

ETABLISSEMENT PENITENTIAIRE CRISENOY (77)

PRE-FAISABILITE ENERGIES RENOUVELABLES

15 novembre 2022

REF : 2022.0528 E02 B

Rédigé par : M. HENNEQUIN
Validé par : A. GALLEGRO

Sommaire

1	Suivi des versions	3
2	Contexte	4
2.1	Contexte réglementaire	4
2.2	Contexte du site	5
3	Construction de la stratégie énergétique	6
3.1	Stratégie et cohérence avec la transition énergétique et environnementale actuelle	6
3.2	Stratégie adoptée sur le projet	6
4	Analyse des besoins énergétiques	8
4.1	Description des besoins estimés	8
4.2	Programmation	8
4.3	Bilan énergétique	9
5	Inventaire du potentiel en énergies renouvelables	11
5.1	Les réseaux de chaleur	11
5.2	La géothermie	12
5.3	Les énergies de récupération	15
5.4	La biomasse	17
5.5	L'énergie solaire	19
5.6	L'éolien	22
5.7	Bilans atouts / contraintes	23
6	Proposition de scénarios énergétiques à étudier	25
6.1	Scénario 1 (Base) – Chaudière gaz, solaire thermique et groupe froid	25
6.2	Scénario 2 – Chaudière biomasse avec appoint gaz, groupe froid	25
6.3	Scénario 3 – Géothermie sur nappe superficielle avec PAC Air/Eau	26
7	Analyse technico-économique	26
7.1	Hypothèses	26
7.2	Description des indicateurs économiques	27
7.3	Description des indicateurs environnementaux	27
7.4	Scénario 1 – Base	28
7.5	Scénario 2 – Chaudière biomasse appoint gaz et groupe froid	31
7.6	Scénario 3 – PAC Air/Eau et PAC Eau/Eau sur géothermie	34
7.7	Scénario 3.bis – PAC Eau/Eau sur géothermie (hors GMI)	36
8	Synthèse	38
8.1	Bilan environnemental	38
8.2	Bilan financier	41
8.3	Conclusion	43
9	Glossaire	45

1 Suivi des versions

Indice	Date	Commentaire
A	30/09/2022	Première version
B	15/11/2022	Mise à jour des données, création d'un scénario de géothermie hors GMI.

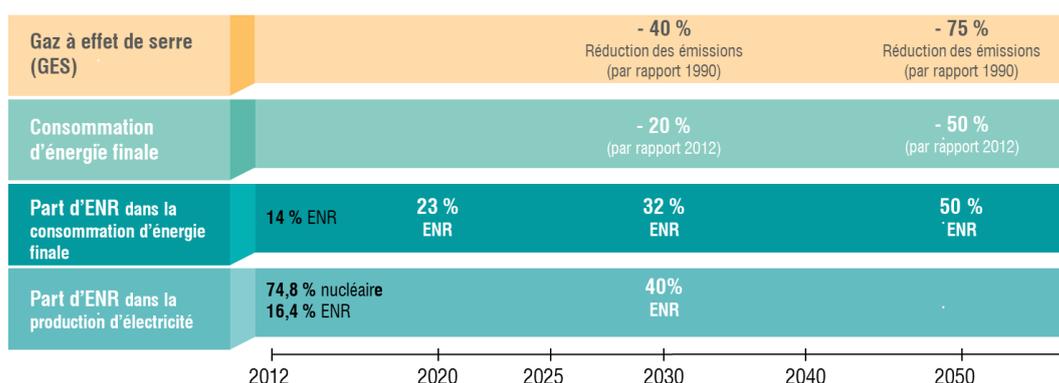
2 Contexte

L'opération concerne la construction d'un établissement pénitentiaire d'une capacité de 1000 places d'une surface d'environ 50 000 m² SDP en région Ile-de-France dans le département de la Seine-et-Marne (77). Le site retenu pour réaliser le projet est situé à Crisenoy, à environ 10 km au Nord-Est du centre-ville de Melun. Il est actuellement occupé par de grandes parcelles agricoles encore exploitées (blé et colza).

2.1 Contexte réglementaire

La transition énergétique est un enjeu fondamental du 21^{ème} siècle. Afin de relever ce défi, la France se doit de mener une politique exemplaire pour lutter efficacement contre le réchauffement climatique et réduire le recours aux énergies fossiles. La transformation du modèle énergétique permet de favoriser l'emploi, d'encourager l'innovation et d'augmenter le pouvoir d'achat grâce aux économies d'énergie. La loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) explicite les objectifs à venir pour le pays :

- **Réduire de 40%** les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2030 et **diviser par 4** les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050.
- **Réduire de 50%** la consommation énergétique finale en 2050 par rapport à la référence 2012.
- **Porter à 32%** la part des énergies renouvelables (EnR) de la consommation finale d'énergie en 2030 et à **40%** dans la production d'électricité.



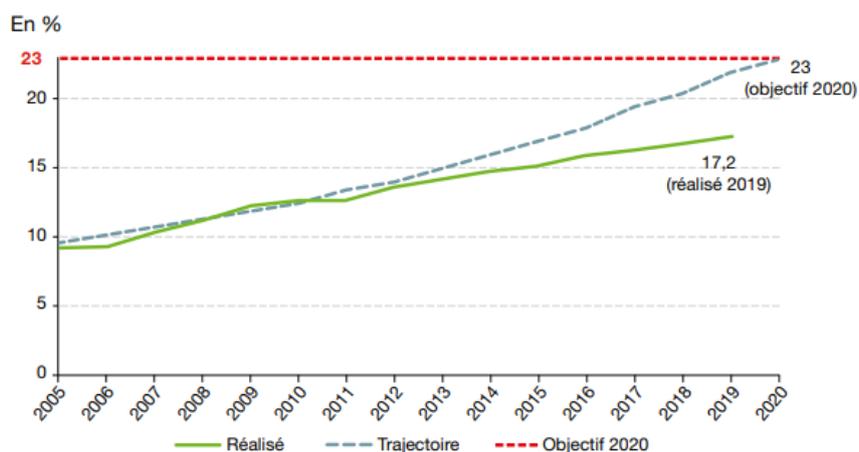
Récapitulatif des objectifs de la LTECV – Vizea

Une nouvelle loi venant compléter la LTECV a été adoptée en 2019 : **la Loi Energie Climat (LEC)**. L'objectif de cette loi est d'**atteindre la neutralité carbone à l'échéance 2050**. Elle se concentre sur trois objectifs principaux à savoir :

- Décarboner le mix énergétique en accélérant la baisse de la consommation d'énergies fossiles à 40% en 2030 (au lieu de 30%) et mettre fin à la production d'électricité à partir du charbon.
- Transformer notre modèle énergétique avec des objectifs réalistes, en portant le délai à 2035 pour la baisse de la part de nucléaire dans le mix énergétique.
- Evaluer la mise en œuvre des engagements dans tous les secteurs en créant le Haut Conseil pour le climat, chargé notamment d'étudier les décisions prises par l'état et de recommander des actions en faveur de la lutte contre le dérèglement climatique.

Cette loi vient ainsi renforcer les ambitions politiques énergétiques de la France, en cohérence avec la **Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE)** et la **Stratégie Nationale Bas-Carbone**.

PART DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LA CONSOMMATION FINALE BRUTE D'ÉNERGIE



Trajectoire de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie en 2019 – Statistique.Développement-Durable.gouv.fr

Compte tenu de la variabilité du prix des énergies fossiles, le recours à des énergies renouvelables permet d'avoir une vision plus claire du coût de fourniture d'énergie. En effet, même s'il n'est pas possible de prédire précisément le prix de l'électricité ou du gaz à court terme, il est certain que sur une période de 20 ans (la durée de vie d'un système énergétique), la hausse des prix sera très importante.

En identifiant les potentiels en énergie renouvelables disponibles pour le site du future établissement pénitentiaire, l'objectif est d'orienter le projet vers une stratégie énergétique efficace à différents niveaux : économique, technique et environnemental.

2.2 Contexte du site

La parcelle retenue pour réaliser le projet est située à Crisenoy (à la frontière de la commune de Fouju), à environ 10 km au Nord-Est du centre-ville de Melun. Elle est actuellement occupée par de grands espaces agricoles, dont la plupart sont encore exploités (blé et colza).

3 Construction de la stratégie énergétique

3.1 Stratégie et cohérence avec la transition énergétique et environnementale actuelle

La construction d'une stratégie énergétique cohérente repose sur plusieurs leviers. En effet, cette stratégie ne doit pas seulement concerner la production d'énergie renouvelable mais elle doit absolument intégrer les besoins initiaux et les consommations qui s'en suivent. L'objectif est donc de préciser et réduire au mieux les besoins, d'adapter les systèmes de production en conséquence et d'éviter ainsi les surconsommations. Ainsi, on adopte le principe selon lequel l'énergie la moins polluante et la moins coûteuse est celle qui n'est pas consommée.



Sobriété, efficacité énergétique et énergies renouvelables (Negawatt.org)

La sobriété énergétique est une démarche de modération qui consiste en une utilisation réfléchie de l'énergie utilisée avec une priorisation des besoins : utiliser l'énergie pour les bons usages et uniquement lorsqu'elle est nécessaire.

Les systèmes énergétiques sont sollicités dans un second temps, pour satisfaire les besoins qui ne peuvent être évités. Il est par exemple difficile de réduire le besoin d'ECS (lié aux usages uniquement), alors qu'il est aisé d'agir sur la réduction des besoins de chauffage (bio-climatisme, étanchéité à l'air, isolation ...).

Les énergies renouvelables permettent de couvrir tout ou partie de ces consommations et présentent des impacts environnementaux largement réduits par rapport aux énergies fossiles.

3.2 Stratégie adoptée sur le projet

Les besoins d'énergie des bâtiments ont été calculés sur la base de la nouvelle réglementation environnementale des bâtiments, RE2020 (soit un niveau RT2012-30%) démontrant une volonté d'exemplarité énergétique environnementale et énergétique. Si les besoins des bâtiments tertiaires et restauration ont pu être approximés par les usages RT2012 déjà existants, les besoins des bâtiments d'hébergements pénitentiaires se distinguent des logements collectifs classiques (occupation, de surfaces différentes...). L'APIJ, accompagnée par le bureau d'études TRIBU Energies, a ainsi développé un nouveau scénario RT2012 pour la typologie hébergement pénitentiaire, qui a servi de base pour le calcul des besoins des quartiers d'hébergements.

Pour rappel, le calcul du CEPmax pour un bâtiment de logements collectifs utilise la formule suivante :

$$CEP_{max} = 50 * M_{Ctype} * (M_{Cgéo} + M_{Calt} + M_{Csurf} + M_{C GES})$$

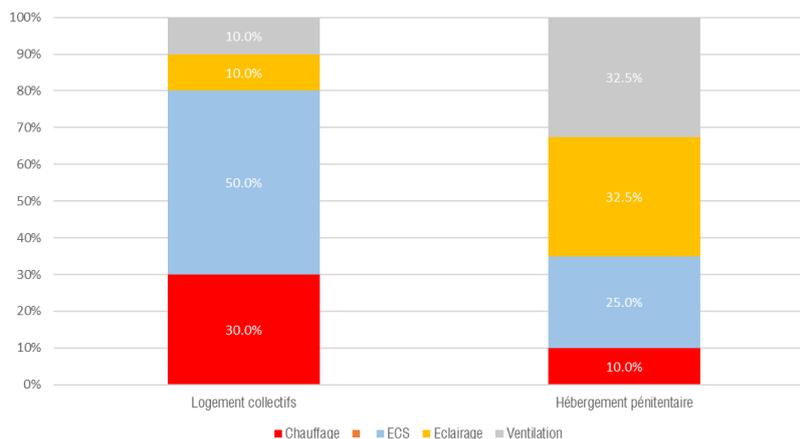
Avec le coefficient M_{Ctype} variant entre 1 et 1.2 selon la catégorie CE1 ou CE2.

La formule utilisée pour le calcul du CEPmax d'un usage hébergement pénitentiaire est la suivante :

$$CEP_{max} = 50 * M_{type} * (M_{géo} + M_{calt} + M_{surf} + M_{c\ GES} + M_{c\ ECS})$$

Où le coefficient M_{type} est ici égal à 4,4 afin de représenter l'occupation presque permanente. Le coefficient $MC\ ECS$ est lui fonction du nombre de lit par m².SRT.

Appliqué au projet, le calcul du Cep,max sur les quartiers d'hébergements donne 211.64 kWh/m².SDP. Cependant l'objectif est RT2012-30%, donc il faut réduire le Cep max de 30%. **L'objectif final, équivalent à la RE2020, est donc 148,15 kWh/m².SDP.**



Part des besoins énergétiques selon les postes réglementaires

Les consommations sont ainsi bien supérieures à ceux d'une typologie logement collectif du fait du coefficient M_{type} et leur répartition est différente avec des besoins en électricité notamment plus présents dans la répartition totale.

Une performance des systèmes sera recherchée pour limiter les impacts là où des besoins d'énergie sont nécessaires : la meilleure solution consistera en un compromis entre les aspects techniques – économiques – environnementaux.

Les énergies renouvelables bien que nécessitant souvent de lourds investissements permettent d'améliorer le bilan environnemental de l'opération par rapport à des approvisionnements en énergie conventionnelle. Dans la suite du document, l'applicabilité d'un panel de solutions à énergie renouvelable sera étudiée pour déterminer différents scénarios d'approvisionnement énergétique et orienter le projet.

4 Analyse des besoins énergétiques

4.1 Description des besoins estimés

Les besoins estimés dans la présente étude sont séparés dans les 4 catégories suivantes :



Besoins de chauffage : chauffage des bâtiments. Il ne s'agit pas d'un calcul réglementaire. En effet, l'objectif est ici d'être le plus proche de la réalité possible. Les besoins sont estimés sur la base des niveaux RE2020, correspondant à des niveaux RT2012-30%.



Besoins d'ECS : besoin d'eau chaude sanitaire. Le besoin d'ECS ne dépend que très peu de l'enveloppe du bâtiment. Le facteur le plus influent est en effet l'occupation et la typologie de ce bâtiment.



Besoins de froid : dans une logique de conception bioclimatique, il n'a pas été considéré de besoins de froid pour les espaces assimilés à des logements collectifs sur cette étude¹. Les besoins de froid sont ainsi localisés dans les parties restauration (process cuisine) et assimilées tertiaires.



Besoins d'électricité : ensemble des postes réglementaires consommant de l'électricité (éclairage, ventilation, auxiliaires).

4.2 Programmation

Les bâtiments pris en compte dans le projet sont ceux détaillés dans le programme fonctionnel. Les usages suivants ont été considérés pour les espaces du projet :

- **Hébergement pénitentiaire** : QIQD-UDV / UVF / personnel hors détention / personnel hors enceinte (hébergement temporaire) / QAE / QMA / QCD / Qrespect / SMPR (unité d'hébergement).
- **Tertiaire** : Entrée / Accueil / Hall / Unité de formation / Locaux divers (syndicat, support, médias, annexes...) / Locaux sportifs / Bureaux / Armurerie / Vestiaire / Greffe / Administration / PCD / Parloirs / LPED-ELSP / Locaux communs des quartiers / Unité sanitaire / PIPR / Espace de surveillance / Atelier de maintenance
- **Restauration** : Personnel hors enceinte (mess & cafétéria), service personne (restauration détenus).
- **Equipement scolaire** : Espace d'enseignement en PIPR / Atelier de production et formation.

Usages RT	Performance	SU (en m ²)	%	SRT (en m ²)	%
Habitat collectif	RE2012-30%	13438,0	41%	28224,5	47%
Tertiaire		10375,0	32%	18628,7	31%
Restauration		1801,0	5%	2743,4	5%
Equipement scolaire		7258,0	22%	10556,0	18%
Total		32872	100%	60153	100%

Nota : Le niveau de performance RT2012-30% correspond aux standards annoncés pour la RE2020.

¹ En phase études, le concepteur devra préciser les moyens mis en œuvre pour assurer le confort d'été (ventilation mécanique surdimensionnée, ventilation double flux avec batteries froides...)

4.3 Bilan énergétique

L'étude des consommations énergétiques permet de connaître la répartition entre les 4 catégories de consommations présentées ci-dessous. Ces dernières qui prennent en compte aussi bien les usages réglementaires que ceux hors réglementation (process cuisine par exemple) sont estimés à partir de retours d'expérience. Les 4 catégories de besoins sont :

- Chauffage ;
- Rafraichissement ;
- Eau Chaude Sanitaire (ECS) ;
- L'électricité.

Les hypothèses relatives aux besoins en énergie et aux puissances nécessaires proviennent des retours d'expérience RT2012 Vizea et de l'APIJ :

- **Tertiaire** : l'ensemble des consommations estimées sont issues des retours expérience Vizea et à partir des ratios CEPmax – 30% ;
- **Hébergement pénitentiaire** : les consommations sont calculées à partir des ratios CEPmax -30% issus du document de définition des exigences RT2012 de l'APIJ. Les consommations ECS sont, elles, calculées à partir d'une consommation de 35L/jour/détenu (hors process restauration).
- **Restauration** : la consommation de la restauration est issue des retours d'expérience Vizea. Les consommations ECS sont également calculées à partir d'une consommation de 5 L/repas à raison de 3 repas par jour par détenu.
- **Enseignement** : l'ensemble des consommations estimées sont issues des retours expérience Vizea et à partir des ratios CEPmax – 30%.

Il est à noter que :

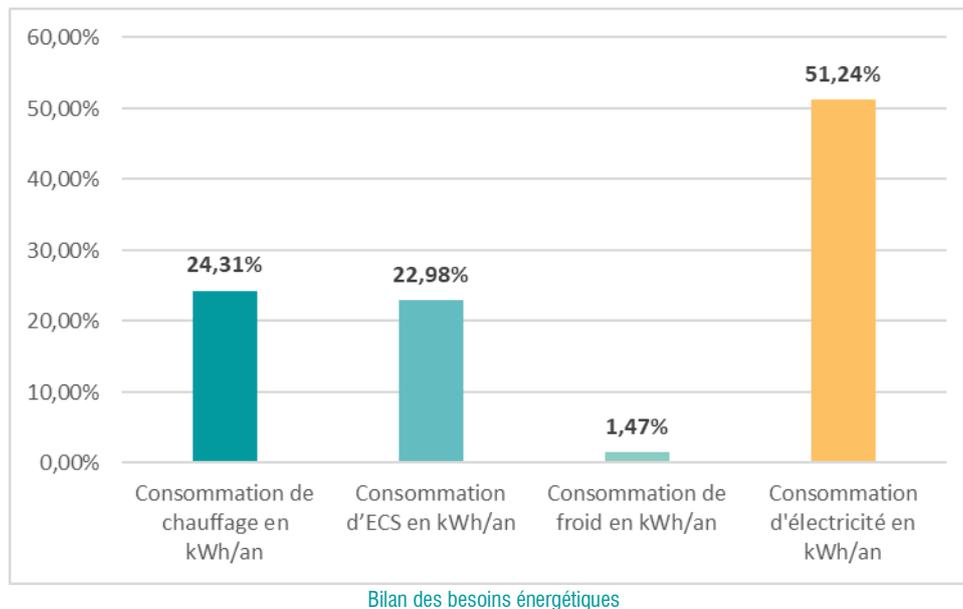
- Les usages spécifiques de l'électricité ne sont pas pris en compte ;
- Les valeurs des consommations sont adaptées en fonction des plages d'occupation pour certains usages associés « tertiaires » (ex : espace de sport, sas d'entrée, parloir...).

Usages RT	Performance	SRT (m ²)	Consommation de chauffage en kWh/an.m ²	Consommation d'ECS en kWh/m ² .an	Consommation de froid en kWh/m ² .an	Consommation d'électricité en kWh/m ² .an
Hébergement pénitentiaire	RT2012-30%	28 224	27,80	35,84	0,00	84,50
Restauration		2 743	16,05	131,75	34,39	71,91
Tertiaire		18 629	25,00	2,00	0,00	26,90
Enseignement		10 556	25,01	5,95	0,00	19,09

Ratios des consommations nécessaire par typologie de bâtiment et usage

Usages RT	Performance	SRT (m ²)	Consommation de chauffage en kWh/an	Consommation d'ECS en kWh/an	Consommation de froid en kWh/an	Consommation d'électricité en kWh/an	Puissance chaud (kW)	Puissance froid (kW)
Hébergement pénitentiaire	RT2012-30%	28224	784 641	1 011 619	0	2 385 075	710	0
Restauration		2743	44 033	361 435	94 357	197 269	107	86
Tertiaire		18629	465 719	37 257	0	501 113	300	0
Enseignement		10556	263 975	62 851	0	201 501	184	0
Total		60153	1 558 368	1 473 163	94 357	3 284 958	1301	86
Part		-	24,31%	22,98%	1,47%	51,24%		

Bilan des besoins énergétiques



Les besoins en électricité (51.24%) sont les plus importants principalement du fait des besoins d'éclairage et de ventilation élevés des zones hébergement pénitentiaire occupées de manière presque permanente.

Les besoins de chauffage (24.31%) et d'ECS (22.98%) sont équivalents : l'ECS est répartie entre la restauration et les zones d'hébergement, le chauffage est réparti principalement entre les espaces tertiaires et les hébergements.

Enfin, les besoins de froid (1.47%) sont les moins élevés : seul l'espace restauration est partiellement refroidi. Le programme technique privilégiant en priorité les solutions de rafraîchissement passive, le refroidissement des bureaux et des cellules est considéré nul.

Les puissances de chaud ont été définies à travers des retours d'expérience Vizea.

- **Hébergement pénitentiaire** : Il est considéré un chauffage des locaux pendant 7 mois de l'année et de l'ECS en continu.
- **Restauration** : Il est considéré de l'ECS 14 heures par jour tous les jours de l'année. Le chauffage est lui allumé pendant 7 mois de l'année de 7h à 21h. Une diminution de la température la nuit a été considérée. Enfin, un rafraîchissement est considéré 7h par jour dans les locaux de restauration.
- **Tertiaire/Enseignement** : Il est considéré un chauffage des locaux pendant 7 mois de l'année avec une diminution de la température la nuit. L'utilisation de l'ESC est considérée actif 8h par jour toute l'année.

La stratégie énergétique dépend en grande partie des besoins énergétiques. La première étape d'une stratégie énergétique vertueuse est donc de limiter les besoins avant de limiter les impacts liés à la production.

5 Inventaire du potentiel en énergies renouvelables

5.1 Les réseaux de chaleur

5.1.1 Les réseaux de chaleur existants

La commune de Melun est équipée d'un réseau de chaleur urbain alimenté par :

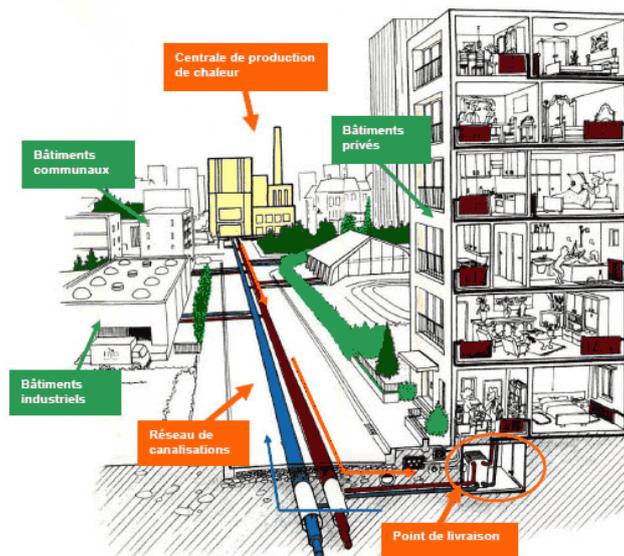
- Un doublet de géothermie d'une puissance de 11 MW ;
- Une usine de valorisation énergétique des déchets de Vaux-le-Pénil ;
- Deux moteurs de cogénération de 4 MW thermiques et 4 MW électriques
- Trois chaudières gaz d'une puissance totale de 36 MW

Ce réseau apparaît trop éloigné du site de l'opération pour envisager un raccordement.

5.1.2 Création d'un réseau de chaleur

Dans le but de mutualiser les équipements de production de chaleur, une solution consiste à créer un mini-réseau de chaleur au sein de la zone étudiée. Ce réseau est alors composé de l'unité de production, du réseau de canalisations ainsi que des points de livraison au sein des différents bâtiments.

Pour une puissance inférieure à 2MW il n'est pas nécessaire de réserver une emprise spécifique pour les équipements de production de chaleur, les chaufferies peuvent être intégrées aux bâtiments (en sous-sol ou rez-de-chaussée). Il faut alors prévoir un espace pour l'implantation de la chaufferie.



Principe de fonctionnement d'un réseau de chaleur

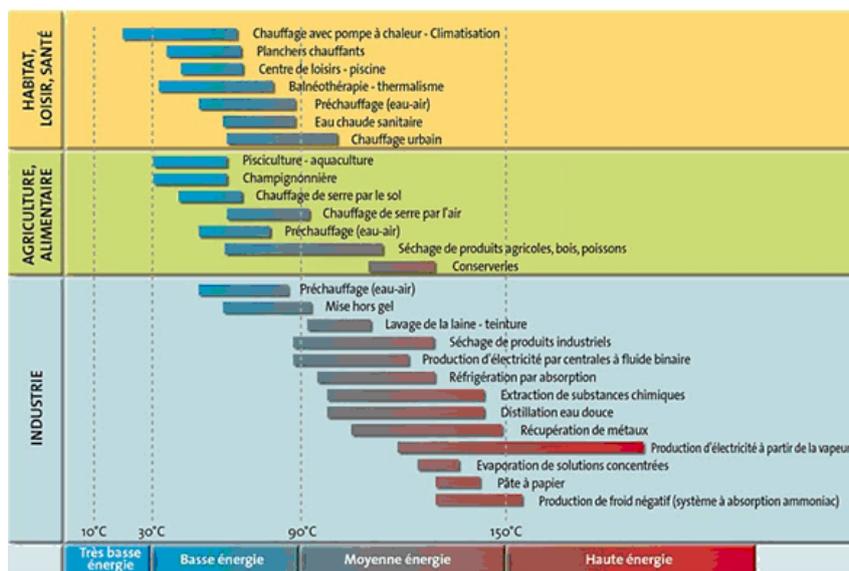
La création d'un réseau de chaleur à l'échelle de l'établissement pénitentiaire peut s'avérer intéressante devant le nombre de bâtiments différents à alimenter en chaleur. L'idée de cette création sur l'échelle du site entier réside plutôt dans la mutualisation des équipements afin d'avoir un seul local technique dédié à la création de chaud/froid.

La création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC des Bordes pourrait également être envisagée mais sort du cadre de cette étude et présente un certain nombre de contraintes :

- Distances entre les différents bâtiments ;
- Bâtiments tertiaire/activités n'ayant que peu de besoins ;
- Temporalité entre les différents aménagements ;
- Discussions en cours sur la création de la ZAC.

5.2 La géothermie

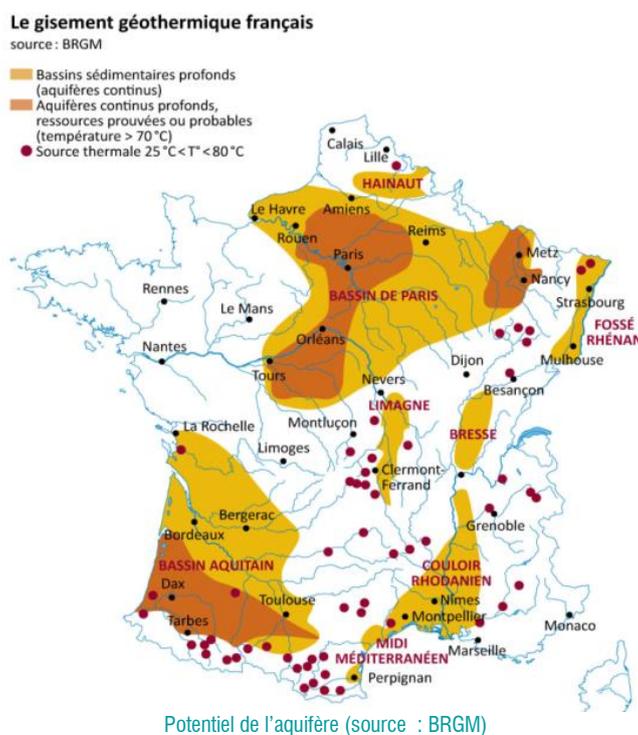
Il existe plusieurs types de géothermie, les différences sont principalement dues à la profondeur de la ressource, et donc à la température du gisement. Ces types de géothermie sont représentés sur la figure suivante :



Les solutions géothermiques en fonction de la température – Canadian GeoExchange Coalition

5.2.1 Géothermie sur aquifère profond

La géothermie sur aquifère profond, ou géothermie basse énergie, repose sur l'utilisation directe de la chaleur de l'eau chaude contenue dans les aquifères (couches géologiques poreuses imprégnées d'eau) profonds.

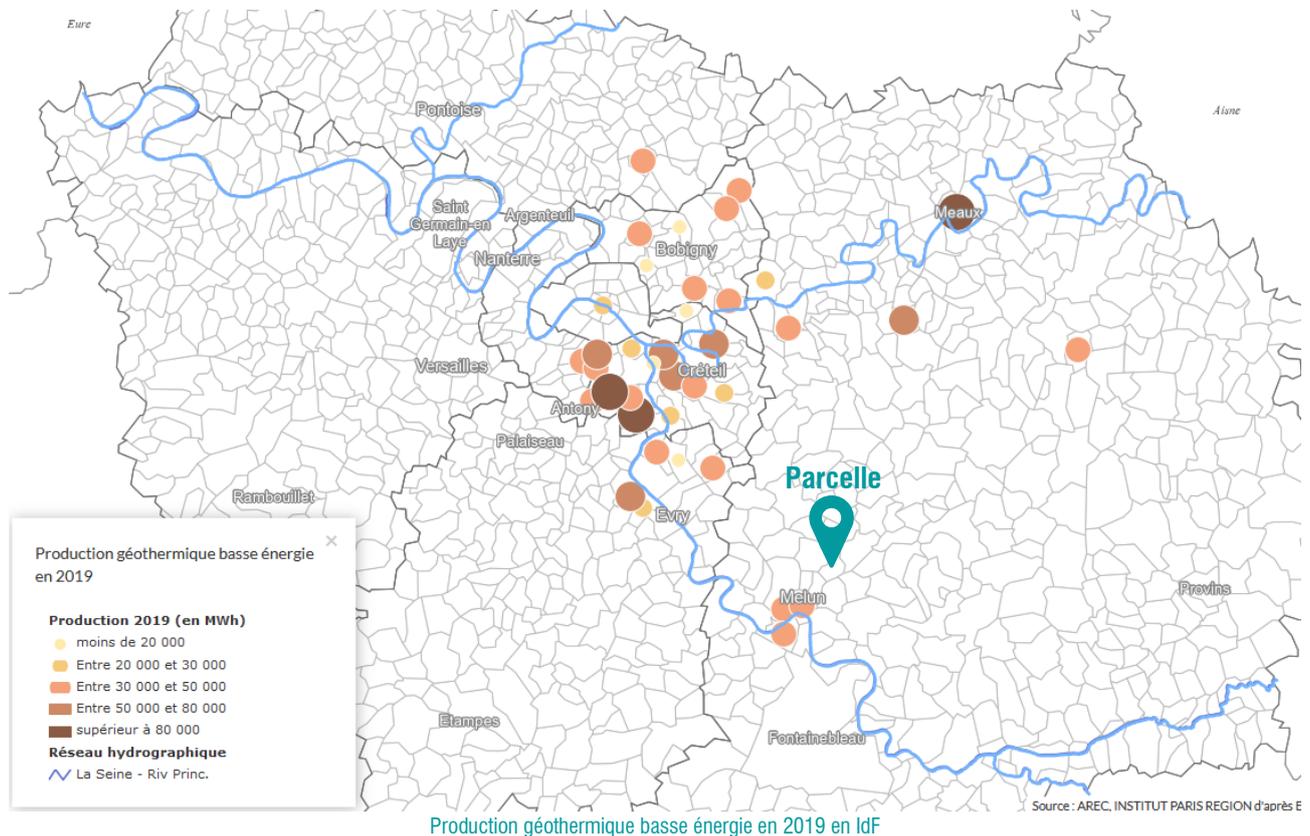


Les coûts d'investissement particulièrement importants de cette solution nécessitent des besoins de chaleur très élevés afin de rentabiliser les investissements de forage. La mise en place d'un réseau de chaleur alimenté en géothermie profonde présente un réel intérêt économique à partir de puissances mises en jeu de l'ordre de 10 MW.

La puissance nécessaire à la production d'énergie sur le projet n'est pas suffisamment élevée pour que la géothermie profonde présente un intérêt.

5.2.2 Géothermie sur nappe superficielle

Une pompe à chaleur (PAC) sur nappe superficielle vient puiser des calories et/ou frigories dans une nappe située à une profondeur généralement inférieure à 100 mètres du niveau du sol. Ce système est réversible et permet de produire du chaud et du froid.



Une nappe (Nappe de l'Eocène moyen et inférieur) libre est présente au niveau du site retenu dont la profondeur est comprise entre 31 et 40m de profondeur. Le débit de la nappe est supérieur à 100 m³/h pour une épaisseur de 75 à 150m. L'eau est peu minéralisée et sa transmissivité² est supérieur à 0.01 m²/S.

La solution géothermie superficielle pourrait être intéressante, en l'associant à des systèmes d'appoint pour assurer la production de chaleur et de froid sur le projet. D'après les données actuellement disponibles, deux doublets seraient nécessaires afin de répondre aux besoins de chaud et de froid de l'opération.

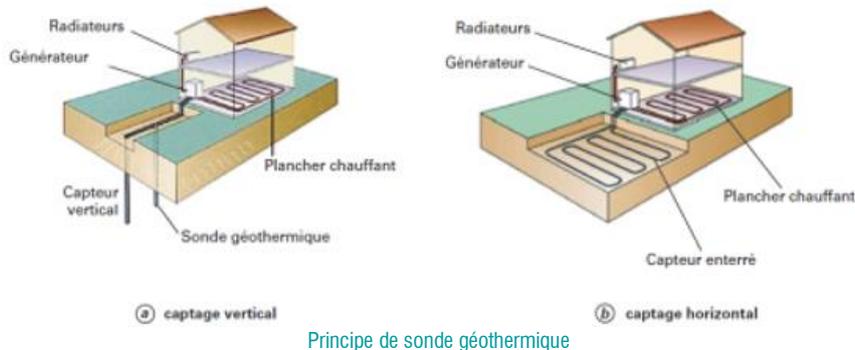
Néanmoins, afin de s'affranchir des contraintes administratives et des délais associés, les conditions de Géothermie de Minime Importance (GMI) seront à respecter : notamment puissance de l'installation inférieure à 500 kW, profondeur de forage inférieure à 200m, la température de l'eau extraite inférieure à 25°C et débit inférieur à 80m³/h.

Les données concernant l'exploitation de la nappe pour la géothermie manquent actuellement de précisions. Afin de permettre à la MOE de réaliser au mieux les études de conception, il sera nécessaire de réaliser une pré-étude de conception permettant de fiabiliser les données de la nappe et notamment la puissance disponible. Cette étude permettra ainsi de statuer sur la possibilité de pomper et réinjecter l'eau dans la nappe sans risque.

² La transmissivité d'un aquifère représente la capacité d'un aquifère à mobiliser l'eau qu'il contient

5.2.3 Champ de sondes

La géothermie sur champ de sondes met à profit la chaleur du sol dont la température est relativement constante tout au long de l'année en extrayant ses calories au moyen d'un fluide caloporteur. A faible profondeur, ces capteurs sont sensibles aux changements de températures et profitent de l'exposition au soleil du sol dans lequel ils sont enfouis.



Le dimensionnement des systèmes de chauffage alimentés par des sondes géothermiques est fonction de la surface au sol disponible puisque même si ces sondes sont implantées verticalement dans le sol, elles nécessitent un écartement minimum de 10 mètres entre elles afin de ne pas engendrer d'interférences thermiques.

Pour le captage vertical, une profondeur de 100 m est suffisante pour s'affranchir des variations de température journalières et saisonnières où la température est constante autour de 14 °C. Une telle sonde correspond à une puissance géothermique de l'ordre de 7.5 kW. Ces systèmes sont donc généralement destinés à l'alimentation d'un ou plusieurs bâtiments.

Pour éviter un investissement trop important et des forages trop nombreux, on associe généralement ce système à une énergie d'appoint. Le recours à cette technologie constitue donc davantage une alternative de production énergétique qu'une source principale de production.

Au total, environ 80 sondes (soit plus de 6 000 m²) seraient nécessaires pour obtenir la même puissance qu'une installation d'un forage de géothermie sur nappe superficielle. La parcelle faisant environ 33 hectares, le champ de sonde représenterait environ 2% de la surface de la parcelle. Il est cependant possible d'intégrer les sondes directement aux fondations profondes d'un bâtiment, cela permet de réduire l'impact surfacique d'un champ de sonde. Du fait de la présence d'une nappe superficielle et pour limiter l'emprise au sol, cette solution n'est pas très pertinente. La nappe superficielle présente sous la parcelle possède un potentiel très fort.

La géothermie sur champ de sondes horizontales n'apparaît pas pertinente sur le projet : une très grande superficie est nécessaire et l'espace au sol doit être libre de toute construction. De plus, les performances sont généralement moindres que pour des sondes verticales.

5.3 Les énergies de récupération

5.3.1 Récupération de chaleur sur eaux grises passives

Lors de leur évacuation, les eaux usées ont une température moyenne comprise entre 10 °C et 20 °C (selon la région considérée et les saisons). Elles sont issues principalement des cuisines, douches, lave-linge et lave-vaisselle.

La récupération d'énergie via les eaux grises consiste à préchauffer l'eau froide destinée à l'ECS par un échange thermique avec les eaux grises évacuées. Ce dispositif passif permet une réduction de 20 à 30 % sur les consommations d'ECS. Il est particulièrement adapté aux usages type logements collectifs avec une production centralisée de l'ECS.



Exemple d'installation (source : GAIA GREEN)

Ce type de dispositif possède généralement un temps de retour de 3 à 6 ans suivant les contraintes et les caractéristiques des projets.

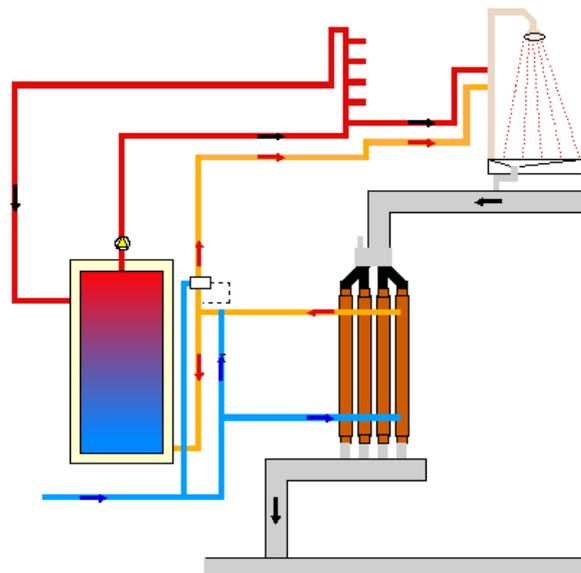


Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux grises (source : GAIA GREEN)

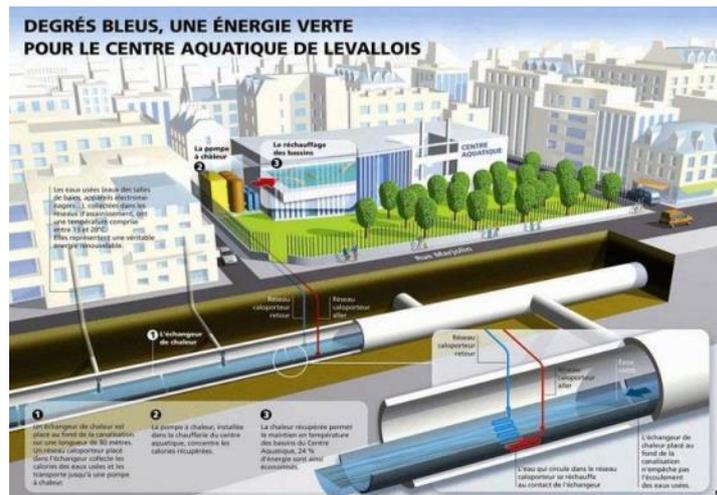
Les besoins d'ECS élevés pour les bâtiments d'hébergement rendent assez intéressant ce type de système. Il pourrait également être envisagé sur les espaces de restauration.

5.3.2 Récupération de chaleur sur eaux grises avec système de production

Les calories des eaux usées peuvent être utilisées pour le chauffage ou le refroidissement des bâtiments. Fonctionnant sur le même principe qu'une VMC double flux pour l'air, un échangeur thermique permet de récupérer les calories des eaux grises et de les transférer aux bâtiments via une pompe à chaleur.

Le système est par ailleurs réversible, il permet de rafraîchir les bâtiments en été lorsque la température des eaux usées est inférieure à la température intérieure des bâtiments.

Cette technologie peut alimenter un réseau de chaleur ou des bâtiments individuellement. Un projet adéquat se caractérise par des besoins en chauffage supérieurs à 800 MWh.



Principe du système de récupération de chaleur du centre aquatique de Levallois – Enviro2B.com

Les conditions minimales nécessaires à la mise en place de ce type de solution énergétique sont :

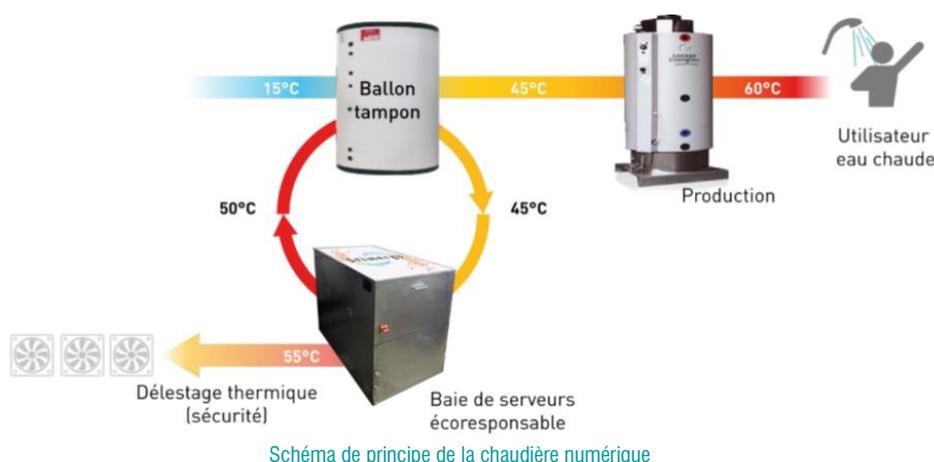
- Un débit supérieur ou égal à 12 l/s ;
- Une distance entre le réseau d'eaux usées et les locaux à chauffer limitée à 200 - 300 m ;
- Pour les réseaux existants, un diamètre de collecteur supérieur ou égal à 800 mm ;
- Pour les réseaux neufs, un diamètre de collecteur supérieur ou égal à 400 mm.

Les besoins en chaleur du projet sont trop faibles pour envisager cette solution.

5.3.3 Chaudière numérique

Il est possible de réduire les consommations d'eau chaude sanitaire en mettant en œuvre une « chaudière numérique ». Cette solution très innovante, s'avère être simple et responsable, car elle valorise l'énergie fatale dégagée par des serveurs informatiques pour préchauffer l'eau chaude sanitaire à hauteur de 50%.

La société STIMERGY, qui commercialise le produit, se préoccupe donc d'héberger des données sur disques durs dans une « boîte » à l'intérieur même de la chaufferie. La chaleur ainsi dégagée est récupérée et acheminée vers un ballon de stockage.



La sécurité et la maintenance de l'installation sont assurées par STIMERGY en direct. Le réseau secondaire, en sortie de chaufferie est traditionnel avec une distribution via les gaines techniques. Ainsi, à l'image d'un réseau de chaleur, la chaudière numérique offre l'avantage de fournir une quantité de chaleur annuelle garantie de manière contractuelle.

Les prérequis pour l'installation de cette solution sont :

- Un local aux normes chaufferie ;
- Une hauteur sous plafond minimum de 2.20m ;
- Un préparateur ballon ECS pour collectif ;
- Un système de ventilation haute et basse ;
- Une résistance au sol supérieure à 500 kg/m² ;
- Une arrivée hydraulique pour connecter l'échangeur ;
- Une arrivée électrique depuis un point de livraison dédiée à la salle serveurs ;
- Un lieu d'implantation éligible à la fibre et une réservation de câblage pour la fibre numérique.

Cette solution innovante est particulièrement intéressante pour réduire la consommation en ECS qui est indépendante de la performance du bâti. Elle nécessite une forte consommation en ECS. Au vu des normes de sécurité du centre pénitentiaire, cette solution paraît difficile à mettre en œuvre.

5.4 La biomasse

La ressource bois peut être utilisée sur le projet, néanmoins l'approvisionnement du silo de stockage devra se faire depuis l'extérieur de l'enceinte et le dimensionnement et positionnement de celui-ci ne doivent pas constituer un obstacle au champ de vision de la protection périmétrique.

5.4.1 Equipement collectif

Le bois énergie peut être utilisé comme ressource principale d'un réseau de chaleur. Dans le cas où la puissance de chauffage nécessaire est inférieure à 2MW il n'est pas nécessaire d'avoir un bâtiment dédié pour la chaufferie : celle-ci peut être implantée en sous-sol ou en rez-de-chaussée.

Un équipement collectif implique une consommation relativement importante et donc un approvisionnement en combustible en conséquence. Un équilibre est à trouver entre la place dédiée au stockage de combustible et la fréquence de livraison du combustible.

La problématique de l'approvisionnement devra être intégrée rapidement par le concepteur si le projet s'oriente vers une solution biomasse : accès des livraisons, surfaces dédiées dans un ou plusieurs bâtiments.



Livraisons de granulés par camion souffleur

5.4.2 Ressources

Energif (base de données ROSE, 2019) montre une utilisation importante de la ressource bois-énergie dans le département de Paris et sa petite couronne. La ressource bois-énergie est moins répandue autour de Crisenoy.

Les chaufferies biomasse en Île de France



Webinaire - Panorama et enjeux-clefs des chaufferies biomasse en Île-de-France

Chaufferies bois automatiques collectives en fonctionnement en Occitanie

En 2019, 67% de la biomasse consommée est produite en Ile-de-France, et 62% de cette biomasse est composé de plaquette forestières et assimilées.

Des fournisseurs de bois déchiqueté et de granulé existent dans un rayon de 50km autour de Crisenoy.

Nom	Buche	Granulés	Distance au site	Mode de livraison
GM Distribution		X	11 km	Non précisé
ETS Forestière SARL Berisha	X		7 km	Non précisé
SG Bois	X		7 km	Livraison big bag 1t

Le bois énergie peut être sollicité pour satisfaire les besoins de chaleur en système collectif ou en réseau de chaleur. Cependant il nécessite une emprise suffisamment importante pour l'implantation de la chaufferie, du stockage et de la livraison des combustibles. Ce choix doit donc être intégré dès la conception des bâtiments pour anticiper les contraintes d'espace des systèmes techniques et les problématiques de stockage et livraison. Un appoint gaz est souvent utilisé en complément.

Dans le cas où cette solution serait choisie, l'approvisionnement du silo devra se faire depuis l'extérieur de l'enceinte pour être conforme aux exigences du programme technique.

5.5 L'énergie solaire

Les données estimées par l'outil Cal-Sol de l'Institut National de l'Energie Solaire permettent d'estimer le gisement solaire à 1213 kWh/m²/an pour les zones les plus exposées (sans ombrages), les mieux inclinés (30°) et les mieux orientées (plein sud).

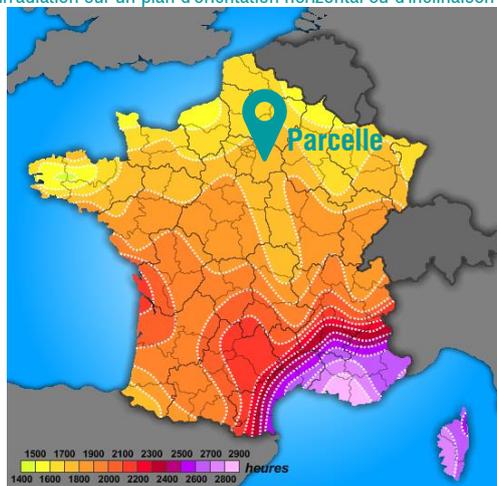
Irradiation sur un plan horizontal en kWh/m² par jour ☉ ou en kWh/m² cumulés ☺ [Sources](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Globale (IGH)	29	43	82	117	150	167	160	143	104	60	32	22	1109
Directe (IBH)	9	15	32	50	66	79	72	68	49	23	10	6	479
Diffuse (IDH)	20	29	49	67	84	88	88	75	55	37	22	16	630

Irradiation sur un plan d'inclinaison 30° et d'orientation 0° avec le masque. [COMPARAISONS](#)

Irradiation :	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Directe (IBP)	22	28	49	61	70	78	73	77	67	41	23	16	604
Diffuse (IDP)	18	27	46	62	78	82	82	70	52	35	20	15	587
Réfléchie (IRP)	1	1	2	2	3	3	3	3	2	1	1	0	22
Globale (IGP)	41	56	97	125	151	163	158	150	121	77	44	31	1213

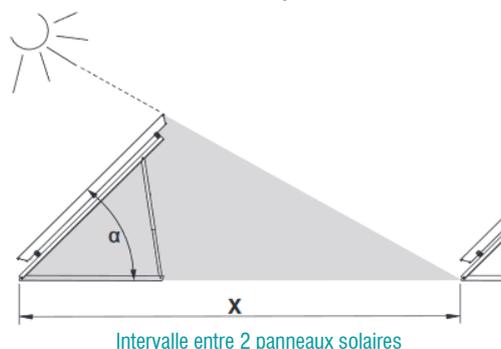
Estimation de l'irradiation sur un plan d'orientation horizontal ou d'inclinaison 30° - Outil Calsol



Carte de l'ensoleillement annuel (meteo-express)

L'environnement du site retenu pour la construction de l'établissement pénitentiaire est particulièrement dégagé, aucun masque solaire n'est présent aux alentours. La note bioclimatique préconise d'orienter les façades principales des bâtiments en suivant un axe Nord-Ouest / Sud-Est, l'orientation des panneaux photovoltaïques en toiture ne serait pas optimale (-45° comparé à une orientation plein sud) mais néanmoins intéressante : irradiance de **1168 kWh/m².an** soit une diminution d'environ 3.7 % par rapport au cas optimal.

Les panneaux solaires installés sur une surface plane doivent comporter une certaine distance de séparation entre les rangées afin d'éviter le chevauchement des ombres des panneaux sur les autres.

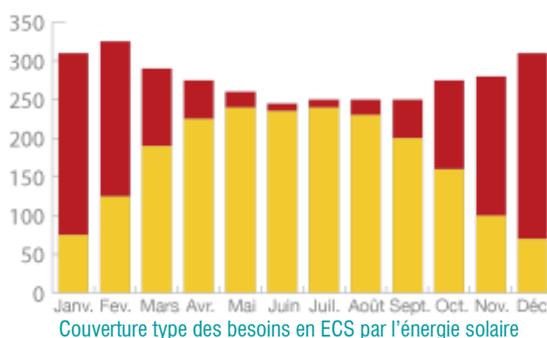


La distance de séparation entre les différents panneaux sur une surface horizontale dépend principalement de l'inclinaison du panneau et de sa longueur. Un espacement de 3m est suffisant pour s'affranchir des ombres autoportées.

5.5.1 Le solaire thermique

Les capteurs solaires thermiques permettent de couvrir 90% à 95% des besoins énergétiques liés à la production d'ECS durant la période estivale. Ce pourcentage s'avère en revanche nettement moins élevé en hiver avec une production de l'ordre de 15% à 20%. Malgré les importants besoins en ECS de la partie hébergements, il n'est pas possible de profiter de leur toiture pour installer des panneaux solaires par mesure de sécurité.

Néanmoins, cette solution peut être envisagée pour satisfaire les besoins ECS des espaces tertiaires et d'enseignement.



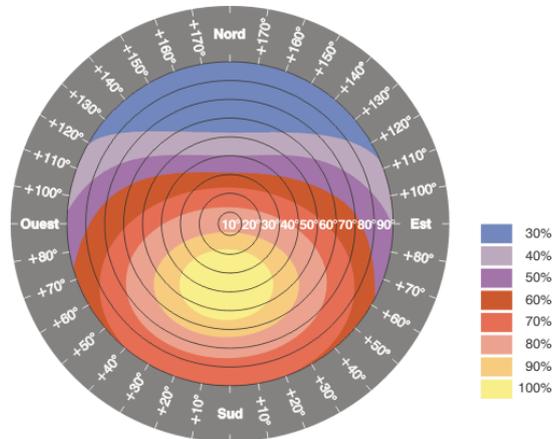
En considérant des panneaux solaires thermiques plans, ayant un rendement de l'ordre de 30 % en moyenne et l'irradiance évaluée de 1 109 kWh/m².an, une **production potentielle de 332.7 kWh/m².an** est possible.

Pour couvrir 100% des besoins ECS des espaces tertiaires et d'enseignement, il faudrait une installation d'environ **300 m²** de panneaux solaires thermiques.

Il peut être intéressant de considérer cette solution au niveau des zones tertiaires et d'enseignement de l'établissement pénitentiaire, les bâtiments ayant vocation à être occupés toute l'année et notamment pendant la saison estivale où l'utilisation de panneaux solaires thermiques est très pertinente.

5.5.2 Le solaire photovoltaïque

Une installation photovoltaïque se compose de modules solaires, eux-mêmes constitués de cellules photovoltaïques, généralement conçues à base de silicium. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu). La puissance est exprimée en Watt-crête (Wc), unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans des conditions d'ensoleillement optimales.



Influence de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux solaires sur leur rendement

Le photovoltaïque est un des seuls systèmes EnR à produire de l'électricité couvrant ici une part importante des besoins purement électriques comme la ventilation, l'éclairage, etc. La parcelle est relativement bien orientée pour l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture.

Les panneaux photovoltaïques peuvent être installés de manière complémentaire de la stratégie énergétique du projet puisqu'ils n'ont pas d'impact sur le dimensionnement des autres systèmes thermiques. De plus, et malgré le poids carbone des panneaux, cela permet une autoproduction. Au regard de la situation actuelle, une production sur site permet de s'assurer un minimum d'énergie à un prix fixe.

La production d'électricité des panneaux varie en fonction de la surface disponible (notamment de toiture et ombrières), et des usages qui en seront faits. Par mesure de sécurité, l'installation de panneaux photovoltaïques en toitures des hébergements des détenus n'est pas autorisée. Néanmoins la parcelle est grande et des bâtiments pourraient accueillir des panneaux photovoltaïques en toiture. En phase études, le concepteur devra alors affiner le calcul du productible, en fonction des surfaces de toitures disponibles et de l'ordre de priorité des solutions.

5.5.3 Le solaire hybride

Le solaire hybride est l'association de deux technologies solaires (photovoltaïque et thermique) en un seul panneau capable de produire simultanément du chaud et de l'électricité. Ce système est particulièrement adapté aux logements, car il permet de couvrir une partie des besoins d'ECS (qu'il est impossible de réduire en phase conception) et une partie des besoins électriques (qui sont très importants).



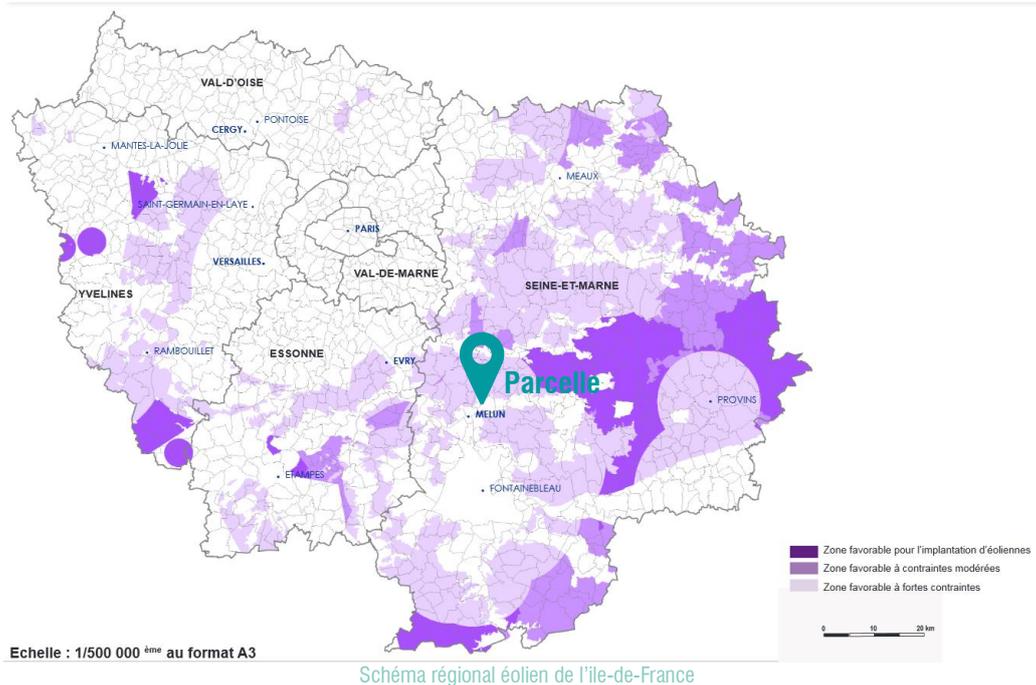
Cette solution nécessite plus de surface pour atteindre la même production que le solaire thermique classique, mais elle a l'avantage de produire de l'électricité en parallèle.

Malgré le potentiel du système en toiture des espaces d'hébergement, l'installation y est proscrite par le programme.

5.6 L'éolien

Les différents dispositifs d'éoliennes permettent de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique transformée ensuite en électricité.

5.6.1 Grand et moyen éolien



D'après le Schéma Régional Eolien de l'Île-de-France de 2012, la commune de Crisenoy fait partie des zones présentant des enjeux forts : la zone pourrait être favorable mais présente de fortes contraintes. De plus, de tels aménagements sortent du cadre du projet et font partie d'une stratégie d'échelle territoriale.

5.6.2 Le petit éolien : les éoliennes de bâtiments

Le petit éolien n'a, pour l'heure, pas démontré de productivité et de fiabilité intéressante : hauteur du mat et surface productive, rentabilité, production, fragilité. Les machines existantes vont de quelques kW à quelques centaines de kW. Elles subissent une très grande variabilité des vents (turbulences générées par les bâtiments) et peuvent par ailleurs transmettre des vibrations au bâti.

L'utilisation d'éoliennes n'est pas pertinente pour la stratégie énergétique du projet. Cette conclusion est appuyée par le programme technique qui proscrit cette solution.

5.7 Bilans atouts / contraintes

5.7.1 Production d'énergie thermique

Technologie	Faisabilité	Avantages	Inconvénients
Production de chaleur et de froid			
Raccordement réseau de chaleur existant	Non	La création d'un réseau de chaleur à l'échelle de la ZAC des Bordes est possible mais sort de l'étude.	Réseau de chaleur présent sur la commune de Melun mais paraît trop éloigné pour un raccordement.
Création d'un mini-réseau de chaleur	Oui	Puissance permettant d'intégrer la chaufferie dans un bâtiment (en sous-sol ou rez-de-chaussée)	Besoin d'espace pour implanter une chaufferie dans un bâtiment dédié
Géothermie sur aquifère profond	Non	/	Besoins insuffisants
Géothermie sur nappe superficielle	Oui	Potentiel très fort existant au niveau de la parcelle Production renouvelable de chaud et de froid	Investissement important Besoin d'études complémentaires (faisabilité géothermique et sondages) pour confirmer le potentiel Contraintes existantes pour exploiter la nappe (ZRE et zone de captage)
Géothermie sur champ de sondes	Non	/	Consommation d'espace Non pertinent en présence d'une nappe exploitable Surcoût de forages à 100m
Récupération de chaleur sur eaux grises avec système de production	Non	Réduction des consommations d'énergie Système réversible	Non adapté au projet : besoins insuffisants
Récupération de chaleur sur eaux grises passive	Oui (pour les bâtiments d'hébergement)	Réduction des consommations d'ECS Système passif	Nécessite la séparation des eaux vannes et des eaux grises. Système complexe à mettre en œuvre dans un centre pénitentiaire.
Chaudière numérique	Oui	Réduction des consommations d'ECS	Innovation en complément du système d'approvisionnement principal. Système pouvant porter atteinte aux règles de sécurité d'un établissement pénitentiaire.
Bois énergie	Oui	Production de chaleur pour le chauffage et l'ECS	Nécessite d'intégrer les contraintes de stockage du combustible et d'accès pour la livraison dès la conception du projet
Solaire thermique	Oui	Opportunité sur les bâtiments tertiaires et d'enseignement : besoins permanents	Nécessite un système d'appoint Utilisation des toitures : proscrit en toiture des hébergements
Solaire hybride	Oui	Production de chaud et d'électricité	Nécessite un système d'appoint Investissement plus important que solaire thermique Proscrit sur les espaces d'hébergement : éventuel conflit d'usage avec le solaire thermique.

Table des atouts et contraintes pour la production d'énergie thermique

5.7.2 Production d'électricité

Technologie	Faisabilité	Avantages	Inconvénients
Production d'électricité			
Solaire photovoltaïque	Oui	Autoconsommation possible électrique	Rendement réduit après 25 ans Filière recyclage pas encore mature Fabrication majoritairement chinoise et très carbonée Utilisation des toitures : proscrit sur les bâtiments d'hébergement
Solaire hybride	Oui	Production de chaud et d'électricité	Nécessite un système d'appoint Investissement plus important que solaire thermique Proscrit sur les espaces d'hébergement : éventuel conflit d'usage avec le solaire thermique.
Grand et moyen éolien	Non	/	Proscrit par le programme technique
Eoliennes de bâtiment	Non	/	Technologies non pertinentes et proscrites par le programme technique

6 Proposition de scénarios énergétiques à étudier

Différents scénarios d'approvisionnement en énergies renouvelables sont proposés.

6.1 Scénario 1 (Base) – Chaudière gaz, solaire thermique et groupe froid

Ce premier scénario correspond au scénario qui représente une solution classique. Un effort est porté sur la production d'ECS par la mise en œuvre de panneaux solaires thermiques. Ces derniers fournissent 50% des besoins d'ECS des espaces tertiaires et d'enseignement compte-tenu de leurs mauvais rendements en hiver. La surface de panneaux thermiques à installer en toiture serait d'environ 300m² pour couvrir la moitié des besoins d'ECS de ces espaces.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	100%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Restauration	4.56%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	100%		
		<i>Groupe froid</i>			100%	
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Tertiaire	30.97%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	50%		
		<i>Solaire thermique</i>		50%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Enseignement	17.55%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	50%		
		<i>Solaire thermique</i>		50%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%

6.2 Scénario 2 – Chaudière biomasse avec appoint gaz, groupe froid

L'impact carbone des chaudières gaz n'étant plus à démontrer, un second scénario avec une chaudière bois afin de remplacer l'utilisation du gaz sera étudié. Pour une chaudière bois couvrant 80% des besoins, le choix se portera sur une chaudière d'une puissance nominale d'environ 50% de la puissance totale installée. Une chaudière gaz permettra de répondre aux pics de consommations.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	<i>Chaudière bois</i>	80%	80%		
		<i>Chaudière gaz</i>	20%	20%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Restauration	4.56%	<i>Chaudière bois</i>	80%	80%		
		<i>Chaudière gaz</i>	20%	20%		
		<i>Groupe froid</i>			100%	
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Tertiaire	30.97%	<i>Chaudière bois</i>	80%	80%		
		<i>Chaudière gaz</i>	20%	20%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Enseignement	17.55%	<i>Chaudière bois</i>	80%	80%		
		<i>Chaudière gaz</i>	20%	20%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%

6.3 Scénario 3 – Géothermie sur nappe superficielle avec PAC Air/Eau

L'étude du site a relevé un potentiel géothermique très fort sur le site. Afin de rester sous le seuil de la géothermie de minime importance et ainsi s'affranchir des contraintes administratives, la puissance de la PAC sera de maximum 500kW. Compte-tenu de la consommation prévisionnelle du centre pénitentiaire, cette solution vertueuse permettrait de couvrir environ 70% des besoins en chaud de l'hébergement pénitentiaire, un appoint avec une PAC air/eau sera présent afin de couvrir l'ensemble des consommations de cet espace. La consommation des autres espaces sera assurée par des PAC air/eau.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	<i>Géothermie</i>	70%	70%		
		<i>PAC Air/Eau</i>	30%	30%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Restauration	4.56%	<i>PAC Air/Eau</i>	100%	100%	100%	
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Tertiaire	30.97%	<i>PAC Air/Eau</i>	100%	100%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Enseignement	17.55%	<i>PAC Air/Eau</i>	100%	100%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%

7 Analyse technico-économique

7.1 Hypothèses

Pour comparer les systèmes, les scénarios et les énergies, les hypothèses suivantes concernant les aspects environnementaux et économiques sont prises en compte :

Ressource	Tarif	Coût de l'énergie + abonnement (€/kWh)	Variation annuelle
Electricité	Domestique	0,16	4,80%
	Entreprise	0,12	5,00%
	Industriels	0,1	5,00%
Gaz	Naturel domestique	0,11	7,00%
	Naturel entreprise/professionnel	0,08	7,00%
Bois	Plaquette forestière	0,05	3,00%
	Granulés en vrac	0,06	3,00%

Hypothèses économiques

Il est à noter que compte-tenu de l'inflation sur le prix de l'énergie au moment de la rédaction de ce rapport, le coût de l'énergie peut varier de manière importante et rapide. Ainsi, les coûts liés à la consommation d'énergie sont à analyser au regard de la situation actuelle.

Ressource	Ratio EP/EF	Emission de GES (geqCO2/kWh)	%ENR
Gaz	1	234	0,10%
Bois	1	0	100,00%
Electricité	2,3	57	22,70%
Electricité - Chauffage		210	22,70%

Hypothèses environnementales

7.2 Description des indicateurs économiques

Les indicateurs économiques utilisés dans le cadre de l'étude sont les suivants :

- Investissement total (€ TTC).
- Coût de l'énergie moyen (€ TTC/MWh) sur 30 ans. Il correspond à la moyenne des prix actualisés chaque année en suivant le cours de l'inflation. Ce coût de l'énergie ne contient ni le coût d'investissement, ni celui de la maintenance et de l'entretien.
- Entretien moyen (€ TTC/MWh) sur 30 ans.
- Maintenance moyenne (€ TTC/MWh) sur 30 ans.
- Temps de retour sur investissement (années) : ce temps de retour sur investissement correspond au nombre d'années nécessaires afin que la valeur actuelle nette (VAN) devienne positive. Ce calcul est réalisé par rapport au scénario de référence et prend en compte l'actualisation.

7.3 Description des indicateurs environnementaux

Les indicateurs environnementaux utilisés dans le cadre de l'étude sont décrits dans les sous-parties suivantes.

7.3.1 Energie primaire (Ep)

L'énergie primaire est l'énergie « potentielle » contenue dans les ressources naturelles utilisées par les installations visées (comme le bois, le gaz, le pétrole, etc.), et cela avant toute transformation.

7.3.2 Energie finale (Ef)

L'énergie finale est l'énergie consommée et facturée à chaque bâtiment, en tenant compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible. Les besoins énergétiques nets évaluent la quantité d'énergie que devront fournir les différents systèmes de chauffage et de refroidissement afin de garantir le confort thermique et la production d'ECS pour les usagers.

7.3.3 Part d'EnR

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergies dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain.

Sur le total des énergies consommées, il s'agit de la part d'énergie consommée d'origine renouvelable.

7.3.4 Emissions de GES

Les gaz à effet de serre (GES) sont des composants qui contribuent à l'effet de serre de la planète. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est l'un des facteurs d'impact à l'origine du récent réchauffement climatique. Chaque GES ayant un effet différent sur le réchauffement global, cet indicateur est estimé en « équivalent CO2 » ou « équivalent carbone ».

7.3.5 Coefficient de performance (COP)

Le COP est un indicateur qui permet d'analyser le rendement et la performance d'une PAC. Ce coefficient représente le rapport, en kilowattheure (kWh), entre la quantité d'énergie produite et la quantité d'énergie utilisée.

7.4 Scénario 1 – Base

Ce scénario d'alimentation sert de base pour la comparaison avec les autres scénarios en termes de bilan économique et environnemental. Ainsi, le temps de retour calculé pour chaque solution est toujours lié à ce référentiel.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	100%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Restauration	4.56%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	100%		
		<i>Groupe froid</i>			100%	
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Tertiaire	30.97%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	50%		
		<i>Solaire thermique</i>		50%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%
Enseignement	17.55%	<i>Chaudière gaz</i>	100%	50%		
		<i>Solaire thermique</i>		50%		
		<i>Réseau électrique national</i>				100%

Tableau récapitulatif scénario 1

Des chaudières gaz à condensation assurent les besoins de chauffage de l'ensemble du site ainsi que la majorité des besoins en ECS. Les besoins de froid sont assurés par des groupe froid.

Une production solaire thermique couvre la moitié des besoins en ECS des espaces tertiaires/enseignement afin d'avoir un recours aux ENR.

L'électricité provient en totalité du réseau électrique national.

7.4.1 Résultats économiques

Bilan économique	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Investissement total (€ TTC)	365 946	38 456	0	404 402
Coût de l'énergie moyen (€ TTC/MWh)	301,70	154,81	309,67	305,89
Entretien moyen (€ TTC/MWh)	1,98	5,30	0,00 ³	0,60
Maintenance moyen (€ TTC/MWh)	0,12	4,08	0,00	0,07
Efficacité financière	Chaud ECS	Froid	Electricité	Electricité
Temps de retour (années)	-	-	-	-
Coût moyen de l'énergie (€ TTC/MWh)	318	362	310	314

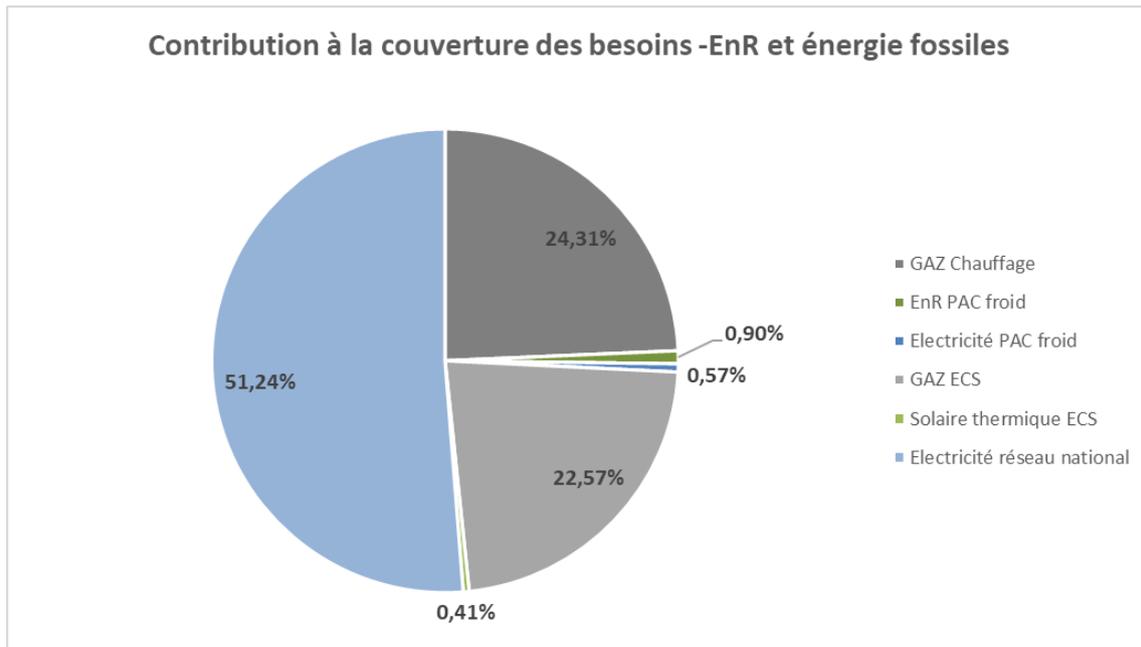
Bilan économique scénario de base

³ Les coûts d'investissement sont considérés négligeables ici. Les coûts d'entretien/maintenance du réseau ne sont pas à la charge des utilisateurs.

7.4.2 Résultats environnementaux

Bilan environnemental	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Consommation d'énergie primaire (MWhep/an)	2 895	108	7 555	10 558
Consommation d'énergie finale (MWhef/an)	2 945	47	3 285	6 277
Part d'EnR sur le bilan global ⁴	1.80%	61.35%	0.00%	1.31%
Émissions de GES (t eqCO ₂ /an)	703,37	2,69	187,23	893

Bilan environnemental scénario de base



Scénario base – Contribution des systèmes au taux EnR

⁴ La part ENR est calculée par rapport au bilan en énergie primaire

7.4.3 Conclusion scénario

Ce scénario de base comporte une part EnR pour la partie chaleur et froid du fait de l'utilisation de solaire thermique pour une partie des besoins ECS ainsi que des groupe froid pour la production de froid. La mise en place seule de ces systèmes ne permet cependant pas d'atteindre le taux de couverture EnR du programme fixé à 10% des consommations d'énergie.

Une installation solaire thermique telle que définie précédemment nécessiterait une surface de toiture d'environ 300 m² (à priori compatible avec les surfaces de toiture des espaces tertiaires et/ou de restauration) pour un investissement total de 330 k€.

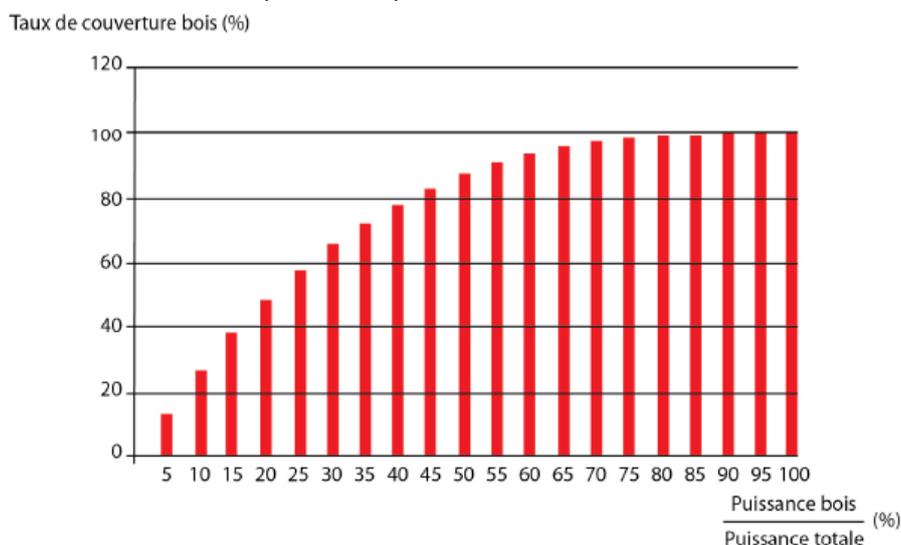
Aucun investissement n'est pris en compte pour la partie électricité car celle-ci est acheminée par le réseau électrique national et identique entre tous les scénarios. Cependant, le coût de l'énergie est soumis à une variation forte au cours des années, pour atteindre un coût moyen de l'électricité de 310 €/MWh sur 30 ans.

Consommation EP (MWhEp/an)	Investissement (€ TTC)	Entretien et maintenance (€ TTC/MWh)	Emissions de GES (teqCO2/an)	Part EnR
10 558	404 402	0,67	893,29	1,31%

Synthèse scénario base

7.5 Scénario 2 – Chaudière biomasse appoint gaz et groupe froid

Ce scénario plus ambitieux consiste à réaliser la production de chaleur par la ressource bois via une chaufferie biomasse, associée à un appoint gaz. Le groupe froid sont néanmoins toujours utilisées pour la production de froid. Malgré un investissement plus conséquent, ce type de solution permet généralement d'aboutir à un résultat plus intéressant du point de vue environnemental. La chaudière biomasse est dimensionnée à 55% de la puissance maximale pour fonctionner à sa puissance nominale le plus fréquemment et assurer 80% des besoins de chauffage. Une chaudière gaz d'appoint y est associée pour gérer les pointes de demande de chaleur dans les périodes les plus froides de l'année.



Evolution du taux de couverture bois en fonction du rapport entre la puissance de la chaudière bois et la puissance totale installée

Les besoins de froid des espaces tertiaires et restauration sont assurés par des groupe froid identiques au scénario de base et les besoins d'électricité sont de nouveau assurés par le réseau électrique national.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	Chaudière bois	80%	80%		
		Chaudière gaz	20%	20%		
		Réseau électrique national				100%
Restauration	4.56%	Chaudière bois	80%	80%		
		Chaudière gaz	20%	20%		
		Groupe froid			100%	
		Réseau électrique national				100%
Tertiaire	30.97%	Chaudière bois	80%	80%		
		Chaudière gaz	20%	20%		
		Réseau électrique national				100%
Enseignement	17.55%	Chaudière bois	80%	80%		
		Chaudière gaz	20%	20%		
		Réseau électrique national				100%

Tableau récapitulatif scénario 2

7.5.1 Résultats économiques

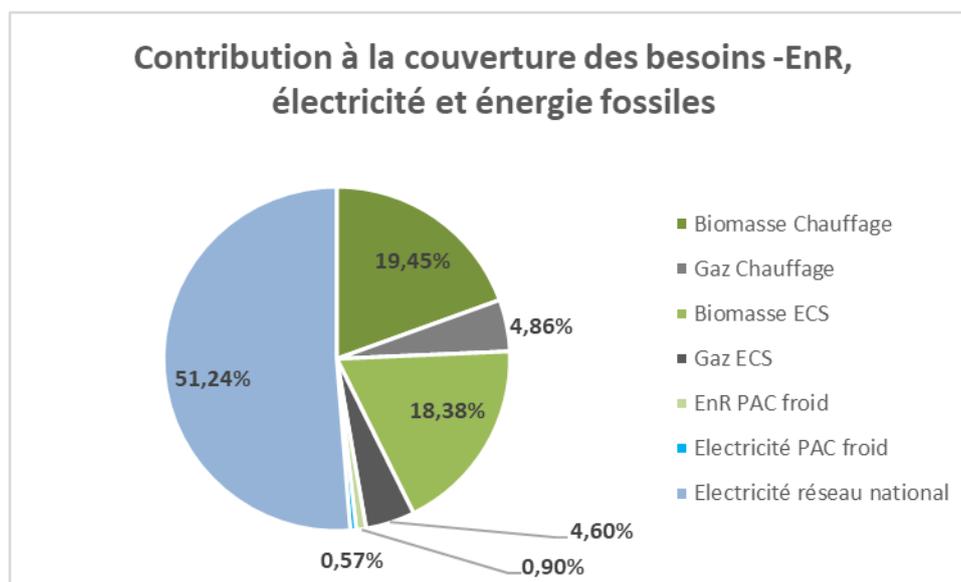
Bilan économique	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Investissement total (€ TTC)	703 756	38 456	0	742 212
Coût de l'énergie moyen (€ TTC/MWh)	70,16	154,81	310	235,14
Entretien moyen (€ TTC/MWh)	6,91	5,30	0	2,16
Maintenance moyen (€ TTC/MWh)	1,16	4,08	0	0,39
Efficacité financière	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Temps de retour (années)	8	-	-	8
Coût moyen de l'énergie (€ TTC/MWh)	150	362	310	230

Bilan économique scénario numéro 2 – chaleur et froid

7.5.2 Résultats environnementaux

Bilan environnemental	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Consommation d'énergie primaire (MWhep/an)	3 360	108	7 555	11 024
Consommation d'énergie finale (MWhéf/an)	3 360	47	3 285	6 692
Part d'EnR sur le bilan global ⁵	82.50%	61.35%	0.00%	38.73%
Émissions de GES (t eqCO ₂ /an)	143,03	2,69	187,23	332,96

Bilan environnemental scénario numéro 2 – chaleur et froid



Scénario biomasse – Contribution des systèmes au taux EnR

⁵ La part ENR est calculée par rapport au bilan en énergie primaire

7.5.3 Conclusion scénario

Pour cette solution, l'investissement est supérieur au scénario de base du fait de l'installation de chaudière biomasse en remplacement de chaudière gaz (de 366k€ pour le scénario gaz à 704k€ pour le scénario avec chaudière bois). La solution de production de froid n'est pas modifiée par rapport au scénario de base. Cette solution présente un temps de retour sur investissement de 8ans. Ce temps de retour sur investissement relativement faible s'explique aussi par la montée des prix du gaz. Le taux de couverture de ce scénario en EnR est de 38%, ce qui permet de respecter le programme technique.

Consommation EP (MWhEp/an)	Investissement (€ TTC)	Entretien et maintenance (€ TTC/MWh)	Emissions de GES (teqCO2/an)	Part EnR
11 024	742 212	2.55	332.96	38.73%

Synthèse scénario biomasse

7.6 Scénario 3 – PAC Air/Eau et PAC Eau/Eau sur géothermie (GMI)

Ce scénario a pour ambition de proscrire l'utilisation du gaz. Ainsi, 70% des besoins en chaud de l'hébergement pénitentiaire seront assurés grâce à une PAC Eau/Eau sur nappe superficielle. En effet, l'étude du site a révélé un potentiel géothermique très important. Cependant et afin de rester sous le seuil de la géothermie de minime importance, il n'est pas possible d'avoir recours à la géothermie pour l'ensemble des besoins de chaud. Ainsi, le reste des besoins seront couverts grâce à des PAC Air/Eau. Les consommations de froid sont assurées une PAC Air/Eau.

Enfin, le réseau électrique national assure en totalité la couverture des besoins en électricité.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	Géothermie	70%	70%		
		PAC Air/Eau	30%	30%		
		Réseau électrique national				100%
Restauration	4.56%	PAC Air/Eau	100%	100%	100%	
		Réseau électrique national				100%
Tertiaire	30.97%	PAC Air/Eau	100%	100%		
		Réseau électrique national				100%
Enseignement	17.55%	PAC Air/Eau	100%	100%		
		Réseau électrique national				100%

Tableau récapitulatif scénario 3

7.6.1 Résultats économiques

Bilan économique	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Investissement total (€ TTC)	986 717	33 956	0	1 020 673
Coût de l'énergie moyen (€ TTC/MWh)	60,18	206,43	309,67	254
Entretien moyen (€ TTC/MWh)	8,49	5,30	0,00	1,94
Maintenance moyen (€ TTC/MWh)	3,25	3,60	0,00	0,76
Efficacité financière	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Temps de retour (années)	6	-	-	6
Coût moyen de la chaleur (€ TTC/MWh)	406	345	310	331

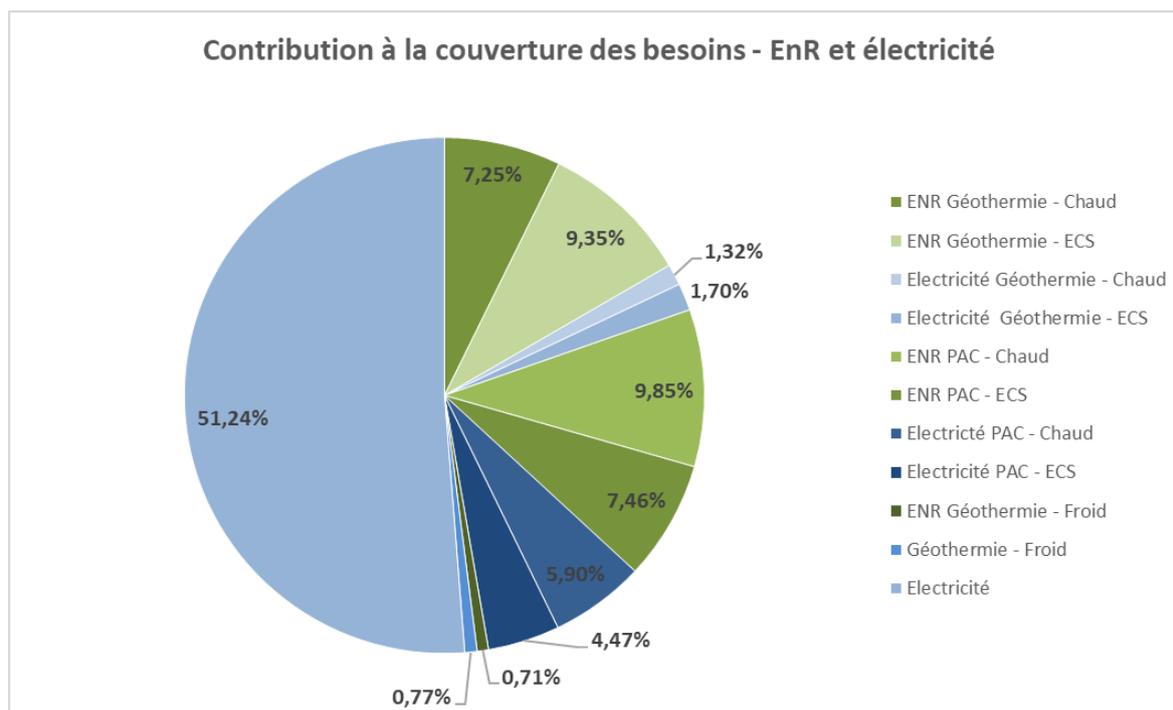
Bilan économique scénario 3 – Chaleur et froid

L'investissement étant pour partie mutualisé entre la production de froid et de chaud, celui-ci a été pondéré en fonction de l'utilisation pour les besoins de froid ou de chaud. En effet, la PAC de la restauration étant réversible elle répond aux consommations en chaud et en froid. Cette attribution au chaud ou au froid est artificielle, il n'est pas possible de dissocier l'investissement pour le chaud de l'investissement pour le froid de manière aussi nette.

7.6.2 Résultats environnementaux

Bilan environnemental	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Consommation d'énergie primaire (MWhEp/an)	2 158	145	7 555	9 858
Consommation d'énergie finale (MWhEf/an)	938	63	3 285	4 286
Part d'EnR sur le bilan global ⁶	72%	48%	0.00%	34.62%
Émissions de GES (t eqCO ₂ /an)	53,48	3,58	187,23	244,30

Bilan environnemental scénario numéro 3 – chaleur et froid



Scénario géothermie – Contribution des systèmes au taux EnR

7.6.3 Conclusion scénario

La nécessité de réaliser un forage d'environ 50m de profondeur rend cette solution une des plus coûteuse en terme d'investissement. Le forage restant relativement peu profond l'investissement est seulement 250k€ plus important que pour le scénario biomasse. De plus, la mutualisation des équipements entre le chaud et le froid permet de limiter l'investissement de base. Enfin, si les coûts d'entretien et de maintenance sont plus élevés que la solution de base, le coût moyen de l'énergie est lui plus faible et permet de pérenniser les économies à long terme.

Le bilan environnemental est également plus intéressant (taux EnR 34.62%) que celui de la solution de base et permet de respecter le seuil de taux de couverture EnR du programme fixé à 10%. La géothermie est seulement prise en compte pour 70% des consommations de chauffage et d'ECS de la partie hébergement pénitentiaire afin de rester sous le seuil de la Géothermie de Minime Importance (GMI).

Consommation EP (MWhEp/an)	Investissement (€ TTC)	Entretien et maintenance (€ TTC/MWh)	Emissions de GES (teqCO ₂ /an)	Part EnR
9 858	1 020 673	2.70	244.30	34.62%

Synthèse scénario géothermie

⁶ La part ENR est calculée par rapport au bilan en énergie primaire

7.7 Scénario 3.bis – PAC Eau/Eau sur géothermie (hors GMI)

Ce scénario a pour ambition d'étudier une solution où la géothermie sur nappe superficielle répondrait à 100% des besoins du centre pénitentiaire. Cette solution signifie qu'il est nécessaire de sortir du cadre de la Géothermie de Minime Importance (GMI), ainsi les contraintes administratives sont plus importantes. 100% des besoins en chaud et froid de l'hébergement pénitentiaire, de la restauration, des locaux tertiaire et d'enseignement seront assurés grâce à une PAC Eau/Eau sur nappe superficielle. En effet, l'étude du site a révélé un potentiel géothermique très important. Cependant et afin de répondre aux besoins énergétiques si l'un des deux doublets nécessaires à la géothermie est en maintenance, 50% des besoins de chaud et de froid seront assurés par une PAC Air/Eau.

Enfin, le réseau électrique national assure en totalité la couverture des besoins en électricité.

Typologie	Part de la surface totale	Système productif	Alimentation des besoins			
			Chauffage	ECS	Froid	Electricité
Hébergement pénitentiaire	46.92%	Géothermie	100%	100%		
		PAC Air/Eau	50%	50%		
		Réseau électrique national				100%
Restauration	4.56%	Géothermie	100%	100%	100%	
		PAC Air/Eau	50%	50%	50%	
		Réseau électrique national				100%
Tertiaire	30.97%	Géothermie	100%	100%		
		PAC Air/Eau	50%	50%		
		Réseau électrique national				100%
Enseignement	17.55%	Géothermie	100%	100%		
		PAC Air/Eau	50%	50%		
		Réseau électrique national				100%

Tableau récapitulatif scénario 3.bis

7.7.1 Résultats économiques

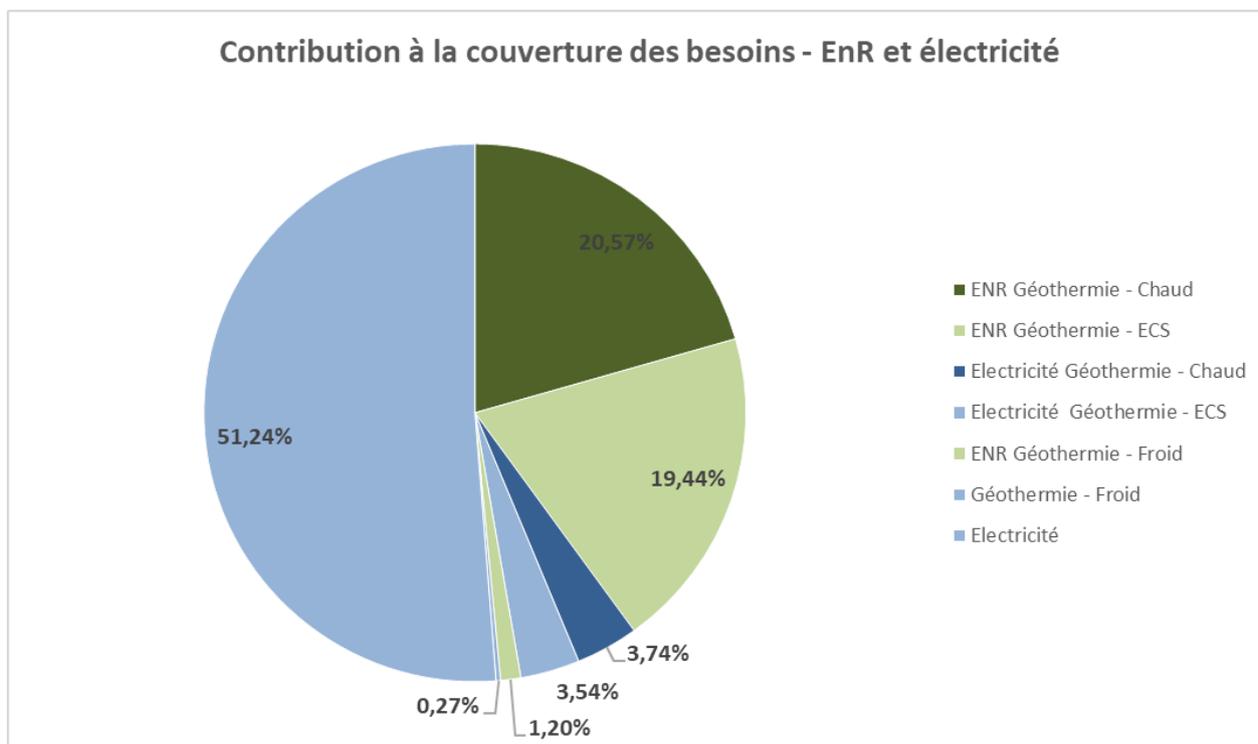
Bilan économique	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Investissement total (€ TTC)	2 502 431	159 216	0	2 661 647
Coût de l'énergie moyen (€ TTC/MWh)	43,17	52,76	309,67	254
Entretien moyen (€ TTC/MWh)	23,67	108,66	0,00	5,65
Maintenance moyen (€ TTC/MWh)	11,29	14,56	0,00	2,41
Efficacité financière	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Temps de retour (années)	18	-	-	18
Coût moyen de la chaleur (€ TTC/MWh)	698	1 192	310	395

L'investissement de base est très important (4M€) pour ce scénario qui à recours à la géothermie pour l'ensemble des besoins. Cela s'explique pour deux raisons :

- Le forage de deux doublets (4 forages) de 50m de profondeur. Ces forages sont très coûteux (1000€ par m foré)
- La création d'un système énergétique de « secours » correspondant à des PAC Air/Eau. Ces PAC très coûteuse à l'achat sont la source principale qui explique cet investissement très important.

7.7.2 Résultats environnementaux

Bilan environnemental	Chaud ECS	Froid	Electricité	Global
Consommation d'énergie primaire (MWhEp/an)	1 944	74	7 555	9 573
Consommation d'énergie finale (MWhEf/an)	845	32	3 285	4 162
Part d'EnR sur le bilan global	79%	81%	23%	41,21%
Émissions de GES (t eqCO ₂ /an)	48,17	1,83	187,23	237



La nécessité de réaliser 4 forages d'environ 50m de profondeur chacun rend cette solution celle qui nécessite le plus d'investissement. Ce coût d'investissement s'explique aussi par l'investissement de 7 PAC Air/Eau répondant à 50% des besoins car le cas ou un des doublets serait hors service. Cependant, la mutualisation des équipements entre le chaud et le froid permet de limiter l'investissement de base. Enfin, si les coûts d'entretien et de maintenance sont plus élevés que la solution de base, le coût moyen de l'énergie est lui plus faible et permet de pérenniser les économies à long terme.

Le bilan environnemental est également le plus intéressant (taux EnR 41.21%) de tous les scénarios et permet de respecter le seuil de taux de couverture EnR du programme fixé à 10%. Ce scénario ayant recours à la géothermie pour 100% des besoins du centre pénitentiaire, **ce scénario sort de la Géothermie de Minime Importance (GMI)**. Ainsi, un dossier de demande d'autorisation devra être déposé.

Consommation EP (MWhEp/an)	Investissement (€ TTC)	Entretien et maintenance (€ TTC/MWh)	Emissions de GES (teqCO ₂ /an)	Part EnR
9 573	2 661 647	8.05	237.23	41.21%

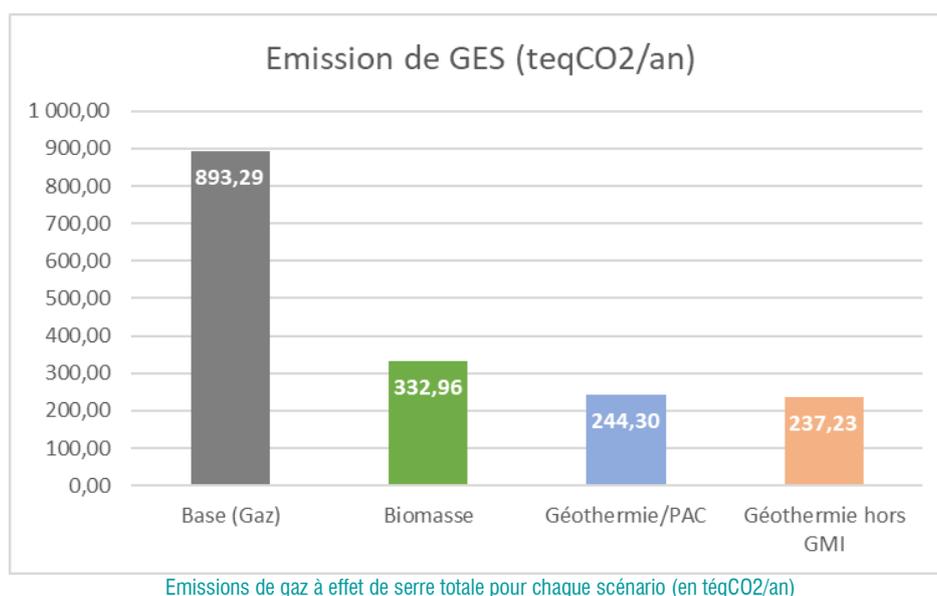
Synthèse scénario géothermie

8 Synthèse

8.1 Bilan environnemental

Un des principaux indicateurs pour mesurer le bilan environnemental des scénarios est l'émission de gaz à effet de serre. Un second indicateur intéressant est le « ratio de consommation de ressources » : il représente le rapport entre l'énergie primaire consommée et la consommation totale, et permet d'observer ce qui est prélevé à la planète en fonction des scénarios. Enfin, le taux EnR, qui mesure la part d'énergies d'origines renouvelables par scénario constitue également un indicateur intéressant. La comparaison des différents scénarios étudiés se fera ainsi sur la base de ces trois indicateurs.

8.1.1 Emission de gaz à effet de serre



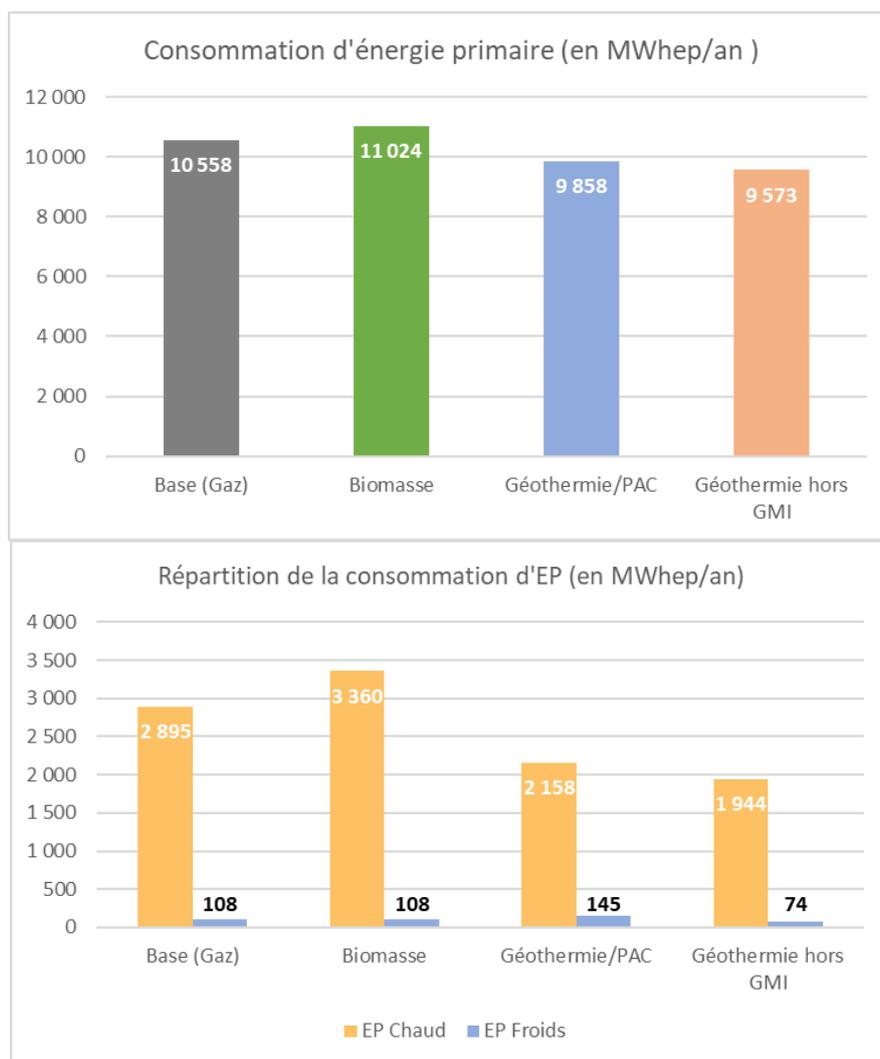
Le total des émissions de GES représente la somme des émissions de GES liées à la production de chaleur, de froid et d'électricité. Ici, les quatre scénarios ayant recours aux mêmes solutions pour l'énergie électrique, la différence se fait uniquement sur la production de chaud + ECS et de froid.

Le scénario de base a très majoritairement recours au gaz (pour 100% du chauffage et 96% des besoins d'ECS). 4% des consommations d'ECS sont fournies à travers 300m² de solaire thermique. Ce faible pourcentage s'explique par une consommation d'ECS en restauration et hébergement bien plus importante que pour les espaces tertiaires et d'enseignement.

Le scénario n°2 se différencie par l'utilisation de chaudière biomasse avec appoint gaz pour la production de chaleur. Le scénario n°3 utilise la géothermie pour remplacer une partie des besoins de froid et de chaleur : la PAC géothermique présente un meilleur rendement que celle du scénario de base et la production de chaleur se fait à travers des PAC Air/Eau. Le scénario 3.bis est celui qui a recours à la géothermie pour 100% des besoins en chaud/ESC et froid du centre pénitentiaire.

Le scénario de base est ainsi le scénario émettant le plus de GES avec 893.29 teqCO2/an. Le scénario n°2 est source de 332.96 teqCO2/an (notamment dû à l'appoint gaz) soit une diminution de 62% des émissions de GES. Enfin, les deux derniers scénarios sont les plus vertueux avec une émission de respectivement 244.30 teqCO2/an et 237.23 teqCO2/an pour les scénarios 3 et 3.bis. Ces émissions représentent une diminution d'environ 72% comparé au scénario de base et de 26% comparé au scénario n°2. Cela s'explique par l'absence totale de gaz dans ces solutions.

8.1.2 Consommation d'énergie primaire



Consommation d'énergie primaire pour la chaleur, le froid et totale – Comparatif solutions

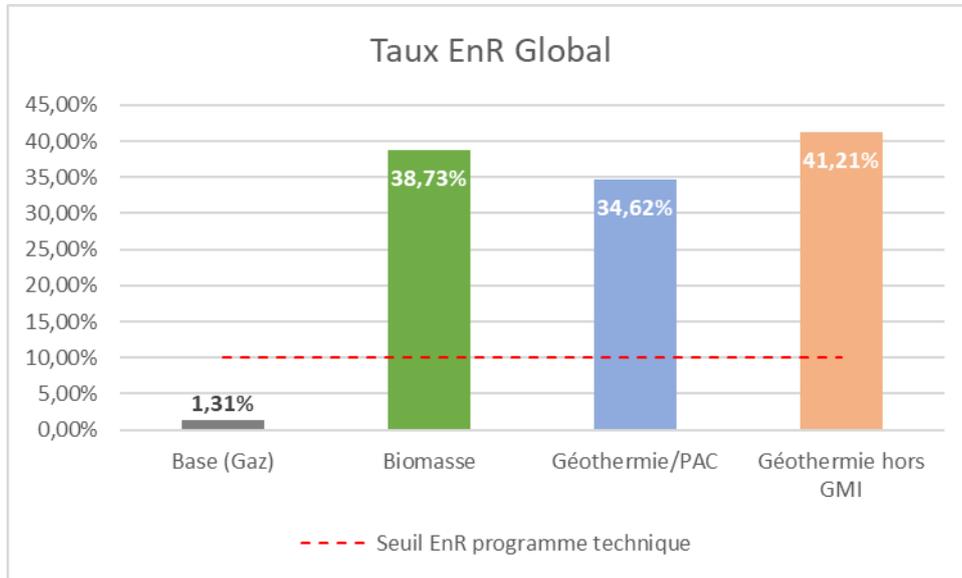
La consommation en énergie primaire pour les besoins de froid est la même pour le scénario gaz et biomasse.

La solution biomasse présente des consommations d'énergie primaire légèrement supérieures à la solution de base notamment du fait du rendement plus faible des chaudières biomasse (87.5%) par rapport aux chaudières gaz à condensation (103%). Ainsi pour produire la même quantité d'énergie finale, la solution biomasse nécessite plus d'énergie primaire.

Le scénario géothermie associant PAC géothermique et PAC Air/Eau consomme largement moins d'énergie primaire que le scénario de base : cela s'explique par le très bon COP de la PAC sur nappe superficielle mais aussi par le bon COP des PAC Air/Eau qui alimentent notamment les espaces tertiaires, de restauration et d'enseignement. Enfin, le scénario n°3.bis qui a recours à de la géothermie pour l'ensemble des besoins du centre pénitentiaire possède les meilleurs résultats au niveau de la consommation en énergie primaire. Cela s'explique par le très bon COP des PAC dans le cas de la géothermie sur nappe superficielle.

8.1.3 Taux EnR

Les taux ENR ont été calculé par rapport aux bilans en énergie primaire.



Le scénario de base apparaît le moins ambitieux : cela s'explique principalement par l'énergie gaz utilisée pour la production de chaleur (chauffage et ECS) de l'ensemble du site. Une part d'énergie renouvelable est tout de même présente avec l'utilisation de panneaux solaires thermiques pour la production d'ECS des espaces tertiaires et de restauration. Les PAC pour la production de froid ont également une part EnR. Ces systèmes ne permettent pas d'atteindre le seuil fixé au programme.

Le scénario biomasse présente le deuxième meilleur taux EnR avec un taux de 38.73%. Cela s'explique par l'utilisation de bois comme source principale de production de chaleur et d'ECS.

Le scénario géothermie, est légèrement moins vertueux que le précédent, mais permet de respecter le programme avec un taux d'EnR de 34.62%. Les énergies dites renouvelables des différents PAC proviennent de l'utilisation des calories de l'eau dans le cas de la géothermie et des calories de l'air dans le cas des PAC Air/Eau.

Le dernier scénario qui a recours à de la géothermie pour l'ensemble de ses besoins est celui qui possède de taux d'ENR le plus important. La quasi-totalité des besoins et chaud et en froid sont assurés par une énergie renouvelable.

8.2 Bilan financier

En parallèle du bilan environnemental, le bilan économique et financier global des différents scénarios peut être synthétisé avec plusieurs indicateurs tels que l'investissement, le coût des différentes énergies (chaud, froid, électricité) et le temps de retour sur investissement.

Scénarios	Solution	Investissement (€ TTC)	Coût de l'énergie chaud moyen (€ TTC/MWh) sur 30ans	Coût de l'énergie froid moyen (€ TTC/MWh) sur 30ans	Coût de l'électricité moyen (€ TTC/MWh) sur 30ans	Temps de retour sur investissement en comparaison au scénario de référence
Base (Gaz)	Chaudière gaz	35 946 €	301,70	154,81	305,89	-
	Groupes froids	38 456 €				
	Solaire thermique	330 000 €				
Biomasse	Chaudière biomasse	666 876 €	70,16	154,81	235,14	8
	Appoint gaz	35 946 €				
	Groupes froids	38 456 €				
Géothermie/PAC	Forage	100 000 €	60,18	206,43	253,54	6
	PAC sur nappe	483 000 €				
	Appoint PAC Air/Eau	220 006 €				
	PAC Air/Eau	183 711 €				
	PAC Froid	33 956 €				
Géothermie hors GMI	Forage	200 000 €	43,17	52,76	253,57	18
	PAC Chaud	1 690 500 €				
	PAC Froid	115 500 €				
	Secours PAC Air/Eau	655 647 €				

Le bilan financier global met en avant la rentabilité de chaque scénario sur une période de 30 ans :

- Le scénario de base présente un investissement relativement conséquent notamment du fait de l'installation solaire thermique, il reste tout de même le scénario avec l'investissement initial le plus faible. Le coût de l'énergie moyen (chaud) est quant à lui le plus élevé. Cela s'explique par l'augmentation récente du prix du gaz.
- Le scénario 2 biomasse, du fait du lourd investissement pour la production de chaleur et de la nécessité de multiplier les équipements pour assurer la production de froid présente un temps de retour sur investissement de 8ans. Ce temps est relativement faible du fait de l'augmentation du prix du gaz. Le prix du bois est quant à lui moins soumis aux variations tarifaires.
- Le scénario 3 géothermie est rentabilisé en 6ans, la PAC géothermique est réversible donc limite la multiplication des systèmes de production de chaleur et de froid. Cependant, l'investissement nécessaire est d'environ 900k€. Cela s'explique par le forage qui est très coûteux (1000€/m foré).
- Le dernier scénario est celui qui possède le temps de retour sur investissement le plus important. Cela s'explique par l'investissement de deux doublets de géothermie sur nappe superficielle et d'un système de secours composé de PAC Air/Eau. Ainsi, le temps de retour sur investissement est de 18ans.

8.3 Conclusion

Le scénario de base avec chaudière gaz et intégration de panneaux solaires thermiques ne permet pas de respecter le programme technique de l'opération. Ainsi, cette solution est écartée.

Les trois autres scénarios, bien plus vertueux présentent eux des taux d'EnR entre 34 et 41%, ainsi ils respectent le programme technique.

La solution la plus vertueuse sur le plan environnemental est le dernier scénario avec 7 PAC sur nappe superficielle. En effet, ce dernier scénario consomme le moins d'énergie primaire et son taux d'EnR est de 41.21%. Ce taux d'EnR s'explique aussi par l'absence de gaz. De ce fait, c'est aussi le scénario qui émet le moins de CO2. Il est à noter que ce scénario **intègre un système de secours au cas où un des deux doubles serait hors service**. Une étude devra être réalisée afin de confirmer l'utilité de ce système.

Un autre scénario presque tout aussi vertueux mais qui nécessite moins d'investissement initial est le scénario n°3. Ce scénario qui reste sous la Géothermie de Minime Importance (GMI) permet un allègement des contraintes administratives tout en étant très vertueux.

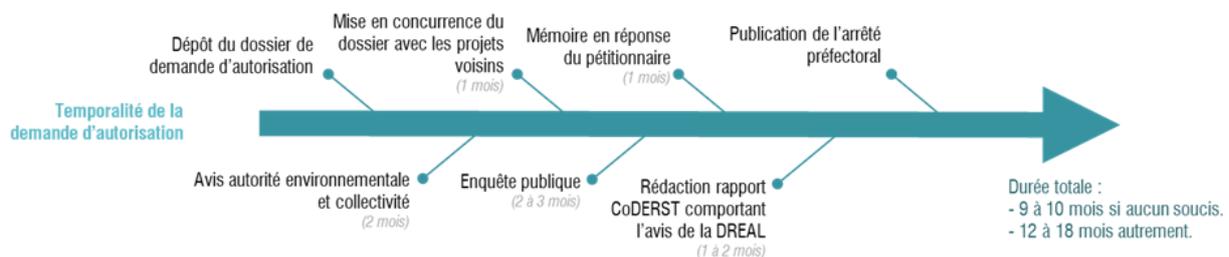
La solution biomasse est aussi vertueuse, avec un temps de retour sur investissement de 8ans. Si l'APIJ peut en bénéficier, la prise en compte des aides (fonds chaleurs ADEME) permettrait de compenser une partie du surinvestissement et d'améliorer nettement le temps de retour sur investissement. Cette solution présente cependant des contraintes techniques liées à la nécessité d'approvisionner le silo depuis l'extérieur du mur d'enceinte. De plus et du fait de l'appoint gaz, cette solution bien que vertueuse émet une quantité importante de GES (26% de plus que le scénario n°3).

Le potentiel de la nappe est très fort et peut fournir plus d'énergie au centre pénitentiaire. Si la décision de réaliser de la géothermie hors minime importance est prise, **le dossier de demande d'autorisation** devra contenir notamment :

- Une **étude d'impact** ou la mise à jour du volet géothermie de l'étude d'impact déjà existante
- Un document de sécurité et santé
- Les conditions d'arrêt des travaux
- L'évaluation des impacts sur la ressource en eau

La demande d'autorisation s'accompagne d'une enquête publique d'une durée de 1 mois. La décision est ensuite délivrée par arrêté préfectoral.

Il est à noter que **le dépôt et l'instruction des permis de construire sont décorrélés du dépôt et de l'instruction des demandes d'autorisation au titre du code minier.**



Durant l'instruction du dossier les services de la DREAL et de l'Etat compétent disposent d'un mois pour confirmer si le dossier est recevable et faire si nécessaire les demandes de pièces complémentaires. Un échange avec les services instructeurs de la ville, de la DDT et de la DREAL est prévu pour étudier les possibilités de déposer le dossier de demande d'autorisation en parallèle des dossiers PC au regard du code de l'urbanisme.

Scénario	Technique	Economique	Environnemental
Base (Gaz)	Mise en œuvre facile des systèmes énergétiques	Scénario peu coûteux pour la production de froid et de chaud. Investissement relativement élevé pour les installations solaires thermiques	Recours important à l'énergie gaz fossile. Emission de GES très importantes.
Biomasse	Nécessite de réserver un espace pour la chaudière et le silo de stockage. Silo à intégrer près du mur d'enceinte pour la livraison. Multiplicité des systèmes énergétiques avec groupe froid et appoint gaz.	Rentabilité économique au bout de 8ans sur la production de chaleur et de froid.	Solution très vertueuse pour la partie chauffage et ECS. Un appoint gaz émet une certaine quantité de GES.
Géothermie /PAC	Puissance limitée si GMI et contraintes supplémentaires si puissance géothermique > 500 kW (hors GMI)	Rentabilité économique au bout de 8ans sur la production de chaleur et de froid. Réduction de la consommation de ressources et réduction des charges	Taux d'EnR légèrement inférieur au scénario n°2.
Géothermie hors GMI	Contrainte administratives importantes, nécessité d'anticiper.	Rentabilité économique au bout de 18ans avec un système de secours PAC. Le choix du système de secours est prépondérant dans le temps de retour sur investissement. Réduction de la consommation de ressources et réduction des charges	Scénario émettant le moins de GES grâce à un production de chaud, de froid et d'ECS grâce à de la géothermie.

Scénario	Consommation EP (Mwhep/an)	Investissement (€ TTC)	Entretien et maintenance (€/an)	Charges d'exploitation (€/an)	Emissions de GES (teqCO2/an)	Part EnR	TRI (nombre d'années)
Base (Gaz)	10 558	404 402	7 073	1 917 096	893	1.31%	-
Biomasse	11 024	742 212	28 111	1 277 352	333	38.73%	8
Géothermie/PAC	9 858	1 020 673	26 616	1 098 230	244	34.62%	6
Géothermie hors GMI	9573	2 661 647	77 062	1 088 882	237	41.21%	18

Des solutions supplémentaires non étudiées dans l'étude mais pouvant intervenir en complément des solutions de production d'énergie principales pourraient être envisagées sur le projet par le MOE :

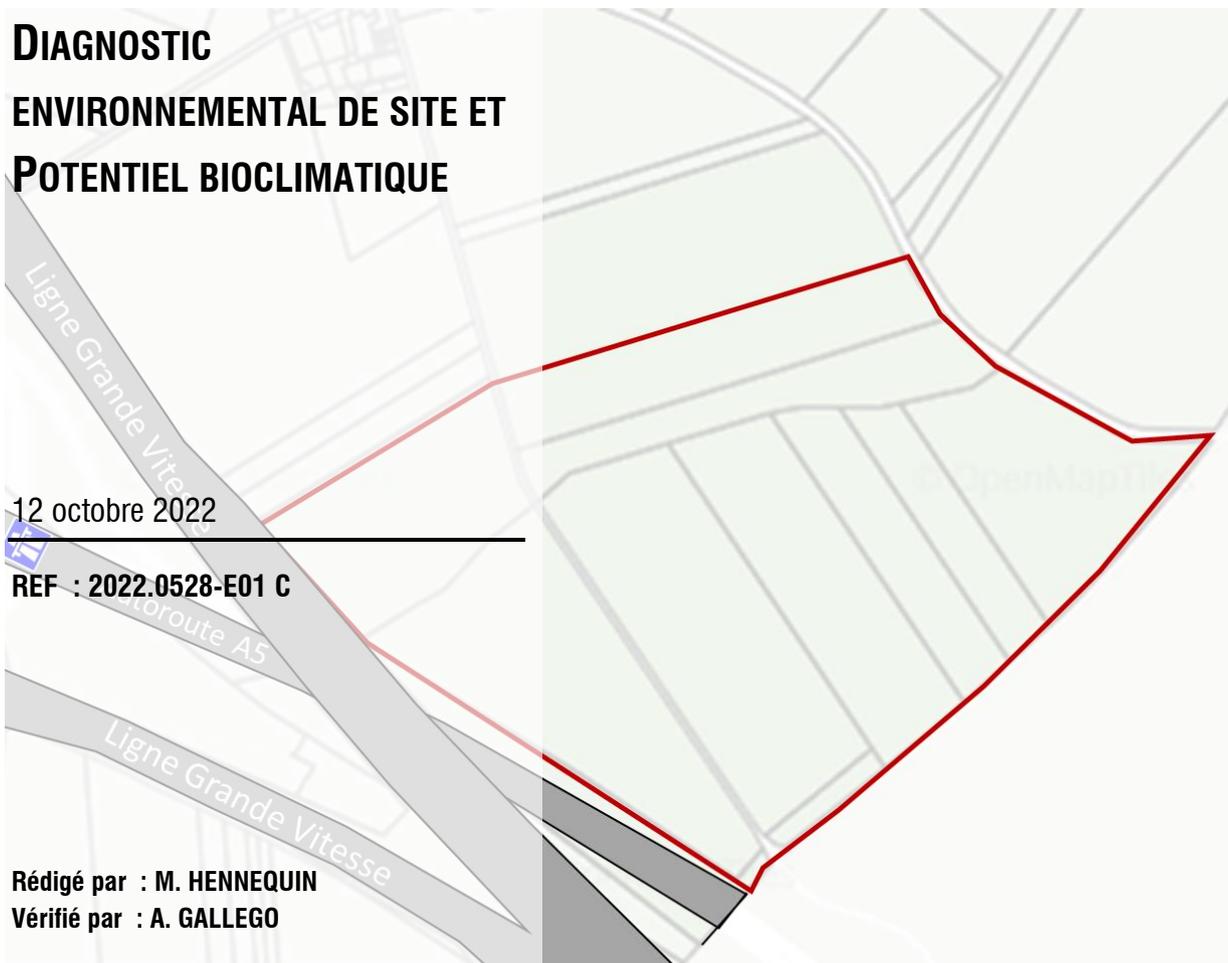
- Récupération de chaleur sur eaux grises, notamment dans les espaces de restauration (eaux de vaisselle, de cuisine...) et hébergement (douches) pour réaliser un préchauffage des ECS et réduire les besoins conséquents de ces espaces.
- Chaudière numérique, dans le cas où le projet serait éligible à la fibre optique pour les réseaux de communications en solution complémentaire de production d'ECS.

9 Glossaire

COP	Coefficient de performance <i>(Le coefficient de performance, ou COP, d'une pompe à chaleur est le quotient de la chaleur produite par le travail fourni)</i>
ECS	Eau Chaude Sanitaire <i>(eau chauffée pour des usages domestiques)</i>
EF	Energie Finale <i>(voir 1.1.2)</i>
ENR	Energie Renouvelable <i>(sources d'énergie dont le renouvellement naturel est assez rapide pour qu'elles puissent être considérées comme inépuisables à l'échelle du temps humain)</i>
EP	Energie Primaire <i>(voir 1.1.1)</i>
GES	Gaz à Effet de Serre <i>(composants gazeux qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent ainsi à l'effet de serre)</i>
kW	Kilowatt <i>(Unité de puissance, multiple du watt, et valant 1000 watts.)</i>
kWh	Kilowattheure <i>(unité d'énergie, Si de l'énergie est produite ou consommée à puissance constante sur une période donnée, l'énergie totale en kilowatts-heure est égale à la puissance en kilowatts multipliée par le temps en heures)</i>
MO	Maîtrise d'Ouvrage
MW	Mégawatt <i>(Unité de puissance, multiple du kw, et valant 1000 kw.)</i>
MWh	Mégawattheure <i>(Unité d'énergie, multiple du wh, et valant 1000 wh)</i>
PAC	Pompe à chaleur
PV	Photovoltaïque
RDC	Réseau de Chaleur
RT	Réglementation Thermique
SH	Solaire Hybride
ST	Solaire Thermique
TTC	Toutes Taxes Comprises
VAN	Valeur Actuelle Nette <i>(indicateur financier qui mesure la valeur créée par un investissement et constitue le critère déterminant pour choisir un projet.)</i>



ETABLISSEMENT PENITENTIAIRE CRISENOY (77)



SOMMAIRE

Partie 1	Introduction	4
Partie 2	Résumé	5
Partie 3	Synthèse environnementale du site	8
Partie 4	Données générales du site	12
1	Localisation	12
2	Contexte administratif	13
Partie 5	Le territoire du site	17
1	Description du site et de son environnement.....	17
2	Relation avec la ville	18
3	Déplacements.....	20
Partie 6	Etat physique du site	22
1	Etat actuel du site.....	22
2	Sols et sous-sols	24
3	Cours d’eaux et rivières.....	25
4	Ecosystèmes vivants	26
Partie 7	Nuisances, risques et pollutions du site	28
1	Qualité de l’air	28
2	Nuisances sonores et vibratoires	30
3	Nuisances visuelles.....	31
4	Pollution des sols	33
5	Risques naturels.....	34
6	Risques industriels et technologiques	37
7	Servitudes	38
Partie 8	Réseaux : eau et déchets	39
1	Ressources en eau potable	39
2	Eaux pluviales	40
3	Eaux usées	40
4	Déchets	41
Partie 9	Organisation du chantier	42
1	Gestion des déchets de chantier.....	42
Partie 10	Données climatiques	43

1	Températures et ensoleillement	43
2	Précipitations	44
3	Vent	45
Partie 11	Ressources énergétiques sur le site	46
Partie 12	Potentiel bioclimatique	50
1	Conception bioclimatique	50
1.1	Définition et objectif	50
1.2	Éléments à intégrer	50
2	Atouts et contraintes bioclimatiques du site	55
2.1	Synthèse	55
2.2	Environnement du site & contrainte d'aménagement	56
3	Préconisations	58
Partie 13	ANNEXE 1 – Acronymes	62
Partie 14	ANNEXE 2 – Visite de Site	63

Introduction

L'opération concerne la construction d'un établissement pénitentiaire d'une capacité de 1000 places d'une surface d'environ 50 000 m² SDP en région Ile-de-France dans le département de la Seine-et-Marne (77). Le site retenu pour réaliser le projet est situé à Crisenoy, à environ 10 km au Nord-Est du centre-ville de Melun. Il est actuellement occupé par de grandes parcelles agricoles encore exploitées (blé et colza).

Ce document présente le diagnostic environnemental de site, alimenté d'une synthèse sur les atouts/contraintes du site. Une partie sur le potentiel bioclimatique vient compléter cette étude et permet d'établir de premières préconisations à destination du maître d'ouvrage et du concepteur. Ces préconisations seront développées et intégrées dans une note spécifique ultérieurement.

Résumé

Une mise en compatibilité du PLU sera réalisée. Les contraintes qui y sont associées seront révisées. Les contraintes administratives pourront donc être modifiées.

GENERAL	
Programme	Construction d'un établissement pénitentiaire
Surface de la parcelle	33 hectares
Localisation	Le long de la route de Moisenay à l'est, de l'A5 à l'ouest et de le D57 au nord. Crisenoy (77390)
Contexte	Construction d'un nouvel établissement pénitentiaire pour : <ul style="list-style-type: none">- Lutter contre la surpopulation carcérale ;- Améliorer la prise en charge des personnes détenues et les conditions de travail des personnels.
CONTEXTE ADMINISTRATIF	
Zone de PLU	Zone UA
Débit de fuite/ abattement d'une lame d'eau & coefficient d'imperméabilisation	Les eaux pluviales doivent être traitées et infiltrées sur la parcelle Les aménagements nécessaires à la bonne gestion des eaux pluviales sont à la charge exclusive du propriétaire qui doit réaliser les dispositifs adaptés à l'opération et au terrain
Emprise au sol et pleine terre	Non réglementé
Hauteur maximale admissible	La hauteur maximale des constructions à vocation d'activité ne pourra excéder 12 m (les éléments techniques ou spécifiques, tels que élévateurs, boisseaux de chargement, séchoirs ne sont pas pris en compte dans le calcul de ces hauteurs). Ces règles ne s'appliquent pas : Aux infrastructures techniques et équipements des services publics ou d'intérêt collectif, pour lesquels la hauteur est libre lorsque les contraintes liées à ces ouvrages l'exigent. Cf. PLU de Crisenoy (77)
Coefficient d'occupation des sols	Non réglementé
Stationnements VL	Le stationnement correspondant aux besoins des constructions ou installations doit être assuré en dehors des voies publiques et des voies privées susceptibles d'être affectées à la circulation publique.
Stationnements vélos	Non réglementé
Espaces verts	Les bâtiments d'activités doivent être accompagnés d'un traitement paysager contribuant à leur bonne insertion dans le paysage D'une manière générale il conviendra d'éviter les alignements végétaux au droit des bâtiments

TERRITOIRE DU SITE															
Environnement voisin	Terrains agricoles au nord, ouest et sud qui accueille des activités agricoles. Le sud-est de la parcelle est bordé par l'autoroute A5 et une LGV.														
DEPLACEMENTS															
Accessibilité routière	Accès immédiat à la RN36 (à 500m) au nord et à l'A5 à l'ouest de la parcelle.														
Accessibilité aux TC	Les arrêts les plus proches sont situés au niveau de Les bordes (700m) et du centre de Crisenoy (Ecole). Un arrêt plus fréquemment desservi est RN36 au niveau de Saint-Germain-Laxis														
Modes doux	Réseau cyclable inexistant sur la commune de Crisenoy.														
ETAT PHYSIQUE DU SITE															
Etat actuel	Terrains agricoles (blé et colza)														
Topographie	Parcelle à priori homogène, à confirmer par des relevés géomètre														
Composition des sols	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Profondeur</th> <th>Lithologie</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De 0 à 0,7 m</td> <td>MARNE BRUNE</td> </tr> <tr> <td>De 0,7 à 1,4 m</td> <td>BLOCS DE MEULIERE FRACTUREE</td> </tr> <tr> <td>De 1,4 à 1,8 m</td> <td>MARNE BRUNE</td> </tr> <tr> <td>De 1,8 à 4 m</td> <td>DALLE DE CALCAIRE TRES DUR</td> </tr> <tr> <td>De 4 à 8,4 m</td> <td>MARNE BEIGE (MARNO-CALCAIRE), A PARTIR DE 6.80 M PASSAGE DE BLOCS TRES FRACTURES</td> </tr> <tr> <td>De 8,4 à 10 m</td> <td>MARNE VERTE COMPACTE</td> </tr> </tbody> </table>	Profondeur	Lithologie	De 0 à 0,7 m	MARNE BRUNE	De 0,7 à 1,4 m	BLOCS DE MEULIERE FRACTUREE	De 1,4 à 1,8 m	MARNE BRUNE	De 1,8 à 4 m	DALLE DE CALCAIRE TRES DUR	De 4 à 8,4 m	MARNE BEIGE (MARNO-CALCAIRE), A PARTIR DE 6.80 M PASSAGE DE BLOCS TRES FRACTURES	De 8,4 à 10 m	MARNE VERTE COMPACTE
Profondeur	Lithologie														
De 0 à 0,7 m	MARNE BRUNE														
De 0,7 à 1,4 m	BLOCS DE MEULIERE FRACTUREE														
De 1,4 à 1,8 m	MARNE BRUNE														
De 1,8 à 4 m	DALLE DE CALCAIRE TRES DUR														
De 4 à 8,4 m	MARNE BEIGE (MARNO-CALCAIRE), A PARTIR DE 6.80 M PASSAGE DE BLOCS TRES FRACTURES														
De 8,4 à 10 m	MARNE VERTE COMPACTE														
Profondeur de la nappe phréatique	A préciser par une étude géotechnique sur la parcelle														
Zone humide	L'étude réalisée par Alisea témoigne que l'extrémité ouest du Ru d'Andy est une zone humide.														
Faune	Les premiers résultats montrent qu'il existe un enjeu sur l'avifaune « Les enjeux concernant l'avifaune hivernale sont modérés. Des stationnements de Vanneaux huppé et de Pluviers doré pouvant être observés dans le secteur. »														
Flore	L'étude indique : « Bien qu'ils ne soient pas identifiés par le SRCE, les enjeux peuvent se concentrer au niveau du ru d'Andy, qui, selon son état de conservation, peut être un corridor écologique allant jusqu'au réservoir de biodiversité et ENS du château de Vaux le Vicomte et à la rivière de l'Almont.»														
POLLUTIONS															
Qualité de l'air	Les taux des principaux polluants de l'air sur l'année 2021 respectent les valeurs limites. Aux abords de l'A5, les taux peuvent dépasser les valeurs limites.														
Pollution des sols	Etude à mener sur la parcelle pour identifier d'éventuelles pollutions aux pesticides														
NUISANCES ACOUSTIQUES															
Infrastructures classées à proximité	Parcelle largement impactée par l'A5 (catégorie 2) et la ligne ferroviaire (catégorie 1) qui longent la parcelle côté ouest.														
Classement acoustique des façades	Niveau d'isolement à identifier par l'acousticien suivant les niveaux de performance visés et la distance aux infrastructures														
RISQUES															
Risques sismique	Zone de sismicité très faible (1/5).														

Aléa retrait gonflement des argiles	Aléa moyen sur la parcelle. L'étude géotechnique devra préciser les mesures à prendre pour faire face aux risques de retrait-gonflement des argiles
Risque de remontée de nappe	La parcelle est située majoritairement dans une zone potentiellement sujette aux inondations de cave. A préciser par une étude hydrogéologique
Risques industriels	Aucune entreprise aux alentours classée SEVESO. 1 installation classée pour la protection de l'environnement dans un rayon d'1 km. Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles.
Servitudes	Une partie sud-ouest du site d'étude est comprise dans les périmètres SUP 1, 2 et 3 définis par arrêté préfectoral de la canalisation de gaz. Une moindre partie nord du site d'étude est comprise dans le périmètre SUP 1 défini par arrêté préfectoral de la canalisation d'hydrocarbures.
CLIMAT	
Zone climatique RT	Zone H1a
Ensoleillement	1752.6 heures d'ensoleillement par an en moyenne (calculé entre 1981 et 2010)
Précipitations	679.9mm – (normales de 1981 à 2010)
Vent	Vents dominants provenant du sud-ouest et du nord.

Synthèse environnementale du site

1. RELATION DU BATIMENT AVEC SON ENVIRONNEMENT

Atouts	Contraintes	Préconisations
Voies structurantes qui desservent la parcelle : A5 et RN36.	Très peu de transports en communs et pas de transports lourds (type train) à proximité immédiate (train accessible à Melun ou Verneuil l'étang).	Prévoir un local vélos sécurisé, abrité, facile d'accès et suffisamment dimensionné à destination du personnel et des employés en lien avec le développement des voies cyclables et de la liaison vers Melun prévue par la communauté d'agglomération. <i>Plus d'informations sur les liaisons cyclables en page 20.</i>
ZAC des Bordes en discussion (centre logistique notamment...)	Trame vélo inexistante sur la commune de Crisenoy	Favoriser la conservation/création d'habitats naturels pour les espèces à enjeux identifiés sur site.
Site proche de Melun (environ 8km)	Bande inconstructible de part et d'autre de l'A5 (loi Barnier).	Optimiser l'emprise au sol des bâtiments, pour limiter l'impact sur la biodiversité et une trop forte imperméabilisation des sols (possible inondation du Ru d'Andy).
	Canalisation de gaz et d'hydrocarbure identifiée TMD sur la parcelle (Nord et Sud-ouest).	Respecter les exigences réglementaires liées aux servitudes.

2. CHOIX INTEGRE DES PRODUITS, SYSTEMES ET PROCEDES DE CONSTRUCTION

Atouts	Contraintes	Préconisations
	Aléa moyen pour le risque de retrait-gonflement des argiles.	Système de fondation et matériaux en adéquation avec les contraintes géo hydrologiques de la parcelle à prévoir.
	Zone potentiellement sujette aux inondations de cave.	Des sondages géotechniques pourraient être réalisés en discussion avec le BE Structure.

3. CHANTIER A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Atouts	Contraintes	Préconisations
Pas de riverains sensibles à proximité immédiate, bruit résiduel déjà important sur la parcelle du fait de la proximité avec l'A5 et la ligne LGV.	Enjeux de biodiversité sur la parcelle (notamment avec le Ru d'Andy)	Optimiser la valorisation des déchets de chantier et d'activité et la mettre en cohérence avec la charte chantier de la MOA.
Quartier desservi par les voies structurantes (A5, RN36) facilitant l'accès aux engins de chantier/livraison et limitant les nuisances de trafics et bruits associés.	Parcelle entièrement perméable.	Optimiser l'implantation du chantier pour les nuisances sur la biodiversité et conserver une bande stérile entre le chantier et le ru d'Andy afin de limiter l'impact de ce dernier sur la biodiversité.
	Parcelle desservie par la RD57 passant par le hameau des Bordes.	Optimiser l'accès au chantier pour éviter les risques d'accidents lors de l'insertion des camions de chantier sur les routes

Intégrer les parkings temporaires lors de la construction à l'intérieur de la parcelle.

Prévoir un accès au chantier ne passant pas par le hameau des Bordes (Route de Moisenay depuis la RD215 au niveau du nord de Moisenay)

4. GESTION DE L'ENERGIE – Ce point sera détaillé en phase 3 avec les potentiels ENR

Atouts	Contraintes	Préconisations
Absence de masques solaires. Zone favorable à l'implantation éolien avec cependant de fortes contraintes	Pas de RCU à proximité de la parcelle.	Envisager le recours aux énergies renouvelables.

5. GESTION DE L'EAU

Atouts	Contraintes	Préconisations
Grande parcelle entièrement perméable.	Le projet va venir imperméabiliser la parcelle.	Favoriser le choix d'essences à faibles besoins hydriques.
Le projet de la ZAC des Bordes prévoit une station d'épuration (réflexion commune à avoir).	Absence de réseau de collecte des eaux pluviales au droit de la parcelle. Les eaux pluviales doivent être traitées et infiltrées sur la parcelle Le recours à l'assainissement autonome est obligatoire	Limiter l'imperméabilisation (toitures végétalisées, revêtements extérieurs perméables...) Niveau de la nappe à déterminer par une étude piézométrique. Réaliser une étude d'infiltration et favoriser l'infiltration si cela est possible. Utilisation de systèmes hydro-économiques et recyclage/réutilisation de l'eau de pluie pour économiser la ressource.

6. GESTION DES DECHETS

Atouts	Contraintes	Préconisations
	A priori pas de gestion des déchets de chantier pris en charge par la collecte municipale	Prévoir des bennes adaptées et des locaux déchets suffisamment dimensionnés

7. MAINTENANCE ET PERENNITE DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES

Atouts	Contraintes	Préconisations
	Site a priori sujet à de fortes pollutions atmosphérique (A5, LGV et N36 à proximité)	Prévoir un dimensionnement suffisant des locaux CTA pour faciliter le remplacement des filtres

8. CONFORT HYGROTHERMIQUE

Atouts

Le mur d'enceinte permettra une protection aux vents dominants en hiver.

Contraintes

Absence de végétalisation de grande hauteur ou de masques solaires.

Préconisations

Conception bioclimatique des bâtiments.

Concevoir des zones ombragées extérieures pour les détenus et le personnel/les employés dans la limite des prescriptions du programme pénitentiaire.

9. CONFORT ACOUSTIQUE

Atouts

-

Contraintes

Site largement impacté par les infrastructures routières et ferroviaires à proximité :

- A5 à l'ouest catégorie 2 ;
- Ligne LGV à l'ouest : catégorie 1.

Vents dominants provenant du SO pouvant occasionnellement accentuer l'inconfort acoustique (d'après rose des vents de Windfinder)

Préconisations

Positionner le projet de façon à s'éloigner au maximum de l'A5 et de la LGV

Positionner les espaces à enjeux de façon à les protéger du bruit (orientation de ces espaces vers le sud-est de la parcelle)

Réaliser une étude acoustique afin de déterminer l'impact du mur d'enceinte.

10. CONFORT VISUEL

Atouts

Paysage dégagé, la vue porte au loin.
Pas de masque sur la parcelle.

Contraintes

Vues peu qualitatives sur la LGV et l'A5

Préconisations

Aménager des espaces paysagers qualitatifs sur la parcelle et couper les vues peu qualitatives.

Aménager des espaces paysagers afin de préerver les vues depuis le hameau des Bordes vers le centre pénitentiaire.

11. CONFORT OLFACTIF

Atouts

Aucune nuisance olfactive durant la visite de site.

Contraintes

Présence de l'A5 à l'ouest et d'une décharge Veolia au Sud.

Préconisations

Réaliser une étude olfactive sur site et positionner les entrées d'air du système de ventilation de manière à éviter les nuisances liées à l'A5

12. QUALITE SANITAIRE DES ESPACES

Atouts

Contraintes

Préconisations

13. QUALITE SANITAIRE DE L'AIR

Atouts

Bonne qualité de l'air à l'échelle de la commune en 2021.

Contraintes

L'A5 longe la parcelle au sud-ouest. Les vents dominants provenant du SO poussent les polluants vers le site étudié.

Activités agricoles aux alentours potentiellement polluantes (pesticides).

Préconisations

Réaliser une étude aéraulique à l'échelle du projet, afin d'étudier l'influence du mur d'enceinte et de l'agencement des différents bâtiments sur la circulation de l'air et des polluants. Cette étude permet d'étudier les courants d'air froid, la dispersion de polluants afin d'améliorer la conception bioclimatique des bâtiments.

Prendre en compte les vents dominants dans la localisation des espaces sensibles aux pollutions aériennes vis-à-vis des espaces émetteurs de pollutions.

Eviter les entrées d'air du système de ventilation côté SO (pourra être étudié avec l'étude aéraulique) et prévoir des filtres adaptés.

14. QUALITE SANITAIRE DE L'EAU

Atouts

Eau potable distribuée conforme.

Contraintes

Eau potable distribuée moyennement dure.

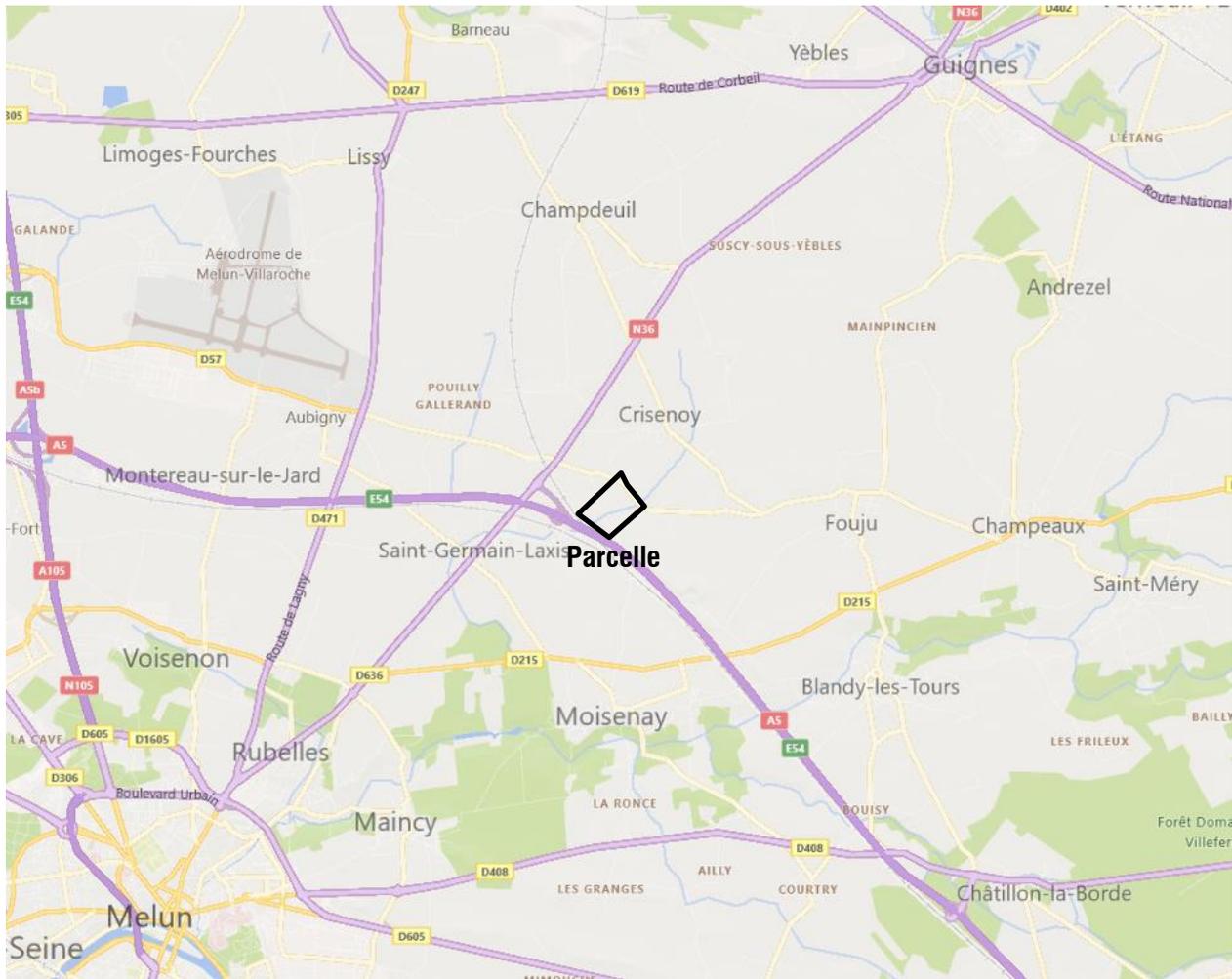
Préconisations

Un traitement adoucissant pourra s'avérer nécessaire.

Données générales du site

1 Localisation

LOCALISATION DU SITE



Source : Géoportail

Département	Seine-et-Marne (77)
Commune	Crisenoy
Adresse/localisation	Le long de la route de Moisenay, de la D57 et de l'A5.
Superficie de la parcelle	Environ 33 hectares

2 Contexte administratif

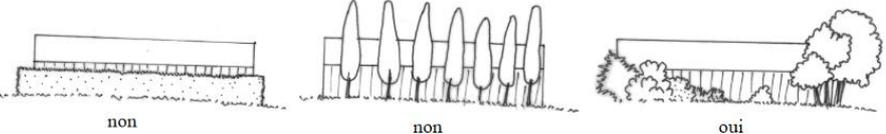
ZONES PLU



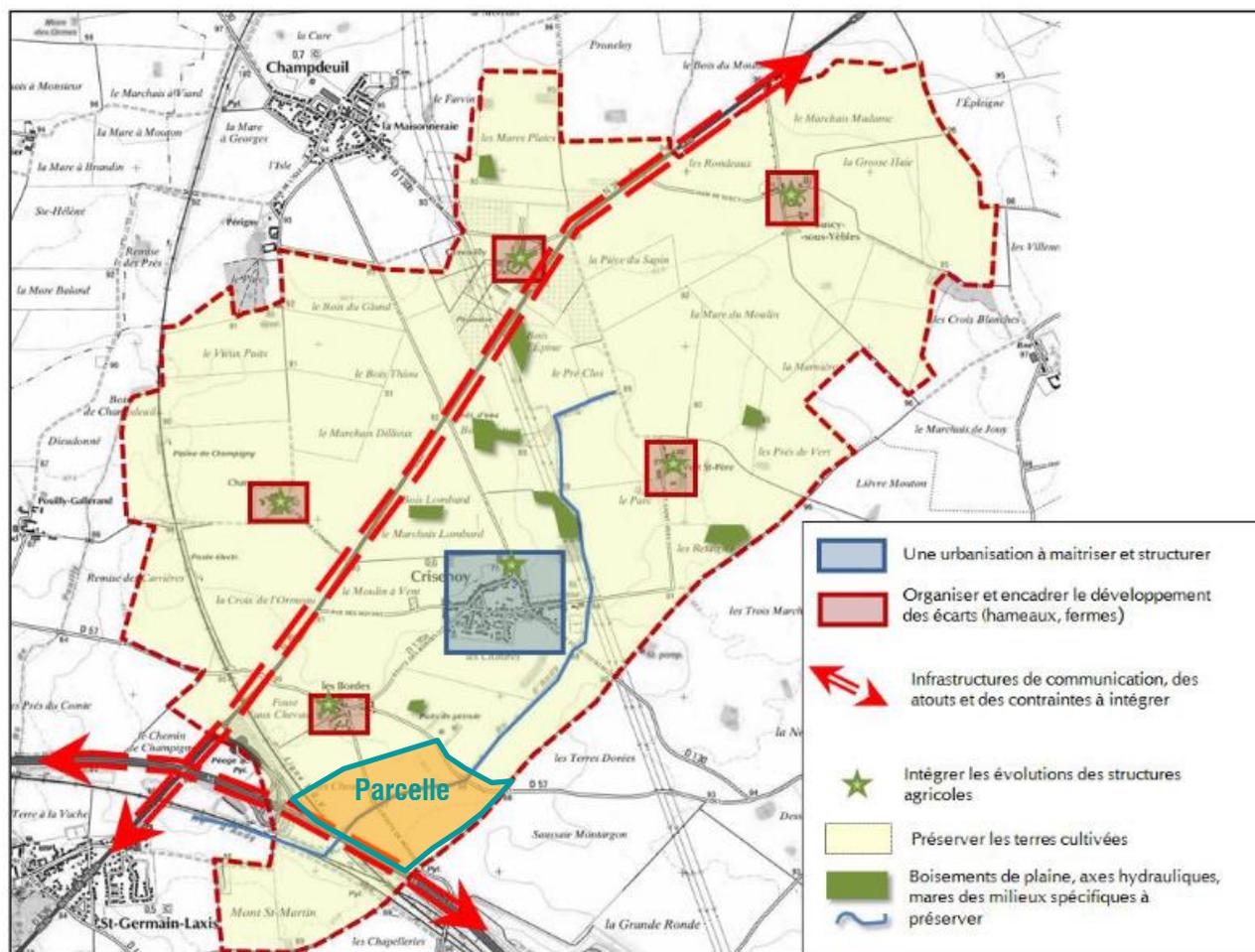
<ul style="list-style-type: none"> --- Limites zones PLU Application de l'article L.151-11 (changement d'affectation envisageable) Espaces Boisés Classés Elemente de protection L.151-15 et suivants Batiments protégés Murs protégés 	<ul style="list-style-type: none"> Arbres protégés Jardins et Vergers à préserver Cheminement piéton à préserver Alignements boisés protégés Plan d'eau et zones humides Mares, stangs 	<ul style="list-style-type: none"> Protection des abords des cours d'eau Zones Humides Espaces à dominante humide Emplacement Réservés Application L.111-6 CU Bande d'inconstructibilité de part et d'autre de l'axe de la voie A5 : 100 m RN 36 : 75 m
--	--	---

Source : PLU ville de Crisenoy (77)

Document	Plan Local d'Urbanisme de la commune de Crisenoy version 2017. Une mise en compatibilité du PLU sera réalisée. Les contraintes qui y sont associées seront révisées
Zone	Zone A. La zone A correspond aux espaces agricoles de la commune. Elle est identifiée en raison du potentiel agronomique, biologique et économique des terres agricoles.
Coefficient d'emprise au sol	/
Coefficient d'occupation du sol	/
Hauteur maximale des constructions	La hauteur maximale des constructions à vocation d'activité ne pourra excéder 12 m (les éléments techniques ou spécifiques, tels que élévateurs, boisseaux de chargement, séchoirs ne sont pas pris en compte dans le calcul de ces hauteurs). Ces règles ne s'appliquent pas : Aux infrastructures techniques et équipements des services publics ou d'intérêt collectif, pour lesquels la hauteur est libre lorsque les contraintes liées à ces ouvrages l'exigent.

Implantation en limite de voirie	<p>Les constructions devront être implantées en respectant un retrait minimum de 5 m par rapport aux voies et emprises publiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 20 m par rapport aux limites d'emprise de la RN 36 et de la ligne LGV - 50 m par rapport aux limites de l'autoroute A5 <p>Ces règles ne s'appliquent pas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aux infrastructures techniques et équipements des services publics ou d'intérêt collectif, pour lesquels l'implantation est libre (ex : poste de transformation) lorsque les contraintes liées à ces ouvrages l'exigent. - Un recul supérieur peut être imposé et déterminé au niveau des carrefours et quelle que soit la nature des voies, en fonction de problèmes de visibilité, de sécurité routière ou d'aménagement ultérieur de l'intersection.
Aspect du bâtiment	<p><u>Matériaux et couleur :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Les bardages seront teintés ton mat, - Les matériaux de construction destinés à être revêtus (parpaings agglomérés, briques creuses...) ne peuvent être laissés apparents <p>Ces règles ne s'appliquent pas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aux infrastructures techniques et équipements des services publics ou d'intérêt collectif, pour lesquels l'implantation est libre (ex : poste de transformation) lorsque les contraintes liées à ces ouvrages l'exigent.
Stationnement VL	<p>Le stationnement correspondant aux besoins des constructions ou installations doit être assuré en dehors des voies publiques et des voies privées susceptibles d'être affectées à la circulation publique.</p>
Stationnement vélos	/
Végétalisation	<ul style="list-style-type: none"> - Les bâtiments d'activités doivent être accompagnés d'un traitement paysager contribuant à leur bonne insertion dans le paysage - D'une manière générale il conviendra d'éviter les alignements végétaux au droit des bâtiments <div style="text-align: center;">  </div>
Essences	Les essences locales sont les seules autorisées
Eau potable	Toute construction ou installation nouvelle nécessitant une alimentation en eau potable doit être raccordée au réseau public de distribution. Ce branchement doit être exécuté conformément aux prescriptions techniques et aux règles en vigueur.
Eau usées	<ul style="list-style-type: none"> - L'assainissement autonome est obligatoire. Il devra être réalisé conformément à la réglementation et la législation en vigueur et conformément aux prescriptions du schéma d'assainissement approuvé et sa mise en service est subordonnée à l'autorisation du Maire. - Toutefois quand le réseau collectif d'assainissement est à proximité (moins de 100 m) le raccordement au réseau collectif pourra être autorisé - Les effluents issus des activités doivent subir un traitement conforme à la réglementation en vigueur avant d'être rejetés dans le réseau public ou le milieu naturel
Eaux pluviales	<ul style="list-style-type: none"> - Les eaux pluviales doivent être traitées et infiltrées sur la parcelle - Les aménagements nécessaires à la bonne gestion des eaux pluviales sont à la charge exclusive du propriétaire qui doit réaliser les dispositifs adaptés à l'opération et au terrain
Réseaux électricité, téléphone, télédistribution	/

PROJET D'AMENAGEMENT ET DE DEVELOPPEMENT DURABLES DE LA VILLE



Source : projet d'aménagement et de développement durable - Ville de Crisenoy - 2016

Orientations générales du PADD

Concevoir un urbanisme raisonnable et cohérent : inscrire le projet communal dans une logique de développement durable

- Définir un développement en cohérence avec le fonctionnement de la commune
- Apporter un zonage adapté aux différentes formes d'occupation de l'espace
- Maîtriser et organiser l'urbanisation dans une logique de rationalisation et de préservation des espaces agricoles et naturels
- Assurer/renforcer la diversification économique en cœur de bourg

Instaurer une gestion durable et valorisante des espaces agricoles, naturels et bâtis : un territoire à préserver et à mettre en valeur

- Préserver les paysages, les éléments naturels gagent d'un cadre de vie de qualité et d'une richesse patrimoniale intrinsèque du territoire.
- Assurer la préservation des espaces naturels et des continuités écologiques et valoriser les patrimoines bâtis et naturels (cadre urbain, espaces naturels remarquables...)
- Assurer la pérennité de l'activité agricole et la préservation des terres agricoles
- Prendre en compte les éléments de contraintes et les intégrer dans une logique de développement global et durable (transports et déplacements, infrastructures...)

Adéquation du projet avec le PADD	<p>Le PADD prévoit notamment la préservation des espaces naturels, des terres agricoles et la préservation des espaces naturels et des continuités écologiques.</p> <p>La parcelle retenue est constituée de terres exploitées. Le changement d'usage de ces terres vient à l'encontre de la préservation du terroir agricole. De plus, le ru d'Andy traverse la parcelle, la mise en péril de cette continuité écologique n'est pas en accord avec la PADD.</p> <p>Le projet ne respecte donc pas les orientations du PADD de la ville de Crisenoy.</p>
--	--

Le territoire du site

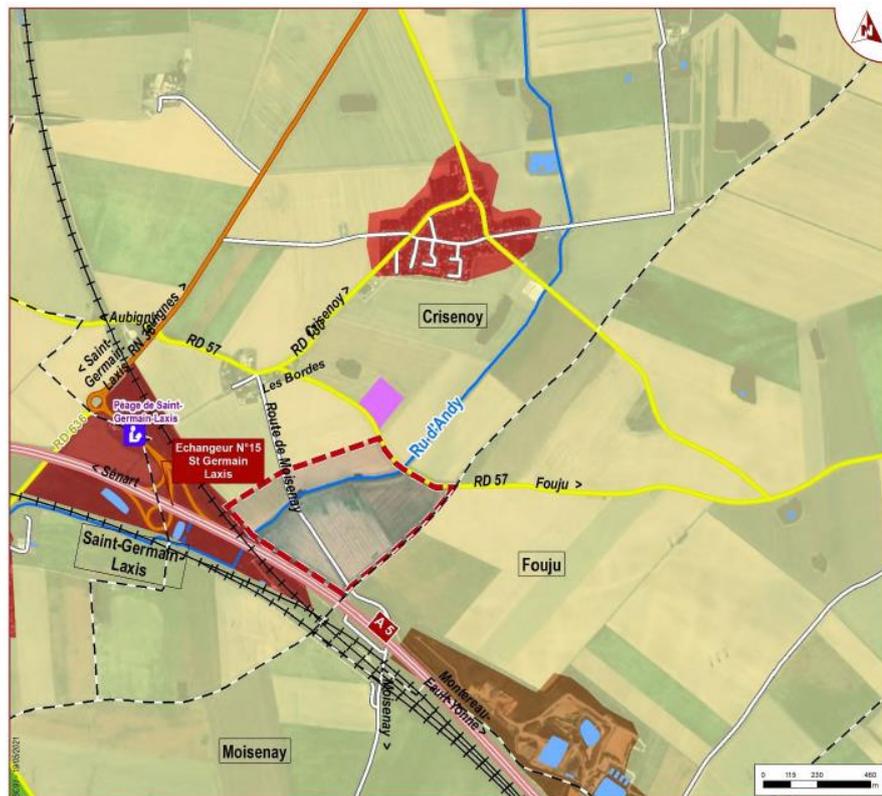
1 Description du site et de son environnement

ENVIRONS

-  Périmètre du site d'étude
-  Limite de commune
-  Voie ferrée
-  Autoroute
-  Route nationale
-  Route départementale
-  Autre route
-  Cours d'eau permanent
-  Cours d'eau temporaire
-  Plan d'eau
-  112 : Tissu urbain discontinu
-  Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés
-  Décharges
-  Terres arables hors périmètres d'irrigation
-  311 : Forêts de feuillus
-  Plateforme production hydrocarbures GeoPetrol
-  Gare de péage



Fond de plan : ESRI
Sources : APU - IGN - Land Copernicus



Source : Etude de faisabilité EGIS (juillet 2021)

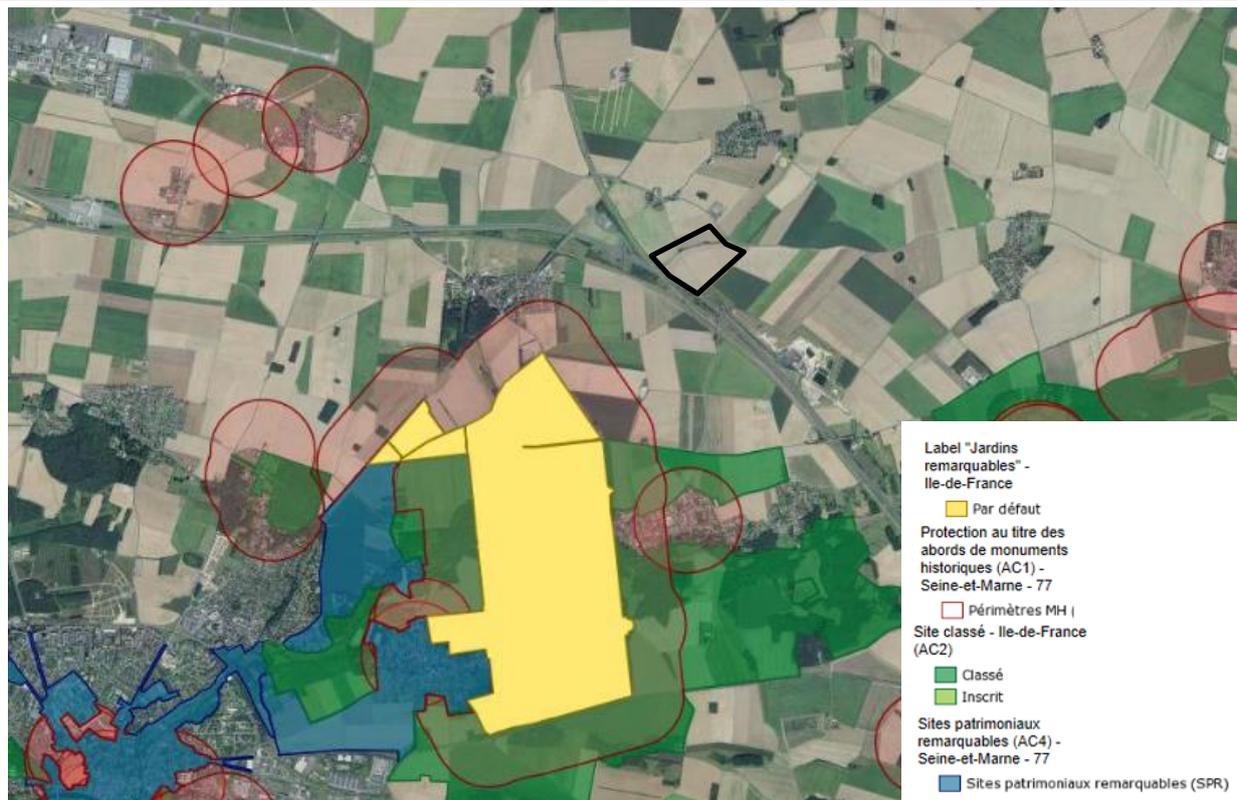
Environnement immédiat

Terrains agricoles au nord, ouest et sud qui accueille des activités agricoles. Le sud-est de la parcelle est bordé par l'autoroute A5 et une LGV.

Vues offertes depuis le site

Se référer à la partie Annexe 2 : Visite de site

SITES CLASSES OU INSCRITS MONUMENTS HISTORIQUES, ZPPA



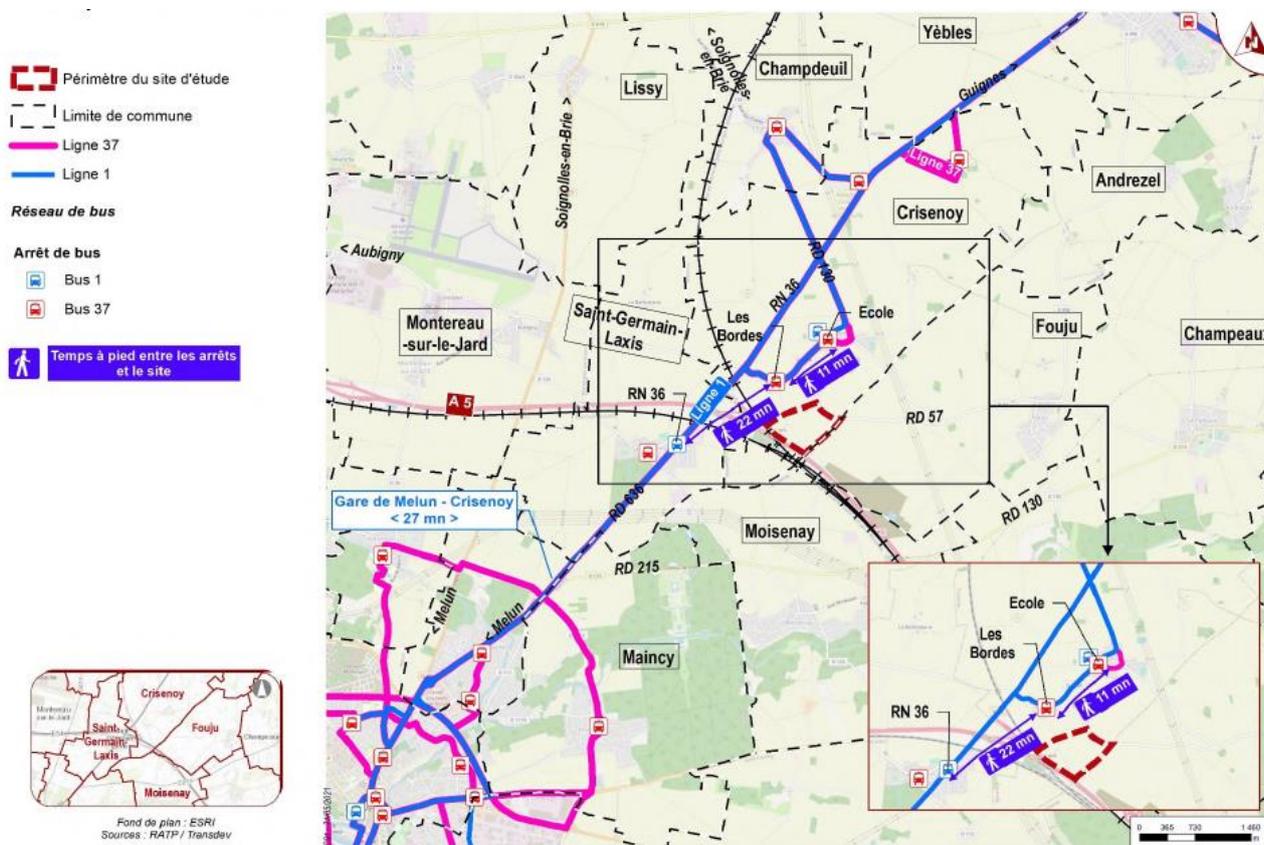
Source : Atlas des patrimoines

Proximité d'un site en périmètre de protection Oui Non

Détail : La parcelle étudiée n'est pas concernée par les périmètres de protection de monuments historiques ou par les zones de présomption de prescription archéologique.

3 Déplacements

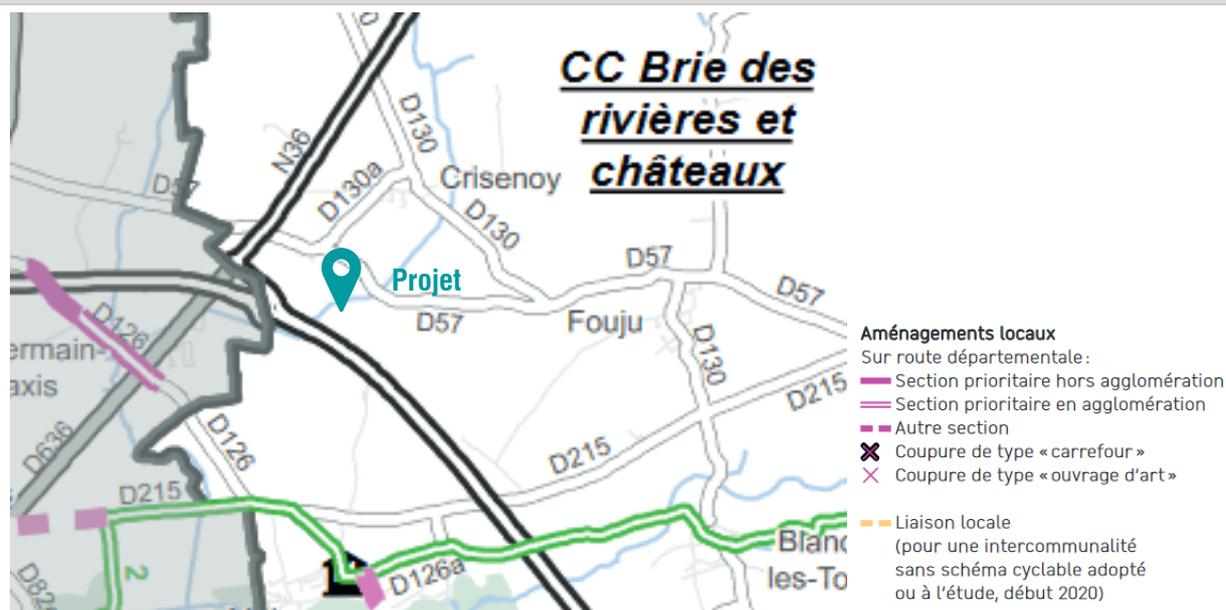
VOIRIES DE DESSERTE AUTOMOBILE ET TRANSPORTS EN COMMUNS



Source : Etude de faisabilité EGIS (Juillet 2021)

Proximité d'axes routiers majeurs	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Détail : Accès immédiat à la RN36 (à 500m) au nord et à l'A5 à l'est de la parcelle.	
Proximité d'un arrêt de bus	Les arrêts les plus proches sont situés au niveau de Les bordes et du centre de Crisenoy (Ecole). Un arrêt plus fréquemment desservi est RN36 au niveau de Saint-Germain-Laxis	
Lignes desservies	Ligne 1 Melun <> Rebaix	Ligne 37 Melun <> Osouer-le-Voulgis
Fréquence de desserte (en semaine)	1 à 2 fois par jour (arrêt Ecole Crisenoy)	3/4 passages le matin vers Melun et 3/4 passage le soir depuis Melun
Proximité d'une gare ferroviaire	La gare la plus proche se trouve à 10km du site	
Nom	Gare de Melun (RER D/Transilien R) ou Verneuil l'étang (Transilien P)	
Fréquence de desserte (en semaine)	Toutes les 10 minutes environ pour la gare de Melun, 20/30minutes pour la gare de Verneuil l'étang.	

PISTES CYCLABLES ET LIAISONS DOUCES/CHEMINS PIETONS



Source : Plan vélo 77

Proximité d'une piste cyclable	≤ 400m : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
Détail	<p>Pas de voie cyclable à proximité immédiate du site, la liaison vers Les Bordes se fait par une départementale</p>  <p>Absence de voie cyclable RD57 (1)</p> <p>Liaison vers Fouju</p>  <p>Absence de voie cyclable RD57 (2)</p> <p>Les voies cyclables sécurisées les plus proches se situent : - Saint-Germain-Laxis</p>
Aménagement futur	<p>La communauté d'agglomération réalise depuis 2019 une voie verte reliant le centre-ville de Melun à Saint-Germain-Laxis, en desservant Maincy et le château de Vaux-le-Vicomte.</p>

Source : <https://www.melunvaldeseine.fr/lagglomeration/les-competences/mobilite/schema-directeur-des-liaisons-douces>

Etat physique du site

1 Etat actuel du site

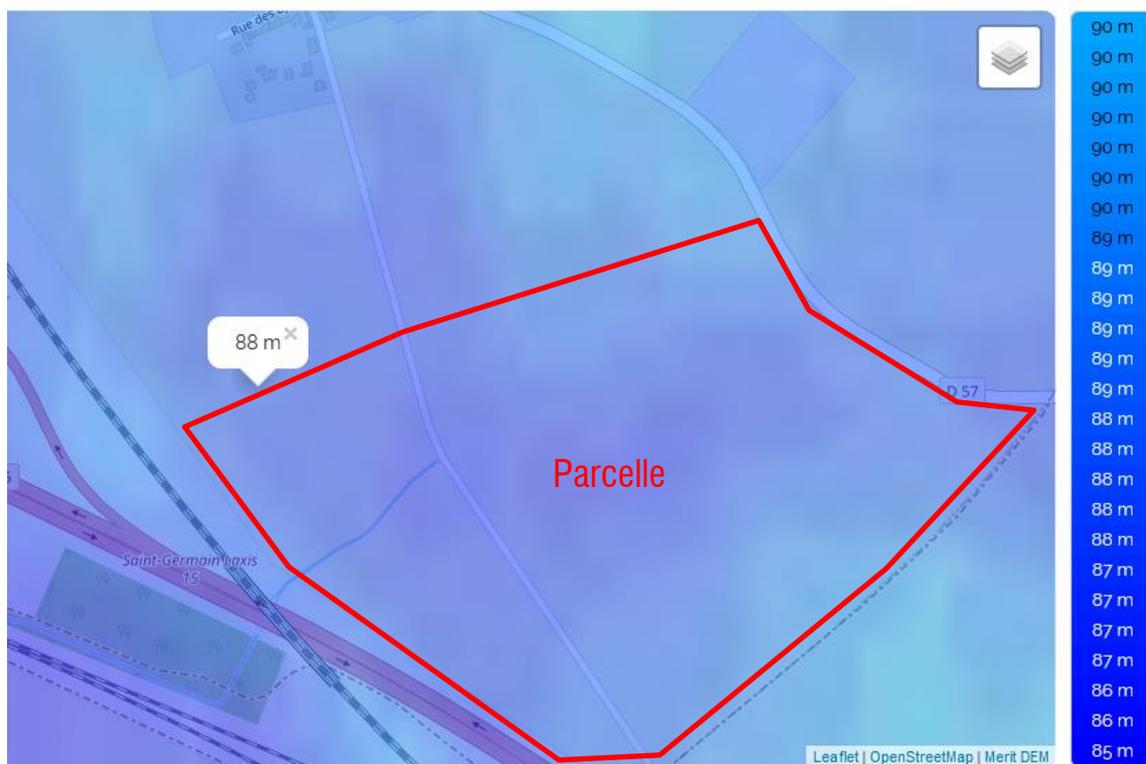
PLAN DU SITE



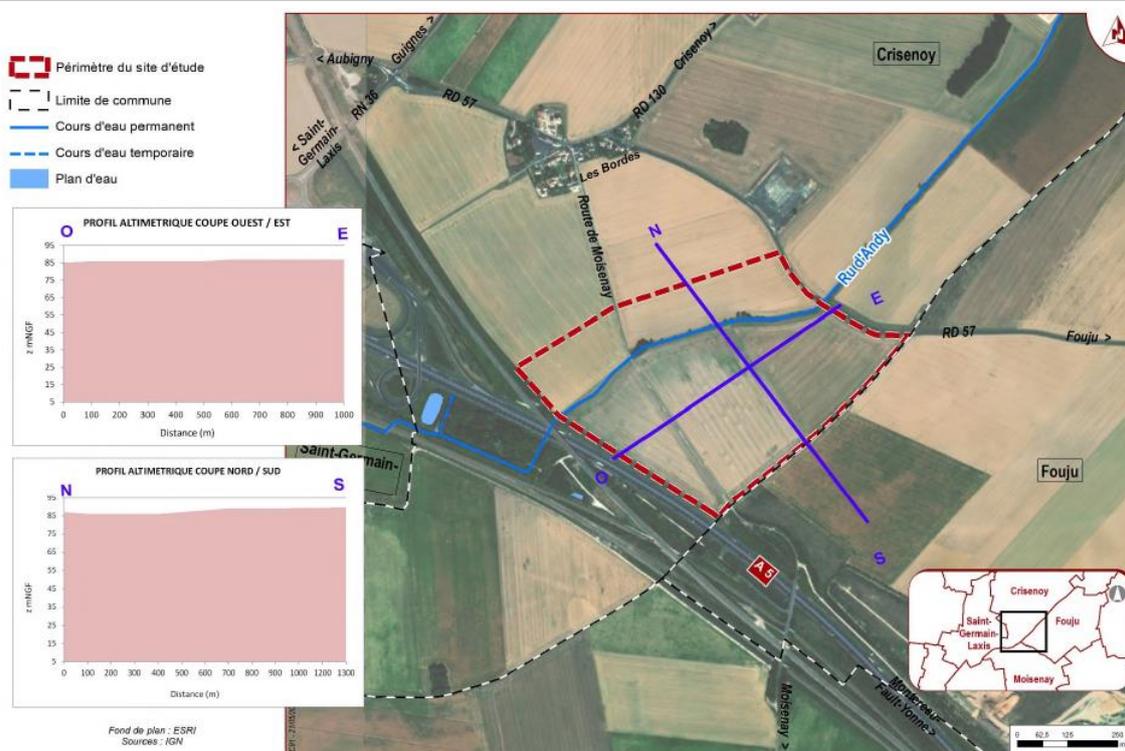
Source : Géoportail

Bâtiment existant sur site Oui Non

TOPOGRAPHIE



Source : www.topographic-map.com, 2017

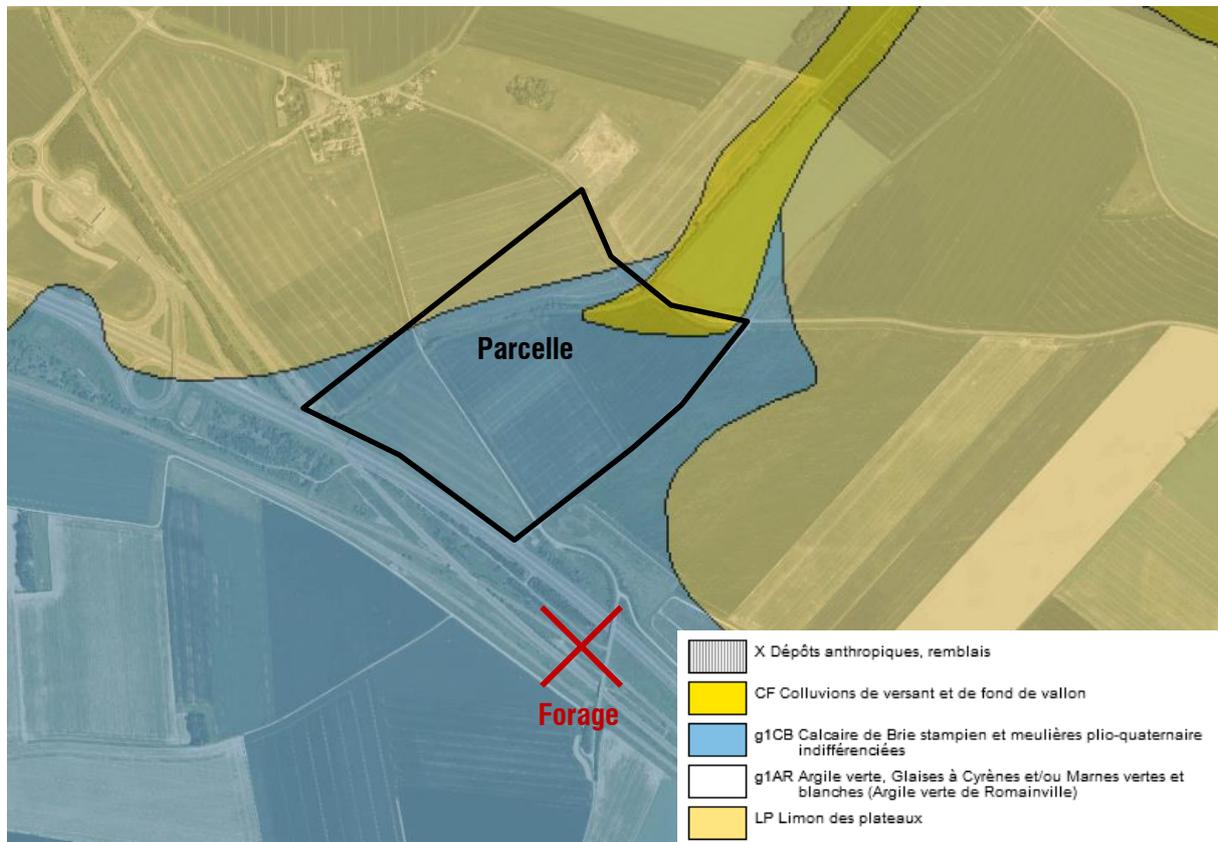


Source : *Etude de faisabilité EGIS (juin 2021)*

Altitude moyenne	88m
Fort dénivelé sur la parcelle	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non
Dénivelé sur la parcelle	Les altitudes varient entre 89 et 86 m NGF.

2 Sols et sous-sols

CONTEXTE GEOLOGIQUE



Source : infoterre.brgm.fr

Strates géologiques

1 forage datant de 2016 est répertorié dans la banque de sous-sol du BRGM :

Profondeur	Lithologie
De 0 à 0,7 m	MARNE BRUNE
De 0,7 à 1,4 m	BLOCS DE MEULIERE FRACTUREE
De 1,4 à 1,8 m	MARNE BRUNE
De 1,8 à 4 m	DALLE DE CALCAIRE TRES DUR
De 4 à 8,4 m	MARNE BEIGE (MARNO-CALCAIRE), A PARTIR DE 6.80 M PASSAGE DE BLOCS TRES FRACTURES
De 8,4 à 10 m	MARNE VERTE COMPACTE

Source : infoterre.brgm.fr

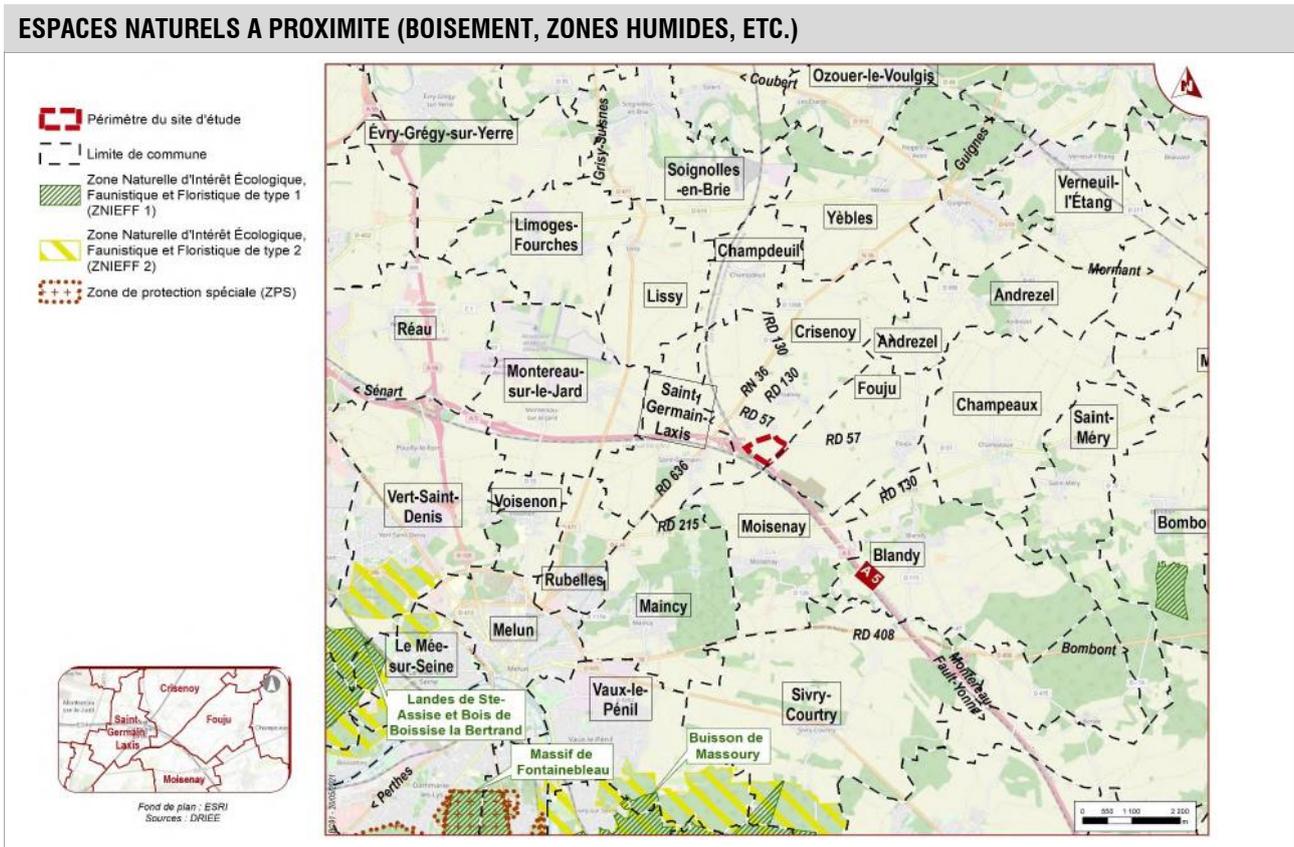
Perméabilité du sol

A identifier par une étude d'infiltration (parcelle agricole).

3 Cours d'eaux et rivières



4 Ecosystèmes vivants



Source : Etude de faisabilité EGIS (mars 2019)

<p>Proximité d'espace protégé</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non</p> <p>Aucun espace protégé à proximité immédiate. La parcelle se situe cependant sur des terrains agricoles actuellement exploités. De plus les abords du Ru d'Andy est une zone à dominante humide.</p>
--	---

FAUNE & FLORE



Source : premiers relevés étude faune/flore réalisée par Alisea Environnement en 2022

Faune	/
Flore	<p><u>Amphibiens et Reptiles</u> : Aucune espèce recensée à ce jour. Les enjeux semblent faibles.</p> <p><u>Mammifères terrestres</u> : Lapin de Garennes, Lièvre, Ragondin, Chevreuil, pas d'enjeu particulier à ce stade si ce n'est la possible gestion des ragondins.</p> <p><u>Mammifères volants</u> : Pipistrelle commune en chasse le long du Ru et en particulier de la partie avec ripisylve.</p> <p><u>Insectes</u> : Quelques insectes ont été notés mais sans enjeu particulier.</p> <p><u>Oiseaux</u> : Il s'agit du groupe où il y a des enjeux avec notamment plusieurs espèces dont certaines sont protégées des milieux agricoles (Alouette des champs, Bruant proyer). <i>Attention, l'enjeu est différent si l'espèce est nicheuse ou uniquement en survol ou recherche alimentaire (comme c'est le cas pour le chardonneret ou le Moineau domestique).</i></p>
Nombres d'habitats	/
	<p>Ces indications reflètent les premiers relevés réalisés par Alisea Environnement, ils ne sont pas forcément représentatifs de l'étude faune/flore finale.</p> <p>Ces conclusions seront mises à jour une fois l'étude faune/flore finalisée.</p>

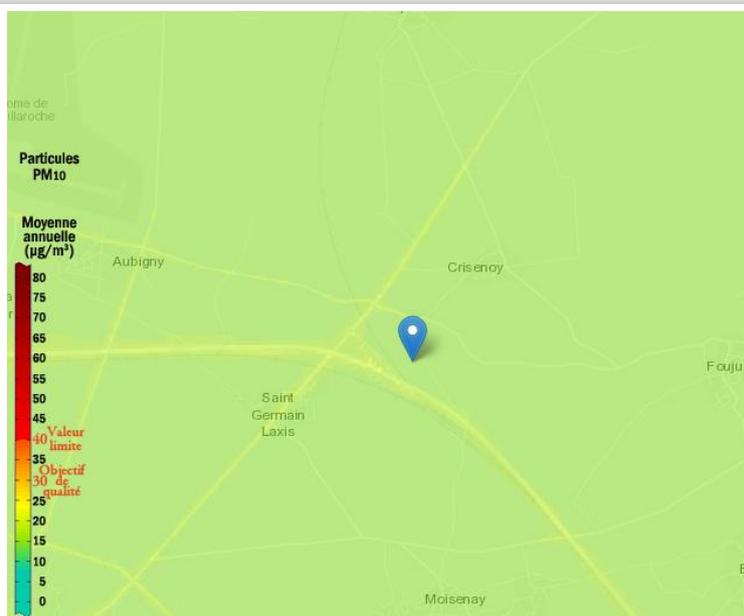
Nuisances, risques et pollutions du site

1 Qualité de l'air

POLLUTION ANNUELLE

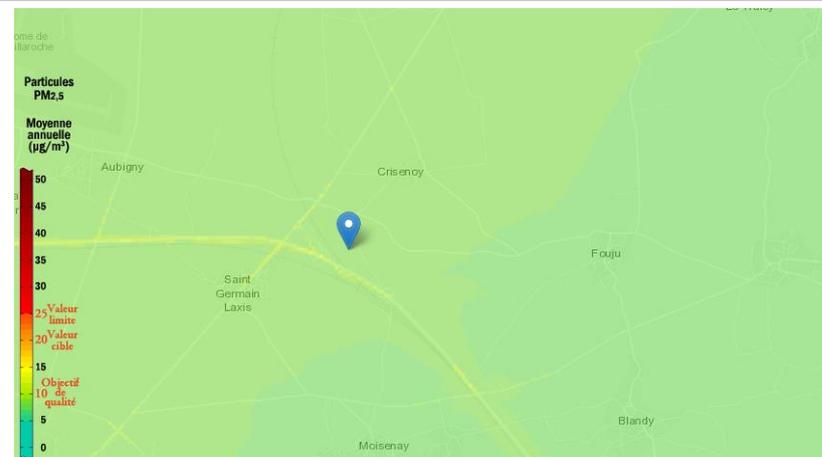
Les recommandations de l'OMS ont été mises à jour en septembre 2021, les valeurs limites et de qualités de l'échelle d'AirParif correspondent aux anciennes recommandations.

Concentrations moyennes de PM10 en 2021 (indice de 0 à 80)



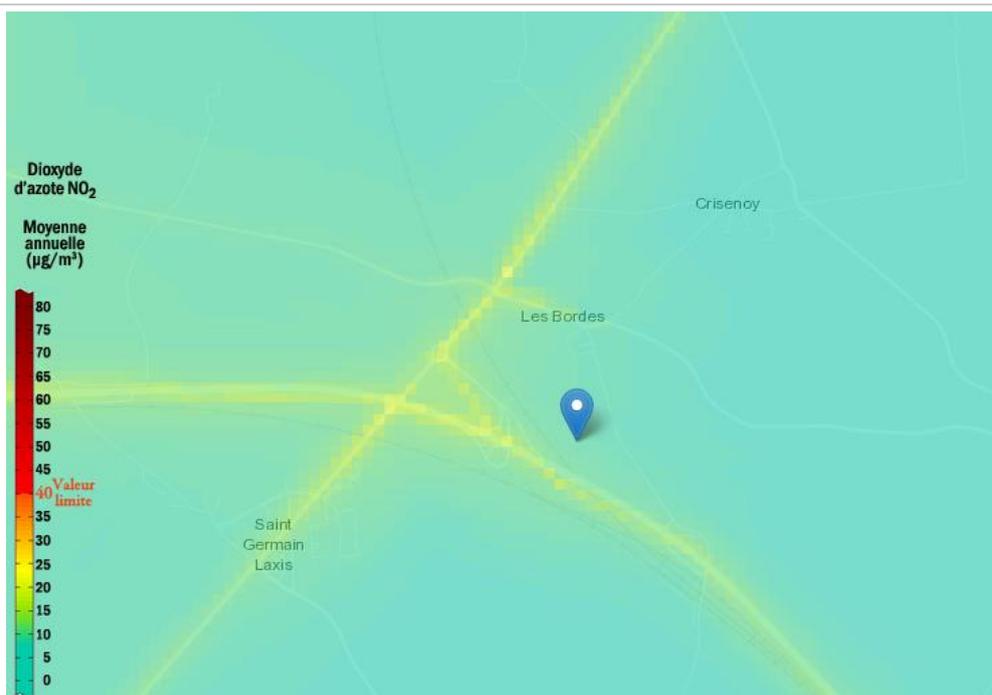
La pollution de l'air au niveau de la parcelle semble conforme (sauf aux abords de l'A5) aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixées à 15 µg/m³ pour les particules en suspension PM10.

Concentrations moyennes de PM2.5 en 2021 (indice de 0 à 50)



La pollution de l'air au niveau de la parcelle semble au dessus des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixées à 5 µg/m³ pour les particules en suspension PM2.5.

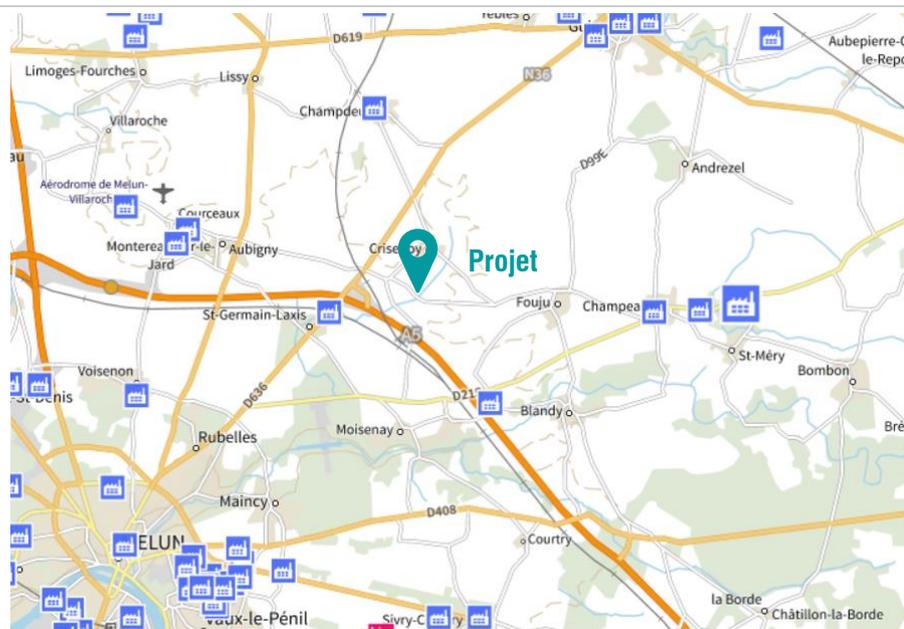
Concentrations moyennes de NO2 en 2021 (indice de 0 à 80)



La pollution de l'air au niveau de la parcelle semble conforme aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) fixées à 10 µg/m³ pour le dioxyde d'azote NO₂. Les abords de l'A5, eux, ne respectent pas les recommandations de l'OMS.

Source : <https://www.airparif.fr>

Proximité de sources d'émission de polluants



Source : georisques.gouv.fr

Détails

1 établissement dans un rayon de 1 km :
 - DRUCK CHEMIE S.A. : fournisseurs de produits chimiques de spécialité, de consommables et de services pour les industries de l'impression et du graphique.

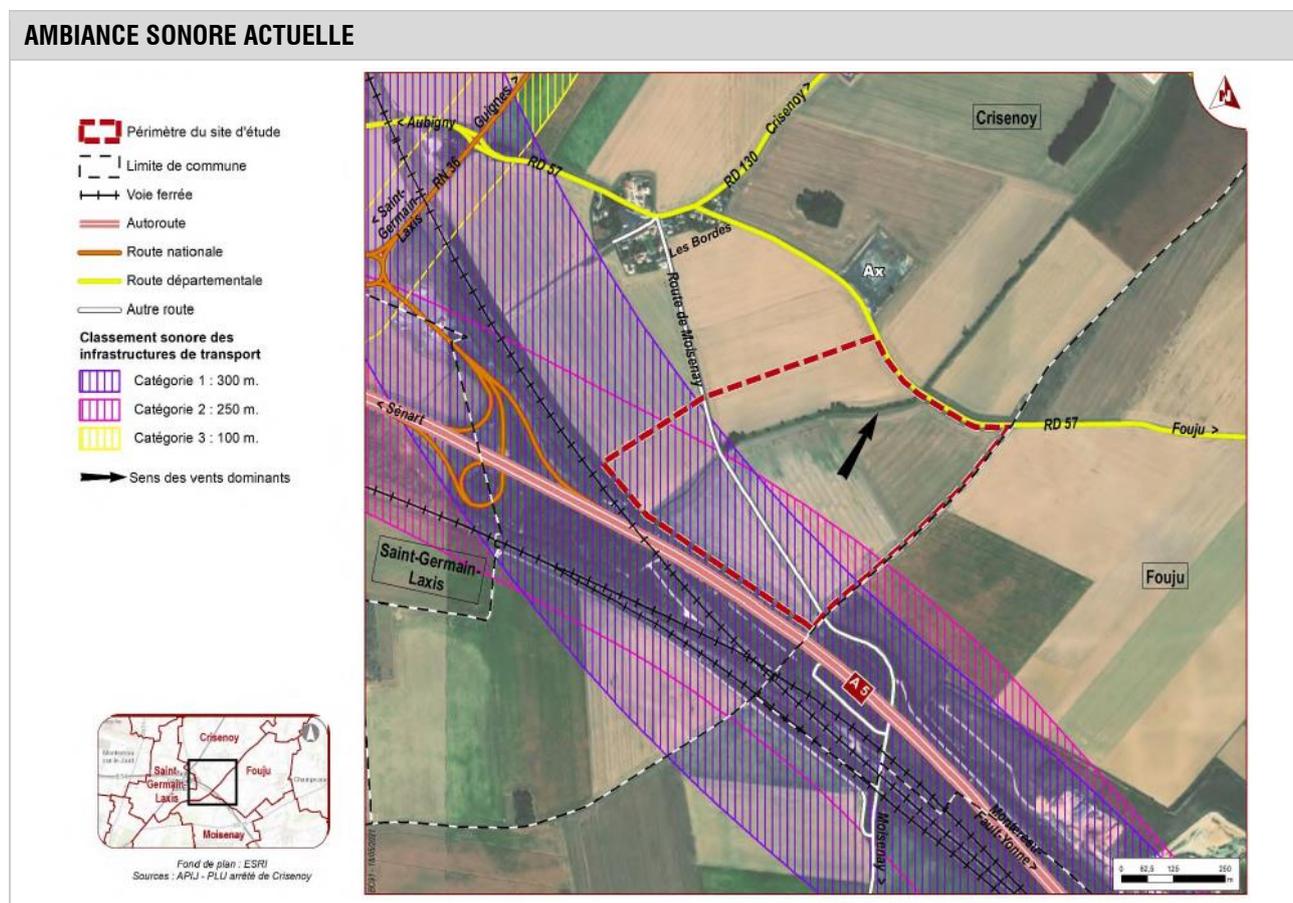
Qualité de l'air extérieur selon norme EN 16798-3

ODA 3 (concentrations tant de gaz que de particules sont élevées, centres urbains)
 ODA 2 (qualité moyenne, petites villes)
 ODA 1 (air est pur à l'exception de pollutions temporaires comme les pollens, zones rurales sans sources de pollution importantes)

Classes de filtre à prévoir selon la qualité de l'air extérieur et l'objectif de qualité de l'air intérieur (à minima SUP 3) selon norme EN 16798-3

Qualité de l'air extérieur	Air fourni				
	SUP 1	SUP 2	SUP 3	SUP 4	SUP 5
ODA 1	M5 + F7	F7	F7	F7	-
ODA 2	F7 + F7	M5 + F7	F7	F7	M5
ODA 3	F7 + F9	F7 + F7	M6 + F7	F7	F7

2 Nuisances sonores et vibratoires



Site dans le secteur affecté par le bruit d'une infrastructure terrestre routière

Oui Non

Catégorie 2 : A5, la zone bruyante est sur la moitié ouest de la parcelle

Site dans le secteur affecté par le bruit d'une infrastructure terrestre ferroviaire

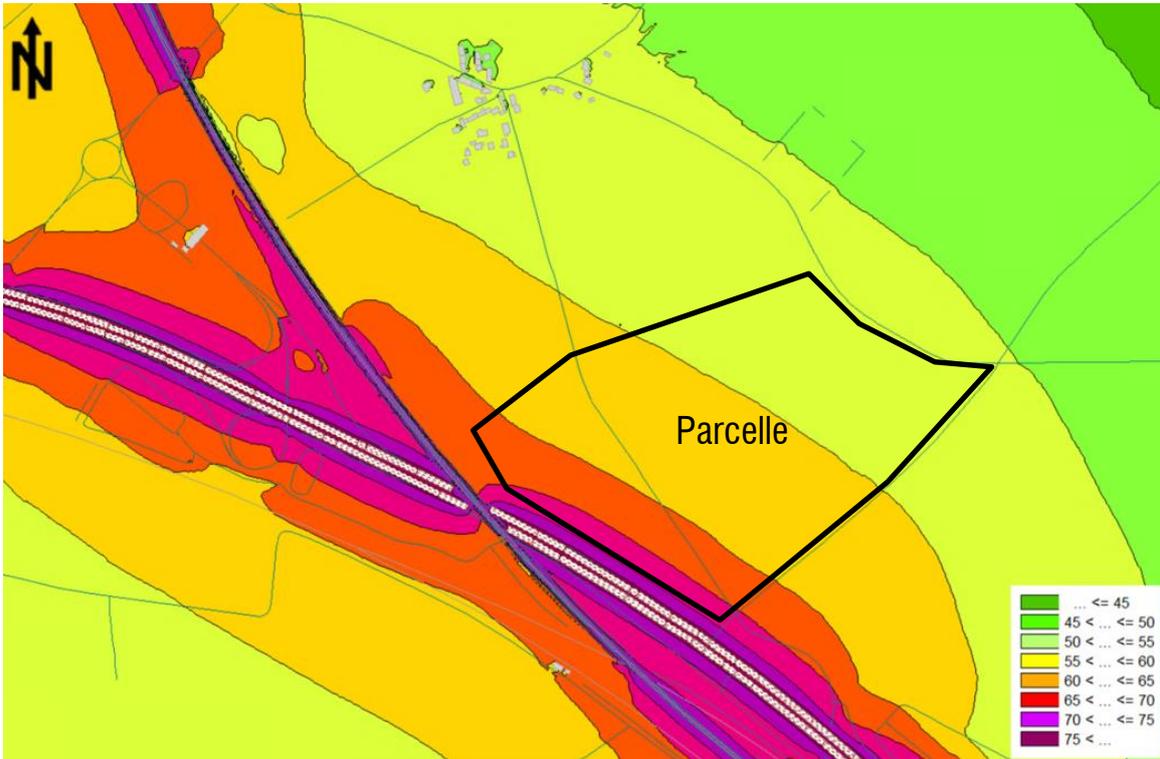
Oui Non

Catégorie 1 : LGV paris-est. La zone de bruit est sur la moitié ouest de la parcelle.

Site dans le secteur affecté par le bruit d'un aéroport

Oui Non

Le site de Criseney n'est pas concerné par le Plan d'Exposition au Bruit (PEB) de l'aérodrome de Melun-Villaroche approuvé par arrêté préfectoral du 14 mars 2007.



Source : Etude acoustique EGIS (juin 2021)

Impact sonore

Le site est très impacté par les voies bruyantes. Les sources principales sont l'A5 et la ligne ferroviaire pour lesquelles le projet devra s'en éloigner le plus possible afin de favoriser le confort acoustique.

ENVIRONNEMENT VIBRATOIRE

Nuisance vibratoires

Oui Non

Détail

Une voie ferroviaire (TGV) longe la parcelle. Une étude vibratoire pourrait être réalisée en discussion avec le BE structure.

3 Nuisances visuelles

NUISANCES VISUELLES ACTUELLES

Nuisances visuelles

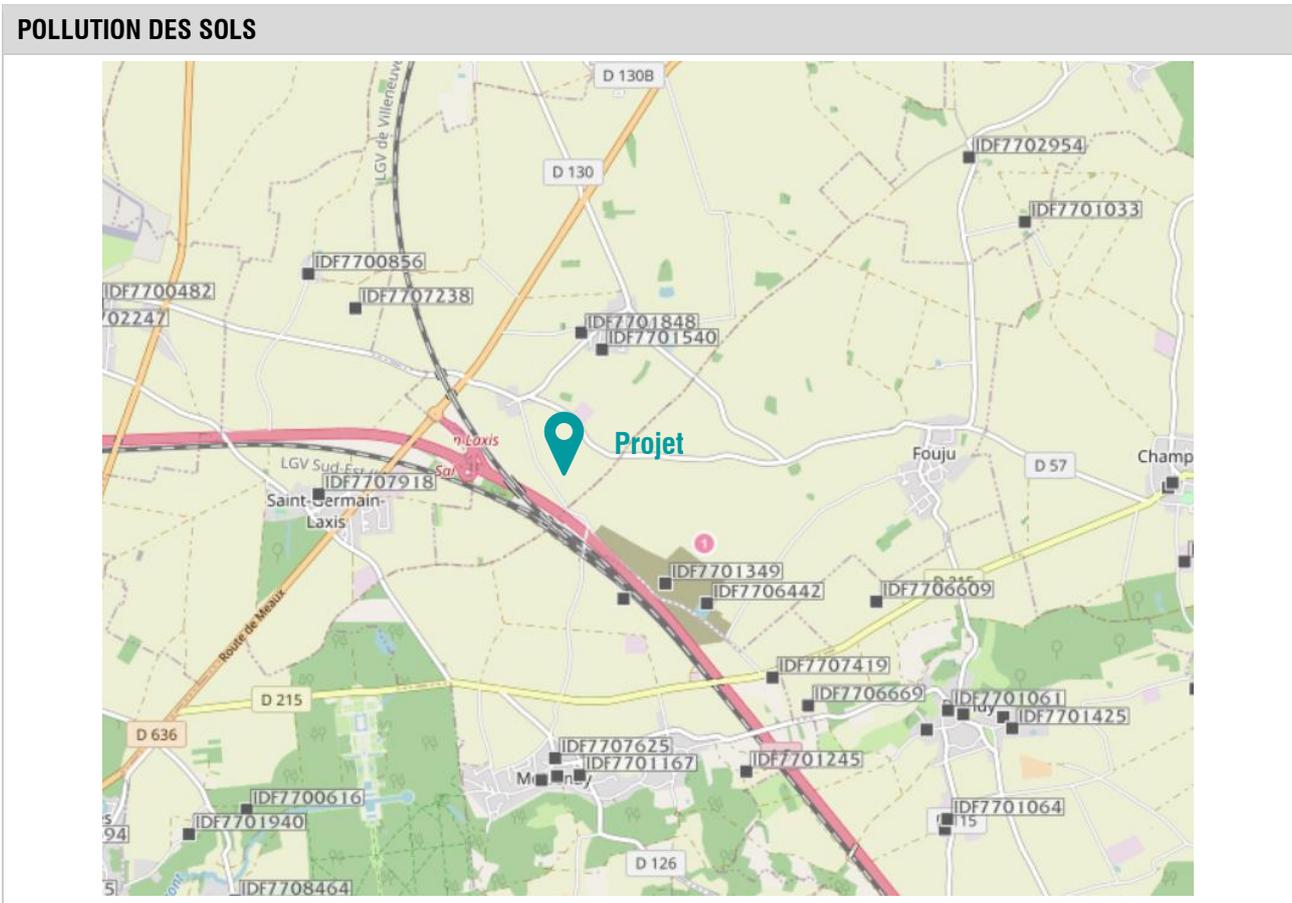
Oui Non

Détail

Les vues sur la ligne LGV et l'autoroute sont peu qualitatives mais il ne s'agit pas de nuisances à proprement parler.
Une étude de pollution lumineuse a été réalisée par BL évolution en mars 2022 sur la parcelle afin d'établir un diagnostic initial.

	L'étude indique que Le projet s'inscrit dans une obscurité qui reste de mauvaise qualité, mais qui s'améliore en direction de l'est, en s'éloignant du halo lumineux global de la région parisienne.
NUISANCES VISUELLES FUTURES	
Nuisances visuelles futures	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Détail	Création d'un mur d'enceinte de 6m de hauteur, éclairage de sécurité. Les futures nuisances devraient avoir peu d'impact sur l'environnement extérieur du centre pénitentiaire.

4 Pollution des sols

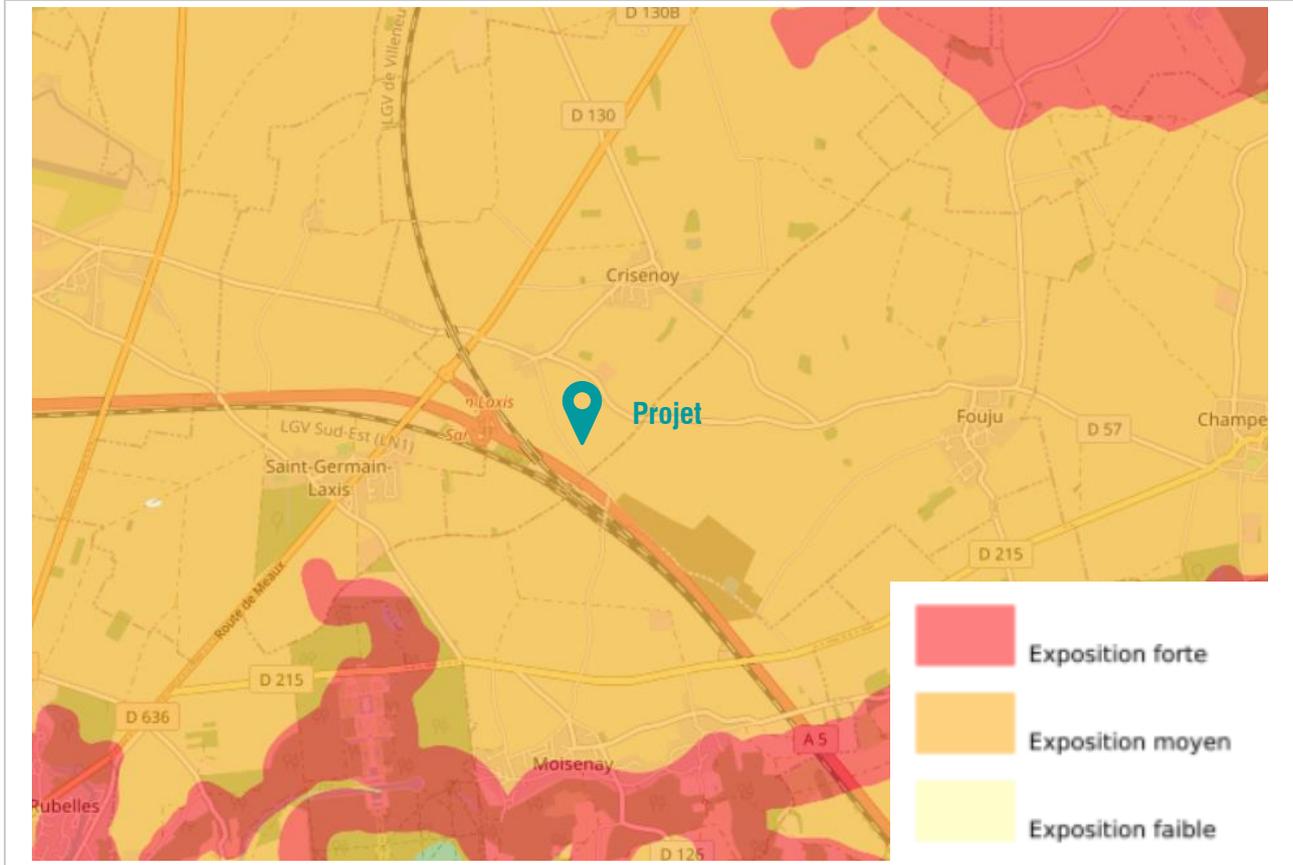


Etude SIG Vizea, Source: DRIEE Ile-de-France, Open Street Map

<p>Sites recensé BASIAS ou BASOL à proximité (500m)</p>	<p><input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non</p> <p>Trois sites BASIAS ou BASOL à proximité de la parcelle (entre 500m et 1km) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - IDF7701540 : Garage, atelier, mécanique et soudure. En activité - IDF7701848 : Garage, atelier, mécanique et soudure. En activité - IDF7707918 : Décharge de déchets industriels spéciaux (D.I.S.). En activité
<p>Etude de pollution des sols</p>	<p>Une grande partie de la parcelle est actuellement exploitée (blé et colza). Etude à mener sur la parcelle afin d'identifier d'éventuelles pollutions aux pesticides. Si une pollution est avérée, les terres excavées devront être traitées.</p>

5 Risques naturels

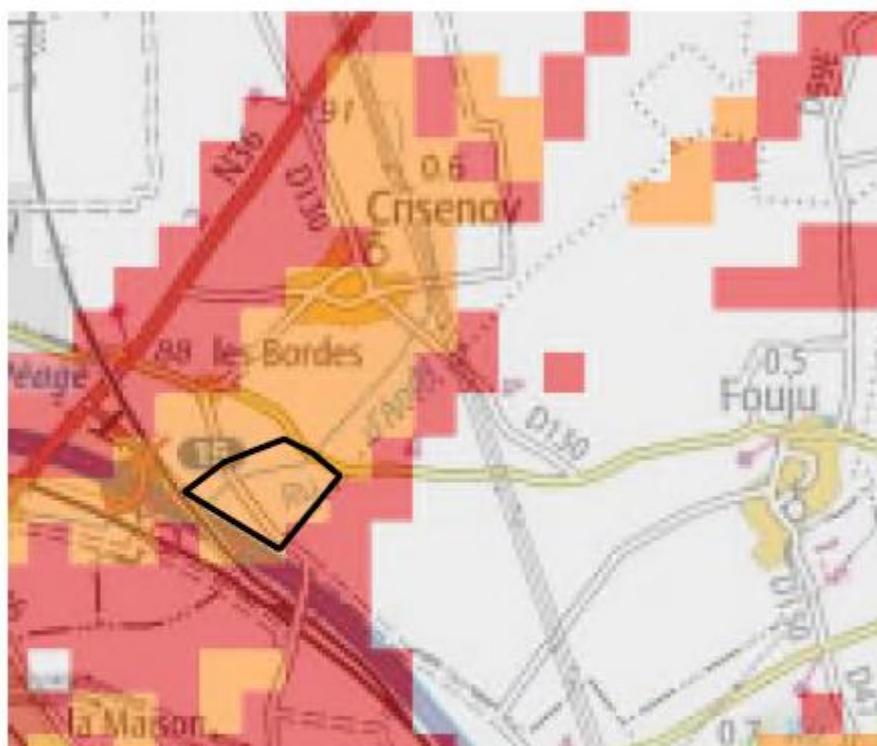
RISQUES DE RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES



Source : www.georisques.gouv.fr

Détail	La parcelle n'est pas concernée par un PPRN retrait-gonflements, cependant une étude géotechnique devra préciser les mesures à prendre pour prendre en compte ce risque.
RISQUES DE MOUVEMENT DE TERRAIN	
Détail	Aucun mouvement de terrain n'est recensé sur la commune, et cette dernière ne dispose pas de PPRN mouvements de terrain.

RISQUES D'INONDATIONS DANS LES SEDIMENTS



- Zones potentiellement sujettes aux débordements de nappe
- Zones potentiellement sujettes aux inondations de cave

**Carte « zone sensibles aux remontées de nappe »
(source : Géoriques)**

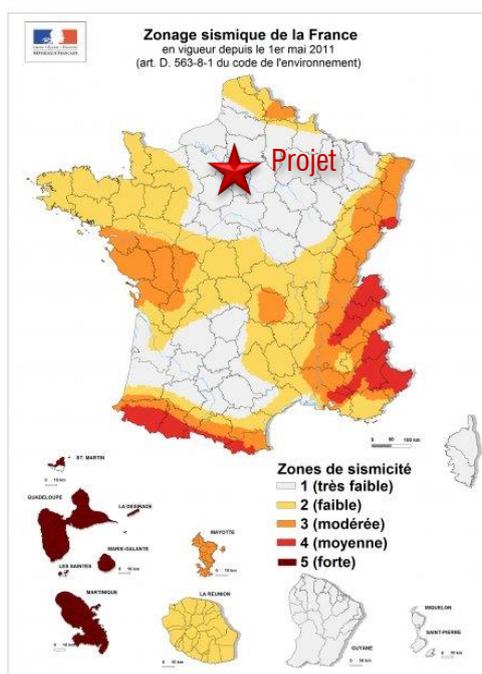
Source: Etude de faisabilité EGIS (juin 2021)

Sensibilité aux remontées de nappe

Oui Non

Détail : Le site d'étude est identifié comme « zones potentiellement sujettes aux inondations de cave »

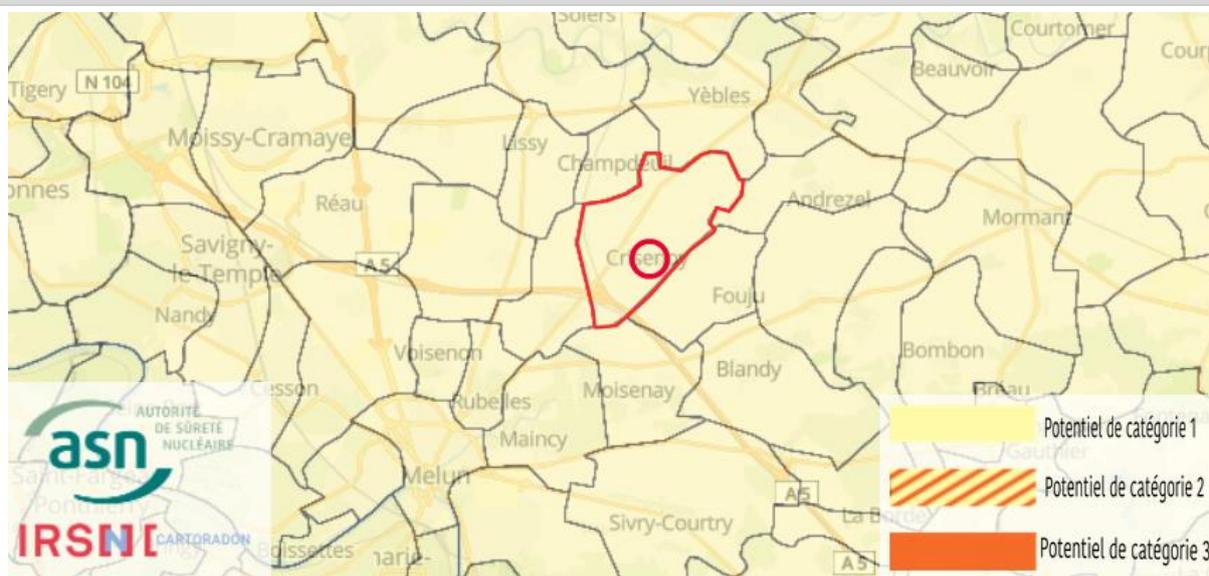
RISQUES SISMIQUES



Source: georisques.gov.fr

Zone de sismicité Niveau 1 (très faible).

Risque radon



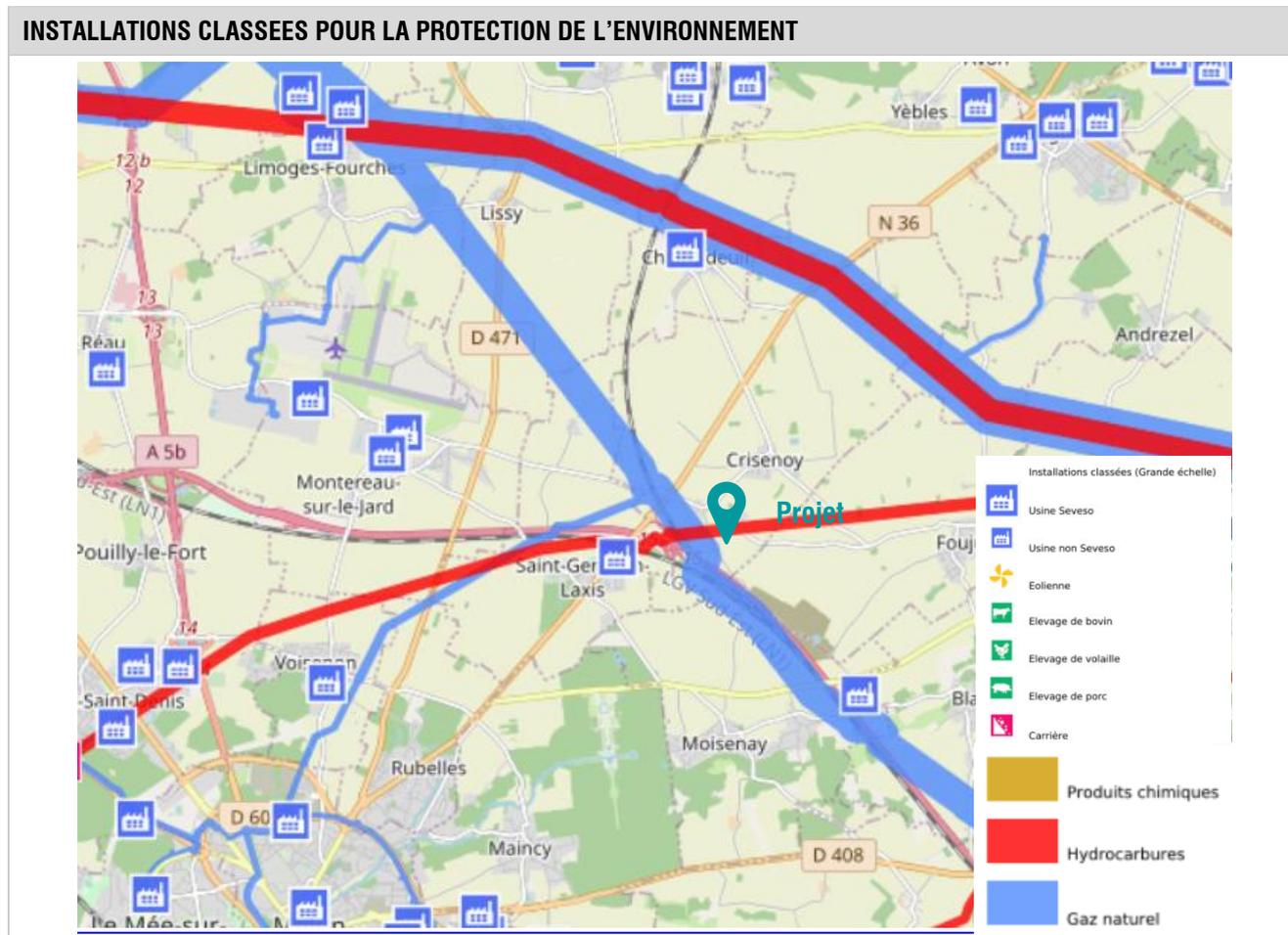
Source: IRSN

Risque radon¹ Oui Non

La commune de Crisenoy est classée en catégorie 1 et présente ainsi un risque radon très faible.

¹ Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle, inodore et incolore. C'est le risque de cancer du poumon qui motive la vigilance à l'égard du radon dans les bâtiments. Il est présent partout à la surface de la planète et provient surtout des sous-sols granitiques et volcaniques.

6 Risques industriels et technologiques

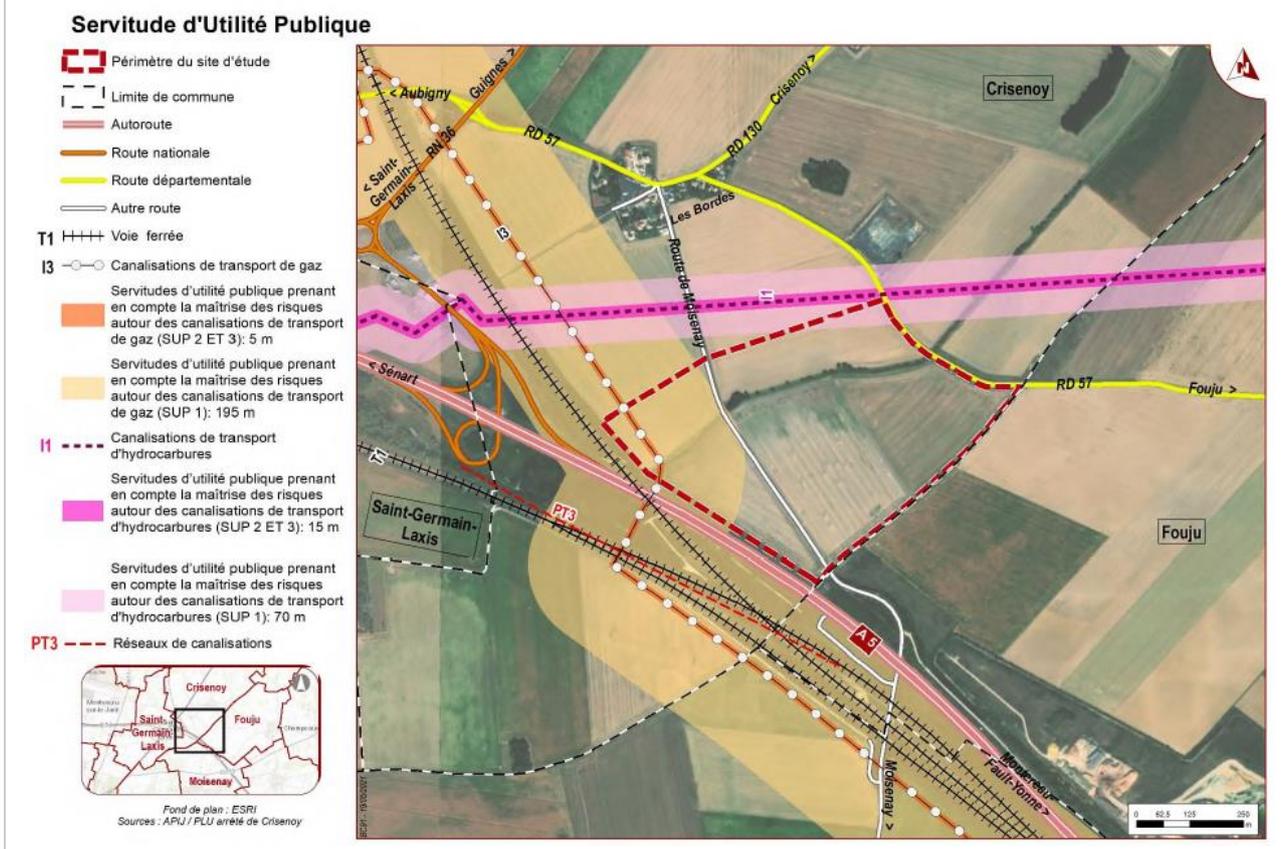


Source: georisques.gouv.fr

Proximité de sites ICPE	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non 1 établissement dans un rayon de 1km - DRUCK CHEMIE S.A. (zone industrielle de Saint-Germain-Laxis) : Commerce de gros, à l'exception des automobiles et des motocycles ;
Proximité de sites ICPE classés SEVESO	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non

7 Servitudes

SERVITUDES D'UTILITE PUBLIQUE



Source: Etude de faisabilité EGIS (juin 2021)

Risque TMD

Une partie sud-ouest du site d'étude est comprise dans les périmètres SUP 1, 2 et 3 défini par arrêté préfectoral de la canalisation de gaz.

Une moindre partie nord du site d'étude est comprise dans le périmètre SUP 1 défini par arrêté préfectoral de la canalisation d'hydrocarbures.

La construction d'un établissement pénitentiaire devra par conséquent être soumise à une analyse de compatibilité conformément aux articles R.555-31 du code de l'environnement et article 29 de l'arrêté du 5 mars 2014 portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques. Les distances SUP 2 et 3 de part et d'autre des canalisations interdisent la réalisation d'un établissement pénitentiaire de 1000 places.

Pour rappel :

- Périmètre SUP1 correspondant à la zone d'effets létaux (PEL) du phénomène dangereux de référence majorant au sens de l'article R.555-10-1 du code de l'environnement (195 m pour les servitudes de gaz et 70 pour les hydrocarbures)
- Périmètre SUP2 correspondant à la zone d'effets létaux (PEL) du phénomène dangereux de référence réduit (5 m pour les servitudes de gaz et 15 pour les hydrocarbures)
- Périmètre SUP3 correspondant à la zone d'effets létaux significatifs (ELS) du phénomène dangereux de référence réduit (5 m pour les servitudes de gaz et 10 pour les hydrocarbures)

Autres servitudes

La parcelle du projet n'est pas concernée par les autres servitudes identifiées sur la carte.

Réseaux : eau et déchets

1 Ressources en eau potable

QUALITE EAU POTABLE		
Synthèse 2018 Qualité de l'eau à Crisenoy – ARS Ile-de-France	Qualité	Quantification
Bacteriologie	Bonne qualité	-
Nitrates	Bonne qualité	Moyenne de 18.7mg/L et Maximum de 19.8mg/L - limite de 50mg/L
Dureté	Eau moyennement dure	Moyenne de 27.8°F et Maximum de 28.7°F
Fluor	Bonne qualité	Moyenne et maximale de 0.10 mg/L - limite 1.5mg/L
Pesticides	Bonne qualité	Valeur maximale pour toutes les molécules analysées : 0

Source : ARS Ile-de-France

Gestionnaire eau potable

La communauté de communes Brie des rivières et châteaux a la compétence de l'eau et de l'assainissement sur la commune de Crisenoy. Le site d'étude n'est pas raccordé au réseau d'eau potable.

2 Eaux pluviales

REJET DES EAUX PLUVIALES	
Nature du système d'assainissement	Il n'est pas identifié de réseaux d'eaux pluviales au sein ou aux abords du site d'étude.
Débit de fuite	Le règlement du PLU indique que « les eaux pluviales doivent être traitées et infiltrées sur la parcelle »

Source : Etude de faisabilité EGIS (juin 2021)

3 Eaux usées

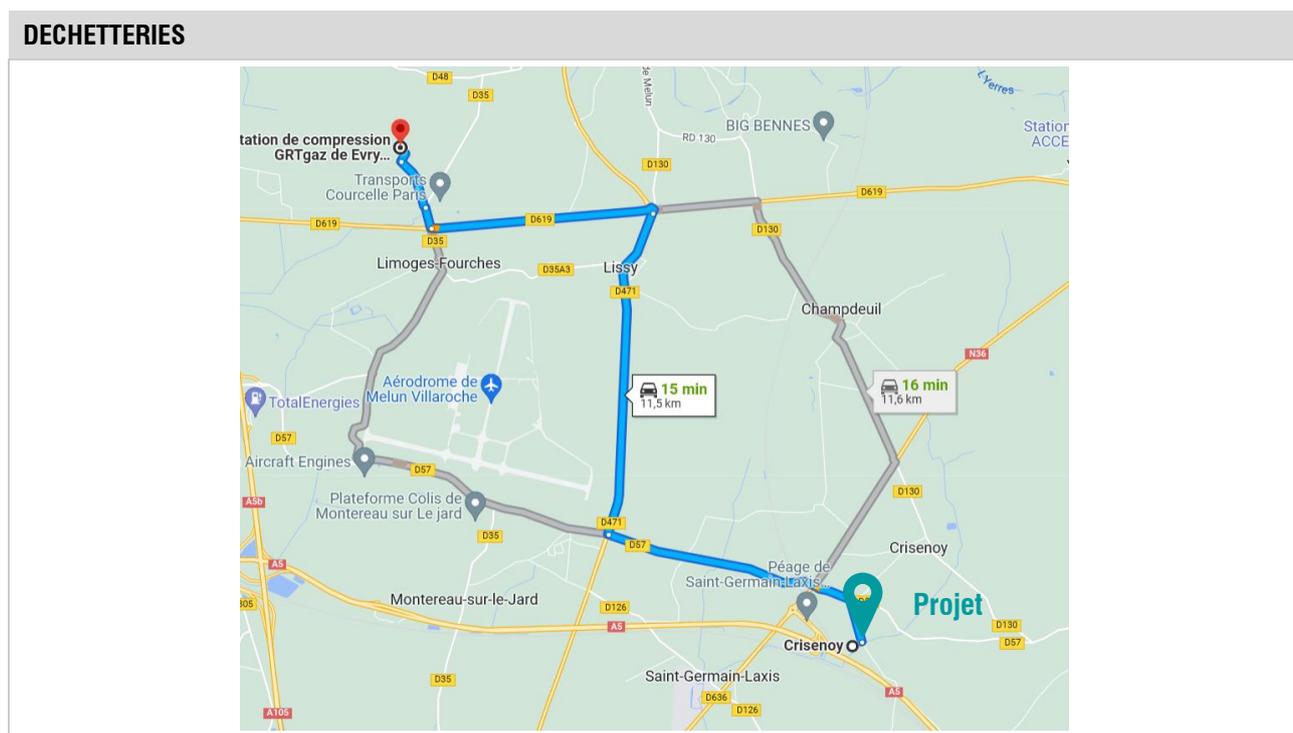
REJET DES EAUX USEES	
Gestionnaire	Le réseau d'eaux usées de la commune de Crisenoy n'est pas présent au niveau du site d'étude. Les réseaux collectifs les plus proches se situent à plus de 2 km à vol d'oiseau.
Spécificités	D'après le règlement du PLU sur la zone A, le recours à l'assainissement autonome est obligatoire.

Source : Etude de faisabilité EGIS (juin 2021)

4 Déchets

COLLECTE DES DECHETS MENAGERS	
Gestionnaire	SIETOM de la Région de Tournan-en-Brie (syndicat mixte d'enlèvement et de traitement des ordures ménagères)
Déchets d'activités pris en charge par la collecte municipale	Non
Déchets assimilés aux ordures ménagères pris en charge par la collecte municipale	A confirmer
Fréquence, mode de collecte et stockage des déchets ménagers	Ordures ménagères : vendredi matin Plastique et verre : mardi matin des semaines paires Encombrant : 3ème mercredi du mois

Source : Site de la ville de Crisenoy



Source : Google maps

Déchetterie de Crisenoy	
Adresse	RD 35 - La plaine du Bois de l'Erable, 77166 Évry-Grégy-sur-Yerre
Horaires	Fermé les lundis et mardi Les mercredis et Jeudis de 9h à 11h45 et de 14h à 18h (19h l'été) Les vendredis et samedis de 10h à 18h (19h l'été) Les dimanches de 9h à 13h
Distance au site	11.5km

Source : Site de la ville de Crisenoy

Organisation du chantier

1 Gestion des déchets de chantier

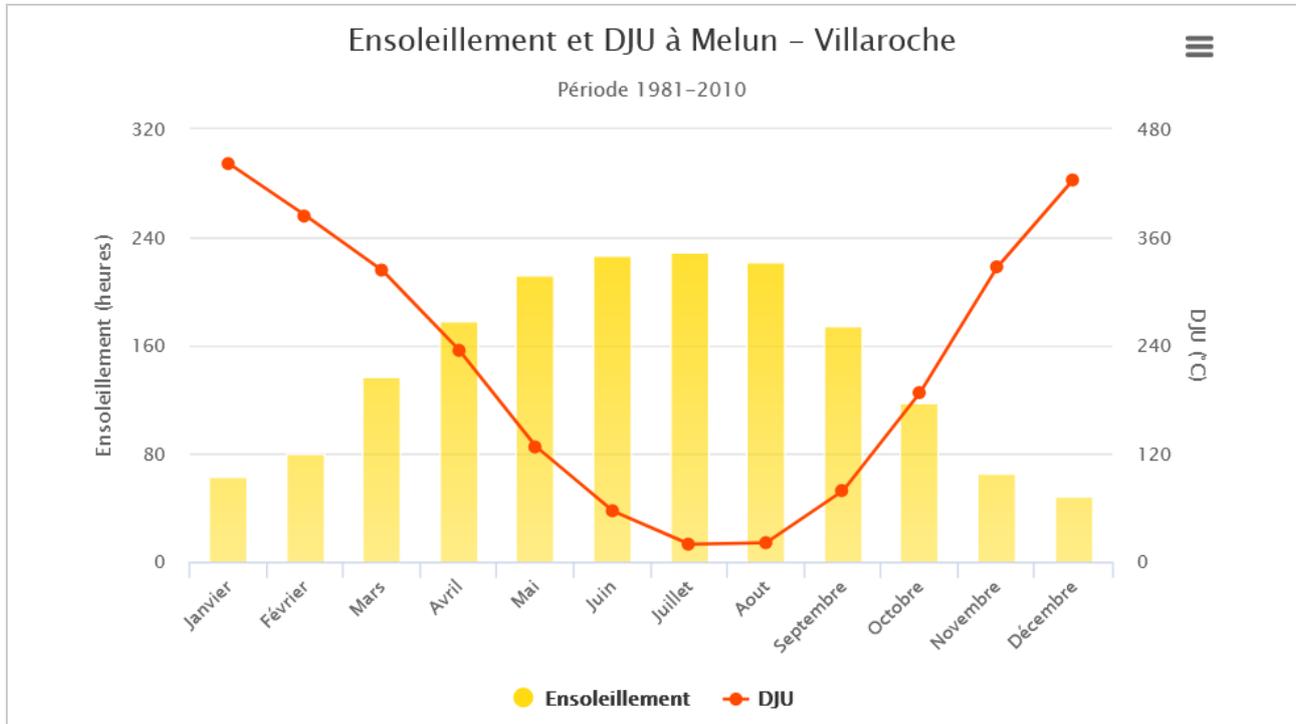
LOCALISATION DES CENTRES DE TRI DES DECHETS DE CHANTIER

Centre de tri des déchets de chantier	Distance au site	Adresse
Déchets non dangereux mélangés	3.44 km	Routière de l'Est Parisien RD 125 - 77390 FOUJU
Déchets inertes mélangés	6.18 km	BIG BENNES ZA du Mont St Sébastien, rue de Mont - 77111 SOIGNOLLES-EN-BRIE
Déchets dangereux mélangés	6.18 km	BIG BENNES ZA du Mont St Sébastien, rue de Mont - 77111 SOIGNOLLES-EN-BRIE

Source : dechets-chantier.ffbatiment.fr

Données climatiques

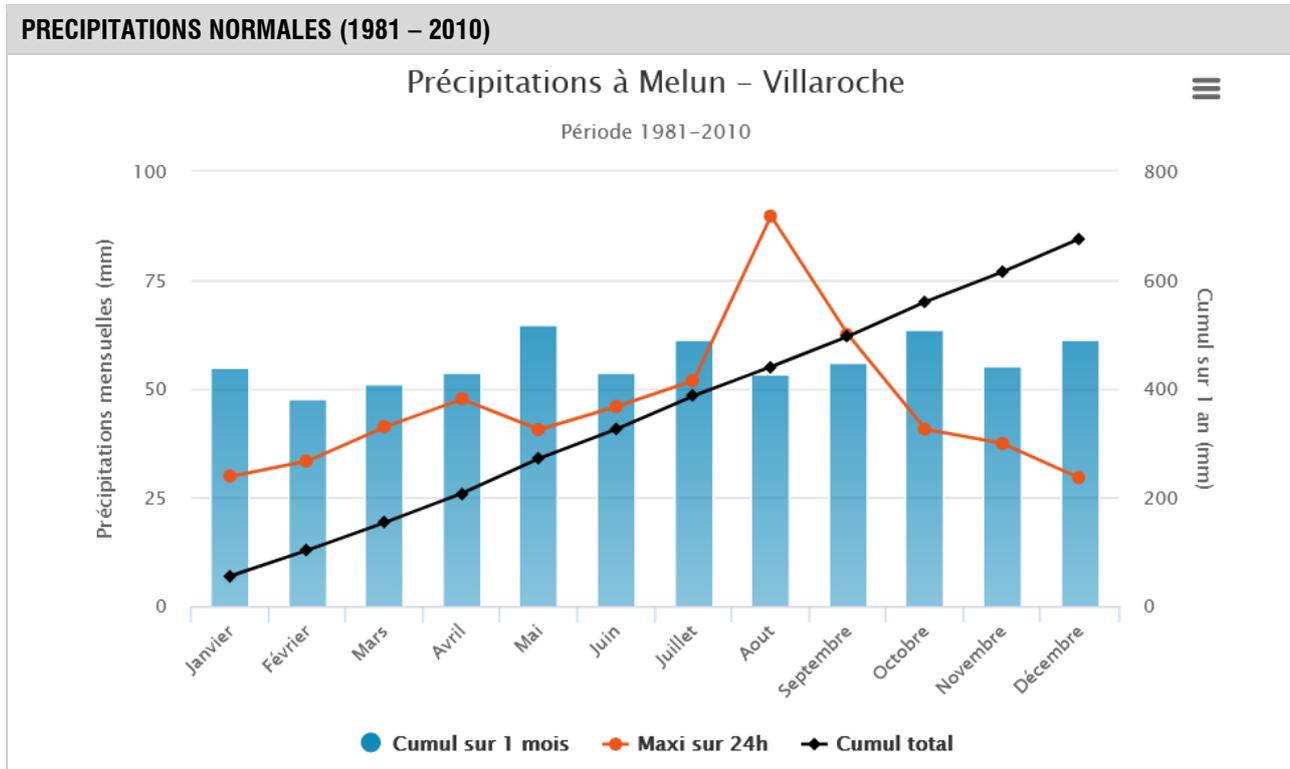
1 Températures et ensoleillement



Source : Infoclimat, station météorologique Melun (77), normales 1981-2010

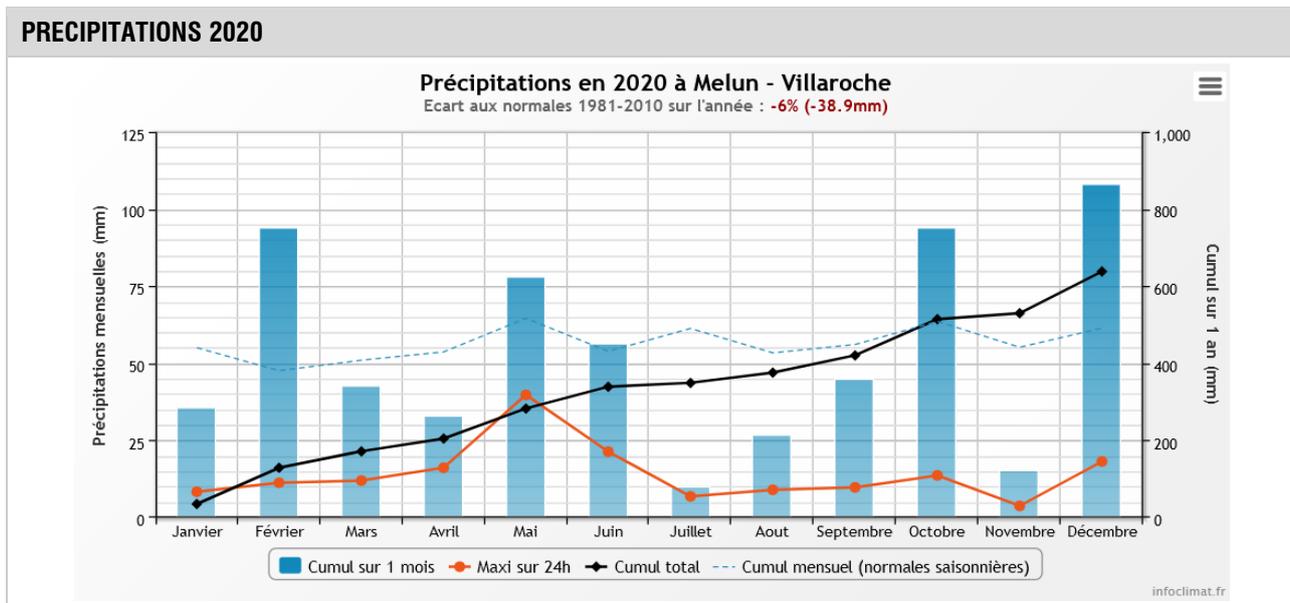
Ensoleillement	1752.6 heures d'ensoleillement par an en moyenne (calculé entre 1981 et 2010)
-----------------------	---

2 Précipitations



Source : Infoclimat, station météorologique Melun (77), normales 1981-2010

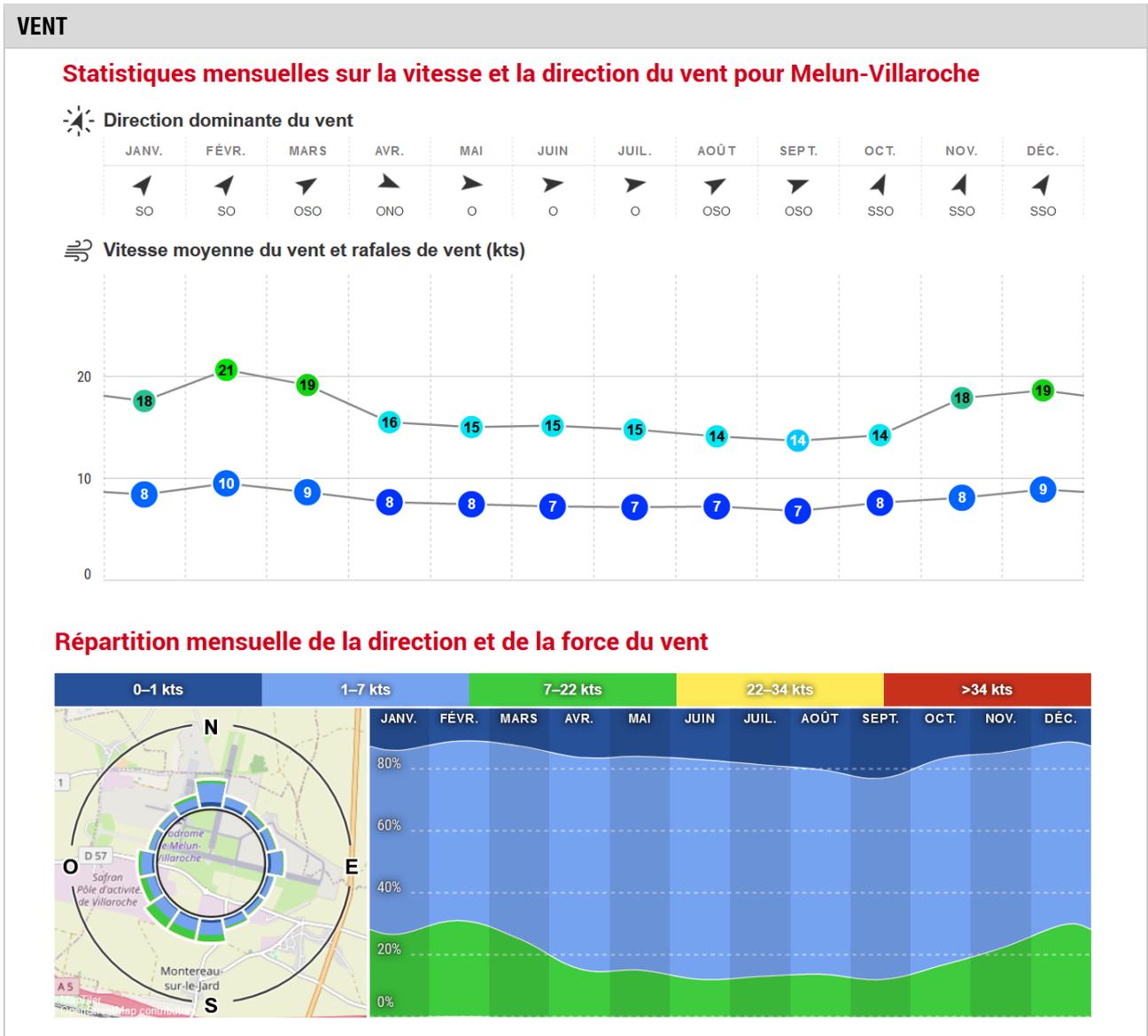
Cumul moyen (1981-2010)	679.9mm
--------------------------------	---------



Source : Infoclimat, station météorologique Melun (77), 2020

Précipitation annuelle (2020)	638mm (déficit de 6%)
--------------------------------------	-----------------------

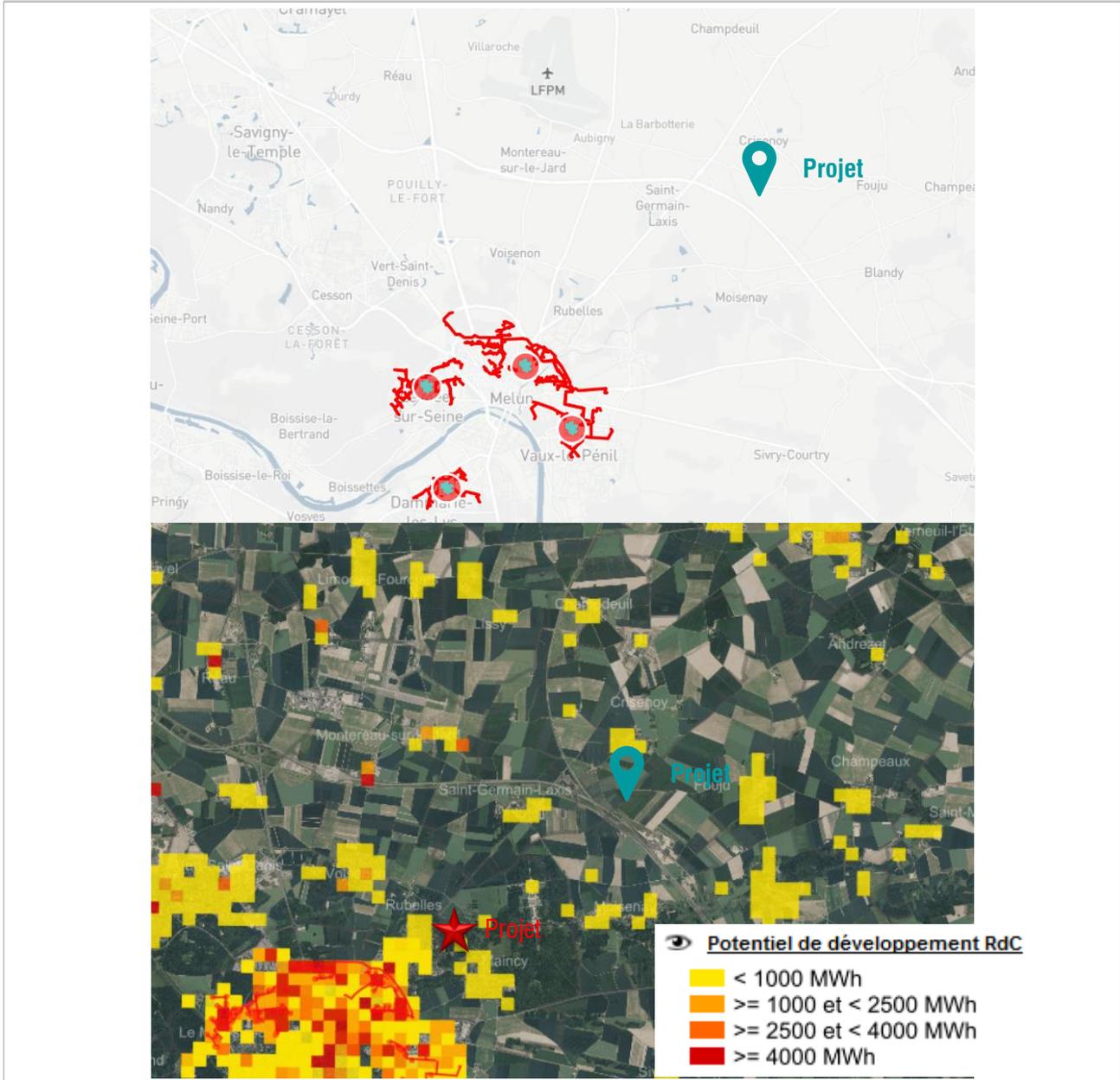
3 Vent



Source : windfinder.com, Station Melun-Villaroche, statistiques basées sur observations entre 09/2009 et 05/2022..

Ressources énergétiques sur le site

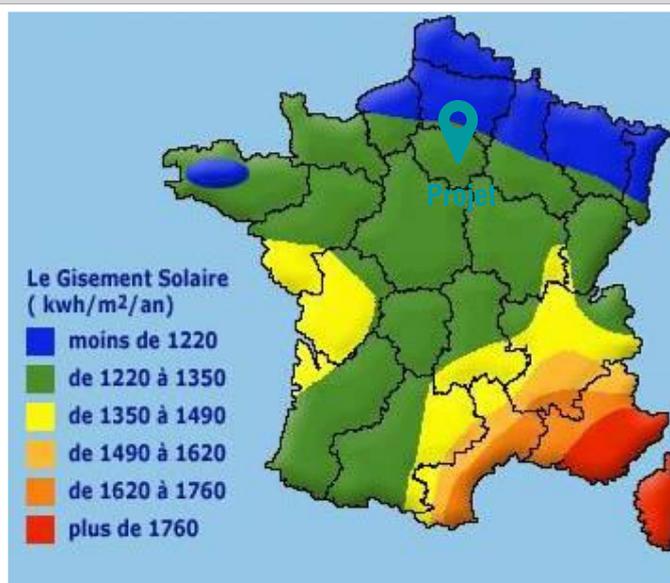
RESEAU DE CHALEUR URBAIN



Source : DRIEE-IF, Etude SIG Vizea

Proximité	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Potentiel de développement d'un réseau de chaleur quasi nul.
------------------	--

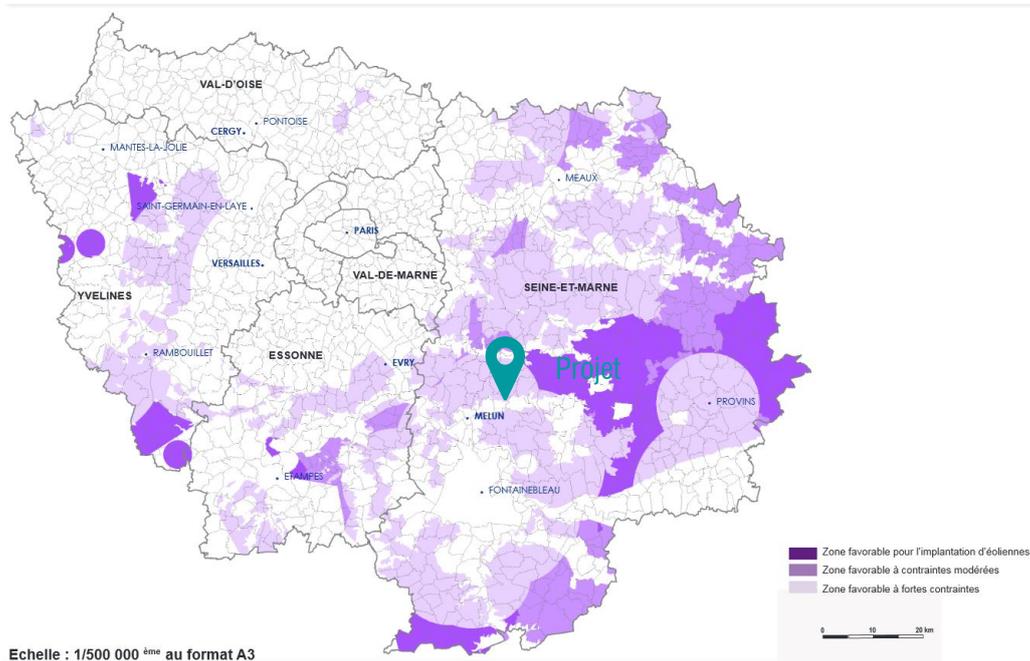
SOLAIRE



Source : ADEME

Gisement solaire	Entre 1220 et 1350 kWh/m ² /an
Masques solaires autour du site	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Aucun masque solaire aux alentours de la parcelle.

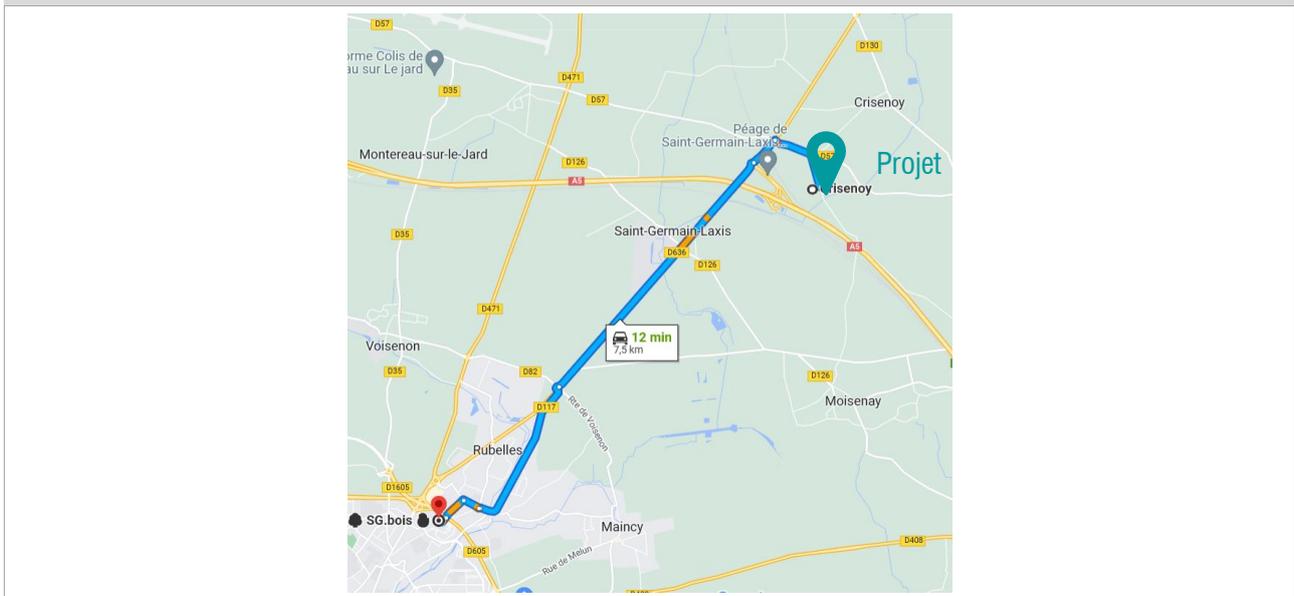
EOLIEN



Source : Schéma Régional éolien - île-de France, 2012

Vitesse moyenne du vent	5.4km/h à 50m d'altitude (source : Atlas de ressource en vent – ADEME)
Site en zone favorable	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Le site est en zone favorable avec cependant de fortes contraintes.
Obstructions au vent autour du site	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non

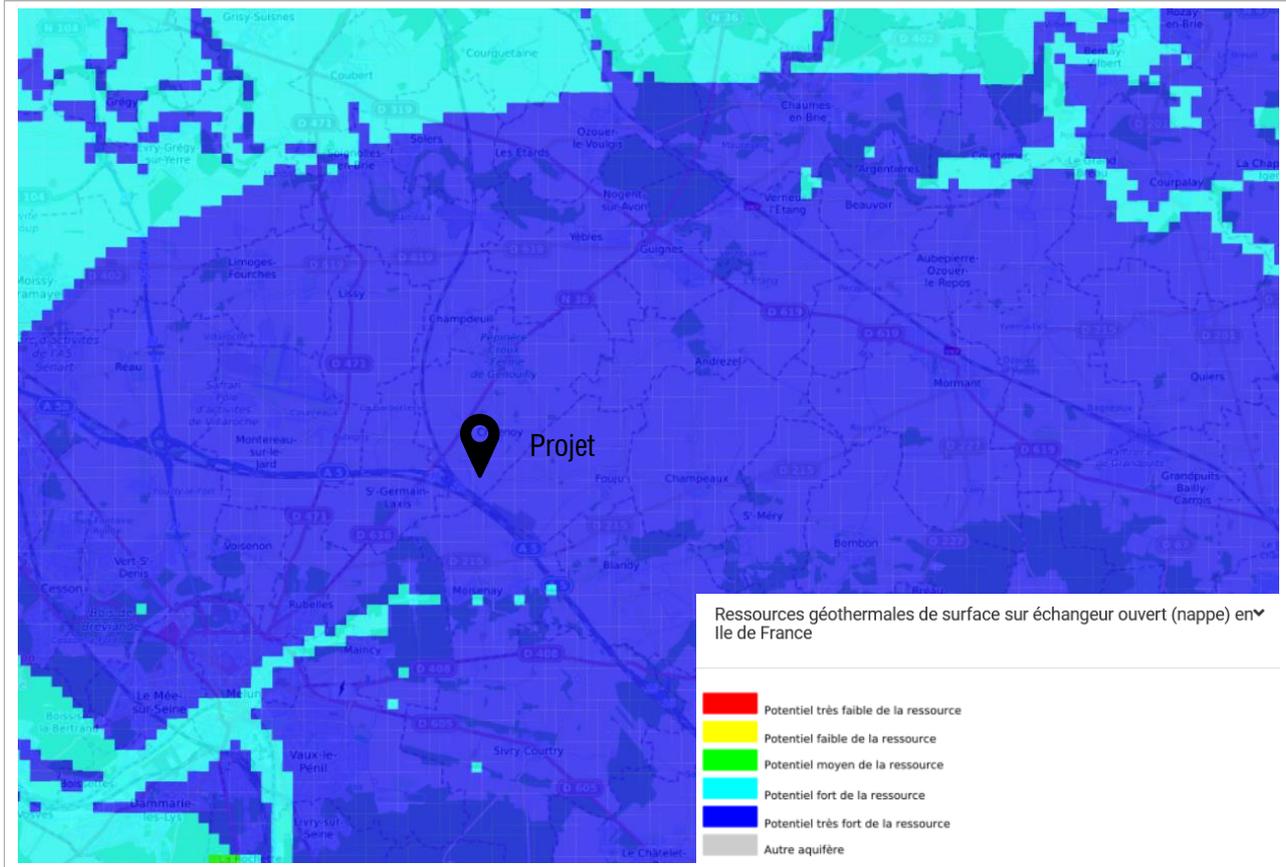
BIOMASSE, BOIS, BIOGAZ



Source : Google

Proximité fournisseur	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Détails	Fournisseur de bois buches – SG Bois
Distance	7.5km

GÉOTHERMIE DE SURFACE <200m



Source : Géothermie perspectives

Potentiel géothermique	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Le potentiel géothermique en surface est très fort.
Détails	Potentiel très fort au niveau de l'aquifère de l'Eocène moyen et inférieur Potentiel fort au niveau de l'aquifère de l'Eocène supérieur Potentiel très faible au niveau de l'aquifère de l'Oligocène

Potentiel bioclimatique

1 Conception bioclimatique

1.1 Définition et objectif

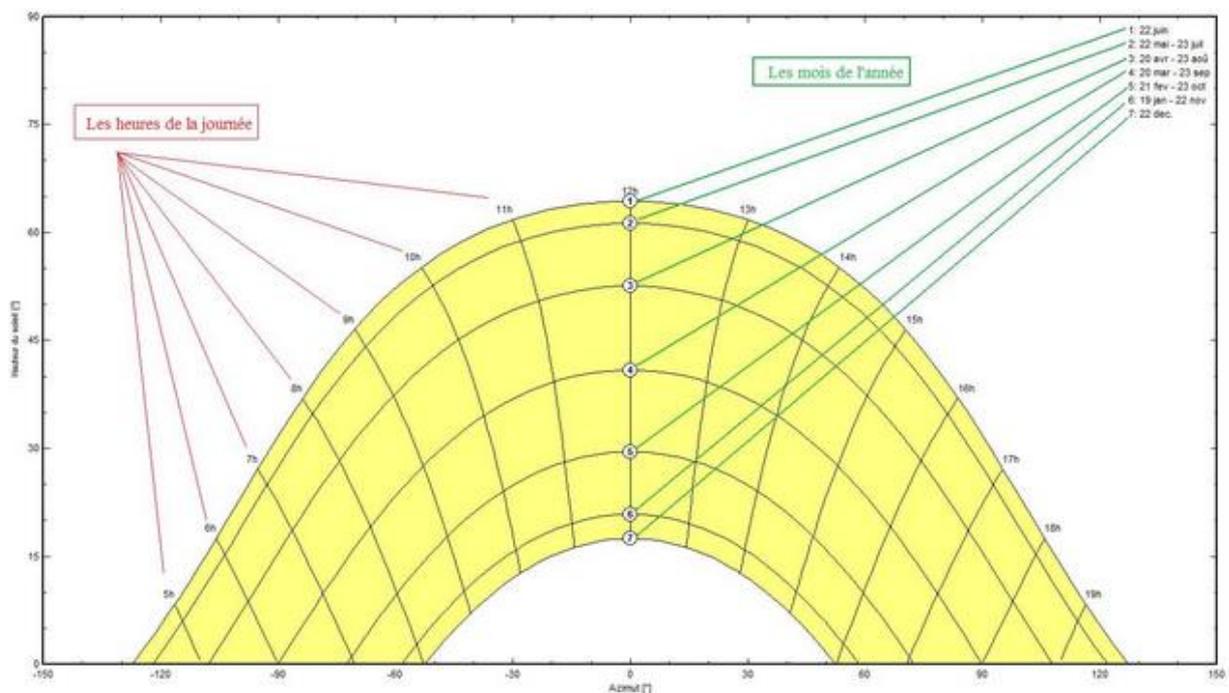
La conception bioclimatique place l'environnement et les conditions propres à un site au cœur du projet de construction. L'objectif est de tirer parti de l'emplacement du projet et des caractéristiques de son environnement direct pour obtenir un confort de vie agréable et ce de la manière la plus passive possible tout en réduisant les consommations d'énergie.

1.2 Eléments à intégrer

1.2.1 Données physiques

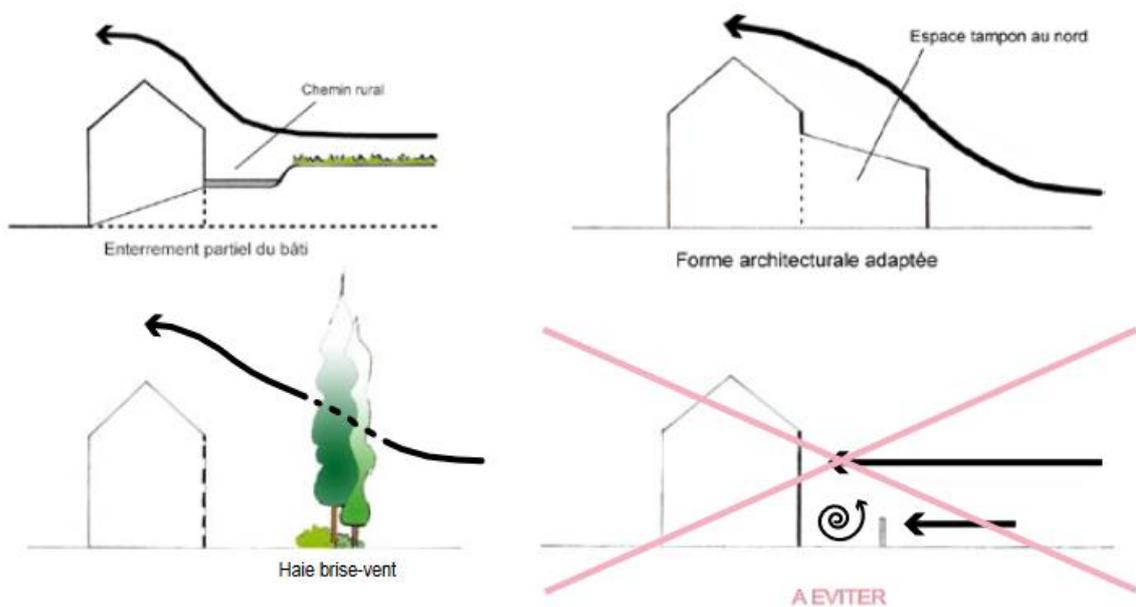
La conception bioclimatique prend en compte les caractéristiques de l'environnement d'un projet de construction afin soit d'en tirer parti, soit de s'en prémunir. Dans ce cadre, les éléments suivants sont pris en compte :

- **Ensoleillement** : En France, malgré les différents climats qui existent, il faut de manière générale chauffer les bâtiments en hiver et garder de la fraîcheur en été. Une bonne orientation d'un bâtiment, couplée à des protections judicieuses permet de profiter de la chaleur du soleil en hiver et de s'en prémunir en été. Une stratégie efficace sur ces 2 périodes peut être adoptée en cherchant à mieux capter l'énergie solaire en hiver tout en la conservant ; en été il conviendra de s'en protéger en cherchant à conserver au mieux la fraîcheur. Un accès à la lumière naturelle est également important car il permet de limiter le recours à l'éclairage artificiel et offre un meilleur confort visuel.



Course du soleil en France métropolitaine

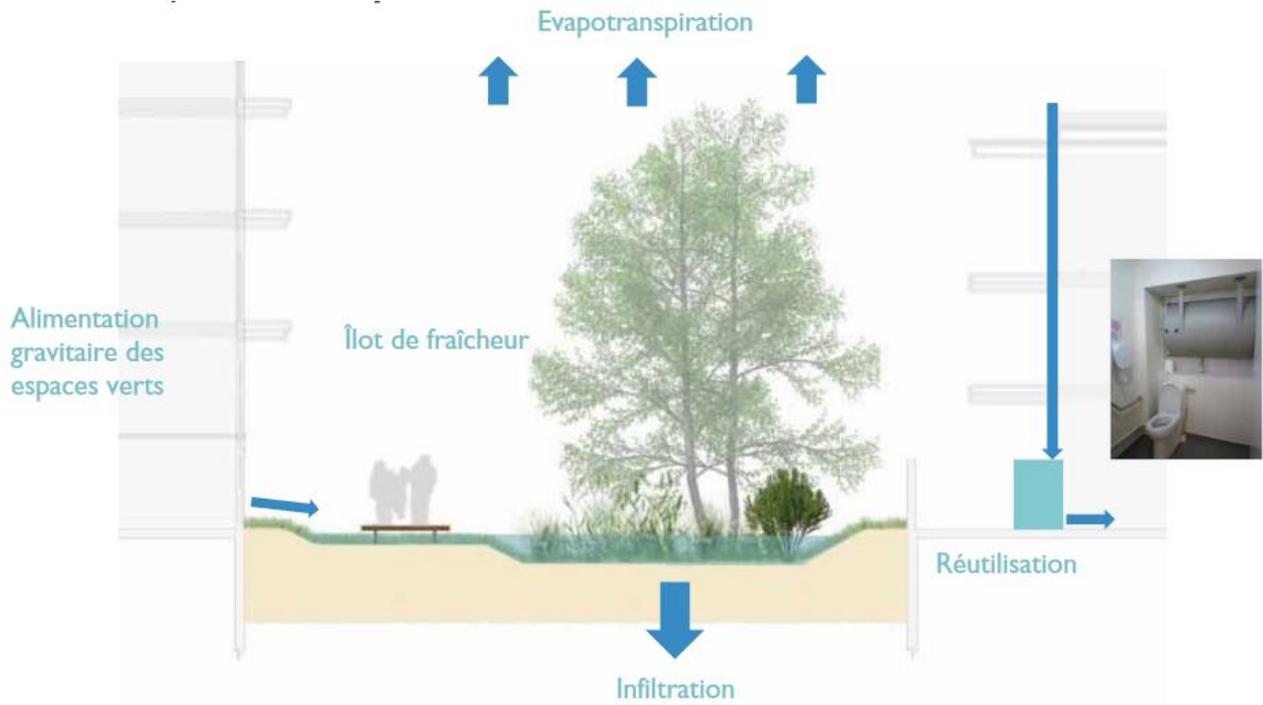
- **Vents dominants** : Les vents dominants présentent plusieurs aspects :
 - En premier lieu, ils peuvent être source de nuisances en créant des zones inconfortables en extérieur : pleine exposition au vent, effet Venturi généré par les bâtiments et leur environnement. Ils sont également à prendre en considération dans l'organisation des bâtiments : les sources de nuisances olfactives (cuisines, locaux déchets...) sont à positionner de manière judicieuse pour ne pas répandre les odeurs désagréables ; les sources de pollution (trafic routier, pollens...) doivent être considérées afin de ne pas les amener aux espaces de vie.
 - L'engouffrement du vent dans les espaces intérieurs génère des courants d'air froid et des déperditions thermiques à compenser. La mise en place de sas thermiques permet de contrer ces effets et limiter l'inconfort et les déperditions.
 - Les vents dominants s'avèrent intéressants du point de vue du confort d'été : en favorisant des entrées d'air traversantes et en les positionnant intelligemment par rapport aux vents dominants, il peut être possible d'en tirer parti pour mettre en œuvre une ventilation naturelle.



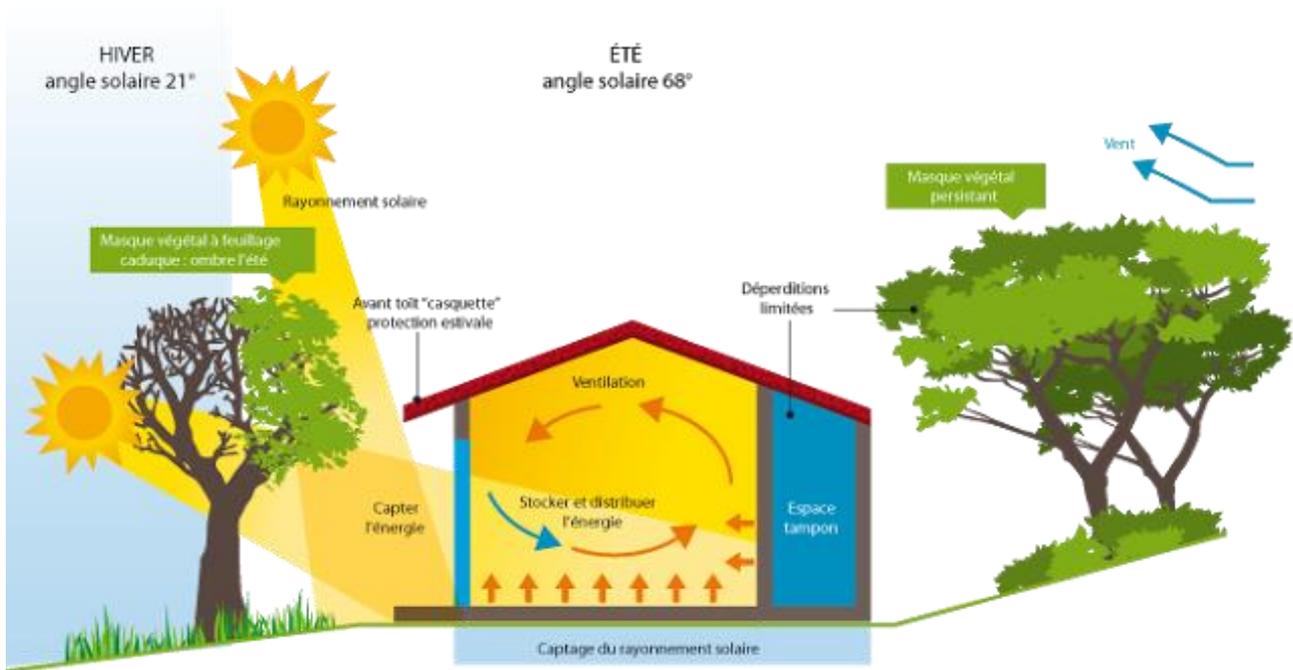
Solutions de protection face aux vents dominants

- **Masques environnants** : pouvant être responsables d'ombres portées sur le projet de construction, les masques environnants sont importants à prendre en compte. Il peut s'agir de tout obstacle (végétalisation, bâti existant...) présent aux abords du projet et pouvant impacter son ensoleillement et son accès aux vues. La végétation environnante ainsi que la topographie du site peuvent être utilisées à bon escient pour se protéger par exemple des vents froids ou des apports de chaleur solaire en été. Ainsi la mise en place de masque végétal à feuillage caduc pourra servir à se protéger du soleil en été tout en autorisant les apports de chaleur en hiver ; un masque végétalisé persistant permettra de se protéger des vents froids tout au long de l'année.
L'impact qu'aura le projet de construction sur son environnement proche n'est pas non plus à négliger et il faut être vigilant aux nuisances visuelles qui peuvent être créées sur les bâtiments à proximité.

- **Gestion des eaux pluviales** : la gestion des eaux pluviales par la mise en place de surfaces végétalisées directement au sol ou en toiture, noues paysagères, revêtements poreux... permet de nombreux avantages par rapport « au tout tuyau » notamment la diminution du ruissellement en surface et donc du risque d'inondation, la filtration des eaux ou bien encore la limitation de l'effet d'îlot de chaleur en été en créant de la fraîcheur.



Gestion des eaux pluviales – Source : Agence ATM Paris



Principes de la conception bioclimatique

1.2.2 Données bâti

- **Inertie** : Des matériaux à forte inertie thermique sont à favoriser, pour pouvoir stocker la chaleur lors des pics et la restituer lorsqu'il en manque. Les matériaux à forte inertie thermique sont par exemple la terre (pisé, bauge...), la brique, la pierre ou encore le béton. En été, la fraîcheur sera conservée et de même avec la chaleur en hiver. L'inertie thermique se distingue de l'isolation qui elle a vocation à limiter les transferts de chaleur entre intérieur et extérieur. Une bonne inertie thermique est caractérisée par la capacité thermique, la conductivité thermique et la masse volumique d'un matériau permettant d'en calculer l'effusivité et la diffusivité :

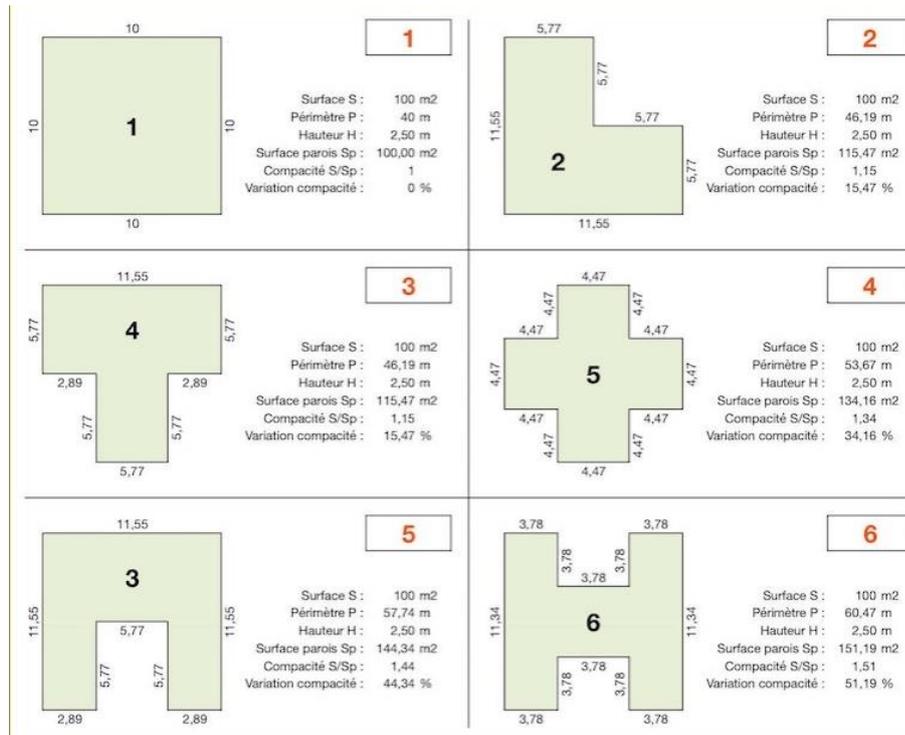
- La diffusivité détermine la vitesse à laquelle la température d'un matériau évolue en fonction des températures extérieures ;
- L'effusivité caractérise la capacité du matériau à échanger de l'énergie thermique avec son environnement.

Ainsi, pour obtenir une bonne inertie thermique, il faut privilégier des matériaux à faible diffusivité pour ralentir l'échange d'énergie thermique entre l'extérieur et l'intérieur puis favoriser une forte effusivité afin de stocker au maximum la fraîcheur.

Matériaux	Masse volumique (kg/m ³)	Conductivité (W/m.°C)	Capacité thermique (Wh/m ³ .°C)	Diffusivité (m ² /h)	Effusivité de transfert (W.ho.5/m ² .°C)	Vitesse (cm/h)
Béton de granulats	2300	1,75	600	2,93x10 ⁻³	32,3	4,1
Brique de terre comprimée (BTC)	2200	1,1	517	2,13x10 ⁻³	23,8	3,34
Brique de terre crue	1800	1,1	425	2,60x10 ⁻³	21,6	2,4
Brique de terre cuite	1900	1,15	455	2,53x10 ⁻³	22,9	3,8
Pierre lourde (granite...)	2600	3,0	505	5,92x10 ⁻³	9,0	5,8
Pierre calcaire	2450	2,4	490	4,90x10 ⁻³	34,3	5,3
Béton cellulaire	400 à 800	0,16	100	1,63x10 ⁻³	4,0	3,1
		0,33	195	1,68x10 ⁻³	8,0	3,1
Sable sec	1800	0,4	395	1,01x10 ⁻³	2,6	2,4
Bois lourds (chêne, hêtre...)	650	0,23	435	0,53x10 ⁻³	10,0	1,7
Bois légers (résineux, peupliers...)	400	0,12	300	0,40x10 ⁻³	6,0	1,5

Caractéristiques thermiques de quelques matériaux - Source : PassivAct.fr

- **Compacité** : représentant le rapport entre la surface de déperdition et son volume chauffé, optimiser la compacité d'un bâtiment permet d'en limiter les déperditions thermiques en réduisant les surfaces déperditives (enveloppe). Une compacité plus faible implique des déperditions thermiques plus faibles.



Ordre de grandeur de la compacité des bâtiments en fonction de leur forme

2 Atouts et contraintes bioclimatiques du site

2.1 Synthèse

L'analyse de site environnementale, réalisée par Vizea, aboutit aux conclusions suivantes quant aux contraintes et atouts du site du projet de construction :

Thème	Remarques
Environnement voisin	<ul style="list-style-type: none">- Parcelle située en zone agricole et est actuellement exploitée (blé et colza).- Site adjacent à l'autoroute A5 et LGV au sud-ouest de la parcelle. Proximité de la RN36 au Nord-Ouest.- Exploitation agricole au nord, est et sud de la parcelle.- Bourg Les Bordes au nord de la parcelle (600m)
Climat	<ul style="list-style-type: none">- Vents dominants provenant du Sud-Ouest et du Nord- Ensoleillement : 1752.6h d'ensoleillement à Melun-Villaroche (1981-2010).- Précipitations : 679.9 mm/an moyenne (1981-2010).
Topographie	<ul style="list-style-type: none">- Parcelle à priori homogène - à confirmer par des relevés géomètre.
Biodiversité	<ul style="list-style-type: none">- Les premiers résultats de l'étude faune/flore démontrent que :<ul style="list-style-type: none">- Aucune espèce végétale à fort enjeu de conservation.- Le ru d'Andy peut être un corridor écologique.- Potentiel enjeu avifaune
Accessibilité	<ul style="list-style-type: none">- Site non desservi directement par les transports en commun, arrêts de bus les plus proches à environ 10min à pied (Les Bordes, quelques bus par jour).- Autoroute A5 et RN36 à proximité.- Gare de Melun à environ 10km- Aéroport de Melun-Villaroche
Gestion de l'eau	<ul style="list-style-type: none">- Absence de réseau d'eaux usées au sein ou aux abords du site.- Absence de réseau d'eaux pluviales au sein ou aux abords du site.- Terrains vierges de constructions aux alentours (terres agricoles), mais secteur en potentielle mutation (ZAC des Bordes en discussion entre les élus).

2.2 Environnement du site & contrainte d'aménagement

Le schéma fonctionnel du site guidant l'organisation des principales parties du centre pénitentiaire les unes entre les autres est le suivant :

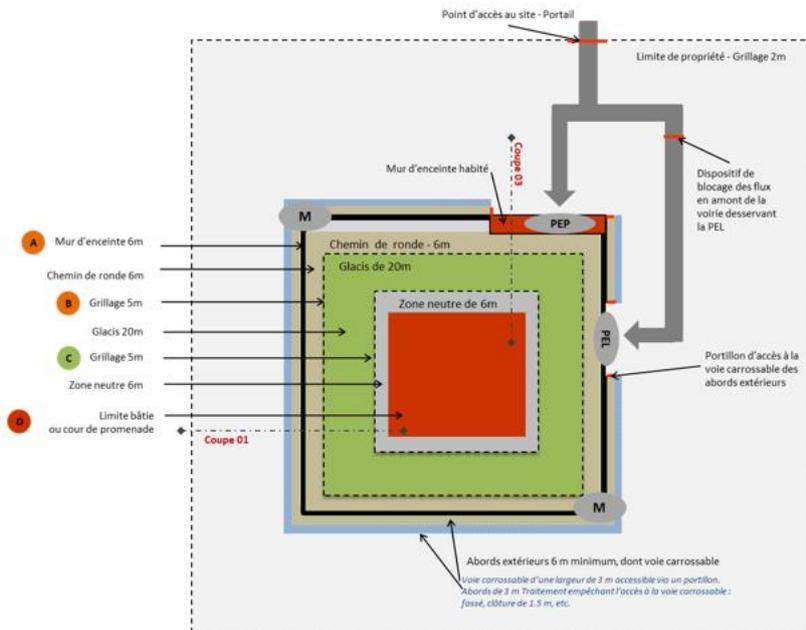
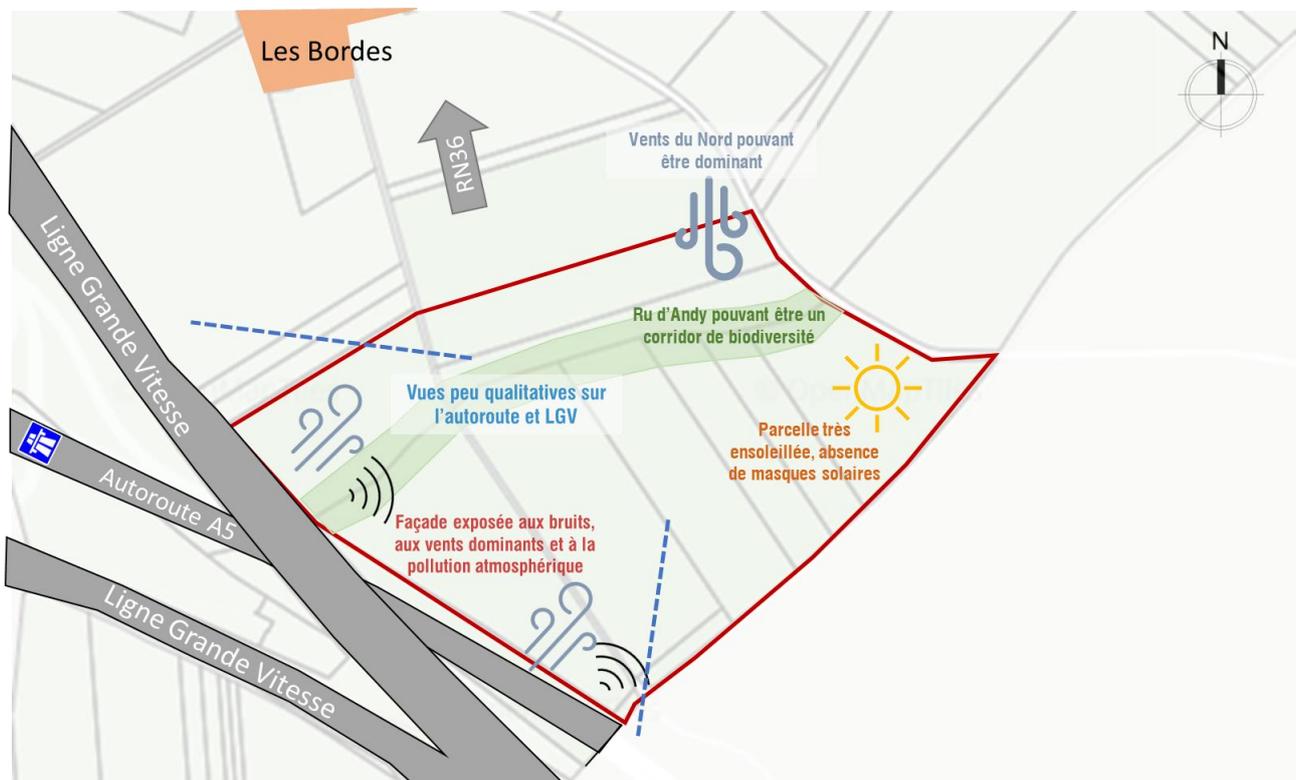


Schéma fonctionnel de l'établissement pénitentiaire

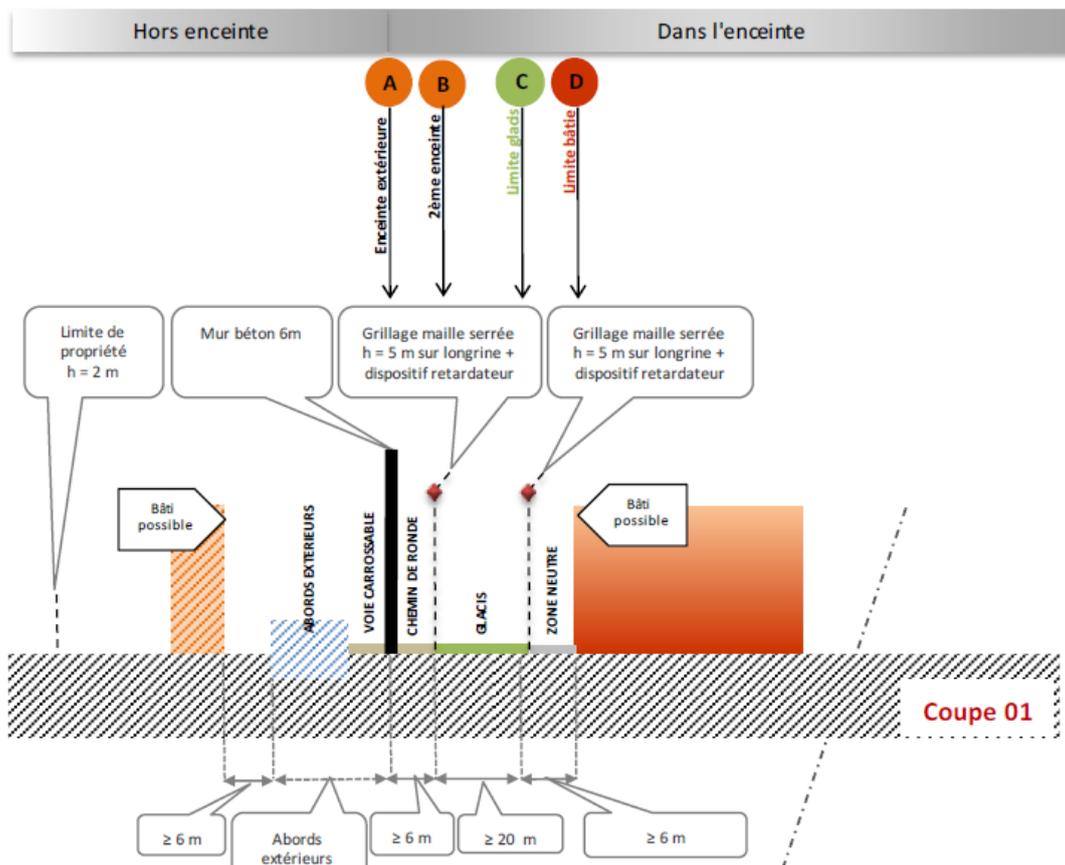
L'environnement proche (masques proches, infrastructures...) et les phénomènes climatiques autour de l'établissement pénitentiaire sont synthétisés sur la figure ci-dessous :



Environnement proche du site de l'établissement pénitentier

Les simulations d'ombres portées du mur d'enceinte (hauteur de 6m) sur le site, réalisées via le logiciel SketchUp, démontrent que le mur d'enceinte n'exerce qu'une influence très faible sur l'ensoleillement reçu par l'intérieur de l'enceinte. Néanmoins, les espaces situés près du mur d'enceinte sont plus ou moins impactés par sa présence, suivant l'orientation considérée.

En considérant l'obligation de garder une bande d'au moins 32m entre le mur d'enceinte et la zone construite (chemin de ronde + glacis + zone neutre), il apparaît que **l'influence du mur d'enceinte sur les espaces bâtis est nulle.**



Coupe type de l'organisation de la parcelle

L'aménagement des bâtiments les uns par rapport aux autres au sein de l'enceinte devra être réalisé en pensant au confort thermique et visuel des espaces : le positionnement judicieux des bâtiments permettra de profiter de l'ombrage de l'un pour limiter les apports solaires sur l'autre.

3 Préconisations

Les bâtiments du projet doivent adopter une conception bioclimatique : la maîtrise de l'inconfort thermique au sein des différents bâtiments et notamment des quartiers d'hébergement est importante. Les différents scénarios d'aménagement envisagés et les éléments pris en compte permettent d'effectuer les recommandations suivantes :

3.1 Conception bioclimatique

- Prescriptions générales :
 - Orienter les quartiers d'hébergement selon un axe Nord-Ouest/Sud-Est au sein de la parcelle pour bénéficier des apports de chaleur et de lumière sur les façades Sud. Cette orientation intermédiaire permet d'éviter une surchauffe (en comparaison à une façade plein sud ou ouest) tout en profitant d'un bon apport en lumière
 - Viser un indice d'ouverture des bâtiments $I_{ouv} = S_{VITRAGE} / S_{PLANCHER BRUTE}$ tel que $20\% \leq I_{ouv} \leq 25\%$ pour parvenir à un optimum entre déperditions, confort d'été et éclairage naturel.
 - Favoriser des revêtements de surface clairs, en particulier pour les espaces orientés nord qui reçoivent moins d'apports de lumière naturelle.
- Dans la mesure où les configurations de sécurité sont respectées et sous réserve que la direction de l'administration pénitentiaire (DAP) valide ces prescriptions :
 - L'opération du projet prenant place dans un environnement dégagé constitué de terres agricoles, il s'agira de favoriser l'accès à la lumière du jour et d'éviter les orientations à risque de surchauffe ou d'éblouissement (Ouest, Est, Sud). Si nécessaire, intégrer des protections solaires adaptées à ces vitrages comme des brises soleils verticaux par exemple.
 - Des protections solaires fixes (type casquette) pourront être intégrées sur les façades Sud pour éviter les surchauffes et favoriser un bon confort thermique, à doubler de protections mobiles extérieures ou intérieures en fonction du dimensionnement des casquettes, des espaces (occultations interdites sur les hébergements), en considérant les problématiques d'entretien et de maintenance et sous condition du respect des prescriptions du programme technique.
 - Pour les fonctions dont le bâti est adossé à l'enceinte, limiter au maximum les expositions plein ouest ou plein sud et favoriser la double orientation (Nord et Ouest ou Sud et Est) pour favoriser le confort estival.
- Prescriptions non applicables aux centres pénitentiaires :
 - En conformité avec les exigences fonctionnelles, assurer un éclairage naturel en second jour pour les circulations des hébergements en intégrant en partie haute de cloisons des cellules.



3.2 Conception aéraulique

- Sous réserve d'une distance de 6m entre le mur d'enceinte et la végétalisation :
 - La présence du mur d'enceinte de 6m de haut constitue une première protection contre les vents dominants venant du Sud/Sud-Ouest et parfois du Nord.
 - Mettre en place une végétation persistante au Sud/Sud-Ouest du projet, à l'extérieur du mur d'enceinte pour accroître la protection face aux vents, créant de plus un écran acoustique face aux nuisances sonores provenant de la voie ferroviaire ainsi qu'un frein au transport de la pollution générée par l'autoroute A5.
 - Mettre aussi en place de la végétalisation persistante au nord-est de la parcelle afin de se protéger des vents.
 - Il est également recommandé de réaliser une étude aéraulique en début de conception afin d'étudier l'impact du mur d'enceinte sur la circulation de l'air au sein du centre pénitentiaire.



3.3 Végétalisation



- Dans la mesure où les configurations de sécurité sont respectées et sous réserve que la direction de l'administration pénitentiaire (DAP) valide ces prescriptions
 - Les cours de promenade sont chacune associées à un bâtiment dont le poste de surveillance est situé en RDC surélevé ou au R+1. Le bureau de surveillance devant offrir une visibilité sur l'intégralité de la cour, il semble difficile de les végétaliser pour limiter les effets d'îlot de chaleur, à l'exception de la cour de promenade du Quartier Confiance. Pour créer des espaces d'ombre et de fraîcheur dans les autres cours, il peut être envisagé de les orienter au Nord des quartiers associés, profitant ainsi des ombres portées par les bâtiments aux moments les plus chauds de la journée.
 - Dans la même optique, pour limiter les effets d'îlots de chaleur et favoriser l'abattement des eaux pluviales, la mise en œuvre de toiture végétalisées sur les bâtiments (hors zones d'hébergement) et préaux des cours ainsi que l'intégration de végétaux dans les espaces où la surveillance n'est pas un enjeu sont à étudier.
 - Privilégier la mise en œuvre de revêtements de sol perméables (espaces de stationnement végétalisés, revêtement de cours semi-perméables...)
 - Pour limiter les trop fortes chaleurs en été et mi-saison, mettre en œuvre des revêtements de sol avec un albédo élevé pour limiter l'accumulation de chaleur. Le choix devra également se faire au regard du risque d'éblouissement.

TEMPÉRATURE DE REVÊTEMENT DE L'ESPACE PUBLIC

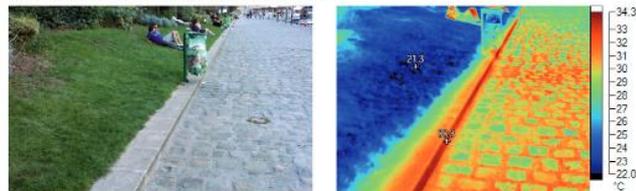


Figure 18 – Bassin de l'Arsenal, le 1^{er} août 2011 à 20h (18h UTC)

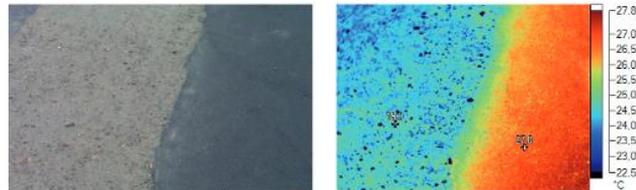


Figure 19 – Comparaison de deux revêtement de trottoir 1 heure après le coucher du soleil le 31 juillet 2011. Le stabilisé (à gauche) est nettement plus frais que l'asphalte (à droite), c'est leur différence de couleur qui l'explique.

Comparaison de température entre différents revêtements 1h après le coucher du soleil
Source : APUR – Les îlots de chaleur urbains, cahier n°1

3.4 Confort d'été

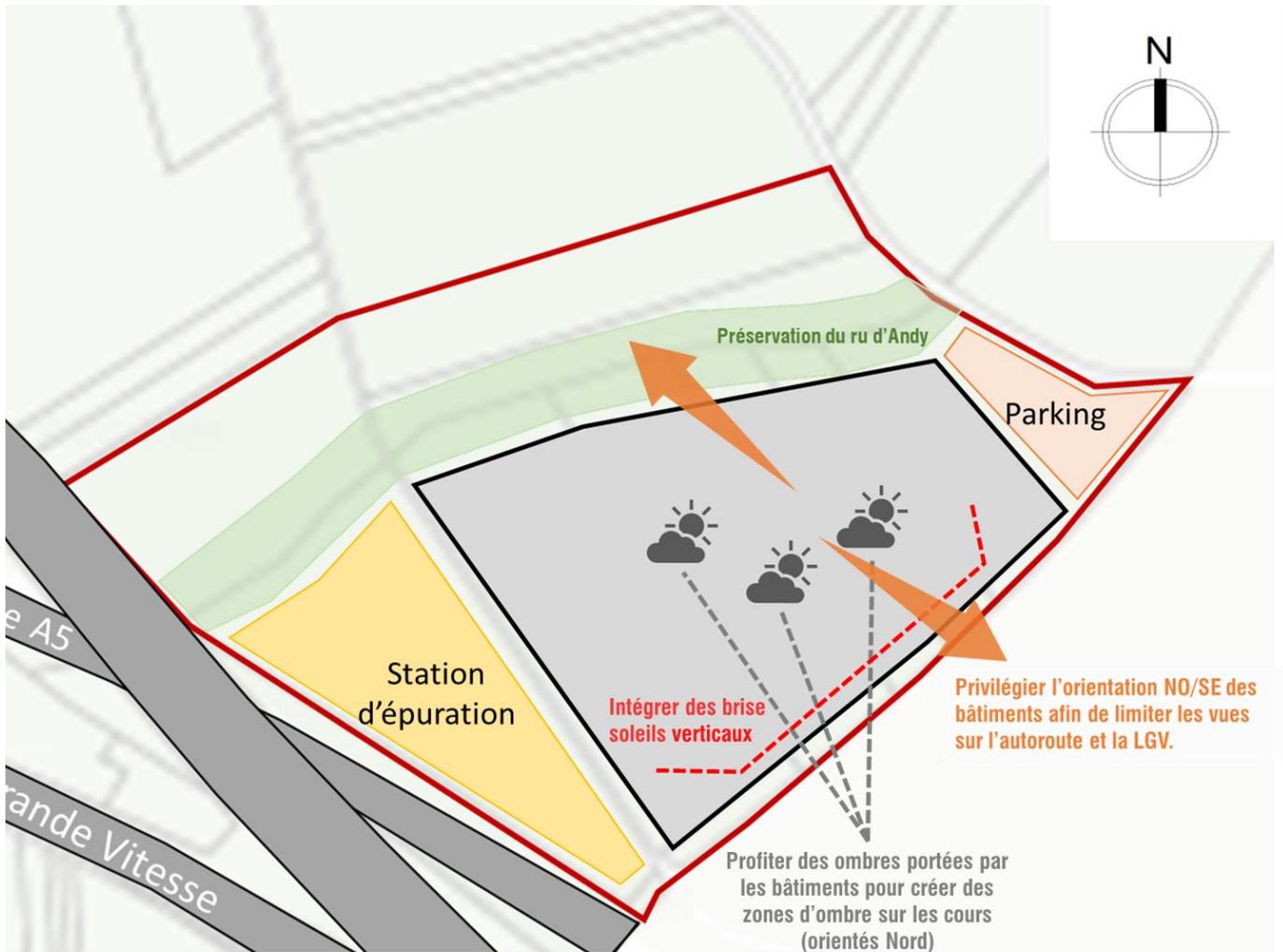


- Prescriptions générales :
 - Mettre en place des matériaux à forte inertie thermique pour les différents espaces, notamment les quartiers d'hébergement, de manière à réguler les apports de chaleur et assurer un déphasage thermique.
 - Réaliser une étude acoustique pour évaluer la protection acoustique réalisée par les murs. En fonction du niveau sonore relevé, une ventilation naturelle nocturne peut être envisagée.
 - En phase conception, la stratégie de confort d'été devra se faire en prenant en compte ces contraintes acoustiques. Si le mur d'enceinte n'apporte pas une protection acoustique suffisante, une réflexion poussée devra être menée pour assurer le confort d'été en limitant le recours à l'ouverture nocturnes des fenêtres (ventilation mécanique plus importante, meilleure gestion des apports solaires...).

Les préconisations principales sont synthétisées sur les schémas suivants :



Espaces à végétaliser et protections végétales



Orientations et aménagements privilégiés, protections solaires

ANNEXE 1 – Acronymes

ACRONYMES	
BASIAS	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service
BASOL	Base de données sur les sites et sols pollués
DI	Déchet Inerte
DIB	Déchet Industriel Banal
DIS	Déchet Industriel Spécial
DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie
EP	Eaux Pluviales
HQE	Haute Qualité Environnementale
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PPR	Plan de Prévention des Risques
PPRI	Plan de Prévention Risque Inondation
QEB	Qualité Environnementale des Bâtiments
SEDIF	Syndicat des Eaux D'Ile-de-France
SMR	Site de Maintenance et de Remisage
TRAPIL	Société des transports pétroliers par pipeline
VL	Véhicule Léger
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager

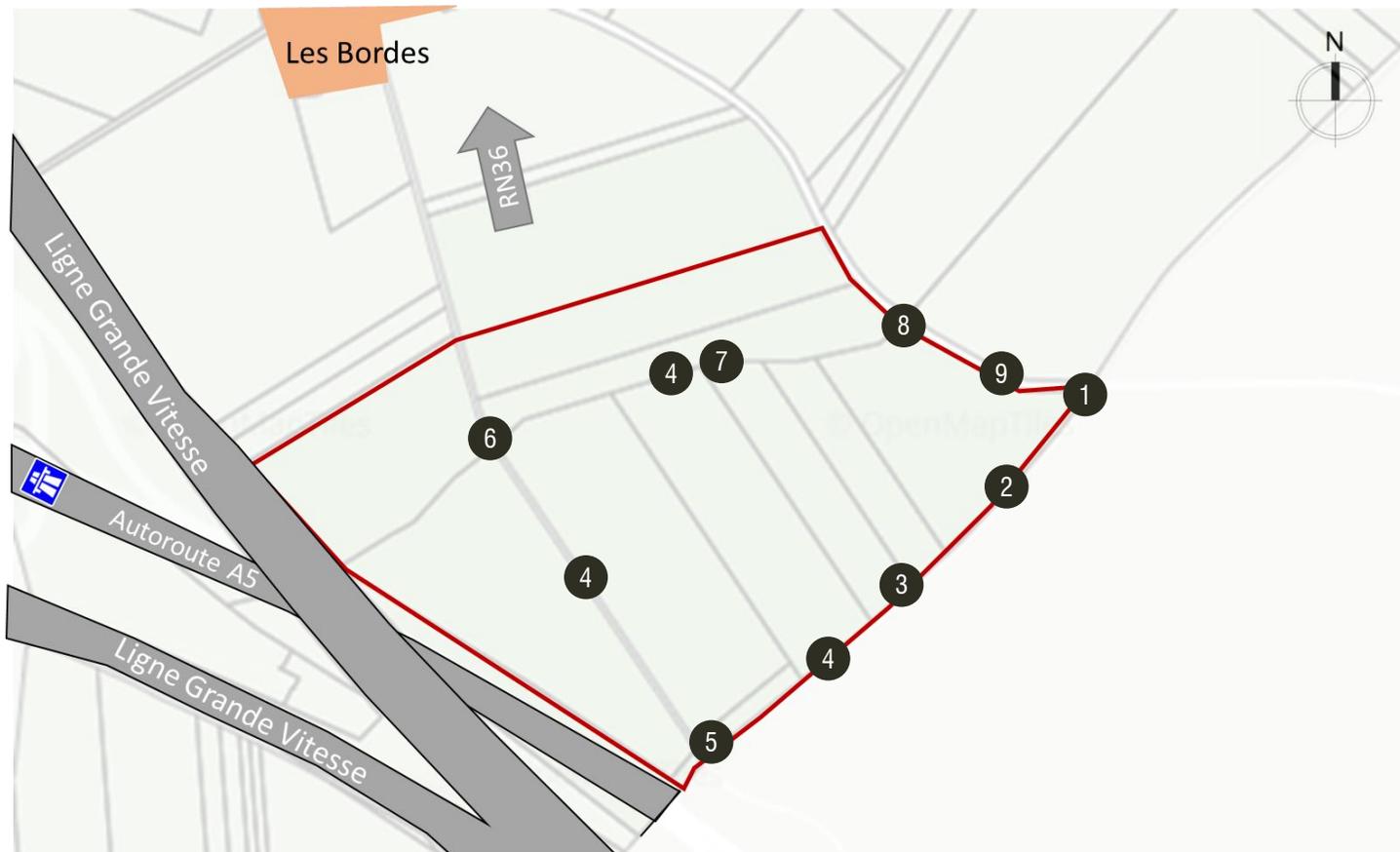
ANNEXE 2 – Visite de Site

Annexe 2 - Rapport de visite du site existant – 24/06/2022

Crisenoy



Visite de site effectuée le vendredi 24 juin de 10h à 12h.



Plan de repérage de l'existant

- ① Croisement de la RD57 et de la frontière entre Fouju et Crisenoy
- ② Dépôt sauvage
- ③ Pylônes électrique le long du sentier
- ④ Plot étude Piézométrique
- ⑤ Accès service A5
- ⑥ Ru d'Andy (côté ouest)
- ⑦ Ambiance le long du ru d'Andy (côté nord)
- ⑧ Croisement du Ru d'Andy et de la RD57
- ⑨ Limite parcellaire le long de la RD57

Nota : il ne s'agit pas d'un repérage exhaustif, mais d'une reconnaissance permettant de présenter les particularités et principales contraintes du site.



1 Croisement de la RD57 et de la frontière entre Fouju et Crisenoy

- Peu de passage sur la RD57
- Fond sonore de l'A5
- Absence de lampadaire
- Présence d'une ligne électrique
- Bruit important au passage des TGV
- Bruit d'oiseau/criquet
- Quelques déchets



2 Dépôt sauvage

- Le long de la route délimitant Fouju de Crisenoy au sud de la parcelle présence de
 - Gravats
 - Sac poubelle
 - Bois brûlé
 - Plastique
 - Brique
- Fond sonore de l'A5
- Présence d'une ligne électrique
- Bruit important au passage des TGV
- Bruit d'oiseau/criquet

3 Présence de ligne

- Pylône électrique le long du sentier



Ambiance

- Bruits d'insecte, d'oiseau de criquet
- Présence d'un lièvre
- Bruit de l'autoroute et des TGV de plus en plus important

4 Plots pour étude piézométrique

- Les plots se trouvent :
 - Au sud de la parcelle (4,1)
 - Le long de la route de Moisenay (4,2)
 - Au nord le long du Ru d'Andy (4,3)

4,1



4,2



4,3





5

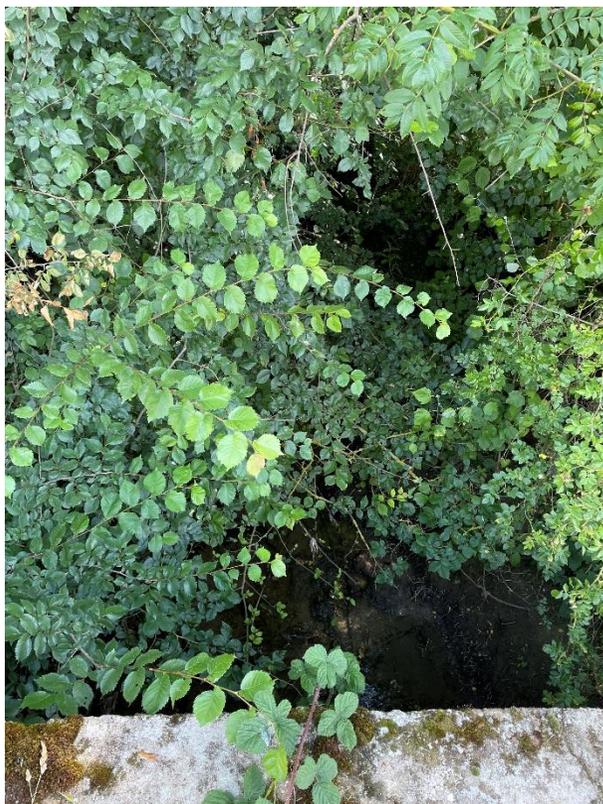
Accès service A5

- Bruit de l'autoroute important pouvant être fatiguant
- Bruit des TGV assourdissant
- Portail de service APRR
- Local de service
- Pylône 2G/3G/4G Orange et faisceau hertzien



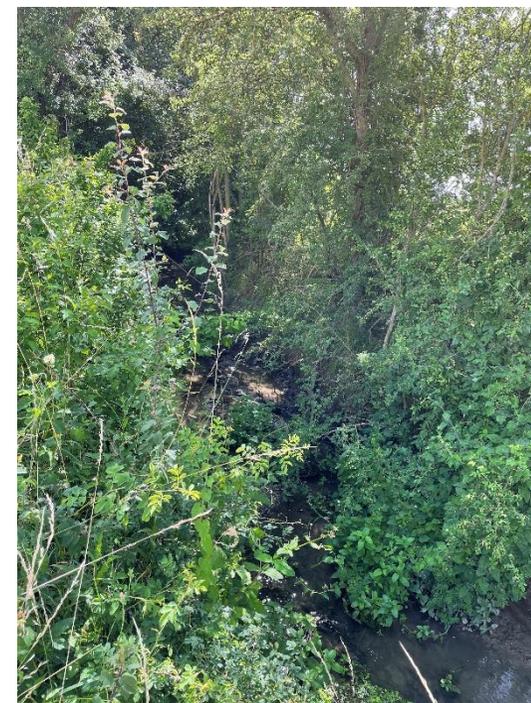
6 Ru d'Andy (côté ouest)

- Vue sur la LGV et l'autoroute.
- Encore très bruyant
- Fraicheur
- Zone plus humide
- Faible débit d'eau



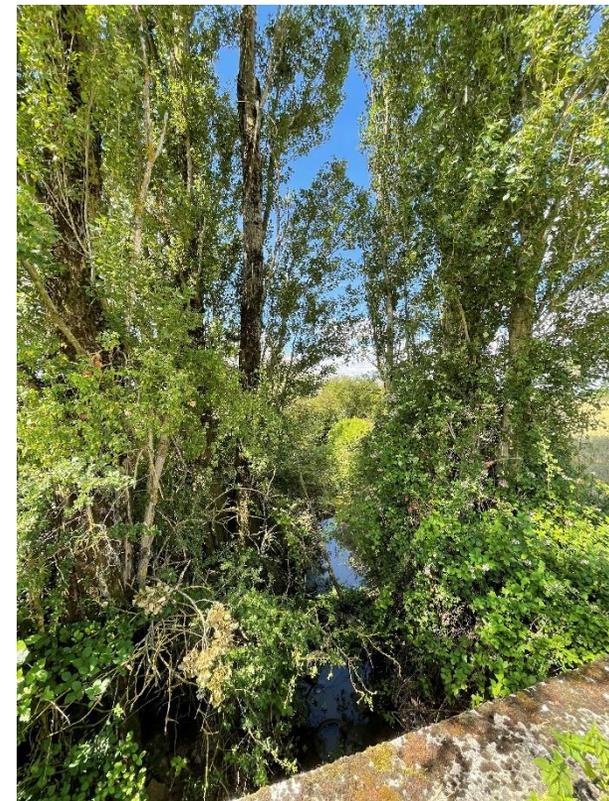
7 Ambiance le long du ru d'Andy (côté nord)

- Beaucoup plus clame
- Très humide
- Frais
- Insecte/oiseau en quantité
- Odeur agréable



8 Croisement du Ru d'Andy et de la RD57

- Tunnel en béton
- Humide
- Quelques déchets
- Peu de passage sur la RD57





9 Limite parcellaire le long de la RD57

- Peu de bruit de l'autoroute
- Bruit important des TGV
- Peu de passage



