

**Opération** | **CAMPUS AGRONOMIQUE DE VETAGRO SUP - LEMPDES (63)**

**Mission** | **DIAGNOSTIC STRUCTURE POUR MISE EN PLACE D'UNE PRODUCTION SOLAIRE ET PHOTOVOLTAÏQUE**

**Objet** | RAPPORT DE DIAGNOSTIC

**Référence** | 24A011-RD01\_INDØ | Phase | DIAG



MOA

**VET AGRO SUP**  
1 avenue Claude Bourgelat  
69280 MARCY L'ÉTOILE



Indice	Date	Modifications	Rédigé par	Approuvé par
Ø	19/02/2025	Version initiale	B. BEGARD	B. BEGARD
A				
B				
C				
D				
E				

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## Table des matières

<b>1 Présentation .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 MISSION.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 CONTEXTE GEOGRAPHIQUE .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 DONNEES D'ENTREE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 SITUATION DES BATIMENTS CONCERNES PAR LE PROJET ET PAR NOTRE ANALYSE.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Investigations sur site.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 BATIMENT PRINCIPAL – BATIMENT A .....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Analyse historique et documentaire.....	7
2.1.2 Relevés sur site – En intérieur, plancher haut du 1 <sup>er</sup> étage .....	8
2.1.3 Relevés sur site – En extérieur, toiture terrasse .....	11
<b>2.2 BATIMENT HEBERGEMENT – BATIMENT D .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Analyse historique et documentaire.....	14
2.2.2 Relevés sur site – En intérieur, plancher haut du 3 <sup>ème</sup> étage.....	18
2.2.3 Relevés sur site – En extérieur, toiture terrasse .....	21
<b>3 Analyse .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 DONNEES SURCHARGES APPLIQUEES.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 COMPARAISON .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3 CONCLUSION .....</b>	<b>26</b>
<b>Annexe 1 : Description des méthodes utilisées.....</b>	<b>27</b>
<b>A1-1 INVESTIGATIONS SUR SITE.....</b>	<b>28</b>
A1-1.1 Auscultation radar .....	28
A1-1.2 Fig. 5 - Succession de profils ponctuels de variation d'amplitude.....	29
A1-1.3 Fig. 6 - Radargramme 2D équivalent.....	29
A1-1.4 Sondages destructifs - Piquages .....	30

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

# 1 Présentation

## 1.1 Mission

La mission, confiée à X-ECHO, par VET AGRO SUP, consiste à réaliser un diagnostic intégrant un relevé de désordres, un état des lieux des couvertures, une vérification de la capacité portante des structures et, si besoin, la définition des préconisations générales de renforcement/confortement des structures afin de permettre la mise en œuvre de panneaux photovoltaïques en toiture des bâtiments d’hébergement et du bâtiment principal du campus VETAGROSUP LEMPDES.

Cette étude est réalisée conformément au devis 2024D007 comprenant :

- 1) INVESTIGATIONS SUR SITE
- Intervention d'un ingénieur structure
  - Relevé des désordres
  - Auscultation non destructive par méthode radar pour détermination de la nature des matériaux + différentes caractéristiques mesurables (estimation de l’épaisseur, nombre et maillage de nappes d’armatures, sens porteur, ...)
- 2) RAPPORT
- Synthèse des investigations sur site
  - Description des différents désordres observés, y compris schémas de principe (si nécessaire)
  - Avis sur la structure et préconisations sur les travaux (structurels) à réaliser ou sur les études complémentaires à mener

## 1.2 Contexte géographique

Le contexte géographique du bâtiment étudié est le suivant :

Département	63 (Puy-de-Dôme)
Canton (2007 pour Neige et Vent)	Pont-du-Château
Adresse	89 avenue de l'Europe 63370 Lempdes
Altitude	≈ 332 [m]
Région neige	A2 ( $S_k = 0,45 + \Delta S_1 = 0,58 \text{ kN/m}^2$ )
Profondeur Hors Gel	$H = H_0 + (A - 150) / 4000 = 75 \text{ cm}$
Aléas argiles gonflantes	Exposition forte
Zone de sismicité	3 - MODEREE
Catégorie d’importance	III – Etablissement scolaire
Période de construction	1969

Tableau 1 : Caractéristiques du contexte géographique du bâtiment étudié

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Fig. 1 - Localisation de Lempdes (63) avec zonage sismique - Source : Géoportail

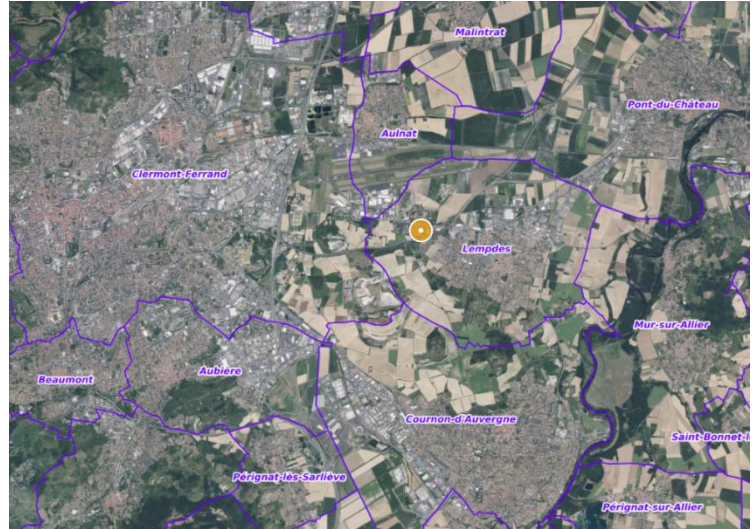


Fig. 2 - Localisation de l'opération - Source : Carte IGN

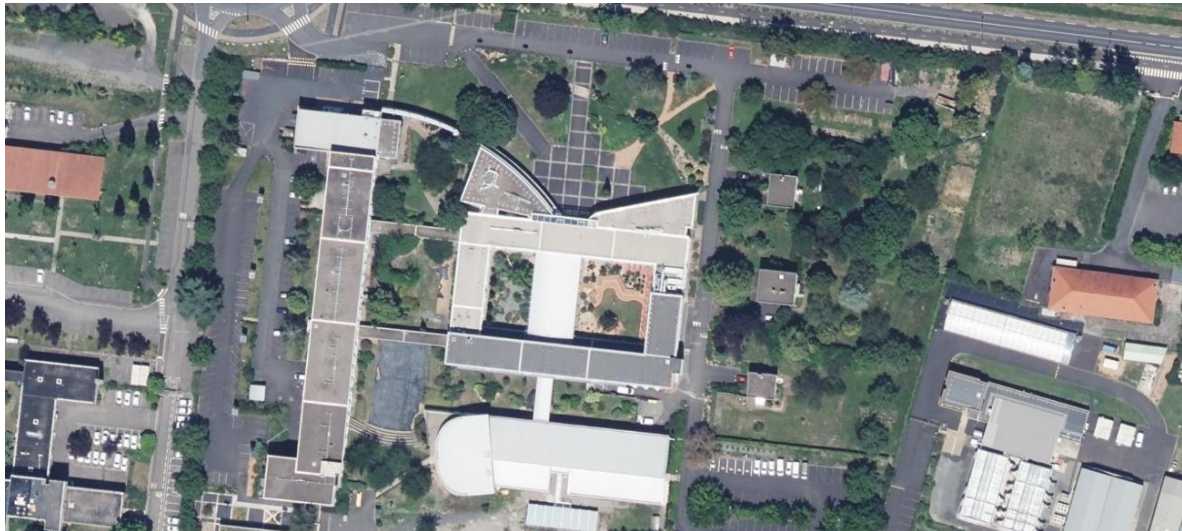


Fig. 3 - Vue satellite cadastrée du projet (parcelle n°000/ZK) - Source : Géoportail

### 1.3 Données d'entrée

Les documents suivants nécessaires à notre étude de structure sont disponibles :

#### Bâtiment A = bâtiment principal

- ✕ Vues en plan des niveaux
- ✕ Données sur les travaux de réfection de couverture en 2016 (travaux réalisés par EQUATION)

#### Bâtiment D = résidence des étudiants

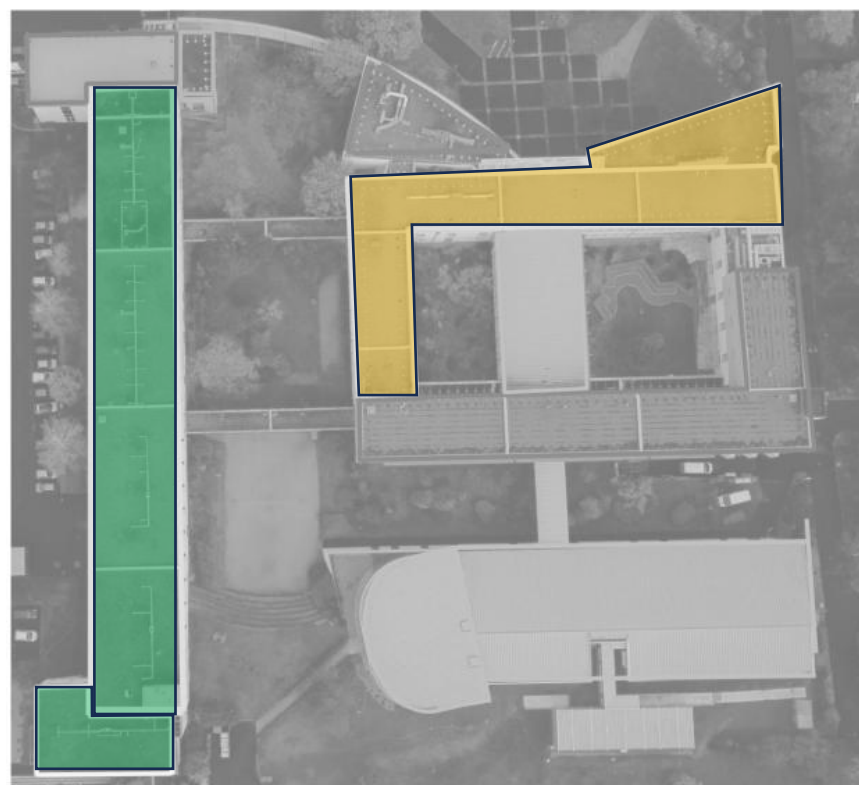
- ✕ Vues en plan des niveaux
- ✕ Données partielles sur les travaux de réfection de couverture en 1997-1999 (travaux réalisés par ITEA et SARNAFIL)



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## 1.4 Situation des bâtiments concernés par le projet et par notre analyse

On utilise ci-dessous le plan issu de l'étude de faisabilité de Planair.





### Surfaces envisagées :

-  Toiture Terrasse gravillonnée (Résidence)
-  Toiture Terrasse gravillonnée (Accueil)

### Toitures non envisagées :

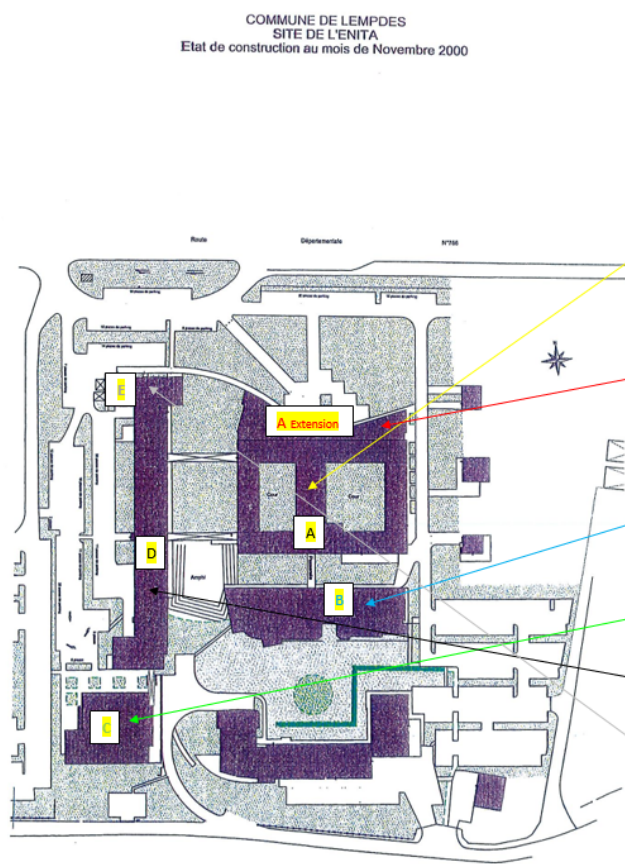
-  Toiture membrane
  - Structure faible
  - Présence d'obstacles
-  Toiture Terrasse gravillonnée
  - Ombrage important
-  Toiture Terrasse gravillonnée (Restaurant)
  - Solaire Thermique
-  Toiture joint debout
  - Structure faible
  - Incompatibilité structurelle

Ce plan illustre la position des toitures étudiées qui sont hachurées.

-  Bâtiment D - Hébergement
-  Bâtiment A – Accueil

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

On insère également ci-dessous le document retraçant l'historique global des étapes de construction des différents bâtiments du site :



#### BAT A (origine) Construction de 1969

Bât articulé autour de 2 cours intérieures  
 RC + 1  
 RC + 2 partiel (Sud + Est)  
 S.Sol partiel  
 ≈ 4800 m<sup>2</sup>  
 Travaux réalisés : réfection + isolation des terrasses (2006)  
 Changement des menuiseries ext (2005/2006)

#### BAT A Extension

Extension Nord RC + 1 (1995)  
 Surélévation bât central N1 (1995)  
 + 860 m<sup>2</sup>  
 Travaux effectués : renforcement partiel de l'isolation (allèges sous ouvrants vitrés.  
 Adjonction laine isolante dans plénum de faux-plafond).

#### BAT B Construction 1996

RC + 1  
 ≈ 1630 m<sup>2</sup>

#### BAT C Restaurant

Construction 1998  
 RC  
 ≈ 850 m<sup>2</sup>

#### BAT D Résidence des Étudiants

Construction 1969  
 Réhabilitation par tranche en 1997, 1998 et 1999.

#### BAT E Espace Colloques ROBERT DARPOUX

Construction 1969  
 Réhabilitation 1995 ET 2009.  
 Travaux à réaliser : Rénovation des terrasses : isolation + étanchéité.

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## 2 Investigations sur site

### 2.1 Bâtiment principal – Bâtiment A

#### 2.1.1 Analyse historique et documentaire

Ce bâtiment a été construit historiquement en 1969 puis a bénéficié d'extensions et d'une surélévation en 1995, date à laquelle ont été mis en œuvre les toitures terrasses en structure béton concernées par le projet d'installation de panneaux PV.

La couverture de ces toitures terrasses a intégralement été refaite en 2016 (810m<sup>2</sup> ce qui correspond). Nous avons pu avoir accès au DOE des travaux réalisés par l'entreprise EQUATION.

(equation)  
Étanchéité Toitures Terrasses

CHANTIER VETAGRO SUP  
TRAVAUX DE REHABILITATION  
THERMIQUE DES BATIMENTS  
LEMPDES (63)

DOSSIER DES OUVRAGES  
EXECUTES

LOT 1 : ETANCHEITE

EQUATION - 72 avenue du Midi, 63800 Cournon d'Auvergne  
Tel : 04.73.87.53.50 Fax 04.73.87.51.43 travaux@etanche.com www.etanche.com www.etanche-pro.com

(equation)  
Étanchéité Toitures Terrasses



On constate sur le plan ci-dessous que l'ensemble des couvertures concernées a bien été repris (terrasses 1 à 6) :

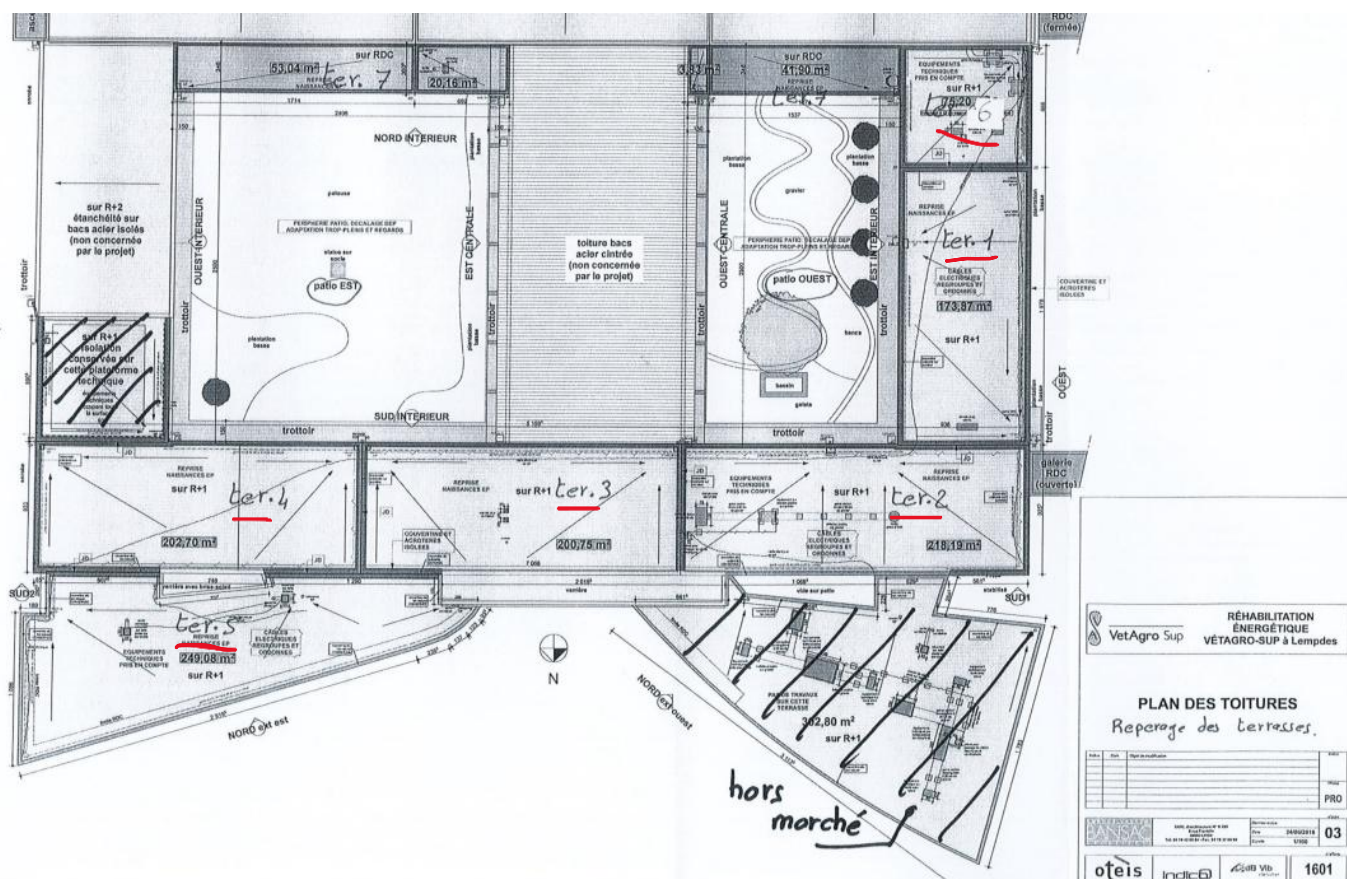


Figure 1 Vue des toitures terrasses concernées par les travaux de réfection des couvertures de 2016



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

Nous pouvons récupérer dans ce dossier la composition théorique des couvertures :

De bas en haut en partie courante :

- ✕ Gravillons : 4cm
- ✕ Etanchéité : Elastophene Flam 180-25
- ✕ Isolant : Mousse polyuréthane 120mm
- ✕ Pare-vapeur
- ✕ Structure béton armé

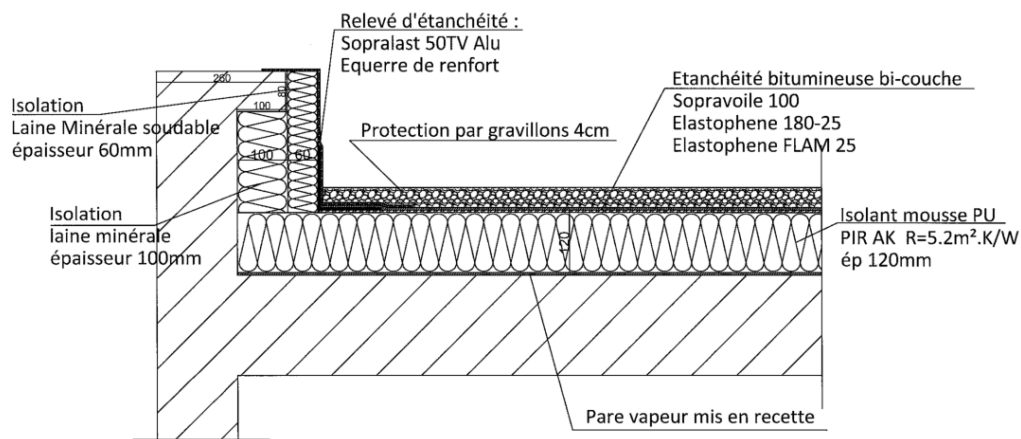


Figure 2 Composition des couvertures (sources DOE EQUATION 16/11/2016)

### 2.1.2 Relevés sur site – En intérieur, plancher haut du 1<sup>er</sup> étage

#### Aile nord principale ancienne

La structure porteuse des toitures terrasses est constituée au plancher haut du R+1 de :

- ✕ dalle poutrelles hourdis, hauteur sous dalle : 2,97m,
- ✕ sens et longueur de portée Nord-Sud sur 8,60m.

Aucun désordre structurel visible n'est recensé.



Figure 3 Vue générale intérieur



Figure 4 Vue du faux-plafond et de la structure béton en poutrelle-hourdis



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Figure 5 Vue de la sous-face de structure béton en poutrelle-hourdis



Figure 6 Vue de la sous-face de structure béton en poutrelle-hourdis

#### Aile plus récente arrondie extrémité nord

La structure porteuse des toitures terrasses est constituée au plancher haut du R+1 de :

- ✕ dalle alvéolaire précontrainte,
- ✕ les dalles sont portées par un réseau de poutres en façade et poutres intérieures en béton armé qui présentent une retombée de 55 à 60 cm,
- ✕ sens de portée principalement Nord-Sud mais certaines sont posées de manière oblique

Aucun désordre structurel visible n'est recensé.



Figure 7 Vue générale intérieur



Figure 8 Vue des poutres béton armé dans les plénums

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Figure 9 Vue du faux-plafond et de la structure béton



Figure 10 Vue des poutres béton armé dans les plénums



Figure 11 Vue des dalles alvéolaires précontraintes dans les plénums



Figure 12 Vue des dalles alvéolaires précontraintes dans les plénums

### Aile ouest principale ancienne

La structure porteuse des toitures terrasses est constituée au plancher haut du R+1 de :

- ✕ dalle poutrelles hourdis comportant un appui intermédiaire sur mur agglos creux
- ✕ Sens et longueur de portée Est-Ouest

Aucun désordre structurel visible n'est recensé.

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Figure 13 Vue générale intérieur



Figure 14 Vue générale intérieur



Figure 15 Vue du faux-plafond et de la structure béton

### 2.1.3 Relevés sur site – En extérieur, toiture terrasse

La couverture des toitures terrasses relevées est constituée de :

- Isolant : ferme au contact
- Étanchéité : récente, de 2016, état apparent correct
- Gravillons : taille moyenne Dmax= 2-3cm, épaisseur 5cm

Ces dispositions correspondent aux plans DOE récupérés.



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Figure 16 Vue générale toiture terrasse



Figure 17 Vue générale toiture terrasse



Figure 18 Vue du joint de dilatation en partie supérieure (relevé d'étanchéité), comportement et disposition conforme



Figure 19 Vue de détail et mesure de l'épaisseur des gravillons



Figure 20 Vue locale de l'étanchéité





Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



Figure 21 Les évacuations d'eaux pluviales ne sont ni bouchées ni altérées sauf certaines qui nécessitent un entretien.



Figure 22 Présence de garde-corps auto lestés sur chacune des toitures terrasses



Figure 23 Nécessité d'entretien pour enlever la végétation qui commence à s'accumuler dans l'angle à cause de l'arbre qui devra être taillé

Hormis les constats de nécessité d’entretien courant, aucun désordre structurel visible n'est recensé.

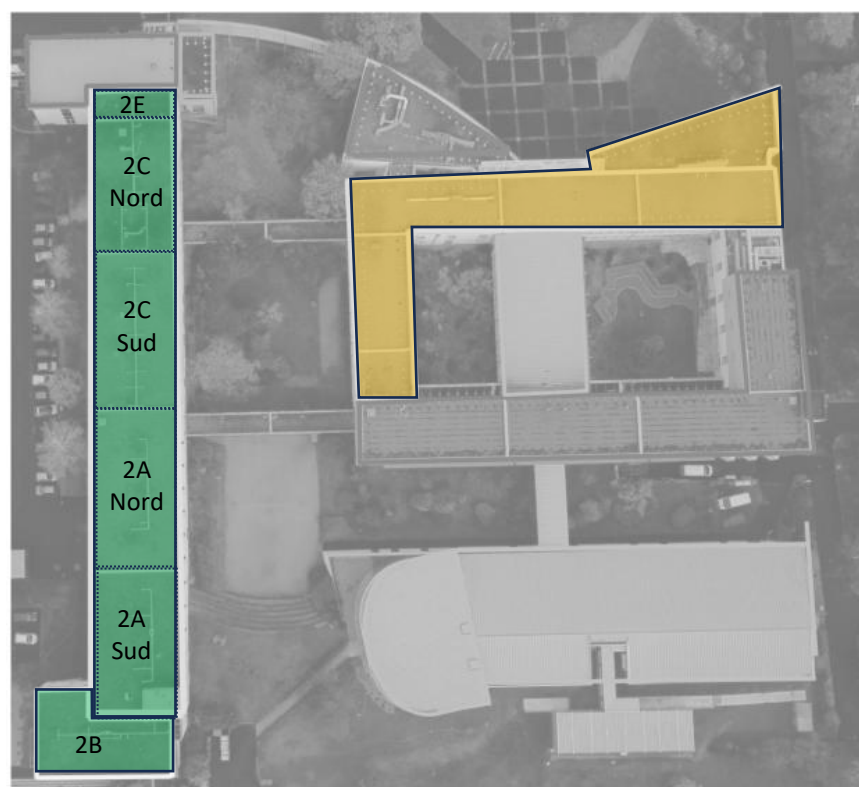
Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## 2.2 Bâtiment hébergement – Bâtiment D

### 2.2.1 Analyse historique et documentaire



On indique ci-dessous la répartition des zones issue des différentes phases de travaux de réfection de l'étanchéité (cf. explication ci-après). Les différentes zones, notées 2A, 2B, 2C et 2E sont des blocs structurels indépendants séparés par des joints de dilatation.



#### Surfaces envisagées :

-  Toiture Terrasse gravillonnée (Résidence)
-  Toiture Terrasse gravillonnée (Accueil)

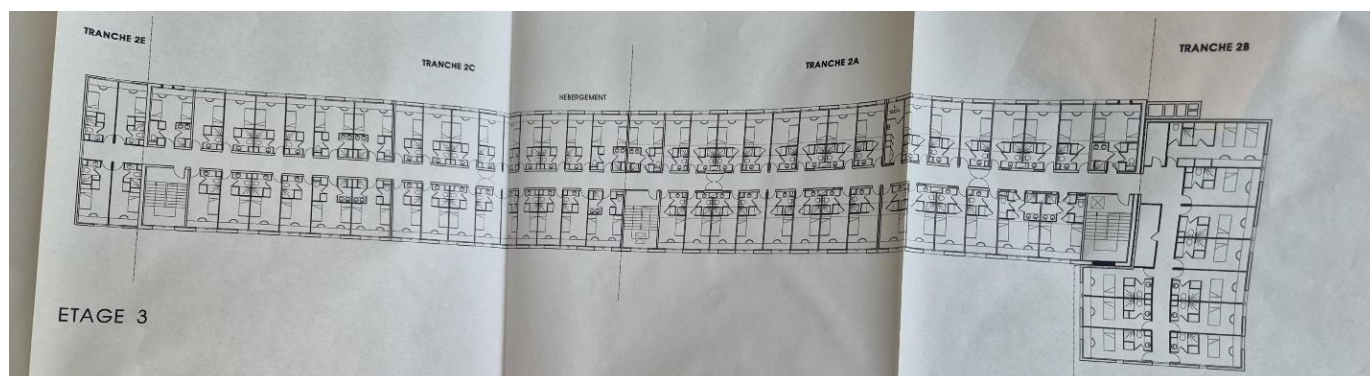
#### Toitures non envisagées :

-  Toiture membrane
  - Structure faible
  - Présence d'obstacles
-  Toiture Terrasse gravillonnée
  - Ombrage important
-  Toiture Terrasse gravillonnée (Restaurant)
  - Solaire Thermique
-  Toiture joint debout
  - Structure faible
  - Incompatibilité structurelle

Figure 24 Position des différentes zones du bâtiment hébergement



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



*Figure 25 Extrait de plan datant de la réfection des couvertures de ce bâtiment d'hébergement*

Ce bâtiment a été construit historiquement en 1969 dans la forme actuelle. Il a ensuite été réhabilité bénéficiant de la réfection des couvertures en plusieurs phases aux alentours de 1997-1998-1999.

D'après les informations en notre possession, les couvertures n'ont pas fait l'objet de travaux depuis cette époque (25ans).

Nous avons pu avoir accès au DOE des travaux réalisés par l'entreprise SNEI et ITEA. Ces travaux sont donc décomposés en lots ou phases.

Nous pouvons récupérer dans ce dossier des informations partielles concernant la composition théorique des couvertures :

De bas en haut en partie courante :

- ✕ Gravrllons : 4 à 6cm
- ✕ Etanchéité : bitumineuse Sarnafil G442
- ✕ Isolant : Laine de roche 110mm
- ✕ Etanchéité initiale bitumineuse conservée
- ✕ Uniquement zone 2A : ancien isolant 150mm environ (nature inconnue)
- ✕ Structure béton armé (poutrelles hourdis)

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

ACCUEIL DES ETUDIANTS DE  
L'ENIT A  
HEBERGEMENT ET  
RESTAURATION  
MARMILHAT - 63 370 LEMPDES

**ENITA**  
Ecole Nationale d'Ingenieurs  
Travaux Agricoles

MAITRE D'OUVRAGE  
**E N I T A**  
ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS  
TRAVAUX AGRICOLES  
MARMILHAT - 63 370 LEMPDES

**SCIC**

MANDATAIRE DU MAITRE D'OUVRAGE  
**SCIC AMO**  
3, Rue Pierre Besset  
63 000 CLERMONT - FERRAND  
Le 27/06/97  
TRANCHE 2A PROJET

Lot 2	ETANCHEITE MEMBRANE P.V.C	Ech: 1/100 1/10*
-------	------------------------------	------------------------

ENTREPRISE: SNEI  
BP 38 rue pierre Boulanger  
63370 LEMPDES ZI  
Tel: 04 73 61 89 46 Fax: 96 43

**TERRASSE  
VUE EN PLAN COUPES  
DETAILS**  
Indice 0 N°1290/01

**LÉAUD - RAMBOURDIN - RIVOIRE  
ARCHITECTES**  
21, Boulevard Berthelot - 63 400 CHAMALIERES  
Tel: 04 73 37 55 09 Fax: 04 73 31 39 09

**TECHNIP TPS PEYRARD**  
B.E.T. STRUCTURES ET FLUIDES  
8, 8, Rue Saint Nestor - 69 376 LYON CEDEX 08  
Tel: 04 78 76 58 58 Fax: 04 78 01 79 06

**Y. LEVADOUX**  
ECONOMISTE DE LA CONSTRUCTION  
Rue de la Piscine - 63 140 CHATEL-GUYON  
Tel: 04 73 86 04 52 Fax: 04 73 86 19 05

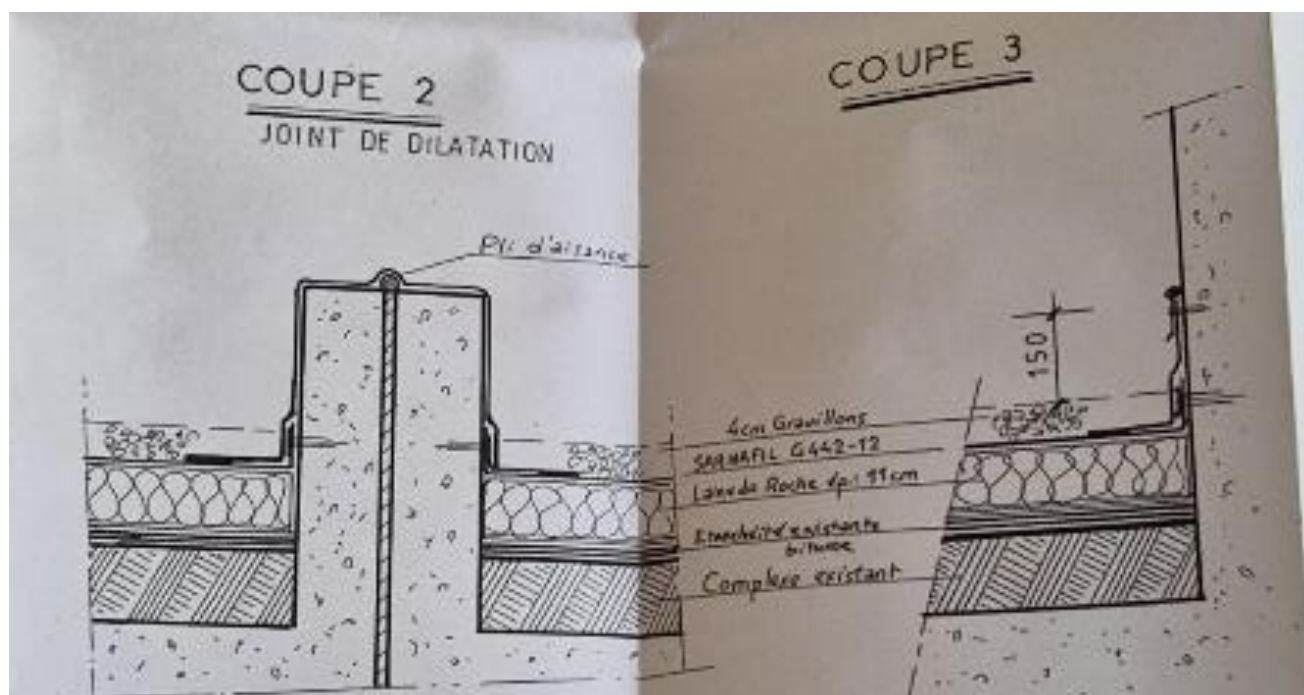
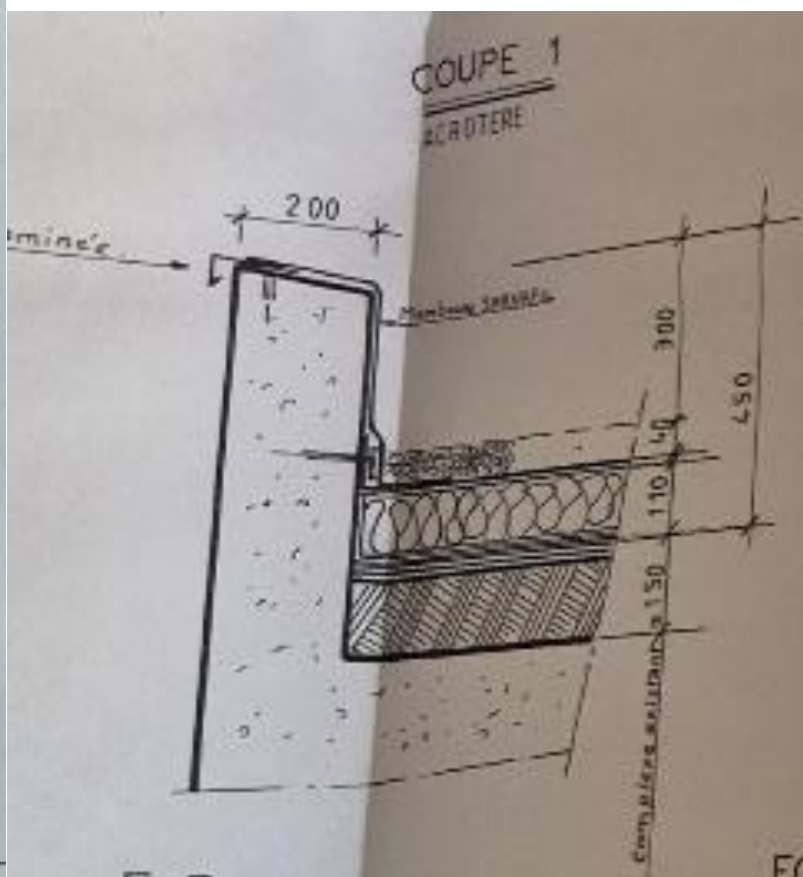


Figure 26 Composition des couvertures zone 2A (source SNEI 1997)

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

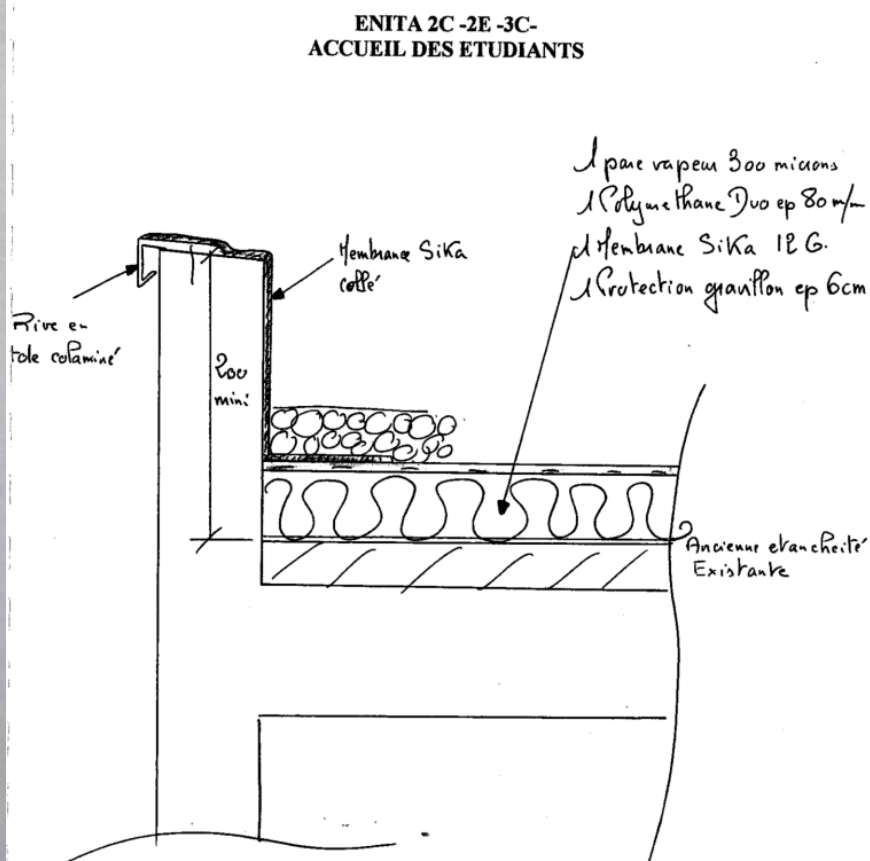
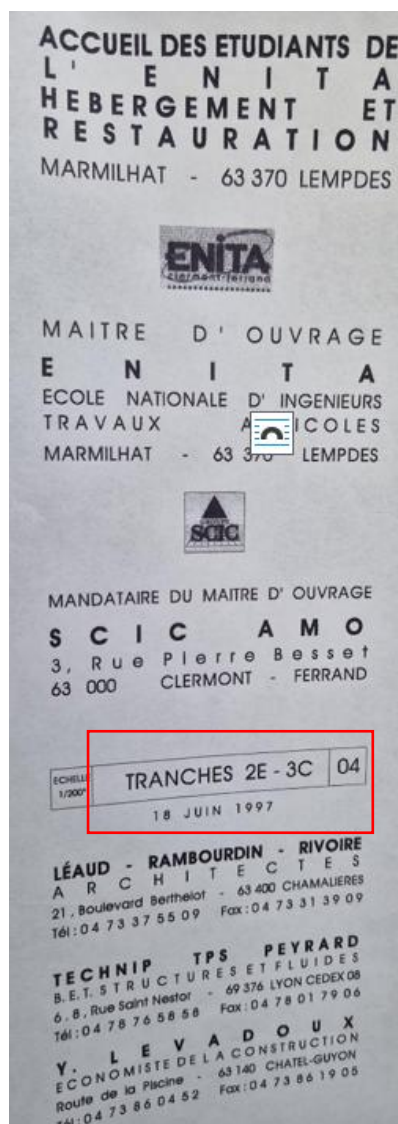


Figure 27 Composition des couvertures zone 2C-2E (source ITEA 1997)



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

ENITA A MARMILHAT.  
HEBERGEMENT ET RESTAURATION.

- HEBERGEMENT -

HAUT DU NIVEAU 3

COFFRAGE

A 30/04/2010 (sur un 1000) (copie A.A.)  
IND DATE MODIFICATIONS

ENTREPRISE BATICENTRE ARCHITECTE LEAUD-BANDOURDIN - RIVORE

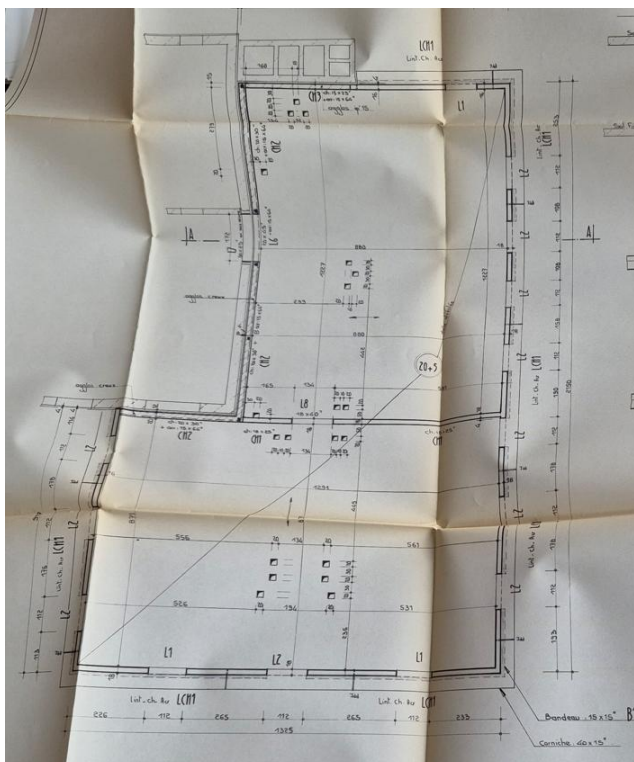
BUREAU DE CONTRÔLE SACOTEC

BUREAU D'ETUDES **SE.CO.BA.**  
3, Rue de Courpière  
63000 CLERMONT-FERRAND  
TEL : 04 73 91 25 40 Fax : 04 73 90 72 07

N° AFFAIRE 97158

N° PLAN 15 INDICE A

DESIGNATEUR D.C. ECHELLE DATE 24/04/2010



SURCHARGES

— SU	=	150 kg/m <sup>2</sup>
— Protection	=	110 kg/m <sup>2</sup>
— Etanchéité	=	10 kg/m <sup>2</sup>
		<u>270 kg/m<sup>2</sup></u>

Figure 28 Charges prises en compte en PH R+3 zone 2B (source SECOBA)

### 2.2.2 Relevés sur site – En intérieur, plancher haut du 3<sup>ème</sup> étage

Le bâtiment est constitué de 6 blocs séparés par des joints de dilatation.

Pour rappel, les blocs sont nommés de la même manière que les tranches de travaux qui les concernent dont nous avons retrouvé les documents à savoir du nord au sud : 2E, 2C Nord, 2C sud, 2A Nord, 2A Sud, 2B.

On se reportera au plan pour mieux situer chacune de ces zones. Le plan ci-après fait apparaître les chambres et pièces dans lesquelles nous nous sommes entrés afin de réaliser notre échantillonnage représentatif de visite.

#### Structure

Les 4 blocs principaux du centre (2C Nord, 2C sud, 2A Nord, 2A Sud) sont tous constitués de la même manière : un couloir central est séparé des chambres par des voiles en bloc de béton creux (agglomérat creux).

Ces voiles portent une dalle béton armé située au-dessus du couloir et des planchers en poutrelles hourdis béton de part et d'autre du couloir au-dessus des chambres d'étudiants.

Sur la zone 2E, il s'agit également de poutrelles hourdis qui portent dans l'autre direction.

Sur la zone 2B qui est plus récente, construite en 1999, on constate la présence d'une dalle alvéolaire précontrainte 20+5. La dalle comprend 2 zones qui portent dans des directions orthogonales (cf. plans d'exé SECOBA)

#### Désordres

Nous ne constatons aucun désordre structurel visible dans les pièces inspectées.

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

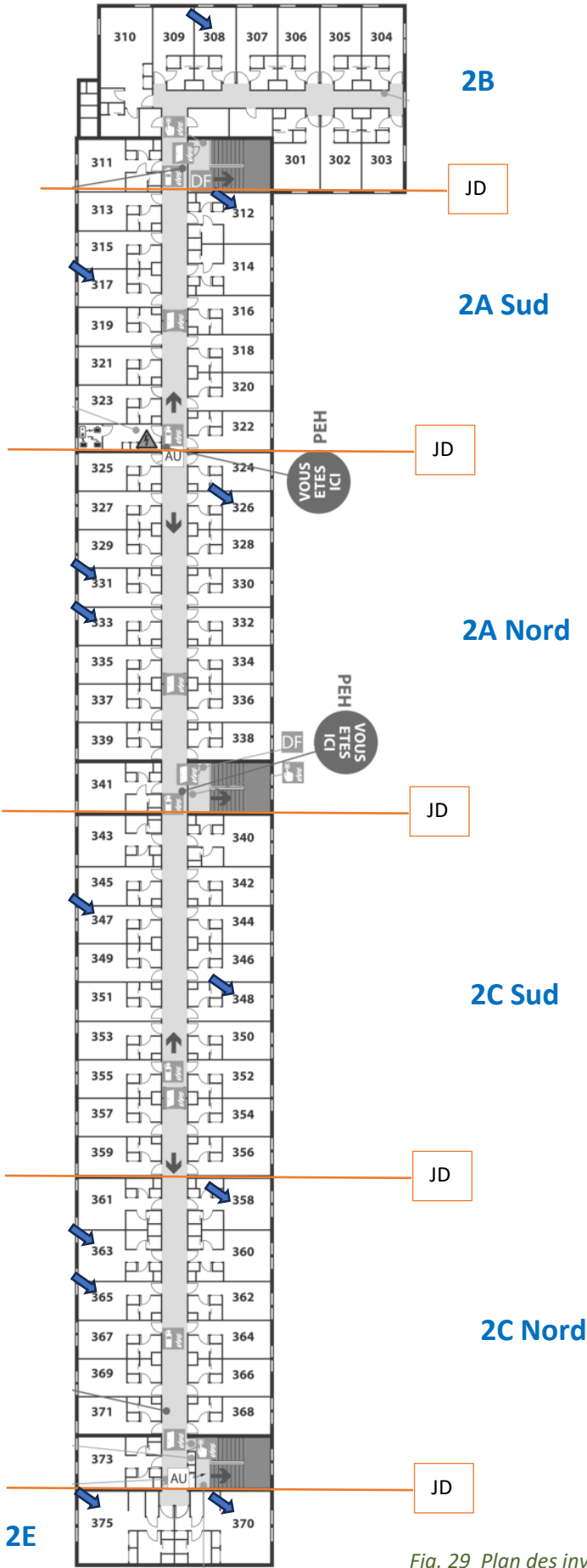


Fig. 29 Plan des investigations

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



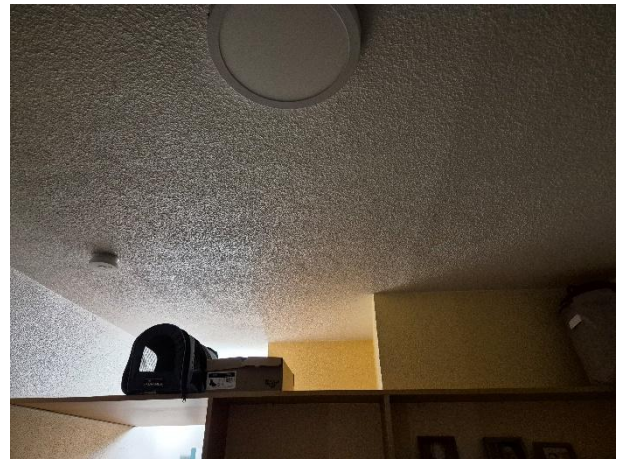
*Fig. 30 - Vue générale couloir*



*Fig. 31 - Vue générale couloir*



*Fig. 32 - Vue plénum couloir*



*Fig. 33 - Vue plafond de chambre standard, on distingue le spectre des poutrelles derrière le crépi*



*Fig. 34 - Vue plafond de chambre standard*



*Fig. 35 - Vue plafond de chambre*



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

### 2.2.3 Relevés sur site – En extérieur, toiture terrasse

#### 2A SUD

La couverture des toitures terrasses relevées est constituée de :

- Isolant : L'isolant semble plutôt souple à tendance mou sur cette partie du bâtiment il est fatigué, probablement hors d'usage. Cette zone correspond à la coupe 1 sur laquelle nous voyons que l'ancienne étanchéité avait été conservée avant la réfection de 1997-1999. La souplesse peut venir de l'une ou l'autre ou des deux couches d'isolant qui est/sont mal conservée(s).
- Étanchéité : L'étanchéité ne semble pas altérée malgré son âge (aucune venue d'eau en partie inférieure et pas de dégradation visible en partie supérieure) ce qui ne présage pas de son état réel et de sa capacité à tenir dans le temps (>25ans d'usage).
- Protection : Epaisseur de gravier importante 8 à 9 cm en moyenne et taille des graviers conséquente 4 à 5cm Dmax, sur 2ASud.



Fig. 36 – Vue de détail des gravillons 2ASud



Fig. 37 - Vue de l'épaisseur conséquente de gravillons



Fig. 38 – Illustration de la taille moyenne des gravillons 2ASud

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## 2A NORD

La couverture des toitures terrasses relevées est constituée de :

- Isolant : De même impression d'isolant très souple comme pour 2A Sud
- Etanchéité : Etanchéité en relatif bon état pour son âge. (Elle sera toutefois à remplacer pour le projet).
- Protection : Protection en petits gravillons taille 1cm épaisseur 4-5cm



Fig. 39 – Illustration de la taille moyenne des gravillons 2ANord

## 2C et 2E

- Isolant : Moins d'inquiétude sur l'isolant dans cette zone mais son âge avancé reste un paramètre important.
- Etanchéité : Etanchéité en relatif bon état pour son âge. (Elle sera toutefois à remplacer pour le projet).
- Protection :
  - 2C sud : Protection en petits gravillons taille 1cm épaisseur 4-5cm
  - 2C nord et 2E : Protection en gros gravillons taille 2-3cm épaisseur 4-5cm



Fig. 40 - Vue de l'épaisseur de protection en gravillons

## 2B

- Isolant : Moins d'inquiétude sur l'isolant mais son âge avance 30ans presque, reste un paramètre important.
- Etanchéité : étanchéité en relatif bon état pour son âge. (A remplacer pour projet).
- Protection : Protection en gros gravillons dmax 3 a 4cm épaisseur 5-6cm



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG



*Fig. 41 - Vue en surface zone 2B*

#### Désordres :

On constate quelques altérations locales sur les relevés d'étanchéité : le paxalu est partiellement altéré.



*Fig. 42 et 43 - Vue en relevé d'étanchéité paxalu localement altéré*



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

#### Autres constats

L'évacuation des eaux semble se faire de manière relativement correcte. Nous ne constatons pas de stagnation. Nous constatons toutefois la présence de mousse par endroits.

Nota : on ne constate pas de présence de surcharge importante en toiture hormis les conduites d'air.



Fig. 44 - Vue d'apparition de mousse à proximité des exutoires



Fig. 45 et 46 – Constat de présence de mousse non généralisé

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## 3 Analyse

### 3.1 Données surcharges appliquées

Le projet d'installation PV impose les charges supplémentaires suivantes à disposer en couverture (donnée Planair) :

« Sur le bâtiment principal (A), les lests sont très légers :

- ✗ Ponctuellement sur le dôme Est/Ouest de module le plus lourd on sera à environ 19 kg/m<sup>2</sup> (modules + système lesté) ;
- ✗ Sur l'ensemble des toitures de cette zone, on sera en moyenne à environ 12 kg/m<sup>2</sup> (modules + système lesté).

Sur le bâtiment hébergement, les lests sont plus importants du fait de la hauteur du bâtiment et car les blocs de modules sont moins compacts.

- ✗ Ponctuellement sur le dôme Est/Ouest de module le plus lourd on sera à environ 32 kg/m<sup>2</sup> (modules + lest) ;
- ✗ Sur l'ensemble des toitures de cette zone, on sera en moyenne à environ 21 kg/m<sup>2</sup> (modules + lest). »

Planair indique également que ces données sont à arrondir à quelques kilogrammes supérieurs.

On retient qu'au global, les structures seront sollicitées avec une charge répartie valant environ 15 kg/m<sup>2</sup> sur le bâtiment principal (A) et 25kg/m<sup>2</sup> sur le bâtiment d'hébergement (D).

### 3.2 Comparaison

On compare les charges de projet avec les charges existantes.

	Bâtiment A (bâtiment principal) Zone DAP	Bâtiment A (bâtiment principal) – Zone poutrelles hourdis	Bâtiment D Hébergement – Zone poutrelles hourdis (2A, 2C)	Bâtiment D Hébergement – Zone DAP (2B, 2E)
<b>G<sub>pp</sub> : Plancher structurel courant</b>	G <sub>pp</sub> = Dalle alvéolaire précontrainte sur poutres BA : minimum 300 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>pp</sub> = Plancher poutrelles hourdis : minimum 250 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>pp</sub> = plancher poutrelles hourdis : minimum 250 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>pp</sub> = Dalle alvéolaire précontrainte sur poutres BA – min 300 kg/m <sup>2</sup>
<b>G<sub>sp</sub> : Surcharges permanentes actuelles</b>	G <sub>sp</sub> = Isolant + étanchéité + gravillons 5cm = 15+125 = 140 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp</sub> = Isolant + étanchéité + gravillons 5cm = 15+125 = 140 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp</sub> = Isolant + étanchéité + gravillons 4cm = 20+100 = 125 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp</sub> = Isolant + étanchéité + gravillons 4cm = 20+100 = 125 kg/m <sup>2</sup>
<b>Max [Charge de neige normale S<sub>n</sub> OU charge d'exploitation de toiture terrasse non accessible hors opérations d'entretien]</b>	Q = 100kg/m <sup>2</sup> (>S <sub>n</sub> )	Q = 100kg/m <sup>2</sup> (>S <sub>n</sub> )	Q = 100kg/m <sup>2</sup> (>S <sub>n</sub> )	Q = 100kg/m <sup>2</sup> (>S <sub>n</sub> )
<b>Σ1,ELS = [G<sub>pp</sub>+G<sub>sp</sub>+ Q]</b>	<b>540 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>490 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>475 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>525 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>G<sub>sp'</sub> : Surcharges permanentes supplémentaires projet</b>	G <sub>sp'</sub> = +15 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp'</sub> = +15 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp'</sub> = +25 kg/m <sup>2</sup>	G <sub>sp'</sub> = +25 kg/m <sup>2</sup>
<b>Σ2,ELS = [G<sub>pp</sub>+G<sub>sp</sub>+G<sub>sp'</sub>+Q]</b>	<b>555 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>505 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>500 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>550 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Comparaison Σ2 / Σ1 (effectuée aux ELS)</b>	<b>102.8%</b> (augmentation des charges de l'ordre de +2.8%)	<b>103.1%</b> (augmentation des charges de l'ordre de +3.1%)	<b>105.3%</b> (augmentation des charges de l'ordre de +5.3%)	<b>104.8%</b> (augmentation des charges de l'ordre de +4.8%)



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

	Bâtiment A (bâtiment principal) Zone DAP	Bâtiment A (bâtiment principal) – Zone poutrelles hourdis	Bâtiment D Hébergement – Zone poutrelles hourdis (2A, 2C)	Bâtiment D Hébergement – Zone DAP (2B, 2E)
Synthèse	L'augmentation des charges n'est pas de nature à remettre en question la stabilité des structures qui ne comportent pas de désordre notable actuellement			

Nota : On n'effectue pas la comparaison avec la charge de neige accidentelle, méthode qui ne nous paraît pas appropriée.

Nota 2 : Pour la zone DAP (2B) du bâtiment D, l'information issue des plans de coffrage peut faire foi. La charge disponible est de 150kg/m<sup>2</sup>. Cette charge peut être décomposée en 50kg/m<sup>2</sup> de surcharges permanentes supplémentaires et 100kg/m<sup>2</sup> de charges d'exploitation de toiture non accessible hors opération d'entretien.

### 3.3 Conclusion

#### Structures

Au regard :

- ✕ des compositions de structure (planchers béton en poutrelles hourdis béton ou dalles alvéolées précontraintes)
- ✕ de l'état global très satisfaisant des structures en sous-face (pas de désordre notable)
- ✕ des constats réalisés en surface (pas de désordre important)
- ✕ de la comparaison de charges avant/après mise en œuvre du projet (+5% max d'augmentation des sollicitations)

la mise en œuvre de panneaux photovoltaïques sur les toitures étudiées n'est pas de nature à remettre en cause la capacité portantes des planchers hauts supports de toitures terrasses. → Pas de travaux de structure à prévoir.

#### Couvertures

Etant donné l'aspect récent des réfections des couvertures du bâtiment A (2016) et des données disponibles concernant les matériaux en place, il apparaît possible de conserver la couverture en place (isolant + étanchéité + gravillons).

Pour le bâtiment D d'hébergement, l'isolant et l'étanchéité sont fonctionnels mais vétustes (> 25ans). De plus, on constate certaines zones comportant une souplesse étonnante sous circulation à pied ce qui indique que l'isolant est vraisemblablement dégradé. On constate également d'après les coupes de travaux que la couverture refaite en 1997-1999 a vraisemblablement été mise en œuvre en maintenant les anciennes couches d'étanchéité et isolant qui sont certainement dégradées. Il conviendra donc en revanche pour ce bâtiment D de reprendre l'ensemble des complexes en surface de toiture.

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## Annexe 1 : Description des méthodes utilisées

(27 pages)



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

## A1-1 Investigations sur site

### A1-1.1 Auscultation radar

L'auscultation radar est une technique dite de Contrôle Non Destructive (CND), qui permet de caractériser et/ou d'évaluer l'état de la plupart des matériaux, sans dégrader les complexes concernés. En fonction de l'appareil utilisé, cette étude peut être menée sur des profondeurs allant du centimètre à plusieurs mètres.

Le principe de cette méthode repose sur l'impulsion d'une onde électromagnétique de courte durée (S) appliquée par une antenne émettrice (E) au complexe étudié. En se propageant, l'onde s'atténue et est modifiée à chaque interface entre deux milieux présentant des caractéristiques (paramètres électromagnétiques) différentes, où une partie est réfléchie et une partie réfractée. Les parties réfléchies sont alors captées par l'antenne réceptrice (R) qui permet d'établir un profil des échos en fonction des variations du champ électrique et du temps double (temps mis par l'onde pour faire l'aller-retour) en nanoseconde.

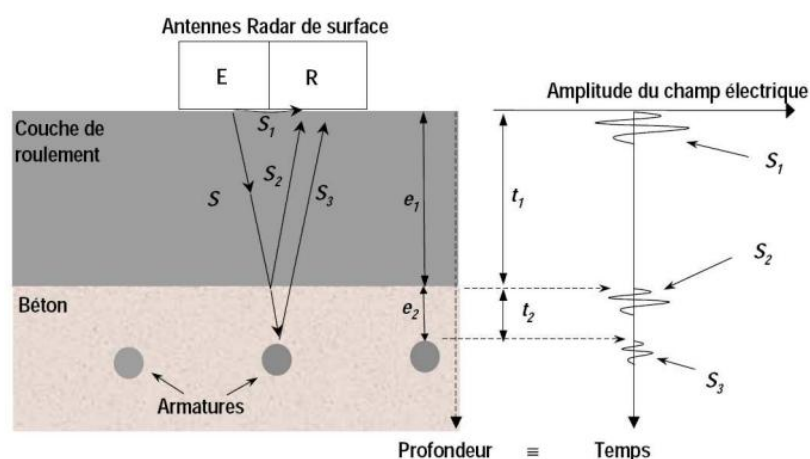


Fig. 4 - Principe de propagation d'une onde et de l'obtention d'un profil des échos

La fréquence des ondes utilisée définit les limites d'investigation en profondeur et en précision :

- ✗ De 10 [MHz] à 1 [GHz] : de 1 à plusieurs mètres (hétérogénéités visibles : 8 [cm] à 1 [m] et 74 [cm] à 4 [m] pour du métal - 30 [cm] à 1 [m] et 90 [cm] à 4 [m] pour du béton ou du PVC). Ces fréquences sont utilisées principalement dans des contextes géologiques/géotechniques (épaisseurs de couches, localisation de caves, réseaux, ...),
- ✗ De 1,5 [GHz] à 3 [GHz] : jusqu'à 0,50 [m] (plus la fréquence est élevée, plus le signal est précis à faible profondeur - hétérogénéités visibles : quelques millimètres à partir de 1 à 2 [cm]). Ces fréquences sont utilisées principalement pour des problématiques structurelles (reconnaissance de principe de ferrailage, localisation d'hétérogénéité ponctuelles dans des murs maçonnés, ...).

La vitesse de propagation et l'amplitude du signal obtenue dépendent de deux facteurs :

- ✗ La permittivité relative (constante diélectrique) : caractérise les propriétés de réponse d'un milieu donné à un champ électromagnétique appliqué. Plus la permittivité relative est élevée plus la vitesse de l'onde diminue,
- ✗ La conductivité électrique : caractérise l'aptitude d'un matériau à diffuser les charges électriques. Plus un milieu est conducteur, plus la diffusion de l'énergie est importante et donc une atténuation rapide du signal.

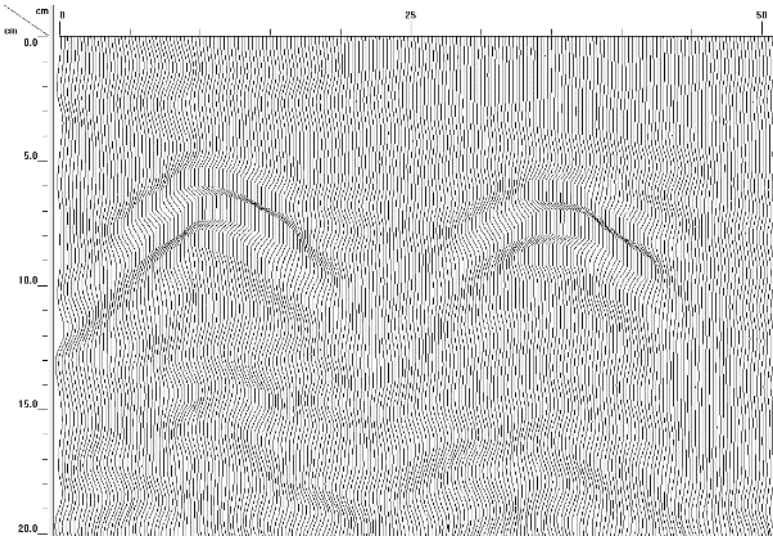
Matériau	Constante diélectrique
Air/Vide	1
Bois sec	2-7
Bois humide	10-30
PVC/PEHD	3
Polystyrène	3
Asphalte	3-5
Caoutchouc	2-4
Béton	4 (sec)-12(saturé)

Matériau	Constante diélectrique
Sol « moyen »	8-25
Granit	4-7
Grès	6
Marnes	12-20
Argiles	18-40
Eau	81
Métaux	+∞

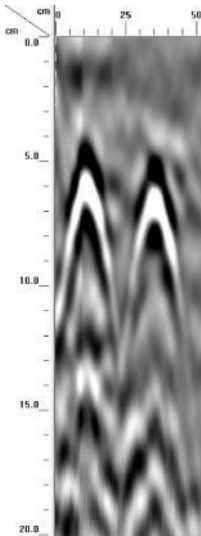
Tableau 2 : Exemples de valeurs de constante diélectrique en fonction de matériaux courants

Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

Un radargramme 2D est construit à l’aide d’une succession de profils ponctuels où les variations d’amplitude sont traduites par une échelle colorimétrique adaptée, la précision de l’analyse dépendant également de la distance entre les profils (en structure : 4 [U./cm] pour une densité moyenne et 8 [U./cm] pour une densité élevée). Le temps de réponse est quant à lui transformé en profondeur en fonction de la vitesse de propagation de l’onde et donc de la constante diélectrique du milieu traversé.



A1-1.2 Fig. 5 - Succession de profils ponctuels de variation d’amplitude



A1-1.3 Fig. 6 - Radargramme 2D équivalent



Fig. 7 - Échelle de couleur utilisée

La constante diélectrique peut être déterminée de deux façons :

- ✗ Étalonnage avec un sondage destructif,
- ✗ Estimation en fonction de la courbure des hyperboles des hétérogénéités.

En fonction de l’hétérogénéité, le signal est différent :

- ✗ Hyperbolique pour une hétérogénéité localisée (vide ponctuel, armature transversale, ...),
- ✗ Linéaire pour une hétérogénéité continue (couche, armature longitudinale, ...).

Une cartographie 3D est une interpolation linéaire de radargrammes 2D réalisés dans deux directions et suivant un maillage prédéterminé en fonction de la précision recherchée (taille minimale des hétérogénéités à mettre en évidence par exemple).

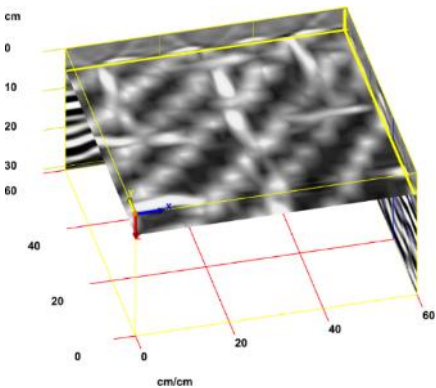


Fig. 8 - Exemple d’une cartographie 3D correspondant à une tranche d’une épaisseur de 2,5 [cm] à une profondeur précise

Il est à préciser qu’en fonction des éléments recherchés, des sondages destructifs sont à réaliser en parallèle. En effet, certaines caractéristiques comme le diamètre, l’état de conservation ou le type d’armatures ne peuvent être déterminées de façon non destructive.



Opération	Campus agronomique de VetAgro Sup - LEMPDES (63)		
Mission	Diagnostic structure pour mise en place d'une production solaire et photovoltaïque	Référence	24A011-RD01_IndØ
Objet	Rapport de diagnostic	Phase	DIAG

Le matériel utilisé par X-ECHO pour la présente étude est un radar géophysique de type StructureScan LXT de chez GSSI spécialisé pour l'étude structure (antenne de 2,7 [GHz]). Il permet dans un béton relativement homogène et suivant la densité d'armatures, une étude allant jusqu'à 40 [cm] de profondeur.



Fig. 9 - StructureScan LXT - GSSI

#### A1-1.4 Sondages destructifs - Piquages

C'est une méthode qui consiste à dégager de façon destructive une fenêtre pour permettre une observation directe d'un élément particulier (observation d'armatures : nombre, diamètre, état ; détermination du type de matériau, ...) mais aussi de réaliser certains essais (mesure d'épaisseur de béton carbonaté, branchement d'électrode pour potentiels de corrosion, étalonnage pour analyse radar, ...).



Fig. 10 - Exemple d'un sondage destructif réalisé au droit d'une poutrelle avec observation du ferrailage et mesure d'épaisseur de béton carbonaté