



Garrigues 2030

Volet Performance Energétique

CENTRE RÉFÉRENT EN PERFORMANCE ÉNERGETIQUE (CRPE)

Rédacteurs :

ICT BERVAS Mathieu

ITPE EL OUARZAZ Yasmine

Validé par :

IDTPE LABRY Delphine

IG2 MASSOT Jacques

Table des matières

Préambule	2
<i>Sources des données</i>	2
<i>Incertitudes et hypothèses</i>	2
1. Situation actuelle : analyse bâtiminaire et énergétique	4
1.1 Information diverses sur le site	4
1.2 Nombre de bâtiments et surfaces	5
1.3 Typologie des bâtiments	6
1.4 Age et état des bâtiments	7
1.5 Ages et performances des équipements techniques	8
1.6 Travaux récents, en cours, ou à venir	10
1.7 Mix énergétique	11
1.8 Consommations énergétiques	12
1.9 Émissions équivalentes carbone	17
1.10 Potentiel en énergie renouvelable	18
2. Garrigues 2030 : Contraintes et opportunités	19
2.1 Les réglementations applicables	19
2.1.1 Stratégie Ministérielle pour la Performance Energétique	19
2.1.2 Décret BACS (Building Automation Control System)	20
2.1.3 Décret tertiaire	20
2.1.4 RE2020	21
2.1.5 Autoconsommation photovoltaïque	22
2.2 Installations énergétiques du programme Garrigues 2030 : potentiel et contraintes	22
2.2.1 La production de chaleur	23
2.2.2 Le recours aux énergies renouvelables et au stockage	26
2.2.3 Confort d'été	27
3. Scénario retenu	29
3.1 Constructions et rénovations	29
3.2 Systèmes énergétiques	30
3.3 La mise en place d'un système de pilotage centralisé	31
3.4 Points de vigilance	31
Table des figures	33
Table des tableaux	34

Préambule

Par courriel électronique, le 03/02/21, il a été demandé au CRPE d'assister la SDO Sud pour prendre en compte le volet « performance énergétique » du schéma directeur immobilier en cours de construction et relatif au projet Garrigues 2030. En effet, l'emprise est au cœur d'un important projet d'extension afin de recevoir la zone technique du 4RMAT. La montée en puissance et la densification de cette emprise apparaissent comme autant d'opportunités pour décliner la Stratégie Ministérielle de Performance Énergétique (SMPE) et s'inscrire dans la trajectoire de décarbonation totale du patrimoine à l'horizon 2050.

Sources des données

Les données présentées dans cette analyse sont issues de diverses sources :

- G2D,
- PV CMEL de BdD et de site,
- SIMEO,
- Informations transmises par la SDO Sud et l'USID.

Incertitudes et hypothèses

- **Prise en compte des effets climatiques :**

Les données de consommation et de dépenses énergétiques (hors électricité) ont été corrigées pour être ramenées à une situation climatique de référence.

Cette correction est effectuée à l'aide des données suivantes (station météo de Nîmes, DJU base 18°C) :

- DJU saison de chauffe mensuels réels de l'année considérée,
- DJU saison de chauffe annuels réels de l'année considérée,
- DJU saison de chauffe mensuels moyens calculés sur les 5 dernières années,
- DJU saison de chauffe annuels moyens calculés sur les 5 dernières années.

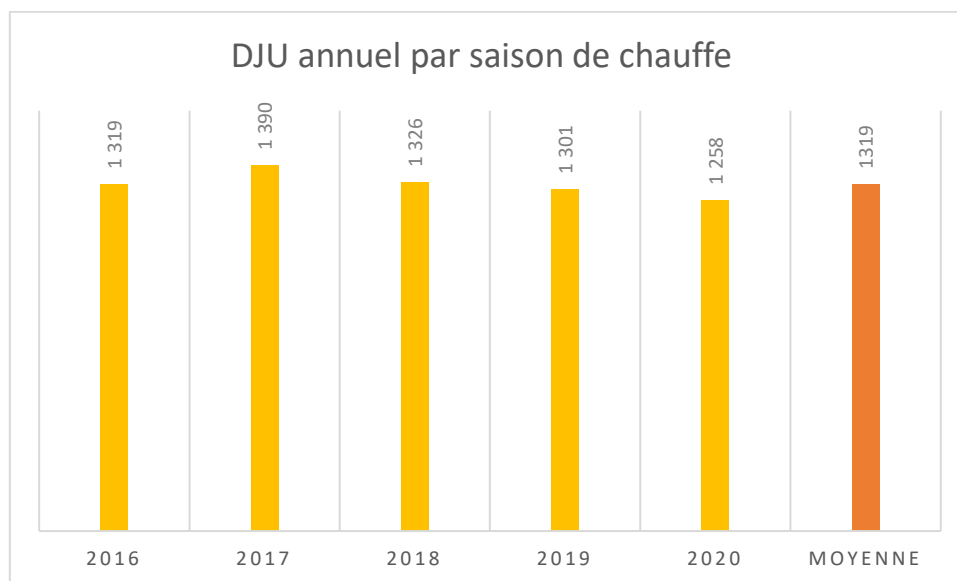


Figure 1 : Évolution des DJU de saison de chauffe et valeur moyenne adoptée pour les corrections climatiques

La station météo de Nîmes donne environ 1 200 DJU de refroidissement (base 15.5°C) par an.

- **Données de consommations énergétiques :**

Les données de consommation électriques sont connues sur le pas mensuel (facture fournisseur).

Les points 10 min (appels de puissance électrique par pas de 10min) sont également connus.

Les données de consommation de FOD font l'objet de relevés mensuels.

- **Prise en compte de l'occupation :**

Sur les trois dernières années, les données sur l'occupation montrent une évolution de +30% entre 2017 et 2018. L'extension du camp pour recevoir la zone technique du 4RMAT mènera à une augmentation importante des effectifs dans les prochaines années. Le camp compte des effectifs de passage mais en très faible proportion.

1. Situation actuelle : analyse bâtiminaire et énergétique

1.1 Information diverses sur le site

Le camp des Garrigues est situé dans les hauteurs avoisinant la ville de Nîmes, dans le Gard. D'une superficie de 4 782 ha, le camp a longtemps eu une vocation « d'école » permettant l'entraînement tactique. Autrefois camp du 3^{ème} régiment d'infanterie, il est aujourd'hui principalement occupé par le 2^{ème} régiment étranger d'infanterie.

Plusieurs espaces naturels protégés sont présents autour du site dont une zone Natura 2000, une Zone de protection spéciale et un site d'intérêt communautaire.

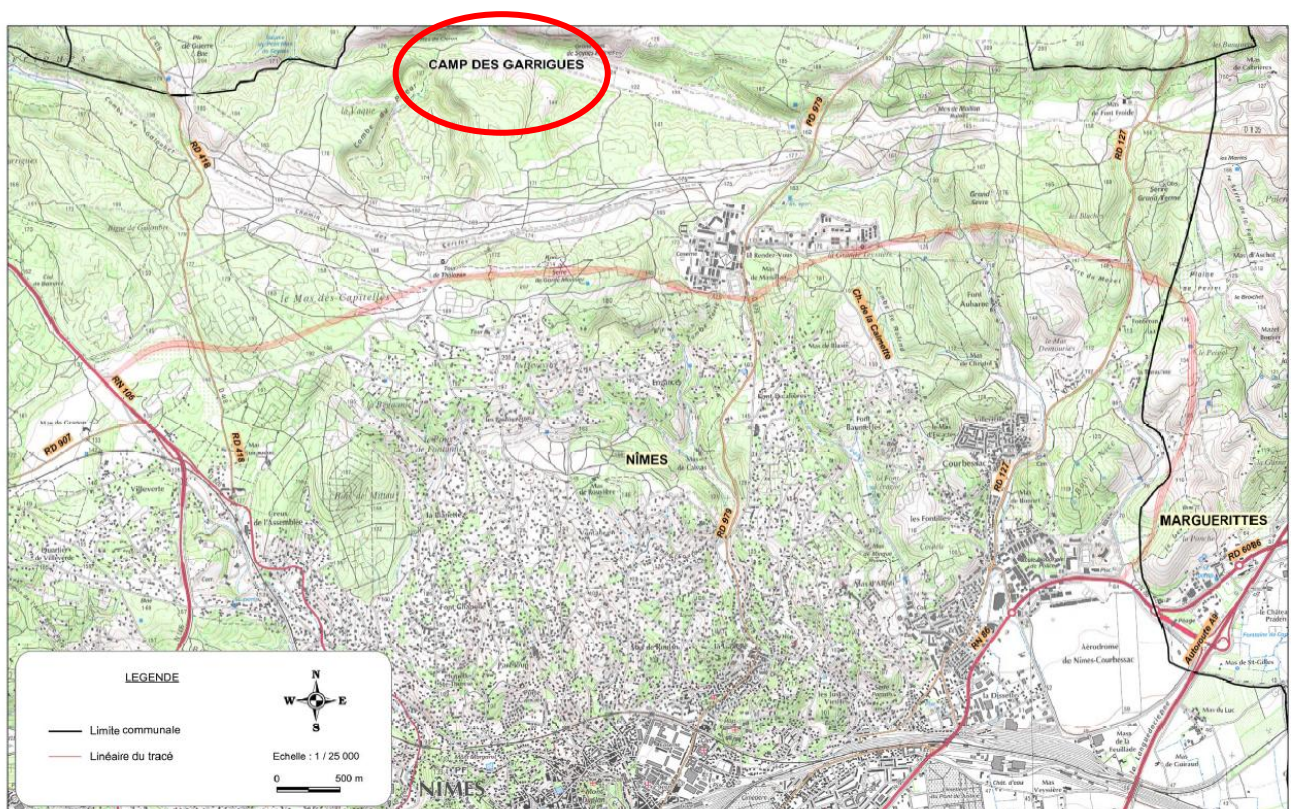


Figure 2 : Localisation géographique du camp des Garrigues

Pollution pyrotechnique

Le camp des Garrigues est répertorié comme site avec pollution connue. Un PPRPR existe et est mise à jour annuellement. Le camp a été découpé en cinq zones pyrotechniques suivant les types d'engins de guerre susceptibles d'être rencontrés.

Une évaluation du risque au regard du projet devra être conduite avec les éléments de construction et de terrassement complets, notamment la profondeur de fouilles.

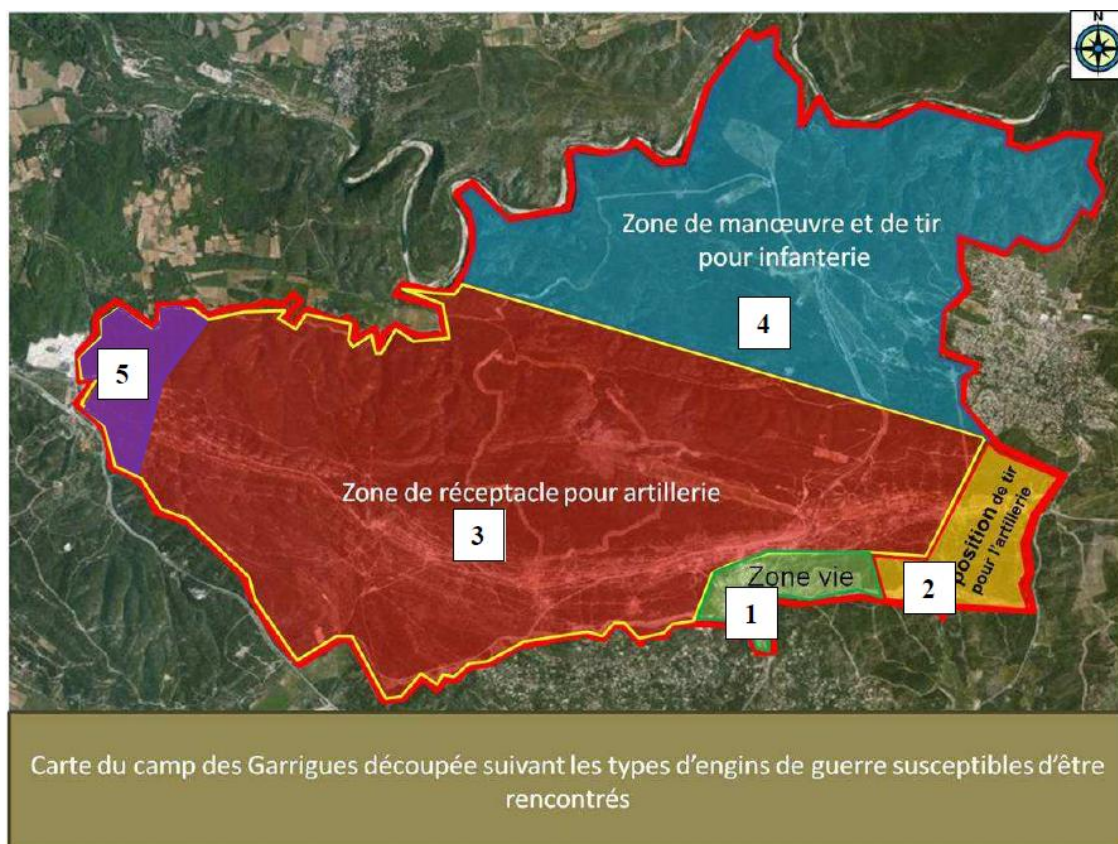


Figure 3 : carte du camp des Garrigues et zones pyrotechniques

Autres contraintes sur le bâti

Les bâtiments présentent des risques significatifs en matière d'amiante et de plomb.

1.2 Nombre de bâtiments et surfaces

L'emprise compte 154 bâtiments actifs pour 39 bâtiment chauffés ce qui correspond à un volume chauffé de 136 440 m³.

	Bâtiments actifs	Bâtiments chauffés
Nombre	154	39
Surface (m²)	68 688	34 541
Volume (m³)		136 440

Tableau 1 : Synthèse des bâtiments et surfaces du Camp des Garrigues

La distribution des surfaces actives montre une forte concentration de bâtiments de moins de 500 m². Le camp compte toutefois un bâtiment de plus de 6 000 m² (à usage d'hébergement) et 4 bâtiments de plus de 2 000 m² (ateliers).

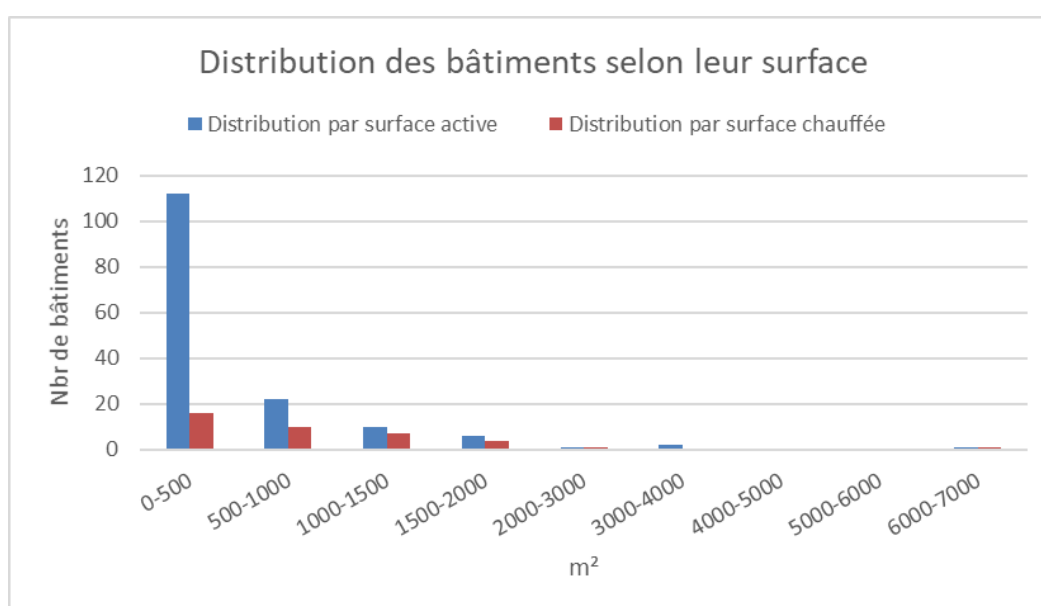


Figure 4 : Distribution des surfaces bâties

1.3 Typologie des bâtiments

Les bâtiments sont essentiellement regroupés en trois grandes typologies d'usage : soutien de l'homme, technico-opérationnelle et instruction entraînement. 41% des SHOD chauffées sont destinées au soutien de l'homme et 39% au technico-opérationnel.

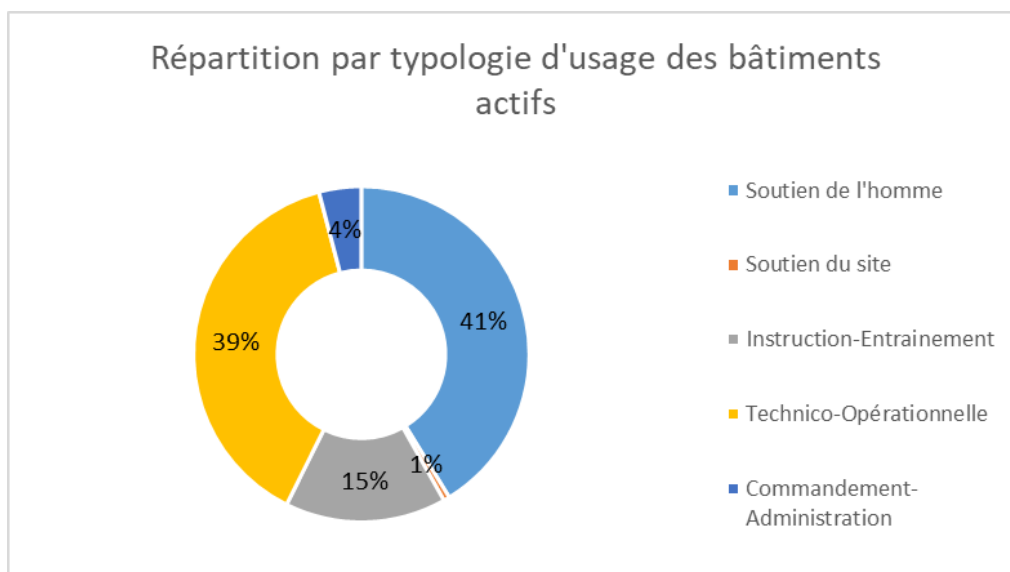


Figure 5 : Répartition des bâtiments chauffés par typologie

1.4 Age et état des bâtiments

Au sein du camp des Garrigues cohabitent plusieurs périodes constructives. Près de 54% du parc chauffé est antérieur à la première réglementation thermique. L'âge moyen du parc se situe à 49 ans avec un important écart-type de 32 ans. Le bâtiment le plus vieux à 144 ans.

La distribution des surfaces chauffées montre qu'une part importante du bâti est ancienne.

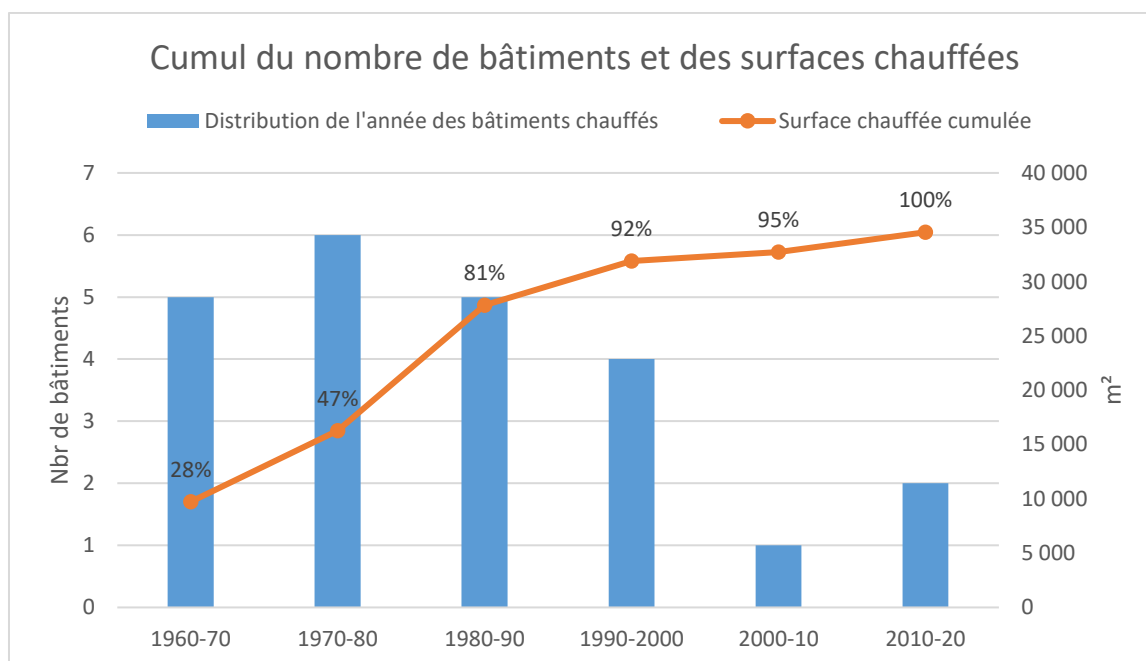


Figure 6 : Cumul du nombre de bâtiments et des surfaces chauffées

D'après les données SIMEO, 87% des bâtiments actifs présentent un état d'entretien moyen à bon ?

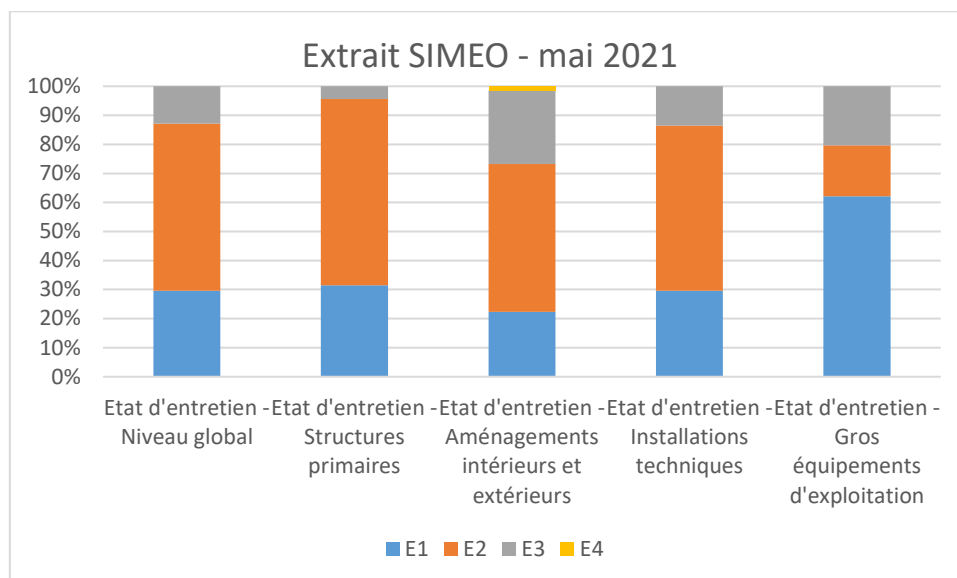


Figure 7 : Distribution de l'état des bâtiments (en surface) Source : SIMEO, extraction le 05/21

1.5 Ages et performances des équipements techniques

Production et distribution de chaleur et ECS

Le site ne dispose pas de production centralisée (ni semi-centralisée) pour le chauffage et l'ECS. Chaque bâtiment possède sa propre production, principalement au fioul domestique, même si le site dispose aussi de chaudières au propane et au gaz naturel.

Le site compte :

- 21 chaudières au fioul, pour une puissance installée totale de 6 198 kW
- 6 chaudières propane, pour une puissance installée de 400 kW
- 4 chaudières au gaz naturel, pour une puissance installée de 1 177 kW

Les chaudières FOD sont pour la plupart assez anciennes (voir Figure 10), bien que deux aient été installées depuis 2015.

Les chaudières au gaz naturel ont été installées lors de la création de la zone VBCI (et du raccordement au réseau de gaz) et sont donc récentes (une de 2014, les autres de 2018).

Une des chaudières propane a plus de 20 ans. L'âge des autres n'est pas connu.

La consommation d'ECS est importante toute l'année. Le moyen de chauffe en été de l'ECS varie suivant les bâtiments. Une partie est chauffée avec de l'électricité, alors que pour d'autres bâtiments des chaudières sont maintenues en fonctionnement.

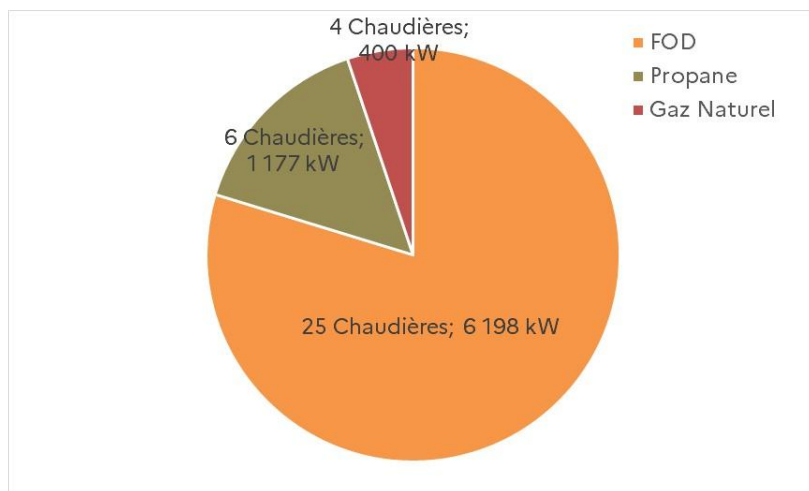


Figure 8 : Répartition des chaudières par type de carburant, en nombre et en puissance installée

41% des installations thermiques du camp des Garrigues ont plus de 20 ans et généreront des besoins en investissement dans les 10 prochaines années.

L'action 6 de la Stratégie Ministérielle de Performance Énergétique engage le ministère dans une suppression des chaudières émissives, et notamment au fioul, à l'horizon 2031. La plupart des installations (hors usage de secours) du camp seront donc concernées par des exigences de réversibilité.

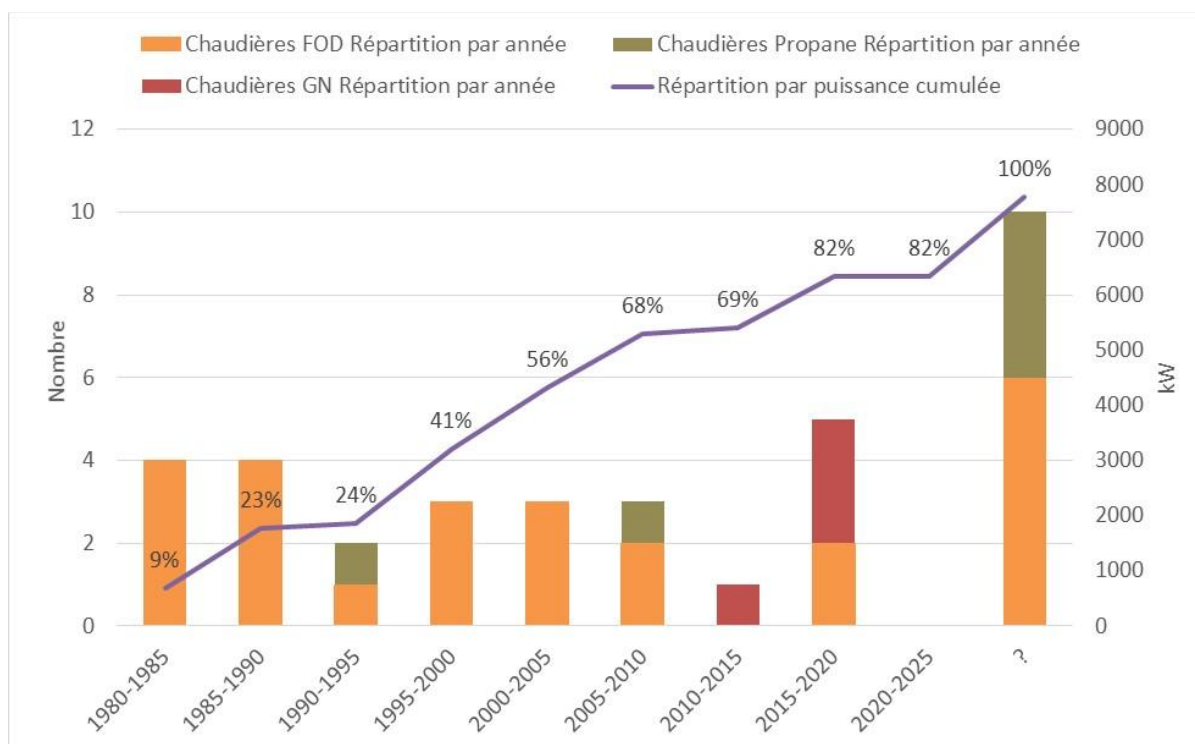


Figure 9 : Répartition en nombre et en puissance cumulée des chaudières par type de carburant

Installations électriques

Production de froid

Il n'y a pas de besoin significatif en froid technique.

Le site compte très peu de systèmes de rafraîchissement de confort, même si la demande est forte car les températures estivales sont particulièrement élevées.

Résilience électrique

Il n'y a pas de besoin spécifique en résilience électrique.

Régulation

Le site n'est pas équipé de GTC et dispose d'une capacité de régulation réduite, située au niveau de chaque production.

1.6 Travaux récents, en cours, ou à venir

Le camp des Garrigues dans son ensemble fait l'objet de plusieurs projets d'aménagements. La principale opération est l'accueil du 4^{ème} RMAT.

La figure ci-dessous donne un aperçu des principales opérations figurant dans le projet de schéma directeur de la base de défense.

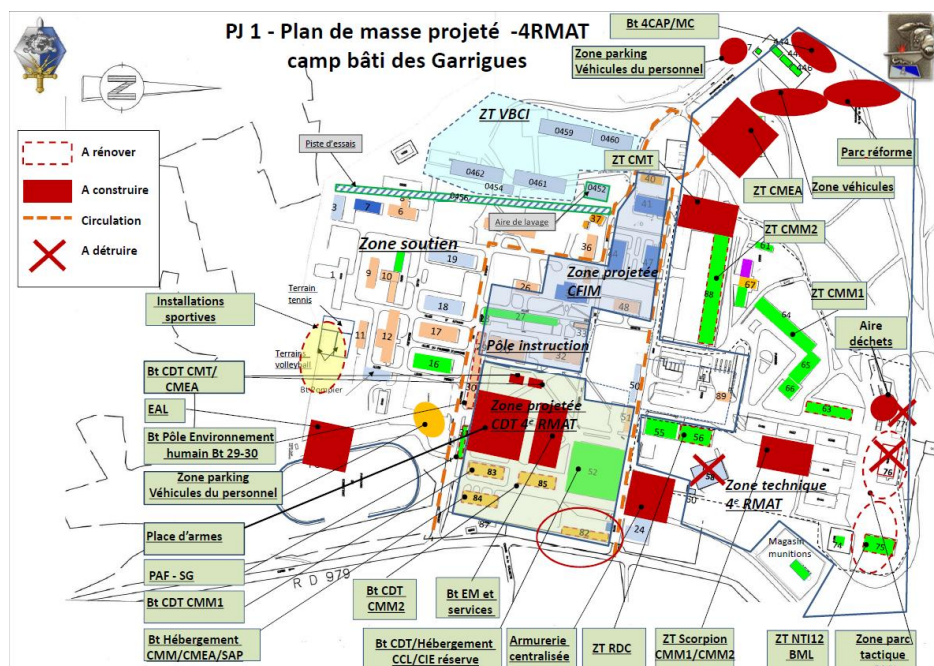


Figure 10 : plan de masse projeté 4RMAT

1.7 Mix énergétique

Le mix énergétique 2020 corrigé à climat constant est présenté en Figure 11. Le FOD représente un peu plus de la moitié des consommations, alors que le propane et le gaz naturel représente chacun environ 1/8ème du mix. L'électricité complète le mix pour le quart restant, essentiellement pour des besoins hors chauffe à l'exception d'une part des besoins d'ECS.

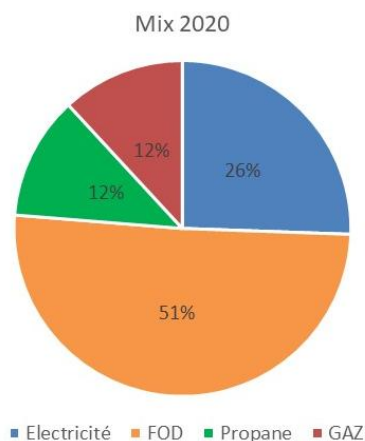


Figure 11 : Mix énergétique en consommation corrigé climat - 2020

L'évolution sur la période 2017 à 2020 du mix énergétique et des consommations totales corrigés climatest présentée en Figure 12. La consommation a augmenté de façon importante chaque année depuis 2017. Cette augmentation est en partie due à l'implantation nouvelle de la zone VBCI.

Il n'y a pas eu d'évolution majeure du mix énergétique au cours de quatre dernières années, mise à part la proportion en gaz naturel qui a augmenté puisque l'essentiel des chaudières utilisant cette ressource ont été installées en 2018 à l'occasion de la création de la zone VBCI.

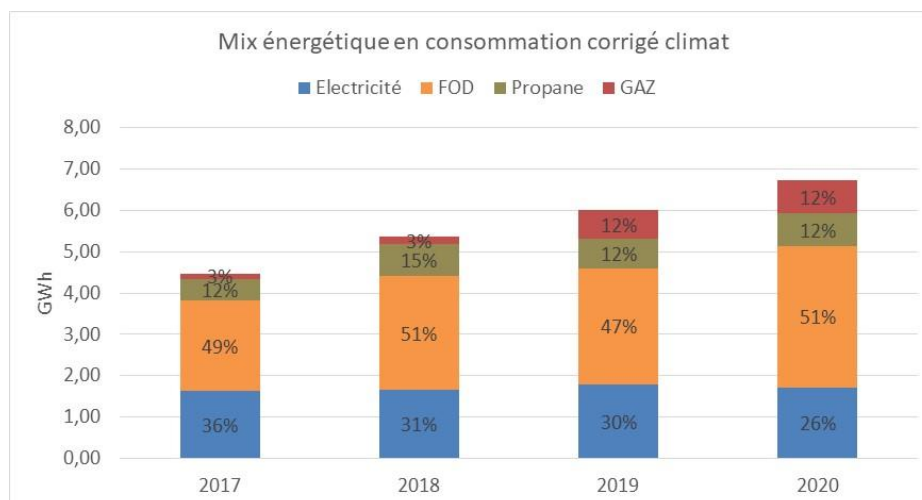


Figure 12 : Consommations et mix énergétiques 2017 à 2020 corrigés climat

1.8 Consommations énergétiques

Électricité

Les consommations électriques annuelles sont données en Figure 13. On remarque une hausse de la consommation (+8%) de 2018 à 2019, liée à l'implantation de la nouvelle zone VBCI, et une baisse (-3%) de 2019 à 2020, potentiellement liée à un effet Covid 19.

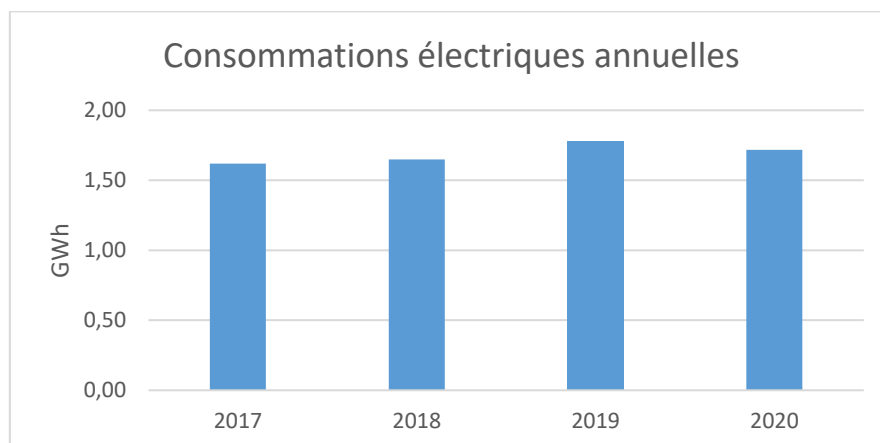


Figure 13 : Consommations électriques annuelles

Les profils de consommation électrique mensuelle de 2017 à 2020 sont donnés en Figure 14. On remarque un effet saisonnier assez important, avec une consommation à peu près deux fois plus élevée en hiver par rapport à l'été. Cela peut être dû à la baisse d'activité en été, des besoins en éclairage qui augmentent en hiver, et des usages de chauffage électrique. Le gros pic de consommation en avril 2017 est un rattrapage des relevés de consommations des deux mois précédents, qui étaient nuls. Il est probable que le relevé particulièrement bas en avril 2018 soit aussi une compensation pour le relevé élevé de février 2018.

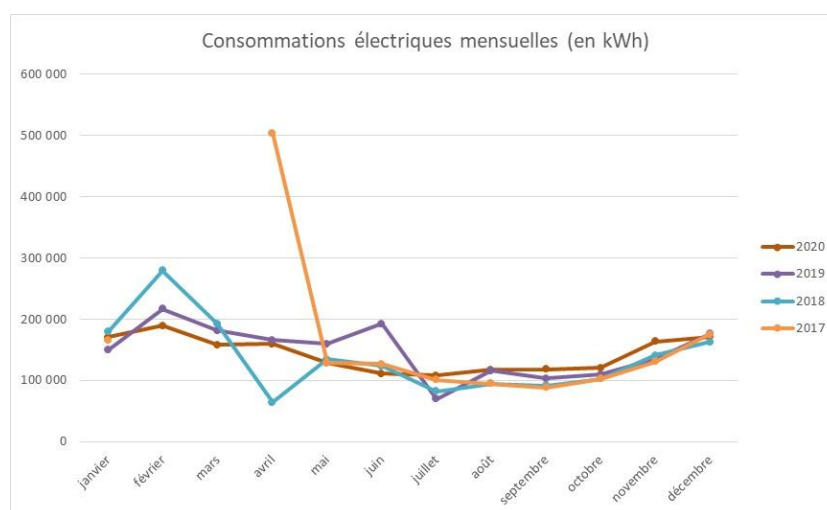


Figure 14 : Consommations électriques mensuelles

Les points 10' pour l'année 2020 sont donnés en Figure 15 de façon chronologique, et en Figure 16 sous forme de monotone (avec l'année 2019).

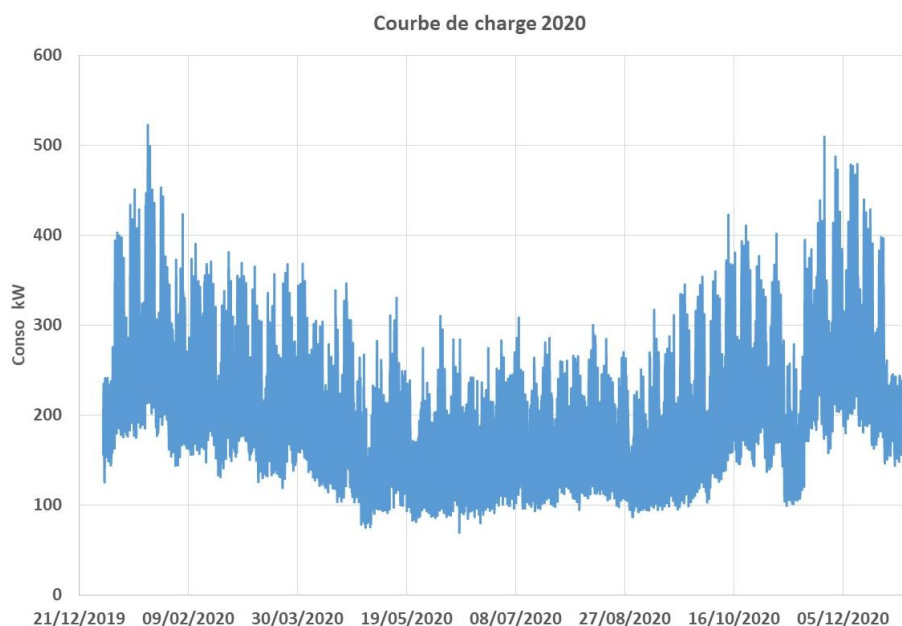


Figure 15 Appels de puissance électrique 2020, par pas de 10 min, présentés chronologiquement, de janvier à décembre

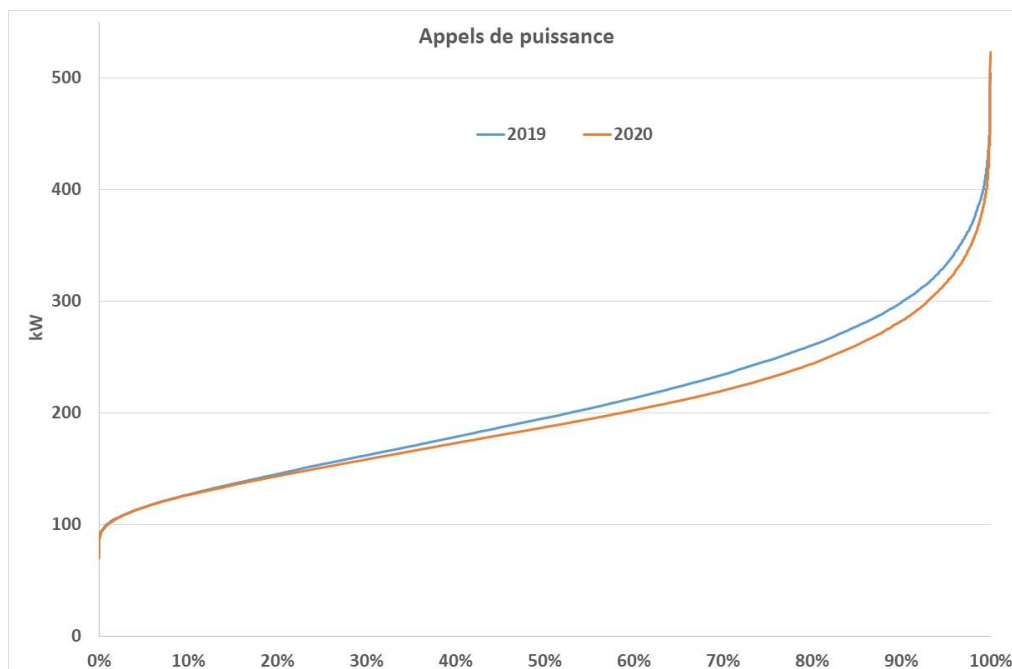


Figure 16 Appels de puissance électrique 2020, par pas de 10 min, classés par valeur

L'analyse de ces courbes (Tableau 2) montre que la puissance annuelle minimale appelée est de l'ordre de 75kW, mais qu'elle est supérieure à 100kW 99% du temps.

	Pmin	Pcentile1	Pcentile2	Pcentile3
2019	74	100	105	109
2020	70	99	105	109

	Pmax	Pcentile99	Pcentile98	Pcentile97
2019	504	393	370	355
2020	523	377	353	337

Tableau 2 : Appel de puissance électrique (Point 10') minimal et maximal annuel

Fuel domestique

Les consommations FOD annuelles corrigées climat sont données en Figure 17. La consommation a augmenté de façon assez significative en 2020 par rapport à 2019 (+20%), pour se rapprocher de 3,5 GWh.

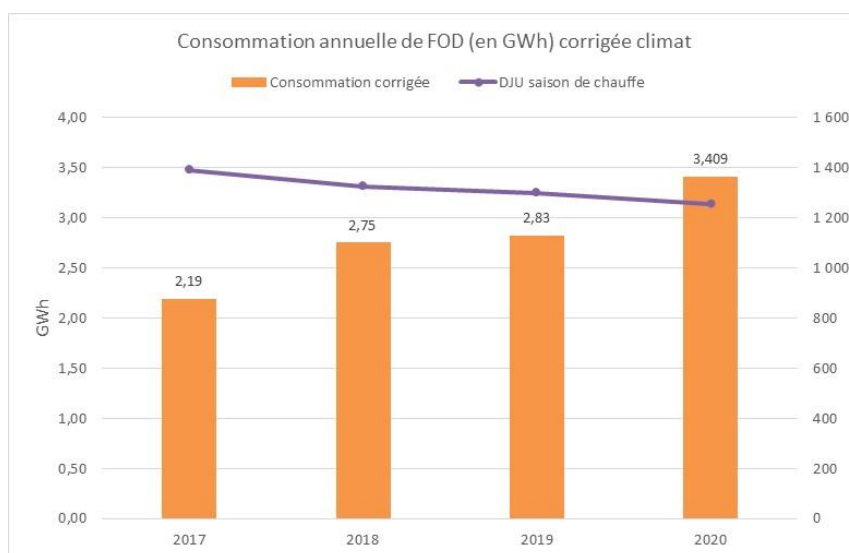


Figure 17 : Évolution de la consommation annuelle de FOD corrigée climat

Les relevés des consommations FOD mensuelles corrigées climat sont donnés en Figure 18. La consommation moyenne mensuelle hors période de chauffe, liée à l'ECS,

est de 48 MWh/mois sur la période 2017 et 2020, et d'environ 40 MWh/mois si l'on ne compte pas le mois d'octobre 2020 qui a eu une consommation étonnamment élevée.

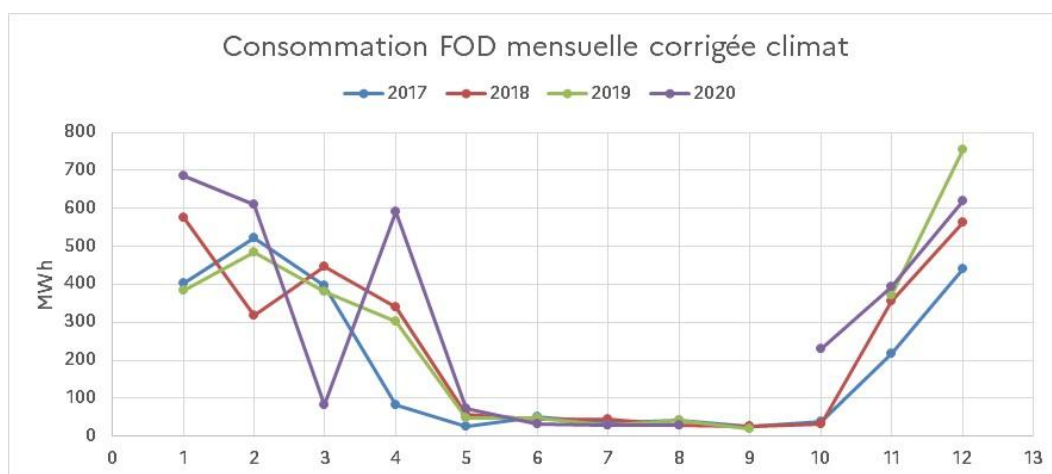


Figure 18 : Consommations mensuelles FOD corrigées climat

Gaz naturel

Les consommations de gaz naturel annuelles corrigées climat sont données en Figure 20. La consommation a augmenté fortement en 2019 du fait de l'installation de la zone VBCI. Elle s'établit en 2020 aux alentours de 800 MWh/an.

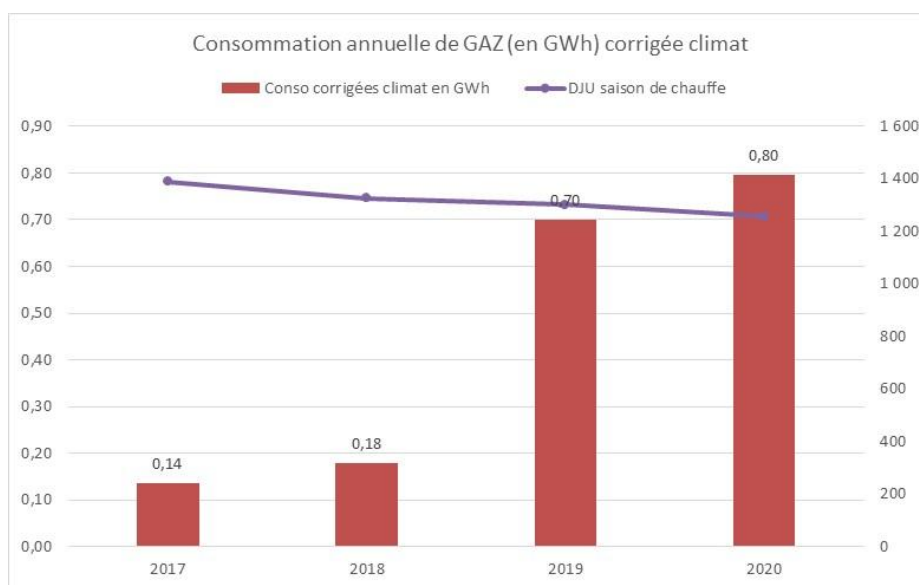


Figure 19 : Évolution de la consommation annuelle de Gaz Naturel corrigée climat

Les consommations de gaz naturel mensuelles corrigées climat, données en Figure 20, indiquent des consommations comprises entre 10 et 20 MWh/mois hors période de chauffe, dues à la production d'ECS. La consommation moyenne mensuelle hors période de chauffe sur 2019 et 2020 est de l'ordre de 15 MWh/mois.

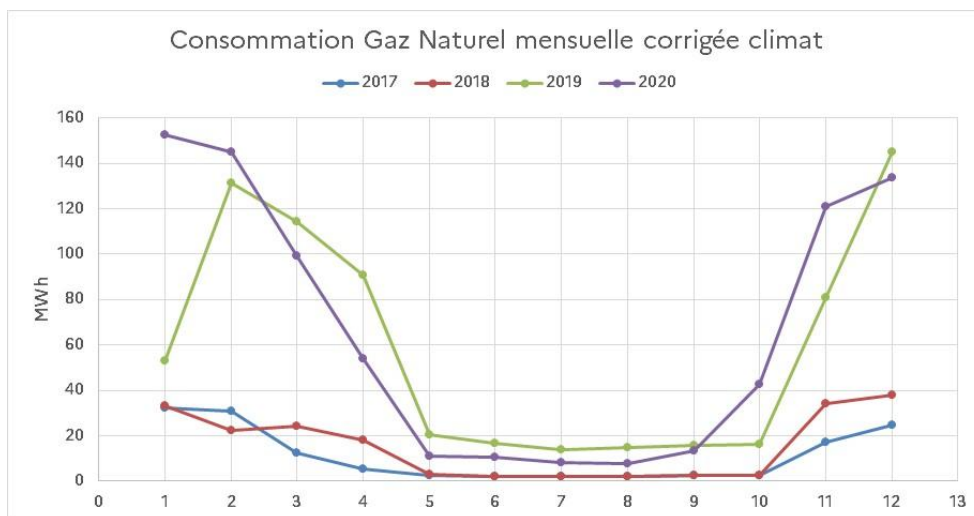


Figure 20 : Consommations mensuelles Gaz Naturel corrigées climats

Gaz propane

Les consommations de propane annuelles corrigées climat sont données en Figure 21. L'apparente importante augmentation entre 2017 et 2018 est probablement due à des données incomplètes en 2017. En 2020 la consommation est de l'ordre de 800 MWh/an.

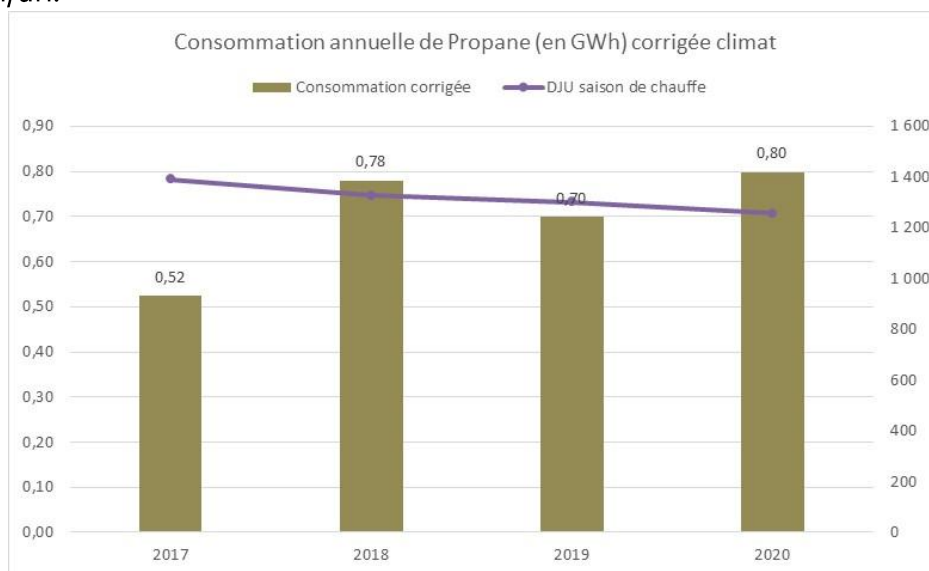


Figure 21 : Évolution de la consommation annuelle de Propane corrigée climat

Les consommations mensuelles de propane corrigées climat sont données en Figure 22. Ces valeurs sont difficiles à exploiter du fait du manque de précision, mais elles montrent néanmoins clairement une production hors période de chauffe non nulle, probablement due à une production d'ECS. La consommation moyenne mensuelle hors période de chauffe sur la période 2017 à 2020 est aux alentours de 25 MWh/mois.

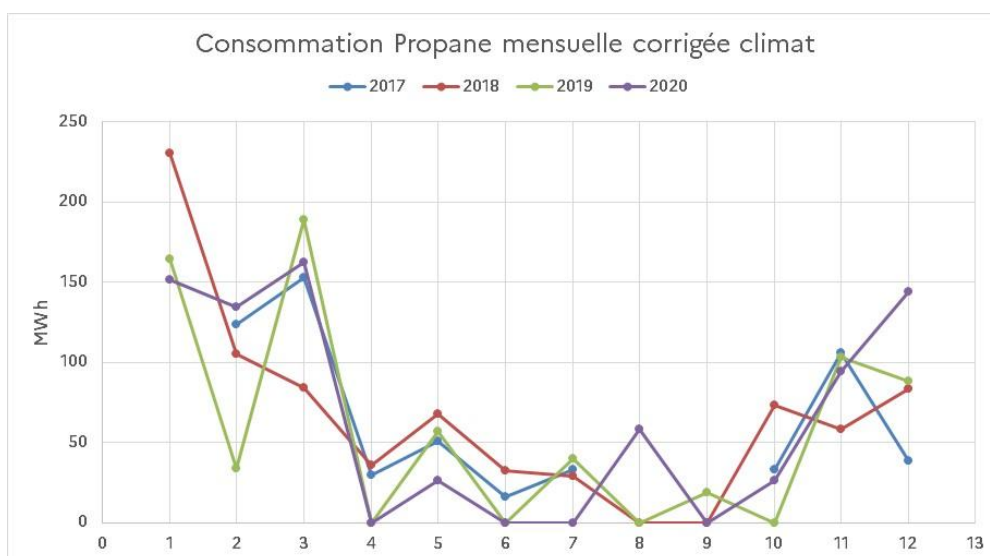


Figure 22 : Consommations mensuelles Propane corrigées climats

1.9 Émissions équivalentes carbone

Les consommations énergétiques présentées plus haut correspondent à des émissions de gaz à effet de serre (GES) telles que présentées dans le tableau suivant.

	GES (tonnes eq C)
Électricité	110
FOD	1 053
Propane	207
Gaz Naturel	172
TOTAL	1 543

Tableau 3 : Émissions équivalentes carbone 2018 – sans correction climat

Pour calculer ces GES, le référentiel adopté est l'arrêté tertiaire du 3 mai 2020 :

	Facteurs d'émission (g eq C /kWh PCI)
Électricité	64
FOD	324
Propane	272

Tableau 4 : Facteurs d'émission de référence

L'historique d'émissions de GES pour l'emprise présente des variations similaires à celles observées sur les consommations.

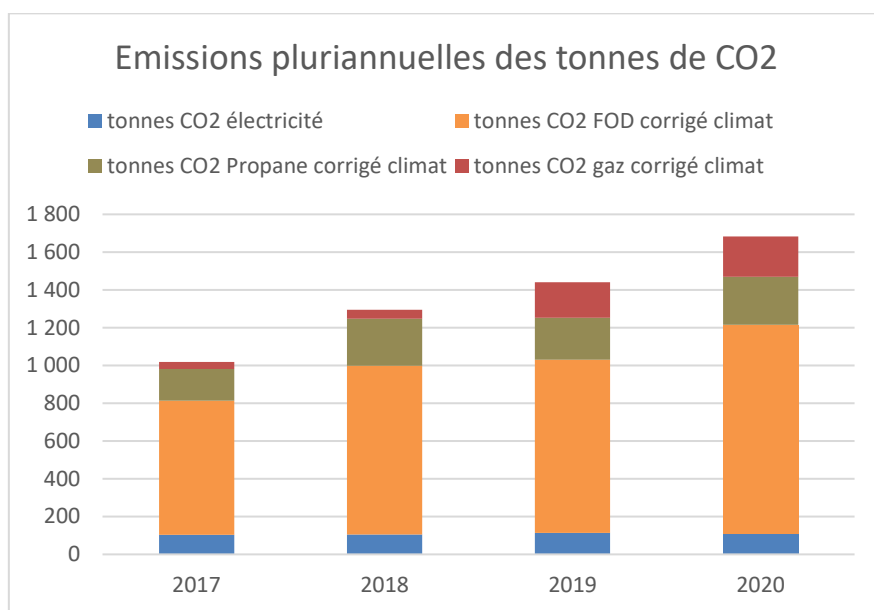


Figure 23 : Évolution des émissions de gaz à effet de serre (corrigées climat)

1.10 Potentiel en énergie renouvelable

Le site dispose d'un très bon potentiel solaire du fait du fort niveau d'ensoleillement. Mais l'occupation foncière actuelle est très dense, ce qui rend le recours à cette ressource difficile. Il y a néanmoins d'ores et déjà des solutions envisageables :

- Selon une première estimation, environ 2 000 m² d'ombrières solaires pourraient être installées sur des surfaces de parkings dédiées aux véhicules du personnel ;
- Le site dispose d'un terrain de 5 à 6 ha qui pourrait accueillir une centrale au sol, mais ce terrain est assez éloigné de la zone du site à alimenter. De plus, il reste à vérifier que la typologie de ce terrain ne le rende pas difficilement compatible avec un usage en champ solaire (forme allongée, surface fortement boisée).

Par ailleurs, les futurs bâtiments qui seront installés auront une surface de toiture totale de l'ordre de 30 000m² et à jusqu'à 14 000m² de surface de stationnement, ce qui permettrait un recours massif à de la production d'énergie solaire électrique et/ou thermique en toiture et en ombrière.

Le recours à de la géothermie à un coût acceptable semble peu envisageable mais pourrait faire l'objet d'études plus poussées :

- une installation horizontale peu profonde serait peu pertinente au regard de la pollution pyrotechnique et des contraintes de foncier,
- une installation semi-profonde de type BTES semble économiquement assez onéreuse compte tenu de la nature rocheuse du sol et des difficultés de forage associées.

La ressource en bois énergie semble accessible tant par la desserte routière et la situation du site dans une zone faiblement urbanisée, que par l'existence de filières d'approvisionnement locales. En revanche, la densité des bâtiments sur le site est importante, donc il reste à confirmer qu'une zone puisse être identifiée pour installer une chaufferie bois, avec une desserte possible pour les camions de livraisons.

2. Garrigues 2030 : Contraintes et opportunités

2.1 Les réglementations applicables

2.1.1 Stratégie Ministérielle pour la Performance Energétique

La Stratégie Ministérielle pour la Performance Energétique (SMPE) des infrastructures et de la mobilité non opérationnelle actuellement en vigueur couvre la période 2020 à 2023, mais elle établit la feuille de route et des objectifs à atteindre allant jusqu'à 2030. Les actions de la SMPE à prendre en considération dans le cadre du projet Garrigues 2030 sont les suivantes :

- Action n°1: disposer, en 2030, d'une flotte de véhicules administratifs composée d'une part minimale de 50% de véhicules à faibles émissions de polluants, selon une trajectoire prévoyant des points de passage indicatifs fixés à 20% en 2023 et à 25% en 2025 et des acquisitions de véhicules à faibles émissions représentant au minimum 50% des achats de véhicules

Il faut donc prévoir le déploiement de bornes de recharge, et s'attendre une augmentation de la consommation électrique liée à cet usage.

- Action N°6: programmer, sur la période 2020-2031, le remplacement de toutes les chaufferies au charbon et au fioul, hors les chaufferies de secours, par des systèmes de production de chaleur moins polluants et plus économes, selon un plan de transition énergétique à établir, dans une première version, pour mars 2020.

Il est donc indispensable de prévoir le retrait de toutes les chaufferies FOD du site, hors secours, dans le cadre du projet Garrigues 2030.

- Action N°7 : appliquer, lors de la réhabilitation lourde de bâtiments existants, les obligations de réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments à usage tertiaire, sauf exception justifiée par des considérations liées aux activités spécifiques de défense.
- Action N°8 : établir un plan prospectif à 10 ans de mise en œuvre du décret du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire.

Ces actions 7 et 8 étendent les obligations de rénovation du décret tertiaire (voir ci-dessous) au-delà du périmètre réglementaire et doivent être prises en compte dans le projet Garrigues 2030.

- Action N°16: poursuivre, en s'assurant du respect des servitudes et sans contraindre le développement des emprises et l'installation de systèmes opérationnels, les projets expérimentaux de production d'énergie solaire photovoltaïque ou thermique à des fins d'autoconsommation et, dans la perspective de leur généralisation progressive, initier puis entretenir un recensement des sites pouvant potentiellement accueillir les technologies expérimentées.

2.1.2 Décret BACS (Building Automation Control System)

Le décret n°2020-887 du 20/07/20 sur les systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments (BACS) concerne les bâtiments tertiaires neufs et existants équipés de système de chauffage ou climatisation dont la puissance unitaire nominale est supérieure à 290 kW.

Le texte stipule :

- Au plus tard le 01/01/2025, et dès remplacement partiel de système technique, tous les systèmes techniques (CVC, ECS, éclairage intégré) doivent être raccordés à un système permettant la régulation automatique de la température par zone homogène,
- Les caractéristiques du systèmes BACS doivent permettre : le suivi en continu (avec pas horaire) des consommations et de la production, la régulation, l'archivage des données mensuelles pendant 5 ans, la comparaison à des ratios/indicateurs, le suivi de la maintenance et des vérifications périodiques, le passage en mode 'manuel'.

Une dérogation est possible sous condition qu'une étude conclue à un TRI > 6 ans.

Répondre à cette exigence conduit à prévoir dans le projet Garrigues 2030 la mise en œuvre d'une Gestion Technique Centralisée permettant de piloter l'ensemble des installations concernées, et a minima, les installations de chauffage et ECS.

2.1.3 Décret tertiaire

Le décret tertiaire du 23/07/2019 abondé par l'arrêté tertiaire du 15/04/2020, impose un objectif de réduction des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires de -60% en 2050 avec une trajectoire ambitieuse de -40% dès 2030. Sont concernés tous

les bâtiments de plus de 1 000 m² de surface de plancher exception faite de ceux abritant des activités opérationnelles à des fins de défense.

Sont en effet considérés comme « tertiaire » tous les bâtiments qui ne relèvent pas du secteur agricole ou industriel à vocation commerciale.

Les bâtiments tertiaires qui ne répondraient pas déjà à des niveaux de performance énergétique définis par typologie de bâtiment par des ratios de consommation énergétique par mètre carré, devront ainsi mettre en œuvre un plan d'action pour atteindre ces objectifs de réduction.

Un suivi des consommations et du plan d'action à l'échelle bâtiminaire, ainsi qu'un reporting, sont mis en place sur une plateforme nationale : « OPERAT ».

Les modalités d'application de ce décret sur le patrimoine MinArm sont retranscrites dans la Stratégie Ministérielle de Performance Énergétique (actions 7 et 8), et la méthode est détaillée dans une fiche action.

Au titre de la SMPE, l'opération Garrigues 2030 devra donc prévoir pour tous les bâtiments neufs et les bâtiments rénovés un niveau d'exigence en performance énergétique conforme aux valeurs cibles du décret tertiaire.

2.1.4 RE2020

Initialement prévue pour 2020, la RE2020 constituera prochainement la réglementation thermique environnementale des bâtiments neufs en substitution à l'actuelle RT2012. Diminuer l'impact carbone des bâtiments, poursuivre l'amélioration de leur performance énergétique et garantir la fraîcheur pendant les étés caniculaires : tels sont les grands objectifs de la RE2020.

Dans ce cadre, les priorités de la future Réglementation environnementale sont de¹ :

- Diminuer l'impact sur le climat des bâtiments neufs en prenant en compte l'ensemble des émissions du bâtiment sur son cycle de vie, dès la construction. Cela permettra d'une part d'inciter à des modes constructifs qui émettent peu de gaz à effet de serre ou qui permettent d'en stocker tels que le recours aux matériaux biosourcés. D'autre part, la consommation de sources d'énergie décarbonées sera encouragée, notamment la chaleur renouvelable.
- Poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et la baisse des consommations des bâtiments neufs. La réglementation ira au-delà de l'exigence de la réglementation actuelle, en insistant en particulier sur la performance de l'isolation quel que soit le mode de chauffage installé, grâce au renforcement de l'indicateur « de besoin bioclimatique » (dit « Bbio »).

¹ Ecologie.gouv.fr, 14/01/20

- Garantir aux habitants que leur logement sera adapté aux conditions climatiques futures en introduisant un objectif de confort en été. Les bâtiments devront mieux résister aux épisodes de canicule, qui seront plus fréquents et intenses du fait du changement climatique.

Cette réglementation sera donc applicable pour l'essentiel de la nouvelle zone à construire. Il donc faut s'attendre à ce que les nouveaux bâtiments aient une consommation énergétique très faible. En revanche, l'entrée en vigueur de cette réglementation risque d'impacter à la hausse les budgets d'investissement nécessaires pour les nouvelles constructions.

2.1.5 Autoconsommation photovoltaïque

Bien que les projets en autoconsommation photovoltaïque avec revente du surplus partiellement ou en totalité soient autorisés et bien encadrés d'un point de vue réglementaire, le MinArm n'a pas vocation à revendre les éventuel surplus d'énergie solaire photovoltaïque produite sur ses emprises.

Pour des projets en autoconsommation sur les emprises du MinArm, les seules solutions économiquement envisageables à ce jour pour dimensionner les centrales photovoltaïques sont donc :

- Avoir un taux d'autoconsommation de 100%, ce qui oblige à dimensionner une centrale ayant un puissance maximale inférieure ou égale au plus petit point 10' annuel du site.
- Avoir un taux d'autoconsommation très légèrement inférieur à 100%, en écrêtant la production solaire quand elle est excédentaire ou en la cédant au gestionnaire de réseau ou au responsable d'équilibre².
- Utiliser des moyens de stockage de l'électricité. Aujourd'hui ces moyens ne sont pas encore économiquement rentables. D'ici 2030, les coûts de production baissant, leur utilisation pour des applications stationnaires sera vraisemblablement plus répandue. Cependant leur dimensionnement restera sans doute assez modeste en regard des quantités d'énergie en jeu à l'échelle du site. Ils peuvent donc être éventuellement envisagés pour faire de l'optimisation, mais ils ne devraient pas changer fondamentalement les orientations envisageables concernant la gestion énergétique du site.

2.2 Installations énergétiques du programme Garrigues 2030 : potentiel et contraintes

² Sous réserve de son accord, et de la mise en œuvre de systèmes répondant à ses exigences

Les orientations présentées ci-après entrent dans le cadre d'une stratégie générale dont la ligne directrice englobe :

- La réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- Le recours aux énergies renouvelables,
- La suppression des chaufferies FOD très émissives,
- La rationalisation du nombre de chaufferies,
- La réduction des coûts de production,
- Pour l'existant, l'inscription dans une trajectoire de réduction des consommations énergétiques conforme aux exigences cible du décret tertiaire : réduction de 40% des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030,
- La mise en place d'un système de pilotage centralisé (GTC) conforme aux exigences de cyber-sécurité,
- Pour les constructions futures, une démarche du type bâtiment à énergie positive et à haute performance lorsque cela est possible.

Pour construire le scénario global proposé, différentes options ont été étudiées et sont présentées ci-dessous, avec leurs avantages et inconvénients.

2.2.1 La production de chaleur

Comme vu dans l'état des lieux, l'enjeu majeur de ce site réside dans la décarbonation de sa production de chaleur qui repose à 70% sur le FOD.

➤ *Option 1 - une production de chaleur au gaz naturel*

Le site est raccordé au réseau de gaz naturel lui permettant l'alimentation de trois chaufferies.

L'une des stratégies repose sur l'extension de ce réseau de gaz (et éventuellement du poste) pour raccorder l'ensemble des bâtiments chauffés du site.

Pour le raccordement du site trois niveaux de mutualisation sont envisageables :

- Le premier niveau consiste à remplacer individuellement les chaufferies fioul existantes par des chaufferies au gaz naturel. Même si cette solution présente l'avantage d'atteindre la mise en conformité réglementaire tout en s'exemptant de la création d'un réseau de chaleur, coûteux en site pollué, elle ne permet pas une optimisation de la performance énergétique, engendra un coût énergétique non négligeable à terme. Par ailleurs, elle nécessitera tout de même la création d'un réseau de gaz pour desservir les chaufferies (et la dépollution de son linéaire).

- Le second niveau, semi-centralisé, nécessite la création de plusieurs réseaux de chaleur desservant des îlots ou groupes de bâtiment. Une étude devra être menée afin d'établir la meilleure mutualisation possible des chaufferies et des réseaux en s'appuyant sur des calculs de puissance, et des coûts globaux (y compris coûts de dépollution et de raccordement gaz) afin d'optimiser à la fois la performance énergétique et la rentabilité des installations de chauffage dans l'ensemble de la zone.
- Le troisième niveau de mutualisation, à privilégier du point de vue de la performance énergétique, repose sur la mise en place d'une production de chaleur centralisée raccordant l'ensemble du bâti existant et à venir. Cette solution optimale permet une bonne gestion et régulation de la production de chaleur sur l'ensemble du périmètre. Cependant, elle exige la création d'un réseau de chaleur raccordant l'ensemble du site. De plus, afin d'optimiser le linéaire de réseaux et d'éviter les pertes de chaleur en réseau, la chaufferie devra occuper, dans l'idéal, un emplacement central au sein du site.

Pour les bâtiments excentrés du réseau et difficiles à raccorder, un chauffage par pompe à chaleur réversible pourrait également être envisagé en alternative.

Cette option 1, misant sur le gaz, appelle quel que soit le niveau de mutualisation visé, quatre points de vigilance majeurs :

- la capacité du réseau public à raccorder l'ensemble du site doit être vérifiée avec le fournisseur gaz (dimensions du poste et des canalisations publiques).
- Si les prix actuels du gaz réseau sont avantageux, tout comme les coûts de maintenance d'une chaufferie gaz, les coûts de cette énergie fossile sont potentiellement amenés à évoluer significativement.
- Cette solution ne permettra pas d'atteindre les performances attendues à l'horizon 2040 ou 2050, à moins de pouvoir recourir à un gaz vert n'émettant pas ou très peu de gaz à effet de serre, et considéré comme renouvelable.
- Les coûts de dépollution pyrotechnique associés à la distribution du gaz sont à prendre en compte en fonction du linéaire nécessaire (selon le niveau de mutualisation).

➤ *Option 2 - une production de chaleur biomasse avec un appoint au gaz naturel*

Une seconde stratégie, plus exemplaire, repose sur l'installation d'une chaufferie bois centralisée avec un appoint gaz.

Cette solution comprend la création d'une chaufferie au bois, pour assurer une large partie des besoins de chauffage et d'ECS hiver du site à laquelle sera associée une chaufferie gaz d'appoint et secours. Ce bouquet énergétique permettra de répondre de manière optimale aux besoins saisonniers et fluctuants du site, l'appoint gaz venant moduler la puissance totale de la production.

Le bois énergie est une solution très intéressante d'un point de vue environnemental et une excellente alternative aux sources d'énergies fossiles, vouées à devenir plus rares et plus chères. Tant que son approvisionnement reste local et issu de forêts gérées de manière durable, son utilisation ne participe pas à l'augmentation de l'effet de serre (les émissions de gaz à effet de serre sont estimées compensées par le CO₂ absorbé au cours de sa pousse).

Le dimensionnement de la chaufferie et du réseau découleront d'une étude approfondie à mener.

La disponibilité du foncier étant assez limitée au sein du site, une réflexion devra être conduite en amont afin d'identifier une zone propice à l'accueil de cette installation. Cette zone devra répondre aux contraintes de mobilité giratoire des camions de livraison et devra prévoir l'espace nécessaire pour un stockage de bois adapté. Un emplacement pour la chaufferie gaz devra également être à prévoir.

La chaufferie bois serait dimensionnée entre 60% et 70% de la puissance totale du site, de manière à couvrir 60% des besoins du camp. Un tel dimensionnement, s'il n'est pas optimal du point de vue de la décarbonation (90-10% sont accessibles en site dont les besoins sont bien maîtrisés), permet de faire fonctionner la chaudière bois à pleine puissance et de faire face aux évolutions du site : bâtiments neufs, rénovations au titre de Garrigues 2030 ou futures,...

Comme pour la stratégie précédente, les bâtiments ne pouvant se raccorder au réseau de chaleur primaire pourront bénéficier d'installations de chauffage du type pompe à chaleur réversible.

➤ *Option 3 - une production de chaleur par électricité*

Dans cette solution, la chaleur est produite par des pompes à chaleur. Ces pompes à chaleur seraient distribuées au niveau de chaque bâtiment ou îlot de bâtiments. Cette solution ne nécessiterait donc pas ou peu de création de réseau de chaleur.

Les pompes à chaleur pourraient être de type air/air ou air/eau, suivant l'usage des bâtiments considérés, et suivant qu'il s'agisse de rénovation ou de nouveaux bâtiment. Le recours à de la géothermie n'étant a priori pas envisageable sur ce site en raison de la nature du sol, des pompes à chaleur type eau/eau restent envisageables avec un circuit primaire eau localisé en surface et réchauffé par le soleil (directement ou via des panneaux solaires thermiques).

Ces pompes à chaleur sont par nature réversibles, elles pourraient donc être utilisées l'été pour des besoins de rafraîchissement (sous réserve d'une capacité de distribution à concevoir dans les bâtiments neufs).

Les pompes à chaleur sont alimentées en électricité, avec un coefficient de performance COP d'environ 3 (1kW_{elec} consommé pour $3\text{kW}_{\text{thermique}}$ produit). Si cette solution était déployée sur la zone actuelle en remplacement 1 pour 1 des consommations FOD/Propane pour les besoins CVC et ECS, elle permettrait donc une importante baisse des consommations en énergie finale (mais pas en énergie primaire) et une forte décarbonation du mix énergétique. Par contre elle entraînerait une hausse importante de la facture énergétique, l'électricité étant une ressource énergétique chère comparativement aux autres.

Si cette solution était retenue, il faudrait essayer d'autoproduire sur le site une part importante de l'électricité consommée, a priori avec de la production photovoltaïque, afin de réduire la facture énergétique. En effet, même si les coûts d'investissement sont plus élevés, l'électricité autoproduite est sur des durées longues d'une façon générale moins chère que l'électricité approvisionnée depuis le réseau en coût global.

ECS d'été :

Dans l'ensemble des options étudiées, l'été, la production d'eau chaude sanitaire basculera en électrique grâce à l'installation de ballons mixtes, afin d'optimiser les consommations énergétiques.

2.2.2 Le recours aux énergies renouvelables et au stockage

En raison du niveau d'ensoleillement dont bénéficie le camp des Garrigues, il serait souhaitable d'exploiter les surfaces disponibles dans la nouvelle zone pour produire de l'énergie d'origine solaire. L'installation de centrales solaires en toiture de bâtiments neufs, bien prise en compte dès les phases étude, ne présente a priori pas de difficulté technique majeure.

Une telle centrale solaire pourrait être soit thermique, soit photovoltaïque, soit une combinaison des deux.

Des premières estimations montrent que les surfaces disponibles dans la zone neuve seraient suffisantes pour les besoins du site. La perspective d'exploiter le terrain de 5 ou 6 ha pour y installer une centrale au sol peut donc être écartée.

Si la production d'ECS de la zone actuelle du site basculait en électrique hors période de chauffe, une centrale photovoltaïque de plusieurs centaines de kWc serait nécessaire pour couvrir cette consommation avec de l'électricité autoproduite sur site. D'un point de vue foncier, l'installation d'une telle centrale en zone neuve ne poserait pas de problème, et elle laisserait encore suffisamment de surface pour de l'autoproduction solaire pour les besoins propres de la zone neuve.

En revanche, l'installation d'une telle centrale pourrait poser des difficultés puisqu'il n'est pas certain que l'énergie produite puisse être autoconsommée à 100%, même en considérant les nouveaux usages (ECS, consommation des nouveaux bâtiments, véhicules électriques), notamment en été lorsque la consommation électrique est basse du fait de la plus faible activité sur le site tandis que la production photovoltaïque est à son maximum. Les solutions de stockage ou de réinjection sur le réseau seraient alors à considérer, avec des écueils économiques et contractuels.

Par ailleurs, l'installation d'une centrale électrique d'une telle puissance nécessiterait une distribution en tension HTA, ce qui pourrait engendrer des coûts d'investissements importants sur le réseau électrique du site. Il est toutefois possible qu'une boucle HTA soit dans tous les cas nécessaire pour alimenter la zone neuve de Garrigues 2030, auquel cas le surcoût réseau liée à l'installation de la centrale serait marginal.

Le recours à de la production solaire thermique pourrait être intéressant à plusieurs titres :

- En préchauffe avant relève PAC : Ces systèmes de type moquette solaire ne présentent pas de contrainte particulière compte tenu de l'importante surface disponible en toitures en zone neuve,
- Avec des systèmes haute température (Cf. expérimentation du champ solaire thermique à concentration de St Christol). La production du champ solaire thermique vient alimenter la boucle de chaleur en soutien de la chaufferie en hiver, et couvre les besoins en ECS d'été. Deux facteurs viennent toutefois mettre en péril la faisabilité de ce type de système au camp des Garrigues : le manque de foncier disponible au centre des besoins ECS, et l'absence de piscine ou autre installation avec d'importants volumes d'ECS permettant de stocker et lisser la production.

2.2.3 Confort d'été

En raison de sa situation géographique, le camp des Garrigues présente un besoin en confort d'été grandissant. Les quatre facteurs environnementaux qui déterminent le confort thermique pour l'homme sont la température de l'air, la vitesse de déplacement de l'air, l'hygrométrie et la température de rayonnement. Il est possible de manipuler chacune de ces variables pour rafraîchir.

Dans un premier temps, il est essentiel d'étudier la mise en place des solutions passives réputées efficaces et peu coûteuses avant un quelconque recours à la climatisation. La mise en place de rafraîchissement doit nécessairement s'accompagner de mesures de refroidissement passives afin de contenir les consommations énergétiques.

Ci-dessous les orientations menant à une amélioration du confort d'été.

➤ Protection solaire extérieure

Pour l'existant, l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants liste un ensemble exigences que le maître d'ouvrage doit appliquer en cas de remplacement ou d'installation d'un élément d'isolation ou d'un équipement de chauffage, ventilation ou refroidissement.

En cas d'installation ou de remplacement d'un système de climatisation, les baies vitrées (sauf celles orientées au nord) des pièces concernées doivent être munies de protections solaires mobiles. En cas de remplacement ou d'installation, les fenêtres, excepté celle exposées au nord ou masquées, doivent conduire à un facteur solaire inférieur ou égal à 0.35.

Outre l'aspect réglementaire, nous recommandons la mise en place en place de protections solaires extérieures sur l'ensemble des bâtiments susceptibles de faire l'objet d'un inconfort d'été.

➤ *Brasseurs d'airs*

Dans beaucoup de cas, la mise en place de brasseurs d'air de plafond conduit à une amélioration significative du confort des occupants. Les études menées ont montré que l'effet rafraîchissant des ventilateurs brasseurs d'air est important. A une vitesse de déplacement approximative de 1m/s, ils neutralisent une augmentation de 3°C de la température intérieure tandis qu'à 3m/s ils équivalent en ressenti à une diminution d'environ 7°C³. Utilisées conjointement à un système de climatisation, les ventilateurs pourraient réduire la consommation énergétique de 30 à 70% par rapport au recours à des climatiseurs. Ils constituent une solution efficace, facile à mettre en œuvre et à moindre coût pour les bâtiments existants et neufs.

➤ *Sur-ventilation nocturne*

La sur-ventilation nocturne, appelée aussi ventilation intensive d'été, consiste à refroidir un bâtiment par ventilation en utilisant l'énergie de l'air extérieur lorsque celui-ci présente une température inférieure à la température intérieure. En été, la sur-ventilation nocturne peut décharger le bâtiment de la chaleur accumulée en journée. Les périodes de fonctionnement peuvent être programmées aisément par un régulateur ou une GTB.

➤ *Un rafraîchissement passant par des système centralisés et régulés*

³ « Circulating fans for summer and winter comfort and indoor energy efficiency », Richard Aynsley, 2007.

Dans certains cas, malgré la mise en place de solutions passives, lorsque les températures intérieures dépassent les 30°C, le recours à la climatisation devient nécessaire pour assurer le confort thermique des occupants.

La note n°501637 DCSID du 10/04/2014 définit des exigences en matière d'utilisation des systèmes de climatisation (pas d'interdiction formelle d'installation sur des bâtiments existants) :

- La mise en route de ces systèmes est interdite si la température intérieure est inférieure ou égale à 27°C ;
- L'utilisation du système de refroidissement ne doit pas produire une différence de température intérieure / extérieure supérieure à 5°C jusqu'à ce que la température atteigne 30°C,
- Le système de refroidissement doit être arrêté lorsque le local est inoccupé.

Dans ce cas spécifique, nous recommandons la mise en place de système centralisé et régulé. Plus performant, ce système permet un réel contrôle sur les consommations énergétiques.

3. Scénario retenu

Le scénario proposé a pour ambition de concilier l'ambition de décarbonation avec les différentes contraintes qui s'imposent, qu'elles soient techniques ou liées au coût global.

Ce scénario s'établit au stade du schéma directeur immobilier de la base de défense et de l'élaboration du programme Garrigues 2030 et, à ce titre, préconise de grandes orientations qu'il sera nécessaire de valider au fil de l'évolution du cadre réglementaire et dont la faisabilité devra être vérifiée en phase étude des différentes opérations de construction ou de réhabilitation.

3.1 Constructions et rénovations

Au titre de la SMPE, tous les bâtiments neufs et les bâtiments rénovés viseront un niveau d'exigence en performance énergétique conforme aux valeurs cibles du décret tertiaire. Ils seront également soumis aux exigences de la RE2020, dont le détail n'est pas encore connu.

Un surcoût de 15% maximum par rapport aux ratios actuel de construction / rénovation (RT2012) peut être envisagé pour les premières années suivant l'application de la RE2020.

Les constructions neuves comme les rénovations pourront englober des prescriptions fortes relatives au confort d'été, inspirées des éléments listés ci-avant. La prise en compte de ces exigences permettra de favoriser le recours à des solutions passives avant d'envisager le recours à du rafraîchissement ou du refroidissement. Les projections climatiques pour les 50 prochaines années laissent penser que la rigueur des étés se renforcera de manière très significative et le confort d'été constitue un point important à anticiper dès maintenant.

En application de la réglementation et de la stratégie ministérielle de performance énergétique, des bornes de recharge de véhicules électriques devront être prévues. Elles devront intégrer un comptage de consommation (raccordé à la GTC), et pourront intégrer un système de production photovoltaïque (ombrière) voir de stockage (lissage de la production / des appels de puissance).

3.2 Systèmes énergétiques

La suppression totale du recours au fuel sur le camp des Garrigues représente une contrainte forte, à intégrer aux réflexions de l'opération Garrigues 2030.

Malgré des contraintes foncières importantes, le scénario retenu mise sur une production de chaleur centralisée, s'appuyant sur un mix énergétique biomasse - gaz naturel.

La localisation idéale pour la chaufferie serait à équidistance des différents bâtiments desservis, mais les contraintes foncières peuvent conduire à envisager une localisation au sein de la zone neuve (nord-est). Sont à prévoir l'espace de stockage pour la biomasse (silo aérien ou enterré), ainsi que les voiries permettant la desserte de la chaufferie et les manœuvres nécessaires pour les camions de plaquettes forestières.

La création d'un réseau de distribution de chaleur est rendue nécessaire par cette orientation de production centralisée. Les contraintes de dépollution pyrotechnique devront être anticipées, tant sur le planning que sur le coût des travaux. L'optimisation sera recherchée en limitant au maximum le linéaire à creuser : desserte en série d'un bâtiment à l'autre, choix d'itinéraires favorisant les zones déjà dépolluées.

La conception du réseau visera autant que possible de différencier les départs chaufferie par usages (des zones de bâtiments à usages similaires).

Les chaufferies existantes seront converties en sous-stations, et les cuves fuel à déposer.

Cette conversion des chaudières individuelles au fuel s'accompagne d'une modification du fonctionnement relatif à la production d'ECS d'été.

En effet, afin d'éviter les pertes thermiques du réseau primaire en été et d'optimiser le recours à l'énergie solaire lorsqu'elle est maximale, l'ECS d'été sera produites localement dans les sous-stations, par des épingles électriques. Des ballons mixtes

sont donc à prévoir en sous-station. L'intérêt de recourir à une ECS électrique en hiver pourra être réétudiée lors des phases études, mais liée à la capacité de couvrir ces besoins par une énergie photovoltaïque.

Afin d'optimiser le très important potentiel solaire, tant au niveau de l'ensoleillement du site que de la disponibilité des surfaces en toiture ou ombrières, il est préconisé que les bâtiments de la zone nord-ouest, tous créés à l'occasion de l'opération Garrigues 2030, s'appuient principalement sur l'énergie électrique pour couvrir l'ensemble de leurs besoins.

Les toitures neuves pourront accueillir à la fois :

- des panneaux photovoltaïques destinés à des usages d'autoconsommation, et maximisés pour couvrir les besoins des bâtiments du site en été,
- des moquettes solaires thermiques, destinées à pré-chauffer l'eau relevée par des PAC pour les usages d'ECS.

3.3 La mise en place d'un système de pilotage centralisé

Afin de satisfaire les exigences réglementaires du décret BACS et du décret tertiaire, la mise en place des nouvelles installations doit nécessairement s'accompagner d'un raccordement à une gestion technique centralisée (GTC) permettant un contrôle de toutes les installations techniques, organes des chaufferies et des sous-stations, garantissant le réglage et l'ajustement des consignes depuis un poste technique central (consignes, programmes horaires, loi d'eau, mise en route / hors gel / saison, enregistrement des consommations,...).

Cette GTC devra répondre aux exigences de cyber-sécurité (pas de pilotage à distance, communications par réseau fibré sur site,...) et à ce titre, s'appuiera sur un réseau fibré qu'il sera pertinent de prévoir à l'occasion de la création du réseau de chaleur.

3.4 Points de vigilance

Ce scénario appelle différents points de vigilance :

- Production bois-gaz :
 - Le dimensionnement des chaudières devra permettre de favoriser au maximum le recours au bois, tout en prenant bien en compte l'évolution des besoins bâtimentaires et l'absence de modulation de puissance d'une chaudière biomasse. Il est vraisemblable que le dimensionnement soit limité à 60% bois – 40% gaz naturel compte tenu des importantes évolutions attendues,
 - Le stockage des plaquettes en silo enterré est préférable à un stockage en silo aérien mais les contraintes liées à la nature du sol seront à consolider (sol a priori rocheux),

- L'approvisionnement en biomasse locale (<100 km), issue de forêt gérée de manière durable, est un critère déterminant pour que l'approche proposée reste vertueuse,
- Les aménagements de voirie doivent permettre la desserte de la chaufferie depuis la voie publique, en tenant compte des rayons de giration des camions de plaquettes et de leurs manœuvres devant la chaufferie,
- Le réseau primaire de distribution de chaleur nécessitera vraisemblablement une dépollution pyrotechnique, et le dimensionnement des pompes devra tenir compte du dénivelé,
- La production et distribution de chaleur fera avantageusement l'objet d'un marché global de performance :
 - Périmètre : chaufferie, réseau primaire, sous-stations (y compris ECS) avec attentes pour les futurs bâtiments ou rénovations et GTC,
 - Prestations incluses : Conception – réalisation, P1 fourniture de chaleur (achat de chaleur sortie chaufferie), P2 maintenance, et P3 gros entretien renouvellement pour une durée d'environ 8 ans,
- Approvisionnement de la chaufferie centrale en gaz naturel :
 - Selon la localisation de la chaufferie centrale, une extension du réseau de gaz naturel pourra être nécessaire,
 - Cette extension génèrera vraisemblablement des besoins en dépollution pyrotechnique,
 - La capacité du réseau de gaz desservant le camp des Garrigues reste à vérifier auprès du gestionnaire de réseau au regard des besoins d'appoint et secours envisagés,
- Production photovoltaïque :
 - Le dimensionnement de la production photovoltaïque nécessitera d'être ajusté aux futurs besoins minimums dans l'année,
 - La capacité du réseau électrique existant à absorber l'injection de la production devra être vérifiée en fonction du dimensionnement de la production retenu,
 - L'accord du gestionnaire de réseau est nécessaire si une réinjection de surplus sur le réseau public national est envisagée (ainsi que la prise en compte de ses exigences techniques),
- Gestion du calendrier :
 - L'articulation calendaire de ces différentes opérations, et notamment la chaufferie centrale (dimensionnement et desserte actuelle et future) et le dimensionnement PV ou solaire thermique constitue un point très sensible.

Table des figures

FIGURE 1 : ÉVOLUTION DES DJU DE SAISON DE CHAUFFE ET VALEUR MOYENNE ADOPTÉE POUR LES CORRECTIONS CLIMATIQUES	3
FIGURE 2 : LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DU CAMP DES GARRIGUES	4
FIGURE 3 : CARTE DU CAMP DES GARRIGUES ET ZONES PYROTECHNIQUES	5
FIGURE 4 : DISTRIBUTION DES SURFACES BÂTIES	6
FIGURE 5 : RÉPARTITION DES BÂTIMENTS CHAUFFÉS PAR TYPOLOGIE	7
FIGURE 6 : CUMUL DU NOMBRE DE BÂTIMENTS ET DES SURFACES CHAUFFÉES	7
FIGURE 7 : DISTRIBUTION DE L'ÉTAT DES BÂTIMENTS (EN SURFACE) SOURCE : SIMEO, EXTRACTION LE 05/21	8
FIGURE 8 : RÉPARTITION DES CHAUDIÈRES PAR TYPE DE CARBURANT, EN NOMBRE ET EN PUISSANCE INSTALLÉE	9
FIGURE 9 : RÉPARTITION EN NOMBRE ET EN PUISSANCE CUMULÉE DES CHAUDIÈRES PAR TYPE DE CARBURANT	9
FIGURE 10 : PLAN DE MASSE PROJETÉ 4RMAT	10
FIGURE 11 : MIX ÉNERGÉTIQUE EN CONSOMMATION CORRIGÉ CLIMAT - 2020	11
FIGURE 12 : CONSOMMATIONS ET MIX ÉNERGÉTIQUES 2017 À 2020 CORRIGÉS CLIMAT	11
FIGURE 13 : CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES ANNUELLES	12
FIGURE 14 : CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES MENSUELLES	12
FIGURE 15 APPELS DE PUISSANCE ÉLECTRIQUE 2020, PAR PAS DE 10 MIN, PRÉSENTÉS CHRONOLOGIQUEMENT, DE JANVIER À DÉCEMBRE	13
FIGURE 16 APPELS DE PUISSANCE ÉLECTRIQUE 2020, PAR PAS DE 10 MIN, CLASSÉS PAR VALEUR	13
FIGURE 17 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE DE FOD CORRIGÉE CLIMAT	14
FIGURE 18 : CONSOMMATIONS MENSUELLES FOD CORRIGÉES CLIMAT	15
FIGURE 19 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE DE GAZ NATUREL CORRIGÉE CLIMAT	15
FIGURE 20 : CONSOMMATIONS MENSUELLES GAZ NATUREL CORRIGÉES CLIMATS	16
FIGURE 21 : ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ANNUELLE DE PROPANE CORRIGÉE CLIMAT	16
FIGURE 22 : CONSOMMATIONS MENSUELLES PROPANE CORRIGÉES CLIMATS	17
FIGURE 23 : ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (CORRIGÉES CLIMAT)	18

Table des tableaux

TABLEAU 1 : SYNTHÈSE DES BÂTIMENTS ET SURFACES DU CAMP DES GARRIGUES	6
TABLEAU 2 : APPEL DE PUISSANCE ÉLECTRIQUE (POINT 10') MINIMAL ET MAXIMAL ANNUEL	14
TABLEAU 3 : ÉMISSIONS ÉQUIVALENTES CARBONE 2018 – SANS CORRECTION CLIMAT	17
TABLEAU 4 : FACTEURS D'ÉMISSION DE RÉFÉRENCE	17