût du gaz naturel dans le sud-est rend nécessaire la constitution d'un stockage permettant un meilleur équilibre des ressources et des pointes de consommation sur le réseau national. La liaison avec l'artère principale qui passe au sud d'Aix-en-Provence s'effectue par une canalisation de 68 km de long et de 750 mm de diamètre nominal. Elle transporte le méthane humide à la pression maximale de 80 bar. Le cheminement de la canalisation est représenté sur la Figure 2.6.15. Celle-ci passe à 1,5 km de la limite ouest du site. L'INB la plus proche (INB 37) est à plus de 2 km de la canalisation. Ces valeurs sont à rapprocher des distances (325 m des clôtures) retenues dans le calcul de risque (surpression et rayonnement thermique). Les vannes de sécurité sont installées au nord de Peyrolles et à Sainte-Tulle, à 10 km environ du Centre. Sur cette canalisation, est piquée une canalisation de faible diamètre nominal (80 mm), pour l'alimentation du CEA Cadarache en gaz naturel ; elle pénètre dans le Centre au droit d'un poste de livraison placé à l'intérieur de la clôture. Cette canalisation fait l'objet d'une analyse de risque synthétisée au paragraphe 2.6.4.1.4 de ce chapitre.

Deux autres liaisons par pipelines existent dans le Val de Durance (hors carte de la Figure 2.6.15) :

- deux canalisations parallèles (GEOSEL 1 et GEOSEL 2) situées à plus de 15 km au nord-ouest du Centre et appartenant à la société GEOSEL, relient le stockage souterrain d'hydrocarbures situé à 5 km au nord-ouest de Manosque à la zone industrielle de Fos – Berre ;

- une canalisation de transport d'éthylène entre Fos et Saint-Auban sur Durance (usine ARKEMA) également située à plus de 15 km au nord-ouest du Centre.

Un recensement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation ou à autorisation avec servitude a été réalisé auprès des DRIRE (actuelle DREAL) des quatre départements 04, 13, 83 et 84 [2.6.2]. Il en ressort qu'aucune ICPE de ce type n'est présente dans

un rayon de 10 km autour du Centre. Quant aux ICPE soumises à déclaration, le recensement effectué auprès des préfectures montre que celles-ci n'engendrent pas de risques particuliers pour le Centre.

Il est à noter que l'installation ITER est cours de construction à proximité du Centre, le chantier ne présente pas de risques particuliers pour le Centre de Cadarache.

2.6.3 VOIES DE COMMUNICATION

2.6.3.1 CIRCULATIONS ROUTIÈRE ET FERROVIAIRE

La Figure 2.6.16 représente les principales voies de communication dans l'environnement de Cadarache.

Le Centre est accessible, à partir du sud (Aix-en-Provence, Marseille) et du nord (Manosque) par la Route Nationale 96, la Route Départementale 952 et l'autoroute A51 dont la bretelle d'accès de la gare de St-Paul-lez-Durance est reliée à la Route Départementale 952 par un rond-point situé devant l'entrée principale.

Outre la RD 952, les routes les plus proches de l'enceinte du Centre sont la RD 11 et la RD 36 qui permet d'accéder au Centre par la Porte de Ginasservis, côté est. Quinze portes réparties le long de la clôture permettent de rejoindre ces voies en utilisant des chemins forestiers. Elles peuvent être utilisées en cas de situation exceptionnelle.

La RN 96 et la RD 952 sont de bonne qualité, d'au moins 7 mètres de large. Les autres voies sont de qualité moyenne.

La circulation sur la RN 96 est très importante mais a nettement chuté depuis la mise en fonction de l'autoroute A51. Sa fréquentation moyenne journalière est descendue en 2002 à 7530 véhicules au sud du pont de Mirabeau et à 6400 véhicules sur la portion la plus proche du Centre située dans le département du Vaucluse.

L'autoroute A 51 a absorbé de son côté en 2001 un trafic moyen journalier de 15600 véhicules sur la section située entre Pertuis et Cadarache, et de 14800 véhicules sur la section située entre Manosque et Cadarache. La différence entre ces 2 sections correspond essentiellement au trafic en provenance d'Aix-en-Provence lié à l'activité de Cadarache. Pour l'ensemble de ces données, la part de trafic correspondant aux poids lourds et aux cars est de 7 à 8 %.

En moyenne journalière annuelle, 3810 véhicules ont emprunté la gare autoroutière de Saint-Paul-lez-Durance en 2001, dont 3630 véhicules de tourisme et 180 cars ou poids lourds. La circulation en ce lieu est principalement due aux activités du Centre de Cadarache.

Il en est de même sur la route départementale 952 qui longe le Centre côté nord-ouest. Les comptages effectués par la DDE 13 indiquent pour 2002 un trafic moyen journalier de 5730 véhicules au nord de l'entrée du Centre et de 5710 véhicules du côté de Saint-Paul-Lez-Durance. Les pointes principales se situent aux heures de début et de fin de journée (7h-9h et 16h-17h).

Les autres routes départementales, plus éloignées, ont une fréquentation moindre. En particulier, la fréquentation moyenne journalière de la RD 11 au sud-ouest du Centre était de 1050 véhicules en 2002.

La circulation sur le Centre obéit aux règles appliquées communément en agglomération. Le trafic s'écoule suivant un réseau d'axes principaux reliés entre eux par des transversales, des routes et des chemins forestiers. Une piste de 4 mètres de large fait le tour de la clôture par l'intérieur et relie entre elles les différentes entrées.

Une analyse complémentaire concernant le trafic de matières dangereuses aux abords du Centre a été réalisée par le CETE Méditerranée en 2004 [2.6.3]. Cette étude montre que l'essentiel du trafic concerne l'autoroute A51 (150 poids lourds transportant des matières dangereuses en moyenne par jour). Quelques poids lourds empruntent également la RD 952 qui longe la clôture du Centre côté ouest, pour desservir la commune de Vinon-sur-Verdon).

L'approvisionnement du Centre en carburants (essence et gazole) a atteint un niveau stable ces dernières années avec 12 livraisons annuelles représentant environ 150 m^3 pour l'essence et 120 m^3 pour le gazole. En ce qui concerne les gaz comprimés (air, argon, hélium, hydrogène, oxygène, méthane,

propane, etc.), le flux d'entrée/sortie est d'environ 600 kg/an, sauf pour l'azote pour lequel il est de 6000 kg/an. Le Centre est aussi approvisionné en produits chimiques divers, soit en capacités allant jusqu'à plusieurs mètre-cubes par an, soit en colis de petites quantités d'éthanol, d'acide nitrique ou sulfurique, de soude caustique (colis de 1 à 5 litres), ou encore de benzène (moins d'un colis de 5 ou 10 litres par mois).

En ce qui concerne le trafic ferroviaire de matières dangereuses sur la voie qui longe la RN 96, celui-ci a été recensé en 2005 par EDF/CIDEN sur la base des informations fournies par la SNCF et les industriels concernés [2.6.5]. L'essentiel de ce trafic est dû à l'usine ATOFINA (actuelle usine ARKEMA) de Saint-Auban (04) qui a communiqué le détail de ses transports sous réserve de confidentialité.

2.6.3.2 CIRCULATION AÉRIENNE

La circulation aérienne dans la région de Cadarache concerne différents types d'aviation : l'aviation commerciale, l'aviation générale et l'aviation militaire. Par ailleurs, les bombardiers d'eau de la Sécurité Civile sont susceptibles d'intervenir pour des opérations de lutte contre l'incendie.

Le Centre de Cadarache est éloigné des aérodromes utilisés par **l'aviation commerciale**. De plus, le couloir aérien le plus proche est situé à plus de 11 km au nord-est du site.

Un petit aérodrome utilisé par **l'aviation générale** (Vinon-sur-Verdon) se trouve à moins de 5 km au nord-est du Centre. Cet aérodrome, siège d'aéroclubs locaux, est classé en classe D et ne peut accueillir que des planeurs et avions légers et moyens.

Le Centre de Cadarache bénéficie d'une interdiction de survol définitive[2] de limites verticales 4200 pieds, créée par l'arrêté du 13 septembre 2012 portant création d'une zone interdite identifiée LF-P10 au-dessus de la zone industrielle de Cadarache (Bouches-du-Rhône) dans la région d'information de vol de Marseille (Figure 2.6.17).

Le plancher de la zone R71A utilisée par **l'aviation militaire** pour les personnels en instruction à l'Armée de l'Air est situé au-dessus du plancher de la zone interdite LF P10. La zone LF P10 peut néanmoins être pénétrée par des hélicoptères se rendant aux hélisurfaces du Centre se situant à proximité du Centre (Cité et Château) (Figure 2.6.17). Dans ce cas, le Centre communique aux organismes chargés de mission en hélicoptère des consignes précises d'approche et de survol du site. La fréquentation de l'hélisurface est en moyenne de 5 appareils par an.

En cas de feu de forêt sur le Centre, le survol par les bombardiers d'eau de la **Sécurité Civile** peut être autorisé après concertation avec les partenaires du CODIS.

2.6.4 ÉVALUATION DES RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET AUX VOIES DE COMMUNICATION

2.6.4.1 RISQUES LIÉS AUX VOIES DE COMMUNICATION ET À L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL

La réglementation en matière de prise en compte des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication est précisée par les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) relatives d'une part aux installations nucléaires de base autres que les réacteurs (RFS n°I.1.b) et d'autre part aux installations nucléaires de production d'énergie électrique comportant un réacteur à eau sous pression (RFS n°I.2.d).

Une étude des risques liés aux voies de communication externes au site de Cadarache et à son environnement industriel a été réalisée en 2004 et 2005 sur la base de la méthodologie utilisée par EDF pour les centrales nucléaires [2.6.5], [2.6.6]. Cette étude a fait l'objet d'une révision en 2014 [2.6.8] [2.6.9]. Ces études ont également comporté une analyse des risques liés aux transports de matières dangereuses sur le site.

[2] La zone d'interdiction temporaire établit suite aux attentats du 11 septembre 2001, est devenue une zone d'interdiction définitive en 2012.

Les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) n°I.1.b et n°I.2.d. distinguent trois familles de sources d'agressions potentielles : les installations industrielles fixes, les canalisations de transport telles que les gazoducs, et les trafics (routier, ferroviaire, fluvial et maritime).

2.6.4.1.1 Risques liés à l'environnement industriel externe au Centre

Conformément à l'environnement industriel présenté au paragraphe 2.6.2.3 de ce chapitre, il n'est pas identifié d'installation dans l'environnement du Centre de Cadarache générant un risque particulier pour celui-ci.

2.6.4.1.2 Risques liés aux voies de communication externe au Centre

Pour Cadarache, les risques externes sont dus essentiellement au transport de matières dangereuses sur les voies de communication alentours. Le transport de matières dangereuses peut engendrer trois types de risque :

- le risque d'explosion sur place ou d'un nuage après dérive,
- le risque d'incendie,
- le risque de dérive d'un nuage toxique.

L'étude EDF de 2004-2005 [2.6.5], [2.6.6] et le complément d'étude réalisé en 2014 [2.6.8], présentent les données d'entrée, les méthodologies, les hypothèses et l'ensemble des résultats de l'étude des risques liés aux voies de communication externes au Centre. Les éléments synthétiques présentés dans ce paragraphe sont issus de ces études.

► Données et démarche :

Les voies de circulation environnantes au Centre (cf. paragraphe 2.6.3.1) empruntées par des transports de matières dangereuses, à savoir A 51, RN 96, et D 952, D4 ainsi que la voie ferrée font l'objet de l'étude sur la base du recensement de trafic présenté dans [2.6.5].

Les transports de matières dangereuses, les produits concernés et les phénomènes dangereux potentiels associés sont identifiées dans la note [2.6.8].

L'évaluation des risques liés aux voies externes comporte deux étapes :

- une étape déterministe : il s'agit de l'évaluation des conséquences des scénarios sur les cibles. L'intensité des phénomènes dangereux atteinte au niveau du site est évaluée de manière déterministe à partir des scénarios sélectionnés dans [2.6.5] et complétés dans [2.6.8]. L'intensité des phénomènes dangereux est définie par rapport à des valeurs de référence (seuils d'effets) exprimées sous forme d'effets toxiques, d'effets de surpression et d'effets thermiques pour les hommes et les structures. Les valeurs de référence utilisées sont celles figurant à l'annexe II de l'arrêté du 29 septembre 2005 [2.6.12] conformément à l'article 3.7 II de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux Installations Nucléaires de Base ;
- une étape probabiliste : il s'agit de l'évaluation de la fréquence d'occurrence des scénarios ayant des conséquences sur les cibles. L'étude probabiliste est poursuivie par une estimation de la probabilité annuelle d'atteindre ou de dépasser les seuils d'effets pour les scénarios pouvant impacter le site. Cette estimation prend en compte un certain nombre de paramètres généraux liés au type de trafic, ceux-ci issus de la méthodologie EDF sont présentés dans la note en référence [2.6.10]. Elle prend également en compte des paramètres locaux (trafics, conditions météorologiques) [2.6.8].

Afin de couvrir l'ensemble du Centre, ces évaluations ont été effectuées en identifiant comme cible un certain nombre d'Installations Nucléaires de Base réparties sur le site [2.6.5] : l'INB 37 STEDS, l'INB 123 LEFCA, l'INB 172 RJH (actuellement en construction), les INB 92 PHEBUS et INB 24 CABRI et la zone INBS. Pour les autres installations, une extrapolation des résultats peut être effectuée.

► Méthodologies :

- Pour les scénarios d'explosion sur place, la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11] est appliquée : l'énergie d'explosion de la citerne est établi par le modèle de BRODE corrigé de la part des éclats et est ensuite convertie en équivalent massique TNT, utilisé avec l'abaque TM5-1300 pour établir les zones de sécurité.

- Pour les scénarios d'explosion avec dérive, la dérive du nuage inflammable est modélisée avec le logiciel PHAST (version 6.7) en prenant en compte une dérive selon les conditions atmosphériques préconisées par la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11] auxquelles ont été ajoutées les conditions représentatives du site de Cadarache, l'ensemble de ces classes (2F, 3F et 5D) étant basé sur la rose des vents présentée dans le chapitre 1 du volume 2 de la PGSE. Les explosions de gaz non confinées (UVCE (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*)) sont ensuite modélisées selon la méthode multi-énergies.

- Pour l'incendie, le modèle des combustions de flaque d'hydrocarbure de la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11] est utilisé pour les calculs des incendies consécutifs aux fuites et brèches des transports.

- Concernant l'aspect toxique, dès lors qu'un produit toxique va générer, par évaporation d'une flaque ou vaporisation directe, un panache toxique pouvant dériver vers le site, la dérive du nuage toxique est modélisée avec le logiciel PHAST selon les conditions météorologiques précitées (2F, 3F et 5D). Il est ensuite évalué la distance maximale à laquelle une cible pourrait être soumise à une concentration égale aux seuils d'effets toxiques pour une durée d'exposition de 60 minutes, durée de référence d'une exposition au panache toxique en application de la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11]. La durée d'exposition peut être révisée à la baisse dans la mesure où l'examen de la durée de présence du panache au-dessus d'une cible le justifie, la valeur du seuil de toxicité étant ainsi adaptée.

► Résultats :

La note en référence [2.6.8] présente le détail des résultats. Les paragraphes qui suivent, donnent une synthèse des résultats probabilistes obtenus pour les différentes cibles étudiées du Centre.

Pour l'aspect toxique, l'étude montre qu'aucune installation du Centre n'est concernée par une concentration égale au Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS).
Parmi les cibles étudiées, seule l'INB 37 peut subir une concentration égale au Seuil des Effets Létaux (SEL) dans le cas d'une brèche sur un transport ferroviaire de chlorure d'hydrogène. La fréquence d'occurence d'atteinte de cette cible par une concentration égale au SEL, est très faible, de l'ordre de 10^{-11}/an.
Toutes les cibles étudiées peuvent être atteintes par une concentration égale au Seuil des Effets Irréversibles (SEI) (transports de chlore et de chlorure d'hydrogène par voie ferrée ou transports de chloroprène sur l'autoroute A51). Les fréquences pour un seuil correspondant au SEI sont également faibles, comprises entre $1{,}0.10^{-8}$/an et $8{,}0.10^{-9}$/an.

Le tableau 2.6.4 donne une synthèse des résultats probabilistes obtenus pour les différentes cibles étudiées du Centre.

Cibles	Fréquences d'occurrence des effets toxiques aux seuils toxiques indiqués (*) (/ an)		
	SELS	SEL	SEI
Zone INBS	NA	NA	$1{,}04.10^{-8}$
INB 37 STEDS	NA	$9{,}55.10^{-12}$	$1{,}29.10^{-8}$
INB 123 LEFCA	NA	NA	$7{,}98.10^{-9}$
INB 172 RJH	NA	NA	$7{,}25.10^{-9}$
INB 92 PHEBUS / INB 24 CABRI	NA	NA	$6{,}21.10^{-9}$

(*) SELS : Seuil des Effets Létaux Significatifs. SEL : Seuil des Effets Létaux. SEI : Seuil des Effets Irréversibles. Les valeurs de fréquences d'occurrence sont données dans ce tableau pour la distance la plus courte entre le périmètre de la cible et la voie de communication, la cible étant définie par un cercle englobant les installations.

Tableau 2.6.4 : Synthèse des résultats probabilistes, au niveau des cibles étudiées, pour les effets toxiques dus aux accidents de transports de matières dangereuses sur les voies de communication externes au Centre [2.6.8]

Pour les scénarios d'explosion, il ressort que parmi les scénarios avec dérive étudiés, les effets de surpression dus aux scénarios concernant l'essence, le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) et/ou « la rubrique ONU 1993 » transportés sur la route départementale D952 peuvent atteindre la zone INBS pour ces trois scénarios et l'INB 37 STEDS et l'INB 123 LEFCA pour les scénarios relatifs au GPL.

Les cibles INB 172 RJH et INB 92 PHEBUS / INB 24 CABRI sont suffisamment éloignées des voies de communication externes pour ne pas être concernées par les effets de surpressions dues aux explosions avec dérive.

Les effets de surpression dus à l'explosion sur place (essence, gasoil, éthanol ou « rubrique ONU 1993 » transportés sur la route départementale D952) concernent uniquement la cible zone INBS.

Le tableau 2.6.5 donne une synthèse des résultats probabilistes obtenus pour les différentes cibles étudiées du Centre.

Les fréquences d'occurrence obtenues pour la cible INB 37 pour les seuils de surpression de 50 et 20 mbar sont faibles, respectivement $2{,}5.10^{-12}$ /an et $4{,}0.10^{-9}$/an. La cible n'est pas atteinte par les seuils de surpression plus élevés.

Les fréquences d'occurrence obtenues pour la cible INB 123 pour le seuil de surpression de 20 mbar sont également faibles, $3{,}5.10^{-12}$/an. La cible n'est pas atteinte par les seuils de surpression plus élevés.

Concernant la zone INBS, la fréquence d'agression par une onde de surpression de 50 mbar est de $3{,}1.10^{-7}$/an pour l'ensemble des scénarios étudiés en considérant la distance la plus courte entre la route D952 et la bordure de la cible (30 m). Cette valeur est de 10^{-8}/an en se plaçant à une distance de 85 m de la D952, distance correspondant à l'installation la plus proche des voies, le principal contributeur étant le scénario d'explosion sur place relatif à une citerne d'essence circulant sur la D952. Pour le seuil de 20 mbar, la fréquence d'occurrence est de $9{,}2.10^{-7}$/an, la contribution est due majoritairement aux scénarios d'explosions sur place. Les fréquences d'occurrence associées aux seuils de surpression de 140 et 200 mbar sont dues aux scénarios avec dérive, leurs valeurs sont faibles au maximum de l'ordre de $4{,}5.10^{-9}$/an.

Cibles	Fréquences d'occurrence des explosions aux seuils de surpression indiqués (*) (/ an)							
	Explosion sur place				Explosion avec dérive			
	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar
Zone INBS	NA / NA à 85 m	NA / NA à 85 m	$3{,}09.10^{-7}$ / NA à 85 m	$9{,}18.10^{-7}$ / $9{,}18.10^{-7}$ à 85 m	$2{,}88.10^{-9}$ / $2{,}74.10^{-9}$ à 85 m	$4{,}55.10^{-9}$ / $3{,}67.10^{-9}$ à 85 m	$9{,}97.10^{-9}$ / $9{,}97.10^{-9}$ à 85 m	$1{,}74.10^{-8}$ / $1{,}74.10^{-8}$ à 85 m
INB37 STEDS	NA	NA	NA	NA	NA	NA	$2{,}51.10^{-12}$	$3{,}98.10^{-9}$
INB 123 LEFCA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	$3{,}52.10^{-12}$
INB 172 RJH	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
INB 92 PHEBUS / INB 24 CABRI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

(*) NA (non atteint) signifie que le phénomène dangereux n'atteint pas la cible. Les valeurs de fréquence d'occurrence sont données à la distance la plus courte entre le périmètre de la cible et la voie de communication, la cible étant définie par un cercle englobant les installations. Pour la zone INBS, les valeurs de fréquence d'occurrence sont également données à la distance correspondant à l'installation la plus proche des voies (85 m) car la distance au périmètre de la cible la plus proche des voies (30 m) est sans aucune installation.

Tableau 2.6.5 : Synthèse des résultats probabilistes, au niveau des cibles étudiées, des agressions d'explosion dues aux accidents de transport de matières dangereuses sur les voies de communication externes au Centre [2.6.8]

Concernant les scénarios d'incendie, les distances d'effets étant inférieures aux distances entre la voie de communication externe et les cibles ou installations, ils ne génèrent aucun effet sur celles-ci [2.6.8].

2.6.4.1.3 Risques liés aux transports de matières dangereuses internes au Centre

L'évaluation des risques liés aux transports internes de matières dangereuses sur le Centre de Cadarache réalisée en 2004-2005 [2.6.5], [2.6.6] sur la base de la méthodologie utilisée par EDF pour le transport externe, a fait l'objet d'une révision en 2014 [2.6.9].

Les éléments synthétiques présentés dans ce paragraphe sont issus de ces études.

► Données et démarche :

L'étude [2.6.9] porte sur les transports suivants de fuel et de carburants circulant sur le Centre :

- les transports en citerne de fuel ou gasoil (33 m^3) alimentant les cuves du parc d'entreposage d'hydrocarbure (bâtiment 276),

- les transport en cuve mobile de fuel ou gasoil (800 L et 3500 L) depuis ces cuves vers les cuves d'alimentation des groupes électrogènes des installations ainsi que vers les cuves des chaudières du Château et de la Cité,

- les transports en citerne de fuel (22 m^3) pour la chaudière EDITH située dans la zone INBS,
- les transports en citerne de carburants (30 m^3) pour les pompes du garage (bâtiment 132) et ceux (22 m^3) pour une cuve située dans la zone INBS,
- les transports de bouteilles d'hydrogène en cadre (18 bouteilles B50) pour la zone INBS.

Comme pour les risques liés aux voies externes (cf. paragraphe 2.6.4.1.2), la démarche comporte deux étapes : une approche déterministe qui permet de déterminer les zones atteintes et une approche probabiliste qui évalue l'occurrence annuelle de l'évènement. Ces évaluations ont été réalisées d'une part en retenant les mêmes cibles que celles de l'étude présentée au paragraphe 2.6.4.1.2 et d'autre part en considérant des distances arbitraires le long des axes de circulation du Centre concernées par les transports de matières dangereuses.
De manière majorante, les paramètres d'accidentologie qui s'appliquent pour les voies de communication externes au Centre ont été utilisés.

► Méthodologies :

Les méthodologies mises en œuvre, concernant l'explosion et l'incendie, sont identiques à celle présentées dans le paragraphe 2.6.4.1.2.

► Résultats :

La note en référence [2.6.9] présente le détail des résultats. Les tableaux 2.6.6 et 2.6.7 donnent une synthèse des résultats probabilistes obtenus.

Pour les scénarios d'explosion, il ressort que (tableau 2.6.6) :

- la cible INB 172 tout comme la cible INB 92/INB 24, sont trop éloignées des voies allant au bâtiment 132, au bâtiment 276 et à la zone INBS, pour être atteintes par les effets de surpression, que ce soit pour les explosions sur place ou les explosions avec dérive ;
- les cibles INB 37 et INB 123, peuvent être atteintes par les effets de surpression dues aux scénarios explosions concernant les transports d'essence, avec des fréquences d'occurrence faibles allant de 4.10^{-12} à $3,5.10^{-9}$/an ;
- la zone INBS peut être atteintes par les effets de surpression due au scénario d'UVCE concernant le transport d'hydrogène avec des fréquences d'occurrence faibles, 2.10^{-9}/an au maximum ;
- pour les distances forfaitaires des voies (20 m pour les scénarios d'explosion sur place et 40 m pour les scénarios avec dérive), les fréquences d'occurrences estimées sont également faibles de l'ordre de 10^{-8}/an au maximum.

Cibles ou distances des voies	Fréquences d'occurrence des explosions aux seuils de surpression indiqués (*) (/ an)							
	Explosion sur place				Explosion avec dérive			
	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar
Zone INBS	$1,11.10^{-9}$ / NA à 75 m	$1,13.10^{-9}$ / NA à 75 m	$1,38.10^{-9}$ / NA à 75 m	$1,92.10^{-9}$ / $1,92.10^{-9}$ à 75 m	$1,93.10^{-9}$ / NA à 75 m	$1,33.10^{-9}$ / NA à 75 m	$1,71.10^{-9}$ / NA à 75 m	$2,07.10^{-9}$ / $2,07.10^{-9}$ à 75 m
INB 37 STEDS	NA	NA	$1,15.10^{-10}$	$3,16.10^{-9}$	$4,55.10^{-12}$	$1,02.10^{-11}$	$2,81.10^{-11}$	$7,67.10^{-11}$
INB 123 LEFCA	NA	NA	NA	$5,22.10^{-9}$	$7,42.10^{-12}$	$1,08.10^{-11}$	$3,16.10^{-11}$	$1,08.10^{-10}$
INB 172 RJH	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
INB 92 PHEBUS / INB 24 CABRI	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
à 20 ou 40 m de la voie RiTA	NA	NA	$1,49.10^{-9}$	$7,05.10^{-9}$	NA	NA	NA	$6,20.10^{-10}$
à 20 ou 40 m de la voie Ri132	NA	NA	$1,66.10^{-9}$	$9,34.10^{-9}$	$1,80.10^{-10}$	$3,09.10^{-10}$	$8,81.10^{-10}$	$1,90.10^{-9}$
à 20 ou 40 m de la voie Ri276	NA	NA	$2,35.10^{-9}$	$7,92.10^{-9}$	NA	NA	NA	NA
à 20 ou 40 m des voies internes concernant les citernes mobiles	NA	NA	$6,14.10^{-10}$	$6,18.10^{-9}$	NA	NA	NA	NA

(*) NA (non atteint) signifie que le phénomène dangereux n'atteint pas la cible ou la distance indiquée.

Pour les cibles identifiées dans le tableau, les valeurs de fréquence d'occurrence sont données à la distance la plus courte entre le périmètre de la cible et la voie de communication, la cible étant définie par un cercle englobant les installations. Pour la zone INBS, les valeurs de fréquence d'occurrence sont également données à la distance correspondant à l'installation la plus proche des voies car le périmètre inclut la voie ce qui majore les valeurs.

RiTA, Ri132 et Ri276 : voies allant de la porte d'entrée principale à soit la zone INBS, soit le bâtiment 132, soit le bâtiment 276, des tronçons de ces voies étant communs à plusieurs transports. Les valeurs de fréquences d'occurrence déterminées pour ces voies incluent tous les transports identifiés plus haut et pouvant emprunter ces voies.

Les valeurs de fréquences d'occurrence pour les « voies internes concernant les citernes mobiles » concernent les voies, hors RiTA, R132 et Ri276, sur lesquelles peuvent circuler les citernes mobiles 800 L et 3500 L notamment utilisées pour l'alimentation des groupes électrogènes des installations (nota : ces valeurs de fréquence d'occurrence relatives à ces citernes mobiles sont inclues dans les fréquences associées aux voies RiTA, Ri132 et Ri276 tout comme les autres transports circulant sur ces voies).

Tableau 2.6.6 : Synthèse des résultats probabilistes, au niveau des cibles étudiées et à des distances arbitraires des voies, des agressions d'explosion dues aux accidents de transport de matières dangereuses sur les voies de communication internes au Centre [2.6.9]

Concernant les scénarios d'incendie (tableau 2.6.7), parmi les cibles étudiées seule la zone INBS dont le rayon de la cible englobe une partie de la voie menant à cette zone, peut subir l'agression d'un flux thermique avec une fréquence d'occurrence ne dépassant pas $2,4.10^{-8}$/an. Les seuils thermiques ne sont pas atteints à une distance correspondant à l'installation la plus proche de la voie interne.

Les calculs réalisés pour des distances arbitraires des voies du Centre montrent que les probabilités sont également faibles pour ces distances rapprochées des voies, au maximum 4.10^{-8} /an pour les seuils thermiques atteints à 10 m des voies.

Rappelons que ces résultats sont majorants en raison de la prise en compte de l'accidentologie des voies de circulations classiques, le trafic restreint, les limitations de vitesses en vigueur et le bon entretien du réseau routier interne, limitant le risque d'accident sur les voies internes du Centre.

Cibles ou distance aux voies	**Fréquences d'occurrence des scénarios incendie aux seuils thermiques indiqués (*) (/an)**				
	200 kW/m²	**20 kW/m²**	**16 kW/m2**	**8 kW/m²**	**5 kW/m²**
Zone INBS	NA / NA à 75 m	$1,95.10^{-8}$ / NA à 75 m	$1,95.10^{-8}$ / NA à 75 m	$1,95.10^{-8}$ / NA à 75 m	$2,4.10^{-8}$ / NA à 75 m
INB 37 STEDS	NA	NA	NA	NA	NA
INB 123 LEFCA	NA	NA	NA	NA	NA
INB 172 RJH	NA	NA	NA	NA	NA
INB 92 PHEBUS / INB 24 CABRI	NA	NA	NA	NA	NA
à 10 m de la voie RiTA	NA	$1,36.10^{-8}$	$1,53.10^{-8}$	$4,15.10^{-8}$	$3,23.10^{-8}$
à 10 m de la voie Ri132	NA	$1,97.10^{-8}$	$2,23.10^{-8}$	$3,54.10^{-8}$	$4,37.10^{-8}$
à 10 m de la voie Ri276	NA	$1,60.10^{-8}$	$1,80.10^{-8}$	$2,94.10^{-8}$	$3,65.10^{-8}$
à 10 m des voies internes concernant les citernes mobiles	NA	$1,18.10^{-8}$	$1,32.10^{-8}$	$2,32.10^{-8}$	$2,89.10^{-8}$

(*) NA : le phénomène dangereux n'atteint pas la cible ou la distance indiquée.
Pour les cibles identifiées dans le tableau, les valeurs de probabilité sont données à la distance la plus courte entre le périmètre de la cible et la voie de communication, la cible étant définie par un cercle englobant les installations. Pour la zone INBS, les valeurs de fréquence d'occurrence sont également données à la distance correspondant à l'installation la plus proche des voies car le périmètre inclut la voie.

RiTA, Ri132 et Ri276 : voies allant de la porte d'entrée principale à soit la zone INBS, soit le bâtiment 132, soit le bâtiment 276, des tronçons de ces voies étant communs à plusieurs transports. Les valeurs de fréquences d'occurrence déterminées pour ces voies incluent tous les transports identifiés plus haut et pouvant emprunter ces voies.

Les valeurs de fréquences d'occurrence pour les « voies internes concernant les citernes mobiles » concernent les voies, hors RiTA, R132 et Ri276, sur lesquelles peuvent circuler les citernes mobiles 800 L et 3500 L notamment utilisées pour l'alimentation des groupes électrogènes des installations (nota : ces valeurs de fréquence d'occurrence relatives à ces citernes mobiles sont inclues dans les fréquences associées aux voies RiTA, Ri132 et tout comme les autres transports circulant sur ces voies).

Tableau 2.6.7 : Synthèse des résultats probabilistes, au niveau des cibles étudiées et à des distances arbitraires des voies, pour les scénarios d'incendie de transports de matières dangereuses sur les voies de communication internes au Centre [2.6.9]

2.6.4.1.4 Risques liés à la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du Centre

Parmi les canalisations identifiées au paragraphe 2.6.2.3, seule la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du Centre fait l'objet d'une étude spécifique, les autres canalisations sont suffisamment éloignées du Centre de Cadarache pour ne générer aucun risque significatif.

Les risques liés à la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du Centre ont fait l'objet d'une étude de sécurité en 1995 par Gaz De France, dans le cadre du passage en gaz de l'alimentation de la chaufferie centrale du CEA [2.6.13]. Compte tenu de l'évolution des méthodes et outils depuis cette étude, une actualisation de l'étude a été réalisée en 2014. Les données d'entrée, la méthodologie, les hypothèses et l'ensemble des résultats sont présentés dans la note en référence [2.6.14]. Les informations synthétisées dans les paragraphes suivants sont extraites de cette note.

► Données et démarche :

Le gaz naturel alimentant la chaufferie du Centre est amené par une canalisation GRT GAZ (diamètre nominal 80 mm, pression maximale de service 80 bar, pression de service 25 bar) au niveau du poste de livraison identifié "bâtiment 381". Après ce poste, la canalisation aval (diamètre nominal 150 mm, pression maximale de service 5 bar, pression de service 4 bar) achemine le gaz détendu vers le poste de détente situé en entrée de chaufferie (bâtiment 257). A l'entrée de la chaufferie, le gaz est détendu à 400 mbar pour être acheminé jusqu'aux brûleurs des chaudières.

Les explosions de gaz non confinées (UVCE (*Unconfined Vapor Cloud Explosion*)) et les inflammations résultantes de scénarios de rupture ou de fuite, sur la ligne haute pression (HP), au niveau du poste de livraison et sur la ligne basse pression (BP), sont étudiées conformément aux préconisations de la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11].

► Méthodologies :

La modélisation des explosions est réalisée selon la méthode multi-énergie pour établir les seuils de surpressions définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [2.6.12].

Les jets enflammés sont déterminés selon le modèle de SHELL, par le logiciel PHAST (version 6.7), aux valeurs des seuils d'exposition aux effets thermiques conformément à [2.6.12].

La modélisation de la dispersion atmosphérique du nuage a été effectuée avec le logiciel PHAST en prenant en compte une dérive selon les conditions atmosphériques préconisées par la circulaire du 10 mai 2010 [2.6.11] auxquelles ont été ajoutées les conditions représentatives du site de Cadarache, l'ensemble de ces classes (2F, 3F et 5D) étant basé sur la rose des vents présentée dans le chapitre 1 du volume 2 de la PGSE.

► Résultats :

Les modélisations ainsi réalisées permettent d'estimer les distances de sécurité autour de la canalisation. Que ce soit pour le flux thermique de 5 kW/m² ou pour une surpression au seuil de 20 mbar, valeurs de référence des premiers seuils d'effet thermique et de surpression définis dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [2.6.12], l'INB la plus proche de la canalisation (INB 169 MAGENTA, la distance la plus courte entre l'INB et la canalisation est d'environ 165 m), est hors de portée des distances de sécurité maximales obtenues :

- la distance de sécurité la plus élevée obtenue pour le flux thermique de 5 kW/m² est de 31 m,
- la distance de sécurité la plus élevée obtenue pour le seuil de surpression de 20 mbar est de 43 m (environ 23 m pour 50 mbar).

Aucune INB du Centre n'est donc impactée par un sinistre pouvant concerner la canalisation de gaz alimentant la chaufferie. Seule la chaufferie serait atteinte par les effets de surpression de 50 mbar et les effets thermiques de 20 kW/m² (scénario concernant la ligne enterrée BP devant la chaufferie).

Aucune analyse probabiliste relative aux INB environnantes n'est donc nécessaire.

2.6.4.1.5 Bilan des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication

En bilan, il ressort que pour le site de Cadarache, les risques externes sont dus essentiellement au transport de matières dangereuses sur les voies de communication extérieures au Centre, et plus précisément la route départementale D952, l'autoroute A51 et la voie ferrée. Le risque lié aux autres familles d'agression (installations industrielles et gazoduc) est inexistant ou négligeable.

L'étude montre que pour l'explosion, le risque provient des transports de matières dangereuses sur la route départementale D952. Ce risque existe uniquement pour la partie nord du Centre. Les fréquences d'occurrence sont faibles. Pour le secteur de l'INB 37, la fréquence est de l'ordre de $2{,}5.10^{-12}$ /an pour un seuil de surpression de 50 mbar et de 4.10^{-9} /an pour 20 mbar. Pour l'INB 123, la fréquence est de $3{,}5.10^{-12}$ /an pour le seuil de 20 mbar. Les valeurs de surpression plus élevées n'atteignent par ces cibles. Pour la zone INBS, la fréquence d'agression par une onde de surpression de 50 mbar est de l'ordre de 10^{-8} /an au niveau des premières installations (3.10^{-7} /an au périmètre de la cible), pour une onde de surpression de 20 mbar, elle est de $9{,}2.10^{-7}$ /an ; pour les seuils de surpression plus élevés (140 et 200 mbar), les fréquences sont faibles au maximum de l'ordre de 4.10^{-9}/an.

Concernant l'aspect toxique, le risque provient des transports sur la voie ferrée et l'autoroute A51. L'étude montre qu'aucune installation du Centre n'est concernée par une concentration égale au Seuil des Effets Létaux Significatifs (SELS). Le Seuil des Effets Létaux Significatifs (SEL) est atteint uniquement au nord-ouest du site (secteur de l'INB 37), la probabilité associée est faible, 10^{-11} /an. Toutes les cibles étudiées, donc d'une manière générale l'ensemble du site, sont atteintes par des concentrations atteignant le Seuil des Effets Irréversibles (SEI), la probabilité est également faible de l'ordre de 10^{-8} /an.

Concernant les scénarios d'incendie, aucune cible ou installation n'est atteinte.

En conclusion, il ressort que pour le site de Cadarache, les risques externes sont dus essentiellement au transport de matières dangereuses sur les voies de communication extérieures au site. Ces risques sont faibles.
La probabilité totale liée aux familles de sources d'agressions potentielles externes (les installations industrielles fixes, les canalisations de transport telles que gazoduc et les trafics (routier, ferroviaire, fluvial et maritime) reste inférieure à l'ordre de grandeur de 10^{-6} /an sur l'ensemble du Centre.

2.6.4.2 RISQUES LIÉS À LA CHUTE D'UN AVION

La réglementation applicable en matière de risque de chute d'avions est précisée par les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) relatives d'une part aux installations nucléaires de base autres que les réacteurs (RFS n°I.1.a) et d'autre part aux tranches nucléaires comportant un réacteur à eau sous pression (RFS n°I.2.a).

L'étude du risque de chute d'un avion sur une installation du Centre a été réévaluée en 2002, 2006, 2013 puis à nouveau en 2019 [2.6.4], pour prendre notamment en compte l'évolution du trafic et des statistiques d'accidents disponibles.

La mise à jour de 2019 présente les données d'entrée relatives aux calculs des probabilités d'impact d'un avion sur une installation ou une cible du Centre de Cadarache. Ces données concernent :

- l'aviation commerciale,
- l'aviation générale,
- l'aviation militaire,
- l'aviation de la sécurité civile.

Elle présente également des évolutions des formules des calculs des probabilités pour l'aviation commerciale, l'aviation militaire et l'aviation générale.

Ainsi, l'étude du risque aérien pour les installations du CEA Cadarache faisant l'objet de la note en référence [2.6.4] décrit pour chacune des familles d'avions la méthodologie, les données relatives au

trafic et à l'accidentologie et les formules permettant de calculer la probabilité d'impact d'un avion sur une installation ou une cible du Centre de Cadarache.

► Données et démarche :

Les RFS précitées considèrent trois familles d'aviation : l'aviation générale, l'aviation commerciale et l'aviation militaire. En raison de la localisation du site, l'aviation bombardier d'eau de la Sécurité Civile est également prise en compte pour Cadarache, ces avions pouvant être amenés à intervenir à proximité, voire sur le Centre, en cas de feu de forêt.

Conformément aux RFS n°I.1.a et n°I.2.a, une évaluation de la probabilité de chute sur la cible concernée est effectuée pour chacune des familles d'avions.

La probabilité d'impact sur une installation est déterminée en multipliant les probabilités de chute par an et par m^2 par les surfaces dites « virtuelles » des bâtiments ou des cibles.
Les surfaces virtuelles sont calculées en prenant en compte, pour chaque aviation, un avion type, et plus précisément la distance (e) entre l'axe du fuselage et la partie perforante la plus éloignée de l'axe (moteur, réacteur, etc.) et, les angles d'incidence de la chute d'avion. Cet avion type est également pris en compte en cas de dimensionnement de l'installation. Le tableau 2.6.8 [2.6.4] présente les caractéristiques des différents avions types à prendre en compte pour Cadarache.

	Aviation commerciale			**Aviation générale**						**Aviation militaire**	**Aviation de la sécurité civile**
				Zone aérodrome		Vol local		Vol de voyage		Vol hors zone aérodrome militaire	
				Décol-lage	Atterris-sage						
Avion retenu	AIRBUS 380			CESSNA 210		CESSNA 210		LEARJET 23		C135F	DASH 8 Q400
e (m) (*)	27			0,5		0,5		5,5		16	4,4
Angle de chute (°)	10	45	90	45	10	45	90	45	90	27	10
Répartition angle de chute	1/3	1/3	1/3	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1	1

(*) *e = distance entre l'axe du fuselage et la partie perforante la plus éloignée*

Tableau 2.6.8 : Avions types et caractéristiques des familles d'avions pris en compte pour l'évaluation du risque de chute d'avion sur le Centre de Cadarache [2.6.4]

► Méthodologie :

La méthodologie pour l'évaluation des probabilités d'impact d'un avion sur une installation ou une cible du Centre de Cadarache s'articule pour chaque famille d'aviation sur :

- les données du trafic,
- les données de l'accidentologie,
- les formulations permettant l'évaluation des probabilités.

Pour une famille d'avion, la probabilité P d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la suite d'une agression est évaluée de la manière suivante :

$$P = P1 \times P2 \times P3$$

avec :

P1 : probabilité d'occurrence de l'agression déterminée sur une analyse statistique des données ;

P2 : probabilité telle qu'à la suite de l'agression la (les) fonction(s) de sûreté ne soi(en)t plus garantie(s) ;

si le bâtiment ou la partie de bâtiment abritant la (les) fonction(s) de sûreté résiste à l'impact, P2 = 0 ;

si le bâtiment ou la partie de bâtiment abritant la (les) fonction(s) de sûreté ne résiste pas à l'impact, P2 est déterminé en fonction de la répartition géographique des systèmes concourant à la (aux) fonction(s) de sûreté considérée(s) ;

P3 : probabilité pour qu'il résulte un dégagement inacceptable de substances radioactives au-delà de la limite du site ;

P3 = 0 si l'étude des conséquences radiologiques potentielles montre le caractère acceptable des rejets,

P3 = 1 dans le cas contraire.

La probabilité globale relative à toutes les familles d'avion considérées est la somme des probabilités de chaque famille d'avions.

L'objectif probabiliste est le suivant :

- la probabilité globale qu'une installation ou un atelier puisse être à l'origine de rejets inacceptables suite à un impact ne doit pas dépasser 10^{-6} par an, en ordre de grandeur ;

- pour chaque famille d'avion, la probabilité qu'une installation ou un atelier puisse être à l'origine de rejets inacceptables suite à un impact ne doit pas être supérieure à 10^{-7} par an en ordre de grandeur.

La note en référence [2.6.4] et le présent paragraphe de la PGSE traite uniquement de la probabilité d'occurrence de l'agression (P1 dans la formule) c'est-à-dire de la probabilité d'impact des avions sur la cible.

Si les probabilités d'occurrence de l'agression (P1) vérifient les valeurs des objectifs des RFS, la situation est considérée comme suffisamment peu probable pour ne pas être prise en compte. Il n'y a pas lieu de poursuivre l'analyse pour déterminer P2 et/ou P3.

Dans le cas contraire, l'analyse est à poursuivre au cas par cas selon l'installation pour l'évaluation des probabilités P2 et P3.

► Résultats en termes de probabilité de chute par famille d'avions* [2.6.4] *:

Pour l'aviation commerciale, la probabilité annuelle d'impact P_c (chute par an) d'un avion sur une installation ou une cible est égale à :

$$P_c = 5{,}6.10^{-13} \,.\, SV_C$$

La surface virtuelle (m^2), *SVc,* du bâtiment ou de la cible est définie dans le tableau 2.6.9. Cette formule de *Pc* est déterminée pour l'année 2019 ; pour les années suivantes, la probabilité est évaluée en prenant en compte une évolution du trafic aérien de + 1,4% par an.

Pour l'aviation générale, deux zones sont différenciées selon la distance par rapport aux pistes de l'aérodrome (Figure 2.6.18).

Pour une installation située dans la partie **nord** du Centre c'est-à-dire en zone aérodrome, la probabilité annuelle d'impact (impact par an) sur une installation ou cible, pour l'aviation générale, est égale à :

$$P_{g\ nord} = \mathbf{2{,}04.10^{-11}\ .\ SV_v + 1{,}83.10^{-10}\ SV_l + 5{,}6.10^{-12}\ .\ SV_a + 2{,}8.10^{-12}\ .\ SV_d}.$$

Pour une installation située dans la partie **sud**, la probabilité annuelle d'impact (impact par an) sur une installation ou une cible est égale à :

$$P_{g\ sud} = \mathbf{2{,}04.10^{-11}\ .\ SV_v + 1{,}83.10^{-10}\ .\ SV_l}.$$

Les surfaces virtuelles (m^2), SV_v, SV_l, SV_a, SV_d, du bâtiment ou de la cible de ces deux dernières formules sont définies dans le tableau 2.6.9.

Il n'est pas considéré de facteur d'évolution annuelle pour l'aviation générale.

Pour l'aviation militaire, la probabilité annuelle d'impact P_m (impact par an) d'un avion sur une installation ou une cible est égale à :

$$P_m = \mathbf{2{,}36.10^{-12} \times SV}$$

La surface virtuelle (m^2), *SV,* du bâtiment ou de la cible est définie dans le tableau 2.6.9.

Il n'est pas considéré de facteur d'évolution annuelle pour l'aviation militaire.

Pour l'aviation de la sécurité civile, la probabilité annuelle d'impact $\boldsymbol{P_{sc}}$ (impact par an) d'un avion sur une installation est égale à :

$$\boldsymbol{P_{sc} = 5.10^{-12} \times SV_{sc}}$$

La surface virtuelle SV_{sc} (m^2) est définie dans le tableau 2.6.9.

Il n'est pas considéré de facteur d'évolution annuelle pour l'aviation de la sécurité civile.

Le tableau 2.6.9 [2.6.4] synthétise les formules de calcul des probabilités d'impact pour chaque famille d'avions et les formules de détermination des surfaces virtuelles.

Aviation commerciale	Probabilité d'impact (chute/an)	$\boldsymbol{P_c = 5{,}6.10^{-13} \times SV_c}$ **Evolution annuelle du trafic à partir de l'année 2019 : 1,4%**
	Paramètres pour calculer la Surface virtuelle SV_c	e = 27 m $SV_c = (SV_{10°} + SV_{45°} + SV_{90°})/3$
Aviation générale	Probabilité d'impact (chute/an)	**En zone sud (hors zone aérodrome) :** $\boldsymbol{P_g = 2{,}04.10^{-11} \times SV_v + 1{,}83.10^{-10}\ SV_l}$ **En zone nord (zone aérodrome) :** $\boldsymbol{P_g' = P_g + 5{,}6.10^{-12} \times SV_a + 2{,}8.10^{-12} \times SV_d}$
	Paramètres pour calculer les surfaces virtuelles : Surface virtuelle SV_v Surface virtuelle SV_l Surface virtuelle SV_a Surface virtuelle SV_d	 e = 5,5 m $SV_v = (SV_{45°} + SV_{90°})/2$ e = 0,5 m $SV_l = (SV_{45°} + SV_{90°})/2$ e = 0,5 m $\alpha = 10°$ e = 0,5 m $\alpha = 45°$
Aviation militaire	Probabilité d'impact (chute/an)	$\boldsymbol{P_m = 2{,}36.10^{-12} \times SV}$
	Paramètres pour calculer la surface virtuelle SV	e = 16 m $\alpha = 27°$
Aviation sécurité civile	Probabilité d'impact (chute/an)	$\boldsymbol{P_{sc} = 5.10^{-12} \times SV_{sc}}$
	Paramètres pour calculer la Surface virtuelle SV_{sc}	e = 4,4 m $\alpha = 10°$
Surface virtuelle (en m²) d'un bâtiment ou d'une cible parallélépipédique de dimensions : L : longueur en m, l : largeur en m et h : hauteur en m		$SV = (L \times l) + \frac{2eh}{\tan\alpha} + \frac{2\left(2e + \frac{h}{\tan\alpha}\right) \times (L + l)}{\pi}$
Surface virtuelle (en m²) d'un bâtiment ou d'une cible cylindrique de dimensions : R : rayon en m et h : hauteur en m		$SV = \pi R^2 + 4\,\mathrm{Re} + \frac{2h}{\tan\alpha}(R + e)$
e (en m) : distance entre l'axe du fuselage et la partie perforante la plus éloignée *α (en °) : angle d'incidence de la chute d'avion*		

Tableau 2.6.9 : Formules et données pour calculer les valeurs des probabilités annuelles de chute d'un avion sur une installation ou une cible du Centre de Cadarache [2.6.4]

L'aviation générale est la plus contraignante pour les installations de taille importante.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[2.6.1] Recensement Général Agricole 2010 (Agreste) agreste.agriculture.gouv.fr.

[2.6.2] Atlas industriel de Provence-Alpes-Côte d'Azur INSEE – DRIRE, Édition novembre 2002.

[2.6.3] Analyse du trafic routier de matières aux abords du CEA Cadarache – CETE Méditerranée, juillet 2004.

[2.6.4] Réévaluation du risque aérien pour les installations du CEA Cadarache – Mise à jour année 2019. Note DIMP/DCET/SESN 810 SURET NTE 20 003 Indice A mars 2020.

[2.6.5] Étude des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication du CEA Cadarache – première partie : recensement des scénarios à analyser. EDF/CIDEN, avril 2005.

[2.6.6] Étude des risques liés à l'environnement industriel et aux voies de communication du CEA Cadarache – deuxième partie : quantification des niveaux de risque. EDF/CIDEN, décembre 2005.

[2.6.7] CEA Cadarache – Diagnostic écologique du site – MEDIATERRE Conseil 20167. 2002.

[2.6.8] Étude des risques liés aux voies de communication externes du Centre CEA Cadarache. Société Davidson PACA, Note 2014/013/PACA/ENV, 2015.

[2.6.9] Étude des risques liés aux transports internes de matières dangereuses sur le Centre CEA de Cadarache. Société Davidson PACA, Note 2014/014/PACA/ENV, 2015.

[2.6.10] Réponses à la demande 2.1 émise par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (courrier ASN, CODEP-DRC-2012-007856 du 16 mars 2012) et relative à l'étude des risques liés aux voies de communication de la PGSE du Centre de Cadarache. CEA/DEN/DPIE/SA2S/GAS 151 SURSE PHE NTE 14000008 ind. A, février 2014.

[2.6.11] Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003 – Fiche n°3 relative aux UVCE.

[2.6.12] Arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

[2.6.13] Alimentation en gaz naturel de la chaufferie centrale du CEA Cadarache » jointe à la lettre CEA Cadarache 95/982 DIR/CSN/JCS du 15 septembre 1995.

Etude de sécurité concernant l'alimentation en gaz de la chaufferie centrale du CEA Cadarache, CEA/ST/GFV, CAST SEC/GAZ ETS.001 0 du 31 juillet 1995 » jointe à la lettre CEA/CSN 96/403 DIR/CSN/JCS du 30 mai 1996.

[2.6.14] Étude des risques liés à la canalisation de méthane alimentant la chaufferie du CEA de Cadarache. Société Davidson PACA, Note 2014/010/PACA/ENV, 2014.

LISTE DES FIGURES

Figure 2.6.1 Carte de densité de population dans un rayon de 80 km autour de Cadarache.

Figure 2.6.2 Carte d'évolution de la densité de population entre 1990 et 1999.

Figure 2.6.3 Tableau de répartition fine de la population dans un rayon de 7,5 km autour de Cadarache.

Figure 2.6.4 Carte de répartition fine de la population dans un rayon de 7,5 km autour de Cadarache.

Figure 2.6.5 Carte de peuplement forestier de Cadarache.

Figure 2.6.6 Orientation technico-économique des communes de PACA (source Agreste)

Figure 2.6.7 Cantons dans un rayon de 20 km autour de Cadarache (source Agreste)

Figure 2.6.8 Évolution de la production agricole de 1988 à 2010 dans un rayon de 5 km autour du Centre.

Figure 2.6.9 Évolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 dans un rayon de 5 km autour du Centre.

Figure 2.6.10 Évolution de la production agricole de 1988 à 2010 dans un rayon de 20 km autour du Centre.

Figure 2.6.11 Évolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 dans un rayon de 20 km autour du Centre.

Figure 2.6.12 Évolution de la production agricole de 1988 à 2010 au-delà de 20 km autour du Centre.

Figure 2.6.13 Évolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 dans un au-delà de 20 km autour du Centre.

Figure 2.6.14 Carte des principaux sites industriels autour de Cadarache.

Figure 2.6.15 Tracé de la conduite de gaz Cabriès-Manosque et de la canalisation desservant la chaufferie du Centre.

Figure 2.6.16 Voies de circulation dans les environs de Cadarache.

Figure 2.6.17 Zone d'interdiction définitive de survol du Centre de Cadarache : représentation de la zone interdite LF P10 et localisation des héliports du Centre de Cadarache.

Figure 2.6.18 Identification de la zone aérodrome (« zone nord ») et de la zone hors aérodrome (« zone sud ») définies pour les calculs de probabilité pour l'aviation générale.

Figure 2.6.1 : Carte de densité de population dans un rayon de 80 km autour de Cadarache

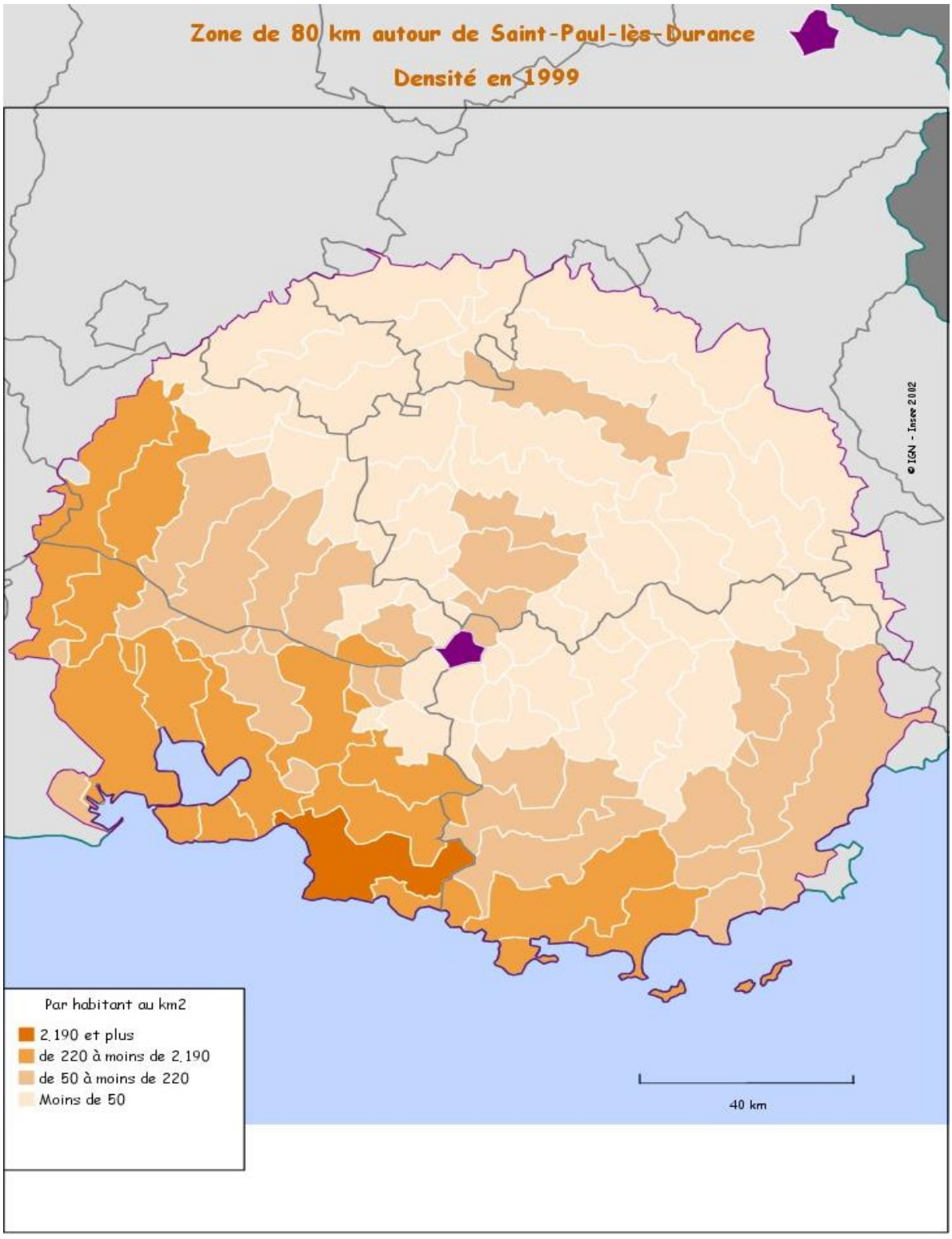


Figure 2.6.2 : Carte d'évolution de la densité de population entre 1990 et 1999

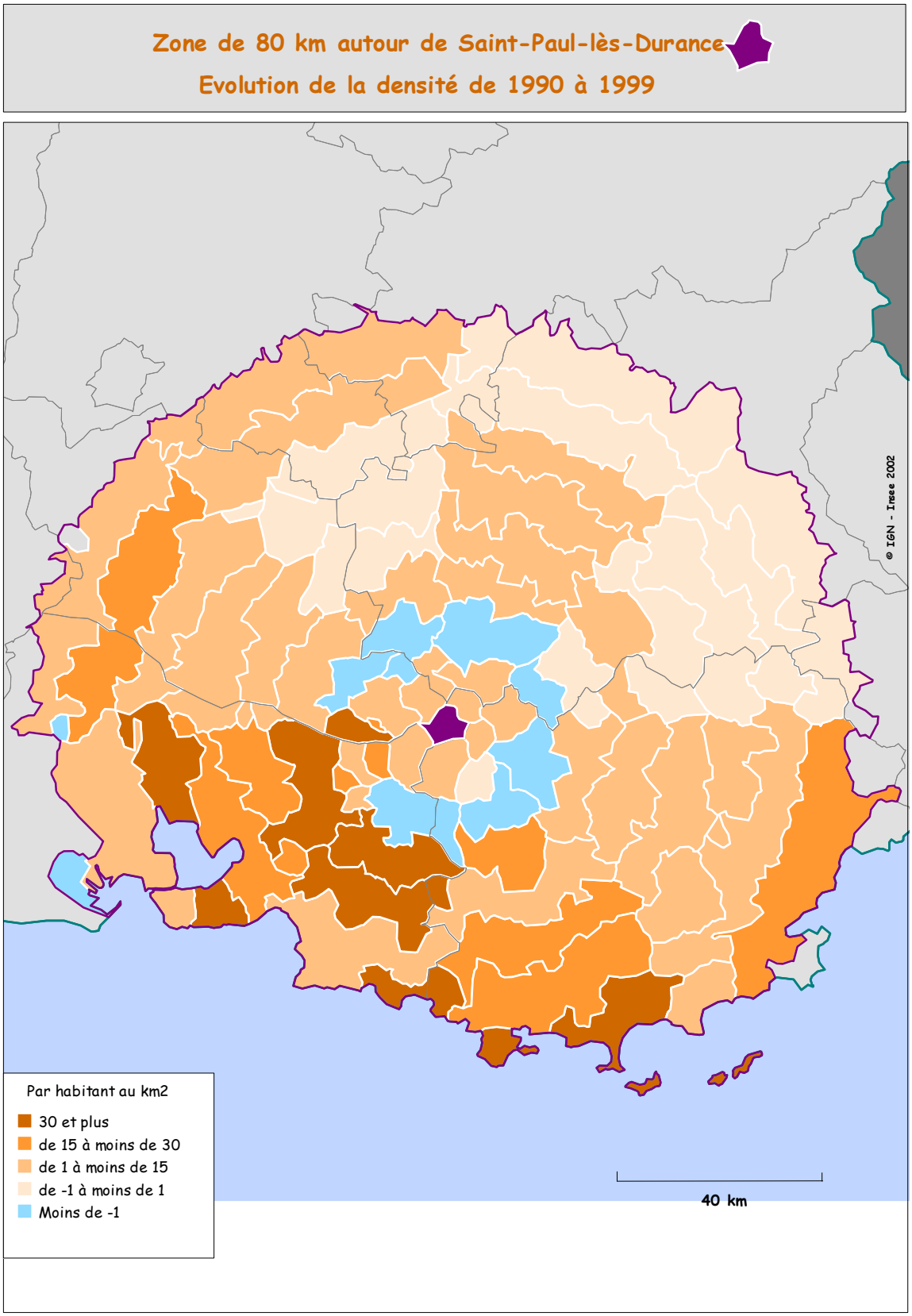


Figure 2.6.3 : Tableau de répartition fine de la population dans un rayon de 7,5 km autour de Cadarache

Commune	Département	Lieu-dit ou hameau	Distance [1] en km	Secteur [2]	Nb ha en été	Nb ha en hiver
RIANS	83	ADRET ET CHOTTE	5,6	SSE	20	12
RIANS	83	CAQUETTES	6,5	S	46	18
RIANS	83	CARNAILLE	7	SSE	36	32
RIANS	83	CUR VIEIL	5,1	SE	2	2
RIANS	83	ESTRECHES (les)	7,2	S	50	50
RIANS	83	FIGUEIRASSE (La)	6,2	SSE	2	2
RIANS	83	GRANDE BASTIDE (La) - FOURNETTE	6,5	SSE	8	8
RIANS	83	GOYE (La)	6,8	SSE	233	165
RIANS	83	LETTES (Les)	7	S	50	42
RIANS	83	PIGEONNIER (Le)	5,5	S	8	4
RIANS	83	SAUVAGE (Le)	7	S	88	68
RIANS	83	SEÏS (Les)	5	SSE	32	8
RIANS	83	VALARES	6,5	SSE	445	329
RIANS	83	VALLAT DU SAUVAGE	7,5	SSE	115	87
VINON	83	AERODROME-CAMPING	5,7	NNE	420	200
VINON	83	AGGLOMERATION	5,7	NE	1600	1410
VINON	83	BOUTRES	5,2	ENE	15	22
VINON	83	ONGLES	6,7	ENE	6	6
VINON	83	BASTIDONNE	6,2	ENE	9	10
VINON	83	CHÂTEAU NEUF	3,5	NE	9	6
VINON	83	MARGIN	4,5	ENE	11	5
VINON	83	DESIRADE (La) - MIANS	4,5	N	25	20
VINON	83	HAMEAU	6,5	NE	1700	1400
VINON	83	ZONE ARTISANALE	6	NE	110	110
VINON	83	PEGOUY - CLAPE - LA SUBLE	6,2	NNE	360	320
VINON	83	COLLEGE	5	NE	700	700
SAINT-PAUL	13	AGGLOMERATION	4,2	W	746	746
SAINT-PAUL	13	Mon FOREST. LA CASTELLANE	3	NNE	4	4
SAINT-PAUL	13	BARRAGE CADARACHE	3,5	NNW	1	1
SAINT-PAUL	13	MALLABE	3	WSW	7	7
SAINT-PAUL	13	CASTELLANE (La)	3	SW	6	6
SAINT-PAUL	13	RIVERAINS L'ABEOU	3,7	WSW	33	33
SAINT-PAUL	13	MOURRE FRAIS	2,5	WSW	8	8
SAINT-PAUL	13	ZONE ARTISANALE	2,7	W	250	250
SAINT-PAUL	13	CITE GRANDE BASTIDE	2,2	WNW	40	40
SAINT-PAUL	13	LE HAMEAU	2	NW	120	120
SAINT-PAUL	13	CHÂTEAU CADARACHE	3,5	NNW	350	350
SAINT-PAUL	13	INSTN	3	N	300	300
CORBIERES	04	SAINTE-CROIX	6,5	NNW	5	5
MIRABEAU	84	CLAPIER	6,5	W	13	13
MIRABEAU	84	CASERNE B	6	W	10	6
JOUQUES	13	BOULANGERE	5,7	SW	5	5
JOUQUES	13	COTE 400	5,2	WSW	0	0
JOUQUES	13	GRANDE SEOUVE	6	SW	20	20
JOUQUES	13	NEUVE (la)	6,5	WSW	0	0
JOUQUES	13	MARINE	6,5	W	50	50
JOUQUES	13	SICARDE	6,5	W	5	5
JOUQUES	13	SEOUVE	6,5	WSW	10	10
BEAUMONT	84	BASTIDE NEUVE	5	NNW	20	15
BEAUMONT	84	BRANDAN	5,5	W	4	4
BEAUMONT	84	GUIGUE	5,5	NNW	8	0
BEAUMONT	84	COMBE (la)	5,5	WNW	10	2
BEAUMONT	84	BOURGUET (le)	6	NNW	5	5
BEAUMONT	84	MATY	4,5	NW	6	6
BEAUMONT	84	MOULIN	6,5	NW	6	6
BEAUMONT	84	NEGREOUX	4,5	NW	16	12
BEAUMONT	84	PLAN DE BEAUMONT	4,5	NNW	25	20
BEAUMONT	84	RETOURNADE	7	NW	15	8
BEAUMONT	84	ROBINIER	6,5	NNW	20	10
BEAUMONT	84	VALANDRE	4,5	NW	7	7
BEAUMONT	84	VIGUIER	4	W	3	0
BEAUMONT	84	PAVILLON	7	NW	10	4
GINASSERVIS	83	VILLAGE	7,5	ESE	800	500
GINASSERVIS	83	BASTIDAN	7	SE	8	8
GINASSERVIS	83	BASTIER	6	ESE	90	60
GINASSERVIS	83	BISCARONNE	6,7	SE	10	10
GINASSERVIS	83	CHEMINIERES	5,5	E	20	20
GINASSERVIS	83	GARONNE (la)	5,5	ESE	6	6
GINASSERVIS	83	MENESTRIERE (la)	6,5	ESE	20	20
GINASSERVIS	83	PIGEONNIER	7,5	SE	20	20
GINASSERVIS	83	ROUVIERE PLANE	5	SE	10	10
GINASSERVIS	83	PUIT DE FERAUD (le)	6	E	4	4
GINASSERVIS	83	RIBES (les)	7,5	ESE	30	30

[1.] Par rapport à la cheminée de l'INB 22-Pégase
[2.] Origine cheminée de l'INB 22-Pégase

Figure 2.6.4 : Carte de répartition fine de la population dans un rayon de 7,5 Km autour du Centre de Cadarache

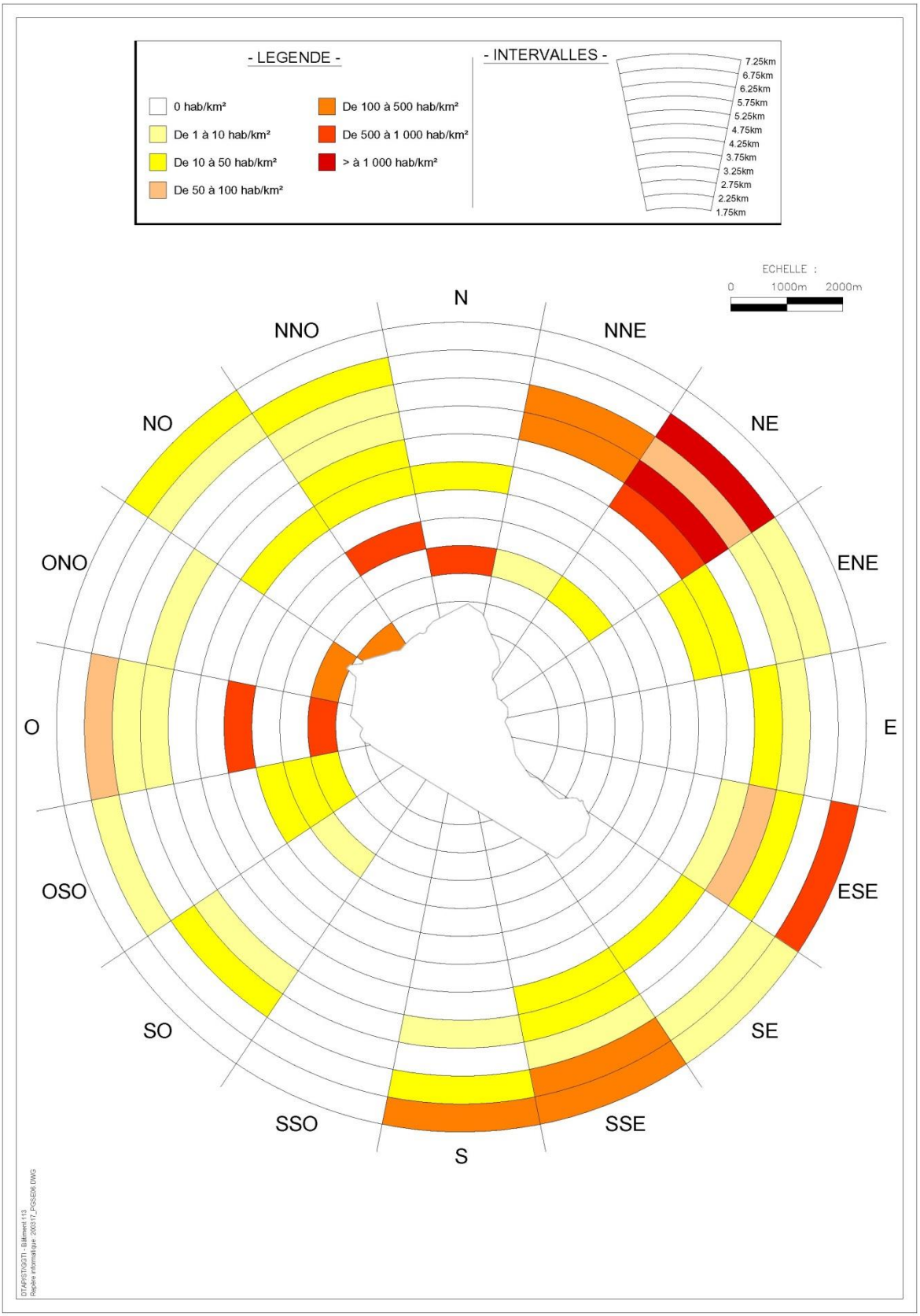


Figure 2.6.5 : Carte de peuplement forestier de Cadarache

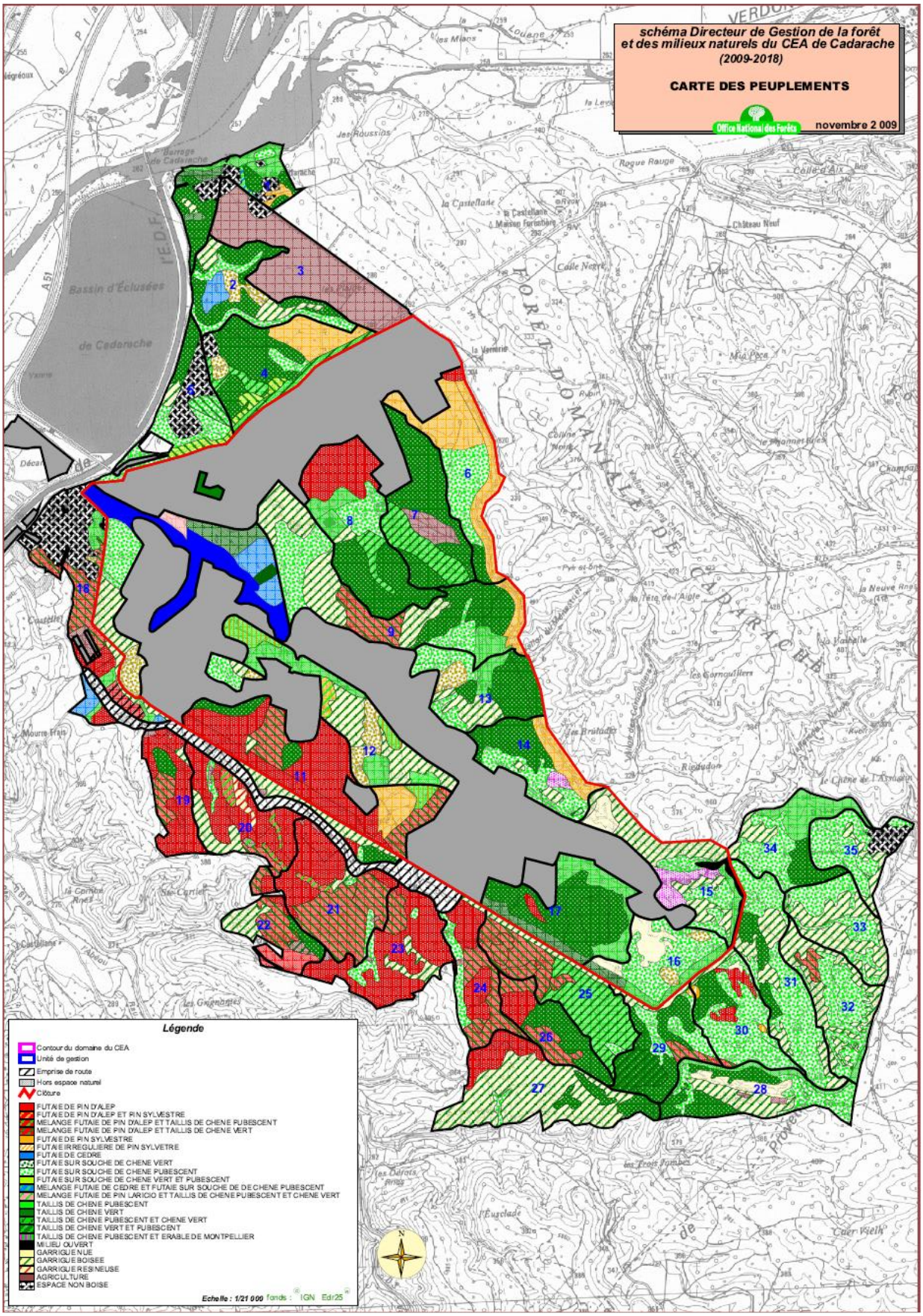


Figure 2.6.6 : Orientation technico-économique des communes de PACA (source Agreste)

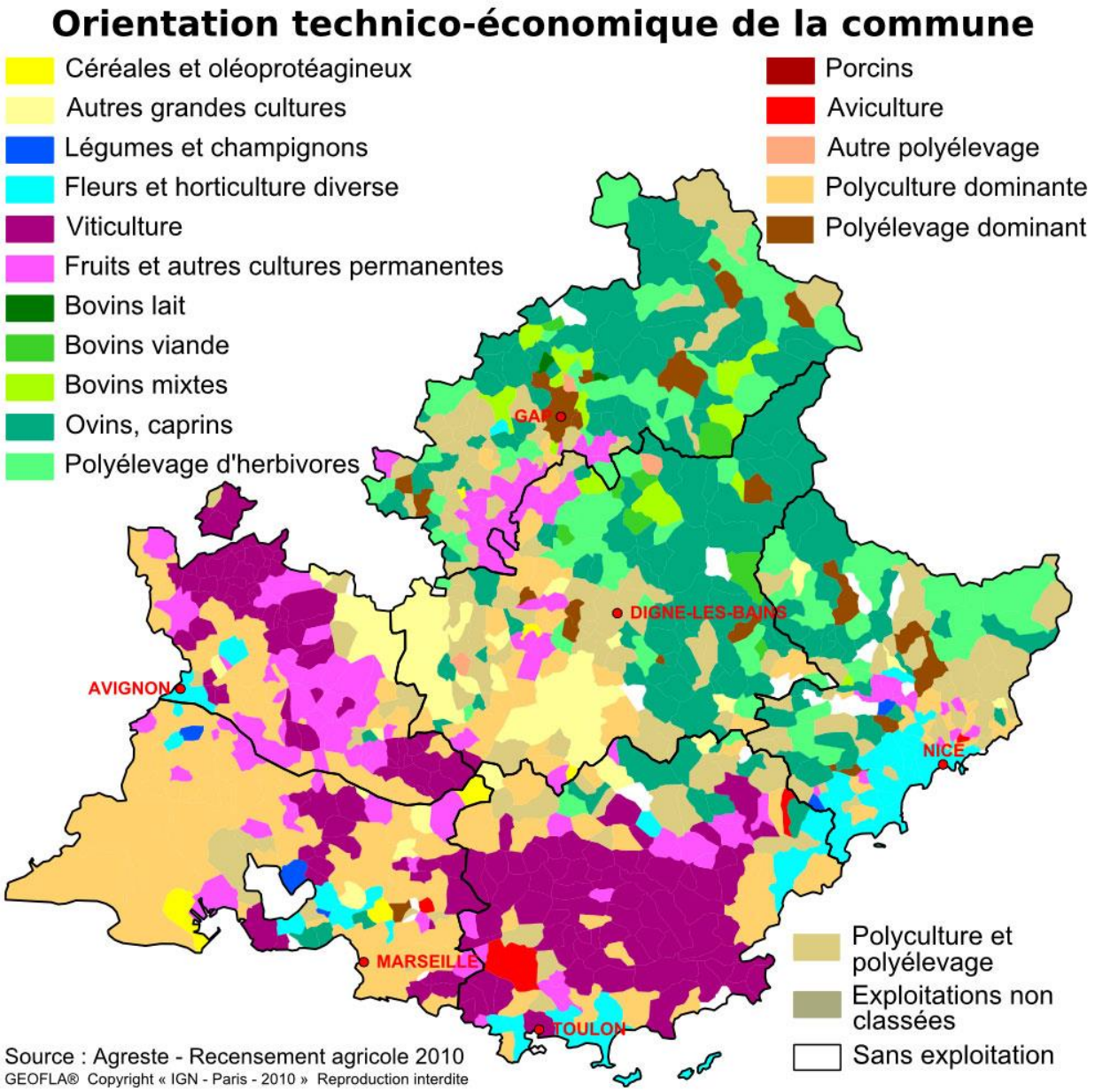


Figure 2.6.7 : Cantons dans un rayon de 20 km autour de Cadarache (source Agreste)

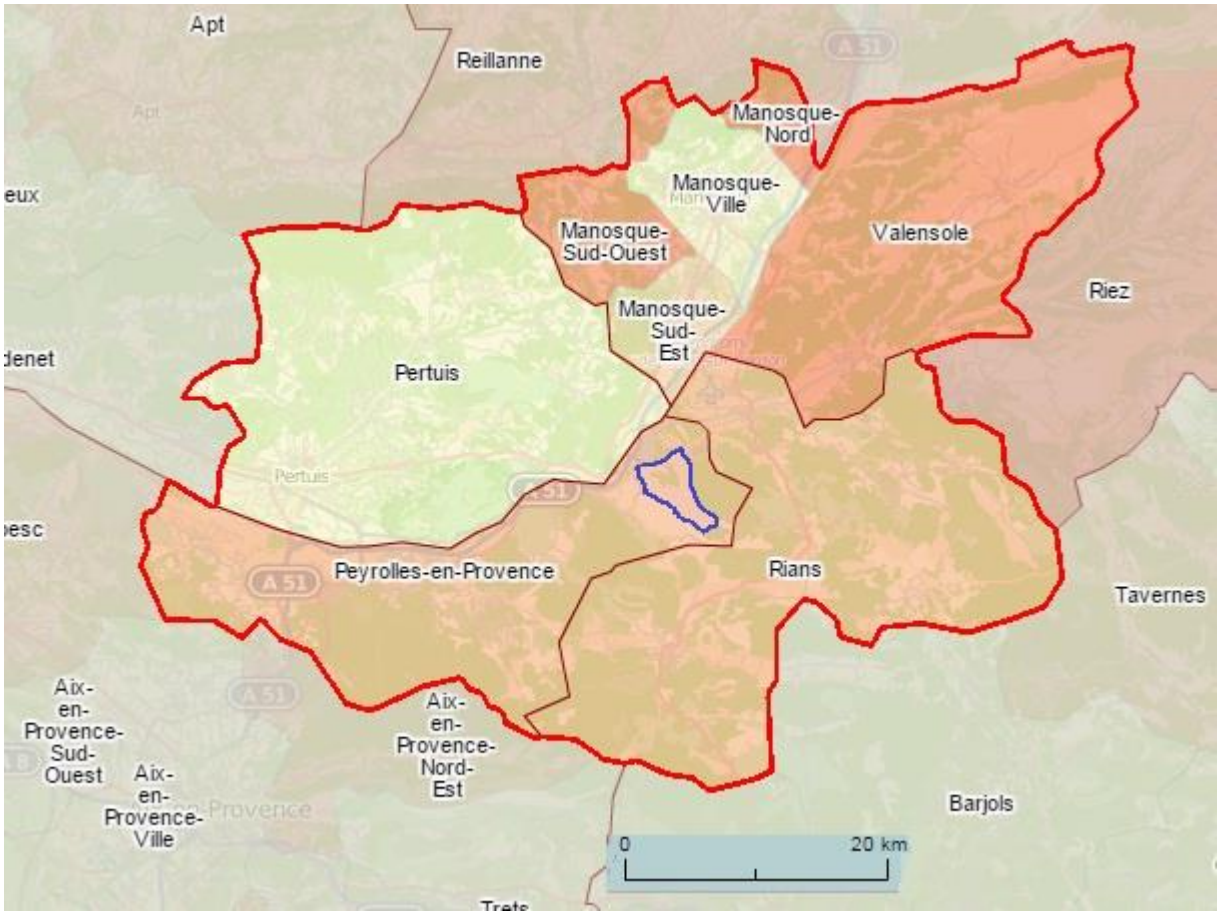
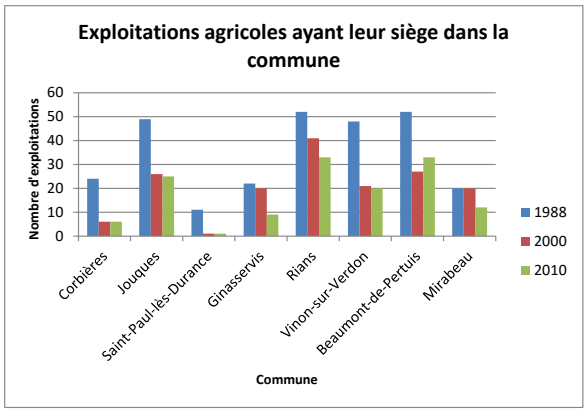
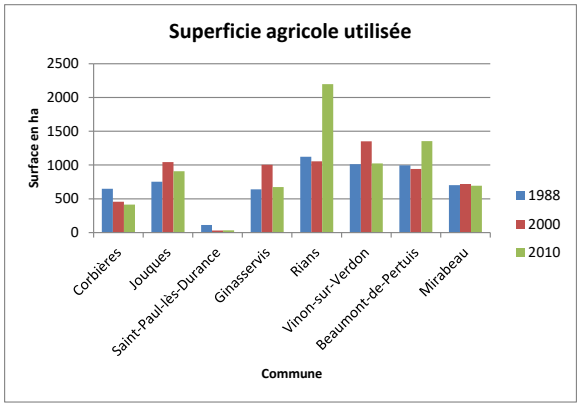
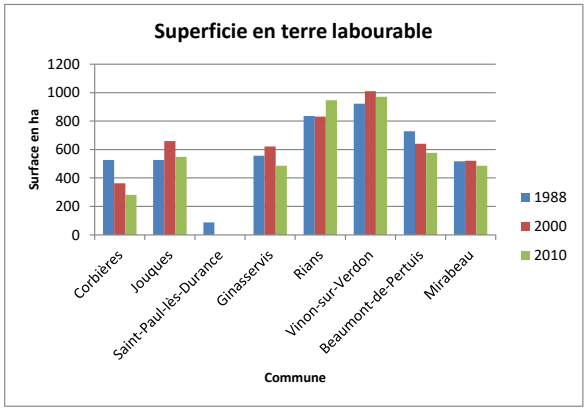
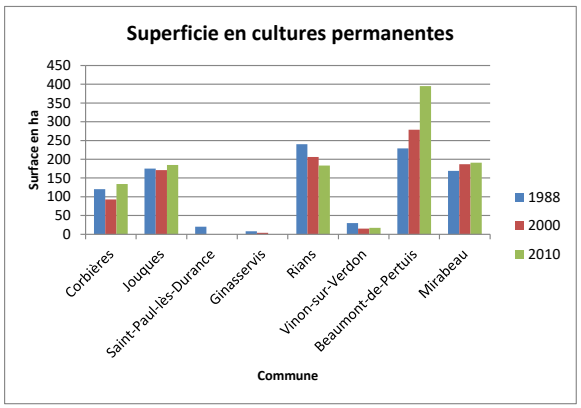


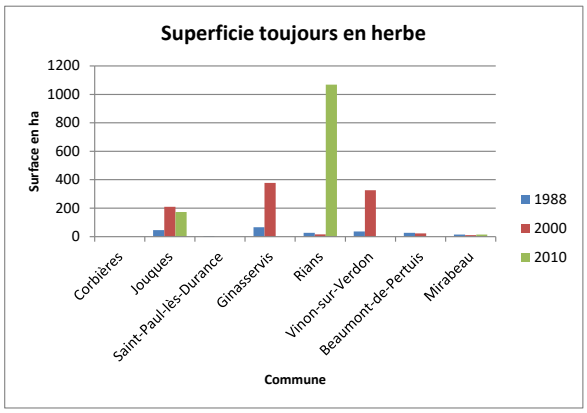
Figure 2.6.8 : Evolution de la production agricole de 1988 à 2010 dans un rayon de 5 km autour du Centre











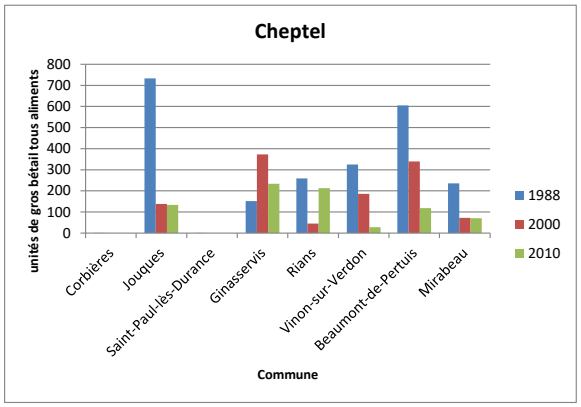
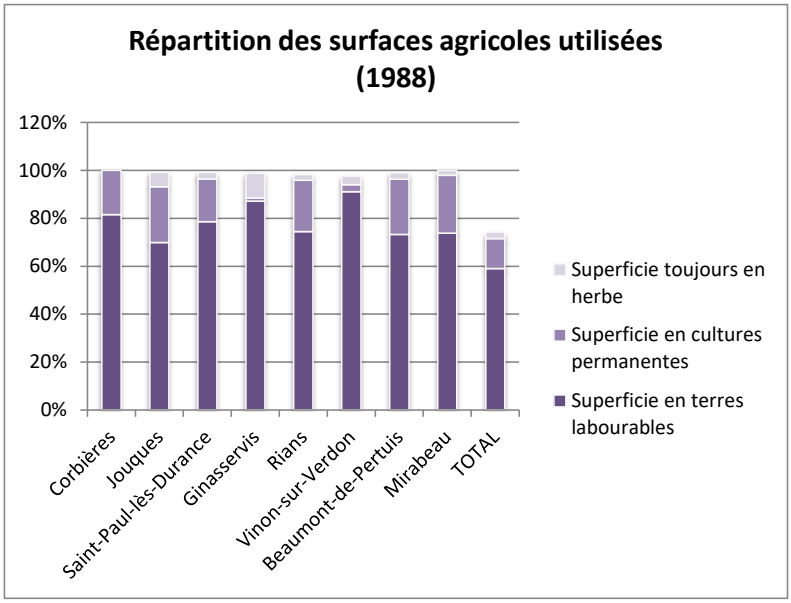
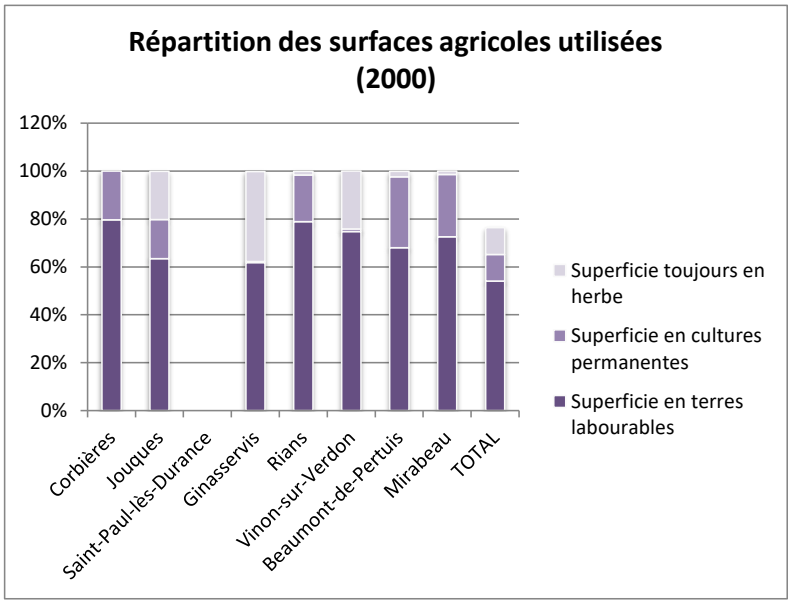


Figure 2.6.9 : Evolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 dans un rayon de 5 km autour du centre





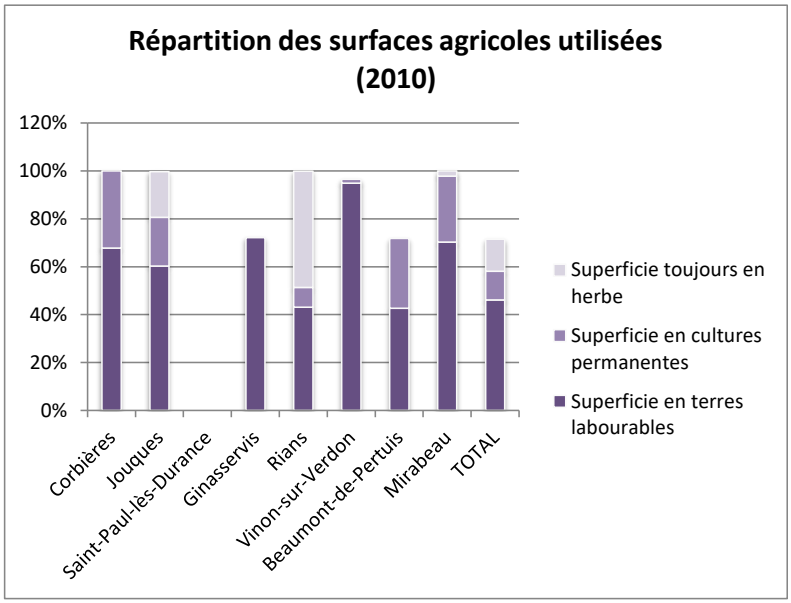
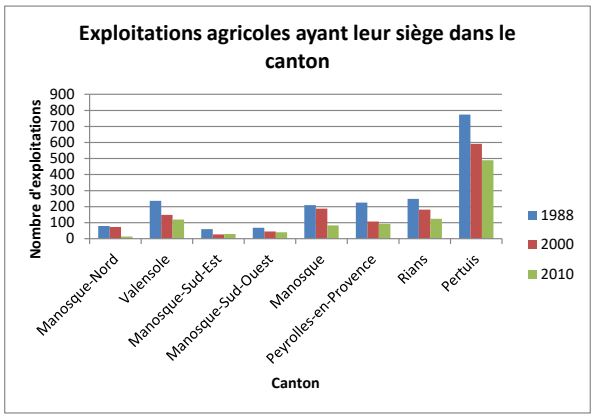
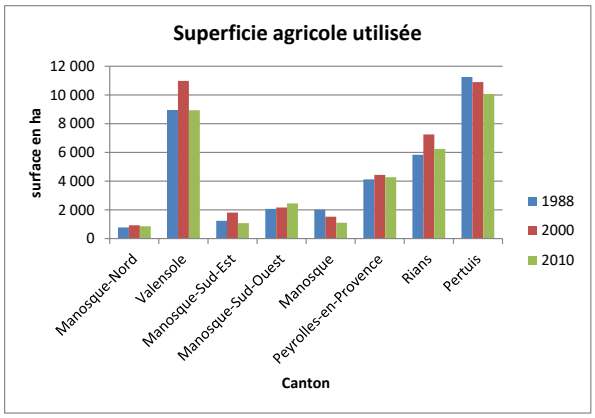
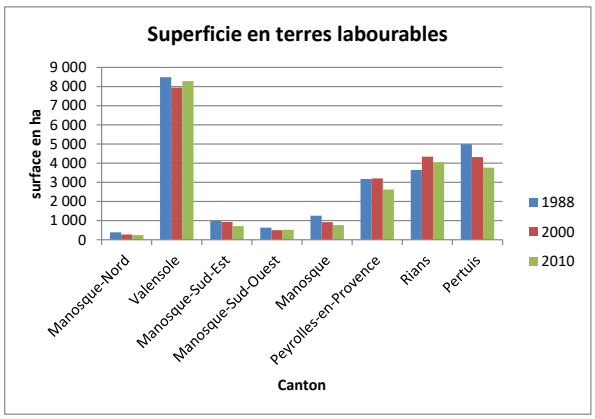
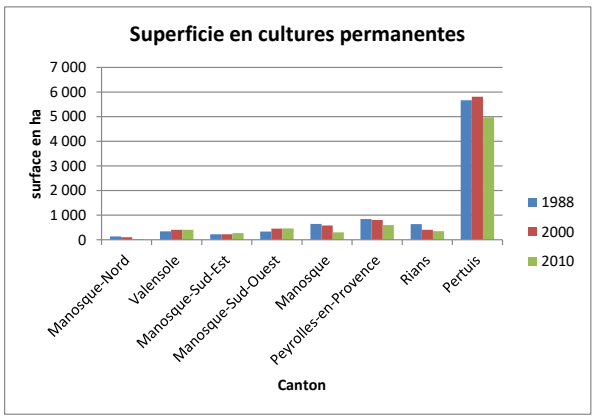


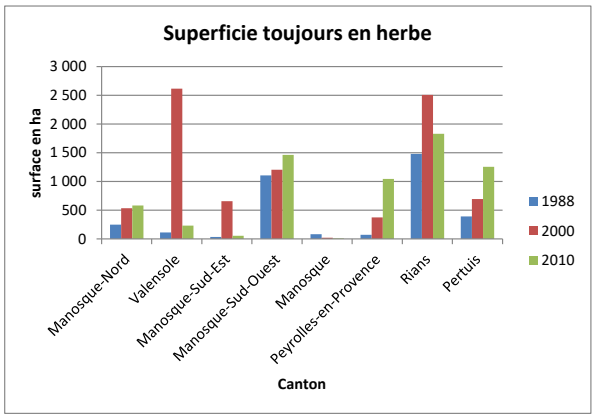
Figure 2.6.10 : Évolution de la production agricole de 1988 à 2010 dans un rayon de 20 km autour du Centre











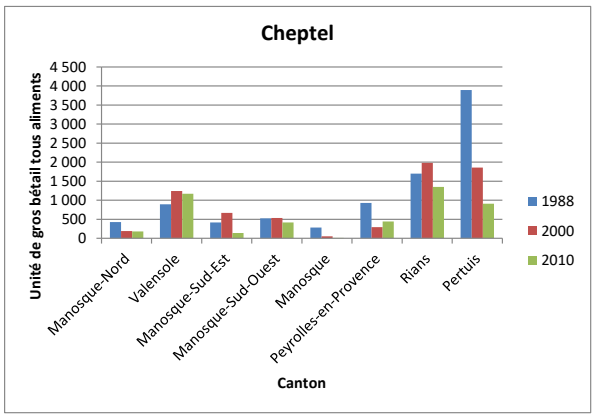
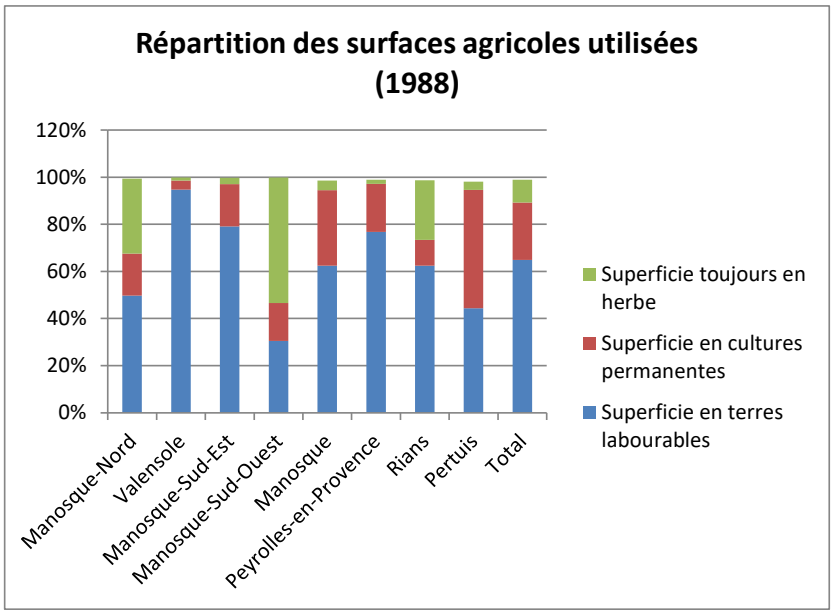
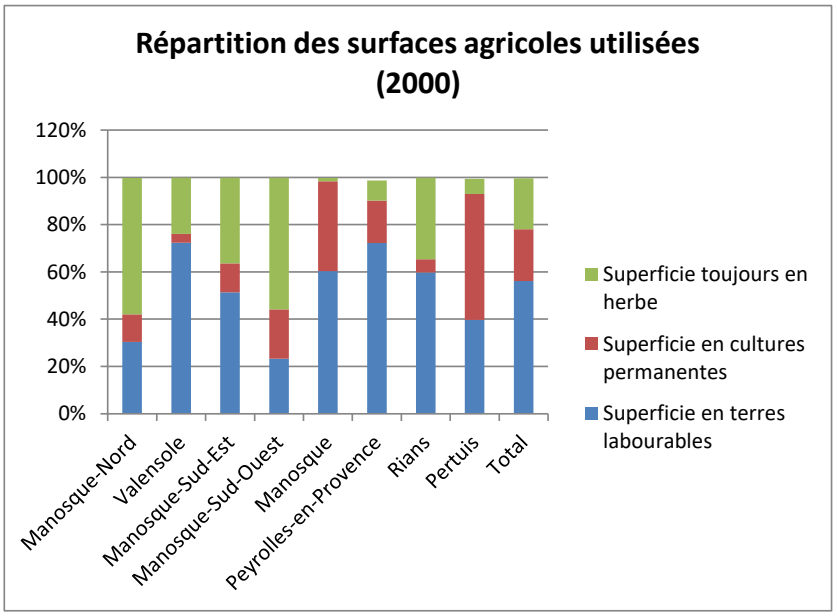


Figure 2.6.11 : Evolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 dans un rayon de 20 km autour du centre





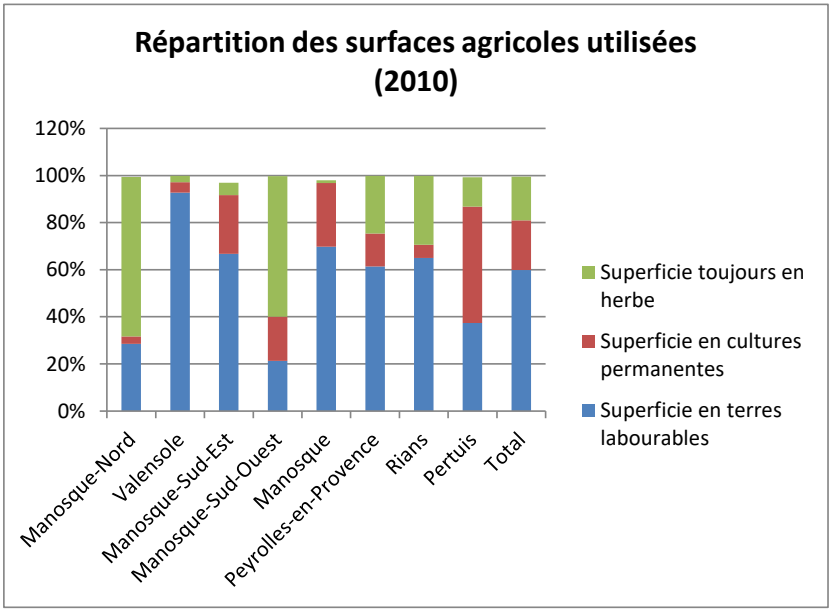
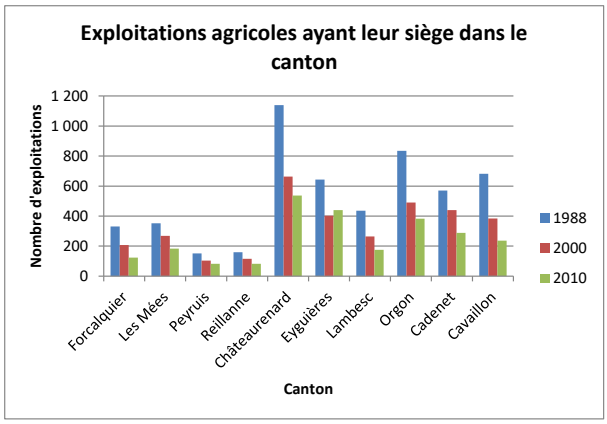
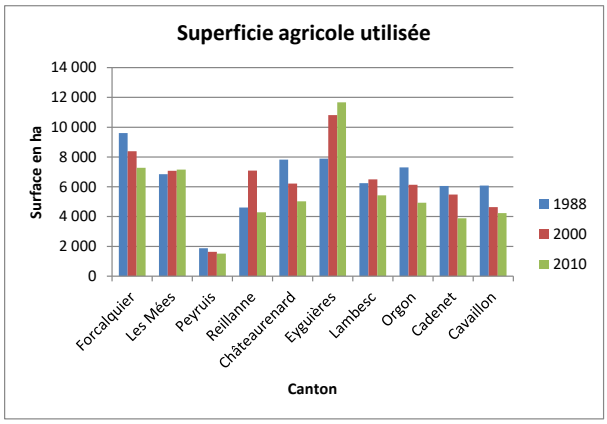
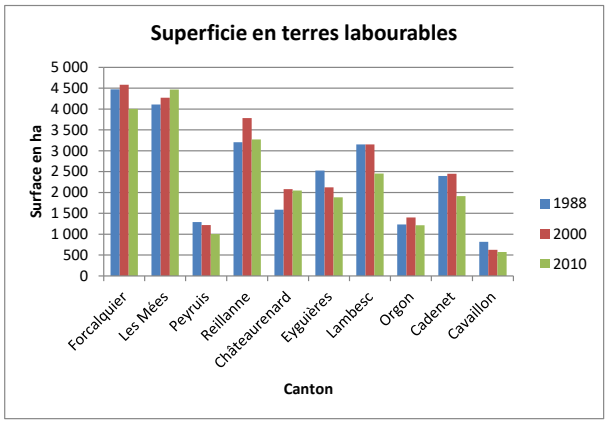
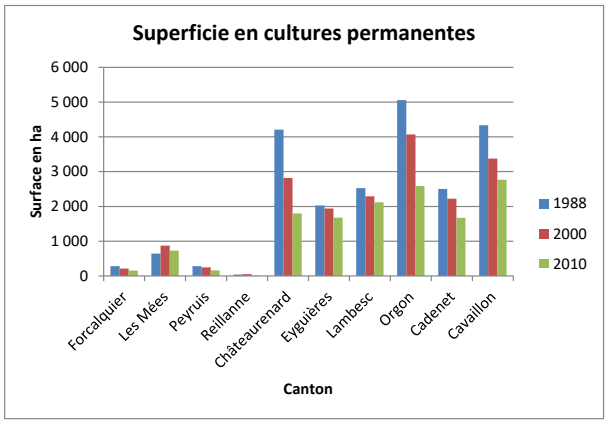


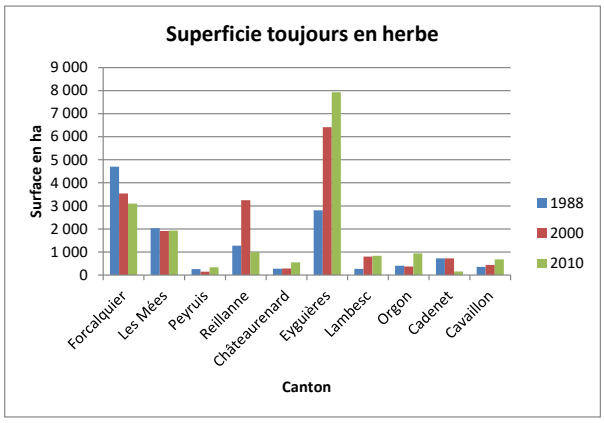
Figure 2.6.12 : Évolution de la production agricole de 1988 à 2010 au-delà de 20 km autour du Centre











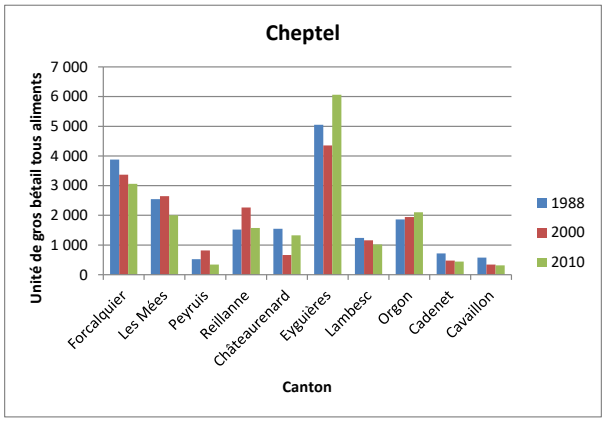
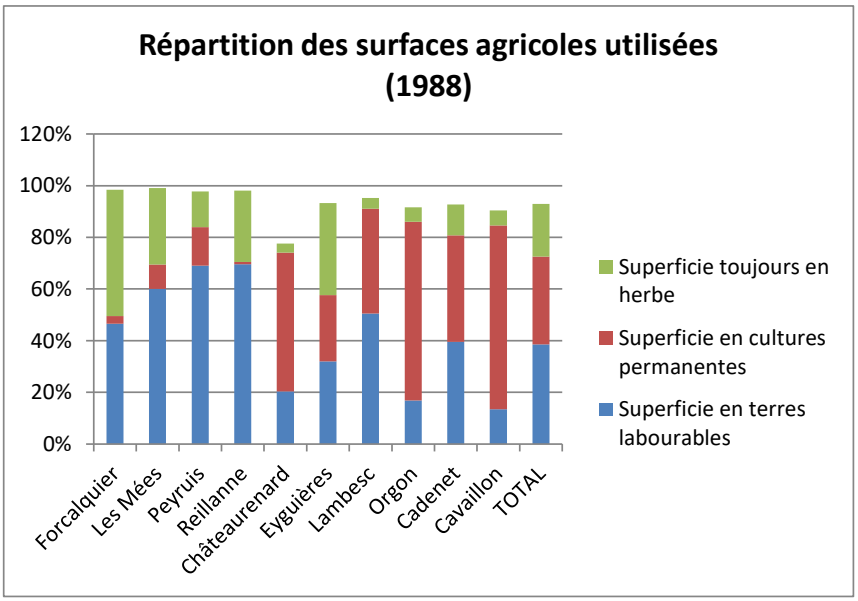
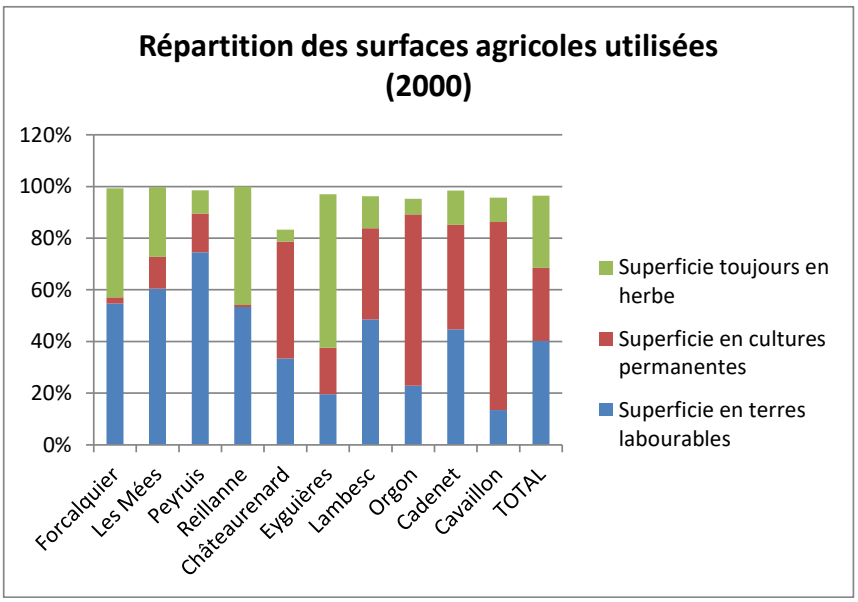


Figure 2.6.13: Evolution de la répartition des terres agricoles utilisées entre 1988 et 2010 au-delà de 20 km autour du centre





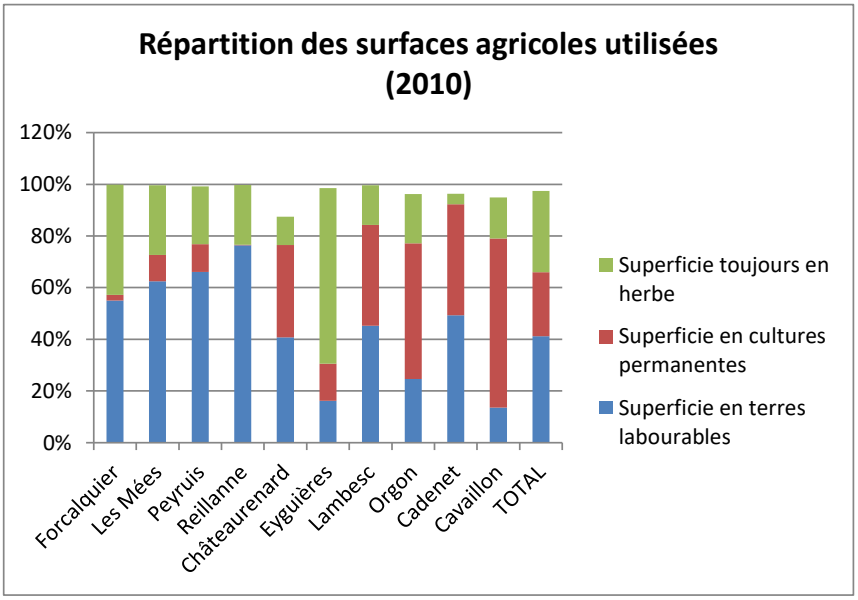


Figure 2.6.14 : Carte des principaux sites industriels autour de Cadarache

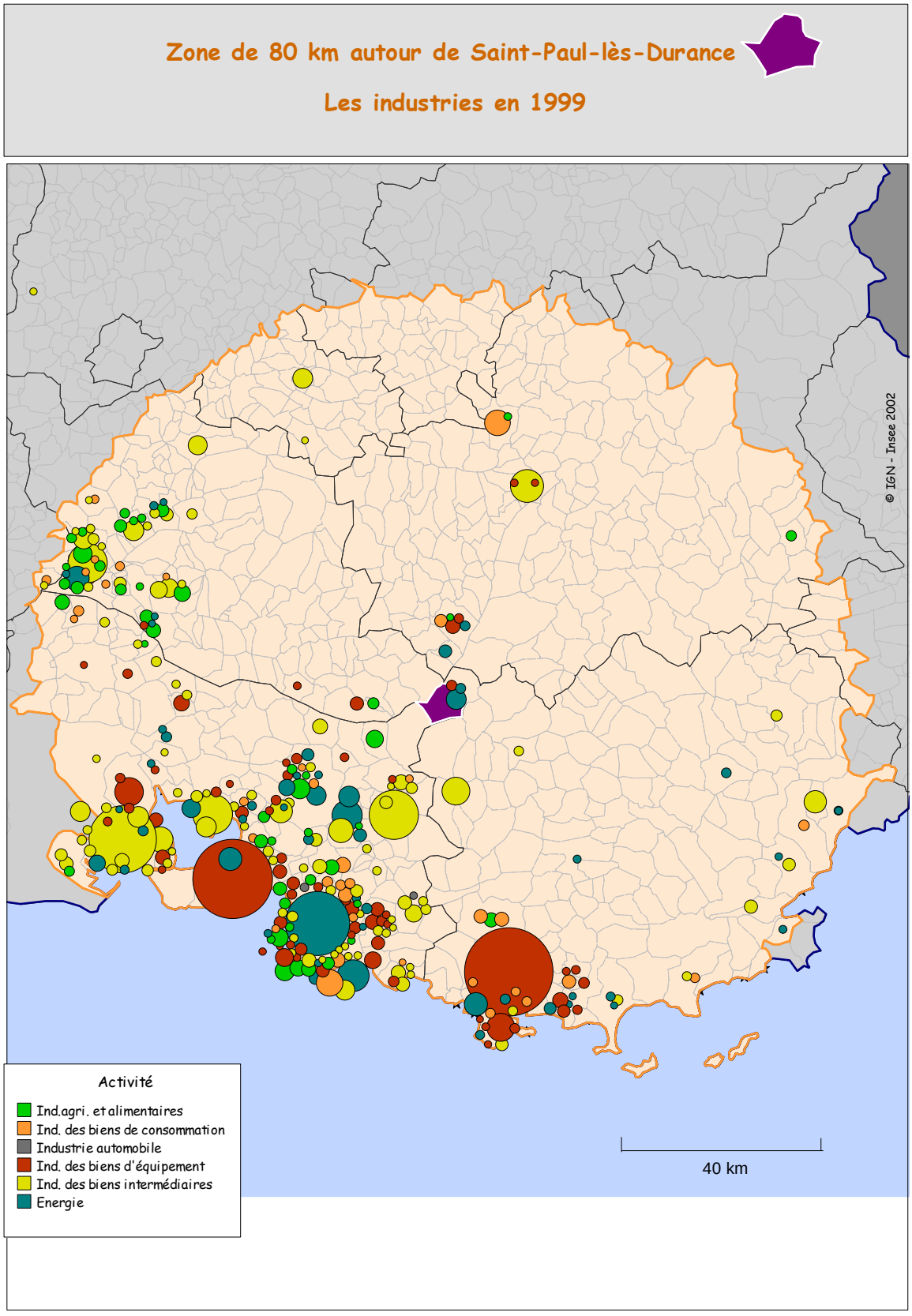


Figure 2.6.15 : Tracé de la conduite de gaz Cabriès-Manosque et de la canalisation desservant la chaufferie du Centre

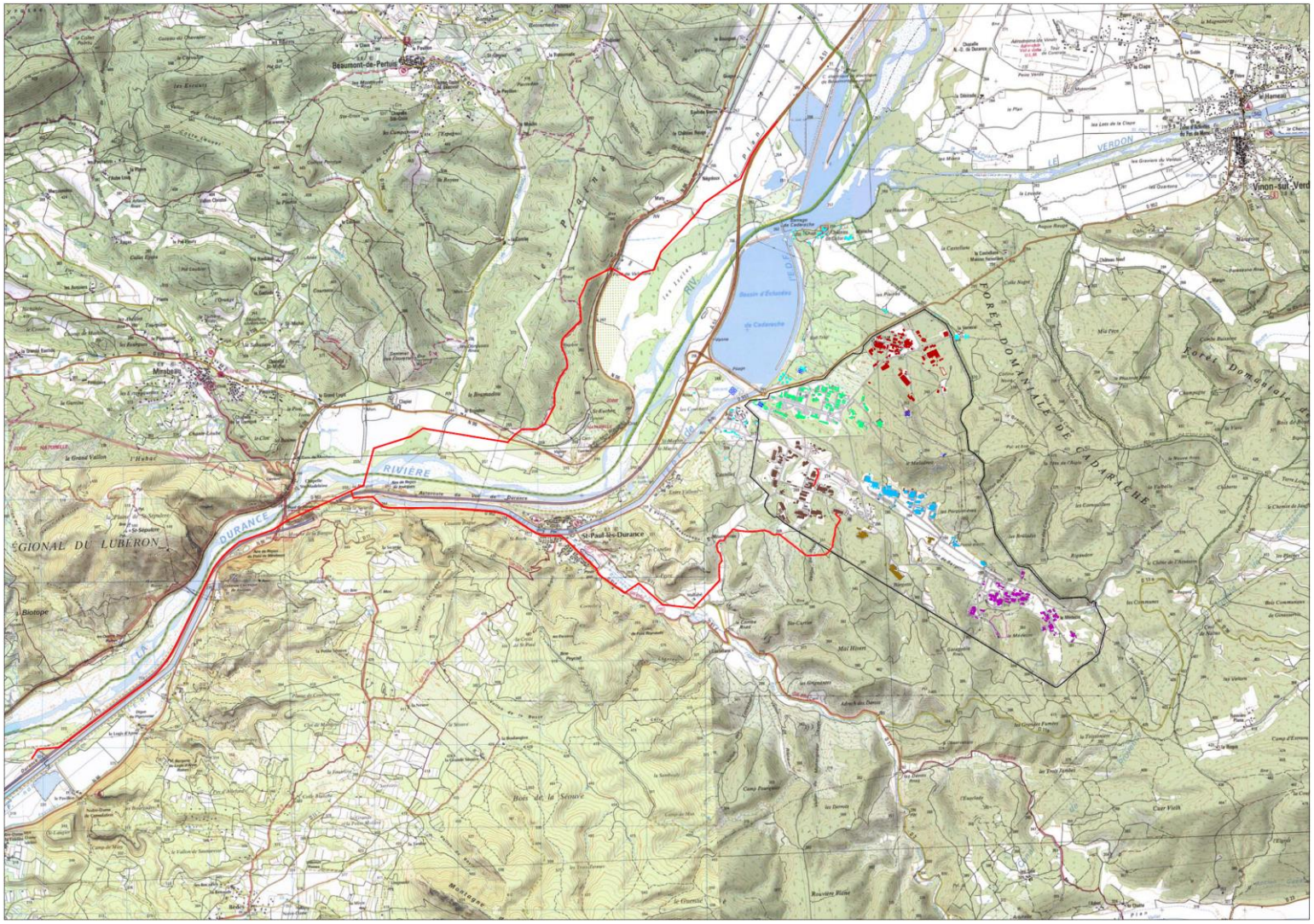


Figure 2.6.16 : Voies de circulation dans les environs de Cadarache

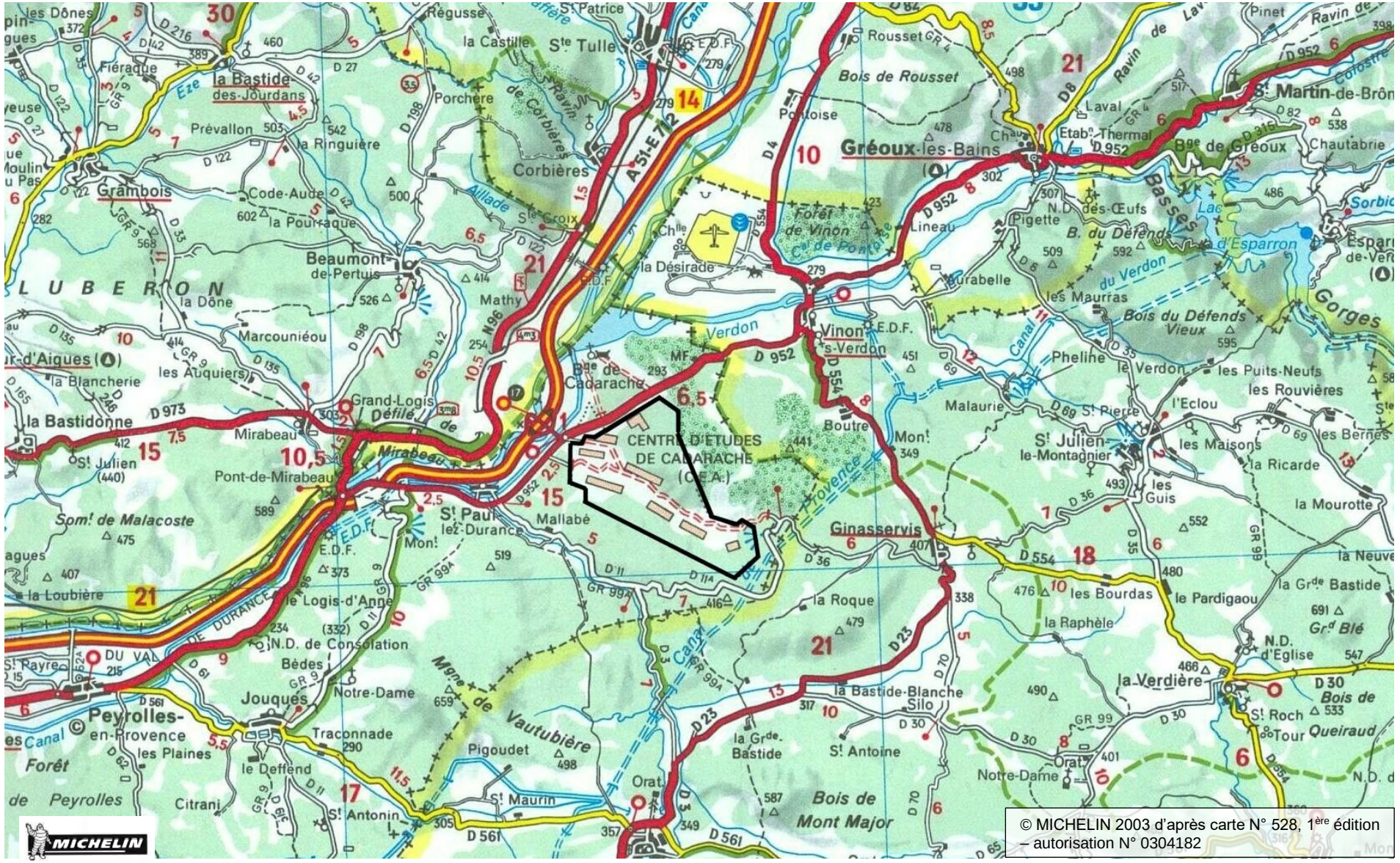
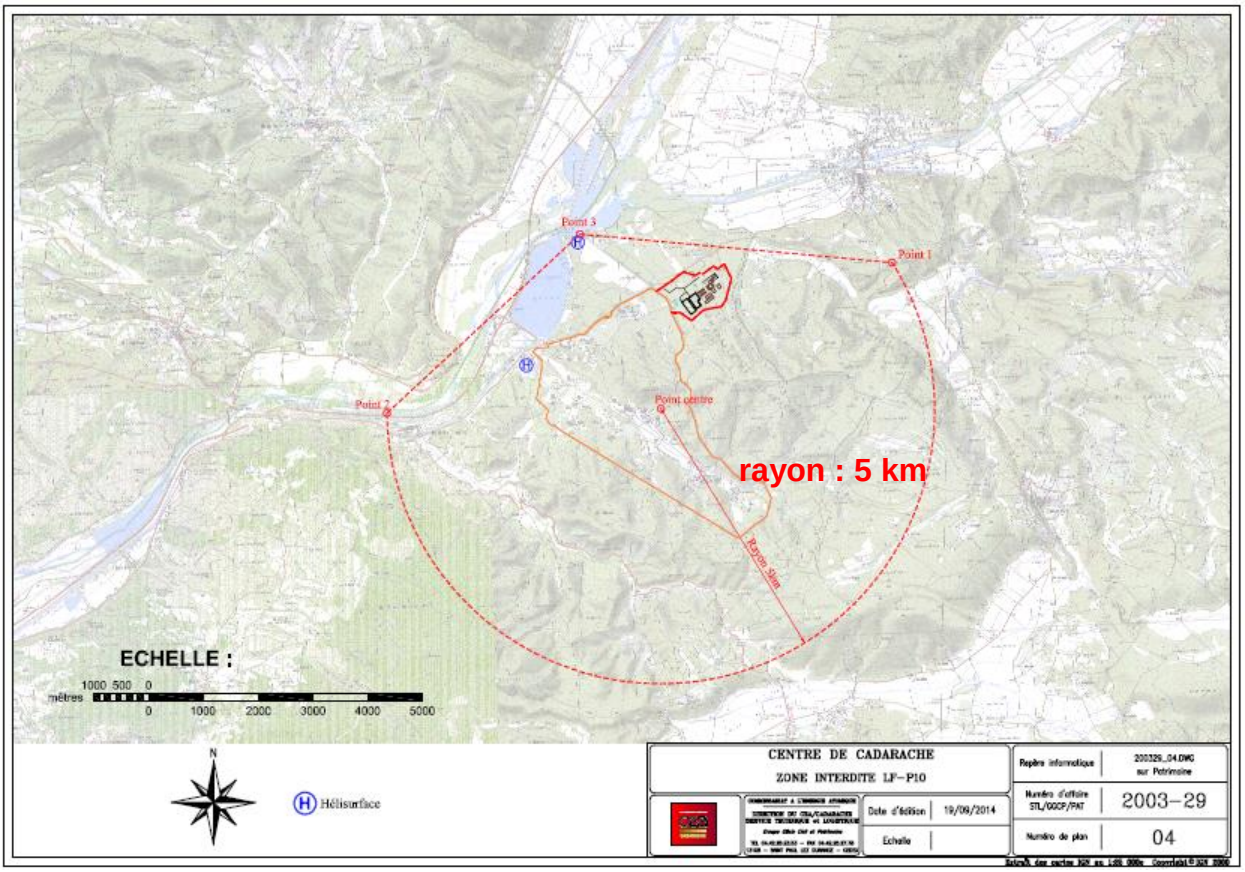


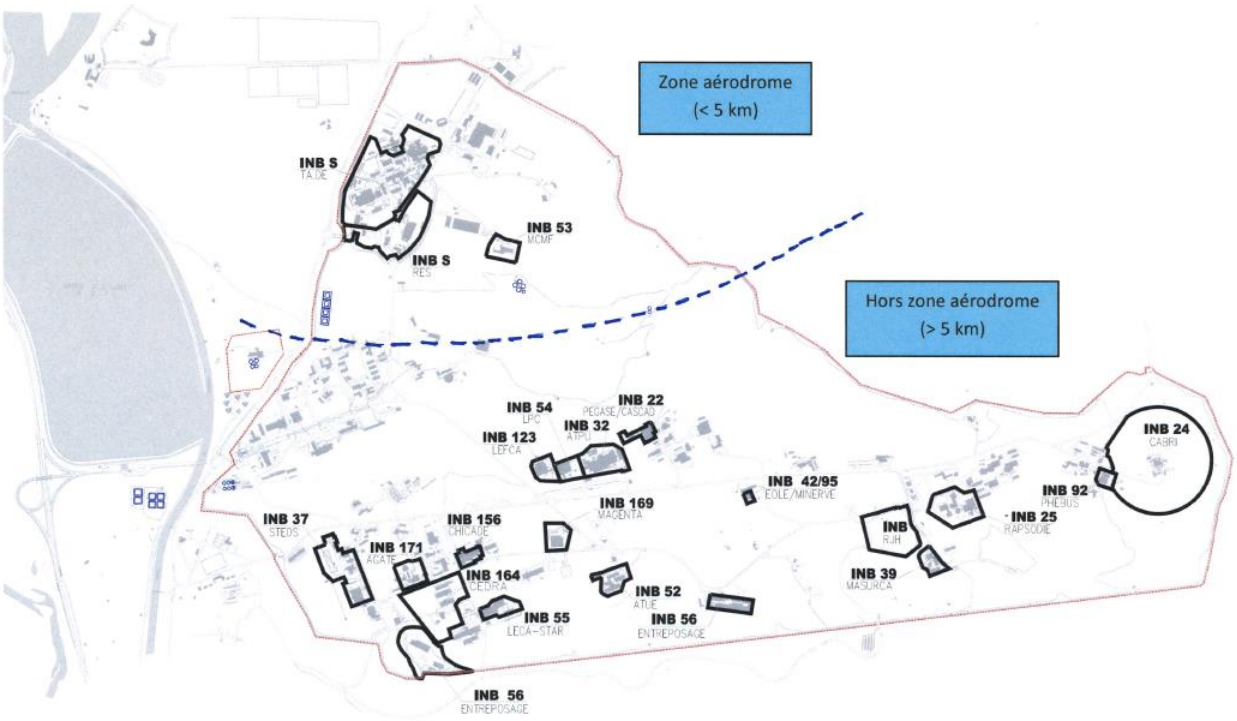
Figure 2.6.17 : Zone d'interdiction définitive de survol du Centre de Cadarache : représentation de la zone interdite LF P10 et localisation des héliports du Centre de Cadarache



Caractéristiques de la zone interdite LF P10 :

- Limites latérales :
  - 43º43'04" N, 005º44'54" E
  - 43º42'40" N, 005º49'08" E
  - Arc horaire de 5 km de rayon centré sur :
    - 43º41'19" N, 005º45'54" E
    - 43º40'24" N, 000º42'23" E
    - 43º42'19" N, 000º43'50" E
    - 43º43'04" N, 005º44'54" E
- Limites verticales : 4200 pieds (1280 mètres) par rapport au niveau moyen de la mer.

Figure 2.6.18 : Identification des zones aérodrome (« zone nord ») et de la zone hors aérodrome (« zone sud ») définies pour les calculs de probabilité pour l'aviation générale



VOLUME 3
INFRASTRUCTURES DU CENTRE

CHAPITRE 1 : ÉLECTRICITÉ
CHAPITRE 2 : CHAUFFAGE
CHAPITRE 3 : EAU POTABLE ET EFFLUENTS
CHAPITRE 4 : TÉLÉSURVEILLANCE
CHAPITRE 5 : TÉLÉCOMMUNICATION

VOLUME 3 - CHAPITRE 1

ÉLECTRICITÉ

REDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
C. GIRARD DSTG/STL P. BERGEGÈRE DPIE/SMCP	V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	§ et/ou page	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04		Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10		Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement, ainsi que des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0124 du 27 février 2008.
C	07/06/13		Mise à jour relative aux contrats liant RTE et le Centre (§ 3.1.1). Modifications pour prise en compte du nouveau poste 63 kV (dont § 3.1.1.2). Prise en compte de la mise en souterrain des lignes alimentant les postes de répartition 15/15 kV (§ 3.1.1.3.2 et 3.1.2.2.3). Réactualisation des données relative aux alimentations de remplacement avec (§ 3.1.1.5) : - prise en compte de la demande A1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-055555 du 24 octobre 2011 (INB 39 MASURCA), - intégration de l'INB 169 MAGENTA. Mise à jour du retour d'expérience et de son analyse (§ 3.1.2.1).
D	13/11/14	§ 3.1.1.5.2	Réactualisation de la liste des GEM. Réactualisation de l'ordre de priorité relative aux alimentations de remplacement : - déplacement en position inférieure pour l'INB 92 PHEBUS (plus de besoin en surveillance neutronique), - repositionnement de l'INB 22 PEGASE au même niveau que l'INB 22 CASCAD (fin du désentreposage des fûts).

SOMMAIRE

3.1.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES 4
3.1.1.1 ALIMENTATION DU CENTRE A PARTIR DU RESEAU RTE 4
3.1.1.2 POSTE DE LIVRAISON CEA 4
3.1.1.2.1 Ouvrages 63 kV 4
3.1.1.2.2 Transformateurs 63 kV / 15 kV 5
3.1.1.2.3 Installations 15 kV du poste de livraison 5
3.1.1.2.4 Auxiliaires du poste de livraison 5
3.1.1.3 DISTRIBUTION 15 kV 6
3.1.1.3.1 Principe et infrastructures de la distribution 15 kV 6
3.1.1.3.2 Postes de répartition 15/15 kV 6
3.1.1.4 SYSTEME DE CONDUITE DES RESEAUX 63KV ET 15KV 7
3.1.1.5 ALIMENTATIONS DE REMPLACEMENT 7
3.1.1.5.1 En 63 kV 7
3.1.1.5.2 En 230-400 kV 7
3.1.1.6 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DES OUVRAGES 10
3.1.1.7 ASSURANCE QUALITE 11
3.1.1.8 CONTROLES REGLEMENTAIRES 11

3.1.2 FIABILITE DU RESEAU ELECTRIQUE 11
3.1.2.1 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE 11
3.1.2.1.1 Bilan des évènements de type 1 11
3.1.2.1.2 Bilan des évènements de type 2 12
3.1.2.1.3 Bilan des évènements de type 3 13
3.1.2.1.4 Bilan des évènements de type 4 14
3.1.2.1.5 Conclusion de l'analyse du retour d'expérience 14
3.1.2.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES ASSURANT LA FIABILITE DU RESEAU 14
3.1.2.2.1 Architecture retenue à la conception 15
3.1.2.2.2 Modifications matérielles de jouvence 15
3.1.2.2.3 Dispositions adoptées face aux aléas climatiques 15
3.1.2.2.4 Dispositions adoptées face aux autres agressions externes 15
3.1.2.2.5 Dispositions adoptées face au risque incendie interne 16
3.1.2.2.6 Dispositions adoptées face aux aléas de consommation et aux surcharges 16
3.1.2.2.7 Modalités d'exploitation du réseau 16

LISTE DES FIGURES 17

FIGURES 17

Le présent chapitre décrit les ouvrages permettant l'alimentation en énergie électrique des installations implantées sur le Centre de Cadarache depuis le réseau RTE[1]. Il ne traite pas :

- des réseaux de distribution électrique normaux et de secours à l'intérieur des installations,
- des réseaux électriques particuliers liés aux process, en particulier de la ligne 400 kV utilisée par l'installation Tore Supra.

Ces réseaux sont décrits dans les rapports de sûreté des installations concernées. Les dispositions adoptées pour l'exploitation et la maintenance de ces réseaux internes sont explicitées dans les règles générales d'exploitation de chaque installation.

3.1.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

3.1.1.1 ALIMENTATION DU CENTRE A PARTIR DU RESEAU RTE

L'alimentation électrique du Centre de Cadarache et de ses annexes est assurée à partir du réseau de transport RTE constitué par des lignes 400 kV, 225 kV et 63 kV.

Le Centre est alimenté par deux lignes 63 kV.

Ces deux lignes prennent leur origine au poste RTE de Sainte-Tulle situé à environ 10 km au Nord du Centre. Ce poste est un nœud important du réseau RTE qui bénéficie de plusieurs lignes d'alimentation en 225 kV. La transformation 225 kV/63 kV est effectuée au niveau du poste RTE de Sainte-Tulle.

Les deux lignes 63 kV empruntent des itinéraires différents :

- la première emprunte un tracé direct, Nord-Sud, et passe au-dessus de la Durance et du bassin d'éclusée.
- la seconde part vers l'Est et passe en coupure au poste RTE de Vinon-sur-Verdon, à environ 5 km au Nord-Est du Centre.

Les ouvrages RTE sont protégés contre les surcharges, l'écroulement de tension, de fréquence et contre la rupture de synchronisme. Le jeu de barres du poste de Sainte-Tulle est subdivisé en plusieurs tronçons et comporte des protections permettant, en situation normale, d'éviter l'effacement complet du poste dû à un défaut.

Les différentes pièces contractuelles qui lient le Centre à RTE définissent notamment :

- les caractéristiques des ouvrages de raccordement,
- les limites de responsabilités,
- les engagements de puissance souscrite,
- les modalités de développement, d'exploitation et d'entretien des ouvrages,
- les engagements de RTE en matière de continuité et de qualité de la fourniture d'électricité.

En application de l'arrêté ministériel du 5 juillet 1990, le CEA est inscrit auprès de la DREAL sur la liste des usagers du service prioritaire de l'électricité. À ce titre, une puissance de 9,5 MW est assurée au Centre en cas de perturbation sur le réseau géré par RTE.

3.1.1.2 POSTE DE LIVRAISON CEA

3.1.1.2.1 Ouvrages 63 kV

Les deux lignes 63 kV sont raccordées au poste de livraison 63 kV CEA, implanté sur le Centre (bâtiment 1216).

Le poste 63 kV est de type PSEM (Poste Sous Enveloppe Métallique), permettant de s'affranchir au maximum des contraintes d'environnement extérieur.

[1]RTE = Le Réseau de Transport d'Électricité en France est le gestionnaire unique de réseau public français de transport d'électricité à haute et très haute tension en France. Il comprend l'ensemble des lignes électriques à haute et très haute tension (de 63 à 400 kV) et des postes de transformation qui relient les centrales de production d'électricité, les réseaux de distribution, des sites industriels et les réseaux électriques des pays voisins.

Ce poste comprend les matériels suivants (Figue 3.1.1) :

- deux jeux de barres qui constituent les nœuds physiques du réseau. Ceux-ci sont fractionnables en trois, chaque fraction étant soit isolée, soit raccordée aux autres par l'intermédiaire de sectionneurs ;
- les disjoncteurs de ligne et le disjoncteur de couplage qui assurent d'une part la coupure sur défaut et d'autre part le transit entre les jeux de barre et les postes RTE ;
- le jeu de barres du poste 63 kV est équipé de protections permettant, en situation normale, d'éviter l'effacement complet du poste dû à un défaut (différentielle barre) ;
- les disjoncteurs qui assurent la protection des transformateurs ;
- les sectionneurs qui assurent, après coupure des courants par les disjoncteurs, un rôle d'isolement et d'aiguillage des ouvrages.

Ces équipements permettent d'assurer en fonctionnement normal, la continuité de service et les modifications de configuration liées aux opérations d'exploitation, de maintenance préventive et corrective.

3.1.1.2.2 Transformateurs 63 kV / 15 kV

Trois transformateurs de puissance nominale 36 MVA assurent la transformation du niveau de tension 63 kV en 15 kV. Chaque transformateur est équipé d'un régleur en charge permettant de compenser les variations de la tension de fourniture et la charge du réseau. En configuration normale, deux transformateurs couplés alimentent le réseau 15 kV (le troisième transformateur sert en secours). Les transformateurs sont logés dans des cellules bétonnées qui permettent de les isoler les uns des autres. Ils sont équipés des dispositifs de sécurité réglementaires (court-circuit, surcharge, température et pression) qui actionnent l'ouverture des disjoncteurs primaires et secondaires en cas de défaut.

3.1.1.2.3 Installations 15 kV du poste de livraison

Les départs 15 kV sont situés à l'intérieur du bâtiment 259.

Trois salles distinctes séparées par des murs coupe-feu accueillent respectivement :

- le tableau HTA raccordé au TR1 (jeu de barre 15 kV n°1),
- le tableau HTA raccordé au TR2 (jeu de barre 15 kV n°2),
- le tableau HTA raccordé au TR3 (jeu de barre 15 kV n°3).

Ces tableaux sont reliés entre eux par des liaisons permettant d'assurer en fonctionnement normal, la continuité de service et les modifications de configuration liées aux opérations d'exploitation, de maintenance préventive et corrective.

A l'aval des transformateurs 63/15 kV, les câbles pénètrent dans le bâtiment 259 par des galeries techniques ou des caniveaux. Les pénétrations et sorties de câbles sont obturées. Les câbles constituant une boucle empruntent des cheminements indépendants. La galerie technique est subdivisée en deux zones équipées de portes coupe-feu. Les locaux et galeries techniques sont équipés de détecteurs d'incendie. Les alarmes incendie sont visualisées sur le répartiteur local et envoyées au PC FLS.

Cette distribution 15 kV alimente directement les postes 15 kV/400 V des INB les plus proches et les postes de répartition 15/15 kV qui desservent les installations plus lointaines. La protection des circuits 15 kV est assurée par des relais de protection alimentés par deux sources auxiliaires 127 V continu.

3.1.1.2.4 Auxiliaires du poste de livraison

Les chaînes de sécurité, de commande, de signalisation et les équipements auxiliaires nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation des ouvrages 63 kV et 15 kV sont alimentés par plusieurs sources. Classés par niveau de tension, on dispose des éléments suivants :

- deux transformateurs 15 kV/400 V placés dans deux locaux indépendants : ils assurent l'alimentation des utilitaires (éclairage, petite force), des auxiliaires (aéroréfrigérants des transformateurs, chauffage cellules) et de la recharge des ateliers d'énergie (chargeurs batteries

127 V, 48 V, alimentations statiques). Chaque transformateur peut alimenter la totalité des auxiliaires du poste, il y a une redondance complète entre ces deux équipements ;

- un groupe électrogène à démarrage automatique qui reprend en secours l'ensemble des équipements tant des utilitaires que des alimentations basses tension. Une bâche journalière et un réservoir de 3000 litres de fuel permettent d'atteindre une autonomie de fonctionnement de 8 heures à trois jours sans approvisionnement ;
- deux ensembles chargeur avec batteries 127 V qui ont chacun une autonomie de 6 heures assurent l'alimentation des chaînes de sécurité, des relais de protection et des commandes des disjoncteurs HT. Les installations sont dimensionnées pour pouvoir fonctionner avec un seul chargeur batteries en service. Chaque jeu de batteries est placé dans un local spécifique indépendant, ventilé et équipé d'une détection incendie. La distribution 127 V est réalisée à partir de tableaux 127 V indépendants. Les câbles 127 V sont placés sur des chemins de câbles distincts ;
- un chargeur avec batteries 48 V d'autonomie 6 heures assurant la signalisation de l'état des auxiliaires et de la défaillance des sources 127 V ;
- deux alimentations statiques (onduleurs) d'autonomie individuelle de 2 heures qui assurent l'alimentation du consignateur d'état et du système de télégestion du réseau.

3.1.1.3 DISTRIBUTION 15 kV

3.1.1.3.1 Principe et infrastructures de la distribution 15 kV

Toute la distribution de puissance haute tension sur le Centre (à l'exception de la ligne 400 kV utilisée par Tore Supra) est réalisée sous tension nominale de 15 kV en boucles fermées jusqu'aux postes de répartition. La desserte des installations est réalisée depuis les postes de répartition principalement en coupure d'artère, et pour quelques installations seulement en antenne. La distribution est issue directement du poste de livraison 63/15 kV pour les installations situées à proximité du bâtiment 259. Les postes HT/BT de PÉGASE (INB 22) et de RAPSODIE (INB 25) alimentent des sous-boucles 15 kV ; ils sont donc alimentés chacun par deux lignes en boucles fermées.

Du bâtiment 259 partent 4 x 2 lignes en boucles fermées, vers des postes de répartition 15/15 kV dénommés :

- Poste 109 ADM (zone administration),
- Poste 314 LC (zone labos chauds),
- Poste 417 DPN (zone département de propulsion nucléaire),
- Poste 522 TORE (zone TORE SUPRA et chantier ITER).

De chacun de ces postes partent des lignes enterrées, en boucles ouvertes vers les installations.

3.1.1.3.2 Postes de répartition 15/15 kV

Les principes d'alimentation, de distribution et d'architecture des 4 postes de répartition sont similaires.

Chaque poste de répartition est alimenté par deux lignes souterraines issues du poste de livraison. Ces lignes sont dimensionnées individuellement pour reprendre la totalité de la puissance nécessaire au fonctionnement de la zone. D'une longueur moyenne de 3 km, elles empruntent des cheminements différents.

Les travaux réalisés de 2000 à 2013 dans les postes de répartition 15/15 kV ont permis de diminuer fortement les risques de mode commun et de garantir la continuité de l'alimentation de la zone desservie même en cas d'indisponibilité totale (HT et auxiliaires) d'un des deux ensembles constituant le poste.

Les postes de répartition sont constitués de deux bâtiments distincts sauf pour le bâtiment 314 où les locaux sont attenants mais séparés par une cloison et porte coupe-feu. Chaque local abrite un jeu de barres, une cellule de protection d'arrivée et les cellules de départs constituant un côté de l'alimentation des boucles. Les départs sont protégés par des protections alimentées par deux sources 127 V. L'alimentation des auxiliaires, nécessaires au fonctionnement des installations, est assurée par plusieurs sources :

- un transformateur 15 kV/400V assure l'alimentation des utilitaires (éclairage, petite force), des auxiliaires (chauffage cellules) ainsi que la recharge des batteries 127 V,
- un groupe électrogène d'une autonomie de 8 heures sans approvisionnement - à démarrage automatique - reprend en secours l'ensemble des équipements. Le groupe électrogène est placé dans le bâtiment opposé à celui accueillant le transformateur,
- chaque local est équipé d'un chargeur avec batteries d'autonomie unitaire de 6 heures qui assurent l'alimentation des chaînes de sécurité, des relais de protection et des commandes des disjoncteurs HT. Les installations sont dimensionnées pour pouvoir fonctionner avec uniquement un chargeur batteries en service,
- La distribution 127 V est réalisée à partir de tableaux 127 V indépendants. Les câbles 127 V sont aussi placés sur des chemins de câbles distincts.

Les pénétrations et sorties de câbles sont obturées. Les câbles constituant une boucle empruntent dans la mesure du possible des cheminements indépendants. Les locaux sont équipés de détecteurs d'incendie.

3.1.1.4 SYSTEME DE CONDUITE DES RESEAUX 63kV ET 15kV

La conduite des réseaux peut être réalisée soit en local soit à distance à l'aide d'un système de télégestion.

Ce système d'aide à la conduite des réseaux permet :

- le report d'information en temps réel des organes de distribution du réseau 63/15 kV, des transformateurs 15 kV/400 V, des disjoncteurs généraux basse tension et des auxiliaires,
- le report d'information concernant les groupes de secours fixes dans les INB (ces reports ne sont gérés qu'en dehors des heures ouvrables),
- la télécommande des organes de manœuvre du poste de livraison et des postes 15/15 kV,
- la visualisation centralisée des grandeurs caractéristiques du fonctionnement des réseaux, à savoir principalement les intensités, tensions,
- l'archivage des évènements et des grandeurs caractéristiques,
- la diffusion des alarmes par le système radio 3R2P et/ou par le système de recherche de personne.

Seuls quelques postes HT/BT n'alimentant pas d'INB ne sont pas pris en compte par le système de télégestion.

La transmission d'ordres aux opérateurs est réalisée via les téléphones qui équipent les postes HT/BT et/ou par le système radio 3R2P. Toutes les commandes et la visualisation des informations peuvent être réalisées en local.

3.1.1.5 ALIMENTATIONS DE REMPLACEMENT

3.1.1.5.1 En 63 kV

Le maillage et le nombre de sources de production raccordées sur le réseau permettent à RTE et aux producteurs de faire face aux aléas de consommation et de pannes. Le Centre peut bénéficier notamment des différents ouvrages hydrauliques de production implantés dans la région.

3.1.1.5.2 En 230-400 kV

Les INB sont équipées en sources d'énergie autonomes de secours (groupe électrogène, onduleurs, batteries). Leurs caractéristiques détaillées et les exigences définies en termes d'exploitation et maintenance figurent dans les rapports de sûreté et les règles générales d'exploitation des installations.

Le bâtiment 104 abritant le PC Sécurité et une partie des équipements de téléalarme est équipé de deux groupes électrogènes, d'onduleurs et de batteries. En cas de défaillance d'un groupe, un délestage automatique est réalisé sur des circuits non indispensables.

Le bâtiment 160 Belvédère abritant le système radio 3R2P de communication avec les équipes d'intervention est équipé d'un groupe électrogène à démarrage automatique dont l'autonomie sans approvisionnement en fuel est de 8 heures.

Les INB et les bâtiments regroupant des moyens communs sont équipés de prises de raccordement dans le cas où il serait nécessaire d'avoir recours à une source de secours mobile.

Moyens en secours mobiles du Centre :

Le Service Technique et Logistique (STL) dispose d'un parc de groupes électrogènes mobiles de puissance comprise entre 10 et 800 kVA pour couvrir les besoins du Centre (maintenance ou défaillance d'un groupe fixe).

À la date de parution du présent chapitre de la PGSE, le parc se compose des groupes électrogènes mobiles suivants :

Dénomination	Puissance	Dénomination	Puissance
GEM176	800 kVA	GEM151	125 kVA
GEM177	800 kVA	GEM172	60 kVA
GEM167	500 kVA	GEM171	60 kVA
GEM192	400 KVA	GEM175	60 kVA
GEM154	390 kVA	GEM170	40 kVA
GEM153	390 kVA	GEM150	40 kVA
GEM152	390 kVA	GEM187	40 KVA
GEM166	250 kVA	GEM185	20 KVA
GEM158	250 kVA	GEM186	20 KVA
GEM188	200 KVA	GEM148	10 kVA
GEM161	145 kVA	-	-

De plus, le RES piscine s'est doté de deux GEM spécifiques pour être autonome, et il dispose d'un 3ème GEM (GEM 178 de 400 kVA) qui a été confié au STL pour être stocké au bât 63 kV afin d'apporter une réponse aux différents scénarii d'accident.

Pour compléter ou se substituer à ce parc, il est fait appel à des sociétés de location de sources mobiles d'énergie.

Les délais de mise à disposition d'un GEM (livraison et mise en service) sont au maximum les suivants (hors avalanche de demandes) :

- source mobile disponible sur le Centre : t < 4 heures,
- fournisseur extérieur : t < 4 heures jusqu'à 800 kVA et t < 8 heures au-delà.

La gestion, la maintenance et la mise en œuvre (pendant les heures ouvrables) du parc de sources mobiles de secours est confiée par le STL par contrat à une entreprise extérieure intervenante suivant les modalités définies dans le cahier des charges « Maintenance et assistance à l'exploitation des équipements électromécaniques du CEA/Cadarache » (lot 4).

En dehors des heures ouvrables, la mise en œuvre du parc est confiée, par délégation du DPIE, à l'entreprise assurant l'exploitation et la maintenance du réseau HT/BT, suivant les modalités définies dans le cahier des charges « Exploitation et maintenance des installations électriques HT/BT du CEA/Cadarache ».

Les puissances et les délais de mise à disposition des sources mobiles de secours pour le maintien de la sûreté des INB et INBS sont décrits dans leur référentiel de sûreté.

Cas d'une avalanche de demandes en GEM :

Afin de vérifier le bon dimensionnement du parc de GEM disponibles sur le Centre en cas de perte totale des alimentations électriques, c'est-à-dire en cas de perte des alimentations externes du Centre cumulée avec la perte de leur(s) source(s) interne(s) de secours, et de définir la hiérarchisation des priorités de réalimentation en cas de demandes multiples, un recensement des besoins de l'ensemble des INB et INBS du Centre a été effectué en prenant en compte la situation la plus pénalisante pour chacune des installations considérées.

Le **recensement des besoins**, exposé ci-après, classe les installations en différents groupes, selon l'importance pour la sûreté des fonctions devant être réalimentées par une source d'alimentation électrique de secours.

Pour les installations du groupe 1 (réacteurs expérimentaux et maquettes critiques), les besoins pour le refroidissement et la surveillance des installations sont évalués à :

- pour le refroidissement :
  - un GEM de 390 kVA pour l'INB 39. Ce besoin est nécessaire pour alimenter la ventilation de secours du cœur et n'est donc requis qu'en cas de présence du combustible dans le cœur de MASURCA. Compte tenu de l'absence de combustible dans le cœur de MASURCA en raison des travaux de rénovation, ce besoin n'est plus identifié durant cette période ;
- pour la surveillance neutronique et radioprotection :
  - un GEM de 125 kVA pour l'INB 24,
  - un GEM de 250 kVA pour les INB 42 et 95 ;
- pour la surveillance neutronique :
  - un GEM de 20 kVA pour AZUR ;
- pour la surveillance radioprotection :
  - un GEM de 40 kVA et un GEM de 60 kVA pour l'INB 92 (le cœur de l'INB 92 est déchargé et entreposé dans une unité de criticité, la surveillance neutronique n'est donc plus requise).

À noter que le RES piscine s'est doté de GEM spécifiques qui le rendent autonome par rapport aux autres installations.

Pour les installations du groupe 2 (laboratoires et usines et station de traitement des effluents et déchets), les besoins pour le maintien du confinement dynamique et la surveillance des installations sont évalués à :

- un GEM de 1300 kVA loué à l'extérieur pour les INB 32 et 54 (qui disposent déjà de deux groupes électrogènes fixes redondants) et un GEM de 400 kVA pour reprendre la surveillance dans l'attente de la livraison du GEM précédent,
- un GEM de 450 kVA pour l'INB 123,
- deux GEM de 390 kVA pour les INB 55 et 156,
- un GEM de 390 kVA (ou un GEM de 140 kVA et un GEM de 220 kVA) pour l'INB 37.

Les installations du groupe 3 (installations d'entreposage et installations en arrêt d'exploitation - cessation définitive d'exploitation, arrêt définitif ou démantèlement) n'ont pas de besoin à court ou moyen terme de réalimentation par des GEM, à l'exception de :

- un GEM de 125 kVA pour l'INB 22,
- un GEM de 300 kVA pour l'INB 169,
- un GEM de 250 kVA et un GEM de 150 kVA pour le RNG.

Le parc de GEM disponibles sur le Centre permet de répondre aux besoins des installations des groupes 1, 2 et 3 précédemment citées, en cas de perte totale de l'alimentation électrique (perte de l'alimentation externe du Centre cumulée avec la perte de leur(s) source(s) interne(s) de secours). Il convient de plus de noter que pour l'ensemble des installations, des mesures compensatoires sont mises en œuvre pour pallier cette perte et maintenir les installations en situation sûre (repli en situation sûre des

installations, renforcement du confinement statique, rondes de surveillance, utilisation de moyens portatifs de surveillance le cas échéant,…).

En ce qui concerne **l'ordre de priorité** de réalimentation des INB et INBS, le groupe 1 (sauf l'INB 92 car le cœur est déchargé) est prioritaire par rapport aux groupes 2 et 3 compte tenu de l'importance pour la sûreté des fonctions devant être réalimentées. L'ordre de priorité à l'intérieur de chaque groupe a été établi en prenant en compte la nature des fonctions de sûreté à assurer et des risques potentiels liés à l'activité de l'installation.

Ainsi, pour le groupe 1, les réacteurs nécessitant une alimentation électrique pour le refroidissement ou la ventilation du cœur sont prioritaires sur les installations ne demandant qu'une surveillance radiologique ou neutronique. À souligner que le besoin en alimentation électrique de secours à fournir à MASURCA ne figure pas dans la liste d'ordre de priorité qui suit, en raison de l'absence de combustible dans son cœur en lien avec les travaux de rénovation. Ce chapitre de la PGSE sera modifié à l'échéance de l'autorisation de redémarrage. Pour le groupe 2 et le groupe 3, l'ordre de priorité a été établi en prenant en compte le risque potentiel lié à l'activité de l'installation. À noter que des dispositions de renforcement du confinement statique peuvent être mises en œuvre.

Sur ces bases et pour l'état de fonctionnement actuel des INB, dans l'hypothèse de demandes multiples en GEM par les INB et INBS, **l'ordre de priorité de réalimentation par GEM** est le suivant :

Ordre de priorité	Installation (*)	Groupe
1	INB 24 CABRI	1
2	INB 42 EOLE et INB 95 - MINERVE	1
3	II AZUR	1
4	INB 55 LECA - STAR	2
5	INB 123 LEFCA	2
6	INB 169 MAGENTA	3
7	INB 32 ATPu et INB 54 LPC	3
8	INB 37 STEDS	3
9	INB 156 CHICADE	2
10	INB 92 PHEBUS	1 (**)
11	II RES PISCINE	3
12	II RNG	3
13	INB 22 PEGASE CASCAD	3

(*) MASURCA non dans la liste d'ordre de priorité, en raison de l'absence de combustible dans son cœur (travaux de rénovation).
(**) Le cœur de l'INB 92 est déchargé.

Cette hiérarchisation des priorités de réalimentation par GEM fera l'objet si besoin d'une mise à jour, afin de prendre en compte les modifications d'état d'une INB ou INBS, une mise en service, …

3.1.1.6 EXPLOITATION ET MAINTENANCE DES OUVRAGES

La responsabilité des ouvrages HT[1] relève du DPIE/SMCP/GE. Celui-ci s'appuie sur une société sous-traitante pour l'exploitation et la maintenance de l'ensemble des ouvrages. Cependant, l'installation TORE SUPRA et le chantier ITER assurent l'exploitation des ouvrages HT entrant dans leur périmètre.

[1] Hors ouvrages HT intéressant un process reconstitués à partir du niveau de tension BT et les ouvrages 400 kV utilisés par Tore Supra.

Le DPIE/SMCP/GE formalise avec une société sous-traitante ses exigences en terme d'exploitation et de maintenance dans un cahier des charges ayant valeur de référentiel, complété par des notes techniques et procédures.

La société sous-traitante met en œuvre, sous le contrôle du DPIE/SMCP/GE, une organisation permettant de répondre aux exigences définies. L'exploitation et la maintenance du réseau, évolutives en fonction du retour d'expérience, sont formalisées au travers de documents traitant des domaines suivants :

- organisation mise en place, définition des responsabilités et des moyens mis en œuvre pour assurer l'exploitation des ouvrages 24 heures sur 24 heures,
- qualification, formation, habilitations et vérification des compétences des intervenants,
- consignes de sécurité applicables,
- identification des ouvrages pris en compte au titre de l'exploitation et la maintenance au travers d'un inventaire géré sous un outil de gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO),
- documents d'exploitation des ouvrages (cahier de quart, consignes, fiches de manœuvres, autorisations de travail, attestations de consignations …),
- documents de maintenance (bons de travaux, gammes, modes opératoires, rapports d'essais…).

3.1.1.7 ASSURANCE QUALITE

Un plan d'assurance qualité particulier précise l'organisation, les règles et dispositions mises en œuvre pour maîtriser la qualité requise dans l'exercice des missions confiées par le CEA à la société sous-traitante.

3.1.1.8 CONTROLES REGLEMENTAIRES

La conformité des installations est vérifiée par un organisme de contrôle agréé suivant les dispositions légales. Le suivi des contrôles et le respect des périodicités sont assurés par le DPIE/SA2S.

3.1.2 FIABILITE DU RESEAU ELECTRIQUE

3.1.2.1 ANALYSE DU RETOUR D'EXPERIENCE

Une analyse continue de la disponibilité du réseau électrique du Centre est réalisée au travers des différents rapports d'activité mensuels et annuels. Celle-ci est effectuée à partir du recensement de l'ensemble des coupures relevées sur les 2 lignes d'alimentation 63 kV du Centre (Vinon et Sainte-Tulle) et du fichier central de l'expérience qui recense l'ensemble des incidents significatifs sur le Centre (les incidents dus au dysfonctionnement de sources d'alimentation internes à une installation sont exclus du champ d'application de cette analyse). Chaque événement fait l'objet d'un compte rendu d'analyse présentant le REX et les mesures correctives associées.

Différents types de perturbations ont ainsi été identifiés :

- Évènement de type 1 : Coupure complète du Centre,
- Évènement de type 2 : Coupure partielle du Centre,
- Évènement de type 3 : Coupure d'une installation,
- Évènement de type 4 : Coupure très brève (microcoupures) ou creux de tension ayant affecté une ou plusieurs installations.

3.1.2.1.1 Bilan des évènements de type 1

Cette catégorie d'événement correspond à une **indisponibilité simultanée des deux lignes 63 kV RTE ou à un défaut majeur sur le réseau 15 KV entrainant la mise hors tension du Centre.** Toutes les installations sont concernées par ce type d'événement.

Ils sont classés en deux catégories :

- les coupures brèves (entre 1s et 3 min),

– les coupures longues (≥ 3 min).

Au cours de la période 2002-2012, douze coupures complètes du Centre ont été recensées, neuf brèves et trois longues.

- Les coupures brèves :

Elles sont provoquées principalement par des phénomènes météorologiques (orage, brouillard) ou des animaux (oiseaux). En générale ces coupures viennent du réseau amont RTE et correspondent au temps d'élimination d'un défaut. En 2009 RTE a mis en place de nouveaux équipements (ré-enclencheurs rapides) permettant l'élimination de ce type de défaut en moins de 300 ms. Depuis la mise en place de ces dispositifs le Centre n'a plus subi de coupures brèves.

- Les coupures longues :

Elles sont en générale provoquées par un défaut initial (naturel, humain..) aggravé par un dysfonctionnement matériel, par exemple le non fonctionnement d'une protection. Au cours des dix dernières années trois évènements de ce type ont été recensés.

31 août 2006 :

Perte des deux lignes d'alimentation électrique du Centre, suite au déclenchement simultané des deux disjoncteurs 63 kV côté RTE (au départ des lignes côté poste de Sainte-Tulle d'une part, et côté poste de Vinon d'autre part).

Origine du défaut non certaine : Probablement naturelle.

Le temps de coupure du Centre a été de 3 h 19 min 36 s. Cette période a été suivie d'un fonctionnement dégradé sur une seule ligne pendant 56 min.

18 septembre 2008 :

Perte de ligne 63 kV Sainte tulle entrainant une coupure centre car la ligne 63 kV Vinon était consignée par RTE pour travaux.

Origine du défaut : Orage.

Temps de coupure du Centre : 11 min 39 s.

24 novembre 2008 :

Déclenchement simultané des deux disjoncteurs 15 kV au secondaire des transformateurs 20 MVA alimentant le centre.

Temps de coupure du Centre : 51 min et 42 s. Temps de coupure de la zone Pu : 1 h 28 min.

Origine du défaut : présence d'un animal dans une cellule 15 kV. L'ouverture tardive d'un disjoncteur 15 kV a eu pour conséquence la mise hors tension du Centre.

Pour ces trois événements, le manque de sélectivité des protections (63 kV ou 15 kV) était à l'origine de la non élimination rapide des défauts et donc de la mise hors tension du centre de façon prolongée.

En 2009, RTE a effectué des actions correctives sur les protections 63 kV.

En 2012, le CEA a mis en service le nouveau poste 63/15 kV équipé de nouveaux équipements plus sélectifs. Depuis la mise en place de ces dispositifs le Centre n'a pas subi de coupures longues.

3.1.2.1.2 Bilan des évènements de type 2

Cette catégorie d'incident correspond à une **perte ou un dysfonctionnement sur une des boucles 15 kV** qui alimentent les INB du Centre. Une ou plusieurs installations peuvent avoir été concernées par ce type d'événement. Les principales causes de ces déclenchements sont les phénomènes météorologiques, la présence d'animaux ou la défaillance matérielle.

Au cours de la période 2002-2012, trois coupures partielles ont été recensées.

17 août 2003 :

Déclenchement d'un disjoncteur 15 kV entraînant la perte de l'alimentation normale sur les INB 56-Parc d'entreposage et INB 95-MINERVE pendant une durée de 6 min.

Origine du défaut : présence probable d'un animal dans les équipements 15 kV.

Le temps d'indisponibilité correspond au temps de renvoi manuel du disjoncteur.

8 novembre 2011 :

Déclenchement d'un disjoncteur 15 kV entraînant la perte de l'alimentation normale sur les INB 169-MAGENTA et INB 52-ATUE pendant une durée de 1 h 16 min 44 s.

Origines du défaut : Erreur humaine, non application d'une procédure de consignation.

Facteurs aggravants : Non sélectivité des relais de protection ancienne génération et système de verrouillage des manœuvres perfectibles.

19 juillet 2012 :

Déclenchement du disjoncteur de couplage au poste 63/15 kV entraînant la perte de l'alimentation normale sur les INB 24-CABRI, INB 56-Parc d'entreposage déchets, INB 42-EOLE et INB 95-MINERVE pendant une durée de 25 min et 20 s.

Origines du défaut : Défaillance matérielle.

Facteur aggravant : Le poste était en configuration dégradé du fait des travaux de basculement entre l'ancien et le nouveau poste 63 kV.

En 2012, le CEA a mis en service le nouveau poste 63/15 kV équipé de nouveaux équipements plus sélectifs.

En 2013, il a terminé le remplacement des disjoncteurs 15 kV « ancienne génération » présent sur le réseau dans les postes de répartition 15 kV.

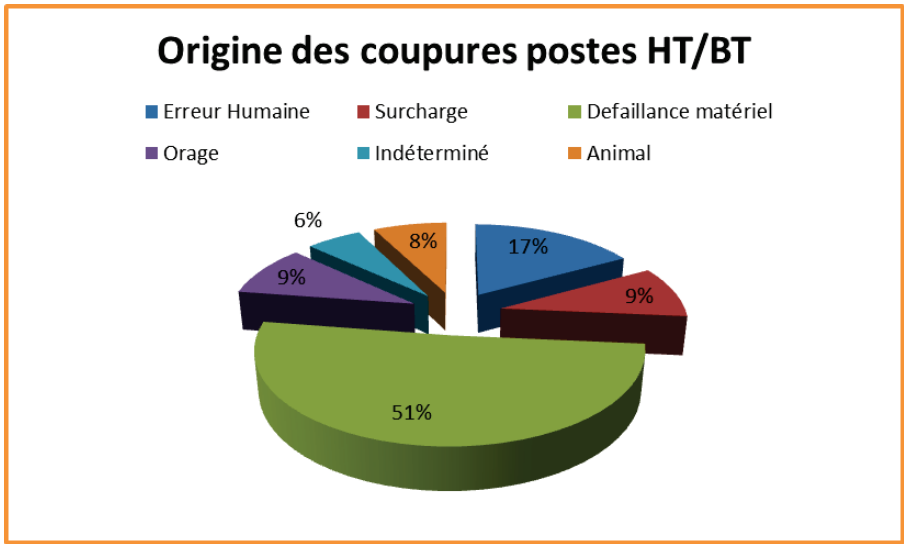
Depuis la mise en place de ces dispositifs le Centre n'a pas subi de coupures partielles.

3.1.2.1.3 Bilan des évènements de type 3

Cette catégorie d'événements correspond à la coupure d'un seul poste HT/BT et donc d'une seule installation. Un historique exhaustif de ce type d'événements est disponible uniquement sur la période 2009-2012.

Au cours de celle-ci, 53 évènements de type 3 ont été référencés soit une moyenne annuelle de 13,25. Environ un tiers de ces événements concernent des INB et un quart des ICPE.

Les principales causes sont présentées dans le graphique ci-après.



Les défaillances matérielles étant majoritaires, une analyse qualitative a permis d'identifier les trois principales causes de ces évènements :

- l'obsolescence,
- le vieillissement prématuré,
- une conception inadaptée.

Pour chacune de ces familles de causes un certain nombre d'actions de jouvence ont été entreprises sur la période 2010-2014.

3.1.2.1.4 Bilan des évènements de type 4

Ces événements portent sur les microcoupures et creux de tension observés sur les boucles 63 kV d'alimentation du Centre ou sur les boucles 15 kV qui alimentent les installations.

Ils correspondent à des creux de tension dont la profondeur est supérieure à 20 % de la tension contractuelle pendant une durée supérieure à 250 ms.

Quinze événements de ce types ont été enregistrés sur les trois dernières années soit une moyenne annuelle de cinq.

Sur cette période, 3 à 4 % de ces événements ont généré des perturbations ou des désordres dans les installations. Sur les INB ils sont la source d'alarmes ou d'arrêts de ventilation intempestifs.

Ces évènements n'ont eu aucune conséquence sur les installations, le personnel ou l'environnement.

Le plan d'enfouissement total des lignes 15 kV du Centre a permis de faire décroitre fortement le nombre de ces perturbations sur le Centre. Cette diminution est également accentuée par les modifications réalisées par RTE sur le réseau 63 kV amont (mise en place de disjoncteurs rapides).

3.1.2.1.5 Conclusion de l'analyse du retour d'expérience

L'analyse du retour d'expérience a été menée sur l'indisponibilité des alimentations électriques normales des INB du Centre sur les dix dernières années. Ceci conduit, pour les alimentations externes des INB du Centre et sur les dix dernières années, à une valeur moyenne d'indisponibilité comparable à celle de l'engagement de fourniture d'énergie par RTE. On peut noter que la sensibilité du réseau de distribution interne au Centre à la neige et à l'orage a été améliorée par l'enfouissement systématique de la totalité des boucles d'alimentation des installations et donc des INB du Centre.

La jouvence complète du poste 63 kV et du réseau de distribution 15 kV a permis de réduire très fortement les événements de type 1 ou 2. Actuellement il apparait que les évènements de type 3 et 4 deviennent prépondérants et c'est sur ce champ que se porte désormais les axes d'amélioration et les plans de jouvence.

Concernant les évènements de type 4, l'analyse fait apparaître des dysfonctionnements locaux sur des installations (alarmes ou arrêts de ventilation intempestifs) provoqués par des microcoupures ou des creux de tension dus à des perturbations orageuses. Ces dysfonctionnements sont en général dus à une forte sensibilité des équipements de contrôle commande aux perturbations d'alimentation électrique.

3.1.2.2 DISPOSITIONS PARTICULIERES ASSURANT LA FIABILITE DU RESEAU

La fiabilité du réseau de distribution électrique du Centre repose sur les éléments suivants :

- l'architecture retenue à la conception,
- les modifications de jouvence des matériels,
- les mesures prises pour pallier les agressions et les pannes de mode commun (aléas climatiques, surtension d'origine atmosphérique, coupure accidentelle de lignes, aléas de consommation),
- les dispositions adoptées face au risque incendie interne,
- les modalités d'exploitation du réseau.

L'ensemble de ces dispositions, détaillées ci-après, s'appuient sur le retour d'expérience. Elles viennent en complément des dispositions déjà décrites.

3.1.2.2.1 Architecture retenue à la conception

La fiabilité du réseau de distribution est assurée, en particulier, grâce aux dispositions suivantes :

- redondance des alimentations 63 kV,
- plusieurs transformateurs 63 kV/15 kV (en configuration normale, deux transformateurs couplés alimentent les boucles du réseau 15 kV, le troisième transformateur étant en secours),
- jeux de barres 63 kV et 15 kV fractionnables,
- principe de distribution du 15 kV en réseau "bouclé" (directement à partir des départs 15 kV du bâtiment 259 et au niveau des postes de répartition),
- répartition des postes de transformation HT/BT des installations sur un grand nombre de boucles, de façon qu'un nombre limité d'installations soit impacté en cas de perte totale de l'alimentation d'une boucle,
- alimentations de remplacement pour l'ensemble des INB du Centre (groupes électrogènes fixes, mobiles, ensembles chargeurs, batteries et onduleurs),
- redondance des alimentations et des tableaux 127 V utilisés pour le contrôle commande du réseau HT.

3.1.2.2.2 Modifications matérielles de jouvence

Certaines modifications ont été apportées aux équipements du réseau dans le cadre de mesures de jouvence du réseau et ont permis d'améliorer la fiabilité de ce dernier. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- remplacement de la totalité des cellules HT. Les cellules retenues sont qualifiées pour tenir à l'arc interne et agréées EDF,
- remplacement de l'ensemble des protections électromécaniques par des protections de type numérique.

3.1.2.2.3 Dispositions adoptées face aux aléas climatiques

Concernant les dispositions adoptées face aux aléas climatiques, il est à noter que les lignes d'alimentation 63 kV de Cadarache ont fait l'objet :

- d'une sur-isolation afin de mieux tenir aux effets de la foudre (utilisation de la technologie 90 kV),
- de travaux d'amélioration des prises de terre,
- d'une reconstruction partielle suite aux incidents neige avec amélioration de la tenue des ouvrages et mise en place de dispositifs anti-torsion. Ces dispositifs limitent la formation de manchon de neige sur les lignes conduisant à la ruine des ouvrages.

Concernant les ouvrages du Centre, la totalité de la distribution 15 kV implantée sur le Centre est désormais réalisée uniquement en souterrain.

3.1.2.2.4 Dispositions adoptées face aux autres agressions externes

Ces dispositions sont les suivantes :

- le risque d'agression externe (pelleteuse, chute de dalles …) est pris en compte lors des travaux d'enfouissement des lignes. Les lignes alimentant les postes 15/15 ou les postes HT/BT modifiés empruntent des cheminements distincts ou des alvéoles de caniveau différentes. Ces dispositions sont systématiquement adoptées pour les nouveaux projets. La réalisation de permis de fouilles lors des opérations de terrassement a été généralisée à l'ensemble du Centre ;
- dans le cadre de la prévention contre le risque incendie, le Centre applique un certain nombre de dispositions relatives à la protection contre les feux de forêt et à la végétation qui entoure les installations sensibles (cf. volume 4 – chapitre 4 « Protection Générale des Installations »).

3.1.2.2.5 Dispositions adoptées face au risque incendie interne

Les dispositions adoptées contre les risques d'incendie internes concernant le poste de livraison et les postes de répartition sont décrites plus haut.

La détection incendie du bâtiment 259 (poste 63 kV) a fait l'objet d'une réévaluation en 2012 avec réfection complète du poste 63/15 kV.

Les travaux réalisés dans les postes de répartition 15/15 kV ont permis de diminuer fortement les risques de mode commun et de garantir la continuité de l'alimentation de la zone desservie même en cas d'indisponibilité totale (HT et auxiliaires) d'un des deux ensembles constituant le poste.

3.1.2.2.6 Dispositions adoptées face aux aléas de consommation et aux surcharges

Les dispositions suivantes ont été prises afin de répondre aux aléas de surcharge ou d'écroulement de la tension au niveau des ouvrages du Centre :

- la reprise totale du plan de protection a été réalisée en 2012,
- la coordination et la sélectivité des chaînes de protection ont été améliorées ; la compatibilité des réglages avec les courants d'enclenchement des transformateurs a été revérifiée,
- des bilans annuels et le retour d'expérience sur les consommations du Centre sont édités. Ceux-ci montrent une régularité de la charge sur le réseau (les variations constatées s'expliquent par des arrêts programmés et concertés de programmes).
- des indicateurs de suivi du taux de charge sur les ouvrages ont été mis en place. Ceux-ci montrent que les ouvrages sont sollicités à 50 % de leur capacité initiale,
- la présence de régleurs en charge sur chaque transformateur 63/15 kV.

3.1.2.2.7 Modalités d'exploitation du réseau

En complément de l'organisation de l'exploitation du réseau décrite au paragraphe 3.1.1.6, on peut noter les dispositions complémentaires suivantes :

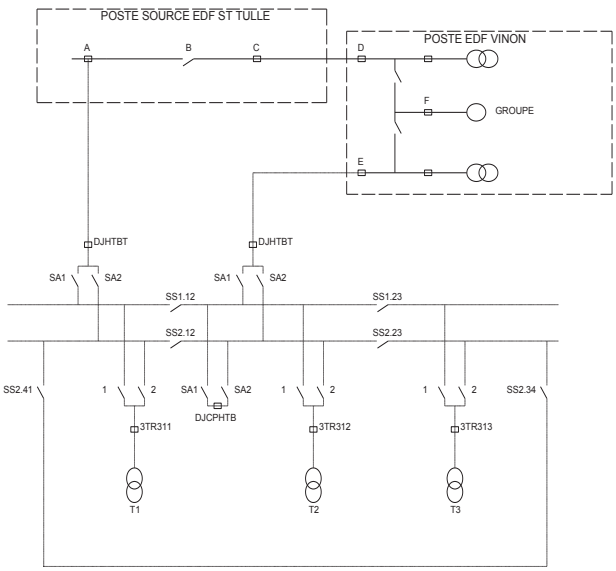
- analyse du retour d'expérience avec :
  - détection, identification et traçabilité des évènements (cahier de quart, bons de travaux sous GMAO pour les actions de maintenance corrective, mémorisation et archivage des évènements sur le système d'aide à la conduite),
  - analyse des évènements et élaboration des actions correctives (vérification du cahier de quart, analyse des bons de travaux, rapports d'incidents, propositions d'améliorations dans les rapports mensuels et annuels),
  - mise en œuvre des actions correctives (immédiate par modification des consignes et procédures ou élaboration d'un plan pluriannuel),
- rénovation du système de télégestion de la distribution électrique HT,
- programmation des travaux et des opérations de maintenance réalisés par la société sous-traitante, en accord avec l'exploitant et en concertation avec les utilisateurs, en appliquant les mesures compensatoires nécessaires,
- établissement de consignes de conduite permettant de gérer les situations dégradées.

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1.1 Poste de livraison 63 kV.

FIGURES

Figure 3.1.1 : Poste de livraison 63 kV



POSTE DE LIVRAISON 63 KV

VOLUME 3 - CHAPITRE 2

CHAUFFAGE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
P. AMPHOUX DSTG/STL	V. MASSON G. THOMINE DPIE/SA2S	J. GEORGES Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	§ et/ou page	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04		Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10		Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes sur l'organisation de l'établissement.
C	13/11/14	§ 3.2.1.1, 3.2.1.2 et 3.2.3.1.2 § 3.2.1.2, 3.2.1.5, 3.2.2 et 3.2.3 § 3.2.4 Liste bibliographique Annexe	Prise en compte des évolutions relatives à l'entreposage du fuel. Correction ou précision. Prise en compte des nouveaux textes réglementaires. Ajout de la référence [3.2.9]. Mise à jour du plan pour ajout des INB 169 et 171.

SOMMAIRE

3.2.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DE LA CHAUFFERIE CENTRALE 4
3.2.1.1 ALIMENTATION DE LA CHAUFFERIE 4
3.2.1.2 SYSTÈME DE PRODUCTION DE LA CHAUFFERIE 4
3.2.1.3 DISTRIBUTION DE CHALEUR 5
3.2.1.4 CONTRÔLE DU PROCESS 5
3.2.1.5 ORGANES DE SÉCURITÉ 5
3.2.1.6 GESTION DES EFFLUENTS 5
3.2.2 EXPLOITATION DES INSTALLATIONS 6
3.2.3 PERMANENCE DU FONCTIONNEMENT – SÛRETÉ DES INSTALLATIONS 6
3.2.3.1 DISPONIBILITÉ DES SOURCES D'ÉNERGIE 6
3.2.3.1.1 Source d'énergie principale : le gaz naturel 6
3.2.3.1.2 Source d'énergie de secours : le fuel domestique ou TTPM ou équivalent 6
3.2.3.2 DISPOSITIONS EN CAS DE DÉFAILLANCE 7
3.2.4 CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES 7
LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 9
LISTE DES FIGURES 9
FIGURE 9

La gestion du chauffage du Centre de Cadarache est assurée par le Service Technique et Logistique (STL). Les besoins et les exigences éventuelles des installations sont précisés dans les conventions signées avec les Unités de Support Technique.

Les besoins pour le chauffage d'une partie des locaux du Centre sont couverts par une chaufferie centrale, localisée au bâtiment 257. Cette chaufferie produit de l'eau surchauffée à l'aide de générateurs fonctionnant au gaz naturel, ou au fuel domestique (en secours) ou au Total Traction Premier Montagne (TTPM) ou équivalent (en ultime secours).

L'eau surchauffée est ensuite distribuée à partir de la chaufferie centrale grâce à trois réseaux distincts couvrant l'ensemble du Centre. Les utilisateurs consomment l'énergie sous forme d'eau chaude ou directement d'eau surchauffée (panneaux rayonnants, aérothermes). La chaufferie centrale alimente également, pour leurs besoins propres, certaines installations en eau déminéralisée par l'intermédiaire de réseaux spécifiques.

La chaufferie centrale a fait l'objet d'une autorisation d'exploitation (annexe 2-6 de l'arrêté préfectoral 113-2006A du 25 septembre 2006) [3.2.1].

3.2.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION ET DE DISTRIBUTION DE LA CHAUFFERIE CENTRALE

Le plan d'ensemble du réseau de chauffage est présenté en Figure 3.2.1.

3.2.1.1 ALIMENTATION DE LA CHAUFFERIE

La chaufferie est alimentée par les moyens suivants :

- gaz naturel en provenance du gazoduc de la vallée de la Durance via un poste de détente situé à l'intérieur du Centre (bâtiment 381), en bordure de clôture. Un réseau interne de distribution de gaz assure l'alimentation des générateurs avec une pression constante de 4 bars ;
- fuel domestique à partir d'une cuve de stockage d'une capacité de 540 m^3, remplie au maximum à 189 m^3. Un réseau interne de distribution du fuel domestique assure l'alimentation en secours des générateurs;
- en ultime secours, un combustible de type TTPM ou équivalent, stocké dans une cuve de 540 m^3, remplie à 189 m^3 maximum [3.2.9]. Un réseau interne de distribution de TTPM ou équivalent assure l'alimentation en secours des générateurs.

3.2.1.2 SYSTÈME DE PRODUCTION DE LA CHAUFFERIE

La chaufferie centrale localisée au bâtiment 257 peut produire de l'eau surchauffée à l'aide de :

- deux générateurs de 16 MW unitaire à eau surchauffée pouvant fonctionner au gaz ou au fuel domestique ou au TTPM ou équivalent. Chaque générateur est muni d'un économiseur ;
- deux générateurs de 9 MW unitaire à eau surchauffée pouvant fonctionner au gaz ou au fuel domestique ou au TTPM ou équivalent. Un générateur est équipé d'un économiseur.

Au maximum trois de ces quatre générateurs peuvent fonctionner simultanément compte tenu de la puissance autorisée au titre de l'arrêté préfectoral 113-2006A [3.2.1]. Il y a donc au minimum un générateur en secours.

Par ailleurs, le système de production de la chaufferie comprend les éléments suivants :

- un ensemble de production de 80 m^3/h d'eau adoucie utilisée dans les réseaux d'eau surchauffée ;
- un système de complément d'eau qui maintient en pression le réseau interne de la chaufferie à un niveau compris entre 14 et 16 bars. Cette pression est nécessaire pour conserver l'eau surchauffée à l'état liquide en tout point du réseau ;

La chaufferie comporte également un ensemble de production d'eau déminéralisée (300 m^3/jour maxi) qui permet d'alimenter certaines installations du Centre par un réseau spécifique.

3.2.1.3 DISTRIBUTION DE CHALEUR

La distribution de chaleur est assurée géographiquement par deux réseaux d'eau surchauffée (réseaux A et B) et un réseau eau chaude (réseau C). Chacun de ces réseaux est équipé de deux pompes en redondance dont le débit est régulé selon les besoins des sous-stations. Les réseaux A et B possèdent des sous-stations de puissance alimentant des réseaux en eau chaude (T<110°C). L'eau chaude alimentant le réseau C provient d'une sous-station de puissance située en chaufferie centrale. L'eau surchauffée n'est présente que dans les 14 bâtiments suivants :

- réseau A : 113, 150, 438, 479, 506,
- réseau B : 200, 209, 223, 238, 278, 280, 281, 734,
- réseau C : 257 (chaufferie centrale).

Chacun de ces réseaux est équipé de deux pompes en redondance dont le débit est régulé selon les besoins des sous-stations.

3.2.1.4 CONTRÔLE DU PROCESS

Un système de supervision informatique permet de contrôler l'ensemble du process en chaufferie centrale, et un système de gestion technique centralisée permet de contrôler l'ensemble des sous-stations situées dans les bâtiments.

3.2.1.5 ORGANES DE SÉCURITÉ

La sécurité des installations de production est assurée par les organes suivants :

- une Détection Alarme Incendie (DAI) constituée notamment de deux lignes optiques pour la détection de fumées ou de vapeur. Cette détection est localisée au bât 257 ;
- une centrale gaz constituée de neuf capteurs. Une alarme est envoyée pour chacun des seuils suivants : 10%, 20% et 30 % de la limite inférieure d'explosivité ou LIE (bât. 257) ;
- un système de détection incendie, localisé au bâtiment 276, concernant l'ensemble du parc hydrocarbures.

Toutes les alarmes remontent au PC FLS.

3.2.1.6 GESTION DES EFFLUENTS

Les effluents industriels sont soit rejetés directement en station de traitement s'ils respectent les valeurs de rejet (cas de la production d'eau déminéralisée), soit stockés, avant évacuation au réseau ou pompage par camion, dans deux cuves tampon de 60 m^3 et 8 m^3.

3.2.2 EXPLOITATION DES INSTALLATIONS

L'exploitation des installations et des réseaux est assurée par un opérateur industriel. Contractuellement, le chauffage du Centre doit être assuré entre le 1er octobre et le 15 mai. Les dates réelles de début et de fin de chauffe sont fixées selon les conditions météorologiques dans cette période.

La chaufferie est exploitée en mode autocontrôlé, c'est-à-dire sans présence permanente de personnel. Conformément à la réglementation, l'opérateur industriel se rend sur le site toutes les 24 heures pour vérifier le bon fonctionnement de la chaufferie et de l'autocontrôle. Le fonctionnement et la surveillance des sous-stations s'effectuent à l'aide d'une Gestion Technique Centralisée (GTC).

L'opérateur industriel assure également une astreinte à domicile en dehors des heures d'ouverture normales du Centre. Le déclenchement d'une alarme en provenance de la chaufferie ou d'une sous-station est reporté selon la nature du défaut soit au PC FLS, soit au centre national de renvoi d'alarmes du sous-traitant. Dans le premier cas, l'intervention FLS est déclenchée immédiatement, l'astreinte de l'opérateur industriel peut intervenir en complément et à la demande de la FLS. Il peut également être fait appel, par l'intermédiaire de la FLS, au salarié CEA d'astreinte à domicile du STL, selon la gravité de l'incident et l'importance des moyens à mettre en œuvre.

Les consignes d'exploitation et d'intervention sont rassemblées dans un guide de conduite mis à jour chaque année par l'exploitant. Le STL assure une fois par an une semaine de formation à la sécurité, à laquelle sont invitées les entreprises exploitantes.

3.2.3 PERMANENCE DU FONCTIONNEMENT – SÛRETÉ DES INSTALLATIONS

La fonction « Chauffage » n'est pas un Élément Important pour la Protection. Cependant, elle participe au bon fonctionnement des installations, et notamment des ventilations nucléaires. Dans le cas d'une panne en chaufferie centrale, ou d'une fuite sur les réseaux de distribution, les Chefs d'Installation devront prendre les dispositions qui s'imposent afin d'attendre la remise en service. Une chaudière mobile de 300 kW reste disponible pour la reprise en secours d'une installation si besoin.

3.2.3.1 DISPONIBILITÉ DES SOURCES D'ÉNERGIE

3.2.3.1.1 Source d'énergie principale : le gaz naturel

Le gaz naturel constitue le combustible principal de la chaufferie ; l'approvisionnement se fait par une canalisation enterrée en provenance du gazoduc de la vallée de la Durance Un poste de détente est situé à environ 400 m au sud de la chaufferie centrale au niveau du chemin de ronde (Figure 3.2.1).

Lors de l'étude de sécurité réalisée pour la mise en service de l'alimentation en gaz de la chaufferie, il a été calculé qu'un incident sur les canalisations d'alimentation en gaz ou à la chaufferie centrale ne produirait aucune conséquence sur les INB situées à proximité [3.2.3] (cf. volume 2 chapitre 6). À noter que la chaufferie est dotée de capteurs de présence de gaz, qui permettent de prévenir ce type d'événement.

3.2.3.1.2 Source d'énergie de secours : le fuel domestique ou TTPM ou équivalent

La cuve de fuel et la cuve de TTPM ou équivalent sont situées à l'intérieur d'un parc clôturé, à une centaine de mètres de la chaufferie centrale.

Une cuve est dédiée au secours de la chaufferie et contient du fuel domestique. L'autre est dédiée à l'alimentation des groupes électrogènes de secours et contient du TTPM ou équivalent. Le niveau

minimum de cette cuve est défini par le fonctionnement des groupes électrogènes fixes pendant 48 heures. A titre indicatif et en l'état actuel du parc, la valeur minimale est de 142 m^3.

Si nécessaire et en cas de manque de fuel domestique, le TTPM pourrait être utilisé pour alimenter en secours la chaufferie.

Selon les études de risques qui ont été réalisées pour l'installation de stockage de fioul, une explosion ou un incendie des cuves n'aurait pas d'effets susceptibles de produire des dommages au delà de 150 m. L'INB MAGENTA située dans ce périmètre possède une conception et une exploitation adaptées. Par conséquent, les cuves de liquides inflammables ne présentent pas de risque pour les installations voisines [3.2.4], [3.2.5].

3.2.3.2 DISPOSITIONS EN CAS DE DÉFAILLANCE

- *Perte d'alimentation électrique* : le groupe électrogène fixe de la chaufferie reprend l'ensemble des alimentations. Il peut également être secouru par un groupe mobile du Centre ou de location extérieure.
- *Défaillance d'un générateur* : au maximum trois des quatre générateurs fonctionnent simultanément. Le ou les générateurs non utilisés sont disponibles en secours de façon à assurer l'intégralité des besoins (34 MW nécessaires pour 50 MW installés).
- *Défaillance d'une pompe d'un des trois réseaux de distribution* : la pompe de secours en parallèle est mise en route.
- *Défaillance du système de refroidissement des pompes* : le circuit de refroidissement passe en eau perdue.
- *Au niveau d'une sous-station :* la sous-station est isolée à l'aide des vannes de sectionnement et des coupures électriques. Certaines sous-stations peuvent être secourues par une chaudière mobile.

3.2.4 CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES

Conformément à l'Arrêté Ministériel du 1er février 1993 relatif à l'exploitation des générateurs de vapeur ou d'eau surchauffée sans présence humaine permanente (autocontrôle), le Service Technique et Logistique fait contrôler annuellement par un organisme agréé :

- l'état et le fonctionnement des dispositifs de réglage, de régulation, de signalisation et de sécurité ;
- l'application correcte des dispositions définies dans l'organisation retenue pour la surveillance des appareils et le maintien de la qualification du personnel qui y est affecté.

Par ailleurs, un certain nombre de contrôles périodiques sont réalisés sur l'installation en application de l'arrêté ministériel du 23 août 2013 et du décret 2009-649 du 9 juin 2009, respectivement sur les installations de combustion supérieures ou égales à 20 MW, et les chaudières de moins de 400 kW. Ces contrôles sont effectués selon la nature par l'opérateur industriel qui assure l'exploitation de la chaufferie ou par un organisme extérieur.

Enfin, des contrôles sont effectués par des organismes agréés pour s'assurer des conformités des installations électriques, des appareils à pression de gaz et de vapeur, des appareils de levage et de manutention.

En ce qui concerne notamment les équipements sous pression, et par application de la directive 97/23/CE [3.2.6], les textes réglementaires applicables au CEA sont les suivants :

- pour les éléments neufs : décret n°99-1046 du 13/12/1999 [3.2.7],

- pour les éléments anciens : arrêté ministériel du 15/03/2000 [3.2.8].

Tous les échangeurs existants dans les sous-stations sont assujettis à l'arrêté du 15/03/2000 dont les exigences sont les suivantes :

- requalifications requises tous les 10 ans pour :
  - Pression de Service (PS) > 4 bar,
  - DN > 250,
  - PS x DN > 5000 ;

- inspections régulières ("aussi souvent que nécessaire") requises pour :
  - PS > 0,5 bar,
  - DN > 100
  - PS x DN > 3 500.

Compte tenu de la Pression Maximale Admissible (PMA) autorisée sur les réseaux A, B, C (23 bar), il s'ensuit que :

- toutes les tuyauteries de DN > 250 sont concernées par les requalifications et les inspections,
- toutes les tuyauteries de DN > 150 sont concernées par les inspections.

La gestion et le suivi de ces contrôles sont assurés par le Service Technique et Logistique.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[3.2.1] Arrêté préfectoral 113-2006A du 25 septembre 2006.

[3.2.2] Exploitation et maintenance des installations de chauffage du CEA Cadarache - Contrat n° 4000283618/P5H35.

[3.2.3] Étude de sécurité sur l'alimentation en gaz naturel de la chaufferie centrale du CEA de Cadarache. Transmise par lettre DIR/CSN/JCS n° 95/892 du 15/09/95.

[3.2.4] Évaluation des conséquences d'accident majeur bât 276 – Stock FOD. Mars 2002.

[3.2.5] Champ de pression induit par l'explosion d'une cuve d'hydrocarbures sur l'installation MAGENTA. Réf. INERIS–DRA-EDIS–07-85178.

[3.2.6] Directive 97/23/CE du Parlement Européen et du Conseil du 29 mai 1997 relative au rapprochement des législations des états membres concernant les équipements sous pression

[3.2.7] Décret n°99-1046 du 13/12/1999 relatif aux équipements sous pression.

[3.2.8] Arrêté du 15/03/2000 relatif à l'exploitation des équipements sous pression.

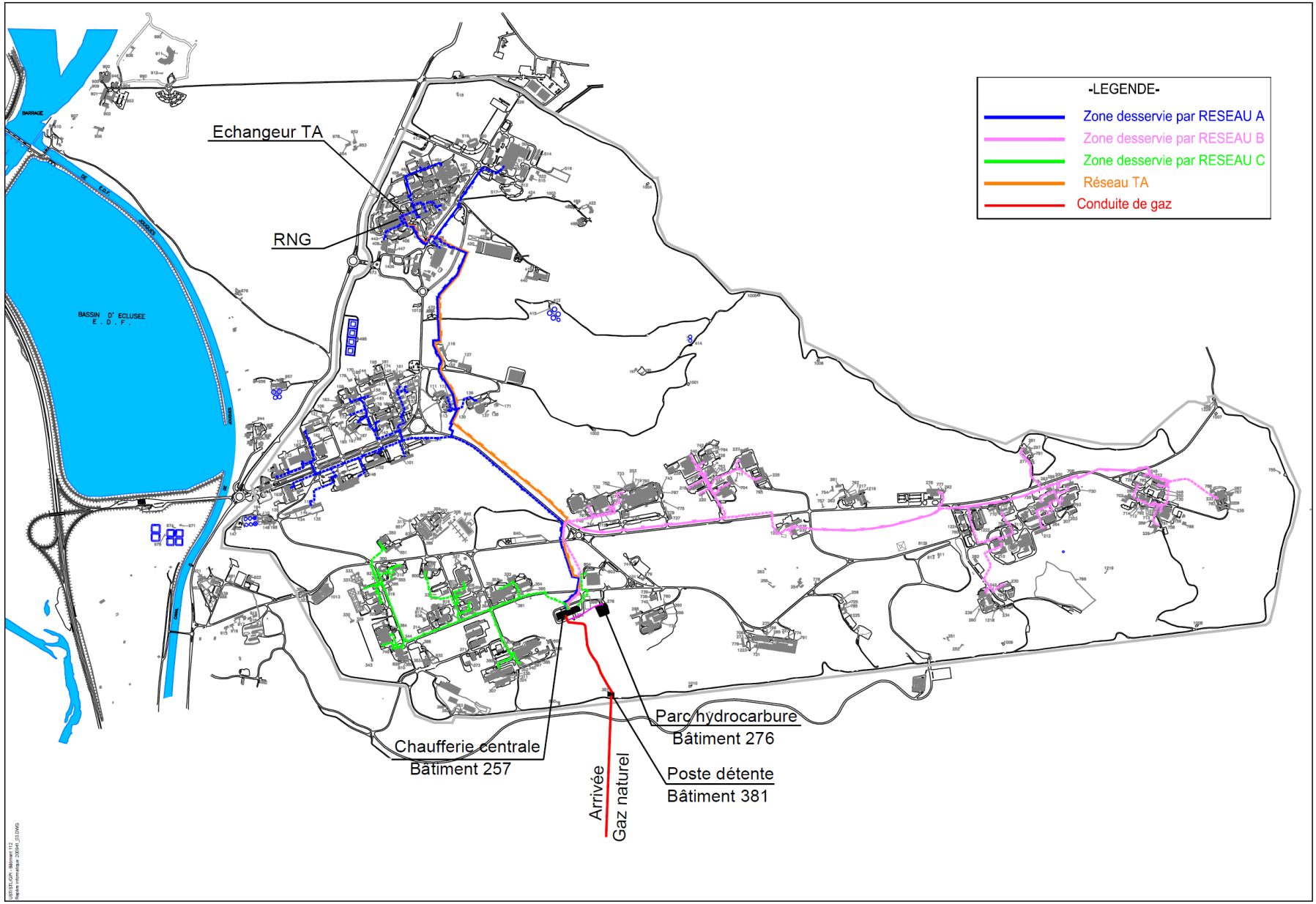
[3.2.9] Site CEA Cadarache – Evaluation complémentaire de la sûreté, référence CEA/DEN/CAD/DIR/CSN DO 593 du 13/09/12

LISTE DES FIGURES

Figure 3.2.1 Plan d'ensemble du réseau de chauffage

FIGURE

Figure 3.2.1 : Plan d'ensemble du réseau de chauffage



VOLUME 3 - CHAPITRE 3

EAU POTABLE ET EFFLUENTS

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
P. AMPHOUX DSTG/STL/GFDE	G. THOMINE DSTG/STL/GFDE V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations et des nouveaux textes réglementaires, ainsi que des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	07/06/13	Prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010). Prise en compte du site d'ITER. Reformulations. Mise en cohérence des figures 3.3.3 et 3.3.4 avec le texte associé.

SOMMAIRE

3.3.1 PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU 4
3.3.1.1 ORIGINE DE L'EAU 4
3.3.1.2 PRÉLÈVEMENT ET TRAITEMENT DE L'EAU 5
3.3.1.3 REFOULEMENT, STOCKAGE ET DISTRIBUTION 5
3.3.1.4 CONTRÔLE DE L'EAU 6
3.3.1.5 ALIMENTATIONS ELECTRIQUES 6
3.3.1.6 RÉSEAU INCENDIE 6

3.3.2 COLLECTE ET TRAITEMENT DES EFFLUENTS 6
3.3.2.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE COLLECTE 6
3.3.2.1.1 Principe 6
3.3.2.1.2 Description des réseaux 7
3.3.2.2 TRAITEMENT DES EFFLUENTS 7
3.3.2.2.1 Traitement 7
3.3.2.2.2 Contrôle des effluents du Centre 7
3.3.2.2.3 Incidents 8

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 9

LISTE DES FIGURES 9

FIGURES 9

Le présent chapitre décrit les ouvrages du Centre de Cadarache qui ont été mis en place afin d'assurer :

- la production, le stockage et la distribution de l'eau potable sur le Centre ;
- la collecte, le traitement et l'évacuation des effluents.

L'alimentation en eau des installations du Centre de Cadarache est assurée par un réseau d'eau potable. Ce réseau distribue une eau destinée à la fois à un usage sanitaire, industriel et d'eau de lutte contre l'incendie. Il n'y a pas de distribution d'eau brute sur le Centre.

La collecte, le traitement et l'évacuation des effluents s'effectuent au moyen de deux réseaux séparés. Ces deux réseaux sont respectivement destinés à collecter les effluents sanitaires et les effluents industriels. Le traitement des effluents sanitaires et industriels est effectué grâce à deux stations d'épuration distinctes et à des procédés différents. Elles sont toutes les deux situées aux abords du bâtiment 110 désigné par le terme général de station d'épuration. L'évacuation des effluents après traitement est effectuée via un exutoire commun.

Un troisième réseau sert à l'évacuation des eaux pluviales.

L'alimentation en eau potable (production et distribution) ainsi que la collecte, le traitement et l'évacuation des effluents (sanitaires et industriels) et eaux pluviales sont effectués sous la responsabilité du STL (Service Technique et Logistique).

Pour indication, la consommation moyenne journalière atteint actuellement 2500 m^3.

Les réseaux de distribution d'eau potable et de collecte des effluents du Centre sont représentés respectivement en Figure 3.3.1 et en Figure 3.3.2.

3.3.1 PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU

La disponibilité de la fourniture d'eau potable sur le Centre repose sur la redondance des sources de prélèvement d'eau et sur le stockage d'une quantité minimale d'eau pouvant être distribuée sur le Centre en secours.

Le réseau d'eau potable n'est pas considéré comme un élément important pour la sûreté. Les installations qui ont des besoins en eau pour des raisons de sûreté prennent les dispositions adaptées pour assurer ce besoin de manière indépendante de l'alimentation en eau potable du Centre. À ce jour, c'est le cas de l'INB 24 CABRI qui dispose de deux réservoirs de 250 m^3 pour assurer le refroidissement du cœur après arrêt.

3.3.1.1 ORIGINE DE L'EAU

Il existe deux points de prélèvement distincts utilisés pour fournir l'eau à la station de production d'eau potable :

- une prise d'eau dans le **canal EDF,**
- une prise d'eau située dans le **barrage de Cadarache**.

Ces deux points font l'objet d'une convention et de plusieurs avenants liant le CEA et EDF [3.3.1].

Les prélèvements d'eau autorisés par arrêté préfectoral [3.3.2] qui ne s'avèrent pas liés à la lutte contre un incendie ou aux exercices de secours sont présentés dans le tableau ci-après.

Origine de la ressource	Consommation maximale annuelle	Débit maximal		
		Instantané	Horaire	Journalier
Milieu de surface (barrage de Cadarache)	4 000 000 m^3	250 l/s	900 m^3	16 000 m^3 calculé en moyenne mensuelle
Milieu de surface (canal EDF de Jouques)		500 l/s	900 m^3	

3.3.1.2 PRÉLÈVEMENT ET TRAITEMENT DE L'EAU

La prise d'eau du canal EDF ainsi que la prise d'eau du barrage de Cadarache sont les deux sources qui alimentent alternativement en eau brute la station de production d'eau potable.

La prise d'eau du canal EDF s'effectue via un puits d'exhaure en relation hydraulique avec le canal. Un dispositif de cinq pompes d'une capacité totale de 1750 m^3/h permet de relever l'eau jusqu'à une vasque de répartition située à la station de traitement de l'eau potable (trois pompes de 450 m^3/h et deux pompes de 200 m^3/h).

La prise d'eau du barrage s'effectue grâce à quatre pompes de 450 m^3/h soit un total de 1800 m^3/h. La prise d'eau du barrage est reliée à la station de production d'eau potable par une canalisation de 1200 m de long.

À partir de la vasque de répartition, l'eau est admise dans la station de production d'eau potable qui dispose d'une capacité hydraulique de traitement de l'eau brute de 2×900 m^3/h en 20h/24h.

Après traitement, l'eau est stockée dans deux citernes dont le volume total est de 2000 m^3.

3.3.1.3 REFOULEMENT, STOCKAGE ET DISTRIBUTION

Une fois traitée et rendue potable, l'eau est renvoyée vers deux groupements de réservoirs à partir desquels sont alimentés gravitairement tous les bâtiments et installations du Centre (Figure 3.3.3).

Le refoulement de l'eau potabilisée depuis la station (NGF 270) est effectué au moyen de quatre pompes via deux canalisations de diamètre 500 mm avec les débits suivants : 630 m^3/h pour trois pompes et une de 250 m^3/h.

L'eau est refoulée vers un premier groupement de cinq réservoirs (4 x 2500 m^3 et 1 x 1500 m^3) situés à la côte NGF 355.

Deux pompes d'une capacité de 460 m^3/h reprennent l'eau des réservoirs vers deux autres réservoirs de 1000 m^3 (NGF 395) via une canalisation de refoulement de diamètre 350 mm.

A partir de chacune de ces deux installations de stockage de l'eau, il existe un départ de canalisation destiné à alimenter chacun un réseau différent. Les quatre réservoirs de 2500 m^3 et le réservoir de 1500 m^3 alimentent la partie occidentale et septentrionale du Centre ainsi que le site ITER (réseau bas) et les deux réservoirs de 1000 m^3 alimentent la partie orientale du Centre de Cadarache (réseau haut). Les artères principales des deux réseaux (réseau haut et réseau bas) de distribution d'eau potable sont interconnectées en plusieurs endroits. Ces réseaux se composent de canalisations de diamètre compris entre 100 et 500 mm, principalement en fonte ductile. La longueur développée totale du réseau est de 60 km. La pression statique minimale est de 3,5 bar et la pression maximale d'environ 9,5 bar.

L'ensemble des réservoirs représente une capacité totale de 13500 m^3. L'exploitation des réservoirs autorise une réserve technique minimale de 7888 m^3 dont une réserve incendie de 2614 m^3. Cette dernière ne peut être utilisée que sur intervention manuelle et ordre de la FLS (Formation Locale de Sécurité).

3.3.1.4 CONTRÔLE DE L'EAU

Des analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées en continu et périodiquement à la station de traitement. Des contrôles sont également effectués en différents points à l'intérieur du Centre. Les analyses réglementaires de l'eau potable produite sur le Centre sont effectuées par un laboratoire agréé. Des analyses sont programmées conformément à la réglementation relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Un équipement de prélèvement de l'eau brute en continu dans le canal latéral permet de mesurer en continu la radioactivité spécifique des eaux de la Durance. Cette mesure permet d'établir une comparaison éventuelle avec les mesures de radioactivité faites systématiquement sur l'ensemble des eaux sortant du Centre (cf. volume 5).

3.3.1.5 ALIMENTATIONS ÉLECTRIQUES

L'alimentation électrique normale de la station de pompage s'effectue sur un réseau ayant une architecture en boucle. En cas de défaillance de l'alimentation électrique normale, les équipements de l'installation de pompage peuvent être repris par groupe électrogène mobile. Il est également possible d'alimenter les pompes de relevage des réservoirs de 2500 m^3 (+1500 m^3) vers les réservoirs de 1000 m^3 par groupe électrogène mobile.

3.3.1.6 RÉSEAU INCENDIE

Les poteaux d'incendie sont alimentés par le réseau de distribution d'eau potable du Centre. Leur positionnement ainsi que les vannes de maillage des tronçons du réseau sont indiqués en Figure 3.3.1.

La localisation des poteaux incendie est définie géographiquement par la FLS en fonction du risque de propagation (proximité des espaces verts, …), des risques spécifiques à l'installation elle-même et de la réglementation en vigueur.

164 poteaux d'incendie sont raccordés sur le réseau à l'intérieur et à l'extérieur du Centre. Le dispositif de protection incendie intègre également dix bassins d'une capacité minimale de 120 m^3 situés à l'intérieur de la clôture du Centre. Il existe également des citernes DFCI en forêt domaniale.

Un contrôle périodique des poteaux d'incendie est effectué semestriellement et permet de s'assurer que le débit (60 m^3/h) et la pression (1 bar) sont disponibles conformément à la réglementation.

Chaque poteau incendie et sa vanne de pied sont installés conformément à la norme NFS 61211. Il s'agit de matériel standard.

3.3.2 COLLECTE ET TRAITEMENT DES EFFLUENTS

Parmi les différents types d'effluents qui sont produits sur le Centre de Cadarache, il est nécessaire de distinguer les effluents conventionnels des effluents radioactifs. Ces derniers qui dépassent les seuils de rejets fixés par arrêté préfectoral [3.3.2], font l'objet d'une gestion particulière ; ils ne sont donc pas abordés dans ce chapitre. Les effluents conventionnels comprennent les effluents sanitaires, les effluents industriels ainsi que les eaux pluviales.

La Figure 3.3.4 présente le schéma de principe de la gestion des effluents du Centre de Cadarache.

3.3.2.1 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE COLLECTE

3.3.2.1.1 Principe

Les conditions de collecte, traitement et rejet font l'objet de la circulaire CEN/Cadarache n°102 [3.3.3]. Cette circulaire définit les normes d'acceptabilité physico-chimiques et radiologiques des effluents rejetés par les installations dans les réseaux de collecte du Centre conformément à la réglementation (décisions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, arrêtés ministériels et préfectoraux).

Les rejets se font, suivant leur nature, dans trois réseaux distincts :

- les eaux pluviales,
- les effluents sanitaires,

– les effluents industriels.

3.3.2.1.2 Description des réseaux

Les **eaux pluviales** sont collectées par des fossés en béton ou en terre et des collecteurs (tuyaux béton de diamètre 200 à 1000 mm). Les eaux pluviales sont dirigées vers deux exutoires : le Ravin de la Bête et le chemin des Lapins pour la partie nord du Centre. Au point de sortie du Centre, les eaux du Chemin des Lapins sont détournées vers le Ravin de la Bête (cf. volume 2 – chapitre 2 *Hydrologie*).

Les **effluents sanitaires** sont collectés vers la station d'épuration biologique. Le réseau a été réalisé en béton avec des sections allant de 100 à 300 mm de diamètre (longueur totale : 35 km).

Les **effluents industriels** sont collectés vers la station de traitement des effluents industriels. Le réseau industriel a été réalisé avec des canalisations en grès vernissé avec des sections allant de 100 à 600 mm de diamètre (longueur totale : 26 km). Dans la plupart des cas, les canalisations du réseau industriel ont fait l'objet d'un chemisage posé ultérieurement.

3.3.2.2 TRAITEMENT DES EFFLUENTS

3.3.2.2.1 Traitement

Le traitement des effluents du Centre est effectué grâce à deux stations d'épuration distinctes situées à proximité du bâtiment 110.

Les équipements électromécaniques de ces stations peuvent être repris en secours par un groupe électrogène fixe et également par un groupe électrogène mobile, en cas de défaillance de l'alimentation électrique. A noter également le doublement de tous les éléments essentiels constituants les stations.

La station d'épuration des effluents sanitaires : les effluents sanitaires collectés sur le Centre sont conduits vers la station d'épuration biologique du Centre par un réseau spécifique. La capacité de cette installation correspond approximativement à 3500 équivalents-habitants.

La station d'épuration des effluents industriels : Les effluents industriels sont transférés à la station d'épuration des effluents industriels, soit directement, soit après un regroupement en cuves. Au niveau de la station, ils transitent par un décanteur de 1000 m^3, puis sont entreposés dans des cuves de 1000 m^3. En cas de dépassement des limites de pH, ou de concentration trop élevée en paramètre chimique ces cuves permettent de stocker l'effluent en vue d'une neutralisation (ajustement du pH) et d'un contrôle du transfert vers les bassins de 3000 m^3. L'une de ces cuves est toujours tenue vide pour recevoir les effluents en cas d'incident radiologique ou chimique.

Après traitement, tous les effluents sont dirigés vers six bassins de 3000 m^3, dits « bassins de rejet », affectés successivement :

– au remplissage,
– au contrôle,
– à la vidange,
– au statut disponible ou consigné.

Après ces bassins, les effluents sont acheminées vers une tête de rejets située en Durance.

Ces bassins de contrôle avant rejet reçoivent aussi les effluents sanitaires traités de la station d'épuration d'ITER.

3.3.2.2.2 Contrôle des effluents du Centre

Tout au long du processus de traitement, différents types de contrôles physico-chimiques et radiologiques sont effectués sur les effluents. Les différents contrôles physico-chimiques sont brièvement décrits ci-dessous. Les **contrôles radiologiques** sont traités dans le **volume 5**.

Contrôle continu des polluants ou toxiques chimiques transitant par la station d'épuration des effluents industriels : ce contrôle qui porte sur six éléments (métaux lourds et autres toxiques) est effectué sur les effluents industriels en amont des décanteurs par des analyseurs fonctionnant en

continu. Les mesures sont enregistrées en continu sauf pendant les phases de contrôles des bassins et des cuves. Un contrôle de la radioactivité est effectué sur les effluents industriels à l'entrée de la station. En cas de dépassement, une alarme se déclenche et les effluents sont automatiquement dirigés vers une des cuves de stockage de 1000 m^3. L'autonomie de stockage est de 20 heures pour un débit moyen journalier calculé à 50 m^3/h.

Contrôle du fonctionnement des stations d'épuration (station d'épuration des effluents sanitaires et station d'épuration des effluents industriels) : des bilans d'autocontrôle de fonctionnement des stations sont effectués plusieurs fois par mois. Il s'agit d'analyses en amont et en aval des stations, permettant de suivre les pourcentages d'abattement.

Test poissons : chaque fois qu'un bassin de 3000 m^3 est plein, l'effluent du bassin est prélevé et envoyé à la station d'épuration pour alimenter l'aquarium dans lequel est effectué le test poissons. Si après six heures, aucune mortalité de truite n'a été constatée, l'effluent du bassin testé est déclaré conforme. Les effluents peuvent donc être rejetés en Durance.

Caractérisation physico-chimique des effluents rejetés : un échantillon journalier est prélevé à partir d'un préleveur automatique asservi au débit en vue de l'analyse des paramètres de l'arrêté préfectoral [3.3.2]. Les flux de polluants rejetés chaque jour sont ainsi calculés. Trimestriellement, un contrôle par un organisme tiers doit être effectué.

Les eaux de lavage des filtres à sable et des purges d'ouvrage de la station de production d'eau potable font également l'objet de bilans matières mensuels prévus par l'arrêté préfectoral au point de rejet n° 4 [3.3.2].

3.3.2.2.3 Incidents

Tous les incidents sont consignés dans les cahiers d'exploitation et font l'objet d'un rapport d'incident transmis au STL par l'exploitant. A partir de ce relevé d'incidents, un suivi est fait par type d'incident et par type de matériel de façon à engager les actions correctives appropriées.

Pour les incident qui sont de nature à porter atteinte à la santé, à la sécurité et à la salubrité publiques, au voisinage, à l'agriculture, à la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, une information immédiate est faite à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) à l'aide de la fiche de déclaration d'accident ou d'incident avec les critères d'appréciation du niveau de gravité et d'impact médiatique (dit G+P) de l'événement. Ces fiches peuvent être consolidées par un compte rendu d'événement également envoyé à la DREAL si le niveau « G+P » est supérieur ou égal à 3 ou à la demande de l'inspection des installations classées.

Les événements significatifs sont enregistrés dans le registre DREAL de l'ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) concernée.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[3.3.1] Convention EDF-CEA n°3870/p du 29/05/1961 et ses avenants, concernant le prélèvement d'eau dans le canal de Jouques.

[3.3.2] Arrêté Préfectoral N° 113-2006 A du 25/09/2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance et réglementant notamment le prélèvement en eau et les rejets d'effluents du Centre.

[3.3.3] Circulaire CEA/Cadarache n°102 du 12 décembre 2011 relative à la gestion des effluents liquides ordinaires et radioactifs du site de Cadarache.

LISTE DES FIGURES

Figure 3.3.1 Plan d'ensemble du réseau l'adduction d'eau potable.

Figure 3.3.2 Plan d'ensemble du réseau de collecte des effluents.

Figure 3.3.3 Schéma de principe pour la distribution de l'eau potable.

Figure 3.3.4 Schéma de principe pour la gestion des effluents.

FIGURES

Figure 3.3.1 : Plan d'ensemble du réseau d'adduction d'eau potable

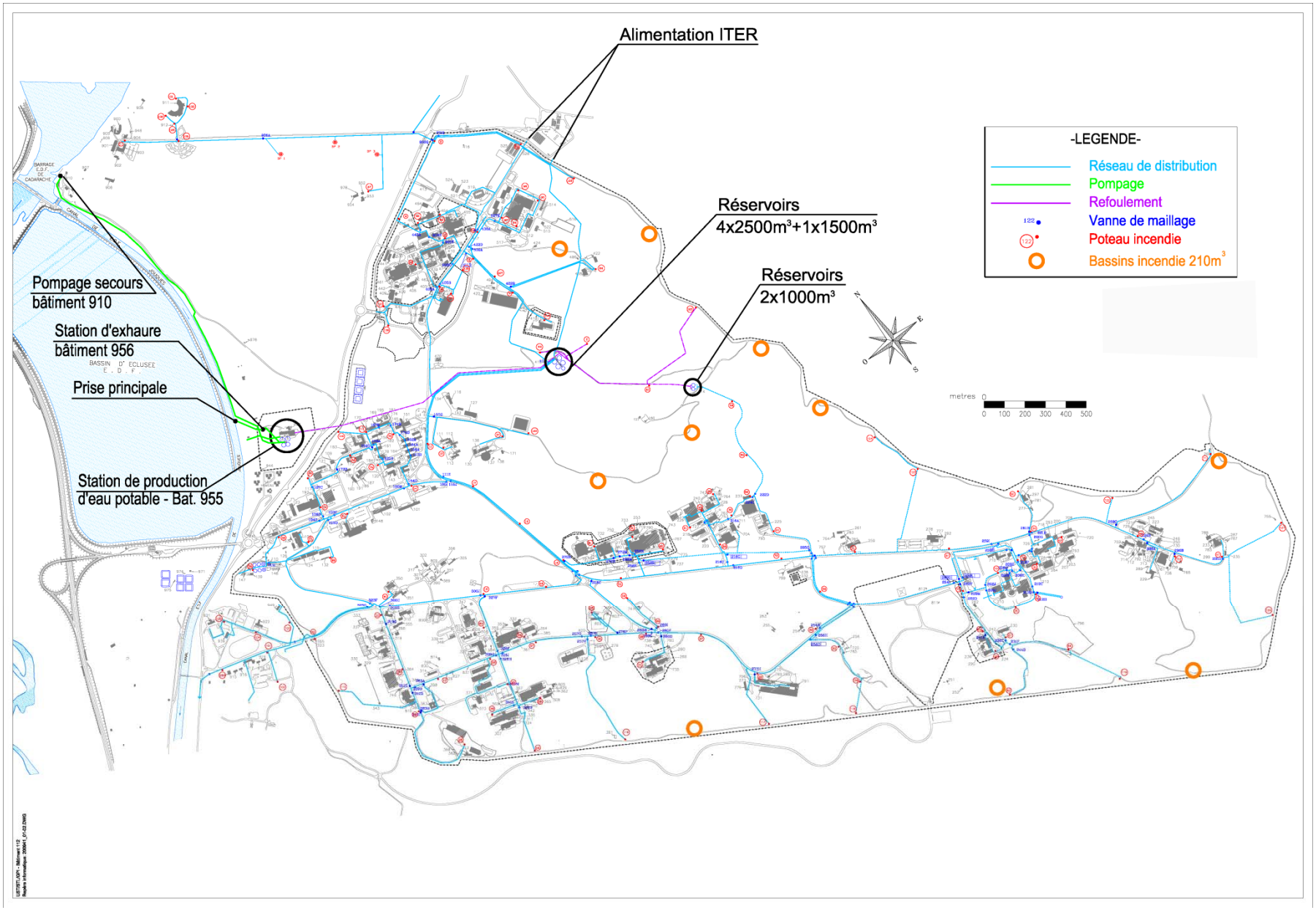


Figure 3.3.2 : Plan d'ensemble du réseau de collecte des effluents

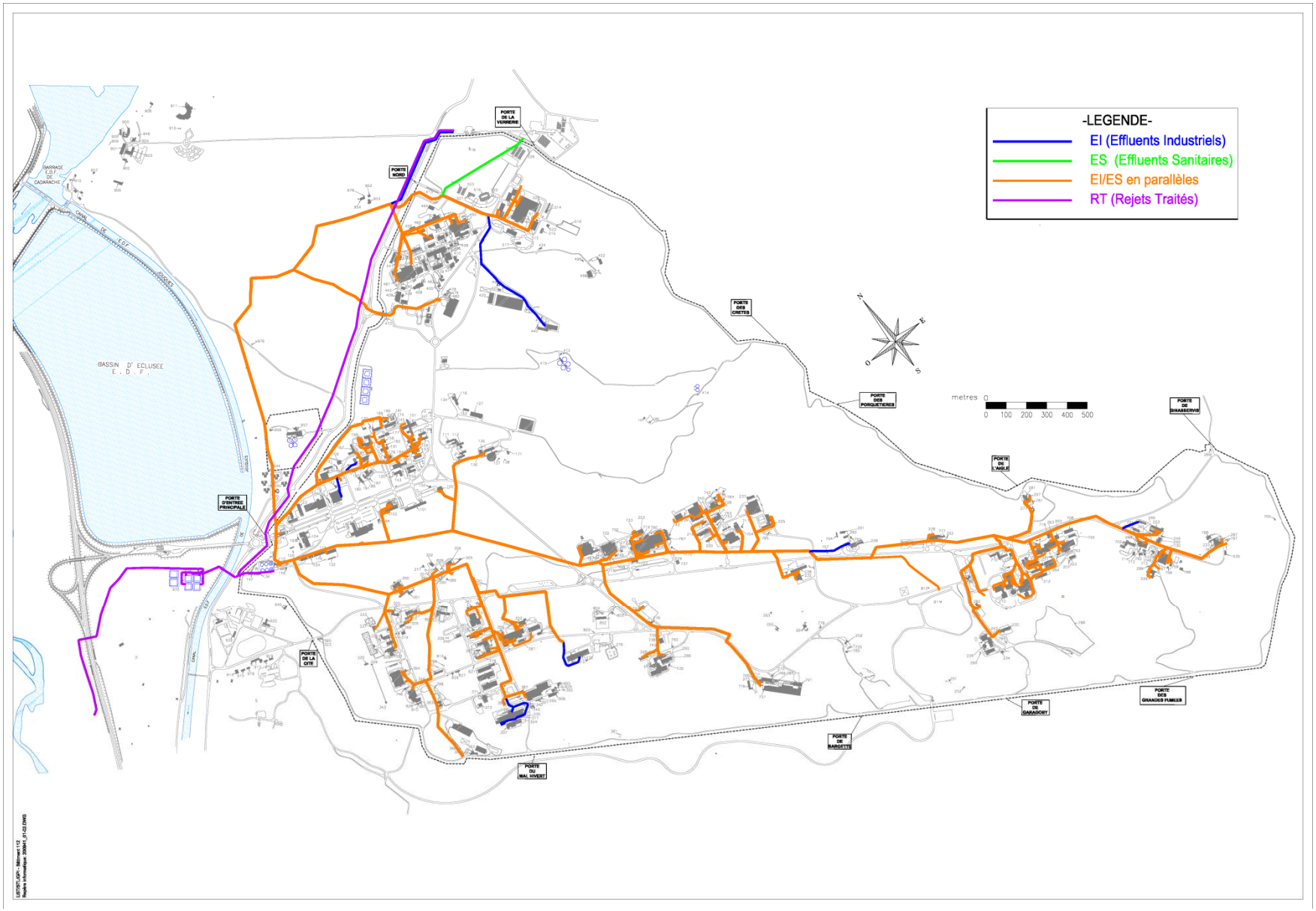


Figure 3.3.3 : Schéma de principe pour la distribution d'eau potable

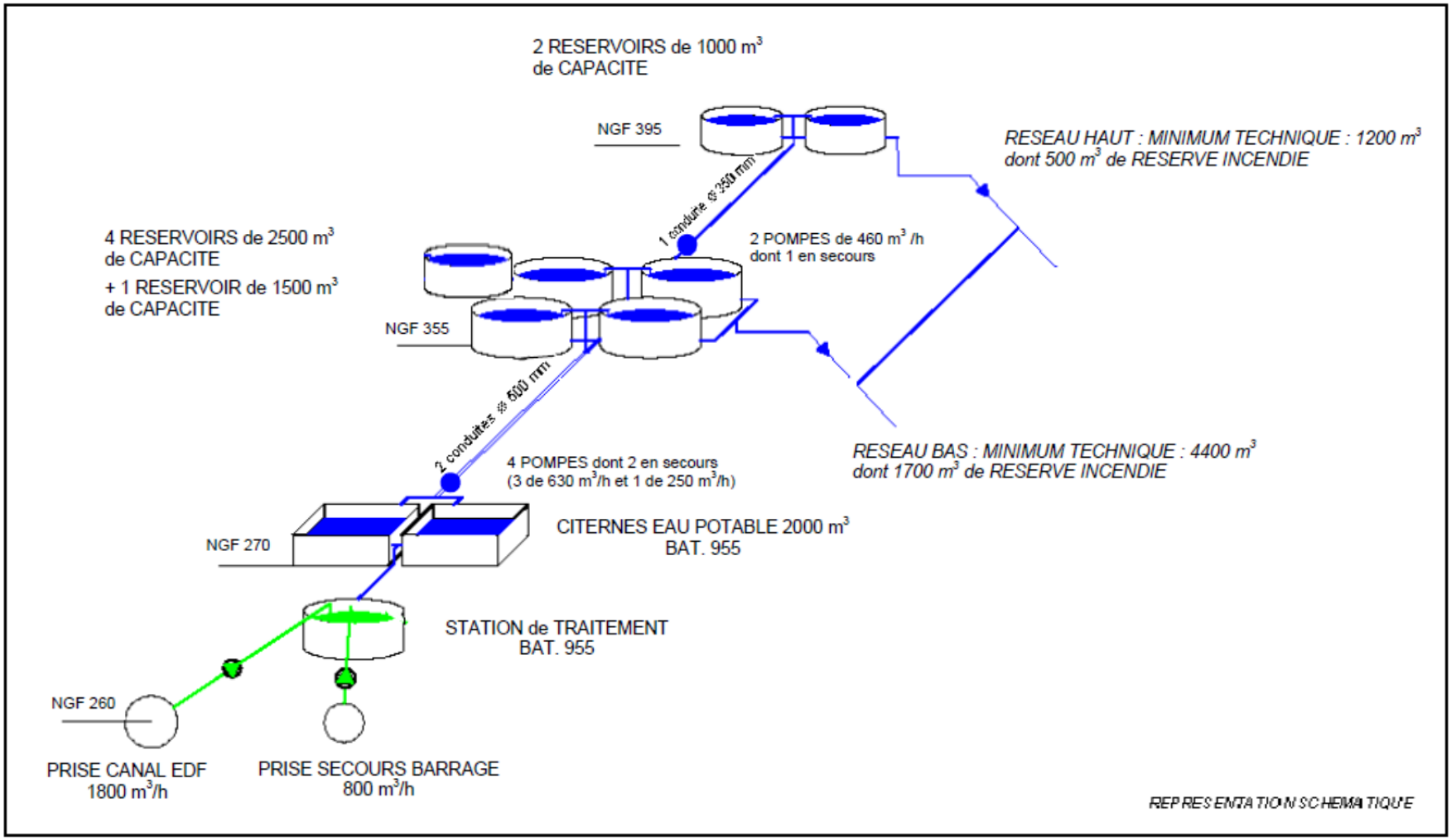
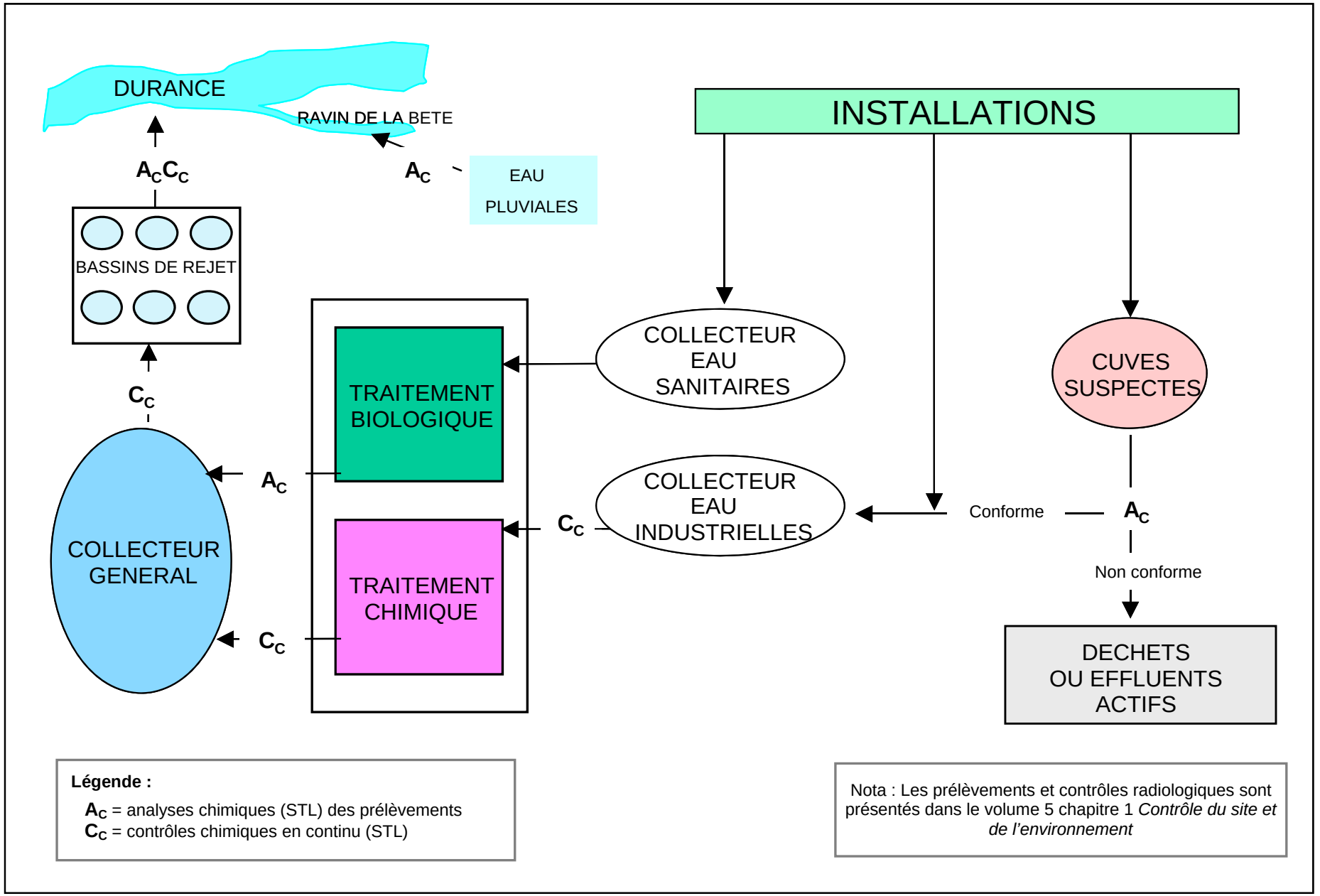


Figure 3.3.4 : Schéma de principe pour la gestion des effluents



VOLUME 3 - CHAPITRE 4

TÉLÉSURVEILLANCE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S/GAS	J.C. VIDAL UST/STIC	J.-C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations.

SOMMAIRE

3.4.1 LE SYSTÈME GÉNÉRAL DE TÉLÉSURVEILLANCE 4

3.4.1.1 LA TÉLÉALARME 4

3.4.1.1.1 Présentation générale du système SAFIR 5

3.4.1.1.2 Détection incendie 5

3.4.1.1.3 Mode de secours de SAFIR 5

3.4.1.2 LA PROTECTION PHYSIQUE 6

3.4.1.3 LA VIDÉO SURVEILLANCE 6

3.4.1.4 LA RADIOPROTECTION 6

3.4.1.5 SURVEILLANCE SISMIQUE DU SITE 7

3.4.2 EXPLOITATION DU SYSTÈME DE TÉLÉSURVEILLANCE 7

3.4.2.1 GÉNÉRALITÉS 7

3.4.2.2 RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE 7

3.4.2.3 MAINTENANCE DES SYSTÈMES ET TRAVAUX NEUFS 8

3.4.2.3.1 Organisation 8

3.4.2.3.2 Modalités d'exécution et exigences liées à ces activités 8

3.4.3 ÉLÉMENTS DE DÉMONSTRATION DE LA FIABILITÉ DU SYSTÈME DE TÉLÉSURVEILLANCE 9

LISTE DES FIGURES 10

La Télésurveillance des installations constitue une partie du système et des procédures de protection générale du Centre de Cadarache présentée dans le volume 4 chapitre 3 Protection générale des installations.

La surveillance du Centre de Cadarache met en œuvre des moyens humains (rondes, guets, etc.) et des moyens automatiques qui constituent le **Système Général de Télésurveillance**.

Le **Système Général de Télésurveillance** comprend l'ensemble des matériels, les réseaux de télécommunication, les logiciels et les documents (procédures, gammes, modes opératoires...) qui permettent :

- de véhiculer les signaux délivrés par les capteurs mis en place dans les bâtiments et sur le site,
- d'exploiter ces signaux à des fins de contrôle, de surveillance, de déclenchement d'alarmes et/ou d'asservissement, dans l'unité et/ou dans les services de sécurité du site, notamment au Poste Central de Sécurité (PCS) de la Formation Locale de Sécurité (FLS).

3.4.1 LE SYSTÈME GÉNÉRAL DE TÉLÉSURVEILLANCE

Le **Système Général de Télésurveillance** met en œuvre et exploite des moyens et méthodes dans quatre domaines :

- la téléalarme : retransmission à distance des informations perçues dans les installations et sur le site (hors mesures nucléaires),
- la protection physique : dispositions relatives à la protection des matières nucléaires et à la détection d'intrusion,
- la vidéo surveillance,
- la radioprotection : retransmission à distance des informations liées aux mesures nucléaires.

Il y a interdépendance de ces domaines ; par exemple, la protection physique sollicite la téléalarme et la vidéo surveillance.

3.4.1.1 LA TÉLÉALARME

La téléalarme regroupe les systèmes qui centralisent les informations de sécurité de type incendie, inondation, criticité, contamination, boutons d'appel, gardiennage et à la demande des chefs d'installation, certaines informations fonctionnelles, comme par exemple la surveillance de l'état d'un processus expérimental.

Toutes les informations sont reportées sur une supervision dite SAFIR qui permet aux installations et à la FLS (au niveau du PCS) de suivre les alarmes des installations. Ce système est doté d'un mode secours qui permet de pallier à la défaillance de la supervision SAFIR.

La transmission des informations est assurée par des réseaux inter-bâtiments, qui passent dans des chemins de câbles communs à d'autres activités, dans des caniveaux dallés en béton.

3.4.1.1.1 Présentation générale du système SAFIR

La Supervision d'Alarme à Fibre optique et Informatique Répartie (SAFIR) représente le système utilisé sur le Centre. Il est déployé sur l'ensemble des installations. SAFIR est constituée d'automates, de micro-ordinateurs et de progiciels comme outils de développement (Figure 3.4.1).

Le Centre a été découpé en zones opérationnelles (Zn) regroupant une ou plusieurs installations elles-mêmes constituées d'un ou plusieurs bâtiments. Chaque Zn dispose d'une architecture minimum composée des éléments suivants :

- un poste informatique de supervision dit Équipement Tête de Ligne (ETL) alimenté en informations techniques par un Automate Programmable Industriel (API) et également en informations de type incendie (cf. § 3.4.1.1.2) ;
- un Pupitre Utilisateur Local (PUL) qui correspond au mode secours local en cas de défaillance de la supervision locale et centralisée.

Les postes de supervision de type ETL, Équipement de Supervision Locale (ESL) et Équipement de Supervision Centrale (ESC), sont reliés entre eux au travers d'un réseau à fibres optiques de type Ethernet entièrement dédié à SAFIR. Les informations de téléalarme sont transmises par ce réseau au PCS de la FLS ainsi qu'à certaines unités fonctionnelles.

3.4.1.1.2 Détection incendie

Tous les bâtiments du Centre, où un risque d'incendie a été identifié, sont équipés d'une détection automatique d'incendie adaptée.

Les détecteurs sont de différentes technologies (optique de fumée ou de flamme, thermique, etc…) ce qui permet d'adapter la détection au risque qui a été identifié.

Les détecteurs sont câblés principalement en mode collectif (tous les détecteurs d'une même ligne sont alors animés de la même façon). Ils peuvent être câblés en mode adressable (chaque détecteur est alors animé de façon indépendante). Les lignes couvrent une zone géographique qui ne peut être à cheval sur deux étages et qui reste cohérente par rapport à l'activité de l'installation (zone de feu). Ce découpage permet à la FLS de localiser le feu dans le bâtiment.

Les lignes de détection sont regroupées par zone opérationnelle (un ou plusieurs bâtiments) sur une centrale d'incendie qui permet une supervision locale dans l'installation et qui transmet, par l'intermédiaire de l'ETL, les informations de détection incendie au PCS de la FLS.

3.4.1.1.3 Mode de secours de SAFIR

Le mode de secours de SAFIR permet de transmettre au PCS une synthèse par famille d'alarmes (détection incendie, etc.) en cas de perte du réseau ou du lien entre les superviseurs. Les liaisons entre les installations et le PCS se font par le moyen de paires téléphoniques. En cas de perte du réseau à fibres optiques ou des équipements de supervision, les informations issues des capteurs de la téléalarme restent accessibles en local sur le PUL. Le mode de secours de SAFIR reporte l'ensemble des informations sur le Tableau Général Secours (TGS) situé au PCS de la FLS.

Le TGS regroupe 9 familles d'alarmes :

- FEU : feu ;
- SEC : secours ;
- REC : inondation ;
- INT : Intrusion ;
- RAD : Radioprotection ;

- FCT : Fonctionnement ;
- DER : dérangement ;
- CRI : criticité ;
- ADC : alarme dérangement criticité.

3.4.1.2 LA PROTECTION PHYSIQUE

La **Protection Physique** (PPH) est assurée par des systèmes concourant à la surveillance et à la protection des matières nucléaires du Centre. On y retrouve des systèmes de surveillance gardiennage, de contrôle d'accès des personnes, de détection de présence, de tentative d'intrusion et de contrôle de passage des matières nucléaires. La protection physique concerne essentiellement les stockages de matières, les locaux sensibles, ainsi que les protections périmétriques instrumentées telles que les clôtures du centre ou de certaines installations qui nécessitent une protection renforcée.

La surveillance des **clôtures** dite surveillance «périmétrique» permet d'assurer une sécurité de haut niveau pour la protection de zones sensibles, grâce aux caractéristiques suivantes :

- dispositif particulièrement peu sensible aux nuisances animales et climatiques ;
- robustesse de fonctionnement, bonnes performances en matière de détection.

3.4.1.3 LA VIDÉO SURVEILLANCE

La **Vidéo Surveillance** est le dispositif qui fournit des images au PC Vidéo (PCV), au travers de caméras et de systèmes répartis sur le Centre, à des fins de contrôles périmétriques de zone ou de surveillance.

La **Régie Vidéo** est utilisée pour :

- contrôler les accès à des locaux de stockage particuliers,
- afficher automatiquement les images fournies par des caméras associées à une alarme lorsque celle-ci est déclenchée,
- visualiser des caméras choisies par un opérateur.

3.4.1.4 LA RADIOPROTECTION

La **radioprotection** est l'ensemble des systèmes qui participent à la surveillance radiologique des travailleurs et des installations du Centre de Cadarache. Les moyens de contrôle de la radioprotection décrits ci-dessous sont différents de ceux présentés dans le volume 5 :

- systèmes fixes ou mobiles de surveillance radiologique des bâtiments et des postes de travail (contrôle des aérosols, de la contamination et des gaz reporté au Tableau de Contrôle des Rayonnements) ;
- systèmes fixes de contrôle des rejets des installations (contrôle des aérosols, de la contamination, des gaz reporté au Tableau de Contrôle des Rayonnements) ;
- systèmes mobiles destinés à la surveillance individuelle et à la dosimétrie du personnel (contrôleur mains/pieds par exemple, dosicard) ;
- systèmes de détection des accidents de criticité ;
- balises en sortie Centre afin de contrôler les agents (à la volée) et tous les camions ou véhicules utilitaires (systématique).

Les **systèmes de supervision en radioprotection** centralisent les informations délivrées par les systèmes fixes de radioprotection (irradiation, contamination, rejets gazeux) et assurent le report d'informations, la traçabilité et l'archivage des données.

En cas de perte du système de supervision en radioprotection, les mesures restent disponibles en local sur le PC de paramétrage et sur des enregistreurs papier pour ce qui concerne les rejets cheminée. Par ailleurs, des moyens mobiles de surveillance radiologique du SPR peuvent être utilisés.

Les systèmes de détection de la criticité (EDAC) envoient des informations sur le réseau SAFIR et directement sur le Tableau Général des Secours du PCS de la FLS.

L'architecture de ces systèmes est présentée en Figure 3.4.2. La télésurveillance radiologique utilise le réseau SAFIR décrit plus haut.

3.4.1.5 SURVEILLANCE SISMIQUE DU SITE

La surveillance sismique du site est effectuée à l'aide de trois accéléromètres qui déclenchent à des seuils d'alerte pré-définis (10, 100 et 200 mg[1]). Une station à déclenchement par seuils d'alarmes assure la remontée d'information d'alarme au PCS de la FLS (SAFIR) (voir sur ce point le volume 2 chapitre 4 Sismologie).

3.4.2 EXPLOITATION DU SYSTÈME DE TÉLÉSURVEILLANCE

3.4.2.1 GÉNÉRALITÉS

Le maintien en condition opérationnelle et la maîtrise d'œuvre des évolutions des systèmes de Télésurveillance sont confiés au Service des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). Ces opérations sont réalisées pour le compte des chefs d'installations, de la FLS et du SPR.

Les correspondants locaux du STIC sont principalement :

- les Chefs d'Installation responsables de la définition de leurs besoins fonctionnels,
- l'Ingénieur de Sécurité d'Établissement (DIR/CSE) en matière de sonorisation (réseau d'alerte et de diffusion générale) et de sécurité générale du Centre,
- la Formation Locale de Sécurité (D2S/FLS) pour l'exploitation des équipements et installations de sécurité,
- le Service de Protection contre les Rayonnements (D2S/SPR) pour les équipements de détection de matières radioactives.

Des conventions sont établies avec les installations et les unités du Centre, à leur demande, pour préciser la répartition des responsabilités, les engagements réciproques et les exigences éventuelles d'assurance de la qualité applicables aux systèmes gérés par le STIC.

3.4.2.2 RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE

Le référentiel technique géré par le STIC est principalement constitué des dossiers de câblage et de paramétrage, utilisés notamment par les prestataires du contrat de maintenance des matériels de télésurveillance.

Ces dossiers contiennent en particulier les plans d'implantation des équipements (plans carroyés), les plans et schémas de câblage, les folios de ligne, la liste des voies et relais.

[1] mg = 1/1000 de l'accélération de la pesanteur (g)

3.4.2.3 MAINTENANCE DES SYSTÈMES ET TRAVAUX NEUFS

3.4.2.3.1 Organisation

La maintenance préventive (entretien), la maintenance corrective (dépannage et réparation) et les contrôles périodiques (vérification du bon fonctionnement, test de performance, etc.) des équipements du système général de télésurveillance ainsi que des matériels mobiles et fixes de radioprotection sont assurés par le STIC.

La responsabilité de l'ensemble des travaux relatifs au réseau de télésurveillance est également confiée au STIC.

Pour réaliser ces tâches, le STIC s'appuie essentiellement sur :

- des sous-traitants du STIC dans le cadre de contrats de site dont le cahier des charges est soumis à l'approbation des chefs d'installation afin qu'ils vérifient la prise en compte de leurs exigences ; une Équipe d'Entretien Sécurité (EES) assure la maintenance du Système Général de Télésurveillance ; cette équipe du sous-traitant assiste également le STIC lors des recettes de nouveaux matériels ;
- les sous-traitants du Service Technique et Logistique (STL) pour l'électromécanique et l'électricité (y compris onduleurs-chargeurs).

3.4.2.3.2 Modalités d'exécution et exigences liées à ces activités

Les exigences principales des prestations forfaitaires de maintenance, réalisation des contrôles périodiques et travaux sur les installations de télésurveillance sont les suivantes :

- le délai d'intervention relatif à la maintenance corrective est garanti 24h/24 et 7j/7,
- le délai de remise en service d'une fonction pour un équipement en panne est garanti,
- les contrôles et essais périodiques permettant de garantir l'état de bon fonctionnement des équipements, sont réalisés selon une planification annuelle et des modalités de réalisation et gammes d'exigences définies,
- le Référentiel Technique est vérifié et mis à jour,
- la disponibilité et la qualité de fonctionnement de chaque équipement font l'objet d'une recherche continue pour leur amélioration.

Les activités de maintenance sont gérées par un outil de Gestion de Maintenance Assisté par Ordinateur (GMAO). Cet outil couvre l'ensemble des fonctions de maintenance telles que l'historique des équipements, la planification, la maintenance préventive (FMP, gammes et MOP), les bons de travaux, la main d'œuvre et l'édition de rapports. C'est aussi à partir de cet outil ou de sa base de données associée, que sont édités les indicateurs de suivi de contrat (préventifs et correctifs).

Concernant les travaux neufs, le STIC est responsable, dans le respect des règles édictées par la Direction Protection et de la Sûreté Nucléaire (DPSN), de la conception, de l'évolution technique et de la cohérence d'ensemble, des systèmes de télésurveillance et de sonorisation du Centre.

Il est maître d'œuvre ou intervient en tant que maîtrise d'ouvrage déléguée de l'installation ou de la rénovation de la portion de ces systèmes implantés dans les installations des unités CEA et des filiales.

Il assiste la Formation Locale de Sécurité et l'Ingénieur de Sécurité d'Établissement, dans la maîtrise d'ouvrage de leurs systèmes.

3.4.3 ÉLÉMENTS DE DÉMONSTRATION DE LA FIABILITÉ DU SYSTÈME DE TÉLÉSURVEILLANCE

La fiabilité du système de télésurveillance repose sur l'architecture retenue lors de la conception. Les dispositions permettant de garantir la permanence de la télésurveillance se fondent sur le retour d'expérience des précédentes générations de systèmes et sur l'expérience acquise dans les premières années de fonctionnement de SAFIR. Le réseau SAFIR repose notamment sur :

- l'architecture retenue qui permet une centralisation des informations au niveau de chaque installation ;
- l'utilisation de fibres optiques qui assure une meilleure immunité du réseau vis à vis des perturbations électromagnétiques ;
- l'emplacement des équipements du réseau situés à l'intérieur des installations et non plus dans les satellites qui confère une meilleure protection vis à vis de la foudre ;
- la protection du bâtiment 104 (FLS) contre la foudre ;
- l'utilisation de matériels de nouvelle technologie.

Du point de vue des alimentations électriques, les principaux équipements du réseau SAFIR (PC de supervision, API et centrales incendie) disposent d'onduleurs propres à chacun. Des batteries de taille variable selon les équipements considérés leur assurent une autonomie de fonctionnement en cas de perte de l'alimentation électrique normale. A noter que l'alimentation normale est secourue par groupe électrogène au niveau de l'installation.

En cas de perte totale du réseau de fibres optiques ou des équipements de supervision du réseau SAFIR, les informations de télésurveillance restent disponibles grâce au mode secours :

- **en local** sur le Pupitre Utilisateur Local, qui est alimenté directement par la centrale incendie ou l'API ;
- **au PCS** de la FLS sur le TGS. Le TGS est lui-même alimenté par un redresseur secouru. Le réseau 220V peut être alimenté en secours par le groupe électrogène fixe du bâtiment 104.

LISTE DES FIGURES

Figure 3.4.1 Architecture du système SAFIR

Figure 3.4.2 Supervision en Radioprotection - Architecture VR4

Figure 3.4.1 : Architecture du système SAFIR

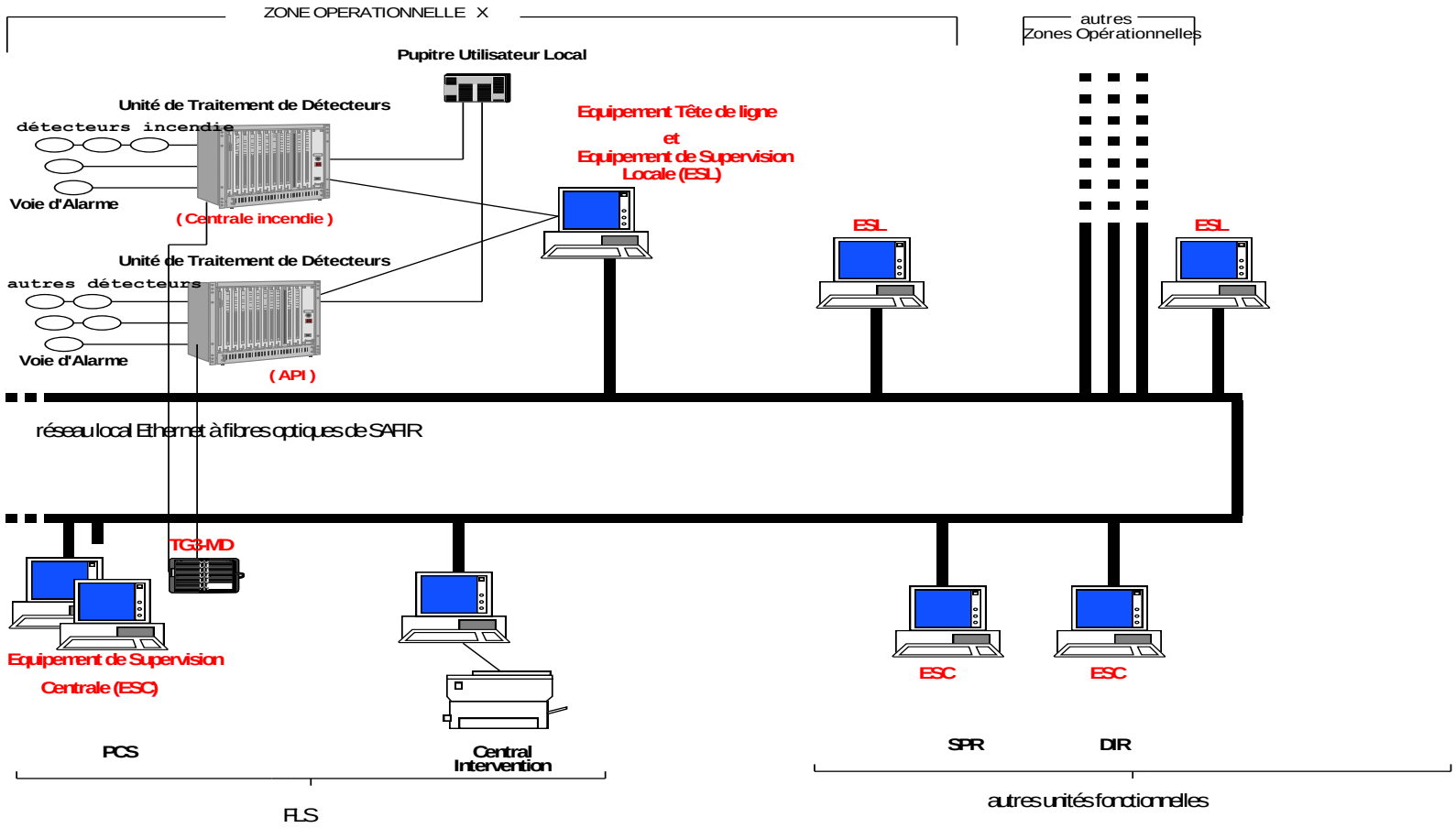
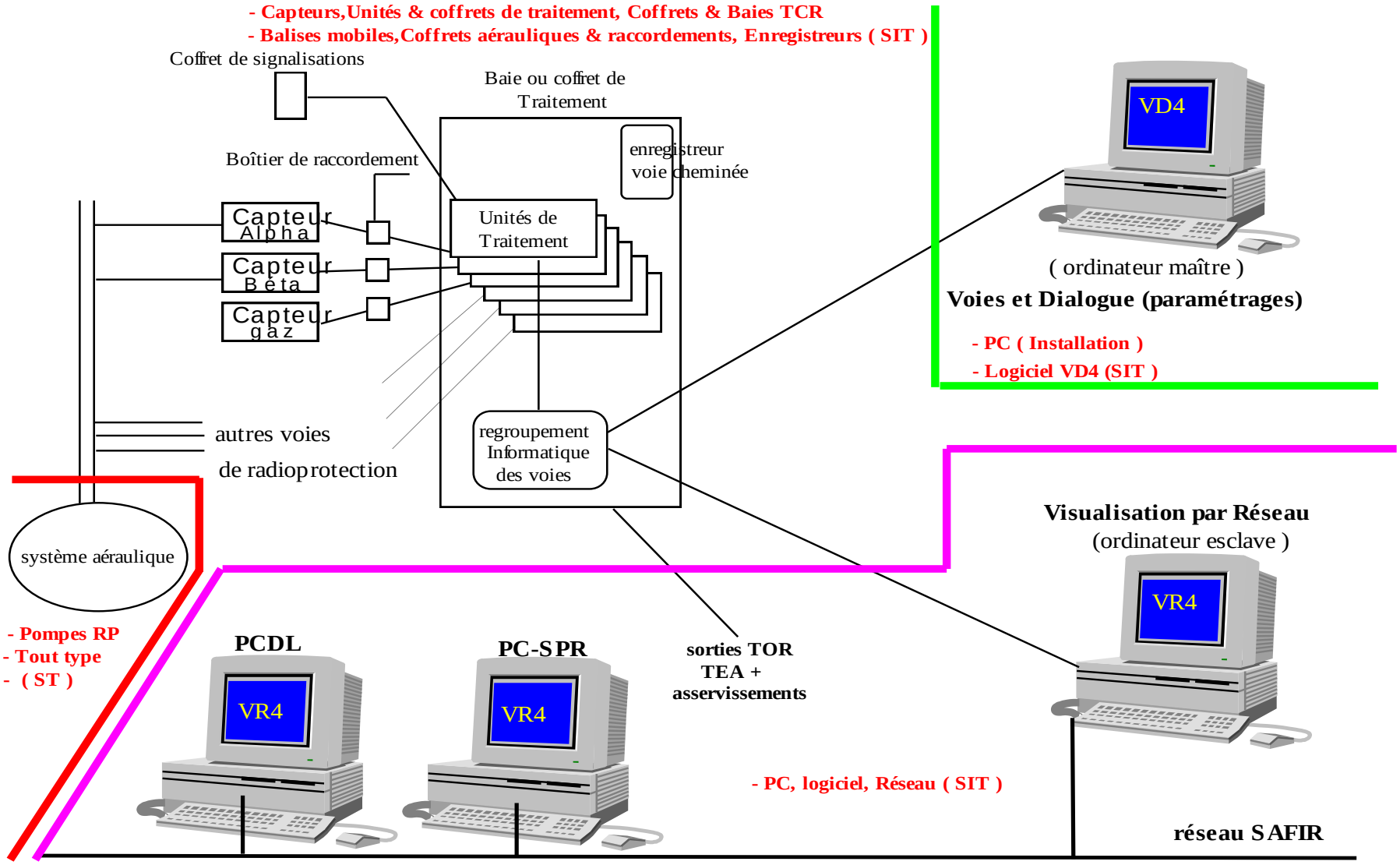


Figure 3.4.2 : Supervision en Radioprotection - Architecture VR4



VOLUME 3 - CHAPITRE 5

TÉLÉCOMMUNICATION

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S	J. RISSO UST/STIC	J.-C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Prise en compte de l'évolution des installations.

SOMMAIRE

3.5.1 LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE 4
3.5.1.1 RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE NORMAL 4
3.5.1.1.1 L'autocommutateur téléphonique – Réseau primaire 4
3.5.1.1.2 Les répartiteurs et sous répartiteurs de zone – Réseau secondaire [4] 4
3.5.1.1.3 La connexion au réseau public 4
3.5.1.1.4 Réseau téléphonique des unités implantées [4] 5
3.5.1.2 RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DÉDIÉ À LA SÉCURITÉ 5
3.5.1.3 LIAISONS AU RÉSEAU PUBLIC DE SÉCURITÉ, SPÉCIALISÉES, HORS AUTOCOMMUTATEURS 5
3.5.1.4 AUTRES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES SPÉCIFIQUES DE CRISE 6
3.5.2 LES RÉSEAUX HERTZIENS 6
3.5.2.1 TÉLÉPHONES SATELLITE 6
3.5.2.2 RÉSEAU HERTZIEN 400 MHZ 3R2P 6
3.5.2.3 RÉSEAU STI 80 MHZ 7
3.5.2.4 COMMUNICATIONS GSM 7
3.5.3 LE RÉSEAU DE SONORISATION 7
3.5.3.1 RÉSEAU DE HAUT-PARLEURS DE COMMANDEMENT 8
3.5.3.2 RÉSEAUX SECONDAIRES 8
3.5.3.3 RÉSEAU DE DIFFUSION GÉNÉRALE 8
3.5.4 LES SIRÈNES DU PPI 8
3.5.5 SÉCURITÉ DES RÉSEAUX 8
3.5.5.1 LIMITATION D'ACCÈS AUX INSTALLATIONS 8
3.5.5.2 CONTINUITÉ DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU RÉSEAU DE TRANSMISSION 8
3.5.5.3 ASTREINTES DU PERSONNEL ET DISPOSITIONS DIVERSES 9
3.5.5.4 TESTS DES MOYENS DE COMMUNICATION 9
LISTE DES FIGURES 10

Le Centre de Cadarache dispose de plusieurs types de réseaux de transmissions, dont les réseaux téléphoniques, les réseaux radio-électriques (ou hertzien), les réseaux de sonorisation et les sirènes du PPI.

3.5.1 LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

3.5.1.1 RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE NORMAL

Le réseau téléphonique normal, relié au réseau public, est constitué de 3 éléments principaux :

- l'autocommutateur téléphonique (réseau primaire),
- les répartiteurs et câbles (réseau secondaire),
- les terminaux.

3.5.1.1.1 L'autocommutateur téléphonique – Réseau primaire

L'autocommutateur téléphonique assure l'interconnexion entre les différents terminaux des usagers. La structure de l'autocommutateur est distribuée en 4 nœuds implantés dans différents bâtiments (nœuds 1 et 2 au bâtiment 100, nœud 3 au bâtiment 314, nœud 4 au bâtiment 900) :

- les nœuds principaux 1, 2 et 3 gèrent la plus grande partie des appels téléphoniques effectués sur le centre. Les liaisons inter-nœuds sont assurées par multiplexeurs optiques[1] (sauf pour les nœuds 1 et 2 qui sont situés dans le même local),
- le nœud 4 dessert la zone de la maison d'hôtes,
- reliés aux nœuds principaux, 12 concentrateurs d'abonnés ou ACT[2] correspondent à 12 répartiteurs de zone. Les données sont acheminées vers ces 12 éléments via un réseau de câbles à une paire de fibres optiques.

La Figure 3.5.1 donne la structure de l'autocommutateur et les éléments du réseau primaire.

L'alimentation de l'autocommutateur, composé des nœuds et des ACT, est réalisée à travers une alimentation secourue type chargeur de batteries.

Les défauts d'alimentation en sortie des redresseurs ou de l'onduleur sont reportés au PCS via la télésurveillance.

3.5.1.1.2 Les répartiteurs et sous répartiteurs de zone – Réseau secondaire

Le réseau téléphonique secondaire permet de relier les ACT présents sur le site avec l'ensemble des terminaux du Centre par l'intermédiaire des répartiteurs de zone associés. Chaque zone correspond à un ensemble de bâtiments du Centre.

Un réseau de câblage (cuivre) relie l'ACT aux terminaux dans les bâtiments au travers d'un certain nombre de répartiteurs et de sous-répartiteurs.

3.5.1.1.3 La connexion au réseau public

Le Centre est raccordé au réseau public par trois liens distincts (cf. Figure 3.5.1). Deux de ces liens sont réalisés dans un local dédié à cet usage, via une arrivée principale au bâtiment 100. Un troisième lien au réseau public raccorde séparément le bâtiment 900 (le Château de Cadarache). Les trois liens permettant

[1] ce dispositif assure la conversion électrique-optique et multiplexe des signaux de 4 MIC qui transitent sur 2 fibres
[2] ACT : appareil permettant de regrouper les données provenant de plusieurs terminaux et de les acheminer vers l'autocommutateur par un nombre moins important de câbles

de mettre en œuvre les connexions disposent de capacités différentes en termes de communication. Les liens du bâtiment 100 comportent un faisceau de 7 x 32 voies numériques.

3.5.1.1.4 Réseau téléphonique des unités implantées

AREVA TA et AREVA IC disposent d'un réseau téléphonique indépendant relié par liaison inter-autocommutateur, au réseau téléphonique du Centre. La liaison inter-autocommutateurs est constituée respectivement de 4 et 2 lignes bidirectionnelles. Leurs préfixes d'appels internes sont le 84 et le 82.

AREVA NC et l'IRSN sont sur l'autocommutateur du CEA.

3.5.1.2 RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DÉDIÉ À LA SÉCURITÉ

Pour répondre à des situations de détérioration du dispositif normal de commutation (réseau téléphonique normal), le Centre dispose d'un autocommutateur dédié à la sécurité situé au PCS (bâtiment 104). Il est relié au réseau public par un lien indépendant. Il permet de garantir un fonctionnement minimal en cas de défaillance du réseau normal (saturation du réseau, incident technique pouvant mettre en cause le fonctionnement des nœuds 1 et 2, destruction de l'autocommutateur du bâtiment 100, etc.), par redondance des moyens. Cet autocommutateur est relié à un répartiteur également situé au bâtiment 104. Seuls les terminaux raccordés à cet autocommutateur peuvent communiquer entre eux. Ce réseau dédié à la sécurité du Centre transite via un ensemble de câbles en cuivre enterrés.

La plupart des liaisons gérées par ce réseau sont des liaisons « au décroché » (c'est-à-dire qu'au décroché, un interlocuteur préprogrammé est sonné).

Les liaisons considérées sont les suivantes :

- les lignes TA bât 401 et SPR bât 100 dans le box ETC-L,
- les lignes vers le PCS et la décontamination SST bât 102, dans le box FLS,
- à la table DIRECTION, la ligne affectée au '17' et la ligne INB regroupant vers un seul poste numérique tous les téléphones de sécurité d'appel direct des INB et ICPE du centre ; sur ce poste est également acheminée la ligne Numéris à 2 accès simultanés pour pouvoir accéder à l'extérieur du Centre en ne passant que par l'autocommutateur dédié à la sécurité. Hors crise, cette ligne INB est acheminée au PCS. En cas d'armement du PCDL, cette ligne est reprise sur la table en appuyant sur la clé associée au poste de la table Direction.
- les lignes STL/Dir Bât 112 et 113, CARS Bât 779 et GARAGE Bât 115 dans le box STL,
- les lignes STIC/EES bât 119 et CSMN bât 100.

3.5.1.3 LIAISONS AU RÉSEAU PUBLIC DE SÉCURITÉ, SPÉCIALISÉES, HORS AUTOCOMMUTATEURS

Un certain nombre de téléphones sont reliés directement à un lien avec le réseau public, sans passer par l'autocommutateur central (réseau téléphonique normal) ni par l'autocommutateur de sécurité du Centre (liaisons spécialisées).

Ces appareils utilisent l'infrastructure de réseau secondaire du réseau téléphonique normal mais sont reliés par câbles cuivre au bâtiment central des télécommunications (bâtiment 100) où se trouvent les points d'entrée du réseau public.

Il s'agit des liaisons vers la préfecture des Bouches-du-Rhône, vers le SDIS 13 et vers l'ASN.

3.5.1.4 AUTRES RÉSEAUX TÉLÉPHONIQUES SPÉCIFIQUES DE CRISE

Il existe un réseau indépendant du réseau public. Il s'agit du réseau RIMBAUD[3] qui possède des lignes cryptées et non cryptées.

Ce réseau est utilisé en cas de crise pour joindre les autorités nationales, les responsables administratifs et les responsables d'organismes ou de points sensibles, mais aussi du réseau de crise national du CEA.

3.5.2 LES RÉSEAUX HERTZIENS

3.5.2.1 TÉLÉPHONES SATELLITE

Communication satellite : le Centre dispose de trois téléphones satellites dont deux réservés au PCDL, placés au PCS et le troisième, en secours au STIC.

3.5.2.2 RÉSEAU HERTZIEN 400 MHZ 3R2P

Le système est de type mono site. Il permet, avec seulement 7 couples de fréquences (canaux), de disposer d'un grand nombre de groupes de parole totalement indépendants. Le système sélectionne automatiquement un canal libre pour transmettre l'appel d'un utilisateur à un moment donné vers son groupe de parole. Il est couplé avec une interface téléphonique et avec 7 émetteurs/récepteurs (relais), chacun étant calé sur un des canaux.

Toutes les ressources radioélectriques sont supervisées par l'unité de contrôle comme suit :

A chaque appel, l'émetteur émet un signal de demande d'accès au contrôleur sur le canal « sémaphore » (voie balise). Le contrôleur affecte automatiquement au portatif et à son groupe de parole une station de base et une fréquence de parole. Les demandes d'accès, lorsque tous les canaux sont occupés, sont mises en file d'attente « premier arrivé premier servi ». Lorsqu'un canal est libre, le contrôleur le notifie à l'appelant en tête de file d'attente. Il est possible de définir des niveaux de priorité pour hiérarchiser l'accès au système durant certaines périodes. Un niveau de priorité peut être attribué aux utilisateurs ou à leur groupe de parole. 7 niveaux de priorité peuvent être attribués. Le temps d'accès est en moyenne inférieur à 250 ms.

Le système passe en mode dégradé avec alarme correspondante en cas de défaillance de tous les émetteurs susceptibles de jouer le rôle de canal sémaphore, défaillance d'une des cartes du contrôleur, panne de secteur alternatif sur le site central, défaillance de tous les canaux de communication.

Des alarmes mineures sont émises en cas de défaillance d'un canal de communication, interférence d'un récepteur de canal de communication, interférence d'un émetteur de canal de communication.

Le système possède un relais par canal radioélectrique. Chaque relais est constitué d'un émetteur, d'un récepteur, d'une alimentation en courant alternatif et de circuits de commande et d'interface nécessaires pour intégrer les postes individuels au système.

La défaillance d'un canal de trafic est imperceptible pour les utilisateurs. L'assignation du « canal sémaphore » se fait sur les stations relais 1 à 4, toutes les 24 h, afin d'homogénéiser le vieillissement des équipements. Si le canal de contrôle est défectueux, le contrôleur affecte automatiquement un des 4 autres canaux autorisé à remplir cette fonction. Des contrôles de l'intégrité du contrôleur sont réalisés continuellement.

Le mode dégradé (failsoft) est tel que chacun des relais bascule sur son canal conventionnel spécifique. Seule la communication d'un même groupe de parole programmés pour communiquer sur un des canaux conventionnels est possible. Les 7 canaux sont répartis entre les différents services du Centre.

Actuellement, l'électronique, les émetteurs, l'antenne et l'énergie (trunck) sont situés dans un bâtiment banalisé (bâtiment 160).

Pour augmenter la pénétration intra bâtiment, plusieurs « répéteurs radio » ont été installés dans les installations du Centre :

- au sous-sol du bâtiment 506 (Tore-Supra),
- dans le local HT/BT du bâtiment 296 (Phébus).

Les équipements de spare, prêts à être alimentés, sont entreposés au bâtiment 160 dans les mêmes armoires que le système en service.

Les antennes sont implantées sur le mât radio devant le bâtiment 104 et sur le toit du bâtiment 160.

Une infrastructure « durcit », permet de fonctionner en mode dégradé, en cas perte du trunck radio (bâtiment 160). Les relais sont implantés aux pieds du mât GSM (mirador) dans des baies outdoor, et les antennes sur le mât GSM anti sismique. Dans cette configuration, ce mode de fonctionnement permet le maintien des communications pour deux groupes de paroles (FLS, SPR).

Le raccordement de deux « valises mobiles », en lieu et place des relais de pieds de mât, permettrait un ultime mode secours.

Le Dispositif d'Alerte du Travailleur Isolé (DATI) du Centre s'appuie sur l'infrastructure 3R2P. En cas d'absence de mouvement ou de perte de verticalité d'un terminal, une alarme remonte au PC de sécurité (PCS) au travers du réseau radio 3RP.

3.5.2.3 RÉSEAU STI 80 MHZ

Différentes fréquences permettent de communiquer avec les pompiers du département. Les bases installées à la FLS assurent les liaisons avec le CODIS et permettent d'être en relation lors d'interventions communes. 3 antennes se situent sur le toit du bâtiment 104 (reliées au PCDL, au PCS, au central) et une antenne sur le bâtiment 160.

3.5.2.4 COMMUNICATIONS GSM

Trois opérateurs de téléphonie mobile couvrent plus ou moins le centre avec deux antennes extérieures à la clôture et une antenne sur le Centre.

3.5.3 LE RÉSEAU DE SONORISATION

Les Réseaux de sonorisation du site servent à diffuser des informations vocales dans les installations et sont composés de plusieurs réseaux. Ils sont entretenus et maintenus par un sous-traitant qui assiste le STIC lors des recettes de nouveaux matériels.

3.5.3.1 RÉSEAU DE HAUT-PARLEURS DE COMMANDEMENT

Le Réseau de Haut-Parleurs de Commandement (HPC) permet, à partir du Poste de Commandement de Direction Locale (PCDL) situé à la FLS, de diffuser des ordres de sécurité vers les secteurs, équipés chacun d'un système de réception avec accusé réception. Les secteurs, pour le domaine HPC, sont des regroupements fonctionnels de plusieurs bâtiments, sous l'autorité d'un chef de secteur.

3.5.3.2 RÉSEAUX SECONDAIRES

Les réseaux secondaires de chaque secteur permettent aux chefs de secteur de rediffuser dans les bâtiments de leur secteur les ordres reçus, en les complétant éventuellement par des dispositions particulières.

3.5.3.3 RÉSEAU DE DIFFUSION GÉNÉRALE

Le Réseau de Diffusion Générale permet à partir de la direction de Centre ou du PCDL de diffuser directement des informations générales dans tous les bâtiments desservis par les Réseaux secondaires.

Un dispositif de gestion technique permet de contrôler en permanence le bon fonctionnement du Réseau de Diffusion Générale.

3.5.4 LES SIRÈNES DU PPI

Le système de sirènes utilisé dans le cadre du Plan Particulier d'Intervention de Cadarache est composé d'un pupitre central de déclenchement, situé au PCDL, et de trois sirènes autonomes. Deux sont implantées dans le périmètre intérieur du Centre, et l'autre sur la commune de Saint Paul lez Durance. La communication entre le pupitre de déclenchement et les différentes sirènes est de type hertzien.

3.5.5 SÉCURITÉ DES RÉSEAUX

3.5.5.1 LIMITATION D'ACCÈS AUX INSTALLATIONS

Tous les répartiteurs secondaires et installations téléphoniques du Centre et de la maison d'hôtes sont exploités par le STIC et leur accès est réservé au personnel autorisé par ce service. En dehors des heures ouvrables, les locaux sont protégés par un contrôle d'accès et sont sous surveillance FLS.

Les locaux téléphoniques présents dans les différents bâtiments sont verrouillés. Ces locaux ne contiennent que les matériels appartenant au service téléphonique, à la télésurveillance et au réseau informatique. Certains travaux sont obligatoirement réalisés en dehors des heures ouvrables (coupure de câble ou de répartiteur, maintenance de l'autocommutateur) ; ils font l'objet d'une demande d'autorisation d'accès au locaux auprès de la FLS.

3.5.5.2 CONTINUITÉ DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU RÉSEAU DE TRANSMISSION

Les conditions de bon fonctionnement des équipements sont contrôlées en permanence et des alarmes de première urgence sont renvoyées 24h/24 au PCS.

L'alimentation de l'autocommutateur principal est secourue par un jeu de batteries et peut être réalimenté par un groupe électrogène. Tout défaut d'alimentation normale est reporté au PCS. Un ensemble de redresseurs, batteries, onduleurs propres à chaque concentrateur permettent d'assurer l'alimentation électrique permanente des locaux répartiteurs de zone avec une autonomie d'au moins 4 heures.

3.5.5.3 ASTREINTES DU PERSONNEL ET DISPOSITIONS DIVERSES

Pendant les heures ouvrables, l'exploitation des réseaux et des installations téléphoniques est assurée par un ou plusieurs techniciens permanents des prestataires du STIC.

En dehors des heures ouvrables, un service d'astreinte à domicile est assuré par les prestataires du STIC. L'appel de l'astreinte à domicile est décidé par le Chef de Brigade FLS.

En jours non ouvrables, et de 18h à 8h en jours ouvrables, un répondeur indique au correspondant appelant les heures d'ouverture et de fermeture du Centre ainsi que le numéro de téléphone du Chef de Brigade en cas d'urgence.

Avant chaque fermeture du standard, mais avec un décalage suffisant permettant l'intervention en cas de défaut, l'opérateur est tenu de faire les essais suivants :

- appel à la FLS pour essai du poste « secours » (avec confirmation de réponse),
- appel au SPR pour essai du poste « décontamination » (avec confirmation de réponse).

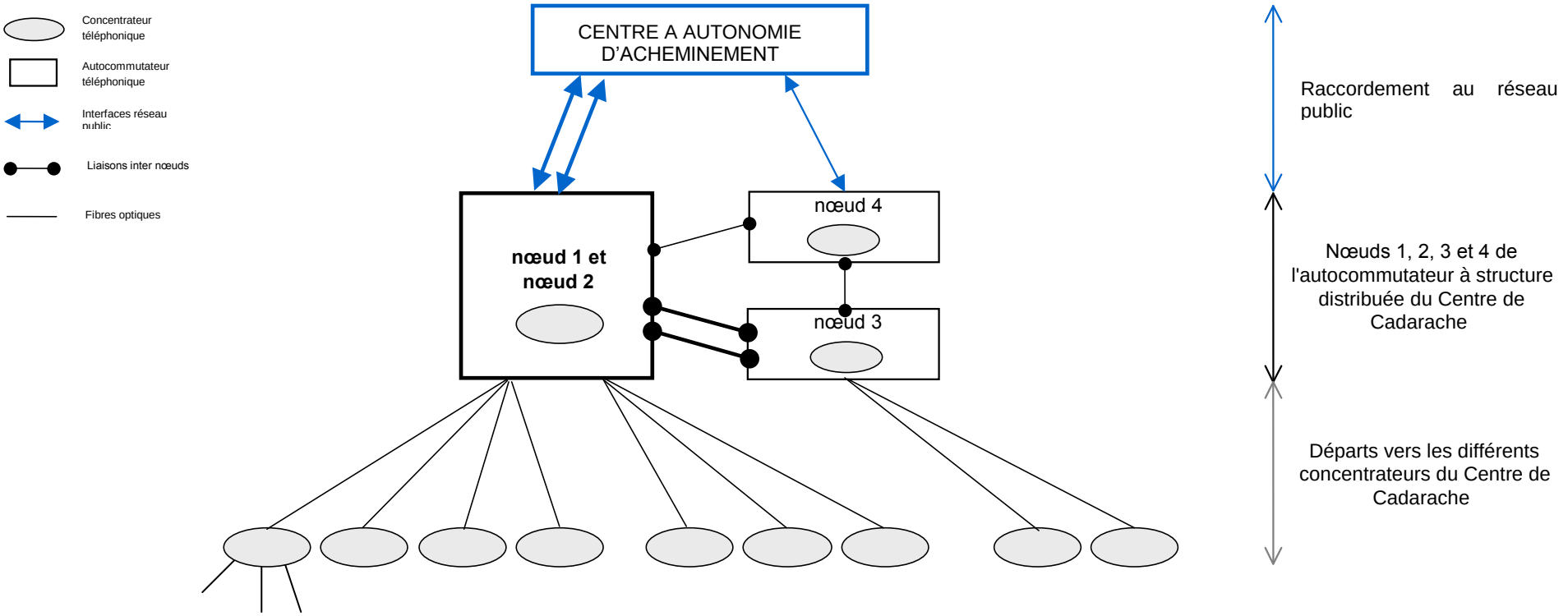
3.5.5.4 TESTS DES MOYENS DE COMMUNICATION

La FLS effectue tous les mois un test de l'ensemble des systèmes de communications de sécurité et de crise.

LISTE DES FIGURES

Figure 3.5.1 Réseau téléphonique primaire du Centre de Cadarache.

Figure 3.5.1 : Réseau téléphonique primaire du Centre de Cadarache



VOLUME 4

ASSISTANCE AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

CHAPITRE 1 : ORGANISATION DE LA SÛRETÉ, QUALITÉ

CHAPITRE 2 : SURVEILLANCE ET PROTECTION RADIOLOGIQUE DU PERSONNEL

CHAPITRE 3 : SURVEILLANCE ET INTERVENTIONS MÉDICALES LIÉES AUX ACTIVITÉS NUCLÉAIRES

CHAPITRE 4 : PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS FORMATION LOCALE DE SÉCURITÉ

CHAPITRE 5 : TRAITEMENT DES DÉCHETS

CHAPITRE 6 : TRANSPORTS RADIOACTIFS

VOLUME 4 - CHAPITRE 1

ORGANISATION DE LA SÛRETÉ, QUALITÉ

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S	O. CHARLENT DIR/IQ	J.-C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Mise à jour s'appuyant sur le Manuel de Management QSE du Centre et tenant compte de la nouvelle cartographie des processus en date du 11/09/2009. Prise en compte des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.

SOMMAIRE

4.1.1 GÉNÉRALITÉS 4

4.1.2 POLITIQUE ET OBJECTIFS 4

4.1.3 MANAGEMENT DU SYSTÈME QSE 5

4.1.3.1 ÉTABLISSEMENT DES CONTRATS D'OBJECTIFS 5

4.1.3.2 ORGANISATION DE LA QUALITÉ, DE LA SANTÉ-SÉCURITÉ-SÛRETÉ ET DE L'ENVIRONNEMENT 5

4.1.3.2.1 Les unités de soutien 6

4.1.3.2.2 Les unités de contrôle 8

4.1.3.2.3 Organisation de la prévention du risque criticité 9

4.1.3.2.4 L'ingénieur Qualité du Centre 10

4.1.3.2.5 Le Responsable Environnement du Centre 10

4.1.3.3 PILOTAGE DES PROCESSUS 10

4.1.3.3.1 Le Pilote 10

4.1.3.3.2 Les instances de concertation pour la Qualité, la Santé, la Sécurité et l'Environnement 11

4.1.3.4 PROCESSUS 11

4.1.4 MAÎTRISE ET AMÉLIORATION QSE 11

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 12

LISTE DES FIGURES 12

4.1.1 GÉNÉRALITÉS

La direction du CEA/Cadarache a mis en place un système de management pour orienter et contrôler l'amélioration continue des performances du Centre pour la qualité des recherches et développements, pour l'hygiène, la santé et la sécurité et pour la maîtrise de l'impact du site sur l'environnement afin d'accroître la satisfaction des parties intéressées en répondant à leurs besoins et leurs attentes.

Ce système est décrit d'une part dans le Manuel Qualité-Sécurité-Environnement (QSE) de la Direction de l'Energie Nucléaire (DEN) [4.1.1] et d'autre part dans le Manuel de Management QSE du Centre de Cadarache.

Le référentiel est constitué de tous les textes législatifs et réglementaires relatifs à la Qualité, à la Santé, à la Sécurité et à l'Environnement applicables aux activités menées par le CEA/Cadarache ; le Manuel Qualité du CEA [4.1.2], les normes ISO 9001, OHSAS 18001 et ISO 14001, ainsi que les Notes d'Instruction Générale sont pris en compte.

Le Manuel de Management QSE du Centre de Cadarache s'applique :

- en ce qui concerne la Qualité, aux activités conduites pour la DEN sous l'autorité du Directeur du CEA/Cadarache, à Cadarache, à Grenoble (SE2T et SSTH) et à Saclay (SA2P),
- en ce qui concerne la démarche environnementale, aux activités de la DEN menées sur le site de Cadarache,
- pour la sûreté nucléaire à l'ensemble des installations réglementées dont le CEA est l'exploitant (INB, INBS et ICPE),
- pour la santé et la sécurité au travail, à l'ensemble des unités du CEA exerçant leurs activités dans le périmètre de l'Établissement CEA/Cadarache.

4.1.2 POLITIQUE ET OBJECTIFS

Le Directeur du CEA/Cadarache décide de la politique et des objectifs Qualité, Santé, Sécurité et Environnement du Centre en cohérence avec ceux du CEA [4.1.2] et de la Direction de l'Energie Nucléaire [4.1.1], conformément à la Note d'Instruction Générale n° 465 [4.1.4].

La politique conduite pour le management de la qualité, de la santé, de la sécurité et de l'environnement repose sur :

- la satisfaction des exigences des clients et des parties intéressées,
- la qualité sans cesse exemplaire des activités,
- le caractère impératif de la santé et de la sécurité de chacun ainsi que de la sûreté des installations,
- la recherche de voies d'amélioration continue pour une diminution de l'impact des activités sur l'environnement et la prévention de la pollution,
- le respect de la réglementation, des directives de la direction générale et des engagements relatifs notamment à la conformité des installations et de leurs procédures d'exploitation.

Le Directeur revoit annuellement et communique la politique qu'il a décidé de mettre en oeuvre, notamment en matière de Qualité, de Santé, de Sécurité et d'Environnement.

Les objectifs que la Direction du Centre du CEA/Cadarache se propose d'atteindre sont suivis dans les tableaux de bord du Comité de Direction des Départements de la DEN (C3D) ou ceux de la revue de direction.

4.1.3 MANAGEMENT DU SYSTÈME QSE

Pour manager le système QSE, mettre en œuvre la politique qu'il décide et atteindre les objectifs qu'il fixe, le Directeur du Centre s'appuie sur :

- le Directoire ; il réunit l'échelon direction du CEA/Cadarache, les chefs de département de la DEN et des unités implantées, ainsi que les responsables des organismes hébergés,
- le C3D ; il réunit l'échelon direction du CEA/Cadarache et les chefs de département de la DEN,
- les unités ou personnes rattachés à la Direction (CSE, CSMN, IQ …)
- la hiérarchie (chefs de département, de service et de laboratoire),
- les revues de processus DEN,
- les revues de direction DEN et CAD.

4.1.3.1 Établissement des contrats d'objectifs

Un Contrat d'Objectifs Sûreté, Sécurité, Environnement (COSSE) est établi annuellement entre le Directeur du CEA/Cadarache et le Directeur de la DEN conformément à la procédure DEN [4.1.5]..

Il sert de support pour la préparation annuelle du budget de la DEN ainsi que pour le suivi de l'avancement des actions. Il sert également à mémoriser les actions « en attente » de financement et à garder la traçabilité des actions effectuées. Le COSSE a pour objectifs :

- identifier les actions qui permettent d'assurer la sécurité,
- décliner chaque année les actions sécurité prévues dans le Plan Moyen Long Terme à 10 ans (PMLT) Investissements patrimoniaux ou dans le schéma directeur de Centre,
- quantifier les ressources nécessaires pour ces actions,
- prioriser les actions,
- prendre en compte explicitement ces actions (Effectif Moyen Budgété, dépenses extérieures)
- garder une traçabilité des demandes.

Les jalons de ce contrat d'objectifs font l'objet d'un suivi semestriel lors de la revue de direction de Cadarache.

Des contrats d'objectifs Sûreté, Sécurité, Environnement sont également établis entre les départements de la DEN et le Directeur et précisent les actions qui seront menées dans ces domaines au cours de l'année.

4.1.3.2 Organisation de la qualité, de la santé-sécurité-sûreté et de l'environnement

Le Directeur du CEA/Cadarache est responsable de la qualité, de la santé, de la sécurité, de la sûreté et de l'environnement sur le Centre.

Il est en particulier le représentant local du CEA en tant qu'exploitant des installations, nucléaires ou non, vis-à-vis des autorités administratives. Il met en œuvre les moyens et procédures relatifs à la sécurité nucléaire. Il nomme les chefs d'installation et leurs suppléants lorsque ces derniers dépendent hiérarchiquement de lui. Il donne un avis conforme pour la nomination des chefs d'installations et de leurs suppléants dans les autres cas.

Le Directeur de Centre est, par ailleurs, responsable de la fonction de contrôle (dite de second niveau) dans les domaines de la sécurité et de la sûreté pour l'ensemble des installations et activités présentes sur le Centre, en s'assurant de l'indépendance entre, d'une part la fonction de contrôle, et d'autre part la ligne d'action et les moyens de soutien. Conformément à la circulaire de la Direction de Cadarache n°74 [4.1.6], le Directeur délégué à la sûreté sécurité est chargé de coordonner les activités de contrôle de second niveau.

Le Directeur du Centre met à la disposition des responsables de la ligne d'action :

- un support logistique regroupé essentiellement au sein du Département des Services de Sécurité (D2S) [4.1.7], comprenant le Service de Protection contre le Rayonnement (SPR), la Formation Locale de Sécurité (FLS), le Service de Santé au Travail (SST) et le Laboratoire d'Analyses Biologiques et Médicales (LABM), auquel s'ajoutent les Unités de Support Technique (UST) [4.1.8].
- un appui méthodologique et opérationnel dans le domaine de la sécurité nucléaire : le Service d'Assistance en Sûreté Sécurité (SA2S), rattaché au Département des Projets d'Installation et d'Emballages (DPIE) [4.1.9], est chargé notamment d'aider les unités dépendant de la Direction de Cadarache en matière de conseil et d'études en sûreté et sécurité.

Pour assurer la fonction de contrôle, le Directeur du Centre dispose de services et moyens spécialisés affectés à cette fonction [4.1.6] :

- la Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN) qui assure notamment l'interface avec les autorités de sûreté et la direction générale du CEA pour toutes les activités du Centre, et qui est chargée de la protection physique et du contrôle réglementaire des matières nucléaires présentes sur le Centre,
- La Cellule de Sécurité d'Établissement (CSE) qui est chargée notamment du contrôle de l'application de la législation et de la réglementation en matière de sécurité du travail. Le chef de la cellule assure en outre les fonctions d'Ingénieur de Sécurité de l'Établissement (ISE) ; à ce titre, il est le Conseiller du Directeur et met en œuvre la politique générale définie par la direction en matière de sécurité.

Cette organisation est complétée par l'Ingénieur Qualité (IQ) et le Responsable Environnement (RE) du Centre chargés de mettre œuvre la politique générale définie par la direction en matière de qualité, et d'environnement et d'en assurer le relais et l'application auprès des unités du Centre.

4.1.3.2.1 Les unités de soutien

4.1.3.2.1.1 Le service d'Assistance en Sûreté Sécurité (SA2S)

Au sein du DPIE [4.1.9], le SA2S :

- assiste toutes les unités CEA du Centre pour élaborer et maintenir à jour les référentiels de sûreté et de sécurité des installations,
- coordonne, en liaison avec les unités, la préparation des dossiers de sûreté et de sécurité communs à plusieurs installations du site,
- organise la sécurité des chantiers et des installations du DPIE et assure le suivi des plans de prévention concernant les contrats du DPIE,
- contribue à la réalisation des documents de sûreté pour les projets d'installations et d'emballages de transport,
- assure la gestion des contrôles réglementaires sur l'ensemble des installations du Centre (planification et suivi des visites périodiques et initiales, exploitation des rapports de contrôle).

L'Ingénieur Criticien du Centre (ICC), dont les missions sont décrites au paragraphe 4.1.3.2.3, est rattaché au SA2S.

Le SA2S fait appel, en tant que de besoin, à des experts internes ou externes au CEA.

4.1.3.2.1.2 Les supports logistiques

L'aide logistique apportée aux installations dans les domaines intéressant la sûreté et la sécurité concerne en particulier :

- la surveillance et la protection radiologique des travailleurs (chapitre 2 du présent volume) et de l'environnement assurées par le Service de Protection contre le Rayonnement (SPR) ;
- la surveillance et les interventions médicales (chapitre 3 du présent volume) assurées par le Service de Santé au Travail (SST) assisté du Laboratoire d'Analyses Biologiques et Médicales (LABM) ;
- la protection générale des installations dont la protection incendie (chapitre 4 du présent volume) assurée par la Formation Locale de Sécurité (FLS) ;
- la gestion des déchets radioactifs (chapitre 5 du présent volume) assurée par le Département de Services Nucléaires (DSN) ;
- le transport des matières radioactives (chapitre 6 du présent volume) est coordonné par le Service des Transports de Matières Radioactives (STMR) rattaché au Département de Services Nucléaires (DSN) ;
- le transport des matières dangereuses (chapitre 6 du présent volume) est coordonné par le correspondant du conseiller à la sécurité hors classe 7 et hors classe 1.

Compte tenu de leur importance pour la sûreté nucléaire et la sécurité des INB, les prestations d'assistance technique et de maintenance nécessitent un traitement et un suivi particulier. Elles ont été confiées aux Unités de Support Technique (UST) qui disposent d'un outil d'assistance informatique permettant de prescrire, réaliser et tirer le retour d'expérience des opérations de maintenance dont les modalités sont décrites ci-après :

- Un certain nombre de prestations d'assistance technique et de maintenance sont effectuées au profit des INB par les UST dans ses domaines de compétence. Il s'agit en particulier du Service Technique et Logistique (STL) pour la fourniture de fluides, la gestion des déchets conventionnels et des effluents, l'entretien du patrimoine immobilier et des infrastructures extérieures (voiries, espaces verts), la maintenance électromécanique.
- Par ailleurs, le Service des Technologies de l'Information et Communication (STIC) est chargé de la fourniture des moyens informatiques de communication et de transmission des informations nécessaires au fonctionnement du Centre. Les opérations de maintenance effectuées à l'intérieur des INB par ces services sont régies par des conventions qui ont pour but de formaliser les prestations générales de fourniture de moyens et les éventuelles demandes propres à chaque installation. Ces conventions font l'objet de révisions périodiques ou de revues de contrat ponctuelles à la demande de l'une des parties.

La Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) s'étend à tous les domaines de compétence précités et est effectuée par un prestataire sous la responsabilité du service maître d'ouvrage. C'est le chef de l'installation qui a la charge de renseigner le service compétent (STL ou STIC) de tout nouvel élément susceptible de modifier l'inventaire des matériels à contrôler ou pouvant relever d'essais périodiques. Les conventions entre les INB et le STL ou le STIC définissent l'exploitation du retour d'expérience tiré des anomalies et des non-conformités détectées lors des opérations de maintenance. La règle est que celui qui en fait la découverte (le prestataire et son service maître d'ouvrage ou le bénéficiaire) doit en faire état à l'autre partie dans les délais et les modalités prévus spécifiquement par la convention.

4.1.3.2.2 Les unités de contrôle

4.1.3.2.2.1 La Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN)

La Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires [4.1.6] est chargée :

- de veiller à la diffusion de la réglementation dans les domaines de la sûreté et de la sécurité des matières nucléaires,
- d'effectuer le contrôle de deuxième niveau, au sens de l'article 9 de l'arrêté du 10/08/84 0 pour les INB et les documents généraux du centre (PUI, PGSE, ...),
- d'assurer l'organisation et les contrôles de la conformité des ICPE à la réglementation, en particulier aux dispositions de l'arrêté préfectoral 2006-113 A du 25 septembre 2006 [4.1.11],
- d'assurer l'interface avec les autorités de sûreté, l'ASN pour les INB et les transports de matières radioactives, la DSND pour l'INBS PN et la DREAL pour les ICPE,
- d'instruire les demandes d'autorisation, relevant du Directeur de Centre dans les domaines de la sûreté des INB, du transport des matières radioactives et de la réglementation des ICPE,
- d'organiser les commissions de sûreté internes,
- de réaliser le contrôle de deuxième niveau des dossiers d'autorisation de détention des matières nucléaires, des études de sécurité, des protocoles expéditeur-destinataire et des dossiers destinés à l'EURATOM,
- d'organiser la transmission des informations relatives à la comptabilité des matières nucléaires et aux inventaires,
- d'assurer l'interface avec les autorités chargées de la protection et du suivi des matières nucléaires (Ministères et EURATOM),
- d'assister la Direction du Centre pour la déclaration des incidents significatifs,
- d'animer le Retour d'EXpérience (REX) des installations du Centre et celui tiré des Comptes-Rendus d'Evénements Significatifs (CRES) communiqués par les autres centres,
- de représenter la Direction de Centre lors des visites de surveillance et des inspections,
- d'assurer l'archivage des documents visés par les actions ci-dessus.

Pour ses missions relatives aux matières nucléaires, la cellule s'appuie notamment sur les textes suivants :

- la loi 80-572 du 25 juillet 1980 et les textes subséquents [4.1.12],
- le règlement EURATOM 3277/76 du 19 octobre 1976 modifié [4.1.13],
- les notes d'instruction générales CEA :
  - NIG 564 du 1er janvier 2008 relative à l'organisation de la sécurité au CEA [4.1.14],
  - NIG 475 du 28 mars 2002 relative à la protection et au contrôle des matières nucléaires au CEA [4.1.15].

4.1.3.2 2.2 La Cellule de Sécurité d'Établissement (CSE)

Elle est chargée du contrôle de l'application de la législation, de la réglementation en matière de sécurité du travail, de la protection du patrimoine et de la gestion des accès sur le centre. Elle exerce dans les domaines de la sécurité non nucléaire pour le compte du Directeur, une mission générale de contrôle pour l'ensemble du centre. La cellule prépare et met en œuvre l'organisation du centre en cas de crise.

Le Chef de la Cellule assure également les fonctions d'Ingénieur de Sécurité d'Établissement (ISE), qui est chargé, avec son équipe, du contrôle de l'application de la législation, de la réglementation en matière de sécurité et de la conduite de la politique de prévention. Il exerce dans les domaines non nucléaires, pour le compte du Directeur, une mission générale de contrôle en matière de sécurité pour l'ensemble du Centre. Il assure également le secrétariat de la Commission Locale de Sécurité du Site (CLSS). En outre, il contribue à l'élaboration des objectifs et au suivi de l'application des plans de prévention et de sécurité du Centre. D'une manière générale, il exerce les missions définies par la circulaire SG n°56 [4.1.16] en fonction de son expérience professionnelle en matière de prévention des risques.

Nota :

- l'Agent de Sécurité des Systèmes d'Information du Centre (ASSI) - chargé de la sécurité des systèmes d'information - est désormais rattaché au Service des Technologies de l'Information et Communication (STIC).
- l'Ingénieur Qualité (IQ) et le Responsable Environnement (RE) du Centre sont rattachés à la CSE

4.1.3.2.3 Organisation de la prévention du risque criticité

L'organisation du CEA/Cadarache dans le domaine de la prévention du risque de criticité est définie dans une circulaire de la direction du Centre [4.1.18], en application de la circulaire n°10 du Manuel CEA de la sûreté nucléaire dont l'objet a été de renforcer les actions de sûreté en matière de criticité en tirant les leçons notamment du retour d'expérience des accidents de criticité.

Cette circulaire s'applique à toutes les installations du Centre dont le CEA est l'exploitant nucléaire et dont les activités présentent un risque de criticité, y compris les transports de matières fissiles et les ICPE nucléaires.

Les compétences et les responsabilités associées en matière de prévention du risque de criticité sont réparties en lignes d'action et de contrôle de la façon suivante :

- pour la ligne d'action, des **Ingénieurs Qualifiés en Criticité** (IQC), personnes compétentes désignées dans la ligne opérationnelle au niveau des installations, dont le rôle est d'identifier les problématiques de sûreté criticité et d'organiser les actions visant à les traiter. Parmi leurs missions, les IQC doivent organiser et animer la formation des opérateurs et du personnel d'encadrement vis-à-vis de la prévention du risque de criticité ;
- pour le soutien, un **Ingénieur Criticien de Centre** (ICC), nommé par le Directeur de Centre, qui est l'expert chargé du support aux unités et aux chefs d'installation en matière de criticité. Il assure, à ce titre, le soutien technique aux IQC des lignes opérationnelles ; l'ICC est rattaché au DPIE/SA2S. Il rend compte au Directeur du Centre de situations particulières concernant la criticité sur le Centre et lui présente un bilan annuel des actions qu'il a menées ; parmi ses missions, l'ICC participe notamment à la formation des IQC des installations du Centre et soutient ces derniers lors des séances de formation des opérateurs et du personnel d'encadrement ;
- pour la fonction de contrôle du Centre, un **Spécialiste en Criticité** (SC), placé sous la responsabilité du chef de la Cellule de Sûreté et des Matières Nucléaires (CSMN), qui assure la fonction de contrôle du bon fonctionnement de l'organisation relative à la prévention du risque de criticité tel que prévu par l'article 9 de l'arrêté du 10 août 1984 relatif aux INB [4.1.10] ; son périmètre d'action s'étend à toutes les installations du Centre et à la nature des actions mises en œuvre par l'IQC et l'ICC.

4.1.3.2.4 L'ingénieur Qualité du Centre

L'ingénieur Qualité du Centre (IQ Centre) met en œuvre la politique générale définie par la direction en matière de qualité. Il en assure le relais et l'application auprés des unités du Centre. Il développe le système de management QSE et s'assure de sa performance.

Un réseau, composé des Ingénieurs Qualité (IQ) des départements / unités et des correspondants Qualité dans les services et, éventuellement, dans les laboratoires et installations, permet de relayer la mise en œuvre de la démarche.

4.1.3.2.5 Le Responsable Environnement du Centre

Le Responsable Environnement du Centre (RE) est le conseiller direct du Directeur du Centre pour l'application de la réglementation et la conduite de la politique en matière d'environnement. Il exerce une mission de soutien et de conseil aux unités et, pour le compte du Directeur du Centre, une mission générale de contrôle pour l'ensemble du Centre.

Un réseau, composé des Correspondants Environnement des installations, permet de relayer la mise en œuvre de la démarche environnementale du Centre.

4.1.3.3 Pilotage des processus

Le pilotage des processus est réalisé au niveau DEN pour l'ensemble des activités des trois directions opérationnelles de la DEN (Cadarache, Marcoule et DANS).

Chaque processus est piloté de manière continue par un pilote de processus qui est assisté d'un comité de pilotage composé par des représentants des acteurs principaux (stratégiques et opérationnels) du processus. Ce comité participe à la revue du processus et assiste le pilote dans ses responsabilités.

4.1.3.3.1 Le Pilote

Le pilote de processus est désigné par le DEN. Il est chargé principalement de :

- la déclinaison au niveau de son processus des objectifs DEN,
- la communication de la stratégie et des objectifs du processus,
- la maîtrise du processus,
- la surveillance du processus,
- la mise en oeuvre de l'amélioration continue de son processus.

Le comité se réunit régulièrement. Chaque pilote de processus peut inviter lors de ces instances, des experts en tant que de besoin. Il est assisté d'un membre de la fonction Qualité de son choix qui tient le rôle de secrétaire technique du comité de pilotage.

La circulation et l'intégration des informations montantes et descendantes entre les unités opérationnelles (départements) et les processus DEN sont effectuées par les différentes instances (décisionnelles, d'information ou de coordination), puis relayées par les représentants des Directions Opérationnelles, désignés par celles-ci, au pilote de processus. Les outils sont adaptés à la capitalisation, l'analyse et la fourniture des données.

Chaque pilote de processus décline pour son processus la politique et les axes stratégiques DEN en objectifs mesurables.

En plus de leur rôle clé permettant d'assurer la cohérence des efforts, le déploiement des objectifs DEN jusqu'au niveau des salariés est un instrument essentiel de la motivation des personnes, en mettant

clairement en évidence la contribution de chacun à tous les niveaux pour atteindre la performance globale y compris sur les méthodes de surveillance et de pilotage.

Sur la base de ces principes, plusieurs niveaux de déploiement des objectifs sont définis et validés, pour transmettre jusqu'aux salariés les objectifs DEN.

Des groupes de travail spécifiques, impliquant des salariés de la DEN, sont mis en oeuvre dans le cadre d'une démarche de progrès. Ces salariés fournissent les ressources et les compétences nécessaires à la résolution de problème identifié dans la cadre du SM DEN.

Ils servent aussi à vérifier et valider les solutions proposées et à vérifier leur applicabilité à l'ensemble de la DEN.

4.1.3.3.2 Les instances de concertation pour la Qualité, la Santé, la Sécurité et l'Environnement

Les instances de concertation de la direction du CEA/Cadarache sur le système de management de la qualité, de la santé, de la sécurité et de l'environnement sont :

- le **COMET** (Comité d'Établissement)
- le **C3D** (Comite de Direction des Départements de la DEN)
- l'audience des **D**élégués du **P**ersonnel (DP),
- le **C**omité d'**H**ygiène, de **S**écurité et des **C**onditions de **T**ravail (CHSCT), dont les attributions sont fixées par la convention du travail,
- les commissions ou comités constitués pour examiner des sujets particuliers : **C**ommission **L**ocale de **S**écurité du **S**ite (CLSS), **C**ommission de **S**ûreté **I**nterne, **C**omité de **S**uivi des **P**rojets (CSP)…

4.1.3.4 Processus

L'ensemble des processus dont la cartographie est présentée en Figure 4.1.1 sont décrits dans le Manuel QSE de la DEN [4.1.1].

La cartographie des processus DEN identifie à la fois les processus de direction (ou de management), de réalisation (pilotage stratégique et réalisation opérationnelle du produit), et de support.

Les processus sont décrits par des dossiers de processus à partir des meilleures pratiques existant à la DEN.

4.1.4 MAÎTRISE ET AMÉLIORATION QSE

La surveillance du système de management et des processus de la DEN/Cadarache repose sur :

- les différents acteurs, chacun dans leur mission,
- l'évaluation des risques associés à la conduite des opérations et activités et à des aspects environnementaux significatifs identifiés de façon à en maîtriser leurs impacts,
- la surveillance des accidents / incidents, de la détérioration de la santé et des autres signes avant coureurs de performances insuffisantes en matière de santé et de sécurité,
- la pertinence des indicateurs et l'examen de leur évolution,
- l'identification et le traitement des événements anormaux / non-conformités,
- la mise en œuvre d'actions d'amélioration, qui comprend notamment la détermination des moyens permettant d'empêcher tout(e) événement anormal / non-conformité et d'en éliminer les causes à travers des actions correctives et préventives,
- la réalisation d'audits,
- la satisfaction des parties intéressées,
- les revues de processus DEN organisées annuellement,
- la revue de direction du Centre du CEA/ Cadarache, à minima annuelle, qui statue sur la performance du système mis en place.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.1.1] Manuel QSE de la DEN.

[4.1.2] Manuel Qualité du CEA

[4.1.3] Fascicule de Management du Centre de Cadarache

[4.1.4] NIG 465 du 11 mai 2001 relative aux missions et attributions des Directeurs de Centre.

[4.1.5] Procédure DEN n°00SYQ N000 PR0095 du 02 mars 2010 relative à la prise en compte de la sécurité dans le processus budgétaire de la DEN.

[4.1.6] Circulaire CEA Cadarache n°74 du 4 juin 2008 relative à l'organisation de l'Échelon Direction.

[4.1.7] Circulaire CEA Cadarache n°68 du 3 janvier 2008 relative aux missions et à l'organisation du Département des Services de Sécurité (D2S).

[4.1.8] Circulaire CEA Cadarache n°76 du 1er juillet 2008 relative aux missions et à l'organisation des Unités de Support Technique (UST).

[4.1.9] Circulaire CEA Cadarache n°86 du 1er janvier 2010 relative aux missions et à l'organisation du Département des Projets d'Installations et d'Emballages (DPIE).

[4.1.10] Arrêté du 10 août 1984 relatif à la qualité de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations nucléaires de base.

[4.1.11] Arrêté préfectoral 2006-113 A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance.

[4.1.12] Loi 80-572 du 25 juillet 1980 sur la protection et le contrôle des matières nucléaires.

[4.1.13] Règlement EURATOM 3277/76 du 19 octobre 1976 modifié.

[4.1.14] NIG 564 du 1er janvier 2008 relative à l'organisation de la sécurité au CEA.

[4.1.15] NIG 475 du 28 mars 2002 relative à la protection et au contrôle des matières nucléaires au CEA.

[4.1.16] Circulaire DCS SG n°56 du 24 février 1992 relative aux missions des Ingénieurs de Sécurité d'Établissement dans les Centres CEA.

[4.1.17] Circulaire DCS n°29 du 17 mars 1999 relative aux missions – désignation des agents de sécurité des systèmes d'information.

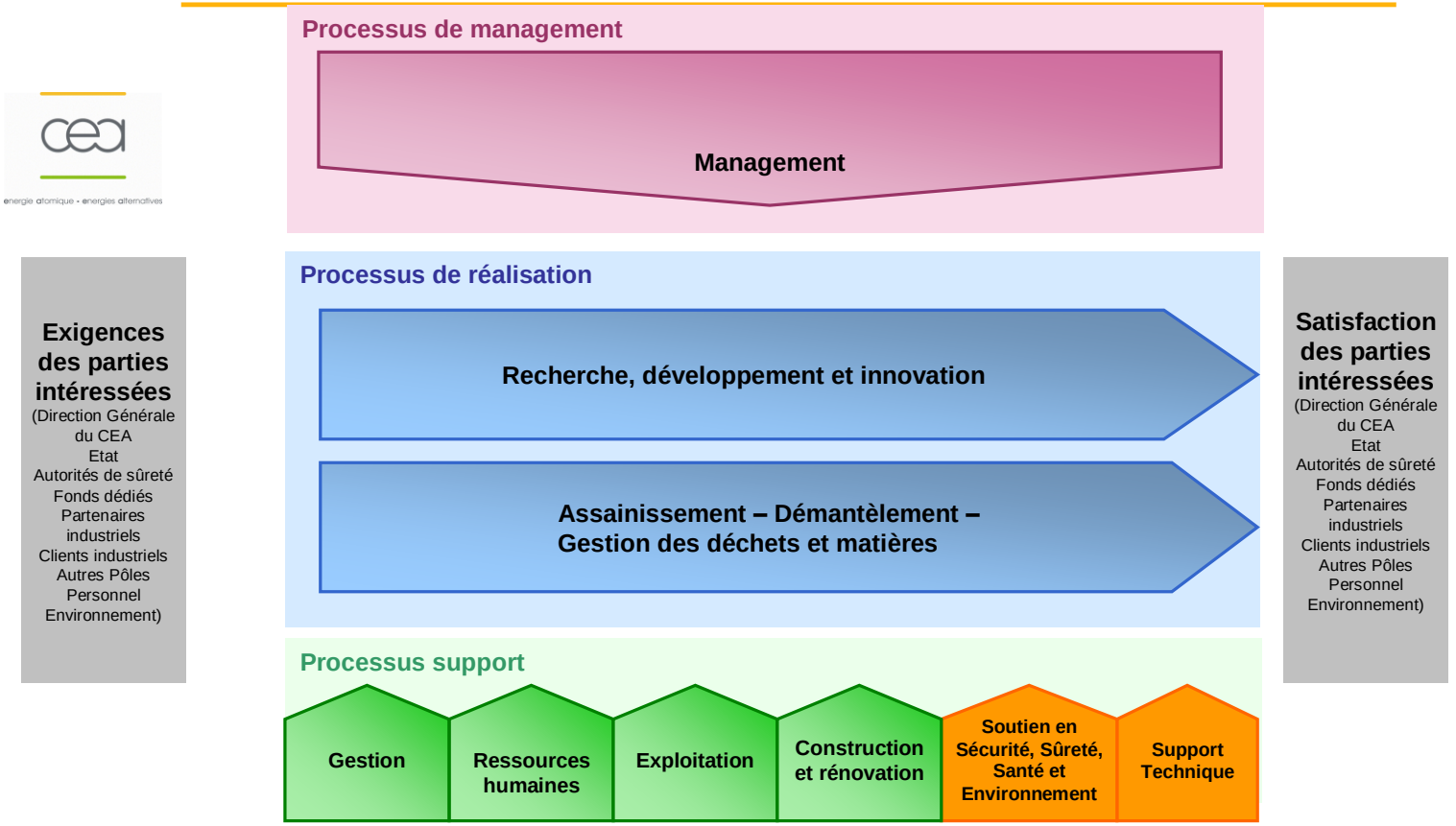
[4.1.18] Circulaire CEA Cadarache n°80 du 7 avril 2009 relative à l'organisation du CEA/Cadarache dans le domaine de la prévention du risque de criticité.

LISTE DES FIGURES

Figure 4.1.1 Cartographie des processus de la DEN.

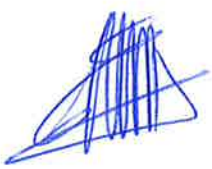
Figure 4.1.1 : Cartographie des processus à la DEN

Cartographie des processus à la DEN



VOLUME 4 - CHAPITRE 2

SURVEILLANCE ET PROTECTION RADIOLOGIQUE DU PERSONNEL

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
C. GUY D2S/SPR	C. RONOT DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation et les demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	02/02/17	Prise en compte de la demande 8.1 de l'annexe 1 de la lettre CODEP-DRC-2015-041353 du 3 novembre 2015 de l'ASN. Mise à jour des références et des § 4.2.5.1 et 4.2.5.3.

SOMMAIRE

4.2.1 INTRODUCTION 4

4.2.2 MISSIONS ET RÔLE DE LA DIRECTION DE CENTRE CONCERNANT LA RADIOPROTECTION 4

4.2.3 MISSIONS DU SERVICE DE PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS.. 4

4.2.3.1 MISSIONS DÉVOLUES AU SPR PAR LA DIRECTION DE CENTRE 4

4.2.3.2 MISSIONS DÉVOLUES AU SPR PAR LE CODE DU TRAVAIL AU TITRE DE SERVICE COMPÉTENT EN RADIOPROTECTION 5

4.2.4 ORGANISATION OPERATIONNELLE DU SPR 5

4.2.5 DISPOSITIONS PREVENTIVES POUR LA PROTECTION DU PERSONNEL CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS 6

4.2.5.1 CLASSEMENT RADIOLOGIQUE DU PERSONNEL 6

4.2.5.2 ZONAGE DE RADIOPROTECTION DES INSTALLATIONS 7

4.2.5.3 FICHE PROFESSIONNELLE NOMINATIVE 7

4.2.5.4 APPLICATION DE LA DÉMARCHE ALARA 7

4.2.6 FORMATION - INFORMATION DU PERSONNEL 8

4.2.7 MISE À DISPOSITION DES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE 8

4.2.8 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE INDIVIDUELLE 9

4.2.8.1 SUIVI DOSIMÉTRIQUE 9

4.2.8.1.1 Dosimétrie passive 9

4.2.8.1.2 Dosimétrie « active » 9

4.2.8.2 SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENT DES POSTES DE TRAVAIL 9

4.2.8.3 CONTRÔLE RÉALISÉS PAR L'IRSN OU PAR DES ORGANISMES AGRÉÉS 10

4.2.9 SURVEILLANCE COLLECTIVE 10

4.2.9.1 MATÉRIEL À POSTE FIXE 10

4.2.9.2 MATÉRIEL MOBILE 10

4.2.10 INTERVENTION EN SITUATION INCIDENTELLE OU ACCIDENTELLE 11

4.2.11 RÉGIME DE TRAVAIL 11

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 12

4.2.1 INTRODUCTION

La surveillance radiologique du personnel est régie au CEA par des documents de différents types.

Au niveau du CEA, la prise en compte de l'ensemble des exigences réglementaires liées à la radioprotection et de leur évolution récente a fait l'objet d'un document intitulé « Règles Générales de Radioprotection (RGR) du CEA » en référence [4.2.1]. Ce document s'applique dorénavant à toute installation du CEA (nouvelle ou ancienne).

L'organisation de la radioprotection sur le Centre CEA de Cadarache découle de l'application de la Note d'Instruction Générale du CEA n° 546 [4.2.2]. Elle définit précisément l'organisation de la radioprotection dans les centres et les installations CEA, et en particulier les obligations réciproques du Directeur du centre, du SPR et du Chef d'installation.

4.2.2 MISSIONS ET RÔLE DE LA DIRECTION DE CENTRE CONCERNANT LA RADIOPROTECTION

En qualité de chef d'Établissement, le Directeur de Centre exerce les missions, en matière de prévention, de surveillance, de formation et d'information, de contrôle et d'intervention, qui résultent des dispositions législatives et réglementaires en matière de protection contre les rayonnements ionisants.

Il est responsable de la sécurité radiologique des personnes présentes sur le Centre. A ce titre, il fait appliquer les Règles Générales de Radioprotection (RGR) du CEA [4.2.1] en les complétant le cas échéant par des consignes particulières propres à son centre, et fixe les objectifs de dosimétrie.

Il est également chargé :

- d'assurer la surveillance des installations du centre et de son environnement,
- d'organiser le suivi dosimétrique des travailleurs,
- de contrôler l'efficacité de l'organisation de la radioprotection mise en place dans son centre et dans les installations qui lui sont rattachées.

Pour l'ensemble de ces missions, le Directeur de Centre s'appuie d'une part sur un Service Compétent en Radioprotection (SCR), conformément aux dispositions du code du Travail, et d'autre part sur la cellule du centre qui est chargée de la fonction de contrôle en radioprotection.

4.2.3 MISSIONS DU SERVICE DE PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS

4.2.3.1 MISSIONS DÉVOLUES AU SPR PAR LA DIRECTION DE CENTRE

Le Service de Protection contre les rayonnements est chargé des missions suivantes :

- assister le Directeur pour les questions relatives à la radioprotection des personnes et des biens,
- assurer, sur le CEA Cadarache, l'exécution des missions de protection contre les rayonnements ionisants, notamment celles relevant de la Personne Compétente en Radioprotection et du Service Compétent en Radioprotection,
- intervenir en cas d'incident ou d'accident radioactif, afin d'effectuer toutes les mesures nécessaires à l'évaluation des conséquences sur l'environnement et de participer à certaines opérations, notamment dans le cadre des plans d'intervention,
- former et informer le personnel des principes de prévention, des règles générales et des consignes particulières de protection contre les rayonnements ionisants,

- rendre compte au Directeur des anomalies détectées.

4.2.3.2 MISSIONS DÉVOLUES AU SPR PAR LE CODE DU TRAVAIL AU TITRE DE SERVICE COMPÉTENT EN RADIOPROTECTION

Pour l'exercice des missions réglementaires « régaliennes » qui lui sont dévolues par le code du travail, le SPR est organisé de la façon suivante :

Le SPR du CEA/Cadarache, est le « Service Compétent en Radioprotection » (SCR) tel que défini par la réglementation. Il regroupe des « Personnes Compétentes en Radioprotection » (PCR) ayant reçu la formation prévue par le code du travail, ainsi que des techniciens qualifiés en radioprotection.

Le chef de Service et son adjoint ont la qualité de PCR, ainsi que les chefs d'unités qui rendent compte directement au chef du SCR. Les PCR sont nommées par le Directeur de centre après avis du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT). Les missions et responsabilités des PCR sont précisées dans leur note de mission.

En application de la NIG n°546 [4.2.2], les personnes du SPR titulaires d'une attestation de PCR et étant en droit d'exercer cette activité sont le chef de service, son adjoint et, au CEA/Cadarache, les chefs de Laboratoire de Radioprotection d'Installation (LRI).

Les Laboratoires de Radioprotection des Installations (LRI) sont constitués d'équipes locales d'agents de radioprotection détachés par le Chef du SPR dans les installations. Ces agents restent gérés par le Chef du SPR et assurent les missions de radioprotection telles que la prévention, la gestion de la dosimétrie, la formation, les contrôles radiologiques, l'intervention, etc.

Cette organisation garantit la remontée rapide des écarts potentiels ou réels détectables au niveau des installations vers l'échelon de Direction du SPR/Cadarache, et en retour, l'application d'actions correctives et / ou préventives vers l'ensemble des installations, si nécessaire.

4.2.4 ORGANISATION OPERATIONNELLE DU SPR

Le Service de Protection contre les Rayonnements est placé sous l'autorité du Chef de Service et comprend les laboratoires suivants :

- le Laboratoire de Radioprotection des Installations Combustibles (LRIC),
- le Laboratoire de Radioprotection des Installations Déchets (LRID),
- le Laboratoire de Radioprotection des Installations Réacteurs (LRIR),
- le Laboratoire d'Analyse Nucléaire et de Surveillance de l'Environnement (LANSE).

Les Laboratoires de Radioprotection des Installations sont chargés de :

- la prévention (application de la démarche ALARA, évaluation des risques radiologiques des postes de travail, etc.),
- la gestion et le suivi de la dosimétrie du personnel,
- la surveillance radiologique des personnels et des lieux de travail,
- le contrôle des rejets liquides et gazeux,
- les contrôles et essais périodiques relatifs à la radioprotection (contrôles des appareils de radioprotection, contrôles techniques d'ambiance, etc.),
- les contrôles de radioprotection dans le cadre des expéditions/réceptions des emballages de matières nucléaires, et des expéditions de fûts de déchets et du linge issu de zone réglementée,
- l'intervention en situation radiologique incidentelle ou accidentelle,
- de former et d'informer le personnel des principes de prévention, des règles générales et des consignes particulières de protection contre les rayonnements ionisants.

Les installations (INB, INBS, ICPE) surveillées par l'un des Laboratoires de Radioprotection des Installations sont regroupées autour d'une thématique commune : installations liées aux combustibles, réacteurs et réacteurs de recherche, installations liées au traitement des déchets radioactifs. Le regroupement d'installations similaires dans un même thème permet d'assurer une cohérence dans la surveillance radiologique par les équipes d'un même laboratoire, ainsi que le partage des compétences et du retour d'expérience.

Des missions à caractère transverse ou complémentaire sont réparties dans les différents Laboratoires de Radioprotection des Installations et confiées à des responsables techniques et des responsables d'affaires :

- gestion des procédures générales de radioprotection (contrôle des sources et des générateurs de rayonnement ionisant, zonage radiologique, programme de contrôle des essais périodiques, procédure de traitement des événements radiologiques, procédure de contrôle radiologique des transports de matières nucléaires, etc.),
- contrôle des filtres et pièges à iode équipant les émissaires atmosphériques des installations,
- logistique de suivi dosimétrique du personnel,
- logistique de suivi des Appareils de Protection des Voies Respiratoires (APVR),
- étalonnage des dosimètres et des radiamètres,
- gestion de l'intervention en situation incidentelle ou accidentelle,
- contrôles périodiques de l'étalonnage des appareils mobiles de radioprotection

Le Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement est chargé :

- d'assurer la surveillance du site et de son environnement tant par les mesures directes que par l'analyse des prélèvements (cf. Volume 5),
- de réaliser l'ensemble des analyses radiologiques des effluents gazeux et liquides des installations,
- de réaliser des analyses radiologiques des échantillons des installations,
- d'assurer l'organisation de l'intervention radiologique.

L'ensemble des actions effectuées par le SPR au titre des missions qui lui sont confiées fait l'objet de documents structurés dans le cadre de l'assurance de la qualité (protocoles, consignes, procédures et comptes rendu). Le LANSE est accrédité par la COFRAC pour l'étalonnage et les essais. Le LRID est accrédité COFRAC pour les activités relatives à l'étalonnage photons et neutrons des appareils de mesure de radioprotection.

4.2.5 DISPOSITIONS PREVENTIVES POUR LA PROTECTION DU PERSONNEL CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS

4.2.5.1 CLASSEMENT RADIOLOGIQUE DU PERSONNEL

Le classement radiologique du personnel est fonction de l'importance du risque. Il est établi conformément aux Règles Générales de Radioprotection [4.2.1] :

- les salariés de catégorie A qui, dans les conditions normales de travail, sont susceptibles de recevoir une dose supérieure aux 3/10èmes des limites d'exposition sur douze mois consécutifs, fixées à 20 mSv par la réglementation en vigueur au moment de la rédaction (Code du Travail), pour la dose efficace reçue,
- les salariés de catégorie B qui sont les salariés exposés aux travaux sous rayonnements ne relevant pas de la catégorie A,
- les travailleurs non exposés : les travailleurs non exposés aux rayonnements ionisants, dans le cadre de leur activité professionnelle, sont appelés non exposés. En conséquence ils ne sont pas

susceptibles de recevoir des doses supérieures à l'une des limites de dose fixée pour les personnes du public.
Les travailleurs non classés A ou B sont considérés comme des travailleurs non exposés.

Les conditions d'affectation d'un salarié du CEA ou d'une société extérieure dans l'une ou l'autre des catégories, ainsi qu'une description plus détaillée des nuisances radiologiques auxquelles il peut être soumis, sont décrites dans les RGR [4.2.1] (cf. § 4.2.5.3).

4.2.5.2 ZONAGE DE RADIOPROTECTION DES INSTALLATIONS

Le zonage de radioprotection des installations est fondé sur la réglementation, les règles générales de radioprotection du CEA [4.2.1] et une procédure SPR.

Le chef d'établissement définit différentes zones de radioprotection et zones réglementées conformément au Code du travail (partie relative à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants).

A l'intérieur de chaque zone contrôlée et lorsque, compte tenu notamment des débits de dose et de la contamination radioactive, l'exposition est susceptible d'atteindre ou de dépasser certains niveaux fixés par arrêté, le chef d'établissement prend toutes dispositions pour que soient délimitées des zones spécialement réglementées ou interdites.

Les nouvelles définitions des zones issues de l'évolution de la réglementation a parfois conduit à la proposition de déclassement de zones réglementées au sein des installations. Cependant, et afin de tenir compte des données constructives des installations, des zones dites « attenantes » à des zones surveillée ou contrôlée ont été définies.

Nota : La Zone Non Réglementée est une zone dans laquelle les personnels ne sont soumis à aucune exposition du fait de leur travail. C'est une notion propre au CEA.

4.2.5.3 FICHE PROFESSIONNELLE NOMINATIVE

Le SPR assiste les ingénieurs sécurité des installations pour le renseignement des informations portées dans le volet radiologique des Fiches Professionnelles Nominatives des salariés. Pour ce faire, les salariés SPR s'appuient sur les RGR [4.2.1].

4.2.5.4 APPLICATION DE LA DÉMARCHE ALARA

De manière générale, le SPR fournit un avis sur tous les travaux ou manipulations en présence de rayonnements ionisants et participe à l'élaboration des projets d'installations, modifications, travaux et manipulations.

Le bien-fondé des choix ou conseils qu'il est amené à dispenser auprès des Chefs d'Installation, s'appuie à la fois sur le respect des Règles Générales de Radioprotection et sur l'application de la démarche ALARA.

Le SPR instruit la partie radiologique ou valide l*es Dossiers d'Intervention en Milieu Radioactif* dont la réalisation est préalable à toute opération à caractère ponctuel ou générique. Les critères de formalisation de la démarche ALARA sont précisés dans la procédure SPR en référence [4.2.3]. Ces dossiers d'intervention présentent :

- la situation radiologique initiale,
- la dosimétrie prévisionnelle établie sur la base des opérations à mener, en s'appuyant si possible sur la connaissance d'opérations similaires antérieures,
- les consignes de radioprotection particulières à l'intervention et notamment les mesures de contrôle en fonction de la dosimétrie attendue,
- le suivi dosimétrique des personnels ayant participé à l'intervention,

- le retour d'expérience.

Ce dossier permet la mise en œuvre de l'opération concernée et garantit l'application du principe ALARA de façon proportionnée au risque radiologique.

Le SPR élabore, en liaison avec les Chefs d'Installation, les consignes générales et particulières, les demandes de dérogation, l'ensemble des mesures à prendre en cas d'incident ou d'accident.

Le SPR fournit également une assistance pour l'élaboration des Rapports (ou autres documents) de Sûreté des installations nucléaires. Il établit les consignes de radioprotection qui sont jointes aux Règles Générales d'Exploitation de l'installation (RGE).

4.2.6 FORMATION - INFORMATION DU PERSONNEL

Toutes les personnes appelées à travailler en présence de rayonnements ionisants sont informées des risques liés à l'exposition aux rayonnements, des règles de radioprotection mises en œuvre dans l'établissement ainsi que des règles de prévention et de protection qui y sont applicables et notamment de la nécessité de se conformer aux consignes de sécurité et aux prescriptions médicales. Tout le personnel potentiellement exposé aux rayonnements ionisants reçoit une formation générale renouvelée tous les trois ans dispensée par l'employeur et une formation spécifique sur l'installation. Le SPR participe à la formation qui présente les risques radiologiques liés à l'installation et les règles de conduite à tenir en cas d'accident. Dans le cas de chantiers sous-traités indépendants dans lesquelles le risque radiologique est inhérent au métier de l'entreprise, la formation aux postes de travail est dispensée par l'employeur conformément à la réglementation.

Le SPR organise des séances :

- d'instruction auprès du personnel du CEA nouvellement arrivé au CEA Cadarache,
- de formation générales aux risques radiologiques du personnel du CEA classé A et B,
- d'informations générales relatives aux risques radiologiques dans le cadre des "Semaines de Sécurité",
- d'informations relatives aux risques radiologiques spécifiques à chaque installation.

De plus, de par leur présence dans les installations, les salariés du service de radioprotection sont amenés à fournir tous les compléments nécessaires en matière de radioprotection pour le poste de travail occupé.

4.2.7 MISE À DISPOSITION DES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

Des tenues de travail adaptées aux risques sont mises en œuvre par le Chef d'Installation en concertation avec les équipes de radioprotection :

- appareil respiratoire filtrant,
- appareil respiratoire isolant,
- tenues vinyle,
- tenues ventilées,
- tablier de plomb.

4.2.8 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE INDIVIDUELLE

4.2.8.1 SUIVI DOSIMÉTRIQUE

4.2.8.1.1 Dosimétrie passive

Les règles de port et les périodicités de lecture de la dosimétrie réglementaire passive sur le site de Cadarache sont conformes à la réglementation.

Le SPR assure la gestion des dosimètres fournis au personnel du CEA. Selon la nature des postes de travail, ces dosimètres peuvent être de différents types, afin d'être toujours le mieux adapté au rayonnement considéré.

Un bilan annuel est réalisé à la demande des autorités de sûreté et des enquêtes dosimétriques peuvent être initiées suite à un écart significatif relevé.

4.2.8.1.2 Dosimétrie « active »

Le SPR assure la gestion du système d'exploitation de dosimétrie "active" (électronique à alarme) qui permet l'attribution des badges dosimètre à tout salarié de catégorie A ou B intervenant en zone contrôlée, quel que soit son employeur, ainsi que l'enregistrement des doses en temps réel à chaque intervention en zone contrôlée.

Pour les installations dans lesquelles le dosimètre actif s'avèrerait non adapté (rayonnement béta ou gamma de faible énergie, rayonnement neutron, etc.), une dosimétrie *supplétive* ou *complémentaire* est mise en place par le chef d'installation après avis du SPR, ou par le responsable de l'entreprise extérieure pour son personnel après avis de sa Personne Compétente en Radioprotection.

Les résultats sont régulièrement transmis à l'application nationale SISERI de manière hebdomadaire et tenus à disposition sur site ou transmis aux PCR des entreprises prestataires.

Les résultats sont analysés et régulièrement transmis aux autorités compétentes. Les doses supérieures à des seuils définis par catégorie d'agent (A ou B) sont analysées et peuvent faire l'objet d'enquête dont les conclusions sont transmises au Service de Santé du Travail pour étude et action.

Les résultats de la dosimétrie active sont utilisés pour assurer le suivi des opérations en zone contrôlée, pour comparer les doses reçues avec les doses prévisionnelles et pour prendre les mesures correctrices en concertation avec le chef d'installation en cas de dépassement.

4.2.8.2 SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS ET AMÉNAGEMENT DES POSTES DE TRAVAIL

D'un point de vue pratique, le SPR joue un rôle d'assistance aux intervenants potentiellement ou effectivement exposés aux rayonnements ionisants. L'assistance technique auprès des chefs d'installation est réalisée principalement par le Responsable Technique de la zone concernée. Dans le cadre de cette mission générale, les personnels du SPR interviennent en tant que de besoin pour :

- effectuer des mesures d'irradiation et de contamination au niveau des postes de travail,
- définir les conditions de travail en présence de rayonnements en fonction des mesures effectuées : tenues, dosimètres complémentaires (extrémités, neutrons, etc.), limitation des durées d'exposition, équipements spéciaux (masques, appareils respiratoires autonomes), mise en place d'écrans de protection et dispositifs de détection,
- faire le nécessaire pour que les règles soient observées,
- intervenir, si nécessaire, auprès des Chefs d'Unité pour demander des modifications aux travaux en cours,
- contrôler les rejets liquides et gazeux,

- exploiter les mesures fournies par les détecteurs d'irradiation ou de contamination et mentionnées dans le rapport de sûreté de l'installation,
- vérifier le bon fonctionnement des appareils de mesures d'irradiation ou de contamination,
- réaliser le contrôle des transports à caractère radiologique,
- piloter les interventions lors d'événement radiologique,
- effectuer les contrôles réglementaires sur le matériel de radioprotection CEA,
- assurer le contrôle 2ème niveau de la radioprotection réalisée par les techniciens qualifiés en radioprotection des entreprises sous-traitantes dans le cadre de conventions spécifiques.

4.2.8.3 CONTRÔLE RÉALISÉS PAR L'IRSN OU PAR DES ORGANISMES AGRÉÉS

Le chef d'établissement fait procéder aux contrôles devant être réalisés par l'IRSN ou par un organisme agréé qui peut être une unité du CEA bénéficiant de l'agrément.

4.2.9 SURVEILLANCE COLLECTIVE

Les types de matériels ci-dessous sont mentionnés à titre indicatif et ne constituent pas une liste exhaustive et définitive. De plus, les matériels sont susceptibles d'être remplacés si besoin.

4.2.9.1 MATÉRIEL À POSTE FIXE

Le matériel à poste fixe dont les informations sont regroupées dans le Tableau de Contrôle des Rayonnements (TCR) permet de mesurer l'irradiation et la contamination dans les zones contrôlées.

Dans le cas des mesures d'irradiation, le capteur est en général une chambre d'ionisation ou un dispositif à diode situé dans le local ou l'espace à surveiller. Le signal du capteur est transmis à une chaîne de mesure et à un système de traitement qui assure en particulier l'acquisition de l'information, la gestion des seuils d'alarme, la visualisation des résultats et leur archivage.

La contamination due aux gaz radioactifs est mesurée à l'aide d'un capteur qui peut être une chambre différentielle à circulation située dans la zone à contrôler. La mesure est transmise au TCR comme indiqué précédemment.

La mesure d'aérosols radioactifs est obtenue par des appareils munis de pompes aspirant l'air du local à travers un papier filtre, fixe ou mobile. La contamination déposée sur le filtre est mesurée par un détecteur adapté. La mesure est transmise au TCR comme indiqué précédemment.

4.2.9.2 MATÉRIEL MOBILE

Le matériel mobile peut être mis en place à la demande ou servir à effectuer des mesures ponctuelles :

- pour les mesures d'irradiation bêta, gamma : par exemple des chambres d'ionisation, des compteurs Geiger - Müller ou des diodes,
- pour les mesures d'irradiation par neutrons : par exemple des compteurs à BF3 ou ^{3}He à sous-modérateur de polyéthylène,
- pour les mesures de contamination atmosphérique : par exemple des aspirateurs avec papier filtre dont une mesure en différé est effectuée, ou des balises à lecture directe α, β ou portatifs.
- pour les contaminations de surface : par exemple des détecteurs à sondes multiples (scintillateurs ou compteurs Geiger - Müller, etc.).

4.2.10 INTERVENTION EN SITUATION INCIDENTELLE OU ACCIDENTELLE

La conduite à tenir par les personnels du SPR en cas de situation incidentelle ou accidentelle sur une installation du CEA Cadarache conduisant au déclenchement du Plan d'Urgence Interne (PUI) (cf. volume 6), est définie dans un ensemble de fiches réflexes cohérentes et régulièrement tenues à jour dans le référentiel qualité du SPR [4.2.4].

Ces fiches réflexes détaillent en particulier les actions à entreprendre au niveau des différents participants :

- secrétariat LRI,
- ingénieurs du SPR,
- salariés du SPR présents dans les installations, dans les laboratoires, ou dans les installations.

En dehors des heures ouvrables, ces fiches réflexes détaillent les actions à entreprendre par le personnel de Permanence pour Motif de Sécurité (PMS), à savoir, en particulier, les modalités d'exécution :

- des transports de première urgence,
- de recherche du personnel dans les cantines,
- de l'intervention dans la zone concernée.

Dans ce type de situation, les personnels du SPR peuvent être amenés à :

- participer au fonctionnement du Poste de Commandement de la Direction Locale du CEA Cadarache (PCDL),
- participer aux actions prévues au point d'embarquement des agents évacués de l'installation sinistrée,
- intervenir à l'intérieur de la zone sinistrée,
- envoyer rapidement du personnel équipé et du matériel aux divers points de contrôle,
- mettre en œuvre les moyens de surveillance de l'environnement,
- centraliser les renseignements concernant les moyens humains et techniques pour préparer les actions ultérieures (agents disponibles, matériels disponibles, véhicules de service du groupe),
- tenir à jour la situation des personnes concernées par l'accident (nombre de personnes, nombre de blessés, résultats des contrôles).

4.2.11 RÉGIME DE TRAVAIL

Pendant les heures ouvrables, les salariés du SPR travaillent selon les horaires normaux avec possibilité de réaliser des horaires particuliers ou des heures supplémentaires dans le cadre légal. Pour certaines installations, existent des horaires postés continus ou semi-continus (2 x 12, avec ou sans week-end).

En dehors des heures ouvrables, la surveillance radiologique est assurée par des Permanences pour Motif de Sécurité (PMS), en nombre suffisant pour couvrir la totalité des installations ne fonctionnant pas en continu. Le personnel de PMS peut faire appel à l'ingénieur d'astreinte à domicile des LRI ou à la personne d'astreinte à domicile du LANSE pour les mesures de laboratoire.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.2.1] Règles Générales de Radioprotection du CEA.

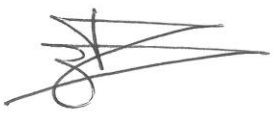
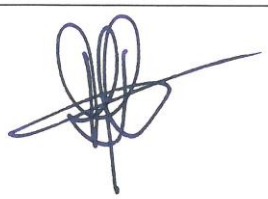
[4.2.2] NIG n° 546 du 28 août 2006 relative à l'organisation de la radioprotection dans les Centres et installations du CEA.

[4.2.3] CAD/D2S/SPR/RPI.06/050/PCDG001 Indice 2 - Procédure d'application de la démarche ALARA et mise en œuvre des DIMR

[4.2.4] SPR INT.02.00 PCD 001 - Fiches réflexes SPR en cas de déclenchement du PUI.

VOLUME 4 - CHAPITRE 3

SURVEILLANCE ET INTERVENTIONS MÉDICALES LIÉES AUX ACTIVITÉS NUCLÉAIRES

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S	D. DESPREZ DSS	J.-C. MASY Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004.
B	01/02/10	Mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation.

SOMMAIRE

4.3.1 GENERALITES 4
4.3.1.1 LA SURVEILLANCE MEDICALE DU PERSONNEL 4
4.3.1.2 LA SURVEILLANCE DE L'HYGIENE DU TRAVAIL 4

4.3.2 LA SURVEILLANCE MEDICALE DU TRAVAIL 5
4.3.2.1 PRESENTATION 5
4.3.2.2 MÉTHODES ET OBJECTIFS 5
4.3.2.3 ACTIVITES MEDICALES CLINIQUES 5
4.3.2.4 ACTIVITES MEDICALES SUR LES LIEUX DE TRAVAIL 6
4.3.2.5. SOINS D'URGENCE 6
4.3.2.5.1 Soins classiques 6
4.3.2.5.2 Après incident radioactif 6
4.3.2.5.3 Permanences 6
4.3.2.6 LIAISONS INTERNES OU EXTERNES 7
4.3.2.7 ORGANISATION – MOYENS MATERIELS 7
4.3.2.8 ORGANIGRAMME – REGIME DE TRAVAIL 8

4.3.3 LE LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MEDICALE 8
4.3.3.1 STATUT LEGAL 8
4.3.3.2 MISSIONS 8
4.3.3.3 ORGANISATION 8
4.3.3.4 IMPLANTATION ET MOYENS TECHNIQUES 9
4.3.3.5 PERSONNEL ET REGIME DE TRAVAIL 9
4.3.3.5.1 Moyens humains 9
4.3.3.5.2 Permanences et astreintes 9
4.3.3.6 CONTROLES QUALITE 9
4.3.3.6.1 Contrôle des analyses biologiques 9
4.3.3.6.2 Contrôle des analyses radiotoxicologiques et des mesures anthroporadiamétriques 9

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 11

4.3.1 GENERALITES

Les missions de surveillance médicale des salariés du CEA[1], de l'IRSN, d'AREVA (AREVA NC, AREVA TA Cadarache et les Milles, STMI, Intercontrôle), d'ITER et de l'ASN sont assurées par le Service de Santé au Travail (SST) assisté par le Laboratoire d'Analyses de Biologie Médicale (LABM). L'organisation générale et les missions sont définies par le Code du Travail (articles relatifs aux Services de Santé du Travail) et une Note d'Instruction Générale du CEA [4.3.1]. Le SST renouvèle tous les cinq ans sa demande d'agrément et d'habilitation auprès de la Direction Régionale du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle (DRTEFP), conformément aux obligations réglementaires (agrément pour l'organisation et le fonctionnement, habilitation pour la surveillance médicale du personnel exposé aux rayonnements ionisants).

Les missions de ces Services concernent la surveillance médicale du personnel et la surveillance de l'hygiène du travail.

4.3.1.1 LA SURVEILLANCE MEDICALE DU PERSONNEL

Les missions du SST et du LABM consistent :

- à procéder aux examens médicaux d'embauche, périodiques, de reprise du travail, de changement de poste de travail et autres examens prévus par la législation, en particulier les analyses radiotoxicologiques qui permettent de contrôler le risque de contamination radioactive [4.3.2].
- à prendre en charge la surveillance du risque radiologique du personnel des entreprises extérieures intervenant sur le Centre et exposé aux rayonnements ionisants. Cette surveillance est décrite dans une procédure établie par le SST gouvernant les conditions d'accueil, les prescriptions d'examens, les liaisons avec les médecins habilités des entreprises ainsi que la prise en charge des incidents radiologiques conformément aux prescriptions des décrets relatifs à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants [4.3.2].

4.3.1.2 LA SURVEILLANCE DE L'HYGIENE DU TRAVAIL

Les missions consistent :

- à conseiller la Direction pour améliorer les conditions de travail, d'hygiène et de sécurité,
- à émettre un avis sur l'élaboration de nouvelles techniques,
- à effectuer des visites de postes de travail,
- à former le personnel à la sécurité.

Le rôle du SST et du LABM est essentiellement préventif mais ils doivent être en mesure de délivrer les soins nécessaires en cas d'urgence radioactive ou non.

Ils font partie du Département des Services de Sécurité (D2S) dont l'organisation est précisée par les références [4.3.3] et [4.3.4].

[1] Les salariés des entreprises intervenant sur le Centre sont suivis par les services médicaux inter-entreprises habilités ; le SST vérifie lors des interventions sur le Centre si les risques spécifiques aux interventions sont bien pris en compte dans la fiche de risque et nuisance nominative de ces salariés et assure la surveillance des risques de contamination interne.

4.3.2 LA SURVEILLANCE MEDICALE DU TRAVAIL

4.3.2.1 PRESENTATION

La médecine du travail concerne l'étude et la prévention de la santé des hommes et des femmes dans leur milieu professionnel. C'est une spécialité qui comprend des méthodes d'investigations diverses et complémentaires. L'aspect spécifique au CEA réside dans la prise en charge diagnostique et thérapeutique des incidents radiologiques et dans une activité de type "dispensaire" pour les premiers soins et les urgences du fait de l'effectif et de l'isolement du Centre de Cadarache.

4.3.2.2 MÉTHODES ET OBJECTIFS

Selon la définition de l'OMS, l'état de santé est l'état de bien-être physique, psychique et social. Le thème de la médecine du travail consiste en l'étude de la succession d'ajustements plus ou moins réussis par les personnes dans leurs situations de travail, entre leurs contraintes technico-organisationnelles du travail et leurs contraintes psycho-physiologiques et socio-familiales.

La méthode de la médecine du travail est clinique, c'est-à-dire qu'elle utilise différentes disciplines pour produire des connaissances et élucider le sens des situations de travail et des enjeux.

La médecine du travail vise donc intentionnellement à modifier et à améliorer les situations de travail afin d'aller vers le confort, la sécurité et l'efficacité.

Les activités médicales cliniques (visites, examens) et les activités en milieu de travail sont donc indissociables. Les approches ergonomiques des postes de travail, les connaissances toxicologiques, radio toxicologiques, épidémiologiques, entre autres, permettent d'orienter les examens médicaux et les informations des visites médicales sont confrontées aux situations de travail étudiées.

4.3.2.3 ACTIVITES MEDICALES CLINIQUES

Les dispositions réglementaires concernant la médecine du travail sont précisées par les articles R 241-48 à 241-58 du Code du Travail et une Note d'Instruction Générale CEA [4.3.1]. Les attributions suivantes ont été confiées aux médecins du travail :

- procéder aux examens médicaux d'embauche,
- procéder aux examens médicaux périodiques,
- procéder aux examens médicaux de reprise du travail,
- procéder à la surveillance médicale renforcée et à tous les autres examens prévus par la législation et la réglementation,
- faire procéder aux examens complémentaires qu'ils jugent nécessaires,
- prendre connaissance et interpréter les résultats des examens qui leur sont fournis par les laboratoires d'analyses médicales et de dosimétrie,
- dépister les maladies contagieuses,
- délivrer les avis médicaux d'aptitude (ou inaptitude) aux postes de travail,
- assurer la tenue des fiches et dossiers médicaux et établir les rapports et plans d'activité prévus par la législation,
- déclarer les maladies à "déclaration obligatoire" dont ils ont connaissance,

- participer aux études et enquêtes épidémiologiques entrant dans le cadre des missions qui leur sont confiées.

4.3.2.4 ACTIVITES MEDICALES SUR LES LIEUX DE TRAVAIL

Les médecins du travail ont un rôle de conseiller en matière de conditions de travail, d'hygiène et de sécurité. Les employeurs ont pour obligation légale d'informer, de consulter et de coopérer avec les médecins du travail pour :

- l'étude de toute nouvelle technique de production,
- les constructions ou les aménagements nouveaux,
- les modifications apportées aux équipements,
- la détermination de la nature, la composition et les modalités d'emploi des produits utilisés,
- les résultats des mesures et analyses effectuées,
- l'établissement de documents concernant la sécurité.

Par ailleurs, les médecins du travail ont le libre accès aux postes de travail et ont une obligation de respect du secret de fabrication. Dans l'exercice de leurs fonctions, les médecins du travail peuvent effectuer ou faire effectuer les prélèvements et mesures aux fins d'analyses.

Les médecins du travail établissent et mettent à jour une Fiche d'Entreprise avec, notamment, les risques professionnels et les effectifs concernés. Ils réalisent, en fonction de l'état et des besoins de santé des salariés, un plan d'activité en milieu du travail. Un tiers de leur temps de travail est consacré à la mission en milieu de travail, tel qu'il est précisé à l'Article R.241-32 du Code du Travail.

4.3.2.5. SOINS D'URGENCE

4.3.2.5.1 Soins classiques

En cas de maladie ou d'accident du travail, le Service de Santé au Travail assure les premiers soins d'urgence nécessités par l'état du malade ou du blessé.

Suivant la gravité ou la nature du cas, le malade ou le blessé est gardé temporairement à l'infirmerie ou évacué à son domicile ou sur l'hôpital. Dans ce dernier cas, l'évacuation se fait en liaison avec le médecin régulateur du SAMU.

4.3.2.5.2 Après incident radioactif

En cas d'incident ou d'accident ayant pour origine des rayonnements ionisants, il est procédé à un diagnostic aussi précis que possible de la contamination soit externe, soit interne ainsi que de l'irradiation.

Une thérapeutique, qui découle des résultats, telles que décontamination cutanée ou utilisation de chélateurs, est mise en œuvre par le SST qui doit, en outre, suivre l'évolution des lésions causées par l'incident ou l'accident radioactif et établir les liaisons prévues par décret [4.3.5] et NIG [4.3.6] en particulier avec l'IRSN.

En cas d'incident d'irradiation grave ou de contamination accompagnée d'une blessure nécessitant une hospitalisation, le SST a la possibilité d'évacuer le ou les blessés vers l'hôpital militaire Ste Anne à Toulon dans le cadre d'une convention entre le CEA et les Armées [4.3.6], [4.3.7], [4.3.8].

4.3.2.5.3 Permanences

Les Permanences pour Motif de Sécurité (PMS) sont assurées 24h/24 par le personnel infirmier du SST. Quant aux médecins, ils assurent à tour de rôle une astreinte d'une semaine à partir du lundi 8h.

En dehors des heures ouvrables, la continuité des interventions et soins d'urgence repose sur l'infirmier de permanence au SST, qui applique les protocoles infirmiers en liaison avec le SAMU et le médecin d'astreinte.

4.3.2.6 LIAISONS INTERNES OU EXTERNES

Le Service de Santé au Travail assure la tenue des différents registres obligatoires, fiches et dossiers médicaux, la rédaction des rapports annuels d'activité et la déclaration des maladies professionnelles.

Le Chef du Service, éventuellement assisté du Laboratoire d'Analyses de Biologie Médicale décrit plus avant, assure les liaisons avec la Direction du Centre, l'Ingénieur de Sécurité d'Établissement, le Service de Protection contre les Rayonnements, la Formation Locale de Sécurité et les différentes Unités du Centre. Il dépend hiérarchiquement du chef du Département des Services de Sécurité (D2S) et est également membre de droit du CHSCT, ainsi que ses confrères.

Il se tient en contact et entretient toutes relations utiles avec les médecins des Centres CEA en ce qui concerne les problèmes de mutations, recrutement, missions ou autres.

Il est en liaison avec le Conseiller Médical du CEA [4.3.9], qui assure la coordination des SST CEA.

Il assure également, à l'extérieur et en tant que de besoin, les liaisons avec les médecins traitants ou spécialistes extérieurs, ainsi qu'avec le Médecin Inspecteur du Travail, les CHU et l'Institut de Médecine du Travail de la Faculté de Marseille.

4.3.2.7 ORGANISATION – MOYENS MATERIELS

Les installations du SST comportent, entre autres :

Une partie examens : salles d'attente, salle des dossiers médicaux, salles des examens complémentaires.

Les cabinets médicaux des médecins du travail et des médecins spécialistes : ophtalmologie, ORL, cardiologie.

La radiologie.

Une partie soins (y compris deux salles de repos).

Un ensemble de décontamination : deux salles de décontamination "fine" au bâtiment 102 (SST), sas d'entrée pour déshabillage, lavabos, lave-cheveux, lave-visage, lave-pieds, lave-yeux, douches, baignoires permettant la décontamination d'un blessé sur brancard, sas de sortie avec appareil de mesure de la contamination, matériel divers de décontamination et thérapeutique.

Deux unités mobiles de décontamination gérées par le SPR et mobilisables sur demande du SST, permettant de décontaminer chacune une vingtaine de personnes à l'heure. Celles-ci sont équipées de façon identique avec sas, douche et matériel de contrôle des vêtements.

Une unité utilisable dans le cadre du PUI (bâtiment 312) avec sas d'entrée pour comptage, sas de déshabillage, sas de contrôle de la décontamination, douches et baignoires, appareils de mesures divers, vêtements nécessaires après décontamination.

NB : Il faut noter que les dispositions sont prises pour faire face à un incident concernant dix à vingt personnes à la fois qui seraient fortement contaminées.

4.3.2.8 ORGANIGRAMME – REGIME DE TRAVAIL

Le personnel du Service de Santé au Travail compte une vingtaine de personnes. Il comprend :

- cinq médecins du travail à temps plein,
- des médecins spécialistes contractuels ou vacataires (ORL, OPH, pneumologue),
- un personnel de secrétariat,
- un personnel infirmier en horaire normal,
- une permanence d'infirmerie, pour les soins d'urgence, est assurée au bâtiment 102 en dehors des heures ouvrables (l'infirmier(ère) est en liaison avec le SAMU et le médecin d'astreinte),
- une infirmière de zone assure une permanence dans les locaux d'AREVA NC.

4.3.3 LE LABORATOIRE D'ANALYSES DE BIOLOGIE MEDICALE

4.3.3.1 STATUT LEGAL

Le LABM a une existence légale depuis le 27 septembre 1963 date à laquelle il a été enregistré par le Ministère de la Santé sous le n°5280 puis, en application des mesures de déconcentration administrative, par la Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale des Bouches du Rhône sous le n°13-111 le 30 avril 1965.

Réalisant des mesures de l'exposition interne entrant dans le cadre de la surveillance dosimétrique des travailleurs, le LABM doit être agréé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire [4.3.2]. Cet agrément est sous tendu par une accréditation par le COFRAC selon la norme ISO CEI 17025 et par un avis de l'IRSN sur l'adéquation des matériels et des méthodes utilisés pour cette surveillance.

Il est soumis à un certain nombre d'obligations légales concernant son équipement, la surface de ses locaux, sa participation aux contrôles de la qualité des analyses, ainsi que la réalisation des analyses selon le Guide de Bonne Exécution des Analyses du Ministère de la Santé (GBEA).

Il est dirigé par un Directeur qui est soumis au secret médical et pénalement responsable de ses actes et qui, de ce fait, est lié au CEA par un contrat spécial. Celui-ci est inscrit à la Section G de l'ordre des pharmaciens.

4.3.3.2 MISSIONS

Conformément à la loi relative aux laboratoires d'analyses de biologie médicale [4.3.10], à la NIG [4.3.1] et au décret [4.3.2], le LABM, unité du D2S (Département des Services de Sécurité), est chargé de pratiquer, à la demande des médecins du travail du SST ou de tout autre organisme avec lequel le CEA aura passé convention, des examens biologiques, toxicologiques et radio toxicologiques y compris pour les agents d'entreprises extérieures travaillant sur le site.

En outre, son directeur est le Conseiller des médecins du travail et collabore étroitement avec eux et avec les services de protection notamment en cas d'exposition radioactive ou chimique.

4.3.3.3 ORGANISATION

Le LABM comprend [4.3.11] :

- un échelon de Direction,

- un groupe de Biologie et de Toxicologie chargé d'effectuer les analyses concernant l'hématologie, la biochimie et la toxicologie non radioactive,
- un groupe de Radiotoxicologie chargé de la recherche et du dosage des toxiques radioactifs dans les milieux biologiques,
- un groupe d'Anthroporadiamétrie chargé de mesurer directement la radioactivité présente ou induite dans le corps des agents exposés.

4.3.3.4 IMPLANTATION ET MOYENS TECHNIQUES

Les locaux du LABM sont implantés au rez-de-chaussée et dans le sous-sol du bâtiment Médical (102) sur environ 600 m^2 de bureaux et de laboratoires. Les principaux appareils utilisés sont :

En Biologie et Toxicologie : automate en hématologie, automate en biochimie, microscope, centrifugeuse.

En Radiotoxicologie : fours à moufle pour minéraliser des échantillons, centrifugeuses, appareils de mesure de la radioactivité α, β ou γ dans des échantillons urinaires ou fécaux installés dans une grande cage de Faraday.

En Anthroporadiamétrie : enceintes anthroporadiamétriques pour mesure de la radioactivité du corps.

Cette liste est susceptible d'évoluer en fonction des nécessités du travail et de l'évolution des techniques.

4.3.3.5 PERSONNEL ET REGIME DE TRAVAIL

4.3.3.5.1 Moyens humains

Deux biologistes, docteurs en pharmacie, dix techniciens dont certains possèdent le certificat de capacité à effectuer des prélèvements sanguins, une secrétaire, une aide technique. Cette liste est susceptible d'évolution en fonction des missions du laboratoire.

4.3.3.5.2 Permanences et astreintes

Chaque jour ouvrable un agent du laboratoire est d'astreinte à domicile de 16 h 30 jusqu'au lendemain 8 h. Chaque jour non ouvré, un technicien du laboratoire est en astreinte à domicile. La liste des personnes de permanence et d'astreinte et des moyens pour les joindre (fax ou téléphone) est transmise par télécopie à la FLS et à l'infirmier de permanence au SST.

4.3.3.6 CONTROLES QUALITE

4.3.3.6.1 Contrôle des analyses biologiques

Comme tous les laboratoires du secteur privé, le LABM est soumis au contrôle national de la qualité des analyses biologiques (contrôle assuré sous l'égide du Ministère de la santé par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé).

Il participe d'autre part volontairement à d'autres contrôles-qualité privés en hématologie et biochimie.

4.3.3.6.2 Contrôle des analyses radiotoxicologiques et des mesures anthroporadiamétriques

Contrôles effectués par l'IRSN : Conformément à la loi, le LABM est soumis aux inter comparaisons de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN).

Participation aux circuits internationaux d'inter comparaisons organisés par l'association PROCORAD : Les contrôles effectués par l'association PROCORAD (PROmotion pour le COntrôle de qualité des analyses biologiques en RADiotoxicologie) sont organisés de la même manière que les contrôles nationaux organisés pour les analyses biologiques. Chaque circuit est géré par un laboratoire organisateur qui prépare les échantillons, les adresse aux participants, recueille les réponses et fait le traitement statistique qui permet à chacun de juger d'une manière objective de la qualité de ses résultats.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.3.1] Note d'Instruction Générale CEA n°248 du 8 février 1988 relative aux services médicaux du travail aux laboratoires d'analyses de biologie médicale – coordination.

[4.3.2] Décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

[4.3.3] Note d'Instruction Générale n°583 du 1er août 2009 relative aux missions et à l'organisation du CEA Cadarache.

[4.3.4] Circulaire Direction de Centre Cadarache n°68 du 3 janvier 2008 relative à l'organisation et aux attributions du Département des Services de Sécurité (D2S) du CEA Cadarache.

[4.3.5] Décret n° 2003-295 du 31 mars 2003 relatif aux interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable et modifiant le code de la santé publique.

[4.3.6] Note d'Instruction Générale n°363 du 17 janvier 1994 relative aux mesures à prendre par les services médicaux dans les cas d'exposition externe ou interne importante aux rayonnements ionisants.

[4.3.7] Circulaire DGS/3A-3B n°514 du 06 décembre 1988 relative à la surveillance des malades irradiés.

[4.3.8] Circulaire DHOS/HFD/DGSNR n° 277 du 2 mai 2002 relative à l'organisation des soins médicaux en cas d'accident nucléaire ou radiologique.

[4.3.9] Note d'Instruction Générale Groupe n°73 du 20 septembre 1982 relative aux attributions du Conseiller Médical.

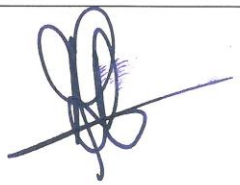
[4.3.10] Loi 75-626 du 11 juillet 1975 relative aux laboratoires d'analyses et de biologie médicale et à leurs directions et directeurs adjoints (modifiée).

[4.3.11] Manuel Assurance Qualité du LABM.

VOLUME 4 - CHAPITRE 4

PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS

FORMATION LOCALE DE SÉCURITÉ

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
T. ABRAN D2S/FLS S. FINIZIO DPIE/SA2S/GAS	Y. PHILIPPONNEAU DPIE/SA2S/GAS	J.-C. MASY Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES A JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004.
B	01/02/10	Mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation.

SOMMAIRE

4.4.1 GÉNÉRALITES 4

4.4.2 ORGANISATION HUMAINE 4

4.4.2.1 STRUCTURE DU SERVICE 4

4.4.2.1.1 Ligne opérationnelle 4

4.4.2.1.2 Ligne fonctionnelle 5

4.4.2.2 PERMANENCE DE COMMANDEMENT - ASTREINTES 5

4.4.2.3 STRUCTURE OPÉRATIONNELLE DE LA FLS 5

4.4.2.4 FORMATION DU PERSONNEL DE LA FLS 6

4.4.2.5 INTERFACES OPÉRATIONNELLES DE LA FLS 6

4.4.3 DÉTAILS DES MISSIONS DE LA FLS 7

4.4.3.1 SÉCURITÉ INCENDIE 7

4.4.3.1.1 Surveillance incendie 7

4.4.3.1.2 Intervention incendie 7

4.4.3.2 PROTECTION PHYSIQUE 8

4.4.3.3 SECOURISME 8

4.4.4 MODALITÉS D'INTERVENTION 9

4.4.4.1 NIVEAUX D'INTERVENTION 9

4.4.4.2 MOYENS DE COMMUNICATION 9

4.4.4.2.1 Communications internes 9

4.4.4.2.2 Appel des secours extérieurs 9

4.4.5 CAS PARTICULIER DU RISQUE FEUX DE FORÊTS 10

4.4.5.1 PRÉVENTION CONTRE LE RISQUE FEUX DE FORÊTS 10

4.4.5.2 SURVEILLANCE DES FEUX DE FORÊTS 11

4.4.5.3 INTERVENTION FEUX DE FORÊTS 11

4.4.5.3.1 Moyens terrestres 11

4.4.5.3.2 Moyens aériens 11

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 12

LISTE DES FIGURES 12

4.4.1 GÉNÉRALITES

Le Centre de Cadarache dispose d'une entité opérationnelle dédiée à la protection générale des personnes et des biens dénommée Formation Locale de Sécurité (FLS).

La FLS, unité du Département des Services de Sécurité (D2S) du Centre de Cadarache [4.4.1], a pour missions :

- la lutte contre l'incendie et les évènements naturels,
- la protection physique des accès et des installations (surveillance et intervention),
- le secours à victime,
- l'exploitation du PC Sécurité (PCS) qui centralise la supervision des alarmes du Centre (alarmes incendie, protection physique, techniques, etc.).

4.4.2 ORGANISATION HUMAINE

4.4.2.1 STRUCTURE DU SERVICE

La Formation Locale de Sécurité est organisée autour d'une ligne opérationnelle constituant la majeure partie de l'effectif et d'une ligne fonctionnelle jouant un rôle de support technique responsable des moyens mis à disposition, du développement des techniques opérationnelles, et enfin de conseil auprès des chefs d'installations.

L'échelon direction est pour sa part constitué du chef de la FLS et de son adjoint, d'une assistante responsable du secrétariat et d'une secrétaire.

L'organigramme fonctionnel de la FLS est présenté sur la Figure 4.4.1.

4.4.2.1.1 Ligne opérationnelle

La ligne opérationnelle effectue au quotidien les interventions de protection physique, incendie et secours à victimes et l'exploitation du PCS. Elle dispose pour cela de moyens techniques et humains dimensionnés pour répondre dans de bonnes conditions, aux sollicitations quotidiennes ou à un évènement anormal.

Elle est structurée autour d'un effectif qui assure les missions en service continu sur une période de 24 heures et qui est renforcé en heures ouvrées par des personnels en service 2 x 8.

Les missions en service continu sur 24 heures sont tenues, selon un principe d'équipes, par quatre brigades, dites de roulement, constituées chacune de 36 personnes (chefs de groupe et agents de sécurité polyvalents).

Les personnels en service 2 x 8 constituent une cinquième brigade représentant 16 personnes.

La ligne opérationnelle est placée sous la responsabilité d'un chef de brigade de roulement.

4.4.2.1.2 Ligne fonctionnelle

La ligne fonctionnelle est constituée de 3 entités travaillant en horaire normal : l'échelon direction et son support, le bureau incendie et le bureau service général – protection physique.

Les missions de chaque bureau sont spécifiées dans la note d'organisation du service et rappelées succinctement dans l'organigramme fonctionnel de la FLS (cf. Figure 4.4.1).

Parmi les agents assurant la ligne du support technique et du conseil, sont désignés les correspondants qui couvrent les domaines de la sécurité, la qualité, l'environnement, les déchets, l'informatique, la formation et le contrôle - recette - technique.

4.4.2.2 PERMANENCE DE COMMANDEMENT - ASTREINTES

La permanence de commandement des équipes opérationnelles est assurée par le chef de brigade. En cas d'empêchement pour quelle que cause que ce soit, tout responsable est secondé par un adjoint qui le remplace en cas d'absence. En toute circonstance, le titulaire d'un poste ou d'une responsabilité doit toujours s'assurer de la permanence du commandement ou du suivi du travail dont il a la charge.

En dehors des heures ouvrées, des cadres et des personnes de la ligne fonctionnelle constituent une équipe d'astreinte. Celle-ci est constituée :

- du chef de la FLS ou de son représentant,
- du chef du bureau incendie ou d'un membre de son équipe,
- du chef du bureau gardiennage ou d'un membre de son équipe,
- du personnel support.

Ce personnel est, entre autre, mobilisé pour la constitution du Poste de Commandement de Direction Local (PCDL).

4.4.2.3 STRUCTURE OPÉRATIONNELLE DE LA FLS

La FLS possède les personnels formés et les moyens matériels lourds d'intervention adaptés aux situations de risques potentiels identifiés. Dans ce cadre, une brigade de la FLS est présente en permanence 24h sur 24h sur le Centre de Cadarache afin de mettre en œuvre les moyens adaptés et applique chaque fois que nécessaire les consignes spécifiques à la nature et à l'étendue de l'évènement.

En ce qui concerne le déploiement des moyens d'intervention pour lutter contre un incendie, l'organisation mise en place afin de garantir une rapidité et une efficacité compatibles avec les besoins de l'intervention pour toutes les installations du Centre, est présentée dans le Plan d'Engagement des Moyens de Secours (PEMS) sur le Centre de Cadarache [4.4.2].

Le responsable des moyens d'intervention met en œuvre les dispositions nécessaires et assiste techniquement le chef d'installation ou son représentant dans l'élaboration du schéma tactique des opérations. Dans l'ordre de montée en puissance de l'intervention FLS, le responsable des moyens d'intervention est :

- le chef de piquet,
- le chef de brigade,
- le chef de la FLS.

Le chef de brigade avise le cadre de permanence de sécurité de la direction de Centre ainsi que les personnes d'astreintes concernées (cadres FLS, Ingénieur de Sécurité de l'Établissement (ISE), etc.) en cas d'incident ou de montée en puissance d'un événement.

4.4.2.4 FORMATION DU PERSONNEL DE LA FLS

Le personnel de la Formation Locale de Sécurité affecté à la ligne fonctionnelle est constitué d'agents de sécurité polyvalents qualifiés dans les domaines de l'incendie, du secourisme et de la protection physique.

Le personnel de la FLS reçoit une formation de base sur la lutte contre l'incendie, le gardiennage, l'armement, la téléalarme, les transmissions et la réglementation. Les stagiaires effectuent des manœuvres incendie et de gardiennage. Ils suivent ensuite un stage de deux semaines de prise de contact avec les particularités du Centre : bâtiments, matériels, terrain, risques particuliers, téléalarme, etc.

Le personnel de la FLS participe, au cours de sa carrière, à des formations adaptées à son métier et aux risques particuliers au travers :

- de stages de perfectionnement et de recyclage dans les domaines du secourisme, de la lutte contre l'incendie et de la protection physique,
- d'une formation de maintien en condition opérationnelle sur les lieux de travail (les agents de la FLS effectuent périodiquement des manœuvres et participent aux exercices de sécurité du Centre),
- des formations qualifiantes pour l'obtention de diplômes de moniteur ou d'instructeur dans les spécialités de la lutte contre l'incendie, du secourisme, du tir ou des techniques d'intervention gardiennage.

4.4.2.5 INTERFACES OPÉRATIONNELLES DE LA FLS

Dans le cadre de ses activités, la FLS entretient de nombreuses relations avec les différentes unités du Centre et les unités d'intervention des pouvoirs publics.

Les interlocuteurs (internes et externes) sont identifiés dans les fiches réflexes de la FLS qui permettent de répondre aux situations incidentelles recensées.

Les principales entités ou unités spécialisées du Centre apportant un soutien d'ordre technique et/ou général en interface avec la FLS sont :

- la CSE (Cellule de Sécurité de l'Établissement) et plus particulièrement l'ISE (Ingénieur de Sécurité de l'Établissement),
- le SST (Service de Santé au Travail) pour les incidents ou les accidents en présence de victimes (contamination, blessure, criticité, décès, etc.),
- le SPR (Service de Protection contre les Rayonnements) pour toutes les interventions en zone radiologique et suite à un incident ou un accident radiologique,
- le STL (Service Technique et Logistique) pour toutes les interventions nécessitant des actions sur les réseaux (électrique, eau, chauffage, gaz, effluents, etc.) et des moyens logistiques (transport, hébergement, etc.),
- le STIC (Service des Technologies de l'Information et de la Communication), en cas de défaut sur la téléalarme ou sur le réseau de télécommunication,
- les responsables de l'installation concernée.

Les unités opérationnelles des pouvoirs publics avec lesquels la FLS est en liaison sont :

- le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS) des Bouches-du-Rhône,
- le Service d'Aide Médicale Urgente (SAMU) des Bouches-du-Rhône,
- la gendarmerie territoriale,

- la police nationale (le Groupe d'Intervention de la Police Nationale, l'unité de Recherche-Assistance-Intervention-Dissuasion, la Direction Centrale du Renseignement Intérieur).

4.4.3 DÉTAILS DES MISSIONS DE LA FLS

4.4.3.1 SÉCURITÉ INCENDIE

La fonction générale de lutte contre l'incendie attribuée à la FLS [4.4.1] est déclinée au niveau du Centre de Cadarache par des activités préventives et curatives, dont les principales consistent à :

- réaliser, mettre en œuvre et animer la prévention du risque incendie sur le Centre. La FLS peut assurer à la demande des installations et des projets une mission de conseil. La FLS est amenée à participer aux plans de prévention, aux réunions d'ouverture de chantier, aux visites de sécurité et de manière systématique aux Commissions Locales de Sécurité (CLS) du site,
- accompagner le transport et surveiller le dépotage des camions citernes effectuant des livraisons de produits inflammables et explosifs sur le Centre,
- intervenir en cas d'incendie ou de sinistre au niveau d'une installation ou en tout autre point du Centre,
- gérer et entretenir le matériel (extincteurs, véhicules, etc.) nécessaire à la lutte contre l'incendie,
- adapter les instructions centrales au contexte local, établir des consignes, scénarii d'intervention, etc.,
- sensibiliser le personnel du Centre au risque incendie, animation et participation dans le cadre des journées de formation-sécurité (maniement d'extincteurs, etc.).

4.4.3.1.1 Surveillance incendie

La FLS dispose d'un PC Sécurité opérationnel 24 heures sur 24, centralisant la supervision des alarmes du Centre.

Le PCS de la FLS est muni d'un tableau de contrôle connecté au réseau de téléalarme du Centre de Cadarache, permettant d'assurer une surveillance incendie par zones et donner l'alarme si nécessaire en vue d'organiser l'intervention. (Cf. volume 3 – chapitre 4 : Télésurveillance).

De plus, en complément des missions présentées ci-dessus, la FLS effectue un certain nombre de missions de surveillance telles que les rondes et la tenue de la vigie vis-à-vis du risque feu de forêt (cf. paragraphe 4.4.5).

4.4.3.1.2 Intervention incendie

Pour assurer ses missions de protection incendie, la FLS dispose principalement des moyens matériels listés ci-dessous :

- 3 Fourgons Pompe Tonne (FPT),
- 2 Camions Citerne Feu de forêt (CCF) et 2 cellules feux de forêt,
- 1 cellule dévidoir automobile, comprenant 2 000 m de tuyaux de ϕ 110 et 800 m de tuyaux de ϕ 70,
- 1 cellule sphères CO_2,
- 1 cellule de protection, d'éclairage, de ventilation et d'épuisement,

- 1 cellule de risque technologique,
- 1 cellule poudre et 2 remorques poudre MARCALINA,
- 2 motopompes remorquables,
- 1 Poste de Commandement Mobile et de Liaisons (PCML).

4.4.3.2 PROTECTION PHYSIQUE

Les attributions de la FLS en matière de protection physique consistent à assurer la prévention nécessaire et à palier à tout type de risque, quelle que soit son origine, susceptible de mettre en danger les personnes ou de violer l'intégrité du Centre et de ses installations [4.4.1]. Il s'agit de :

- l'assistance aux chefs d'installations dans leurs responsabilités concernant la prévention des risques de malveillance,
- l'intervention armée sur déclenchement d'alarmes, le contrôle des accès (en complémentarité avec le Correspondant de l'Agent Central de Sécurité (CACS)) du personnel, des véhicules et des bagages ainsi que la sécurité des visiteurs officiels,
- le convoyage des matières nucléaires à l'intérieur du Centre,
- la gestion administrative et l'entretien des équipements et des installations (armement, véhicules, radio, chenil, etc.) nécessaires à ses fonctions,
- l'établissement de consignes et de scénarii d'intervention propres au Centre de Cadarache.

La FLS organise des rondes quotidiennes afin de surveiller les clôtures des Zones à Protection Renforcée (ZPR), les clôtures du Centre ou Zone de Protection Normale (ZPN), la cité, la maison d'hôtes et les bâtiments sensibles.

4.4.3.3 SECOURISME

Dans le cadre de ses activités, la FLS a la charge des activités liées aux secours à victimes des personnes présentes sur le Centre de Cadarache.

La FLS a pour principales missions :

- d'assurer, à l'intérieur du Centre, les premiers soins et une évacuation sûre et rapide vers le SST. Ces interventions sont réalisées en collaboration avec le SST et parfois le SPR en tant que de besoin. A l'extérieur du Centre, cette mission est régie par convention avec le SDIS des Bouches-du-Rhône [4.4.3],
- de participer aux exercices ayant pour thème le secours à victimes,
- d'entretenir les équipements des véhicules sanitaires.

Pour l'assistance aux victimes, la FLS dispose de 3 véhicules sanitaires.

Le Centre est doté d'une zone de pose d'hélicoptère permettant une éventuelle évacuation sanitaire. La FLS est chargée de sa mise en œuvre en liaison avec les moyens de secours publics.

4.4.4 MODALITÉS D'INTERVENTION

4.4.4.1 NIVEAUX D'INTERVENTION

La FLS engage des moyens d'intervention selon le type et l'ampleur de l'intervention à partir de fiches réflexes pré-établies.

Dans les domaines de la lutte contre l'incendie et le secours à personne, ces fiches reflexes respectent les principes du PEMS du Centre [4.4.2]. Elles tiennent compte également des éléments de gestion de crise du Plan d'Urgence Interne (PUI) et du Plan Particulier d'Intervention (PPI) du Centre.

Dans le domaine de la protection physique, ces fiches respectent les éléments des études de sécurité contre la malveillance, le vol, le détournement de matières nucléaires, et de protection d'un site sensible pour la défense nationale.

Les actions des moyens d'intervention dans une installation sont sous la responsabilité du chef d'installation. Des consignes adaptées sont mises en œuvre et précisent :

- les modalités d'alerte au PC Sécurité et sa diffusion dans le ou les bâtiments,
- la mise en œuvre des moyens de premier secours (par exemple, la conduite des fluides),
- la liste des agents chargés d'accueillir les équipes d'intervention,
- la diffusion des ordres,
- les modalités d'évacuation en cas de sinistre.

4.4.4.2 MOYENS DE COMMUNICATION

4.4.4.2.1 Communications internes

Les modalités de transmission des messages sont définies par la fiche réflexe de l'opérateur au PCS.

Les moyens de communication utilisés par la FLS sont :

- le téléphone pour les communications entre l'opérateur au PCS FLS et le personnel concerné,
- les radios pour la communication entre le point d'intervention et le PCS FLS (chaque véhicule FLS est équipé de moyens de communication radio),
- les lignes directes (ISE, SPR, SST, etc.).

4.4.4.2.2 Appel des secours extérieurs

La FLS peut faire appel aux secours extérieurs des Bouches-du-Rhône par l'intermédiaire du Centre Opérationnel Départemental d'Incendie et de secours (CODIS) du SDIS, du Centre 15 du SAMU et du Centre Opérationnel de la Gendarmerie nationale.

Les capacités d'appel sont multiples et redondantes (plusieurs lignes téléphoniques indépendantes, téléphone satellite, moyen radio).

A leurs arrivées, les responsables des secours extérieurs se mettent en relation avec la FLS pour être accueillis et guidés sur le Centre voire être mis en relation avec le Directeur du Centre ou son représentant.

4.4.5 CAS PARTICULIER DU RISQUE FEUX DE FORÊTS

4.4.5.1 PRÉVENTION CONTRE LE RISQUE FEUX DE FORÊTS

La protection du Centre contre les incendies de forêt fait l'objet d'une prise en compte permanente ayant pour but d'éviter le départ de tout incendie mais aussi de prévenir la propagation d'un incendie de l'extérieur vers l'intérieur du Centre ainsi qu'au niveau des INB (Installation Nucléaire de Base) et des bâtiments conventionnels [4.4.4], [4.4.5]. Les dispositions organisationnelles, techniques et liées aux infrastructures ont pour but de :

- réduire au plus bas les risques de survenance et de propagation des feux de forêt sur le Centre,
- limiter le développement et les conséquences de tels feux.

Les principes mis en œuvre par les services supports [4.4.6] sont les suivants :

- aménagement de zones de type débroussaillage/déforestation autour des bâtiments sur une distance de 50 mètres,
- dégagement et entretien tout au long de la clôture du Centre d'une bande débroussaillée de sécurité incendie d'une largeur de 100 mètres,
- dégagement et entretien de part et d'autre des clôtures des ZPR d'une bande débroussaillée de sécurité incendie d'une largeur de 80 mètres,
- dégagement et entretien d'une bande débroussaillée de sécurité incendie axiale, entre la partie Nord et la partie Sud du Centre, de la porte de la Cité à la porte de Ginasservis, orientée approximativement Est-Ouest d'une largeur de 100 mètres,
- dégagement et entretien d'une bande débroussaillée de sécurité incendie de part et d'autre des voies de circulation sur une profondeur de 20 mètres,
- dégagement et entretien d'une bande débroussaillée de sécurité incendie sous les lignes électriques,
- aménagement et entretien de chemins d'accès aux différentes parcelles boisées permettant le passage des CCF,
- renforcement des dépressages dans les zones identifiées,
- mise en place et entretien d'un réseau de distribution d'eau alimentant des poteaux d'incendie et de réserves statiques d'eau.

Ces principes sont réactualisés en fonction de l'évolution de la réglementation. Ils sont mis en œuvre suivant une périodicité annuelle en ce qui concerne les INB et triennale pour le reste.

Enfin, des actions de prévention contre les incendies de forêt ont été engagées par le Centre en collaboration avec l'Office National des Forêts (ONF). Ce dernier assure un rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage et de maîtrise d'œuvre [4.4.7]. Ce travail permet de déterminer des zones de déboisement et de débroussaillement afin de protéger le site et les installations.

Des secteurs sensibles à risque potentiel de départ d'incendie dénommés « *poudrières* » font l'objet d'un traitement particulier. De plus, des conventions de pâturage ont été passées avec des bergers pour entretenir le secteur Sud du site. Ces actions font l'objet d'un suivi et de réaménagements.

La carte du Centre présentant les bandes de débroussaillement est donnée en Figure 4.4.2.

4.4.5.2 SURVEILLANCE DES FEUX DE FORÊTS

En période estivale (définie par arrêté préfectoral), la vigie de surveillance des feux de forêt de Cadarache est activée tous les après-midi. Celle-ci est située sur le chemin des Crêtes (NGF 382 m) et s'inscrit dans le dispositif de surveillance des Bouches-du-Rhône et des trois départements limitrophes. Durant les périodes de situations très dangereuses, le site fait l'objet d'une surveillance particulière : la vigie est activée en permanence. L'objectif est d'exercer une surveillance visuelle permanente sur le site et les environs, en vue de détecter toute fumée suspecte [4.4.8].

Pour tout départ de feu de forêt visible depuis la vigie, la FLS informe la Direction de Centre qui prend les mesures adaptées en termes de gestion de crise.

Des rondes DFCI (Défense de la Forêt Contre l'Incendie) sont également mises en place pendant toute la période estivale afin de vérifier l'absence de travaux ou de personnes dans les espaces boisés, l'état des pistes et des hydrants.

4.4.5.3 INTERVENTION FEUX DE FORÊTS

4.4.5.3.1 Moyens terrestres

Des moyens hydrauliques sont répartis sur tout le Centre : 144 poteaux d'incendie et 10 réservoirs incendie d'une capacité minimale de 120 m^3. Ils sont entretenus et vérifiés périodiquement.

La FLS a la capacité d'activer également un groupe d'intervention feux de forêts [4.4.9] constitué de :

- 1 Véhicule Léger de Reconnaissance radio Tout Terrain (VLRTT),
- 4 engins feu de forêt (cf. paragraphe 4.4.3.1.2).

Ces engins sont en mesure de partir dès l'alerte. Ce dispositif d'attaque rapide doit permettre dans la majorité des cas de circonscrire et d'assurer l'extinction du sinistre dès son début.

Les équipements DFCI : pistes, citernes et poteaux sont présentés en Figure 3.3.1 (Volume 3 – Chapitre 3 : *Eau et effluents*).

4.4.5.3.2 Moyens aériens

La lutte contre les feux de forêts est souvent difficile en raison du relief accidenté qui rend certains lieux inaccessibles aux moyens terrestres. L'attaque du feu peut alors être conduite avec des moyens aériens.

Cependant vis-à-vis du risque de chute d'un aéronef sur le Centre, le survol du Centre par les moyens aériens (quels qu'ils soient) est soumis à une concertation préalable entre le chef de détachement des services de secours publics et le Directeur de Centre ou son représentant et, en tout état de cause, à l'autorisation de ce dernier.

Après autorisation, le Directeur du Centre ou son représentant fournira au chef de détachement des services de secours publics les modalités d'intervention, les instructions et l'assistance technique nécessaires au bon déroulement de l'intervention.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.4.1] Circulaire de la Direction de Centre de Cadarache n°68 du 3 janvier 2008 relative aux missions et à l'organisation des unités du Département des services de Sécurité (D2S).

[4.4.2] Plan d'Engagement des Moyens de Secours (PEMS) sur le Centre de Cadarache – DEN/CAD/D2S SUR 10.4.

[4.4.3] Convention entre le CEA Cadarache et la Préfecture des Bouches-du-Rhône sur les modalités d'intervention du SDIS 13 et le CEA Cadarache, en date du 19 juin 2006.

[4.4.4] CA/DIR/CSPE / 00057 / PTE 001 / 01 du 30 janvier 1990 - Protection des installations sensibles contre les feux de forêt.

[4.4.5] CA/DSC/CSN / 00620 / PTE 008 / 01 du 15 décembre 1992 - Protection du Centre contre les feux de forêt.

[4.4.6] CAD/DIR/UST/STL/GPI DO89 du 3 juin 2009 – Description des travaux relatifs au débroussaillage des installations nucléaires et banalisées du Centre de Cadarache.

[4.4.7] CAD/UG/CJC DO 445 du 15 décembre 2009 - Convention d'assistance technique sur les forêts et les espaces naturels du CEA/Cadarache CEA V 2422.001 avt n°5 et convention de gestion forestière CEA V 3689.001.

[4.4.8] CAD/FLS/INC/COS/004 du 30 juin 2005 - Consigne particulière pour la surveillance de l'environnement.

[4.4.9] CAD/FLS/INC/COS/002/04 du 15 juin 2002 - Consigne d'intervention incendie spécifique aux feux de forêt.

LISTE DES FIGURES

Figure 4.4.1 Organigramme fonctionnel de la FLS (à la date de l'indice).

Figure 4.4.2 Carte des zones débroussaillées sur le Centre de Cadarache.

Figure 4.4.1 : Organisation de la FLS (à la date de l'indice)

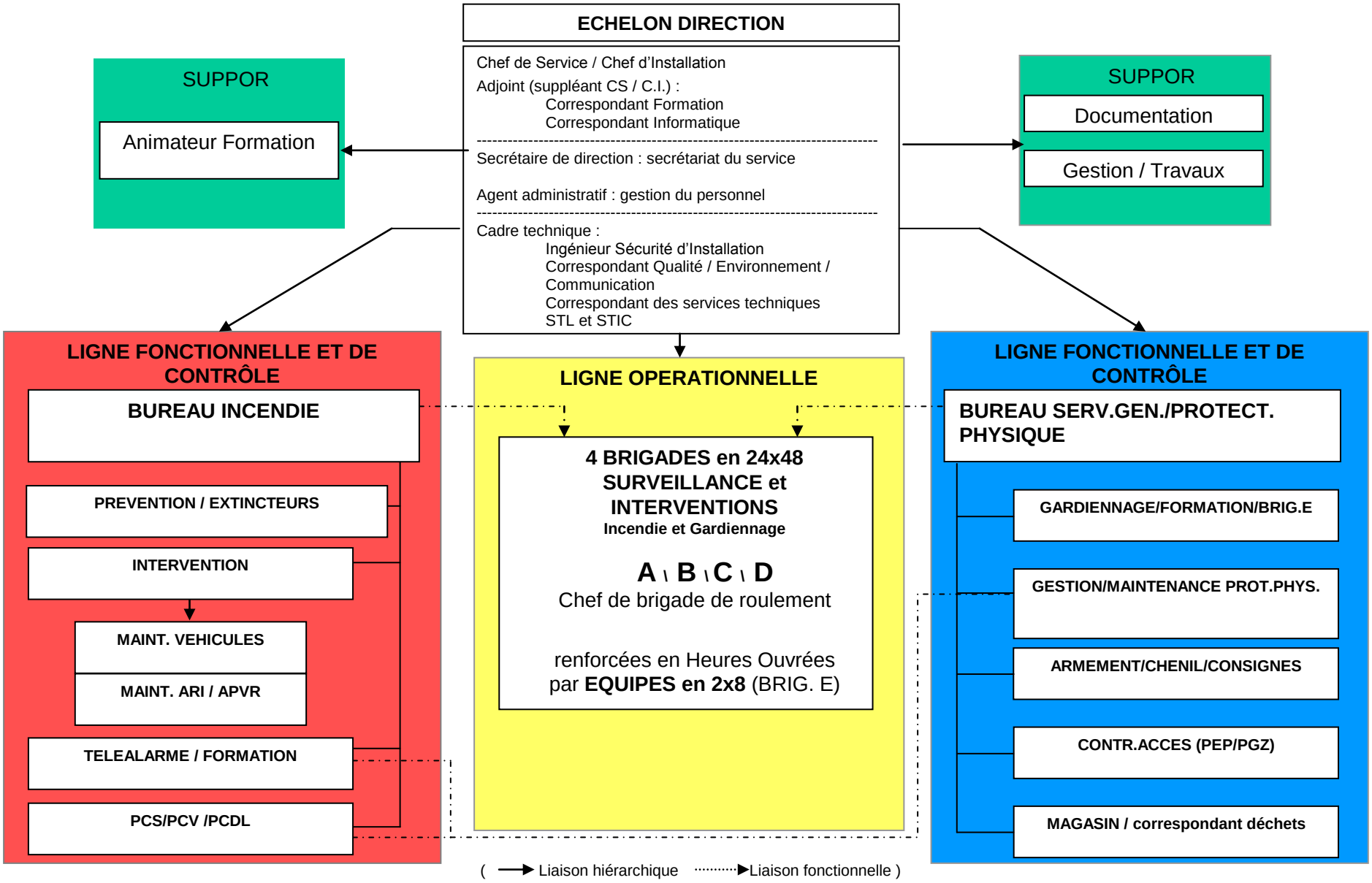
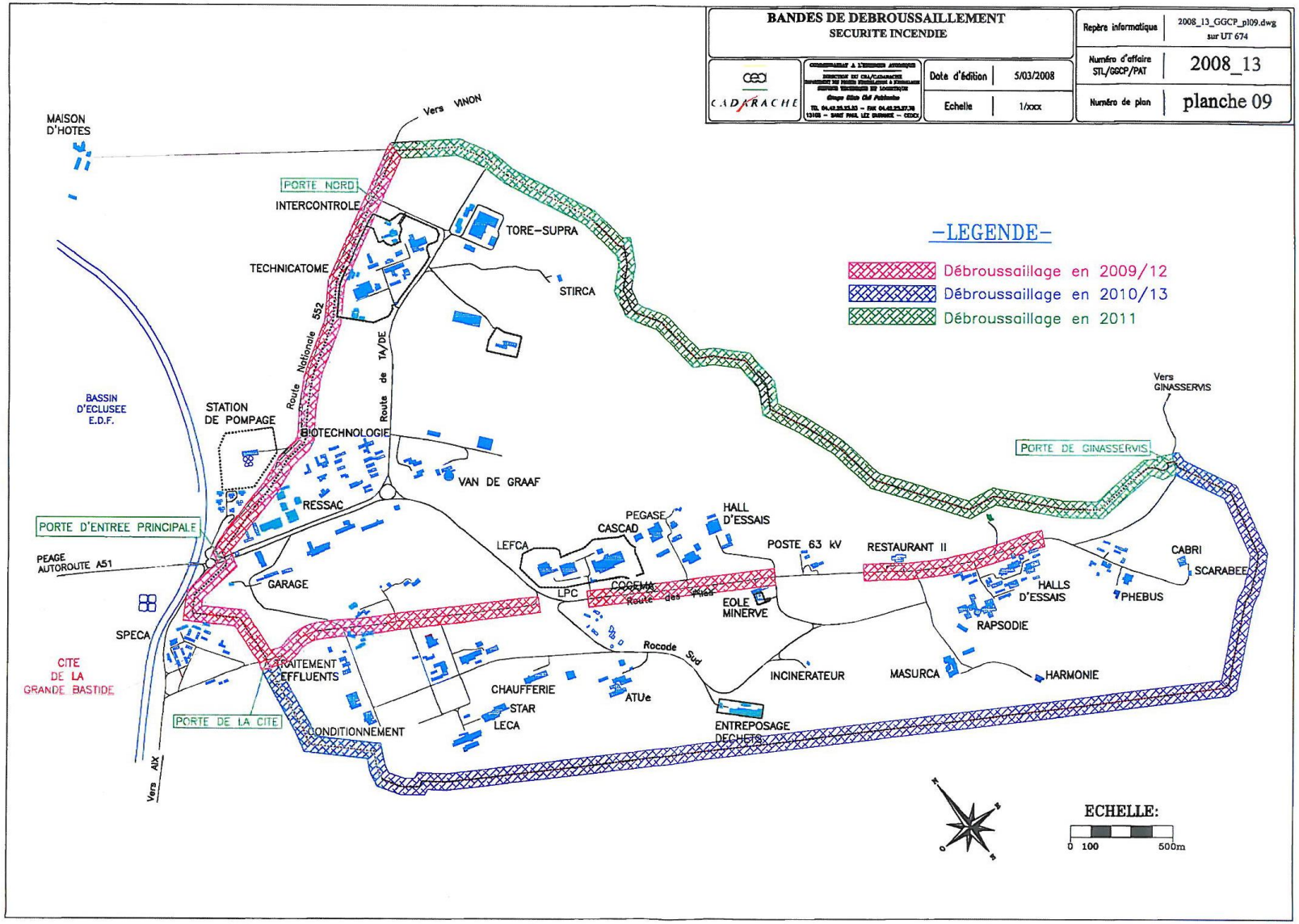


Figure 4.4.2 : Carte des bandes de débroussaillement sur le Centre de Cadarache



VOLUME 4 - CHAPITRE 5

TRAITEMENT DES DÉCHETS

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
A. BASTIANELLI DPIE/SA2S/GAS	V. MASSON P. BATTESTI DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004.
B	01/02/10	Texte mis à jour et complété pour prendre en compte la demande transmise par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	07/06/13	Prise en compte des nouveaux textes de l'Établissement.

SOMMAIRE

4.5.1 CADRE RÉGLEMENTAIRE 4

4.5.2 OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ÉTUDE DÉCHETS 4

4.5.3 MODALITÉS DE GESTION DES DÉCHETS 4

4.5.3.1 LES DÉCHETS CONVENTIONNELS 4

4.5.3.2 LES DÉCHETS NUCLÉAIRES 5

4.5.4 AXE D'OPTIMISATION 5

4.5.1 CADRE RÉGLEMENTAIRE

L'arrêté du 31 décembre 1999, fixant la réglementation technique générale destinée à prévenir et limiter les nuisances et les risques externes résultant de l'exploitation des installations nucléaires de base, demande à chaque exploitant nucléaire, au travers de ses articles 20 et 21, de réaliser respectivement une étude pour l'ensemble des déchets nucléaires et conventionnels produits par les installations nucléaires de base [4.5.1] et un document de synthèse des dispositions prises pour la gestion de ces déchets [4.5.2]. Ce document de synthèse - ou référentiel déchets - est soumis à l'approbation de l'ASN conformément à l'article 21.

4.5.2 OBJECTIFS ET CONTENU DE L'ÉTUDE DÉCHETS

L'étude déchets s'inscrit dans une politique orientée autour de quatre axes principaux :

- limiter la production de déchets,
- connaître et contrôler les flux de déchets et l'évolution de leurs caractéristiques,
- assurer la valorisation des déchets lorsque cela est possible ou leur destruction,
- effectuer, dans de bonnes conditions, le stockage des déchets ultimes qui doivent être strictement limités.

L'étude déchets d'un site nucléaire est réalisée suivant le guide d'élaboration n°SD3-D-01 indice 1 émis par la DSIN et annexé à sa lettre n°50489/01 du 7 septembre 2001 ; elle est ainsi structurée selon les cinq volets suivants :

- le volet I présente la situation existante en matière de production et de gestion des déchets et constitue une base de données pour les volets II, III, IV et V ;
- le volet II présente le zonage déchets destiné à identifier a priori les zones où les déchets produits sont radioactifs ou susceptibles de l'être, la justification du zonage déchets et son incidence sur le classement des déchets ;
- le volet III présente la recherche d'amélioration des modalités de gestion de tous les déchets et la mise en œuvre d'une démarche adaptée de gestion des déchets TFA par filières compatibles avec les données du volet I ;
- le volet IV présente et justifie les évolutions des modalités de gestion retenues ;
- le volet V définit le domaine de fonctionnement de la gestion des déchets nucléaires et conventionnels ; il présente la nouvelle situation des déchets créés, les modalités de gestion de ces déchets et l'échéancier prévisible d'application des mesures définies dans le volet IV ; le volet V constitue le « référentiel ».

4.5.3 MODALITÉS DE GESTION DES DÉCHETS

Les modalités de gestion des déchets du Centre de Cadarache sont décrites en détail dans le volet 5 de l'étude déchets constituant le « référentiel ». Pour chaque type de déchets (conventionnels ou nucléaires), l'organisation mise en place est également présentée. Trois circulaires du CEA Cadarache fixent par ailleurs les principes qui régissent la gestion des différentes sortes de déchets et les règles appliquées, et définissent le rôle respectif des différents intervenants [4.5.3], [4.5.4].

4.5.3.1 LES DÉCHETS CONVENTIONNELS

Pour les déchets conventionnels, le référentiel s'appuie sur le plan d'élimination des déchets du Centre mis à jour chaque fois que nécessaire dans un souci d'optimisation tant économique que technique. Il traduit en particulier la recherche constante de voies d'amélioration pour le traitement des déchets primaires et pour l'élimination des déchets ultimes, en privilégiant les filières de recyclage ou de valorisation.

Les installations sont responsables des déchets qu'elles produisent et doivent les conditionner selon les moyens mis à disposition par le Centre.

La gestion des déchets conventionnels est ensuite confiée par la Direction du CEA Cadarache au Service Technique et Logistique (STL) qui a en charge la collecte, le contrôle de leur conformité aux spécifications d'acceptation, le stockage en transit sur le Centre dans des installations dédiées, l'organisation des évacuations vers les destinataires finaux, la traçabilité et la mise à jour fréquente du plan d'élimination des déchets.

4.5.3.2 LES DÉCHETS NUCLÉAIRES

Les déchets nucléaires regroupent quant à eux l'ensemble des déchets issus des zones contaminantes des INB et des ICPE à caractère radioactif. Ils sont caractérisés et contrôlés aux différentes étapes de leur gestion de façon à répondre aux exigences de sûreté, aux exigences de la réglementation des transports et aux spécifications de prise en charge dans les exutoires.

Toute unité productrice, représentée par son chef d'installation, a en charge l'établissement du zonage déchets des différents locaux qui la composent et est responsable des déchets qu'elle génère. Pour les déchets solides, ses obligations sont de s'assurer, avant de produire tout déchet radioactif, qu'il existe une solution pour son traitement et son évacuation, et de veiller au respect des spécifications de prise en charge pendant la production. Pour les effluents aqueux, ses responsabilités sont de s'assurer que toutes les dispositions ont été prises pour réduire autant que possible leur activité et leur volume, et que leur tri est réalisé en accord avec la circulaire du Centre et les spécifications de prise en charge.

Le Département de Services Nucléaires (DSN) a pour sa part la mission d'assurer la gestion des déchets solides et liquides du Centre de Cadarache. Cette gestion prend en compte l'ensemble des opérations concernant les déchets depuis peur production jusqu'à leur exutoire. En particulier, le Service de Gestion et de Traitement des Déchets (SGTD) met en œuvre des contrôles et procédés de traitement et de conditionnement des déchets afin de pouvoir soit les évacuer sur les sites ANDRA de stockage de surface (centre CSTFA pour les déchets TFA et centre CSFMA pour les déchets FMA ou de catégorie A), soit les évacuer pour incinération à CENTRACO (déchets FMA ou de catégorie A), soit les entreposer sur le site de Cadarache dans l'attente d'un éventuel stockage en couche géologique (déchets MAVL ou de catégorie B). Ces opérations se font dans des conditions strictement réglementées de façon à mettre les déchets sous forme de colis agréés. L'ouverture et le maintien des filières d'évacuation des déchets sont assurés par le Laboratoire Mesures, évacuation des Déchets et Exutoires (LMDE) au travers d'agréments et acceptations délivrés par les exutoires.

Les transports des déchets radioactifs à l'intérieur du Centre sont effectués par le Bureau Transports du DSN, sous la responsabilité du Directeur du Centre. Ces transports concernent la transmission des déchets solides et liquides entre les différentes installations productrices et les installations de traitement ou d'entreposage. Les déchets conditionnés dans des colis envoyés par la route vers le centre de stockage de surface de l'ANDRA sont gérés par le CEA Cadarache. Le transport est effectué par des sociétés agréées par l'ANDRA.

Concernant l'entreposage sur le Centre, le Service d'Entreposage des Matières et Déchets (SEMD) du DSN est le gestionnaire des zones d'entreposage du site de Cadarache situées sur l'INB 56 et sur l'INB 164 concernant les déchets TFA, les déchets FMA et les déchets MAVL non évacués sur un site de stockage de surface.

Pour s'assurer de la traçabilité des déchets radioactifs depuis leur production dans les différents laboratoires, en passant par leur traitement, jusqu'à leur entreposage ou leur stockage, la gestion des déchets s'effectue à l'aide d'un système informatique : le système CARAÏBES.

4.5.4 AXE D'OPTIMISATION

Le référentiel déchets s'attache également à présenter les améliorations envisagées en matière de gestion des déchets, qu'il s'agisse des déchets conventionnels ou des déchets nucléaires. En ce qui concerne les déchets nucléaires, cette question est traitée de façon générique pour l'ensemble des centres CEA civils. Les filières d'élimination des déchets radioactifs et les actions de R&D les concernant sont en effet définies à un niveau global CEA, et, s'il y a lieu, en concertation avec les autres producteurs de déchets nucléaires.

Le recensement des déchets anciens et entreposés dans les Centres a conduit le CEA à élaborer un plan d'assainissement destiné à permettre le traitement de tous les déchets en vue de leur stockage par

l'ANDRA ou de leur entreposage dans les meilleures conditions de sécurité. Ce plan est complété par un programme d'investissement qui prend en compte l'ensemble des projets de rénovation et de création d'installations nécessaires à sa réalisation.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.5.1] Étude déchets du CEA Cadarache - Indice 5 – DPIE/SA2S DO 31 du 15 février 2010.

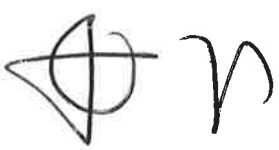
[4.5.2] Référentiel déchets du CEA Cadarache – Indice 5 – DPIE/SA2S DO 31 du 15 février 2010.

[4.5.3] Plan qualité gestion des déchets au CEA Cadarache. DEN/CAD/DIR/PQ/001 ind. 1 du 3 novembre 2011.

[4.5.4] Circulaire CEA/Cadarache n°102 du 12 décembre 2011 relative à la gestion des effluents liquides ordinaires et radioactifs du site de Cadarache.

VOLUME 4 - CHAPITRE 6

TRANSPORTS RADIOACTIFS SUR LE CENTRE

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
JM. MURE DSN/STMR/BT	S. CLAVERIE-FORGUES Chef du STMR V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J. GEORGES Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	§ et/ou page	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04		Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10		Mise à jour prenant notamment en compte l'évolution de la réglementation et la demande transmise par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	13/11/14	§ 4.6.1 § 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4	Prise en compte de l'arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base. Mise à jour et compléments d'informations.

SOMMAIRE

4.6.1 GENERALITES 4

4.6.2 ORGANISATION DES TRANSPORTS 4

4.6.3 MATERIEL DE TRANSPORT 5

4.6.4 EXIGENCES DE SURETE 5

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 6

4.6.1 GENERALITES

On distingue trois catégories de transports de matières dangereuses selon le type de trajet effectué :

- les transports externes : pour les trajets effectués entre une INB du Centre et une installation extérieure (par exemple Andra, Centraco) empruntant les voies publiques, c'est la réglementation relative au transport de marchandises dangereuses par route (arrêté TMD) qui est applicable [4.6.1] [4.6.2] ainsi que certaines dispositions prises par le CEA pour ce type de transports [4.6.3] ;
- les phases de roulage : pour les trajets effectués à l'intérieur d'un Centre, entre deux installations en dehors du périmètre d'une INB, il faut se référer à l'organisation CEA en matière de règles de roulage [4.6.4], [4.6.5] et aux autorisations délivrées au cas par cas par le Directeur de Centre. Les transports effectués entre les bâtiments de l'INBS-PN relèvent des phases de roulage ;
- les opérations de transports internes : les transports effectués à l'intérieur du périmètre d'une INB (à l'extérieur des bâtiments et des parcs d'entreposage) sont réalisés conformément aux chapitres Transports des RGE de chaque INB.

4.6.2 ORGANISATION DES TRANSPORTS

La Direction de la Protection et de la Sûreté Nucléaire (DPSN) est la direction fonctionnelle en matière de sécurité des transports. Elle est compétente pour élaborer les notes et circulaires d'organisation des transports applicables sur sites CEA et les Règles Générales pour les Transports Internes (RGTI). Ces règles sont ensuite déclinées pour chaque site CEA.

La Direction de l'Énergie Nucléaire (DEN) met en œuvre, à court et moyen termes, la politique des transports de matières radioactives de l'ensemble du CEA. Elle est responsable de la mise à disposition du parc d'emballages.

Le Maître d'Ouvrage DEN/DADN (Direction de l'Assainissement et du Démantèlement Nucléaire) a délégué la gestion du parc d'emballages au STMR (Service des Transports de Matières Radioactives). Le STMR est le détenteur des emballages du CEA constituant le parc. Le STMR :

- assure la coordination des transports radioactifs des unités de la DEN,
- exploite le parc d'emballages de la DEN en garantissant le respect des exigences de sûreté,
- tient à jour le référentiel de sûreté des modèles de colis dont il a la responsabilité,
- garantit le maintien opérationnel des emballages afin de répondre au mieux aux besoins des unités conduisant les projets de R&D, de services nucléaires, d'assainissement et de démantèlement,
- capitalise le REX en tant que référent du métier de transport de matières radioactives,
- assure la fabrication de nouveaux exemplaires d'emballages,
- organise les transports internes au Centre et externes au départ du Centre.

L'organisation pour la réalisation des transports externes et internes de matières radioactives du Centre est sous la responsabilité d'ensemble du Directeur de Centre.

Les Chefs d'Installation assurent la responsabilité de la sécurité de tous les transferts effectués à l'intérieur de leur INB.

La réalisation des transports sur site s'appuie sur :

- le Bureau Transports pour l'aspect opérationnel, le Conseiller à la Sécurité classe 7 et la cellule de sûreté du Centre, pour l'exercice de la fonction de contrôle,

- les agents du SPR en tant que personnes compétentes en radioprotection qui sont chargés des contrôles réglementaires de radioprotection au départ et à l'arrivée des transports,
- les agents de la FLS, chargés d'effectuer la protection des convois sur le centre et d'intervenir en tant que de besoin pour la lutte contre l'incendie.

4.6.3 MATERIEL DE TRANSPORT

Les véhicules utilisés pour les transports internes appartiennent pour partie au STMR ou sont loués à des transporteurs.

Les emballages utilisés pour les transports internes appartiennent au CEA ou sont loués à des industriels. Un partenariat entre le CEA et AREVA/TN a été mis en place en 2008 afin de constituer un parc commun d'emballages. Ces emballages sont majoritairement utilisés par le CEA/Cadarache. La liste des emballages bénéficiant d'une autorisation pour une utilisation en interne est tenue à jour par le BT.

4.6.4 EXIGENCES DE SURETE

Les véhicules utilisés (qu'ils appartiennent au CEA ou qu'ils fassent l'objet d'une location) sont conformes à la réglementation qui s'applique pour des utilisations sur voie publique ou le cas échéant aux exigences définies dans les RGTI.

Les colis de matières radioactives utilisés :

- soit sont conformes à la réglementation voie publique,
- soit font l'objet d'une autorisation délivrée par l'Autorité compétente (ASN, DSND, ou direction de Centre selon les cas).

Les niveaux de sûreté intrinsèques des colis conformes à la réglementation voie publique autorisent la circulation quelles que soient les voies de transport utilisées. Dans le cas de l'utilisation de colis faisant l'objet d'une autorisation spécifique délivrée par l'Autorité compétente, cette autorisation peut le cas échéant conduire à la mise en place de mesures compensatoires garantissant le même niveau de sûreté du transport que s'ils étaient conformes à la réglementation (par exemple des restrictions concernant les trajets).

Le matériel dont dispose le STMR/BT fait l'objet de mesures de maintenances et de contrôles permettant de vérifier leur bon état de fonctionnement.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[4.6.1] Arrêté relatif au transport des marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « Arrêté TMD »). Dernière édition en vigueur.

[4.6.2] Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route. Dernière version en vigueur.

[4.6.3] NIG N°619 de 2012, relative aux transports de matières radioactives.

[4.6.4] Règles Générales de Transports Internes (RGTI) - MR/DPSN/SSN/RE/01-2013. Dernier indice en vigueur.

[4.6.5] Règles Particulières de Transports Internes du CEA Cadarache. Dernier indice en vigueur.

VOLUME 5
IMPACT DU CENTRE EN SITUATION NORMALE

CHAPITRE 1 : CONTRÔLE DES REJETS DU SITE ET REJETS ET TRANSFERTS DES INSTALLATIONS

CHAPITRE 2 : SURVEILLANCE DU SITE ET DE L'ENVIRONNEMENT

CHAPITRE 3 : REJETS À L'ENVIRONNEMENT ET CONSÉQUENCES DES REJETS RADIOACTIFS ET TOXIQUES CHIMIQUES

VOLUME 5 - CHAPITRE 1

CONTRÔLE DES REJETS DU SITE ET DES REJETS ET TRANSFERTS DES INSTALLATIONS

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
F. VAN DORPE D2S/SPR/LANSE C.THÉRÈNE DSTG/STL/GFDE	P. BATTESTI V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000.
B	01/02/10	Mise à jour du volume 5 de la PGSE suite à la parution des nouveaux arrêtés préfectoraux et ministériels d'autorisation de rejets et de prélèvements en eau de 2005 et 2006.
C	07/06/13	Prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010). Prise en compte de la Décision n° 2011-DC-0208 de l'ASN du 27 janvier 2011. Prise en compte de la prise en charge des effluents liquides radioactifs par l'ICPE 312 (bonbonnes) et par la STEL de Marcoule (cuves) suite à l'arrêt de la prise en charge par la STE de Cadarache (INB 37 – STEDS). Mise à jour des références. Prise en compte des 2 bassins de rejets supplémentaires.

SOMMAIRE

5.1.1 GÉNÉRALITES 4

5.1.2 REJETS D'EFFLUENTS ATMOSPHÉRIQUES 4

5.1.2.1. GÉNÉRALITÉS 4

5.1.2.2 DISPOSITIFS D'ÉPURATION 4

5.1.2.3 DISPOSITIFS DE CONTRÔLE 5

5.1.3 TRANSFERTS ET REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES 7

5.1.3.1 CONTRÔLES AU NIVEAU DES INSTALLATIONS 7

5.1.3.1.1 Contrôles radiologiques 7

5.1.3.1.2 Contrôles chimiques 8

5.1.3.2 CONTRÔLES AU NIVEAU DES STATIONS D'ÉPURATION ET DE REJET DU CENTRE 8

5.1.4 CENTRALISATION DES MESURES - TABLEAU DE CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT 10

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 11

LISTE DES FIGURES 12

FIGURES 12

5.1.1 GÉNÉRALITES

Le contrôle consiste en l'ensemble des mesures effectuées en continu. Il se distingue de la surveillance du site et de l'environnement, c'est à dire de l'ensemble des prélèvements avec analyses réalisées en différé. Les aspects surveillance sont traités au chapitre 2 du présent volume.

Ce chapitre a pour but de présenter l'ensemble des dispositifs et des procédures permettant d'assurer la collecte et le transfert des effluents gazeux et liquides, radioactifs et chimiques, de contrôler et d'évaluer les rejets vers l'environnement à partir des installations et des émissaires de rejet du site de Cadarache, tant en situation normale qu'accidentelle.

Le contrôle à la sortie de chacune des installations est de la responsabilité du chef de l'installation concernée et est effectué selon les documents en référence [5.1.1], [5.1.2] [5.1.4] et [5.1.5]. Le contrôle à la sortie du Centre est de la responsabilité du Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) et du Service Technique et Logistique (STL). Les mesures radiologiques et les analyses radio chimiques sont effectuées par le Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE) du SPR, selon le document en référence [5.1.3]. Les analyses chimiques sont effectuées par le Laboratoire de chimie environnementale géré par le STL pour les effluents liquides et par un laboratoire agréé pour les prélèvements et analyses des effluents gazeux.

5.1.2 REJETS D'EFFLUENTS ATMOSPHÉRIQUES

5.1.2.1. GÉNÉRALITÉS

Les installations susceptibles d'émettre des rejets de gaz ou d'aérosols radioactifs sont équipées de circuits de ventilation comprenant généralement :

- une prise d'air extérieure placée aussi loin que possible de l'orifice d'évacuation afin d'éviter les recyclages des effluents rejetés dans l'atmosphère,
- un filtre d'entrée destiné à éliminer les particules solides présentes dans l'atmosphère,
- un dispositif de conditionnement de l'air prélevé (chauffage et/ou humidificateur),
- un dispositif de soufflage,
- des conduites de ventilation amenant "l'air frais" dans les locaux,
- des prises d'aspiration avec filtration placées au plus près des lieux de production d'effluents radioactifs,
- des conduites de ventilation d'extraction,
- des dispositifs d'épuration spécifiques (aérosols, iode, etc.),
- un dispositif d'extraction,
- des dispositifs de contrôle des activités rejetées et de protection des systèmes d'épuration (volets, clapets, détecteurs d'incendie, etc.),
- un dispositif conduisant l'air de ventilation à une hauteur suffisante pour assurer la dispersion dans l'atmosphère (cheminées),
- un dispositif de prélèvement.

5.1.2.2 DISPOSITIFS D'ÉPURATION

Ils sont généralement constitués par des filtres montés en batterie, soit dans des caissons en tôle d'acier, soit dans des enceintes maçonnées. Leur nombre et leur matière dépendent du débit d'air qui les traverse, de ses caractéristiques physiques et chimiques et, en général, des radioéléments susceptibles de se dégager en fonctionnement normal ou accidentel (en particulier de la présence possible d'halogènes).

Ils sont soumis à des tests périodiques *in situ* suivant des méthodes normalisées :

- le coefficient d'épuration des filtres est vérifié par la méthode utilisant un aérosol d'uranine (fluorescéine) de diamètre moyen de 0,15 μm (norme NF X44-011),

- le coefficient d'épuration des pièges à iode est vérifié par injection d'iodure de méthyle radioactif (norme NF M62-206).

5.1.2.3 DISPOSITIFS DE CONTRÔLE

Le contrôle des rejets atmosphériques des installations est effectué en application des décisions et arrêté [5.1.6] [5.1.7] [5.1.8] pour les Installations Nucléaires de Base (INB) civiles, en application de l'arrêté [5.1.9] pour INB Secrète (INBS), et en application des arrêtés préfectoraux [5.1.4] [5.1.5] pour les ICPE, qui définissent les autorisations annuelles de rejets d'effluents gazeux chimique et radiologique. Ces installations doivent s'assurer du respect des valeurs limites annuelles et vérifier pour cela que les activités rejetées au cours d'un mois sont inférieures aux limites mensuelles spécifiées dans les références précitées.

En application des décisions et arrêtés d'autorisation de rejets d'effluents radioactifs [5.1.4] à [5.1.9], deux types de documents sont mis à jour périodiquement pour l'ASN :

- *la liste et les caractéristiques des émissaires de rejets d'effluents gazeux du Centre de Cadarache* sont référencées dans un document de périodicité d'actualisation régulière [5.1.10]. Celui-ci comporte :
  - l'identification du bâtiment contenant l'émissaire,
  - la nature de la surveillance en continu et en différé,
  - les caractéristiques de la cheminée : hauteur (m), et débit de référence ($m^3.h^{-1}$), coordonnées Lambert III (m) et World Global System 84 (deg, min, s).

  Ce document est indicé en cours d'année en cas de modification des caractéristiques des émissaires.
- *le Registre réglementaire de l'état mensuel des rejets atmosphériques* dans lequel sont mentionnés tous les **rejets atmosphériques radioactifs et chimiques pour lesquels l'installation a une autorisation**. Les rejets sont analysés et comptabilisés en fonction du spectre de référence déclaré par l'installation (par émissaire : voir liste citée en référence [5.1.11]), conformément à la procédure décrite en [5.1.12]. Des mesures globales (alpha et bêta) et des analyses radioélément par radioélément (émetteurs β, γ et émetteurs α) sont réalisées mensuellement. La comptabilisation des activités est différente selon que le radioélément est dans le spectre de référence de l'INB et est complémentaire ou en vérification d'absence.
  Dans le registre sont considérés comme significatifs tous les rejets qui dépassent un certain seuil, dit de décision défini dans la norme NF ISO 11929, et comme non-significatifs tous ceux inférieurs à ce seuil, leur activité étant calculée à partir du seuil de décision. Ce registre est mis à jour mensuellement par la Cellule de Sûreté et Matière Nucléaire (CSMN) du Centre à partir des données transmises par les installations et est envoyé sous forme de bilan à l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Il comprend **une fiche par émissaire et une fiche de synthèse par INB**.
  Tous les rejets significatifs, *i.e.* dépassant le seuil de décision, et pour lesquels l'installation **n'a pas d'autorisation de rejet**, font l'objet d'une **information immédiate au préfet, à la DGS** (Direction Générale de la Santé)**, à l'ASN et à la DREAL (**Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement).

Sur chaque émissaire des contrôles en continu des aérosols α et β, des gaz et des halogènes (dont l'iode) et en différé des aérosols α, β sur des filtres ou sur des pièges (mesures spécifiques des halogènes (iodes)), et des mesures particulières du tritium et du carbone 14 sur barboteurs, sont réalisées selon les modalités qui suivent.

➢ **Contrôles des rejets d'aérosols en différé :**

Les émissaires véhiculant potentiellement des rejets d'aérosols radioactifs sont équipés d'un Dispositif de Prélèvement des Rejets en Cheminée (DPRC). Ce dispositif effectue, après les derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant le rejet à l'atmosphère, un prélèvement continu des aérosols par filtration. Les filtres sont remplacés toutes les semaines pour faire l'objet d'une mesure hebdomadaire afin de déterminer la radioactivité α global et β global et des émetteurs γ.

Tous les rejets dont l'activité volumique est supérieure aux valeurs suivantes sont mentionnés sur le *Registre réglementaire de l'état mensuel des rejets atmosphériques* transmis mensuellement à l'ASN :

- **1.10^{-4} Bq.m^{-3}** pour les aérosols émetteurs α,
- **$2{,}5.10^{-4}$ Bq.m^{-3}** pour les aérosols émetteurs β.

➢ **Contrôle des rejets d'halogènes (radio-isotopes de l'iode) en différé :**

Les émissaires de rejets atmosphériques susceptibles de véhiculer des halogènes sont équipés après les derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant rejet à l'atmosphère, d'un DPRC muni de deux cartouches en série contenant du charbon actif. Ces cartouches sont changées sur une base hebdomadaire. Leur analyse en différé par spectrométrie gamma permet d'évaluer les activités en halogènes éventuellement rejetées par l'installation.

Tous les rejets dont l'activité volumique est supérieure à **$2{,}5.10^{-3}$ Bq.m^{-3}** pour les isotopes radioactifs de l'iode (^{131}I et ^{129}I) sont mentionnés sur le *Registre réglementaire de l'état mensuel des rejets atmosphériques* transmis mensuellement à l'ASN.

➢ **Contrôle des rejets des gaz en continu :**

Les émissaires susceptibles de véhiculer des gaz radioactifs sont équipés d'un ensemble de mesure des gaz de type « chambre d'ionisation différentielle à circulation d'air », étalonnée avec un gaz de référence figurant dans les rejets potentiels de l'installation.

Cet ensemble de mesure associé à une unité de traitement permet de déterminer les activités rejetées par l'installation pour une période donnée (mesure hebdomadaire).

Tous les rejets dont l'activité volumique est supérieure à **1.10^{4} Bq.m^{-3}** pour les gaz rares (Kr-85, Xe-131m, …) sont mentionnés individuellement sur le *Registre réglementaire de l'état mensuel des rejets atmosphériques* transmis mensuellement à l'ASN. Certaines installations disposent d'ensembles de comptage plus sensibles. Toute activité significative est déclarée individuellement. A noter le cas particulier de l'INB 92 (émissaire 43 – Phébus), pour lequel un prélèvement et une mesure ponctuels sont effectués uniquement en cas de rejet concerté.

➢ **Contrôle des rejets de tritium en différé :**

Les émissaires susceptibles de libérer du tritium sous forme de vapeur d'eau tritiée (HTO) ou de gaz tritium (HT) sont équipés après les derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant rejet à l'atmosphère, d'un dispositif de barboteurs avec ou sans four d'oxydation du tritium gaz en eau tritiée (HTO). Ce dispositif permet de déterminer sur une base hebdomadaire ou mensuelle les activités en tritium éventuellement rejetées par l'installation.

Tous les rejets dont l'activité volumique en tritium est supérieure à **10 Bq.m^{-3}** sont mentionnés individuellement sur le *Registre réglementaire de l'état mensuel des rejets atmosphériques* transmis mensuellement à l'ASN.

Chaque émissaire d'effluents gazeux radioactifs possède au moins un moyen de contrôle avant rejet dans l'atmosphère.

➢ **Contrôle des rejets de carbone 14 en différé :**

Les émissaires susceptibles de libérer du carbone 14 sous forme de dioxyde de carbone ($^{14}CO_2$) ou de monoxyde de carbone (^{14}CO) ou de carbone organique volatil (COV) sont équipés, après les derniers équipements d'épuration de l'installation concernée et avant rejet à l'atmosphère, d'un dispositif de barboteurs avec ou sans four d'oxydation du CO ou du COV en dioxyde de carbone. Ce dispositif permet de déterminer sur une base mensuelle les activités en carbone 14 éventuellement rejetées par l'installation. A noter le cas particulier de l'INB 22 (émissaire 27 – Pégase), pour lequel un prélèvement et une mesure ponctuels sont effectués uniquement en cas de rejet concerté.

Tous les rejets dont l'activité volumique en carbone 14 est supérieure à **5 Bq.m^{-3}** sont mentionnés individuellement sur le *Registre réglementaire de l'état des rejets atmosphériques* transmis mensuellement à l'ASN.

Chaque émissaire d'effluents gazeux radioactifs possède au moins un moyen de contrôle avant rejet dans l'atmosphère.

Les appareillages de contrôle radiologique des effluents gazeux utilisés dans les installations et leurs caractéristiques sont détaillés dans les *Vade-mecum de Radioprotection* des installations, édités par le SPR.

L'ensemble des dispositions de contrôle permettent de garantir la maîtrise de l'impact des rejets radioactifs à des niveaux sans conséquence sur l'environnement (voir les résultats de l'étude d'impact au chapitre 3 du volume 5).

En ce qui concerne **l'analyse des paramètres chimiques**, il est la charge de l'exploitant de vérifier l'application de l'article 15 de la décision de l'ASN [5.1.8], des articles 7 à 13 de l'arrêté ministériel [5.1.9], de l'article 3.2.4.2 de l'arrêté préfectoral [5.1.4] et de l'article 3.2.5.2 de l'arrêté préfectoral [5.1.5], ainsi que du document d'exploitation [5.1.13].

Le Chef d'Installation fait effectuer les prélèvements et analyses des rejets atmosphériques de son installation.

Les résultats sont intégrés dans les bilans annuels ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) et INB.

5.1.3 TRANSFERTS ET REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES

5.1.3.1 CONTRÔLES AU NIVEAU DES INSTALLATIONS

5.1.3.1.1 Contrôles radiologiques

Le contrôle des transferts d'effluents liquides en provenance des installations est effectué en application des arrêtés préfectoraux et ministériels et des décisions de l'ASN relatifs aux autorisations de rejets d'effluents radioactifs liquides (références [5.1.4] à [5.1.9]). Les résultats de ces contrôles sont mentionnés dans le *Registre réglementaire des états des transferts et des rejets liquides* mis à jour mensuellement par CSMN à partir des données transmises par les installations et tenu à disposition de l'ASN (archivage sur une durée infinie).

Les limites de transfert définies pour orienter les effluents industriels vers les différents exutoires précisés ci-dessous sont les suivantes ([5.1.4], [5.1.5], [5.1.8], [5.1.9]) :

- **$7{,}4.10^{4}$** Bq.m^{-3} en activité β, γ (hors tritium),
- **1.10^{4}** Bq.m^{-3} en activité α,
- **$7{,}4.10^{7}$** Bq.m^{-3} pour le tritium.

Chaque installation susceptible de transférer des effluents liquides dispose donc de deux types de cuves :

- Les effluents liquides issus des INB et susceptibles d'être contaminés sont stockés dans **des cuves** « **suspectes »**. Ces cuves ne peuvent être transférées dans le réseau des effluents industriels qu'après analyse radiologique par le LANSE [5.1.1] (voit Tableau 2). Lorsqu'elles sont pleines, le contenu de ces cuves fait l'objet, après homogénéisation, des mesures de contrôle radiologique suivantes :
  - activité volumique α (exprimée en équivalent ^{239}Pu),
  - activité volumique β (exprimée en équivalent ^{90}Sr+^{90}Y),
  - activité volumique des émetteurs γ,
  - activité volumique du tritium (eau tritiée).

  Il s'agit d'analyses libératoires réalisées en préalable à chaque transfert. Si les effluents liquides présentent une activité volumique inférieure aux limites précisées ci-dessus, la cuve est vidangée ; dans le cas contraire, les effluents sont considérés comme des **effluents actifs** et sont donc traités comme tels (voir ci-dessous). De plus des analyses radio chimiques de caractérisation des effluents sont réalisées mensuellement sur un échantillon aliquote pour une comptabilisation des transferts des INB, au regard des spectres radiologiques définis dans les fiches de caractérisation des rejets liquides des installations annexées au document d'exploitation [5.1.13] en application des arrêtés, des décisions et de la circulaire CEA Cadarache n°102 [5.1.1].

Les effluents radioactifs liquides, qui ont une activité volumique supérieure aux limites de rejet, sont stockés dans **des cuves** (dites cuves « actives ») ou pour les petits volumes **dans des bonbonnes.** Les effluents de petits volumes sont pris en charge en bonbonne de 10 L par l'ICPE 312 avant leur transfert en camion-citerne à la Station de Traitement des Effluents Liquides (STEL) de Marcoule (*). Les effluents de volumes plus importants (cuves « actives ») sont collectés en camion-citerne pour transfert à la STEL de Marcoule après acceptation de leur prise en charge sur la base notamment d'analyses radiochimiques. Les rejets d'effluents liquides relèvent de la responsabilité des chefs d'installation qui s'assurent auprès du SPR que ces rejets respectent les activités volumiques citées ci-dessus et les différentes autorisations réglementaires des arrêtés et décisions cités en références [5.1.4] à [5.1.9] et éventuellement de ceux propres à leur installation (conformément aux fiches de caractérisation des rejets liquides des installations).

(*) Nota : Conformément à la Décision n°2011-DC-0208 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 27 janvier 2011 [5.1.15], la Station de Traitement des Effluents (INB 37) ne réceptionne plus de nouveaux effluents radioactifs $\beta\gamma$ depuis le 1er janvier 2011. L'utilisation des ateliers de traitement de la STE devra prendre fin au plus tard deux ans après l'arrêt de la réception dans l'installation des effluents $\beta\gamma$.

5.1.3.1.2 Contrôles chimiques

En application de la décision [5.1.8], des arrêtés préfectoraux [5.1.4] et [5.1.5], et du document d'exploitation [5.1.13], des fiches de caractérisation ont été rédigées par les installations pour définir leurs transferts d'effluents liquides à la STation d'EPuration des Effluents Industriels (STEP EI).

Ainsi, selon leur fiche de caractérisation, des paramètres chimiques sont contrôlés avant ou après le transfert à la STEP EI c'est-à-dire qu'il s'agit d'analyses libératoires ou différées au transfert.

Ces analyses sont effectuées par le laboratoire de chimie environnementale géré par le STL. Elles permettent de contrôler la conformité du transfert par rapport à la *Fiche de Caractérisation* de l'installation ainsi que par rapport à l'entrée à la STEP EI.

Des bilans annuels INB et ICPE sont rédigés.

5.1.3.2 Contrôles lors des transferts de distillats et au niveau des stations d'épuration et de rejet du centre

Ce paragraphe concerne les contrôles radioactifs, les contrôles des paramètres chimiques étant présentés au paragraphe 3.3.2.2.2 du chapitre 3 du volume 3 de la PGSE.

Le Centre possède deux stations de contrôle dédiées à la mesure en permanence de l'activité des effluents liquides avant rejet en Durance. L'une est située à la station d'épuration du Centre et l'autre à la station des rejets comme indiqué en Figure 5.1.1. Le circuit des effluents liquides du Centre est présenté en Figure 5.1.2.

L'ensemble des équipements de ces stations et les caractéristiques des différents capteurs sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques des capteurs radiologiques - Effluents liquides

CAPTEUR	PRINCIPE	SENSIBILITÉ – LIMITE DE DÉTECTION – SEUIL D'ALARME *Imp = impulsion*	IMPLANTATION
RAME 11	Mesure continue α et β de l'eau : L'eau est pulvérisée à débit constant sur filtre. L'aérosol formé est séché puis compté sur compteur proportionnel.	**Sensibilités :** Voie α : ^{239}Pu =1 Bq.L^{-1}.min^{-1} Voie β : ^{90}(Sr+Y) =0,3 Bq.L^{-1}.min^{-1} **Limites de détection :** LDα = 7 Bq.L^{-1} LDβ = 5 Bq.L^{-1} **Seuils d'alarme :** SA α = 35 imp.s^{-1} SA β = 120 imp.s^{-1}	**Station d'épuration :** collecteur des eaux industrielles entrée de la station de traitement des effluents industriels
Sondes Novolec SGE01	Mesure continue γ de l'eau : Scintillateurs NaI immergés dans des bacs de 200 L d'eau ou *in situ* (entrée bassins aux rejets)	**Limites de détection** : LD ^{137}Cs = 25 Bq.L^{-1} **Seuils d'alarme :** SA industriel = 125 imp.s^{-1} SA sanitaire = 105 imp.s^{-1}	**Station d'épuration :** eaux vannes, eaux industrielles
		Sensibilité : ^{137}Cs =2,8 Bq.L^{-1}.min^{-1} **Seuils d'alarme :** SA entrée : 100 imp.s^{-1} SA sortie : 70 imp.s^{-1}	**Station des rejets :** entrée et sortie bassins ; Ravin de la bête

Au niveau de la Station de Traitement des Effluents (STE - INB 37), chaque lot d'effluents liquides constitué à partir des distillats issus des traitement des effluents antérieurement à l'arrêt de la réception dans l'installation des effluents $\beta\gamma$, est analysé par prélèvement d'un échantillon aliquote, sur lequel sont effectuées des analyses radiologiques.

Les résultats des analyses effectuées sont mentionnés sur le *Registre réglementaire des états des transferts et des rejets liquides* mis à jour mensuellement. Un échantillon aliquote est également adressé au laboratoire de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) au Vésinet (78).

En période de rejet des lots de la STE, des prélèvements supplémentaires sont effectués dans le milieu récepteur ; ceux-ci sont présentés dans le chapitre 2 « *Surveillance du site et de l'environnement* » du présent volume.

Au niveau de la station d'épuration et de la station des rejets du Centre, un hydro collecteur automatique prélève en permanence une fraction des eaux dans le répartiteur vers les bassins de 3000 m^3, dans la canalisation de rejet en Durance à la station des rejets. Le réseau d'eaux pluviales du Centre fait l'objet d'une surveillance hebdomadaire :

- au niveau du versant nord : un prélèvement manuel est réalisé en cas de pluie,
- au niveau du Ravin de la Bête : un aliquote hebdomadaire est réalisé par prélèvement continu à l'aide d'un hydro-collecteur automatique situé à la station de rejets.

Des seuils d'alarme affichés sur les capteurs (cf. Tableau 1) déclenchent des alertes retransmises au central du LANSE et à la FLS (Formation Locale de Sécurité). Des prélèvements sont automatiquement effectués pour analyse par le SPR. De plus, un dépassement du seuil d'alarme à la station d'épuration provoque un détournement automatique des eaux vers des cuves de stockage de 1000 m^3. Le déclenchement d'alarme sur le Ravin de la Bête déclenche le dévoiement automatique des eaux pluviales vers un bassin de secours de 3000 m^3 à la station des rejets.

Des échantillons moyens journaliers ou mensuels sont constitués par fractionnement aliquote de ces prélèvements en vue d'analyses (voir Tableau 2). L'ensemble des résultats des analyses effectuées à la station des rejets est mentionné sur le *Registre réglementaire des états des transferts et des rejets liquides* mis à jour mensuellement. De plus, un échantillon aliquote mensuel prélevé dans la canalisation des eaux industrielles est adressé au laboratoire IRSN du Vésinet (78).

Tableau 2 : Programme de surveillance des transferts par voie liquide

PARAMETRE SURVEILLE	TYPE DE PRELEVEMENT	ANALYSES EFFECTUEES	MATERIEL OU DETECTEUR	LIMITES DE DETECTION
Transferts à partir des installations	Eau de cuve « suspecte »	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_{\alpha} = 1$ Bq.L^{-1} $LD_{\beta} = 2$ Bq.L^{-1}
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3} = 26$ Bq.L^{-1}
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD_{Cs137} = 3$ Bq.L^{-1} $LD_{Cs134} = 3$ Bq.L^{-1} $LD_{Co60} = 3$ Bq.L^{-1}
Transferts de distillats à partir de la station de traitement des effluents (STE – INB 37)	Aliquote d'un lot de distillats	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_{\alpha} \approx 0,08$ Bq.L^{-1}* $LD_{\beta} \approx 0,10$ Bq.L^{-1}*
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD_{Cs137} = 0,1$ Bq.L^{-1} $LD_{Cs134} = 0,1$ Bq.L^{-1} $LD_{Co60} = 0,1$ Bq.L^{-1}
		Spectrométrie α	Semi conducteur (Si)	$LD_{Pu239+Pu240} = 0,001$ Bq.L^{-1} $LD_{Pu238+Am241} = 0,001$ Bq.L^{-1}
		Recherche du ^{90}Sr	Compteur Scintillation en phase liquide	$LD_{Sr90} = 0,1$ Bq.L^{-1}
		Dosage uranium pondéral	ICP-AES	$LD_{[U]} = 10$ µg.L^{-1}
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3} \approx 6$ Bq.L^{-1}*
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{C14} \approx 25$ Bq.L^{-1}*
Rejets du Centre	Aliquote journalier Station d'Épuration (Eaux industrielles) et Station des Rejets	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_{\alpha} \approx 0,08$ Bq.L^{-1}* $LD_{\beta} \approx 0,10$ Bq.L^{-1}*
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD_{I131} = 2$ Bq.L^{-1} $LD_{Cs137} = 2$ Bq.L^{-1}
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3} \approx 6$ Bq.L^{-1}*
	Aliquote mensuel Station d'Épuration et Station des Rejets	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_{\alpha} \approx 0,08$ Bq.L^{-1}* $LD_{\beta} \approx 0,10$ Bq.L^{-1}*
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD_{Cs137} = 0,5$ Bq.L^{-1} $LD_{Cs134} = 0,5$ Bq.L^{-1} $LD_{Co60} = 0,5$ Bq.L^{-1}
		Spectrométrie α	Semi conducteur (Si)	$LD_{Pu239+Pu240} = 0,001$ Bq.L^{-1} $LD_{Pu238+Am241} = 0,001$ Bq.L^{-1}
		Recherche du ^{90}Sr	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{Sr90} = 0,1$ Bq.L^{-1}
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3} \approx 6$ Bq.L^{-1}*
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{C14} \approx 25$ Bq.L^{-1}*

* Les limites de détection pour les mesures α, β global et ^{3}H sur les échantillons liquides sont calculées pour chaque comptage selon les normes NF M 60-801, NF M 60-800, NF M 60-802-1 et NF M 60-802-2.

5.1.4 CENTRALISATION DES MESURES - TABLEAU DE CONTRÔLE DE L'ENVIRONNEMENT

Le Tableau de Contrôle de l'Environnement (TCE) du LANSE centralise les informations, génère des alarmes et archive les données en provenance des capteurs équipant les différentes stations (voir également le chapitre 4 « Télésurveillance » du volume 3).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[5.1.1] Procédure de transfert des effluents industriels à la STEP EI. STL, 115 EAU-PFX NTE 07000389

[5.1.2] Procédure de gestion des rejets atmosphériques du CEA Cadarache – RPI 08 050-PCD006

[5.1.3] Plan de contrôle et de surveillance du site et de l'environnement du CEA Cadarache - ENV.01.010-PCD001.

[5.1.4] Arrêté préfectoral n°99-2005 A du 12 août 2005 imposant des prescriptions complémentaires à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) à Cadarache.

[5.1.5] Arrêté préfectoral n°113-2006A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance. Autorisation à l'exploitation des installations classées.

[5.1.6] Décision n°2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.1.7] Arrêté du 9 mars 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.1.8] Décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.1.9] Arrêté du 15 octobre 2012 autorisant le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'installation nucléaire de base secrète dénommée « Propulsion Nucléaire » de son site de Cadarache.

[5.1.10] Caractéristiques des émissaires de rejet des effluents gazeux du Centre de Cadarache – SPR.RPI.08.050 LST 002.

[5.1.11] Spectres radiologiques des effluents liquides et gazeux des INB du CEA Cadarache – SPR.RPI.08.050.LST 001.

[5.1.12] Règles de comptabilisation des rejets et transferts radioactifs sur le Centre de Cadarache – SPR.RPI.08.050 PCD 003.

[5.1.13] Document d'exploitation en application des arrêtés et décisions de prélèvements et de rejets du site de Cadarache. DEN/DPIE/SA2S.

[5.1.14] Circulaire CEA/Cadarache n°102 du 12 décembre 2011 – Gestion des effluents liquides ordinaires et radioactifs du site de Cadarache. CEA/DEN/DIRCAD.

[5.1.15] Décision n°2011-DC-0208 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 27 janvier 2011 fixant la date limite pour la réception et le traitement des effluents $\gamma\beta$ dans la Station de Traitement des Effluents (STE), implantée dans le périmètre de l'installation nucléaire de base n°37 dénommée Station de Traitement des Effluents actifs et des Déchets Solides (STEDS), exploitée par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

LISTE DES FIGURES

Figure 5.1.1 Implantation des stations de contrôle des rejets liquides du site et des stations de surveillance (eau et atmosphère).

Figure 5.1.2 Gestion des transferts et des rejets d'effluents liquides du Centre.

FIGURES

Figure 5.1.1 : Implantation des stations de contrôle des rejets liquides du site et des stations de surveillance (eau et atmosphère)

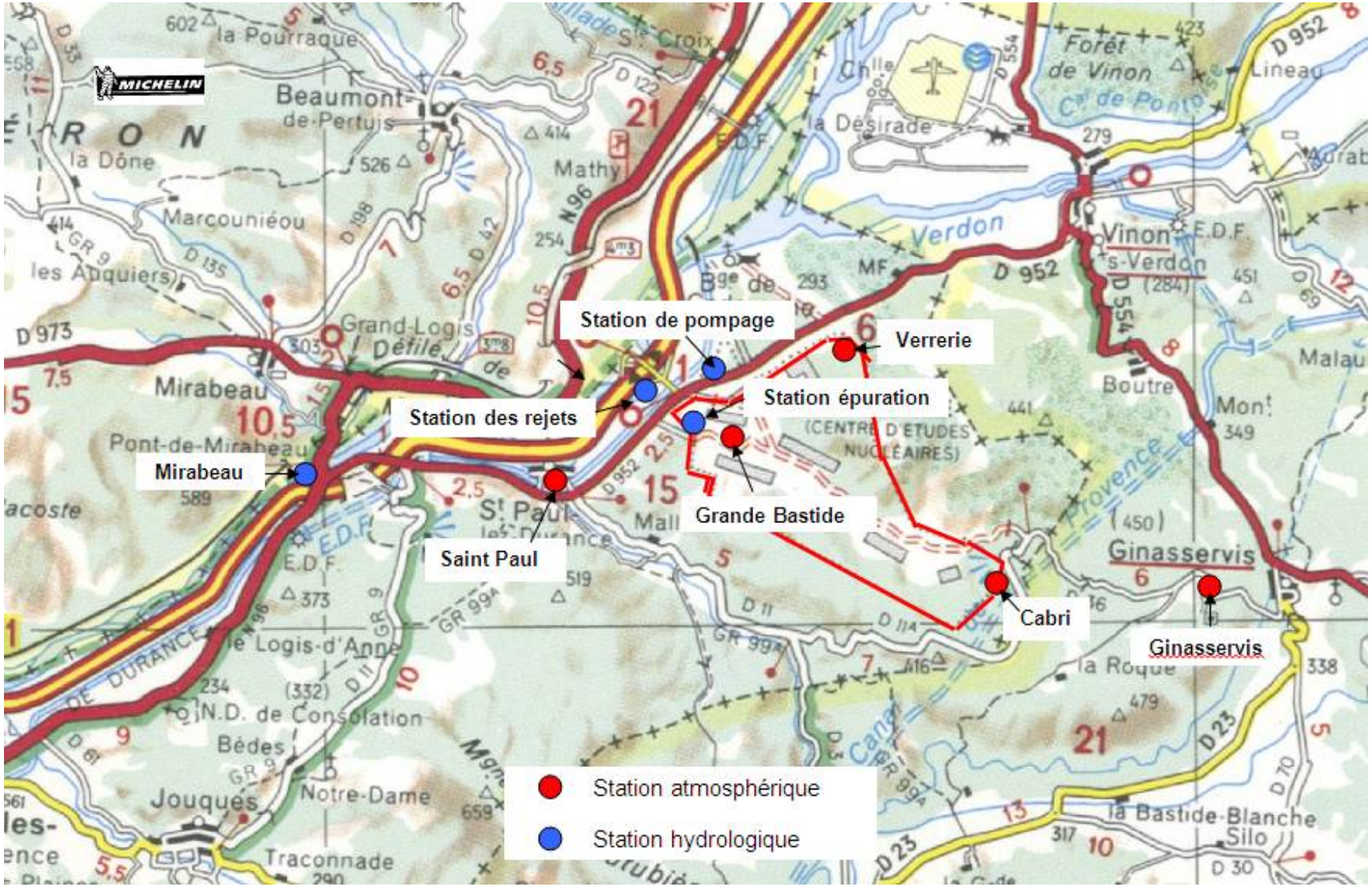
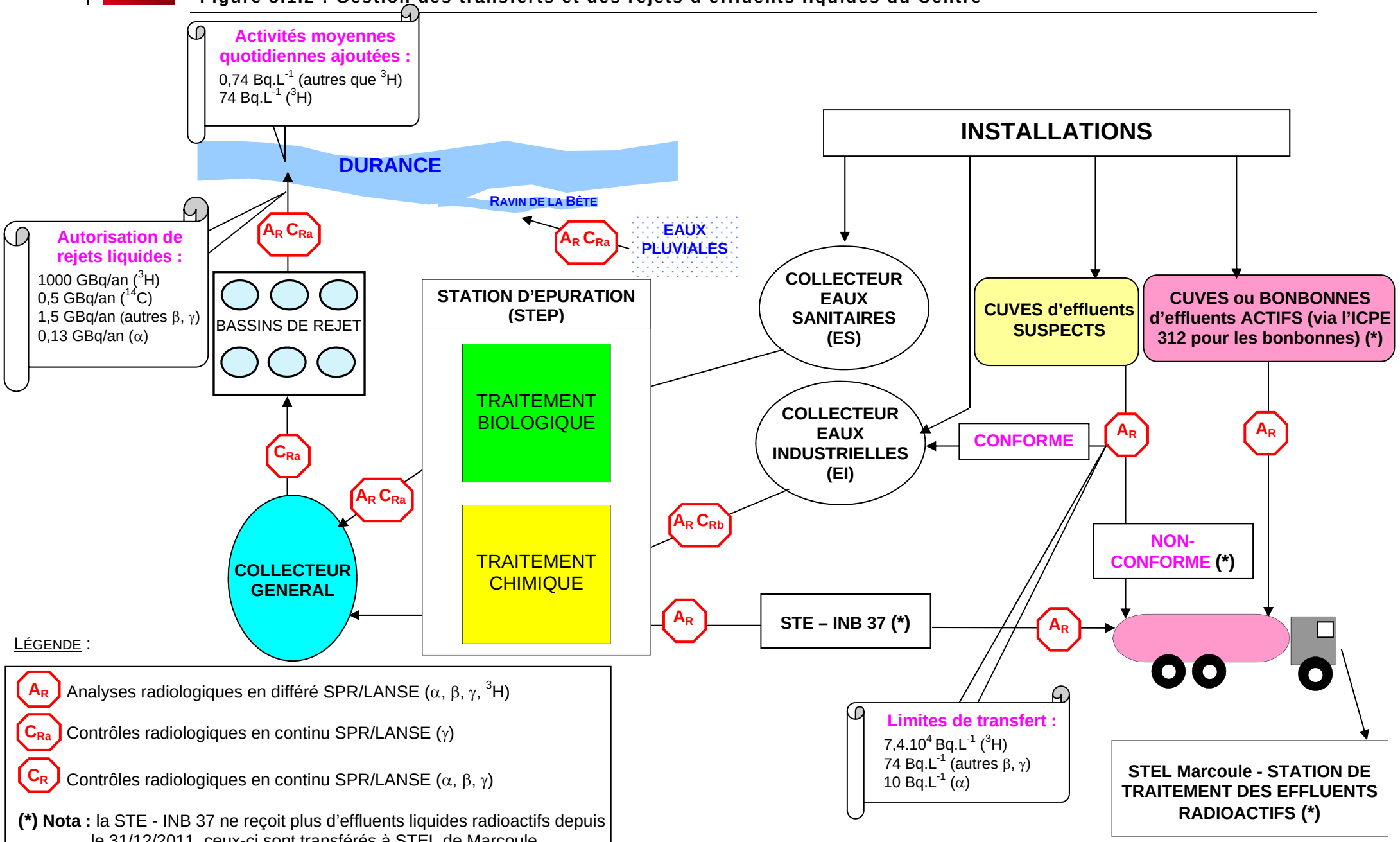
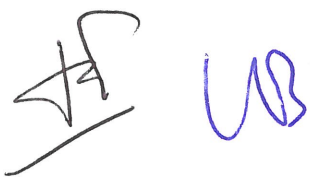
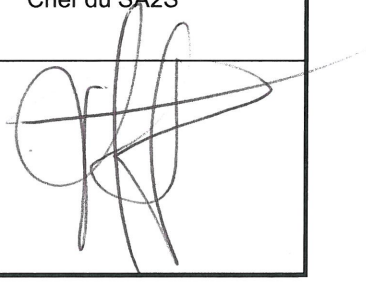


Figure 5.1.2 : Gestion des transferts et des rejets d'effluents liquides du Centre



VOLUME 5 - CHAPITRE 2

SURVEILLANCE DU SITE ET DE L'ENVIRONNEMENT

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
F. VAN DORPE D2S/SPR/LANSE S. BARRIL DSTG/STL/GFDE	P. BATTESTI V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S
		

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Mise à jour du volume 5 de la PGSE suite à la parution des nouveaux arrêtés préfectoraux et ministériels d'autorisation de rejets et de prélèvements en eau de 2005 et 2006. Prise en compte des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	07/06/13	Prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0173 de l'ASN du 5 janvier 2010).

SOMMAIRE

5.2.1 GÉNÉRALITÉS 4

5.2.2 SURVEILLANCE DU MILIEU ATMOSPHÉRIQUE 4

5.2.2.1 LES STATIONS DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE 4

5.2.2.2 SURVEILLANCE DES RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES 6

5.2.2.2.1 Surveillance des retombées atmosphériques sèches 6

5.2.2.2.2 Surveillance des retombées atmosphériques humides 7

5.2.2.2.3 Caractéristiques des mesures relatives à la surveillance des retombées atmosphériques 7

5.2.2.3 SURVEILLANCE DE L'IRRADIATION EXTERNE 8

5.2.2.4 LES AUTRES MOYENS DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE 8

5.2.2.4.1 Moyens mobiles de surveillance 8

5.2.2.4.2 Le Véhicule d'Intervention et de Surveillance Atmosphérique ou VISA 8

5.2.3 SURVEILLANCE DU MILIEU TERRESTRE 8

5.2.3.1 SURVEILLANCE DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES 8

5.2.3.1.1 Sols 8

5.2.3.1.2 Indicateurs biologiques 8

5.2.3.2 SURVEILLANCE DES PRODUITS AGRICOLES LOCAUX (CHAÎNE ALIMENTAIRE) 9

5.2.3.2.1 Végétaux de consommation (légumes et/ou fruits) 9

5.2.3.2.2 Lait de chèvre 9

5.2.3.2.3 Eau de source 9

5.2.3.3 CARACTÉRISTIQUES DES MESURES RELATIVES À LA SURVEILLANCE DU MILIEU TERRESTRE 10

5.2.4 SURVEILLANCE DU MILIEU AQUATIQUE 11

5.2.4.1 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EAUX 11

5.2.4.1.1 Surveillance radiologique des eaux de surface 11

5.2.4.1.2 Surveillance radiologique des eaux souterraines 12

5.2.4.1.3 Caractéristiques des analyses radiologiques des eaux 13

5.2.4.2 SURVEILLANCE CHIMIQUE DES EAUX 14

5.2.4.2.1 Surveillance chimique des eaux de surface à l'intérieur 14

5.2.4.2.2 Surveillance chimique des eaux de surface à l'extérieur 14

5.2.4.2.3 Surveillance chimique des eaux souterraines 14

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 15

LISTE DES FIGURES 16

FIGURES 16

5.2.1 GÉNÉRALITÉS

Ce chapitre présente une synthèse exhaustive des actions menées et des moyens techniques associés pour assurer la surveillance du site de Cadarache et de l'environnement, conformément aux décisions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et arrêté ministériel d'autorisation de rejets et de prélèvements en eau [5.2.1] [5.2.2] [5.2.3] [5.2.4]. Cette surveillance consiste en l'ensemble des prélèvements et des analyses effectuées en différé. Elle complète les mesures effectuées en continu décrites dans le chapitre 1 du présent volume.

La connaissance du milieu ambiant et de l'impact du fonctionnement du Centre repose sur des programmes de mesures en continu, et de prélèvements et d'analyses en différé décrits dans le *Plan de contrôle et de surveillance du site et de l'environnement (PCSE) du CEA Cadarache* [5.2.5]. L'exécution de ces programmes est confiée au Laboratoire d'Analyses Nucléaires et de Surveillance de l'Environnement (LANSE) du Service de Protection contre les Rayonnements (SPR) de Cadarache.

Les prélèvements et les mesures en continu sont effectués par l'Équipe de Surveillance de l'Environnement et de Radioprotection (SER) et les analyses nucléaires par l'Équipe de Gestion des Analyses et des Étalonnages (GAE du SPR/LANSE, accrédité par le COFRAC pour les mesures environnement réglementaires et certifié ISO 9001. Les appareils de mesures utilisés pour réaliser ces analyses sont vérifiés et étalonnés périodiquement selon des procédures spécifiques à chaque type d'appareil. Les techniques d'analyses du laboratoire s'appuient sur le référentiel normatif exigé par le COFRAC. A noter que les équipes SER et GAE respectent le référentiel normatif NF ISO 17025.

La *Surveillance* radiologique de l'environnement est assurée au moyen d'un réseau de stations environnementales dont dispose le Centre de Cadarache pour effectuer les mesures en continu et les prélèvements nécessaires à la réalisation du PCSE du Centre (cf. Figure 5.2.1). L'ensemble des appareils de mesures en continu ou moyens de prélèvements en différé sont vérifiés et étalonnés périodiquement selon des procédures spécifiques.

Les principaux résultats relatifs à ces aspects environnementaux sont présentés dans le volume 2 « Rapport site » au chapitre 5 « Situation radiologique de référence».

5.2.2 SURVEILLANCE DU MILIEU ATMOSPHÉRIQUE

5.2.2.1 LES STATIONS DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE

Le Centre dispose de stations environnementales fixes afin d'assurer le contrôle et la surveillance radiologique du site et de l'environnement du point de vue des rejets atmosphériques (cf. Figure 5.2.1). Ces stations sont situées :

- à l'intérieur du site de Cadarache :
  - aux extrémités Est et Ouest de la vallée des Piles : **stations de Cabri** et **de la Grande Bastide** respectivement,
  - au nord, à proximité de la zone Technicatome : **station de la Verrerie**,
- à l'extérieur du Centre : les **stations de Ginasservis et de Saint-Paul-lez-Durance** implantées sous les vents dominants.

Ces stations sont équipées de dispositifs de mesures radiologiques en continu jouant un rôle du point de vue de la sûreté auxquels sont associés des moyens de prélèvement en continu pour des analyses en différé. Les mesures en continu sont transmises au TCE (Tableau de Contrôle de l'Environnement). Ces dispositifs font l'objet de contrôles périodiques, spécifiques à chaque appareil, conformément à la procédure [5.2.6]. Les non-conformités sont gérées en application de la procédure générale de gestion des évènements radiologiques [5.2.7].

L'ensemble des équipements des stations est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Ensemble des matériels équipant les stations de contrôle et de surveillance atmosphérique

		STATIONS DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT				
		GRANDE BASTIDE	CABRI	VERRERIE	SAINT-PAUL-LEZ DURANCE	GINASSERVIS
MESURES RADIOLOGIQUES EN CONTINU						
Aérosols	Balise αβ (BAB)	X	X	X		
Exposition externe en gaz	Chambre Différentielle (CD43)	X	X	X		
Exposition externe (gamma ambiant)	Détecteur type Geiger Muller REG803 et Gammatracer	X	X	X	X	X
PRÉLÈVEMENTS EN CONTINU AVEC ANALYSE EN DIFFÉRÉ						
Aérosols	Système de captation sur filtre	X		X	X	X
Halogènes	cartouches de charbon actif	X	X	X	X	X
Tritium	barboteurs à eau	X	X	X	X	
Carbone-14	barboteurs à soude			X	X	X
MESURES MÉTÉOROLOGIQUES						
Vitesse et direction du vent		10 m et 110 m	10 m	15 m	10 m	non
Température		Sol (2m)	sol (2 m)	sol (2 m)		
Gradient thermique (entre 2 et 110 m)		X				
Pression (à 2 m)		X	X	X		
Humidité (à 2 m)		X	X	X		
Eau de pluie (> 6 mm)		Hauteur (lecture directe)	hauteur et intensité	hauteur et intensité		

X : réalisé.

Les caractéristiques des différents capteurs sont détaillées dans le Tableau 2 et le Tableau 3 .

Tableau 2 : Prélèvements et mesure des aérosols contenus dans l'air

CAPTEUR	PRINCIPE	GAMME DE MESURE SENSIBILITE	LIMITES DE DETECTION
Balise pour la mesure des aérosols α et β (BAB)	Aspiration des aérosols de l'air par pompage (4 $m^3.h^{-1}$) à travers un papier filtre à défilement continu Comptage α, β sur un double détecteur à diode Si Détermination de l'activité α, β artificiel par traitement logiciel	Activité α : de 1.10^{-2} à 1.10^{5} $Bq.m^{-3}$ Activité β : de 1.10^{-1} à 1.10^{5} $Bq.m^{-3}$	**LD à 6σ en 1 heure** α =0,1 $Bq.m^{-3}$ β= 1,5 $Bq.m^{-3}$ pour 10 Bq/m^3 en radon **LD à 6σ en 3 heures** α =0,02 $Bq.m^{-3}$ β= 0,25 $Bq.m^{-3}$ pour 10 Bq/m^3 en radon

Tableau 3 : Capteurs radiologiques : mesure de l'exposition externe

CAPTEUR	PRINCIPE	GAMME DE MESURE – SEUIL D'ALARME
CD 43	Chambre différentielle associée à un préamplificateur et un calculateur	De 1.10^{-14} à 1.10^{-8} A Seuil d'alarme : SA = 60 Bq/m^3 (équivalent radon)
Gammatracer (*)	2 compteurs type Geiger Muller à commutation automatique avec mémoire interne et alimentation propre	De 1.10^{-8} à 10 $Gy.h^{-1}$ Seuil d'alarme : SA = 0,25 $\mu Gy.h^{-1}$
REG 803 (*)	2 compteurs type Geiger Muller ZP 1310 et ZP 1220 à commutation automatique	De 1.10^{-8} à 1.10^{-2} $Gy.h^{-1}$ Seuil d'alarme : SA = 0,25 $\mu Gy.h^{-1}$

(*) Gammatracer mis en place en remplacement, à terme, des REG.

5.2.2.2 SURVEILLANCE DES RETOMBÉES ATMOSPHÉRIQUES

5.2.2.2.1 Surveillance des retombées atmosphériques sèches

a) Aérosols atmosphériques

Les aérosols contenus dans l'air sont collectés sur des filtres à l'aide d'appareils de prélèvement à grand débit (~ 60 $m^3.h^{-1}$) au niveau des stations de surveillance. La période de prélèvement est de 24 heures et les filtres sont relevés tous les jours à la station de la Verrerie, et deux fois par semaine aux stations de Ginasservis de la Grande Bastide et de Saint-Paul-lez-Durance pour un comptage alpha et bêta global sur chaque filtre avec un léger différé (à t + 6 jours afin de permettre la décroissance des produits de filiation du radon). Lorsque l'activité mesurée sur le filtre est supérieure à 0,2 $mBq.m^{-3}$ en alpha et/ou à 2 $mBq.m^{-3}$ en bêta, une analyse complémentaire par spectrométrie gamma est réalisée par le LANSE.

b) Halogènes

La surveillance des halogènes et plus particulièrement de l'iode radioactif ^{131}I est effectuée par piégeage en continu sur des cartouches de charbon actif disposées en dérivation sur le circuit d'aspiration des filtres aérosols ou des Chambres Différentielles (CD43) des stations de la Verrerie, la Grande Bastide, de Cabri, de Ginasservis et de Saint-Paul-lez-Durance. Ces cartouches sont relevées toutes les semaines et font l'objet d'une mesure en différé de l'iode 131 par spectrométrie gamma.

c) Radon

La surveillance du radon est assurée au moyen de préleveurs spécifiques au niveau des INB 56 et 164, en deux points situés sous le vent dominant. La mesure est effectuée de façon intégrée et l'exploitation est mensuelle.

d) Carbone 14

La surveillance du carbone 14 est assurée par piégeage en continu (solution de soude) dans des barboteurs réfrigérés (10 L air/h) sur les stations de Ginasservis, de la Verrerie et de Saint-Paul-lez-Durance. Pour des raisons techniques, les prélèvements des barboteurs sont effectués tous les 15 jours. Afin de respecter la fréquence mensuelle de mesure imposée par les décisions et arrêtés, un aliquote est réalisé avec les 2 prélèvements mensuels et mesuré par scintillation en phase liquide.

e) Tritium

La surveillance du tritium est assurée par piégeage en continu (solution d'eau déminéralisée) dans des barboteurs réfrigérés (30 L air.h^{-1}) sur les stations de la Grande Bastide, de Cabri et de la Verrerie. L'activité en tritium de l'eau des barboteurs est comptée toutes les semaines par scintillation en phase liquide.

f) Transmission des résultats à l'ASN

Toutes les valeurs mesurées sur les filtres aérosols, ainsi que les activités d'iode-131, de radon, de carbone-14 et de tritium mesurées sont transmis mensuellement à l'ASN dans les *Registres réglementaires des résultats des mesures dans l'environnement*. Depuis 2009, un envoi est réalisé chaque mois en parallèle des registres, par voie informatique à l'aide de l'application nationale CEA nommée ASTREE, au Réseau National de Mesures (RNM) rassemblant l'ensemble des mesures réglementaires environnement de chaque exploitant nucléaire et mises à disposition du public pour information.

5.2.2.2.2 Surveillance des retombées atmosphériques humides

L'eau de pluie est recueillie une fois par semaine à date fixe à l'aide d'un collecteur de 1965 cm^2 aux stations de la Verrerie, de Ginasservis et de Saint-Paul-lez-Durance et fait l'objet d'une mesure en différé de l'activité bêta globale de l'eau brute décantée et du tritium de l'eau filtrée lorsque la hauteur est supérieure à 6 mm.

L'activité bêta globale et celle du tritium ainsi que la hauteur des précipitations recueillies au niveau des stations sont reportées sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN ainsi que vers le RNM.

5.2.2.2.3 Caractéristiques des mesures relatives à la surveillance des retombées atmosphériques

Le Tableau 4 récapitule l'ensemble des mesures effectuées dans le cadre de la surveillance atmosphérique.

Tableau 4 : Caractéristiques des mesures relatives à la surveillance des transferts par voie atmosphérique

PARAMETRE SURVEILLE	TYPE DE PRELEVEMENT	ANALYSES EFFECTUEES	MATERIEL OU DETECTEUR	LIMITES DE DETECTION
Aérosols	Filtre jaune ∅ 110	α, β global sur filtre journalier	Compteur proportionnel Argon CO_2	$LD_\alpha = 6.10^{-5}$ Bq/m^3 $LD_\beta = 1.10^{-4}$ Bq/m^3
		Spectrométrie γ sur filtres semaine	Détecteur Germanium	$LD^{137}Cs = 8.10^{-5}$ Bq/m^3
Halogènes	Cartouche de charbon actif	Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD^{131}I = 1{,}5.10^{-3}$ Bq/m^3 air
Tritium	Eau de barboteur	^3H	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 7 Bq.L^{-1}* eau
Carbone-14	Soude de barboteur	^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 5.10^{-3} Bq/m^3 air*
Précipitations	Eau de pluie	α,β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	LD_α = 0,08 Bq.L^{-1}* LD_β = 0,10 Bq.L^{-1}*
		^3H	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 7 Bq.L^{-1}*

* : les limites de détection pour les mesures α, β global, ^3H et ^{14}C sur les échantillons liquides sont calculées pour chaque comptage selon les normes NF M 60-801, NF M 60-800, NF M 60-802-1 et NF M 60-802-2.

5.2.2.3 SURVEILLANCE DE L'IRRADIATION EXTERNE

Des dispositifs de dosimétrie type RPL (RadioPhotoLuminescent) sont implantés sur des supports à l'intérieur du Centre (Figure 5.2.2). Ces dosimètres sont relevés mensuellement pour onze d'entre eux positionnées en clôture du site. Ils permettent de mesurer en différé des débits d'équivalent de dose gamma ambiant en limite de Centre et près de certaines installations.

Les résultats des 11 dosimètres mensuels sont reportés sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN et vers le RNM.

5.2.2.4 LES AUTRES MOYENS DE SURVEILLANCE ATMOSPHÉRIQUE

5.2.2.4.1 Moyens mobiles de surveillance

Destinés à la surveillance de routine ou à l'intervention en cas d'incident ou d'accident radioactif, ces moyens viennent compléter les installations fixes. Ils se composent de véhicules à équiper en fonction des besoins de matériels mobiles de :

- détection d'irradiation et de contamination,
- prélèvements,
- communication avec liaisons hertziennes avec le Central LANSE permettant de transmettre sur des fréquences réservées les informations recueillies.

5.2.2.4.2 Le Véhicule d'Intervention et de Surveillance Atmosphérique ou VISA

Le SPR de Cadarache dispose également d'un Véhicule d'Intervention et de Surveillance Atmosphérique (VISA) qui permet d'évaluer les conséquences d'un incident ou d'un accident à caractère nucléaire sur l'environnement et le public par :

- la mesure des paramètres météorologiques,
- l'analyse de la situation radiologique,

à l'aide :

- d'appareils de mesure (fixes ou portables),
- de dispositifs autonomes de prélèvements d'échantillons,
- d'un laboratoire d'analyses (spectrométrie gamma),
- de moyens mobiles de communication (liaison avec le Central de crise SPR).

5.2.3 SURVEILLANCE DU MILIEU TERRESTRE

5.2.3.1 SURVEILLANCE DES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES

5.2.3.1.1 Sols

Un prélèvement de terre est effectué annuellement sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance (200 g sec) et est analysé par spectrométrie gamma et spectrométrie alpha (hors isotopes du radon).

5.2.3.1.2 Indicateurs biologiques

Des prélèvements de végétaux bioindicateurs (thym et/ou herbe en fonction de la disponibilité) sont effectués tous les mois (500 g frais) aux stations de Ginasservis, de la Verrerie, de la Grande Bastide et de Saint-Paul-lez-Durance pour une mesure de l'activité bêta globale et une analyse par spectrométrie gamma (dont la recherche du potassium 40), qui sont complétées annuellement par une mesure de l'activité du tritium (tritium libre et tritium organiquement lié) et du carbone 14 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radon). L'ensemble des résultats est mentionné une fois l'an dans une annexe du *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis à l'ASN.

5.2.3.2 SURVEILLANCE DES PRODUITS AGRICOLES LOCAUX (CHAÎNE ALIMENTAIRE)

5.2.3.2.1 Végétaux de consommation (légumes et/ou fruits)

Compte tenu du très faible niveau des activités à mesurer, la surveillance de la chaîne alimentaire s'effectue principalement dans les communes qui ceinturent le Centre et qui se situent sous les vents dominants : Ginasservis, Saint-Paul-lez-Durance, Peyrolles-en-Provence et Vinon-sur-Verdon, afin de mieux détecter une éventuelle contamination des produits agricoles locaux par les rejets atmosphériques et/ou liquides (irrigation) en fonctionnement nominal ou accidentel.

Les végétaux de consommation surveillés sont regroupés en différentes classes :

- les légumes – fruits (*par exemple : tomates*),
- les légumes - feuilles (*par exemple : salades*),
- légumes – racines (*par exemple : carottes*).

Dans chaque commune et selon les disponibilités saisonnières, un prélèvement (4 kg) de chaque classe est effectué. Les points de surveillance des légumes ont été sélectionnés de la façon suivante :

- Ginasservis et Vinon-sur-Verdon, communes sous l'influence des rejets atmosphériques,
- Saint-Paul-lez-Durance, commune sous l'influence des rejets liquides et atmosphériques,
- Peyrolles-en-Provence, commune sous l'influence des vents dominants.

Les légumes sont prélevés et analysés annuellement. L'analyse comprend une mesure de l'activité bêta global, une analyse par spectrométrie gamma (avec recherche du potassium 40), une mesure des activités du tritium (tritium libre et tritium organiquement lié) et du carbone 14, une recherche du strontium 90 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radon). Les résultats des mesures réglementaires sont mentionnés une fois l'an dans une annexe du *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis à l'ASN.

5.2.3.2.2 Lait de chèvre

Du lait de chèvre provenant de Gréoux-les-Bains est analysé tous les mois (sauf aux mois de janvier et février, quand le lait est nécessaire au sevrage des chevreaux). L'analyse porte sur une mesure de l'activité bêta globale volumique (hors potassium 40), une analyse par spectrométrie gamma (avec recherche du potassium 40 et de l'iode 131). Cette analyse est complétée annuellement par une mesure des activités du tritium (tritium libre et tritium organiquement lié) et du carbone 14 sur un prélèvement de 1 L. Les résultats sont mentionnés sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN.

5.2.3.2.3 Eau de source

Chaque mois, des échantillons d'eau de source (1 L) sont prélevés sur la commune de Saint-Paul-lez-Durance. L'analyse comprend une mesure de l'activité alpha global et bêta global sur eau brute décantée et du tritium et un dosage du potassium stable ($mg.L^{-1}$) sur eau filtrée.

5.2.3.3 CARACTÉRISTIQUES DES MESURES RELATIVES À LA SURVEILLANCE DU MILIEU TERRESTRE

Le Tableau 5 rappelle les mesures effectuées pour chaque type de prélèvement dans l'environnement et le milieu.

Tableau 5 : Caractéristiques des mesures relatives à la surveillance du milieu terrestre

PARAMÈTRE SURVEILLÉ	TYPE DE PRÉLEVEMENT	ANALYSES EFFECTUÉES	MATÉRIEL OU DÉTECTEUR	PERFORMANCES LIMITES DE DÉTECTION
Écosystèmes terrestres	Sols (terre)	Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	LD ^{137}Cs = 0,02 Bq.g^{-1}
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD = 1.10^{-4} Bq.g^{-1}
	Végétaux bio indicateurs (thym ou herbe)	β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	LD_{β} = 0,07 Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	LD ^{137}Cs = 0,02 Bq.g^{-1} cendres
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	LD_{TOL} = 3 Bq.kg^{-1} frais $LD_{H3libre}$ = 2 Bq.kg^{-1} frais
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 40 Bq/kg C
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD = 1.10^{-4} Bq.g^{-1}
Produits agricoles locaux (chaîne alimentaire)	Végétaux de consommation (légumes)	β global	Compteur proportionnel Argon Méthane ($ArCH_4$)	LD_{β} = 0,07 Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium (Ge)	LD ^{137}Cs = 0,02 Bq.g^{-1} cendres
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3\ libre}$ = 2 Bq.kg^{-1} frais LD_{TOL} = 3 Bq.kg^{-1} frais
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	40 Bq.kg^{-1} C
		^{90}Sr (*)	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 0,01 Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD = 1.10^{-4} Bq.g^{-1} cendres
	Lait de chèvre	β global (hors K)	Compteur proportionnel Argon Méthane ($ArCH_4$)	LD_{β} = 0,6 Bq.L^{-1}
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium (Ge)	LD ^{40}K = 25 Bq.L^{-1} LD ^{131}I = 0,8 Bq.L^{-1} LD ^{137}Cs = 0,4 Bq.L^{-1}
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3\ libre}$ = 3 Bq.L^{-1} LD_{TOL} = 1 Bq.L^{-1}
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	40 Bq.kg^{-1} C
	Eau de source	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane ($ArCH_4$)	$LD_{\alpha} \simeq$ 0,08 Bq.L^{-1} (**) $LD_{\beta} \simeq$ 0,10 Bq.L^{-1} (**)
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	LD $^{3}H \simeq$ 7 Bq.L^{-1} (**)
		[K]	ICP	-

(*) Prise en compte de l'activité liée à la filiation.
(**) Les limites de détection pour les mesures α, β global et ^{3}H sur les échantillons liquides sont calculées pour chaque comptage selon les normes NF M 60-801, NF M 60-800, NF M 60-802-1 e t NF M 60-802-2.

5.2.4 SURVEILLANCE DU MILIEU AQUATIQUE

5.2.4.1 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EAUX

5.2.4.1.1 Surveillance radiologique des eaux de surface

Les points de prélèvements des eaux de surface sont présentés en Figure 5.2.3.

5.2.4.1.1.1 Surveillance radiologique des eaux de surface à l'intérieur

a) Prélèvements à la station de pompage

Un hydro-collecteur prélève en continu une partie de l'eau brute pompée pour alimenter le Centre. Un échantillon moyen hebdomadaire ou aliquote (2 L) est constitué et est analysé en différé par le LANSE. Cette analyse comprend une mesure des activités alpha global et bêta global sur eau brute décantée, du tritium et un dosage du potassium stable sur l'eau filtrée. Une mesure de l'activité bêta global des matières en suspension (MES) est réalisée si la masse des MES est supérieure ou égale à 4 mg.

b) Prélèvements au forage de secours de la station de pompage

Un prélèvement (2 L) de l'eau de nappe alimentant le Centre en secours de la station de pompage est effectué mensuellement et analysé. Cette analyse comprend une mesure des activités alpha global et bêta global sur eau brute décantée, du tritium, un dosage du potassium stable de l'eau filtrée.

c) Prélèvements des eaux de ruissellement

Des prélèvements sont effectués sur les eaux de ruissellement du Centre pour s'assurer de l'absence de radioactivité dans les eaux pluviales (Figure 5.2.4). Ces prélèvements (2 L) sont réalisés :

- en continu avec aliquote hebdomadaire dans le Ravin de la Bête (point 17 : en sortie du ravin à proximité de la station des rejets),
- hebdomadairement en cas de pluie dans le regard collectant les eaux pluviales du versant nord du Centre (Point 50 : à proximité de AREVA TA) avec une analyse alpha global et bêta global sur l'eau brute décantée et du tritium sur l'eau filtrée*.

En absence d'eau en sortie du Ravin de la Bête (point 17), un point de prélèvement dans le Ravin peut servir de point de substitution (point 17 bis)*.

** Si l'activité bêta est significative, une analyse potassium est réalisée sur eau filtrée et une analyse gamma est effectuée sur eau brute.*

5.2.4.1.1.2 Surveillance radiologique des eaux de surface à l'extérieur

a) Prélèvements ponctuels dans la Durance lors des rejets de distillats de la Station de Traitement des Effluents (STE)

Des prélèvements sont effectués en amont à 1000 m de l'exutoire du Centre et en aval à 800 m de l'exutoire du Centre en cas de rejet de la Station de Traitement des Effluents (INB 37 - STEDS). Une analyse est réalisée sur le prélèvement correspondant au blanc (dit à t0) et au cours de l'opération de rejet (à mi-rejet).

Cette analyse comprend une mesure des activités alpha global et bêta global sur eau brute décantée et du tritium sur l'eau filtrée, un dosage du potassium stable, une mesure de l'activité bêta global des matières en suspension, une analyse par spectrométrie gamma, une recherche du strontium 90 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radium). Les résultats des analyses sont mentionnés sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN, le mois de la réalisation du lot de rejet STE ainsi qu'au Réseau National de Mesures (RNM).

b) Prélèvements continus dans la Durance en aval du site

Des prélèvements (2 L hebdomadaires et 2 L mensuels) sont effectués au niveau de la station du Pont de Mirabeau où un hydrocollecteur automatique prélève en continu l'eau de la Durance. Une analyse hebdomadaire est réalisée en différé sur un échantillon moyen ou aliquote constitué à partir du prélèvement continu, avec mesure de l'activité alpha global et bêta global et du tritium sur l'eau filtrée, dosage du potassium stable, mesure de l'activité bêta globale des matières en suspension, complétée

mensuellement par analyse par spectrométrie gamma, une recherche du strontium 90 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radium). Une station a été implantée sur la rive gauche de la Durance en 2003 pour pallier la modification du lit de la rivière lors de ses crues périodiques.

Les résultats des analyses sont mentionnés sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN.

5.2.4.1.1.3 Caractéristiques des capteurs de surveillance radiologique des eaux de surface

Le Tableau 6 présente les caractéristiques des capteurs radiologiques implantés en milieu liquide. Ces capteurs sont raccordés au Tableau de Contrôle de l'Environnement situé au bâtiment 300 du SPR.

Tableau 6 : Caractéristiques des capteurs radiologiques

IMPLANTATION	CAPTEUR	PRINCIPE	RÉGLAGES
Stations de Mirabeau	Sondes Novelec SGE01	Mesure γ de l'eau : scintillateurs NaI immergés dans bacs 200 L d'eau circulant à 4 $m^3.h^{-1}$	**Sensibilité :** ^{137}Cs =2,8 $Bq.L^{-1}$ pour 1 $impulsion.s^{-1}$ **Seuil d'alarme :** 65 $impulsion.s^{-1}$
Ravin de la Bête : eaux pluviales			**Limite de détection :** ^{137}Cs = 25 $Bq.L^{-1}$

5.2.4.1.1.4 Surveillance radiologique dulçaquicoles

a) Sédiments aquatiques

Des prélèvements de sédiments sont réalisés (500 g sec) annuellement en Durance, au lieu-dit Saint-Eucher ou au plus proche du point de rejet du Centre. Les analyses portent sur la mesure de l'activité bêta global massique et sur la recherche des émetteurs γ, du strontium 90 et des émetteurs α.

b) Indicateurs biologiques

- Faune aquatique (poissons)

Chaque année, une campagne de pêche est organisée en collaboration avec l'IRSTEA (Institut national de recherche en sciences et technologie pour l'environnement et l'agriculture ; ex CEMAGREF). Elle permet de prélever a minima (et en fonction de la pêche) deux espèces de poissons (2 + 2 kg) en Durance, en aval du site au lieu-dit Saint-Eucher ou au plus proche du point de rejet du Centre. Les analyses portent sur l'activité bêta global massique des cendres de poisson ainsi que sur une recherche des émetteurs gamma et du strontium 90, une mesure par spectrométrie alpha (hors isotopes du radium) et des activités du tritium et du carbone 14.

- Flore aquatique

Des végétaux aquatiques sont également prélevés (200 + 500 g) annuellement, au même point que la faune aquatique, et analysés. L'analyse comprend une mesure de l'activité bêta global massique des cendres, une recherche des émetteurs γ, du strontium 90, une mesure par spectrométrie alpha (hors isotopes du radium) et des activités du tritium et du carbone 14.

5.2.4.1.2 Surveillance radiologique des eaux souterraines

Un ensemble de 48 forages réglementaires, répartis sur le site et autour de Cadarache (cf. Figure 5.2.3) fait l'objet d'un prélèvement (1 L) et d'une analyse mensuelle par le SPR/LANSE. La liste détaillée de ces forages est disponible dans le *Plan de Contrôle et de Surveillance du site et de l'Environnement du CEA Cadarache* [5.2.5]. L'analyse des eaux souterraines porte sur une mesure des activités alpha global et bêta global et du tritium et sur un dosage du potassium stable.

Les résultats des analyses sont mentionnés sur le *Registre réglementaire des résultats des mesures dans l'environnement* transmis mensuellement à l'ASN.

Des analyses complémentaires semestrielles sont aussi effectuées sur des forages particuliers (SD5 et STE2), avec, pour le forage SD5, une recherche du strontium 90 et une spectrométrie alpha (hors isotopes du radon) et, pour le forage STE2, uniquement une spectrométrie alpha (hors isotopes du radon).

Des forages complémentaires sont traités trimestriellement selon les mêmes analyses sauf en cas de résultat anormal. Dans ce cadre, la périodicité de prélèvement peut être revue en accord avec l'installation concernée et les autorités de contrôle.

5.2.4.1.3 Caractéristiques des analyses radiologiques des eaux

Le Tableau 7 rappelle les mesures effectuées pour chaque type de prélèvement dans l'environnement et le milieu aquatique (faune et flore).

Tableau 7 : Caractéristiques des analyses de surveillance des transferts par voie liquide

PARAMÈTRE SURVEILLÉ	TYPE DE PRÉLÈVEMENT	ANALYSES EFFECTUÉES	MATÉRIEL OU DÉTECTEUR	LIMITES DE DÉTECTION
Eaux de surface et eaux souterraines	Eau de rivière Eau souterraine (forage)	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_\alpha \approx 0{,}08$ Bq.L^{-1}* $LD_\beta \approx 0{,}10$ Bq.L^{-1}*
		K	ICP	-
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD^{3}H \approx 7$ Bq.L^{-1}*
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD^{137}Cs = 0{,}8$ Bq.L^{-1}
		^{90}Sr (*)	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 0,10 Bq.L^{-1}*
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD = 1 mBq.L^{-1}*
	Eau de ruissellement	α, β global	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_\alpha \approx 0{,}08$ Bq.L^{-1}* $LD_\beta \approx 0{,}10$ Bq.L^{-1}*
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD^{3}H \approx 7$ Bq.L^{-1}*
Écosystèmes dulçaquicoles	Poissons et végétaux aquatiques	β global sur cendres	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_\beta = 0{,}07$ Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD^{137}Cs = 0{,}01$ Bq. g^{-1} cendres
		^{90}Sr (*)	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 0,01 Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD =0,1 mBq. L^{-1}*
		^{3}H	Compteur scintillation en phase liquide	$LD_{H3libre} = 2$ Bq.kg^{-1} frais $LD_{TOL} = 3$ Bq.kg^{-1} frais
		^{14}C	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 40 Bq.kg^{-1} C
	Sédiments aquatiques	β global sur cendres	Compteur proportionnel Argon Méthane	$LD_\beta = 0{,}07$ Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie γ	Détecteur Germanium	$LD^{137}Cs = 0{,}02$ Bq.g^{-1} cendres
		^{90}Sr	Compteur scintillation en phase liquide	LD = 0,01 Bq.g^{-1} cendres
		Spectrométrie α (hors Ra)	Détecteur Semi conducteur (Si)	LD =0,1mBq.g^{-1} cendres

(*) Prise en compte de l'activité liée à la filiation.

5.2.4.2 SURVEILLANCE CHIMIQUE DES EAUX

5.2.4.2.1 Surveillance chimique des eaux de surface à l'intérieur

Conformément à l'arrêté préfectoral [5.2.8], des contrôles physico-chimiques sont effectués, par jour de pluie de préférence, mensuellement pour les eaux du Ravin de la Bête (point de rejet n°2) qui est exutoire des eaux pluviales.

Un ouvrage permet le détournement du Ravin de la Bête vers les bassins de 3000 m^3 en cas d'incident.

Des contrôles sur les eaux de lavage des filtres à sables et boues des ouvrages de la station de production d'eau potable sont effectués au niveau du point de rejet dans le milieu récepteur (point de rejet n°4).

5.2.4.2.2 Surveillance chimique des eaux de surface à l'extérieur

La surveillance de l'impact chimique des rejets du Centre sur le milieu récepteur (la Durance) est réalisée par un organisme tiers, sous-traitant du STL, suivant le programme de surveillance chimique de la Durance [5.2.9], en amont et en aval au point de rejet n°1 identifié dans l'arrêté préfectoral [5.2.8], approuvé par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL).

Ce programme de surveillance, décliné dans le Tableau 8, porte sur des mesures physico-chimiques réalisées en amont et en aval du point de rejet n°1 du CEA Cadarache, de fréquence mensuelle sur le compartiment eau, et annuelle sur les compartiments sédiments et bryophytes.

De plus, la qualité biologique de l'eau est évaluée annuellement par les analyses biologiques, notamment par l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et l'Indice Biologique Diatomées (IBD).

Tableau 8 : Programme de surveillance

Lieu de prélèvement	Nature du prélèvement	Fréquence	MES	DBO5,	DCO	Azote Kjeldahl	Nitrates	Nitrites	Ammonium	Orthophosphates	Carbonate	Titre alcalimétrique	Arsenic,	Cadmium,	Mercure,	Cuivre	Chrome	Chrome hexavalant	Nickel	Plomb	Zinc	Fer	Aluminium	Phosphore total	Coliformes thermotolérants	Tétrachlorure de carbone	IBD	IBGN
Stations amont + aval	eau	Mensuelle sur 24 h	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓									✓	✓	✓		
	sédiment	Annuelle				✓							✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
	bryophyte	Annuelle											✓	✓	✓													
	eau pour analyses hydro-biologiques	Annuelle																									✓	✓

5.2.4.2.3 Surveillance chimique des eaux souterraines

Les eaux de la nappe phréatique sont surveillées trimestriellement conformément aux prescriptions de l'arrêté préfectoral [5.2.8], par l'intermédiaire de piézomètres répartis sur l'ensemble du Centre (Figure 5.2.6).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[5.2.1] Décision n°2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.2.2] Arrêté du 9 mars 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.2.3] Décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.2.4] Arrêté du 15 octobre 2012 autorisant le Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'installation nucléaire de base secrète dénommée « Propulsion Nucléaire » de son site de Cadarache.

[5.2.5] Plan de contrôle et de surveillance du site et de l'environnement du CEA Cadarache : SPR ENV.01.10 PCD001.

[5.2.6] Procédure de gestion des évènements radiologiques par le SPR du CEA Cadarache. Document SPR/INT.02.050 PCD 003.

[5.2.7] Programme de contrôles périodiques relatifs aux matériels destinés à la surveillance radiologique de l'environnement. CEA/DEN/CAD/D2S/SPRENV.01.010 PCD003.

[5.2.8] Arrêté préfectoral n°113-2006 A du 25 septembre 2006 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance. Autorisation à l'exploitation des installations classées (détaillées dans l'annexe du présent arrêté).

[5.2.9] Programme de surveillance chimique de la Durance (amont et aval au point de rejet n°1) 115 REPDA PFX NTE 05000515 A.

LISTE DES FIGURES

Figure 5.2.1 Implantation des stations de contrôle et de surveillance radiologique de l'environnement.

Figure 5.2.2 Implantation des dosimètres sur le Centre.

Figure 5.2.3 Stations ou points de surveillance des eaux de surface du site de Cadarache

Figure 5.2.4 Localisation des collecteurs d'eau de ruissellement sur le Centre de Cadarache.

Figure 5.2.5 Réseau de forages réglementaire mensuels permettant la surveillance radiologique des eaux souterraines du Centre de Cadarache.

Figure 5.2.6 Implantation des forages régis par l'arrêté préfectoral du 25 septembre 2006.

FIGURES

Figure 5.2.1 : Implantation des stations de contrôle et de surveillance radiologique de l'environnement

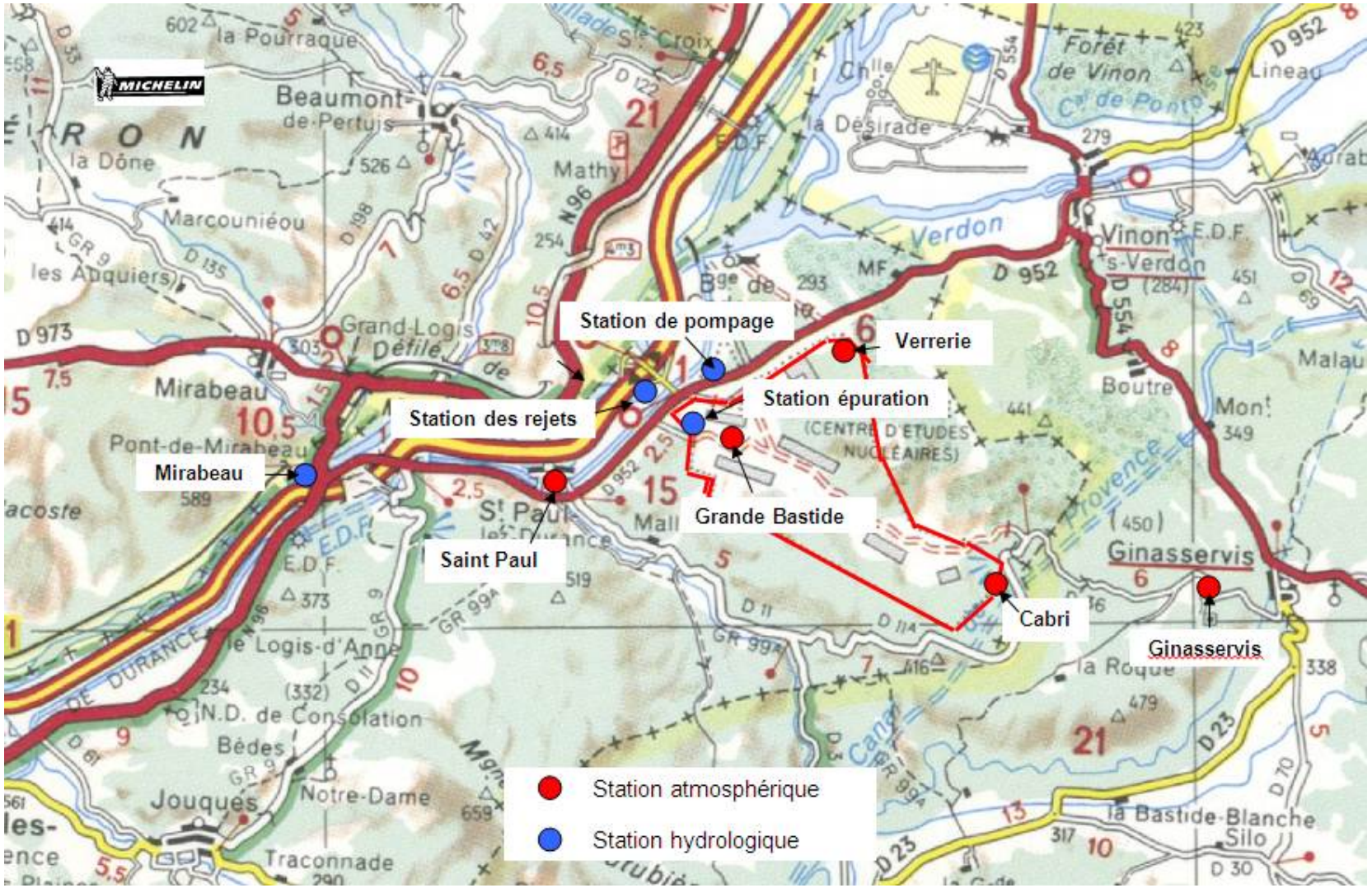


Figure 5.2.2 : Implantation des dosimètres sur le Centre

Légende :
- Dosimètres (prélèvement mensuel).
- Dosimètres (prélèvement trimestriel).

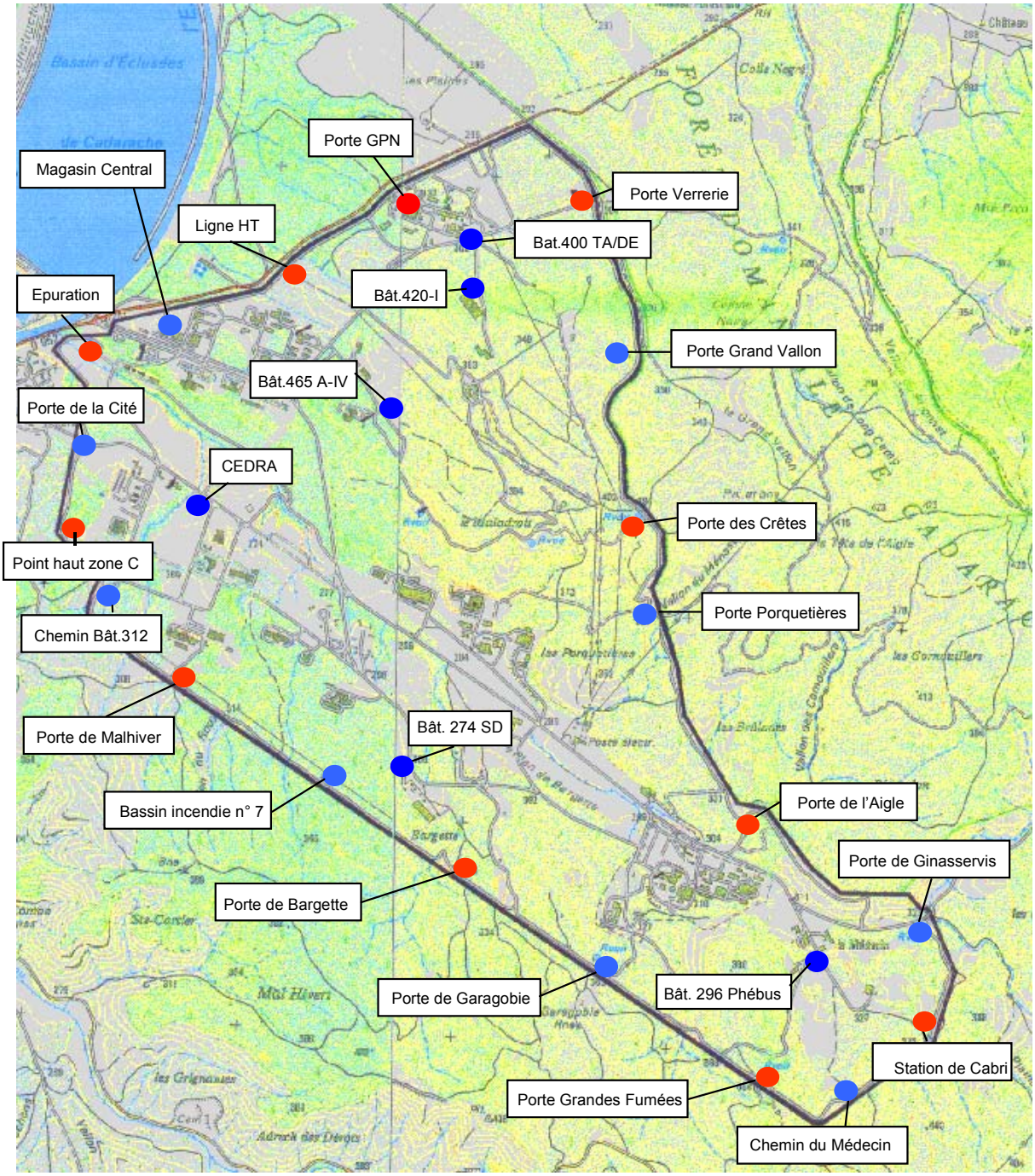
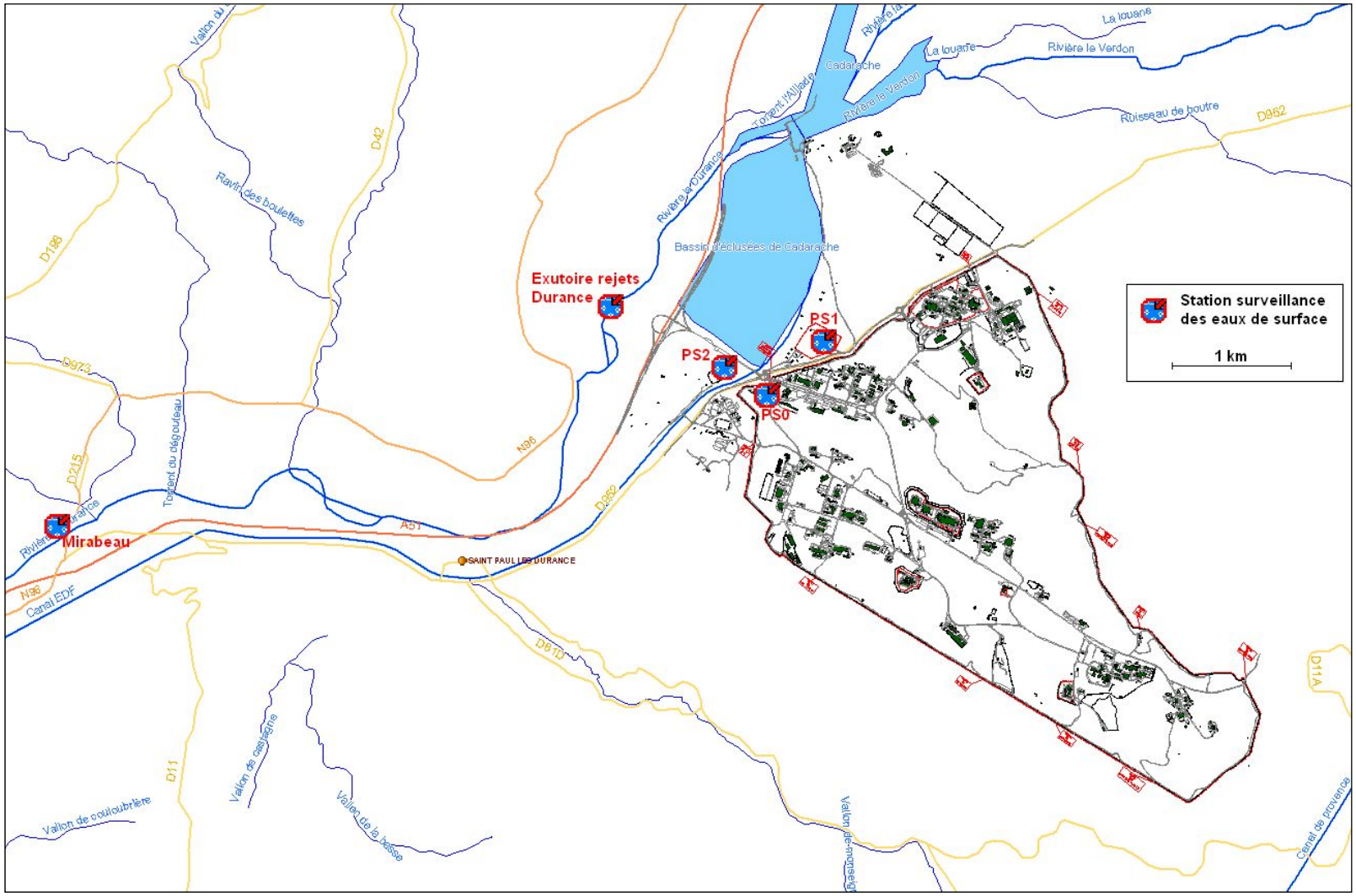


Figure 5.2.3 : Stations ou points de surveillance des eaux de surface du site de Cadarache



PS0 : Station d'épuration
PS1 : Station de pompage
PS2 : Station des rejets (bassins 3000 m^3)

Figure 5.2.4 : Localisation des collecteurs d'eau de ruissellement sur le Centre de Cadarache

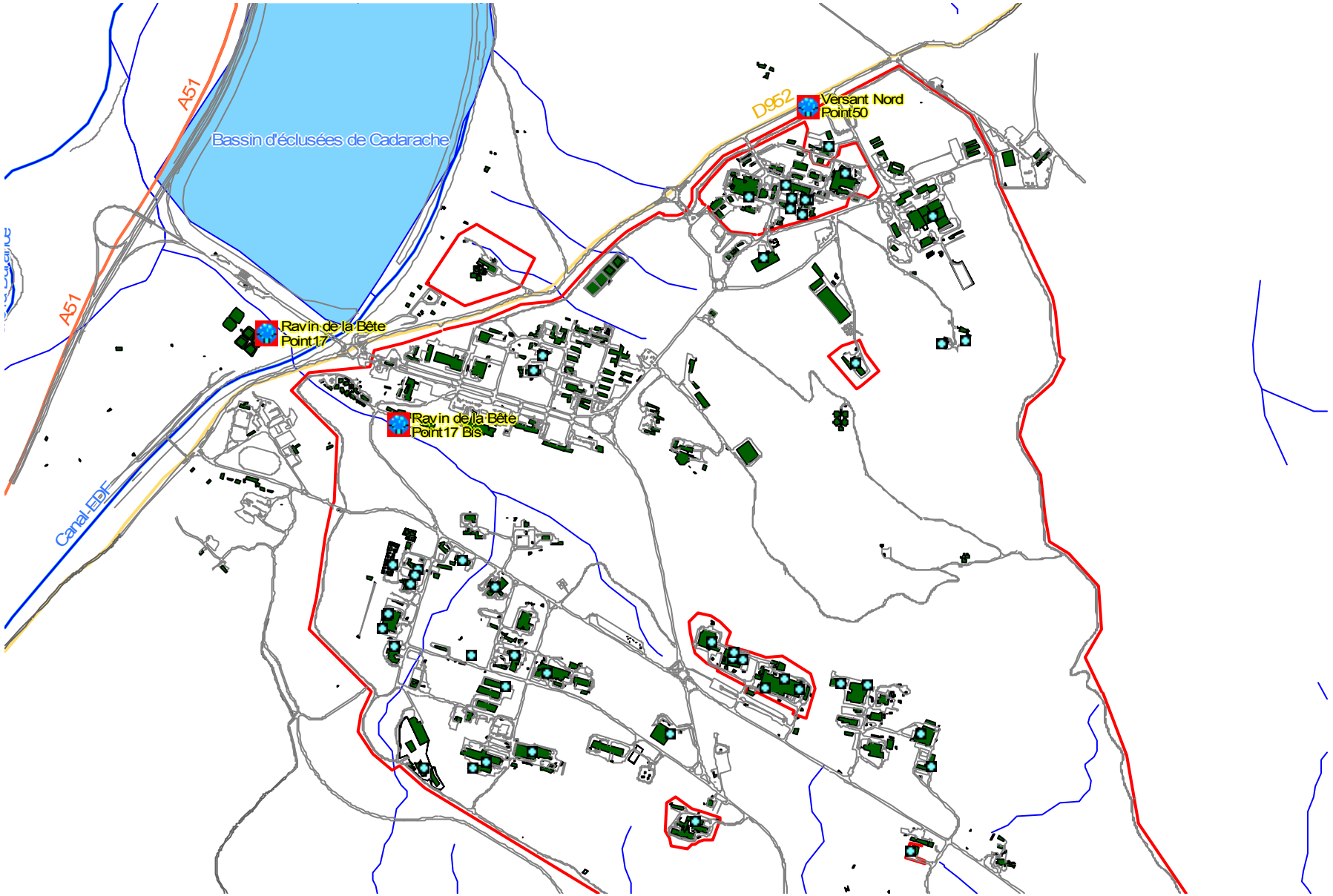


Figure 5.2.5 : Réseau de forages réglementaires mensuels permettant la surveillance radiologique des eaux souterraines du Centre de Cadarache

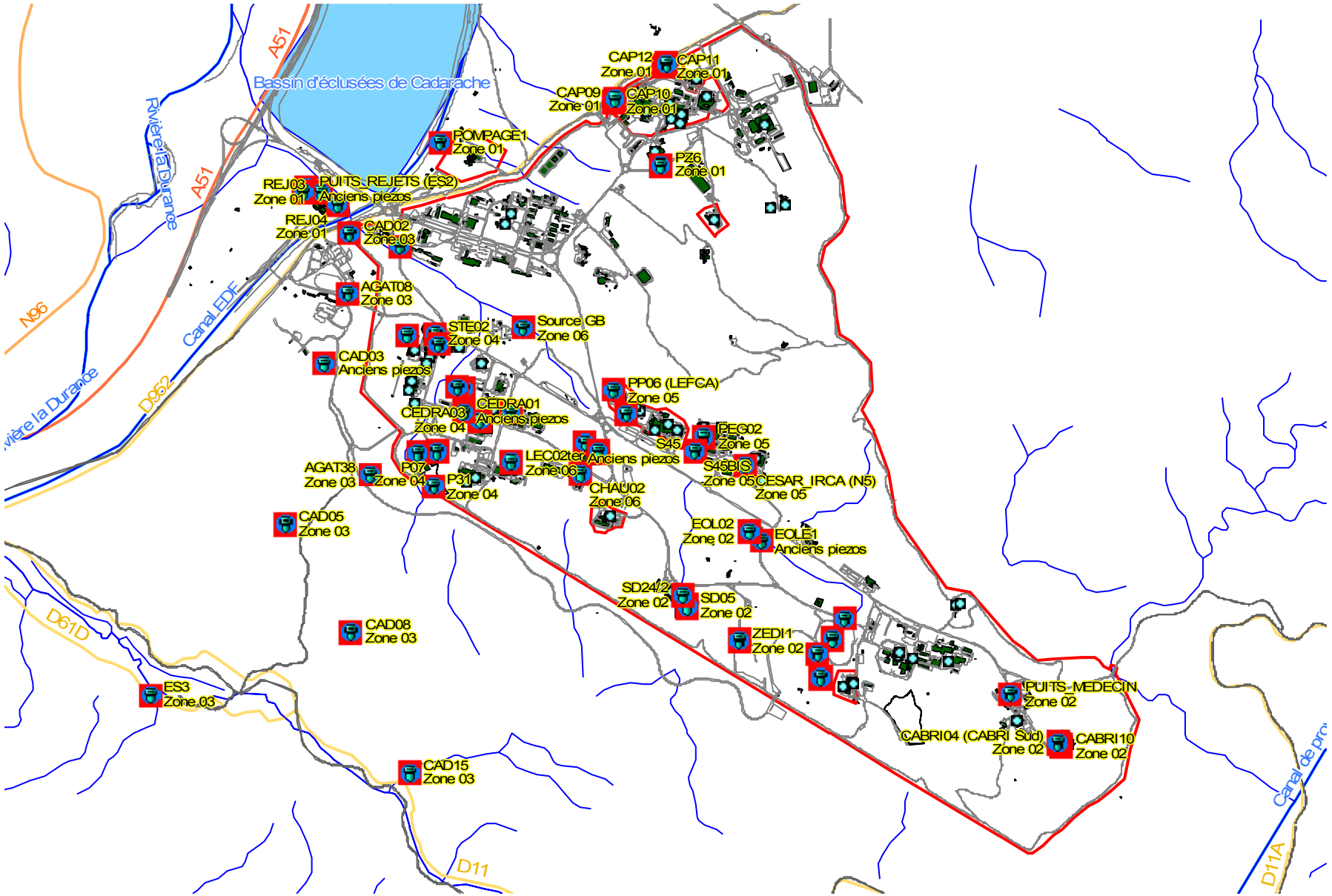
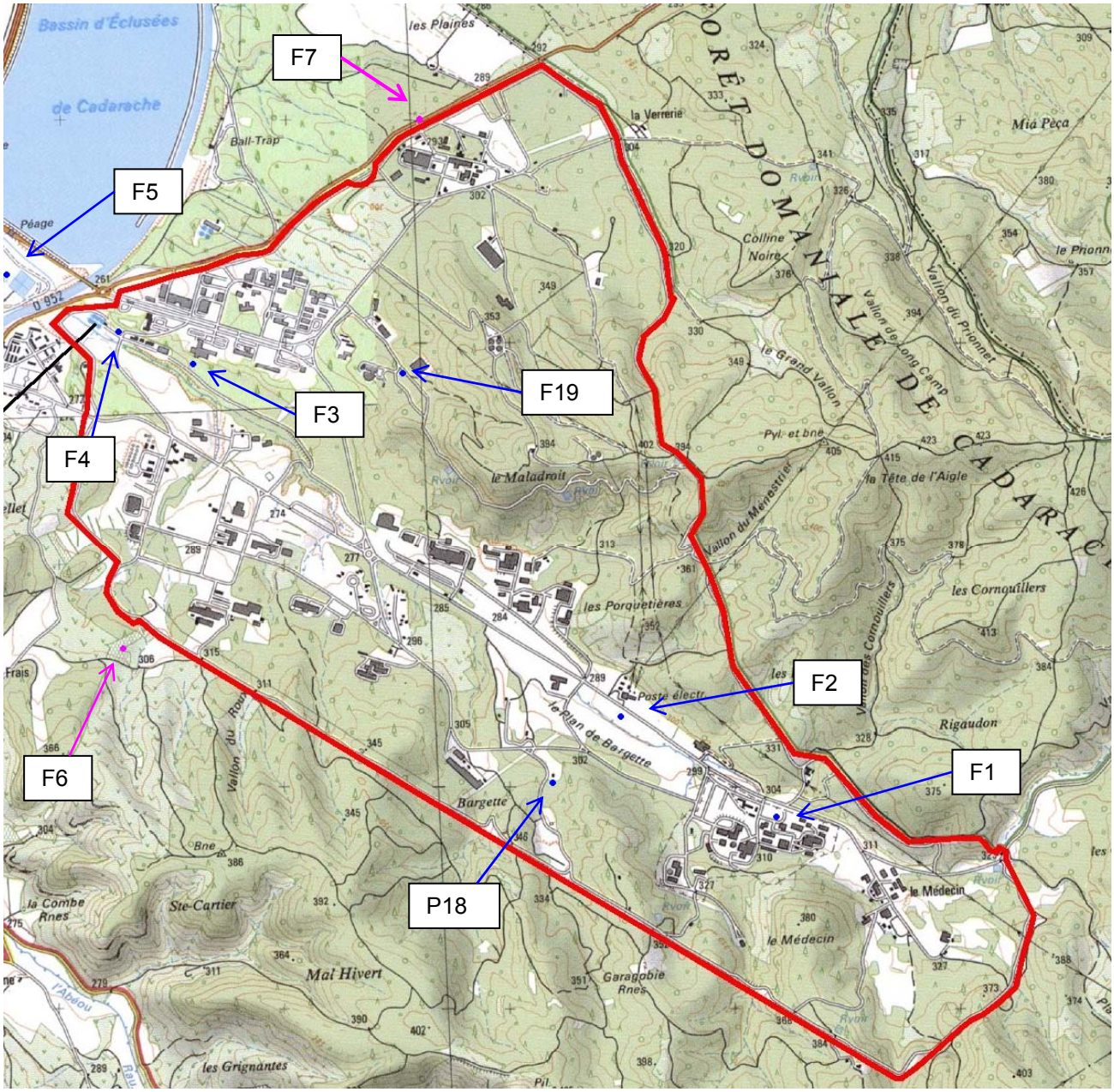


Figure 5.2.6 : Implantation des forages régis par l'arrêté préfectoral du 25 septembre 2006



F1 : RAPSODIE
F2 : 63000-3
F3 : Intendance
F4 : Épuration
F5 : ES2. Ce piézomètre a été déplacé d'environ 20m en 2008 pour la construction de nouveaux ouvrages et a fait l'objet d'une information à l'inspection des installations classées.
F6 : CAD 33
F7 : CAP 13
P 18 : Incinérateur
F19 : Puits bât 465

VOLUME 5 - CHAPITRE 3

REJETS À L'ENVIRONNEMENT ET CONSÉQUENCES DES REJETS RADIOACTIFS ET TOXIQUES CHIMIQUES

RÉDACTION	VÉRIFICATION	APPROBATION
F. JOURDAIN DTN/SMTM/LMTE	P. BATTESTI V. MASSON DPIE/SA2S/GAS	J.C. MASY Chef du SA2S
		Bernard CHABALIER Adjoint du Chef du DPIE/SA2S

FICHE DE MISES À JOUR

INDICE	DATE	MOTIF DE LA RÉVISION
A	01/03/04	Mise à jour complète de la PGSE suite à lettre DSIN-FAR/SD3/n°50878/00 du 29 décembre 2000. Prise en compte des demandes émises en Commission de Sûreté Interne le 21 janvier 2004
B	01/02/10	Mise à jour du volume 5 de la PGSE suite à la parution des nouveaux arrêtés préfectoraux et ministériels d'autorisation de rejets et de prélèvements en eau de 2005 et 2006. Prise en compte des demandes transmises par l'ASN par lettre DRD n°0454 du 12 août 2008.
C	21/12/12	Prise en compte de la demande 1 transmise par l'ASN par lettre CODEP-MRS-2011-057927 du 2 novembre 2011 (prise en compte des décisions n^{os} 2010-DC-0172 et 2010-DC-0172 de l'ASN du 5 janvier 2010). Mise à jour des données selon l'« Étude d'impact du Centre CEA Cadarache – février 2012 ».

SOMMAIRE

5.3.1 DÉTERMINATION DES VARIABLES D'ENTRÉE DES CALCULS D'IMPACT 4
5.3.1.1 EXTRAIT DES TERMES SOURCES ATMOSPHÉRIQUE ET LIQUIDE 4
5.3.1.1.1 Rejets radioactifs 4
5.3.1.1.2 Rejets de substances chimiques présentant un risque toxique 5
5.3.1.2 CHOIX DES HYPOTHÈSES DE CALCULS 8
5.3.1.2.1 Groupe de référence 8
5.3.1.2.2 Éléments géographiques 9
5.3.1.2.3 Choix des variables spécifiques au groupe de référence 9

5.3.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION 11
5.3.2.1 RÉSULTATS EN TERMES D'IMPACT DOSIMÉTRIQUE 11
5.3.2.2 RÉSULTATS EN TERMES D'ACTIVITÉS MASSIQUES ET/OU VOLUMIQUES 11
5.3.2.3 DISCUSSION 12
5.3.2.3.1 Rejets radioactifs 12
5.3.2.3.2 Rejets de substances chimiques présentant un risque toxique 12

5.3.3 CONCLUSIONS 14

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 15

5.3.1 DÉTERMINATION DES VARIABLES D'ENTRÉE DES CALCULS D'IMPACT

Les variables d'entrée des calculs d'impact sont divisées en trois ensembles principaux : le terme source (c'est-à-dire la quantité rejetée dans l'environnement), le choix géographique du ou des groupes de populations exposés, appelés "groupes de référence", incluant les éléments de mode de vie et le choix des paramètres de transfert.

5.3.1.1 EXTRAIT DES TERMES SOURCES ATMOSPHÉRIQUE ET LIQUIDE

5.3.1.1.1 Rejets radioactifs

Dans ce chapitre, les termes sources retenus pour le centre du CEA Cadarache (Tableau 1) sont basés sur les demandes réévaluées au cours de l'année 2004 et de l'année 2008 par les installations nucléaires du Centre. Le détail des radionucléides de chaque catégorie a été établi à partir de l'importance relative des radionucléides rejetés sur la **période 1998-2009** [5.3.1]. Ces rejets ont ensuite été complétés en fonction des développements prévisibles (évolutions des installations existantes et prévisions de rejets des futures installations). L'ensemble de ces données a servi de base à l'élaboration et à la définition des nouvelles autorisations de rejets [5.3.2], [5.3.3], [5.3.4], [5.3.5], [5.3.6] et [5.3.7].

Le Tableau 1, le Tableau 2 et le Tableau 3 présentent les isotopes retenus dans l'étude d'impact, respectivement pour les rejets par voie atmosphérique et les rejets par voie liquide [5.3.1].

Tableau 1 : Terme source retenu pour les rejets atmosphériques du CEA Cadarache ($Bq.an^{-1}$)

Isotope	Bq/an
HTO (eau tritiée)	2,14E+13
^{14}C (CO_2)	1,22E+11
^{60}Co	3,48E+5
^{63}Ni	2,86E+4
^{85}Kr	1,17E+14
^{85m}Kr	5,07E+8
^{87}Kr	2,74E+8
^{88}Kr	8,30E+8
$^{90}Sr+$	3,00E+6
$^{106}Ru+$	4,43E+5
$^{110m}Ag+$	3,20E+5
$^{125}Sb+$	4,41E+7
$^{129}Iorg$	7,51E+7
$^{131}Iorg$	4,35E+8
$^{132}Iorg$	6,18E+7
$^{133}Iorg$	5,07E+6

Isotope	Bq/an
$^{134}Iorg$	1,06E+3
$^{135}Iorg+$	1,55E+4
^{131m}Xe	2,50E+12
^{133}Xe	3,74E+13
^{133m}Xe	1,16E+11
^{135}Xe	6,10E+9
^{138}Xe	1,48E+8
^{134}Cs	7,83E+5
$^{137}Cs+$	8,14E+6
^{138}Cs	2.71E+3
$^{144}Ce+$	1,75E+5
^{154}Eu	5,22E+4
^{155}Eu	6,08E+4
^{232}Th	1,53E+6
^{234}Th	1,11E+4
^{234m}Pa	5,11E+5

Isotope	Bq/an
^{232}U	6,67E+1
^{234}U	9,81E+4
$^{235}U+$	1,82E+4
^{236}U	1,32E+3
$^{238}U+$	5,23E+4
$^{237}Np+$	6,67E+1
^{238}Pu	8,15E+5
$^{239}P+u$	5,52E+5
^{240}Pu	3,06E+5
$^{241}Pu+$	5,68E+6
^{242}Pu	9,38E+4
^{241}Am	2,20E+5
^{242}Cm	8,76E+5
^{244}Cm	9,03E+5

Pour les rejets radioactifs on considère que les rejets sont permanents, tout au long de l'année.

Les rejets diffus de radon ne font pas l'objet de limites. Ils sont cependant pris en compte pour le calcul d'impact et présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Terme source retenu pour les rejets atmosphériques de radon du CEA Cadarache ($Bq.an^{-1}$)

Isotope	Bq/an
^{222}Rn	1,95E+12

Tableau 3 : Terme source retenu pour les rejets liquides du CEA Cadarache (Bq.an^{-1})

Isotope	Bq/an	Isotope	Bq/an	Isotope	Bq/an
HTO (eau tritiée)	1,00E+12	^{75}Se	1,20E+4	^{137}Cs+	2,32E+8
^{14}C (CO_2 aqueux)	5,00E+8	^{85}Sr	1,00E+6	^{133}Ba	2,30E+4
^{22}Na	3,59E+6	^{90}Sr	5,03E+7	^{144}Ce+	1,19E+7
^{32}P	2,40E+6	^{95}Zr	7,70E+6	^{151}Sm	1,00E+9
^{33}P	2,40E+6	^{95}Nb	3,78E+6	^{154}Eu	4,27E+7
^{36}Cl	1,00E+9	^{94}Nb	1,00E+9	^{226}Ra+	7,17E+4
^{54}Mn	4,09E+7	^{99}Tc	1,00E+9	^{231}Pa	5,92E+5
^{55}Fe	1,25E+9	^{103}Ru+	2,88E+6	^{234}U	1,39E+8
^{57}Co	3,75E+5	^{106}Ru+	4,36E+7	^{237}Np+	9,00E+4
^{58}Co	2,13E+7	^{110m}Ag+	3,18E+7	^{239}Pu+	8,42E+7
^{60}Co	2,94E+8	^{109}Cd+	3,81E+7	^{241}Pu+	6,77E+8
^{59}Ni	1,00E+9	^{124}Sb	3,17E+7	^{241}Am	3,66E+6
^{63}Ni	2,78E+8	^{134}Cs	5,05E+7	^{243}Cm	1,55E+7

5.3.1.1.2 Rejets de substances chimiques présentant un risque toxique

Le Tableau 4 et le Tableau 5 présentent les flux des substances émises par voie atmosphérique par les différentes installations présentes sur le Centre de Cadarache [5.3.1], établis à partir des limites réglementaires des décisions et arrêtés [5.3.3] [5.3.4] [5.3.5] [5.3.7].

Tableau 4 : Flux annuels atmosphériques et flux horaires pour les différentes installations concernées établis à partir des limites réglementaires

Installation		Paramètre	Flux annuel (kg/an)	Flux horaire (kg/h)	Nombre d'heures de fonctionnement
INB	INB 25 - E75	HCl	44,2	Sans Objet	continu
	INB 55 - E22	HCl	4380	Sans Objet	continu
		HF	438	Sans Objet	continu
	INB 55 - E64	Hg	1,75	Sans Objet	continu
		Pb	35	Sans Objet	continu
		Sb	35	Sans Objet	continu
		Zn	35	Sans Objet	continu
		HF	175,2	Sans Objet	continu
	INB 164 - CEDRA	CO	50	Sans Objet	continu
		HCl	20	Sans Objet	continu
		HF	0,3	Sans Objet	continu
		SO_2	8	Sans Objet	continu
		Cd	0,6	Sans Objet	continu
		Ti	0,6	Sans Objet	continu
		Hg	0,00184	Sans Objet	continu
		Sb	0,14	Sans Objet	continu
		As	0,14	Sans Objet	continu
		Pb	0,14	Sans Objet	continu

Installation		Paramètre	Flux annuel (kg/an)	Flux horaire (kg/h)	Nombre d'heures de fonctionnement
		Cr total	0,14	Sans Objet	continu
		Co (cobalt)	0,14	Sans Objet	continu
		Cu	0,14	Sans Objet	continu
		Mn	0,14	Sans Objet	continu
		Ni	0,14	Sans Objet	continu
		V	0,14	Sans Objet	continu
		Poussières	0,6	Sans Objet	continu
		NO_x	*6*	*0,016*	*640*
		Dioxines et Furanes	7,00E-08	Sans Objet	continu
		Sn	0,14	Sans Objet	continu
		Se	0,14	Sans Objet	continu
		Te	0,14	Sans Objet	continu
		Zn	0,14	Sans Objet	continu
ICPE	Chaufferie Centrale Gaz Naturel	NO_x	22908	Sans Objet	continu
		CO	10259	Sans Objet	continu
		SO_2	3586	Sans Objet	continu
		Poussières	498	Sans Objet	continu
	Chaufferie Centrale FOD (*)	*NO_x*	*4500*	*30*	*150*
		CO	*750*	*5*	*150*
		SO_2	*11250*	*75*	*150*
		Poussières	*750*	*5*	*150*
	ICPE 312	*HF*	*50*	*0,1*	*250*
		Cr total	*10*	*0,02*	*250*
		Cr VI	*1*	*0,002*	*250*
		CN	*10*	*0,02*	*250*
		NO_x exprimé en NO_2	*2050*	*4,1*	*250*
	HRT VAUTOUR	*NaOH*	*12*	*0,04*	*500*
	HRT SURBOUM	*NaOH*	*270*	*0,3*	*720*
INBS PN	FSMC	HF	3	Sans Objet	continu
		NO_x	24	Sans Objet	continu
	ME / MC	*NOx*	*1760*	*2,2*	*800*
		SO_2	*2000*	*2,5*	*800*
	RNG	*NO_x*	*880*	*2,2*	*400*
		SO_2	*1000*	*2,5*	*400*

(*) : FOD : fuel ordinaire domestique.

- Les installations relevant d'un régime séquentiel, c'est-à-dire ayant des rejets atmosphériques durant moins de 10 % de l'année, sont notées en italique. Dans ce cas, le nombre d'heures de fonctionnement est précisé.
- Dans les calculs de dispersion atmosphérique et d'impact, le NO_x a été assimilé à du NO_2.
- Le chrome total émis par l'installation CEDRA est réparti entre 50% de chrome VI et 50% de chrome III. Le chrome total émis par l'ICPE 312 est réparti en 1 kg de chrome VI et 9 kg de chrome III.

Tableau 5 : Flux annuels atmosphériques pour les différentes installations non limitées par les différents arrêtés

Installation	Paramètre	Flux annuel (kg/an)
Chaufferie Centrale	CO_2	$1{,}3.10^7$
Tore Supra	SF_6	78
SMT/LABM	HCl	2290
	HNO_3 (NO_x)	554
	HF	77
SPR/LANSE	HCl	48
	HNO_3 (NO_x)	144
	NH_3	24

Le Tableau 6 présente les flux des substances émises dans la Durance par le Centre de Cadarache [5.3.1].
Les valeurs fixées par les différents arrêtés d'autorisation ont été retenues pour l'établissement des termes sources. Ces derniers sont exprimés en flux annuel sur la base d'un rejet supposé continu. L'exutoire du Ravin de la Bête étant la Durance, les études ont été réalisées dans le milieu récepteur de la Durance.
En complément de ces différentes valeurs ont été ajoutés les effluents faisant l'objet d'une mesure réelle en sortie des installations sur des petits volumes mais indétectables en sortie de site (rejet en Durance). Pour ces effluents, les flux annuels retenus sont pris égaux aux flux annuels maximum mesurés multipliés par un facteur 3.

Tableau 6 : Terme source émis par voie liquide (kg.an^{-1})

Rejets du :	Centre	Station de potabilisation
Débit rejet (m^3.an^{-1})	8,21.10^5	8,32.10^4
Paramètre	**kg.an^{-1}**	**kg.an^{-1}**
Effluents de l'arrêté préfectoral :		
DBO_5	25 550	-
DCO	8 2125	-
MES	29 200	53000
Azote global	25 550	-
Aluminium	1 825	-
Bore	365	-
Chlorures	164 250	-
Fer	1 825	4000
Fluorures	821	-
Hydrocarbures totaux	3 650	-
Phosphore total	8 212,5	-
Sulfates	57 4875	-
Zinc	1 642,5	-
Effluents complémentaires :		
Arsenic	0,0315	-
Cadmium	0,0086	-
Chrome	0,1062	-
Cuivre	0,9240	-
Etain	0,3120	-
Manganèse	0,1296	-
Mercure	0,0042	-
Nickel	0,1224	-
Plomb	0,9120	-

5.3.1.2 CHOIX DES HYPOTHÈSES DE CALCULS

5.3.1.2.1 Groupe de référence

La *directive européenne 96/29* [5.3.8] définit le groupe de référence comme le « *groupe contenant des individus dont l'exposition à une source est assez uniforme et représentative de celle des individus qui, parmi la population, sont plus particulièrement exposés à ladite source* ». Dans la pratique, la définition d'un tel groupe est délicate car elle se heurte à plusieurs sources majeures d'incertitude :

- *la situation géographique par rapport à la source :* l'incidence des rejets en termes d'activité massique et volumique en radionucléides va être, pour les rejets atmosphériques, une fonction complexe de la distance, de la position par rapport aux vents dominants et des capacités dispersives de l'atmosphère et, pour les rejets liquides, de la situation des groupes en aval des points de rejets et des origines des alimentations en eau pour la consommation d'eau de boisson et de poissons, l'arrosage des cultures et l'irrigation ainsi que l'alimentation des animaux ;
- *l'utilisation du milieu par les populations :* les variables principales qui entrent ici en jeu sont le temps de présence dans le lieu considéré, ainsi que la part de denrées produites sur place dans la ration alimentaire de la population considérée, appelée autoconsommation. De plus, au sein d'un groupe, il est possible d'imaginer que certaines communautés peuvent être plus exposées que d'autres. Ce peut être par exemple une communauté relativement sédentaire tendant à l'autosuffisance alimentaire ;

– *les paramètres de transfert :* les modèles de dispersion des radionucléides et de transfert dans la chaîne alimentaire font intervenir un grand nombre de facteurs de transfert, par exemple du sol vers les plantes ou des fourrages vers les animaux. Pour un même paramètre, une grande variété de valeurs numériques est disponible dans la littérature, et ces valeurs sont souvent très dispersées. Un choix doit donc être effectué.

En ce qui concerne les rejets atmosphériques, le groupe le plus exposé dépend de la position de l'émissaire et de la hauteur du rejet. L'étude [5.3.10] a montré que, dans près de 50 % des cas, il s'agit de Saint-Paul-Lez-Durance, localité proche du Centre CEA et située sous les vents dominants. Les autres groupes concernés sont également localisés à proximité du Centre, à savoir Ginasservis et le Hameau, cité "étudiante" située vers l'entrée du Centre. Aux autres localités, les conséquences sont toujours plus faibles, quelles que soient les coordonnées et la hauteur de l'émissaire. Dans les études d'impact, il est par conséquent nécessaire de présenter les résultats à ces trois points afin de déterminer les conséquences les plus importantes.

En ce qui concerne les rejets liquides, le groupe le plus exposé est un groupe composé de personnes qui consomment du poisson pêché en Durance et des produits issus de cultures irriguées par l'eau de la Durance.

5.3.1.2.2 Éléments géographiques

L'analyse de la rose des vents obtenue à partir des données de la station de la Grande Bastide (Figure 2.1.3 au chapitre 1 « Climatologie » du volume 2 de la PGSE) montre trois directions privilégiées d'origine du vent mesurée par l'angle formé avec le nord en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre : ces directions sont 60°, 140° et 280°. A noter que les vents faibles (< 2 m/s) sont prédominants.

5.3.1.2.3 Choix des variables spécifiques au groupe de référence

La première des variables à considérer est celle du **temps de présence**. De là dépendent les expositions par inhalation et par irradiation externe due au panache et au dépôt sur le sol. Certains sous-groupes de population étant relativement sédentaires (agriculteurs, commerçants locaux, retraités, enfants scolarisés dans l'école communale), il a été décidé que pour tous les sous-groupes, l'hypothèse serait faite d'une présence continue sur le lieu d'habitation.

Les **débits respiratoires** utilisés dans cette étude sont issus du document en référence [5.3.9]. Pour les rejets atmosphériques, les valeurs sont une moyenne des débits respiratoires sur une journée, intégrant les périodes de veille et de sommeil (cf. Tableau 7 et Tableau 8). Sont entendus par « bébé » la classe d'âge des enfants de 1-2 ans, par « enfant » la classe d'âge 7-12 ans et par « adulte » la classe d'âge supérieure à 17 ans.

Pour les rejets atmosphériques en fonctionnement normal, les débits respiratoires pris en compte sont présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Débits respiratoires utilisés dans le calcul d'impact des rejets atmosphériques autorisés du CEA Cadarache

Débit ($m^3.h^{-1}$)	Classe d'âge		
	Adulte > 17 ans	Enfant 7-12 ans	Bébé 1-2 ans
	0,96	0,64	0,22

Pour les rejets liquides, les valeurs retenues correspondent à une activité physique modérée ; les débits respiratoires pris en compte sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Débits respiratoires utilisés dans le calcul d'impact des rejets liquides autorisés du CEA Cadarache

Débit ($m^3.h^{-1}$)	Classe d'âge		
	Adulte > 17 ans	Enfant 7-12 ans	Bébé 1-2 ans
	1,20	0,87	0,31

La seconde variable importante concerne la part de l'alimentation qui provient de sources locales, dite **part d'autoconsommation**. L'évolution des pratiques agricoles se traduit par une augmentation de la taille des exploitations et leur spécialisation par exemple vers les céréales (céréales non consommées sur place) ou la production fruitière. Les élevages sont en nette récession. De plus, ils ne sont pas permanents en raison de pratiques saisonnières telle que la transhumance. Enfin, l'évolution remarquée vers un habitat résidentiel entraîne des modes de vie qui peuvent être qualifiés d'urbains avec des achats alimentaires dans des centres de grande distribution. Par conséquent, l'autoconsommation tend à diminuer et à ne constituer qu'un appoint résultant de pratiques récréatives, traditionnelles et parfois aussi d'un souci de santé ou de protection de l'environnement. Cependant, et bien qu'il s'agisse d'une hypothèse majorante pour les incidences calculées, **un taux d'autoconsommation de 100 %** a été retenu pour tous les éléments de la ration alimentaire, y compris la viande. De même, les animaux (ovins et caprins) sont considérés comme entièrement nourris avec des produits d'origine locale.

En aval immédiat du centre du CEA Cadarache, les populations de la commune de Saint-Paul-Lez-Durance peuvent utiliser l'eau de la Durance pour l'irrigation et l'abreuvage du bétail.

Les **rations alimentaires annuelles** sont définies à partir des statistiques sur l'autoconsommation dans la région méditerranéenne trouvées dans la base de données CIBLEX [5.3.11] suite à des enquêtes de terrain [5.3.12], et adaptées aux environs de Cadarache où on ne trouve aucun élevage bovin. Elles sont présentées dans le Tableau 9 pour les rejets atmosphériques. Dans le cas des rejets par voie liquide, on prend en plus la consommation de poissons, présentée dans le Tableau 10.

Tableau 9 : Rations alimentaires annuelles utilisées dans le calcul d'impact des rejets autorisés du CEA Cadarache ($kg.an^{-1}$)

Aliment	Adulte > 17 ans	Enfant 7-12 ans	Bébé 1-2 ans
salades	15	10	6,5
carottes	25	20	13
tomates	10	7	6,5
pommes	40	25	13
viande (mouton)	3	1,5	-
viande (poulet)	11	5,5	3
lait (chèvre)	42	21	-
œufs	6	3	1,5

Tableau 10 : Consommation annuelle de poissons utilisée dans le calcul d'impact des rejets liquides autorisés du CEA Cadarache ($kg.an^{-1}$)

Aliment	Adulte > 17 ans	Enfant 7-12 ans	Bébé 1-2 ans
poisson	6	6	-

Sur le plan du choix **des facteurs de transfert,** aucun parti pris de majoration ou de minoration n'a été retenu de façon à garder pour cet aspect une approche aussi réaliste que possible. Pour les coefficients de transfert aux végétaux et aux animaux, on a notamment repris les valeurs trouvées dans la littérature internationale [5.3.13].

En ce qui concerne les coefficients de dose, les valeurs des CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) les plus récentes, reprises dans l'arrêté du 1er septembre 2003 [5.3.14] ont été utilisées.

5.3.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les calculs ont été réalisés en utilisant les codes GASCON [5.3.15] et ABRICOT [5.3.16], qui sont les codes dont l'emploi est préconisé pour toutes les études d'incidence du CEA. Il existe d'autres codes d'évaluation des conséquences des rejets de routine, mais tous sont fondés sur des équations très proches, et donnent des résultats équivalents lorsque les mêmes paramètres et variables y sont introduits. L'incidence des rejets est évaluée pour une année qui se situerait après 50 ans de fonctionnement des installations. Deux grandeurs ont été retenues pour caractériser l'incidence des rejets autorisés : la **dose équivalente annuelle** pour un individu de la population, et **l'activité massique par radionucléide** dans certains produits de l'agriculture.

5.3.2.1 RÉSULTATS EN TERMES D'IMPACT DOSIMÉTRIQUE

Pour les rejets correspondant aux termes sources retenus pour le CEA Cadarache, la dose individuelle calculée pour les adultes, les enfants (enfants de 7 à 12 ans) et les bébés (enfants de 1 à 2 ans) de Saint-Paul-Lez-Durance après 50 ans de fonctionnement du Centre (rejets constants) est de l'ordre de **5 µSv.an^{-1}** (Tableau 11) ; rappelons que les hypothèses retenues sont majorantes : 100 % de temps de présence sur le lieu de résidence et 100 % d'autoconsommation de produits agricoles locaux.

Tableau 11 : Conséquences dosimétriques annuelles des rejets autorisés du CEA Cadarache après 50 ans de fonctionnement des installations sur les populations de Saint Paul-Lez-Durance

Rejets	Dose efficace annuelle (mSv.an^{-1})		
	Adulte > 17 ans	Enfant 7-12 ans	Bébé 1-2 ans
atmosphériques	$3{,}6.10^{-3}$	$3{,}4.10^{-3}$	$2{,}9.10^{-3}$
liquides	$1{,}2.10^{-3}$	$1{,}2.10^{-3}$	$7{,}1.10^{-4}$
Total	$4{,}8.10^{-3}$	$4{,}6.10^{-3}$	$3{,}6.10^{-3}$

La voie prépondérante à la dose efficace est **la voie atmosphérique**, voie d'exposition dont l'impact est de l'ordre de $3{,}6.10^{-3}$ mSv.an^{-1} pour les adultes et pour les enfants de 10 ans. Il est à noter que les rejets diffus de radon contribuent majoritairement à cette dose (81 %).

5.3.2.2 RÉSULTATS EN TERMES D'ACTIVITÉS MASSIQUES ET/OU VOLUMIQUES

Sont présentés à titre d'exemple les activités massiques dans les légumes et le lait qui seraient produits à Saint-Paul-Lez-Durance, commune de référence où l'incidence des rejets autorisés est la plus importante. Pour les autres produits végétaux ou animaux, les activités massiques obtenues sont très proches de celles indiquées. Notons qu'il n'y a pas de production de lait sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance.

Par groupe de radionucléides, les activités massiques les plus élevées seraient susceptibles d'être obtenues pour **le tritium (HTO) avec 50 et 150 Bq.kg^{-1}** dans les légumes et le lait respectivement. Ensuite vient **le carbone 14 avec de l'ordre de 2 Bq.kg^{-1}** dans les légumes. Pour tous les isotopes émetteurs β, γ et les isotopes émetteurs α, les activités massiques sont très largement inférieures à 0,1 Bq.kg^{-1}. En pratique, les rejets réels étant très inférieurs aux autorisations, les activités massiques attendues dans les produits agricoles se situent très en dessous de ces niveaux.

Avec les techniques de mesure actuelles, les activités massiques du tritium seraient mesurables, car se situant légèrement au-dessus du bruit de fond, qui est de l'ordre de quelques $Bq.kg^{-1}$ dans les végétaux, par exemple. A titre indicatif, l'activité naturelle des légumes est de l'ordre de 140 Bq/kg, cette comparaison n'est donnée que pour apprécier les différences d'ordre de grandeur, car les effets sur l'organisme des différents radioéléments peuvent être très différents. Pour le carbone 14, un ajout de l'ordre de quelques $Bq.kg^{-1}$ serait très difficile à mettre en évidence, sachant que la valeur d'équilibre du carbone 14 d'origine naturelle est de 250 $Bq.kg^{-1}$ de carbone. Pour les autres radionucléides, émetteurs β, γ et α, les activités massiques calculées se situent très en dessous des limites de détection des appareils, et ne sont donc pas mesurables.

5.3.2.3 DISCUSSION

5.3.2.3.1 Rejets radioactifs

En ce qui concerne les rejets atmosphériques, **l'exposition est due essentiellement au radon et à ses descendants** (environ 81 % de l'impact, avec une dose efficace annuelle de l'ordre de 3.10^{-3} $mSv.an^{-1}$ pour un adulte), puis au tritium (dose efficace de l'ordre de 3.10^{-4} $mSv.an^{-1}$). **La voie d'atteinte** qui contribue quasi essentiellement à la dose efficace est **l'inhalation**, qui contribue à près de 90 % de la dose efficace.

En ce qui concerne les rejets liquides, **l'exposition est due essentiellement au Nb-94 qui contribue à près de 50 % à l'impact**. Les voies d'exposition prépondérantes après 50 ans de fonctionnement sont la l'irradiation externe due aux dépôts au sol de radionucléides apportés par l'eau d'irrigation des cultures et consommation de poisson. On suppose en effet de manière enveloppe que les adultes et les enfants âgés de 10 ans de la population de la commune de Saint-Paul-Lez-Durance passent 100% de leur temps dans les jardins et consomment beaucoup de produits d'origine locale, dont le poisson.

Dans l'estimation présentée, l'ingestion de poisson de la Durance intervient pour près de 40 % du total ; la non-consommation de ces poissons, qui est le cas général, fait à elle seule chuter l'estimation de la dose de 40 %.

Pour les adultes et les enfants de 10 ans vivant à Saint-Paul-Lez-Durance, la dose efficace annuelle totale après 50 ans de fonctionnement des installations rejetant hypothétiquement à la limite des autorisations s'établit à environ **5.10^{-3} $mSv.an^{-1}$**. Ces valeurs ne permettent pas d'envisager un impact significatif sur les populations.

Les résultats des calculs d'incidence montrent que pour les rejets du CEA Cadarache, **les activités massiques des produits agricoles** de la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (localité la plus proche du centre et soumise aux rejets atmosphériques et liquides) se situent en dessous du « détectable », à l'exception peut-être du tritium, et **les doses efficaces** se situent dans des niveaux dits d'exemption (fixés par la Directive EURATOM [5.3.8]), en tout cas loin des limites réglementaires et des valeurs dues à la radioactivité naturelle.

5.3.2.3.2 Rejets de substances chimiques présentant un risque toxique

Pour l'évaluation de l'impact environnemental des rejets atmosphériques, on a retenu les valeurs indiquées dans l'article R-221-1 du code de l'environnement, modifié par le décret 2008-1152 du 7 novembre 2008 [5.3.17] qui a défini des objectifs de qualité, des valeurs cibles, des valeurs limites, des seuils d'information et de recommandation et des seuils d'alerte pour huit polluants (dioxyde d'azote, particules fines et particules en suspension, plomb, dioxyde de soufre, ozone, monoxyde de carbone, benzène, métaux lourds (arsenic, cadmium, nickel) et hydrocarbures aromatiques polycycliques) ; ce décret propose également des valeurs limite pour la protection de la végétation pour les dioxydes d'azote et l'ozone ainsi que des valeurs limite pour la protection des écosystèmes pour le dioxyde de soufre. Ces valeurs sont utilisées dans le cadre de l'étude d'impact environnemental des rejets émis par voie atmosphérique. Il faut noter que ce décret prend en compte les valeurs indiquées dans la directive

2004/107/CE du 15 décembre 2004 [5.3.18] relative à l'arsenic, le cadmium, le mercure[1], le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'air extérieur.

Au point de retombée maximale, situé à proximité du site sous les vents dominants les concentrations ajoutées en SO_2 sont de l'ordre de 50 % de la valeur seuil pour la protection des végétaux ou des écosystèmes présentée dans l'article R-221-1 du code de l'environnement. À Saint-Paul-lez-Durance, les concentrations sont environ deux fois plus faibles.

Quels que soient la substance considérée (NOx, SO_2, Pb, As, Cd, Ni …) et le point d'impact étudié, les concentrations ajoutées dans l'atmosphère sont toujours inférieures aux limites trouvées dans les différents textes en moyenne annuelle.

En ce qui concerne l'impact sanitaire des rejets par voie atmosphérique, la voie inhalation et la voie ingestion ont été considérées, pour les substances à effet de seuil (effets autres que cancérogènes) et les substances sans effet de seuil.

Pour les substances à effet de seuil (non cancérogènes), les indices de risque sont toujours inférieurs à 1, qu'il s'agisse de la voie inhalation ou de la voie ingestion. Le risque sanitaire dû aux rejets du centre de Cadarache peut donc être considéré comme non préoccupant. Pour les substances sans effet de seuil, l'excès de risque individuel par inhalation, essentiellement dû à la présence de chrome VI, est supérieur à 10^{-5}, valeur repère considérée comme acceptable. Il faut rappeler que les hypothèses retenues pour ces calculs sont pénalisantes, notamment pour le Hameau. En effet, cet endroit est une résidence temporaire d'étudiants, où la durée de présence est certainement de moins de 30 ans, valeur prise en compte dans les calculs. De plus les rejets de chrome sont très inférieurs aux limites définies dans l'arrêté. Le risque des rejets réels de chrome du site de Cadarache peut donc être considéré comme non préoccupant.

Par ingestion, les excès de risque individuels sont inférieurs à 10^{-6} ; ils sont donc acceptables.

En ce qui concerne les rejets par voie liquide, les concentrations ajoutées dans la Durance sont faibles, voire très faibles par rapport aux concentrations mesurées en amont, elles mêmes souvent inférieures aux limites de détection.

En ce qui concerne l'impact environnemental de ces rejets, quelle que soit la substance étudiée, les concentrations ajoutées dans la Durance respectent les normes de qualité, sauf pour le zinc, substance pour laquelle les concentrations ajoutées dépassent les "Predicted NoEffect Concentrations" (PNEC) proposées par l'INERIS [5.3.19] et les Normes de Qualité Environnementales provisoires (NQEp), indiquées dans la circulaire du Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durables (MEDAD) du 7 mai 2007 [5.3.20]. Sachant que les taux de rejet de zinc supposés dans cette étude sont bien supérieurs aux mesures réelles en sortie de site, l'apport du site peut être considéré comme négligeable par rapport aux concentrations relevées en amont.

En ce qui concerne l'impact sanitaire des rejets par voie liquide, pour les substances à effet de seuil, les indices de risque sont inférieurs à 1 : le risque sanitaire dû aux rejets du centre de Cadarache peut donc être considéré comme non préoccupant.

Pour les substances sans effet de seuil, les excès de risque individuels en aval du centre dus aux concentrations apportées par le centre sont inférieurs à 10^{-5}, valeur repère considérée comme acceptable. L'impact sanitaire des rejets par voie liquide est ainsi non préoccupant.

[1] Il faut noter que, contrairement à ce qui indiqué dans l'objet de la Directive, aucune valeur relative au mercure n'est indiquée dans cette directive.

5.3.3 CONCLUSIONS

Les paramètres et variables d'entrée des codes de calcul ont été choisis sans parti pris de majoration ou de minoration à l'exception du taux d'autoconsommation fixé à 100 %. Pour le groupe de référence de Saint-Paul-Lez-Durance où l'incidence est la plus importante, **la dose efficace annuelle pour les adultes après 50 ans de fonctionnement des installations se situe vers 5.10^{-3} $mSv.an^{-1}$**. Ce niveau de dose efficace annuelle se situe dans le domaine d'exemption.

Les activités massiques des produits agricoles se situent en dessous des limites de détection. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus dans le cadre du plan de surveillance de l'environnement. Ceci signifie que les mesures effectuées dans l'environnement (*i.e.* sur le terrain) ne permettent pas de déterminer l'incidence réelle des rejets du CEA Cadarache.

L'impact des rejets de substances chimiques présentant un risque toxique est non préoccupant.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

[5.3.1] Étude d'impact du Centre CEA de Cadarache – CEA Cadarache, février 2012.

[5.3.2] Arrêté préfectoral n° 99-2005 A du 12 août 2005 imposant des prescriptions complémentaires à l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) à Cadarache à Saint-Paul-Lez-Durance.

[5.3.3] Arrêté préfectoral n° 98-2005 A du 12 septembre 2005 imposant des prescriptions complémentaires au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) à Saint-Paul-Lez-Durance. Autorisation à l'exploitation des installations classées.

[5.3.4] Décision n°2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.3.5] Arrêté du 9 mars 2010 portant homologation de la décision n° 2010-DC-0172 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les limites de rejets dans l'environnement des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de bases civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.3.6] Décision n° 2010-DC-0173 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 5 janvier 2010 fixant les prescriptions relatives aux modalités de prélèvement et de consommation d'eau, de transfert et de rejets des effluents liquides et gazeux des installations nucléaires de base civiles du centre de Cadarache exploitées par le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) sur la commune de Saint-Paul-Lez-Durance (département des Bouches-du-Rhône).

[5.3.7] Arrêté du 15 octobre 2012 autorisant le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives à poursuivre les rejets d'effluents liquides et gazeux et les prélèvements d'eau pour l'exploitation de l'installation nucléaire de base secrète dénommée « Propulsion Nucléaire » de son site de Cadarache.

[5.3.8] Directive européenne 96/29/Euratom du Conseil du 13 mai 1996, fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants.

[5.3.9] CIPR 66 - Human respiratory tract model for radiological protection – 1994.

[5.3.10] M. Monfort (2007). Détermination des groupes de référence vis-à-vis des rejets par voie atmosphérique, émis en fonctionnement normal, des installations présentes sur le site de Cadarache. VAL.CEA.CI.RBC.DET.07000494.A du 11 juillet 2007

[5.3.11] Base de données CIBLEX. Connaissance du comportement des Français selon différents critères géographiques et socio-économiques. IRSN-ADEME, novembre 2003.

[5.3.12] A. Charlier de Chily (2003). Évaluation de la ration alimentaire de la population française. Note SMQ EEX52 RBC RTE QRCE 0044A, juillet 2003.

[5.3.13] AIEA. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclides transfer in temperate environments. Technical report series n°364, Vienna, 1994.

[5.3.14] Arrêté du 1er septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

[5.3.15] Ph. Guétat et al (2004). Calcul d'impact radiologique d'un rejet par voie atmosphérique en situation normale. Formulaire du code GASCON. Rapport ENV REMCI RBC CRE 04000337A, juillet 2004.

[5.3.16] Ph. Guétat, M. Monfort (2004). Calcul d'impact radiologique d'un rejet liquide en situation normale. Formulaire du code ABRICOT. Rapport ENV REMCI RBC CRE 04000396B, juillet 2004.

[5.3.17] Décret 2008-1152 du 7 novembre 2008, modifiant l'article R221-1 de la section 1 (*Surveillance de la qualité de l'air*) du chapitre I[er] (*Surveillance de la qualité de l'air et information du public*) du Titre II (*Air et atmosphère*) du Livre II (*Milieux physiques*) de la partie réglementaire du code de l'environnement.

[5.3.18] Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004, relative à l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air extérieur. Journal Officiel de l'Union Européenne du 26 janvier 2005.

[5.3.19] Site INERIS http://www.ineris.fr/substances/fr/.

[5.3.20] Circulaire du 7 mai 2007 définissant les "normes de qualité environnementale provisoires (NQEp)" des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau, parue au Bulletin Officiel du MEDAD n° 2007-15 du 15 août 2007.