

## Maison d'arrêt de Seine Saint-Denis

MA 715 places – Villepinte et Tremblay-en-France (93)

### Etude bioclimatique

Direction		Date	19/05/2021
Chef de Projet	Rémi Wrona	Référence	OP 20/160
Chargés d'études	Agathe Perrocheau	N° version	2
Diffusion	APIJ	Phase	Programmation

Membre fondateur de :



Qualification :



Certification :  
réseaux :



Membre des



## Suivi des indices

INDICE	Modifications	Rédacteurs	Relecteur	Date
1	Elaboration	AP	RW	06/05/2021
2	Modification	AP	RW	19/05/2021

## Table des matières

<b>SUIVI DES INDICES</b> .....	<b>2</b>
<b>PARTIE A INTRODUCTION</b> .....	<b>4</b>
<b>PARTIE B PRESENTATION DU PROJET</b> .....	<b>5</b>
1. ACCES ET DESSERTE .....	5
1.1 <i>Maillage routier et stationnement</i> .....	5
1.2 <i>Transports collectifs</i> .....	5
1.3 <i>Modes de déplacement doux</i> .....	6
1.4 <i>Potentiel d'éco mobilité</i> .....	6
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE .....	7
2.1 <i>Zone PLU concernée</i> .....	7
2.2 <i>Exigences PLU</i> .....	7
3. ENVIRONNEMENT DU PROJET .....	10
3.1 <i>Climat</i> .....	10
3.2 <i>Qualité de l'eau et de l'air</i> .....	12
3.3 <i>Gestion des déchets</i> .....	13
3.4 <i>Nuisances sonores</i> .....	13
3.5 <i>Nuisances électromagnétiques</i> .....	14
4. RISQUES NATURELS ET INDUSTRIELS .....	15
4.1 <i>Risques sismiques</i> .....	15
4.2 <i>Risque de mouvements de terrain</i> .....	15
4.3 <i>Risque retrait-gonflements des sols argileux</i> .....	15
4.4 <i>Risques d'inondation</i> .....	16
4.5 <i>Contrôle du risque d'exposition au radon</i> .....	16
4.6 <i>Canalisations de matières dangereuses</i> .....	16
5. CARACTERISTIQUES DU MILIEU PHYSIQUE NATUREL .....	17
5.1 <i>Topographie</i> .....	17
5.2 <i>Géologie et hydrogéologie</i> .....	17
5.3 <i>Espaces naturels protégés</i> .....	18
6. SYNTHESE .....	18
<b>PARTIE C ETAT DES LIEUX DES POTENTIELS ENERGETIQUES RETENUS</b> .....	<b>19</b>
1. SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE .....	19
2. GEOTHERMIE .....	20
3. THERMODYNAMIQUE PAR AIR .....	21
4. BIOMASSE .....	22
5. RESEAU DE CHALEUR URBAINE .....	23
6. GAZ .....	25
7. CONTRAINTE DU SITE .....	26
8. SCENARIOS RETENUS .....	26
<b>PARTIE D EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET</b> .....	<b>27</b>
1. HYPOTHESES ET BASE DE CALCULS .....	27
2. EVALUATION DES CONSOMMATIONS ANNUELLES D'ENERGIE .....	27
3. EVALUATION DES PUISSANCES APPELEES .....	27
<b>PARTIE E ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES SCENARIOS ENERGETIQUES</b> .....	<b>29</b>
1. SYNTHESE SOLUTION PHOTOVOLTAÏQUE .....	29
2. RESULTATS DE L'ETUDE DES SCENARIOS ENERGETIQUES .....	30

2.1	<i>Prédimensionnements</i> .....	30
2.2	<i>Analyse énergétique</i> .....	30
2.3	<i>Analyse environnementale</i> .....	31
2.4	<i>Aides Fonds chaleur</i> .....	32
2.5	<i>Analyse financière en coût global</i> .....	33
2.6	<i>Synthèse des contraintes et plan d'actions</i> .....	36
<b>PARTIE F</b>	<b>SYNTHESE GLOBALE</b> .....	<b>38</b>
<b>PARTIE G</b>	<b>CONCEPTION ENVIRONNEMENTALE ET ENERGETIQUE</b> .....	<b>40</b>
1.	ECO-CONCEPTION.....	40
1.1	<i>Bioclimatisme</i> .....	40
1.2	<i>Biodiversité</i> .....	40
1.3	<i>Choix des produits de constructions</i> .....	41
1.4	<i>Chantier à faibles nuisances</i> .....	41
1.5	<i>Thème : Eco-Gestion</i> .....	42
1.6	<i>Confort</i> .....	44
2.	ECONOMIE CIRCULAIRE .....	46
<b>ANNEXE 1</b>	<b>CONCEPTION BIOCLIMATIQUE ET ILOT DE FRAICHEUR</b> .....	<b>47</b>
	<i>La végétalisation</i> .....	47
	<i>L'eau et l'imperméabilisation</i> .....	47
	<i>L'albédo des surfaces</i> .....	47

En cas de contradiction entre le programme technique et la présente étude, le programme technique reste le document de référence.

## Partie A Introduction

L'Agence Publique pour l'Immobilier de la Justice (APIJ) souhaite concevoir un projet d'extension de la maison d'arrêt de Villepinte afin d'augmenter le nombre de places, lutter contre la surpopulation carcérale et améliorer les conditions de travail du personnel pénitentiaire. Tout en respectant les enjeux de sûreté et sécurité, le projet s'ancrera dans une démarche environnementale et de développement durable. L'architecture représentera APIJ et s'adaptera aux exigences du site.

Type de projet	Extension de la maison d'arrêt de Villepinte
Usages du bâtiment	Maison d'arrêt, restauration, locaux et bureaux
	 <p style="text-align: right;">Source : APIJ</p>
Surface utile totale	31 000 m <sup>2</sup>

Le projet consistera à :

- Concevoir un projet en relation avec son contexte
- Créer une entité unique Maison d'Arrêt de Seine Saint Denis, d'une capacité de 715 places contenant :
  - 2 quartiers de Maison d'arrêt homme en régime « fermé »
  - 1 quartier de Maison d'arrêt en mode « confiance » fonctionnant en régime ouvert
  - 1 quartier femme
  - 1 quartier mineur
  - 1 quartier d'accueil et d'évaluation
  - 1 unité pour détenus « violents »
  - 1 service médico-psychologique régional
- Permettre une complémentarité de fonctionnement entre les deux sites
- Proposer une solution fonctionnelle à la gestion complexe des flux

L'enjeu principal de l'étude est d'apporter une aide à la décision à la maîtrise d'ouvrage, permettant l'intégration la plus pertinente possible des énergies renouvelables et de récupération dans le projet.

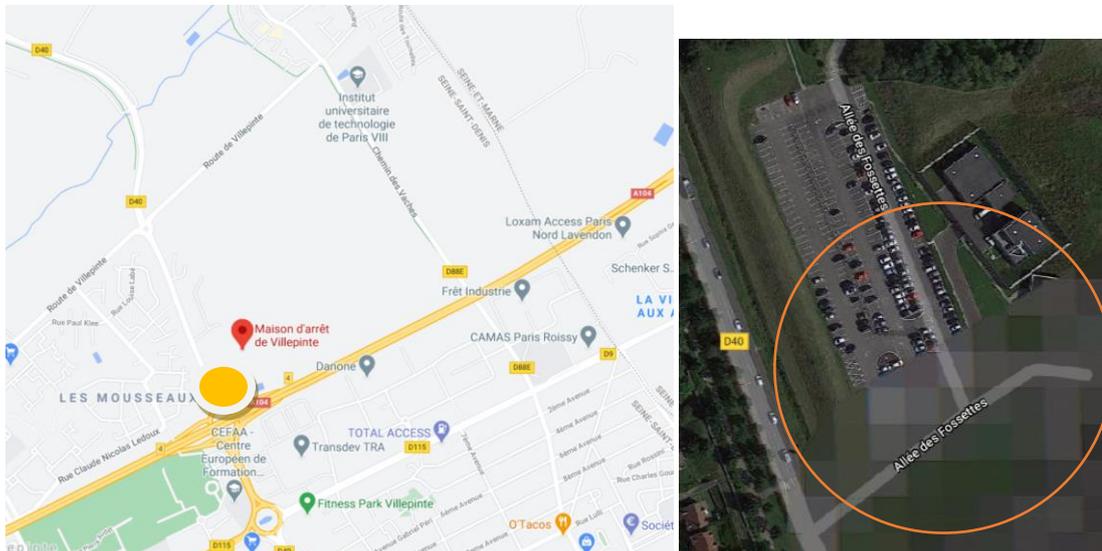
Le présent rapport replace le site de construction dans son contexte environnemental et présente les solutions énergétiques envisageables sur le projet.

## Partie B Présentation du projet

### 1. Accès et desserte

#### 1.1 Maillage routier et stationnement

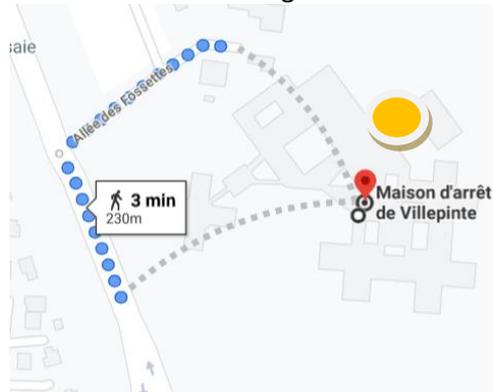
Le site est bordé au Sud par la A104 « La Francilienne » et la N2, à l'Ouest par l'Avenue Vauban (D40) et au Nord et à l'Est par des terres agricoles. Un parking pour les employés et les visiteurs est présent devant la Maison d'Arrêt d'existante au niveau de l'Allée des Fossettes.



Source : Maps

#### 1.2 Transports collectifs

Il est indiqué ci-dessous la liste des stations de bus et de transports à proximité du site. La station de bus la plus proche est « Maison d'arrêt » sur la ligne de Bus 619. Cet arrêt est à 3 minutes à pied de l'entrée du site.



Source : Maps

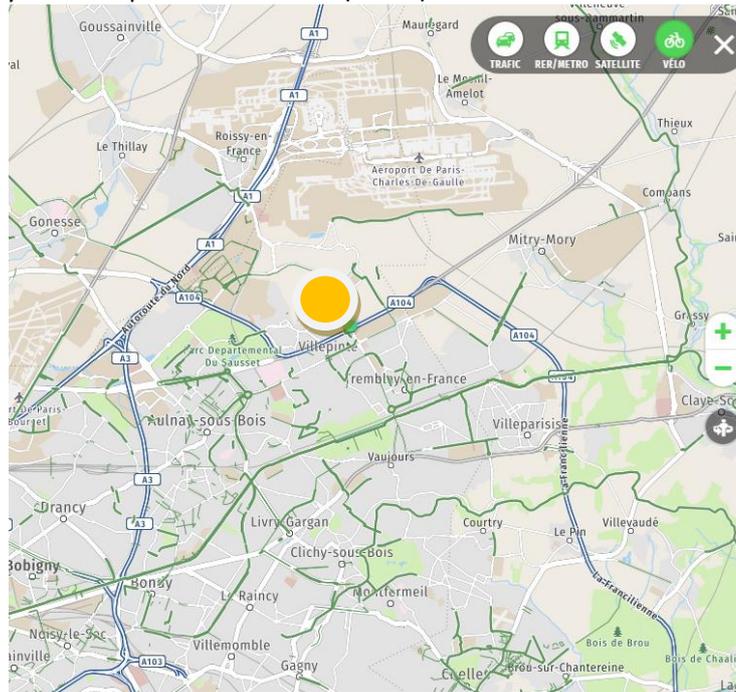


Arrêt Tocqueville source : photo TE

Ligne	Arrêt(s)	Fréquence (minutes)	Distance
Bus 619	Maison d'Arrêt	Environ 1 heure	230 m
Bus 39	Tocqueville	30 minutes	400 m
Bus 40	Tocqueville	30 minutes	400 m
Bus 1	Chemin du Loup	4 par jour	1.1 km
T'bus 1	Central Parc	30 minutes	1.2 km
T'bus 2	Central Parc	30 minutes	1.2 km
T'bus 3	Central Parc	5 par jour	1.2 km
Bus 100	Rue du Sausset	30 minutes	1.8 km
RER Ligne B5	Vert Galant RER	10 minutes	3.0 km
RER Ligne B3	Sevrans Beaudottes RER	10 minutes	3.7 km

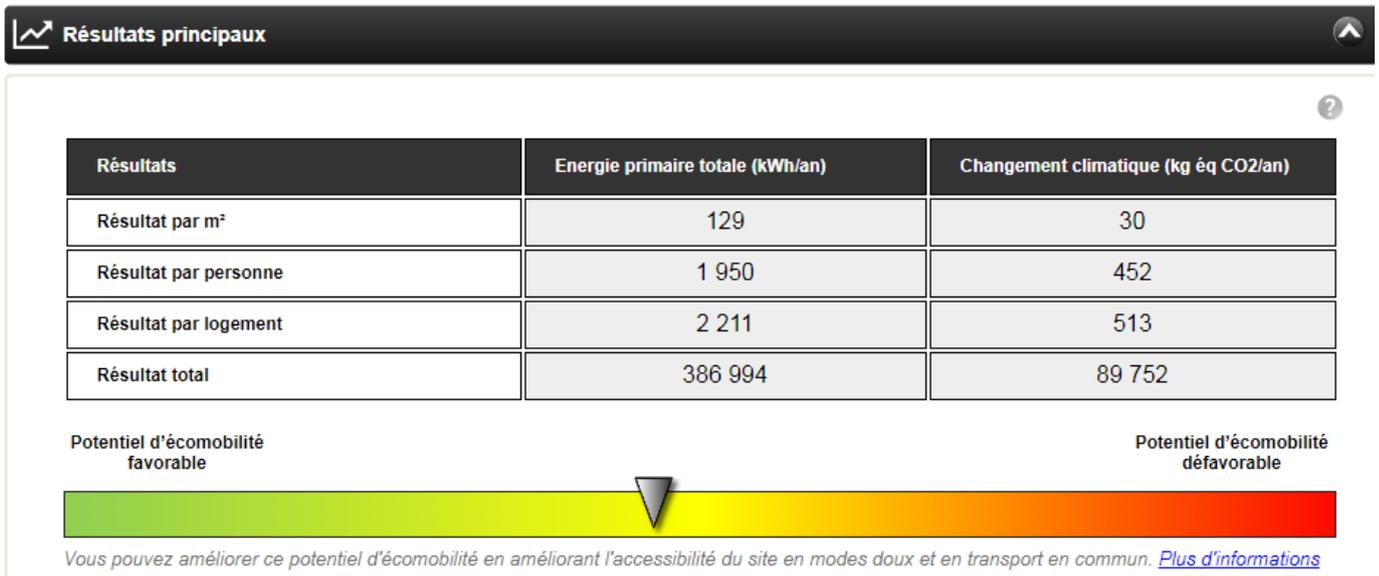
### 1.3 Modes de déplacement doux

Le projet présente des pistes cyclables à proximité directe (<50m).



Source : Mappy

### 1.4 Potentiel d'éco mobilité



Source : <http://www.effinergie-ecomobilite.fr/>

La présence des transports en commun (moyen) et les modes de déplacements doux (bon) disponibles à proximité donnent lieu à un potentiel d'éco mobilité moyen pour ce projet.

## 2. Contexte réglementaire

### 2.1 Zone PLU concernée

Le projet existant est situé sur la ville de Villepinte. Le projet d'extension de la maison d'Arrêt de Villepinte sera situé à Tremblay-en-France. Plus précisément, le projet sera implanté en zone A du PLU de la ville de Tremblay-en-France. Cette zone correspond à la zone agricole et comprend les terrains qui font l'objet d'une protection particulière en raison de la valeur et du potentiel agronomiques des terres agricoles.



Sources : [https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4\\_Citoyennete\\_et\\_democratie/PLU/plu/Plan-zonage-vue-densemble.pdf](https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4_Citoyennete_et_democratie/PLU/plu/Plan-zonage-vue-densemble.pdf)  
[https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4\\_Citoyennete\\_et\\_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf](https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4_Citoyennete_et_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf)

Dans cette zone, le PLU admet de nouvelles constructions dès lors qu'elles sont conçues pour s'intégrer au site dans lequel elles s'implantent et ne compromettent pas le caractère agricole de la zone. Ainsi, les constructions à usage d'habitation sont soumises à des conditions particulières ; et les constructions de services publics ou d'intérêt collectif sont autorisés dès lors qu'elles font l'objet d'un traitement paysager de qualité, limitant l'imperméabilisation des sols.

## 2.2 Exigences PLU

### 2.2.1 Implantation

Les constructions doivent s'implanter avec un recul minimal de 10 m par rapport à l'alignement des voies et des emprises publiques. Les constructions nouvelles doivent s'implanter avec un recul de 15 m minimum par rapport au boulevard Périphérique SUD. En cas d'adaptation, de réfection ou d'extension d'un bâtiment, existant à la date d'approbation du PLU et implanté avec un recul différent, il est possible de ne pas appliquer le recul imposé ci-dessus et sans diminution du recul existant.

Les constructions doivent être implantées en retrait des limites séparatives latérales. Ce retrait doit être au moins égal à la moitié de la hauteur au faîtage ou à l'acrotère du bâtiment à édifier, sans être inférieur à 8m. Les constructions doivent s'implanter en retrait de la limite séparative en fond de parcelle. Ce retrait doit être au moins égal à une fois et demi la hauteur au faîtage ou à l'acrotère du bâtiment à édifier, sans être inférieur à 12m.

Il n'est fixé aucune règle sur l'emprise au sol des constructions. La hauteur maximale des constructions est de 15 m pour une construction destinée à l'exploitation agricole et de 7 m au faîtage ou à l'acrotère pour une construction à usage d'habitation. Un dépassement ponctuel des hauteurs définies ci-dessus, justifié par des raisons fonctionnelles, peut être toléré pour les constructions à usage agricole et les dispositions techniques de grande hauteur (antennes, pylônes, etc.)

Les constructions doivent présenter un aspect extérieur aussi homogène que possible et en conséquence doivent respecter les conditions ci-dessous :

- Présenter une simplicité de volume et une unité de ton afin de réduire l'impact volumétrique sur le paysage.
- Utiliser des matériaux aux teintes plutôt sombres pour ne pas se détacher ou apparaître comme un objet isolé contrastant dans son environnement
- Minimiser les effets de brillance et les surfaces réfléchissantes en optant pour des toitures en matériaux plutôt sombres et mats
- Opter pour des couleurs identiques ou de mêmes tonalités pour les accessoires et les éléments des façades (gouttières, chéneaux, bande de rives, portes, fenêtres, etc.)

L'utilisation du bois doit être privilégiée.

Les matériaux d'aspect bardeaux bitumés, tôle galvanisée, plaques de fibrociment naturelles de teinte claire, bac acier de teinte claire sont interdits en couverture.

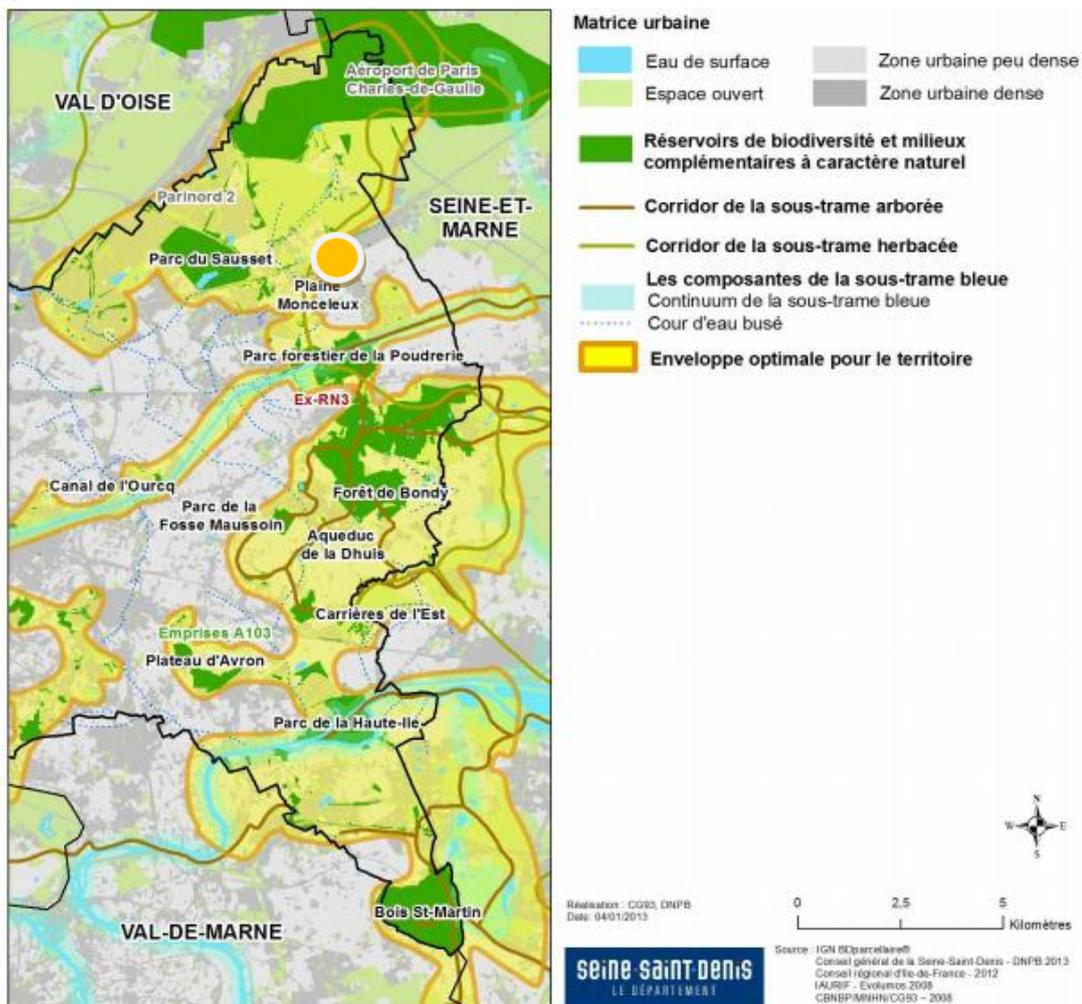
Source : page 6 du PLU Zone A

[https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4\\_Citoyennete\\_et\\_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf](https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4_Citoyennete_et_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf)

### 2.2.2 Trames Verte et Bleue

Le projet de construction doit respecter les exigences des trames verte et bleue du département de Seine-Saint-Denis.

Le projet est situé dans un espace ouvert, formant le corridor de la sous-trame herbacée. Le projet n'est pas situé à proximité d'un corridor de la sous-trame arborée ni à proximité de cours d'eau. Sa proximité avec un réservoir de biodiversité retenu par le CSRPN d'île de France et inscrit au SRCE (site Natura 2000, ZNIEFF de type I et II) (Parc du Sausset, Parc forestier de la Poudrière et Aéroport de Paris) témoigne de l'attention à porter à la biodiversité environnante.



Source : [http://ressources.seinesaintdenis.fr/IMG/3\\_64\\_tvb\\_0.pdf](http://ressources.seinesaintdenis.fr/IMG/3_64_tvb_0.pdf)

### 2.2.3 Stationnement véhicules, deux roues et vélo

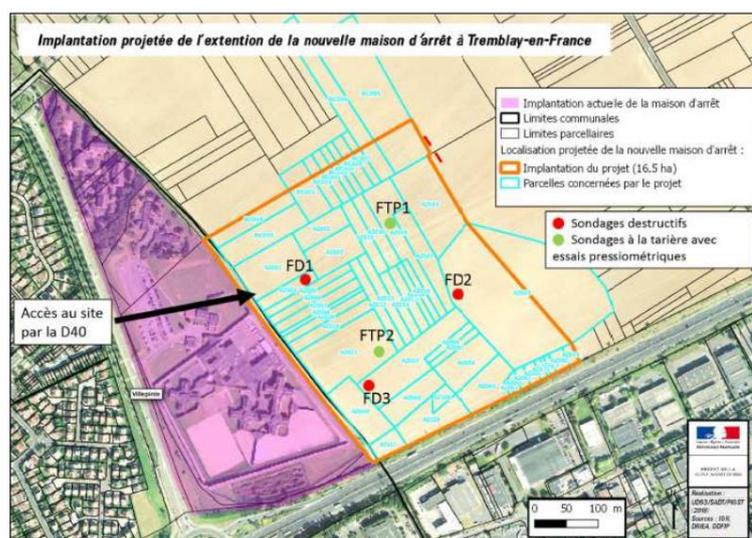
Pour les normes de stationnement, le PLU impose des obligations aux constructeurs pour la réalisation d'aires de stationnement. Les places réservées au stationnement des véhicules doivent correspondre aux besoins des constructions admises dans la zone et être réalisées en dehors des voies publiques ou privées, sur le terrain d'assiette de l'opération.

### 2.2.4 Locaux déchets

Le PLU impose que des locaux permettant l'accueil et la dissimulation des containers pour les déchets soient prévus pour toute construction nouvelle. Leur capacité d'accueil et leurs caractéristiques doivent être adaptées au type de collecte en vigueur dans la commune. Ces dispositions s'appliquent en cas d'extension ou d'aménagement des constructions existantes.

### 2.2.5 Parcelle cadastrale

Les parcelles cadastrales concernées par le projet sont incluses dans la zone cadastrale AZ. Le projet est localisé sur de nombreuses parcelles agricoles (9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 55, 56, 57, 58, 59, 119...).



Source : APIJ



Source : <https://www.cadastre.gouv.fr/>

### 2.2.6 Débit de fuite

Le PLU prévoit que toute construction neuve ne doit pas accroître les débits d'eaux pluviales par rapport à la situation résultant de l'état actuel d'imperméabilisation des terrains. Les eaux de ruissellement doivent être prioritairement infiltrées dans le sol.

En cas d'impossibilité d'infiltration à justifier, les eaux pluviales feront l'objet de rétentions en surface avant le rejet dans le réseau pluvial. En dernier recours, sous réserve de justification, elles peuvent faire l'objet de rétention dans des ouvrages enterrés avant rejet dans le réseau pluvial. Des solutions mixtes de gestion des eaux pluviales seront acceptées (infiltration, rétention en surface, stockage enterré) à condition que la part dédiée à la gestion par l'infiltration cumulée à la part de gestion de surface soit majoritaire par rapport à la solution de stockage enterré.

Le prétraitement des eaux issues des surfaces de parkings supérieures à 50m<sup>2</sup> est obligatoire en cas d'infiltration ou de rejet à l'exutoire naturel.

Les eaux doivent être rejetées à débit régulé sur la base d'un débit de fuite maximum de 10l/s/ha.

La prise en compte de la maîtrise des eaux pluviales est obligatoire pour tout terrain dont la surface imperméabilisée, à la date d'approbation du PLU, est supérieure à 700m<sup>2</sup>, sauf impossibilité technique à justifier. Ne rentrent pas en compte les adjonctions à des bâtiments existants répondant à des motifs de confort, d'accessibilité, d'architecture et de sécurité.

Il est à noter également que la construction doit obligatoirement être raccordée au réseau d'assainissement et que ce réseau doit être séparatif. En l'absence de réseau, les constructions peuvent être équipées d'une installation d'assainissement non collectif aux normes et en bon état de fonctionnement.

Source : [https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4\\_Citoyennete\\_et\\_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf](https://www.tremblay-en-france.fr/fileadmin/documents/4_Citoyennete_et_democratie/PLU/plu/Dispositions-applicables-zone-agricole-A.pdf)

## 3. Environnement du projet

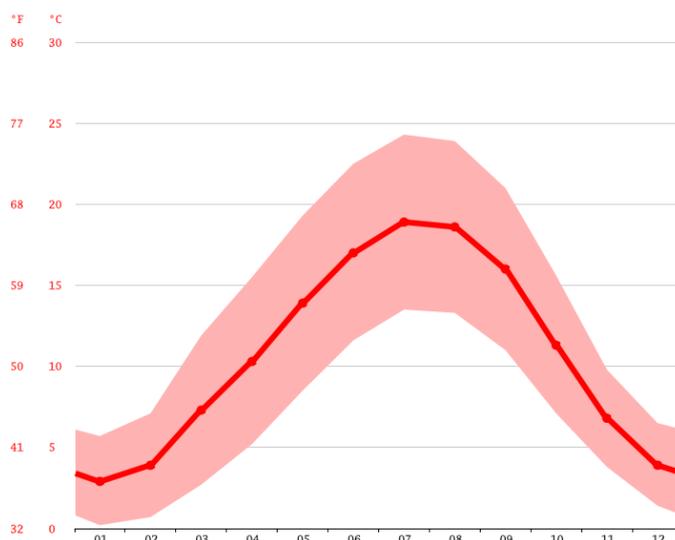
### 3.1 Climat

#### 3.1.1 Nature du climat

La ville de Tremblay-en-France se situe dans la zone climatique H1a selon la réglementation thermique 2012.

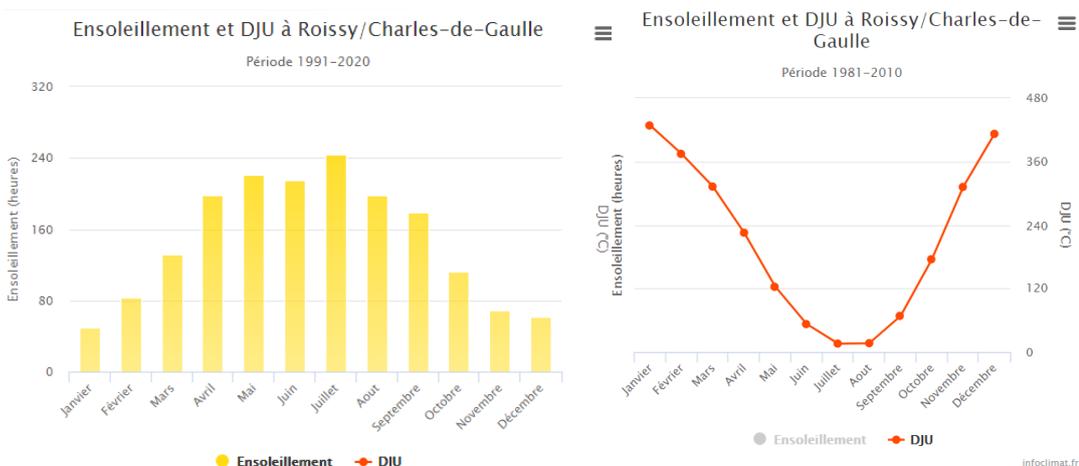
#### 3.1.2 Température et ensoleillement

Le climat de la ville de Tremblay-en-France est tempéré. Tremblay-en-France affiche 10.9°C de température moyenne sur toute l'année. Au mois de Juillet, la température moyenne est de 18.9 °C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. 2.9 °C font du mois de Janvier le plus froid de l'année.



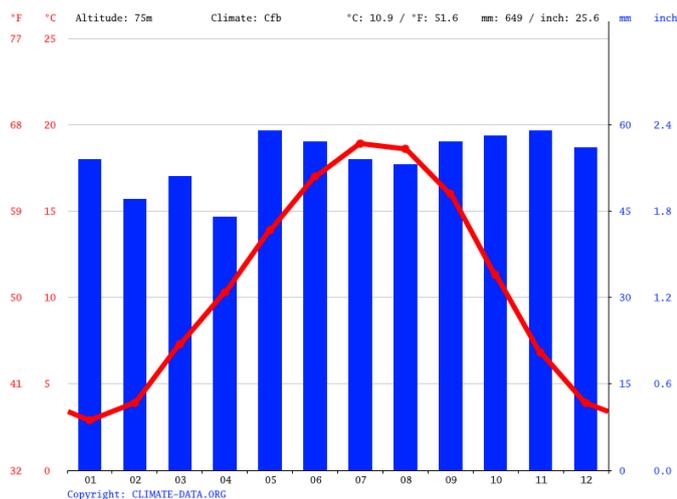
Source : <https://fr.climate-data.org/>

L'ensoleillement à Tremblay-en-France est assimilable à celui de Roissy/ Charles-de-Gaulle situé à 8km du site. Le mois le plus ensoleillé est Juillet (244.2 h d'ensoleillement), et le plus faible est Janvier avec 49 h d'ensoleillement dans le mois.



Source : <https://www.infoclimat.fr/climatologie/normales-records/1991-2020/roissy-charles-de-gaulle/valeurs/07157.html>

### 3.1.3 Précipitations annuelles



Source : <https://fr.climate-data.org/>

Les pluies sont assez régulières au cours de l'année à Tremblay-en-France, les pluies les plus faibles sont enregistrées en Avril avec 44 mm, et le mois de mai enregistre le plus haut taux de précipitation avec 59 mm.

## 3.2 Qualité de l'eau et de l'air

### 3.2.1 Eau

Des contrôles réglementaires attestent de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine :

i Informations générales			
Date du prélèvement	17/12/2020 12h03		
Commune de prélèvement	VILLEPINTE		
Installation	UDI TREMBLAY / VILLEPINTE		
Service public de distribution	SIAEP-ANNET		
Responsable de distribution	VEOLIA EAU IDF NORD		
Maître d'ouvrage	SIAEP		

Conformité	
Conclusions sanitaires	Eau d'alimentation conforme aux exigences de qualité en vigueur pour l'ensemble des paramètres mesurés.
Conformité bactériologique	oui
Conformité physico-chimique	oui
Respect des <a href="#">références de qualité</a>	oui

Résultats d'analyses			
Paramètre	Valeur	Limite de qualité	Référence de qualité
Entérocoques /100ml-MS	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
Bact. et spores sulfito-rédu./100ml	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
Bact. aér. revivifiables à 22°-68h	<1 n/mL		
Bact. aér. revivifiables à 36°-44h	<1 n/mL		
Bactéries coliformes /100ml-MS	<1 n/(100mL)		≤ 0 n/(100mL)
Escherichia coli /100ml - MF	<1 n/(100mL)	≤ 0 n/(100mL)	
Température de l'eau *	10,8 °C		≤ 25 °C
Coloration	<5 mg(Pt)/L		≤ 15 mg(Pt)/L
Couleur (qualitatif)	Aucun changement anormal		
Aspect (qualitatif)	Aspect normal		
Odeur (qualitatif)	Aucun changement anormal		
Saveur (qualitatif)	Aucun changement anormal		
Turbidité néphélobométrique NFU	0,34 NFU		≤ 2 NFU
Chlore libre *	0,34 mg(Cl <sub>2</sub> )/L		
Chlore total *	0,39 mg(Cl <sub>2</sub> )/L		
pH	7,87 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH
pH *	7,2 unité pH		≥6,5 et ≤ 9 unité pH
Conductivité à 25°C	643 µS/cm		≥200 et ≤ 1100 µS/cm
Fer total	<10 µg/L		≤ 200 µg/L
Ammonium (en NH <sub>4</sub> )	<0,05 mg/L		≤ 0.1 mg/L
Aluminium total µg/l	29 µg/L		≤ 200 µg/L

* Analyse réalisée sur le terrain
-----------------------------------

Source : <https://orobnat.sante.gouv.fr/> (Ministère chargé de la Santé).

### 3.2.2 Air

Le site est situé en Seine-Saint-Denis (93) en Ile de France. Le territoire est donc particulièrement concerné par les particules en suspension (PM10 et PM2,5), les oxydes d'azote (NO2) et l'ozone (O3).

Afin de déterminer la catégorie ODA de l'air extérieur, les ratios sont calculés entre les valeurs observées pour la station de mesure Tremblay-en-France en 2017 et les valeurs limites.

<https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-polluant>

Polluants	Valeur limite	Valeur mesurée en 2019	Ratio (valeur observée/valeur limite)
Dioxyde de soufre (SO2)	50 µg/m3	-	-
Dioxyde d'azote (NO2)	40 µg/m3	<b>25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle</b>	0.625
Ozone (O3)	25 jours excédant une concentration de 120 µg/m3	<b>45 µg/m<sup>3</sup> en moyenne 35 jours</b>	>1
Benzène	5 µg/m3	<b>1.0 µg/m<sup>3</sup></b>	0,2
Particules PM10	40 µg/m3	<b>17.3 µg/m<sup>3</sup></b>	0.43
Particules PM2,5	27 µg/m3 (en 2012, puis valeur décroissant linéairement jusqu'à 25 µg/m3 en 2015)	<b>12 µg/m<sup>3</sup></b>	0.44

Pour certains polluants, l'absence de données ne permet pas de valider la catégorie 1 qui correspond à un ratio <1. La catégorie de l'air extérieur est donc ODA 2 en tenant compte des polluants mesurés.

### 3.3 Gestion des déchets

Paris Terres d'Envol est l'unique interlocuteur de Tremblay-en-France pour la gestion des déchets.

Les ordures ménagères sont collectées le mardi et le samedi. La collecte des emballages, journaux et magazines s'effectue le jeudi. La collecte des emballages en verre s'effectue les jeudis des semaines impaires.

La collecte des déchets verts s'effectue tous les vendredis d'avril à septembre et un vendredi sur deux d'octobre à novembre.

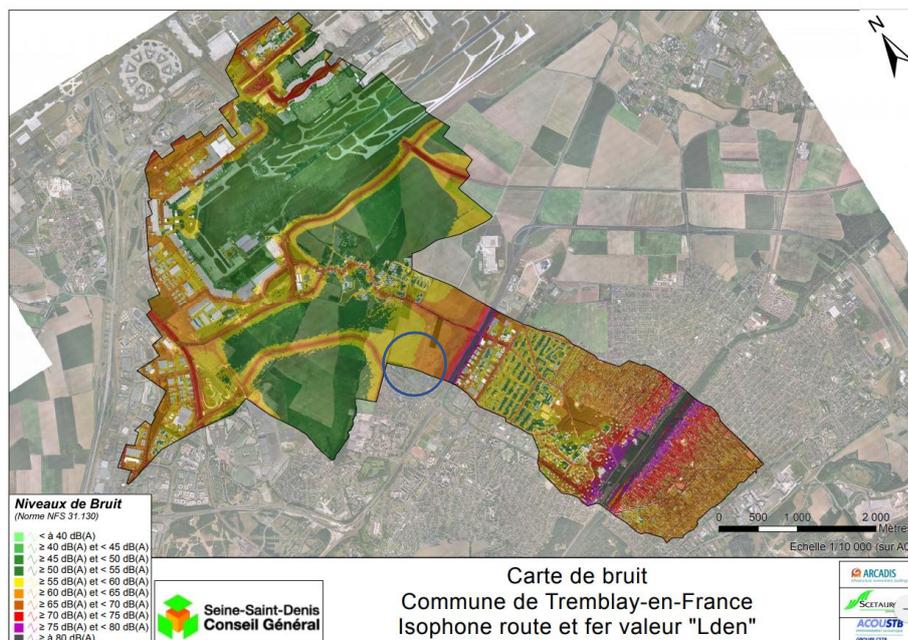
La déchetterie intercommunale de Tremblay-en-France se situe Chemin des pommiers à Tremblay-en-France.

### 3.4 Nuisances sonores

La ville de Tremblay-en-France est soumise à des pollutions sonores qui proviennent de différentes infrastructures de transport :

- La Francilienne.

La Francilienne ou A104 est située au Sud du projet. Sa proximité directe au site et son trafic important avec un nombre de camions élevé en font la principale nuisance sonore du projet. Selon la carte de bruits de Tremblay-en-France routes et fer, le projet est inclus dans une zone où le niveau de bruit est entre 60 et 75 dB(A).



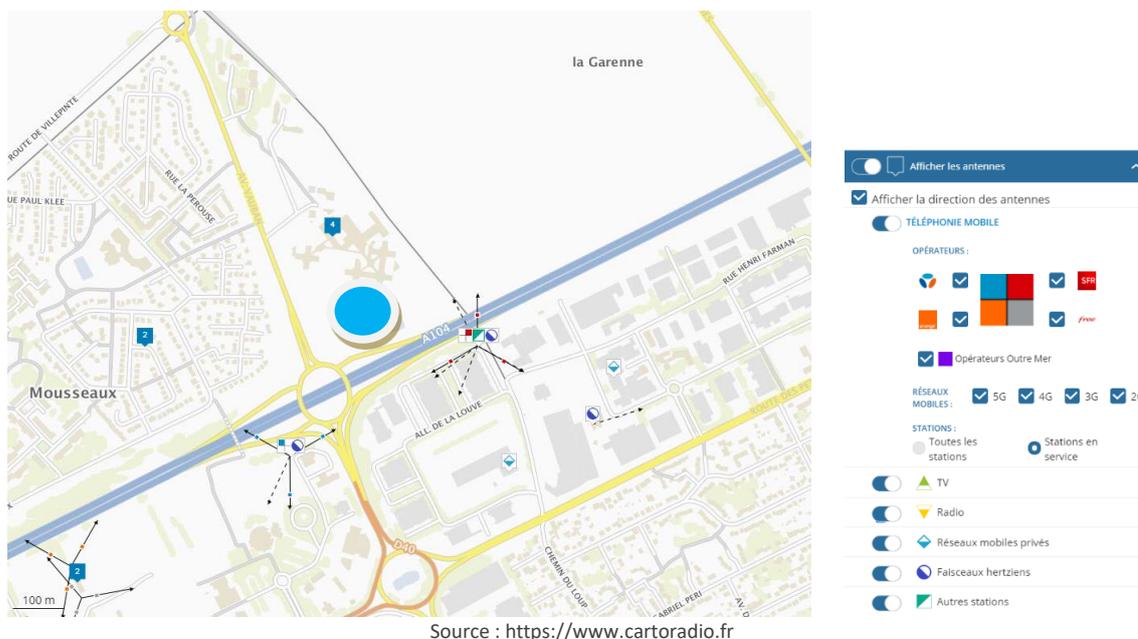
Les voies ferrées sont suffisamment éloignées du site pour ne pas générer de nuisance sonore pour le site.

- L'aéroport Roissy / Charles de Gaulle, ainsi que l'aéroport du Bourget créent des nuisances sonores sur la commune

L'aéroport de Roissy est situé au Nord-Est du projet. Il est assez éloigné du site pour que les nuisances sonores ne soient pas très importantes. Le projet n'est pas situé dans la zone Lden 50 de l'aéroport. Cependant sur site, de nombreux avions sont visibles et audibles.

### 3.5 Nuisances électromagnétiques

Le site **cartoradio.fr** répertorie les sources d'ondes électromagnétiques près du projet.



Plusieurs antennes relais de téléphonie (SFR et Bouygues) sont implantés à proximité du site. La plus proche est à 0.36 km à vol d'oiseau de l'entrée du bâtiment existant. Des faisceaux hertziens sont également émis à la même distance. 4 Réseaux mobiles privés sont présents sur le site de la maison d'Arrêt de Villepinte.

Une étude détaillée d'un BET spécialisé permettra de mesurer les expositions du bâtiment vis-à-vis des risques extérieurs et également des risques intérieurs au bâtiment.

Le niveau devra respecter les seuils d'expositions.

## 4. Risques naturels et industriels

### 4.1 Risques sismiques

Selon le zonage sismique de la France, la ville de Tremblay-en-France est située dans une zone de catégorie 1 (très faible). La ville n'est pas concernée par un PPRN Risque Séisme.

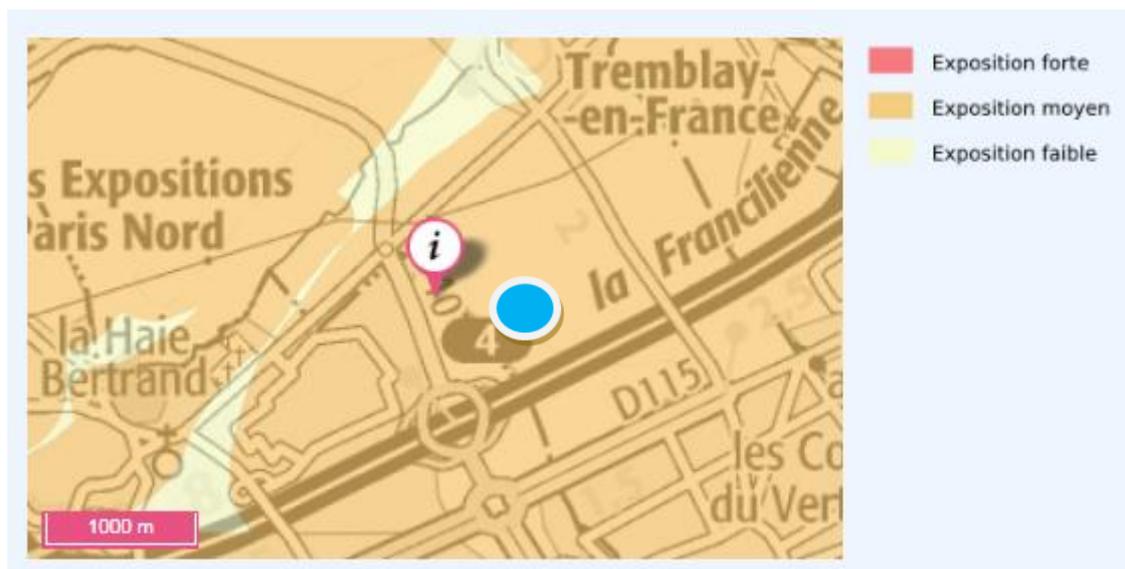
### 4.2 Risque de mouvements de terrain

Le site présente des mouvements de terrain non localisés.



Le site est concerné par un PPR Mouvement de terrain – affaissements et effondrements (cavités souterraines) approuvé.

### 4.3 Risque retrait-gonflements des sols argileux



Le site est moyennement exposé au retrait-gonflements des sols argileux. La commune est soumise à un PPR Retrait-gonflement des sols argileux

Source : <http://www.georisques.gouv.fr>

## 4.4 Risques d'inondation

Le site n'est pas inclus dans un territoire à risque important d'inondation (TRI). La commune n'est pas soumise à un PPR Inondation et ne fait pas l'objet d'un programme de prévention (PAPI).

Source : <http://www.georisques.gouv.fr>

## 4.5 Contrôle du risque d'exposition au radon

La ville de Tremblay-en-France est située dans une zone de catégorie 1 et ne présente donc pas de risque :

### Catégorie 1

Les communes à potentiel radon de catégorie 1 sont celles localisées sur les formations géologiques présentant les teneurs en uranium les plus faibles. Ces formations correspondent notamment aux formations calcaires, sableuses et argileuses constitutives des grands bassins sédimentaires (bassin parisien, bassin aquitain) et à des formations volcaniques basaltiques (massif central, Polynésie française, Antilles...).

Sur ces formations, une grande majorité de bâtiments présente des concentrations en radon faibles. Les résultats de la [campagne nationale de mesure](#) en France métropolitaine montrent ainsi que seulement 20% des bâtiments dépassent 100 Bq.m<sup>-3</sup> et moins de 2% dépassent 400 Bq.m<sup>-3</sup>.

Source : Site de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN).

## 4.6 Canalisations de matières dangereuses

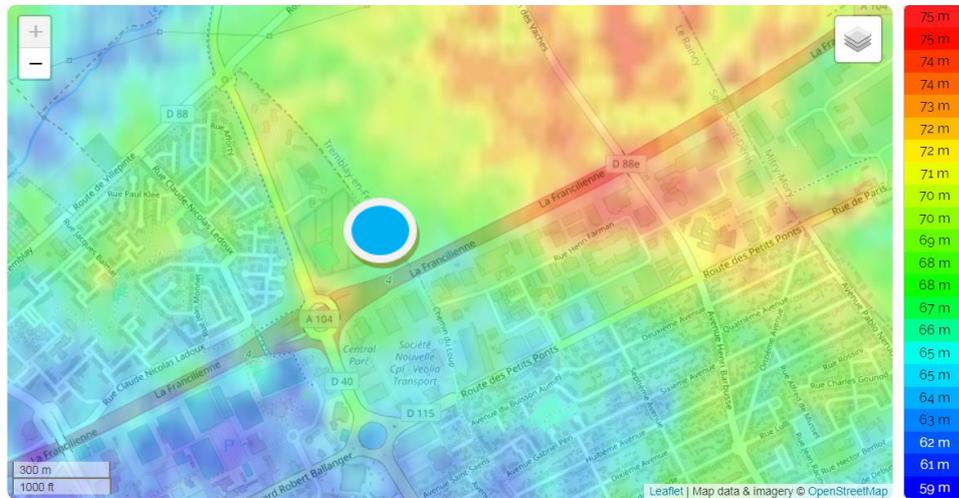


Un réseau de gaz naturel passe à proximité de la parcelle du projet. Un réseau d'hydrocarbures se trouve à environ 5 km du projet.

## 5. Caractéristiques du milieu physique naturel

### 5.1 Topographie

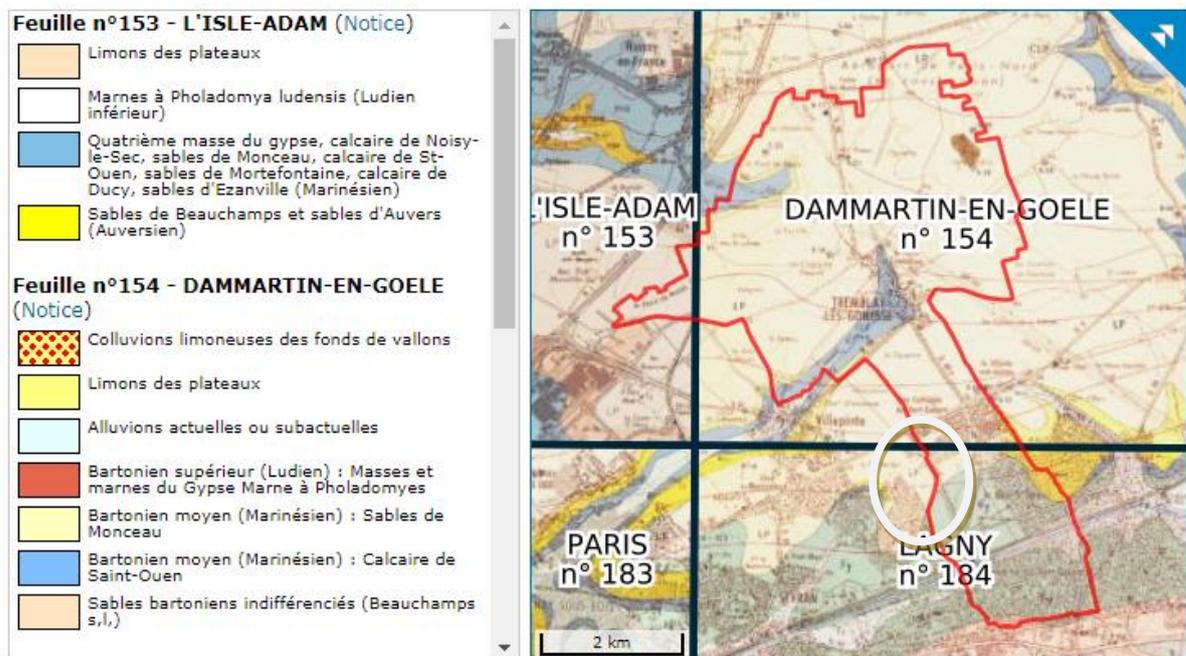
Le terrain se situe à une altitude moyenne d'environ 70 m par rapport au niveau de la mer. Il présente un profil plat.



Source : <https://fr-fr.topographic-map.com/maps/sndx/France/>

### 5.2 Géologie et hydrogéologie

Tremblay-en-France repose sur un sol recouvert en majorité de sables bartoniens indifférenciés (Beauchamp). Selon les documents fournis par l'APIJ : « Les Sables de Beauchamp sont représentés par des sables quartzeux fins vert foncé, grisâtres, bleuâtres à jaunâtres et renfermant des passages argileux et gréseux. Une zone très argileuse est fréquemment rencontrée en partie intermédiaire de la formation et contenant parfois du gypse. Quelques couches calcaires se montrent parfois au contact des Marnes et Caillasses du Lutétien sous-jacent. L'épaisseur globale de la formation est de l'ordre d'une dizaine de mètres mais peut atteindre 15 mètres. »



Source : <http://sigessn.brgm.fr/?page=ficheMaCommune&codeCommune=93073>

Les cours d'eau les plus proches sont le Ruisseau le Sausset, la rivière la Moree au Nord et le Canal de l'Ourcq au Sud.

### 5.3 Espaces naturels protégés

Le site ne se trouve inclus dans aucun espace protégé, aucune ZNIEFF (Zone Naturelle d'Intérêts Ecologique, Faunistique et Floristique) ni aucune zone Natura 2000. Deux ZNIEFF sont présentes dans un rayon d'environ 3 km. A l'Ouest du site se trouve la ZNIEFF de type 2 du Parc départemental du Sausset, et au Sud du projet se trouve la ZNIEFF de type 1 du Parc forestier de Sevrans, bois de la tussion et bois des sablons.

## 6. Synthèse

D'après les différents éléments résumés dans cette note, la parcelle présente des opportunités pour le projet de construction d'une rénovation de bureaux :

Contraintes du site	Atouts du site
Acoustique (route + aéroport)	Peu de risques sur le site (excepté le risque probable de retrait-gonflement des argiles)
Services de proximité peu variés et à une distance > 400m.	Piste cyclable et potentiel d'écomobilité

#### Contraintes

Les contraintes du site orienteront les prestations architecturales et les choix de matériaux en fonction de leur durabilité, de leur performance acoustique et thermique, ainsi que leur capacité à s'intégrer dans le paysage urbain du lieu.

#### Atouts du site

Le peu de risque que présente le site, la biodiversité environnante ainsi que l'aménagement de pistes cyclables autour du projet sont autant d'atouts qui participeront à la qualité de vie des futurs occupants.

L'agencement des locaux devra favoriser l'éclairage naturel et les apports solaires en hiver. L'orientation des baies, les performances thermiques de celles-ci et de l'enveloppe du bâtiment seront également étudiées en tenant compte des masques existants.

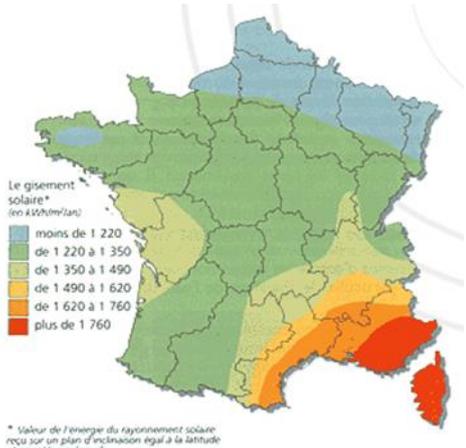
Le site devra également respecter les attendus du PLU de la ville de Tremblay-en-France.

## Partie C Etat des lieux des potentiels énergétiques retenus

Dans le cadre de cette opération, l'APIJ souhaite optimiser l'approvisionnement énergétique des bâtiments, notamment avec une couverture minimale de 10% en énergie renouvelable.

Dans cette partie sont présentés les gisements énergétiques à fort potentiel pour l'opération.

### 1. Solaire photovoltaïque

Photovoltaïque	
<b>Descriptif</b>	
Les systèmes solaires photovoltaïques permettent la transformation de l'énergie fournie par le soleil en électricité.	
<b>Type de production :</b>	Electricité
<b>La variante est-elle envisageable ?</b>	Oui
<b>Opportunité</b>	
 <p>Le gisement solaire en France (source Ademe)</p>	<p>Le projet est dans une zone à gisement solaire moyen (de 1 220 à 1 350 kWh/m<sup>2</sup>/an).</p> <p>Le projet possède une surface disponible en toiture sans masque.</p>
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Production locale d'énergie</li> <li>Image positive vis-à-vis des tiers</li> <li>Possibilité d'envisager une autoconsommation de cette énergie</li> <li>Multiples possibilités d'intégration (cf. tableau ci-dessous)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coût d'investissement</li> <li>Complicite l'intervention des pompiers en cas d'incendie</li> <li>Tarifs de rachat d'électricité faibles, préférer l'autoconsommation.</li> </ul>

## 2. Géothermie

### Pompe à chaleur géothermique

#### Descriptif

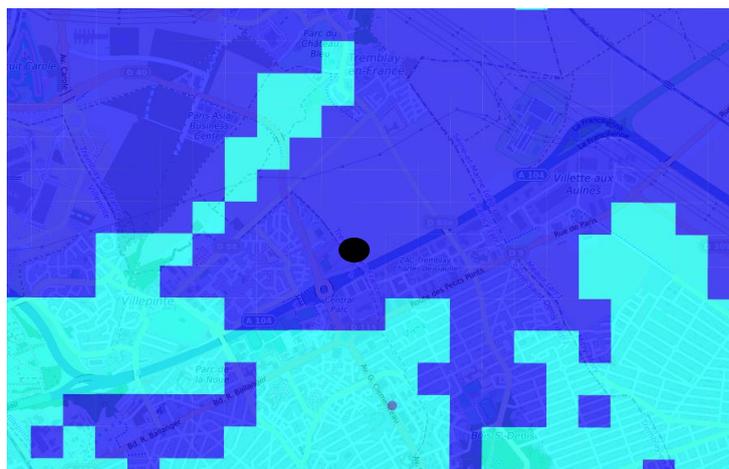
Les pompes à chaleur géothermiques regroupent les technologies qui puisent leur chaleur du sol ou de l'eau. On en distingue quatre familles : les pompes à chaleur à capteurs enterrés horizontaux, les pompes à chaleur à capteurs enterrés verticaux, les pieux ou fondations géothermiques, les pompes à chaleur sur eau de nappe.

Type de production :

Eau chaude sanitaire et chauffage

La variante est-elle envisageable ?

OUI



Ressources géothermiques de surface sur système ouvert (nappe) en Ile de France



<https://www.geothermies.fr/viewer/>

● Localisation du site

Les besoins d'ECS/chauffage sont suffisants pour justifier une installation géothermique.

Le projet est localisé dans une zone à potentiel de géothermie très favorable par nappe.

La conception du site semble disposer de terrain disponible et propice pour un captage horizontal ou pour un forage vertical. C'est pourquoi au vu de la configuration du projet, la réalisation d'une installation géothermique semble envisageable.

### 3. Thermodynamique par air

<b>Pompes à chaleur Air/Eau</b>	
<b>Descriptif</b>	
Une pompe à chaleur air/eau est un système thermodynamique qui peut avoir plusieurs usages comme la production de chauffage, d'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement. Le système prélève de la chaleur d'un milieu donné à bas niveau de température pour la transférer vers un autre milieu à un niveau de température plus élevé.	
Type de production :	Chauffage et refroidissement
La variante est-elle envisageable ?	OUI
<b>Opportunités</b>	
	Les unités Air/Eau permettent de traiter le chauffage. Elles sont alimentées par de l'électricité. Il existe aussi des solutions thermodynamiques sur Air pour produire de l'eau chaude sanitaire.
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
Des performances élevées Système simple, performant, durable et économique Facilité de mise en œuvre (système tout en un)	Traitement de bruit en toiture à considérer Maintenance plus lourde

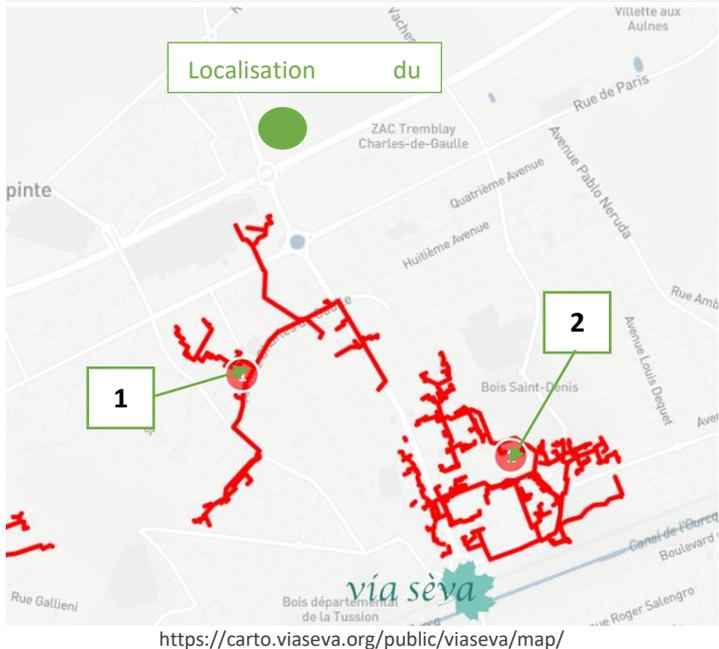
## 4. Biomasse

En Ile-de-France, 2,2 millions de m<sup>3</sup> de bois sont consommés chaque année pour la production de chaleur. Selon FiBois, 742 000 m<sup>3</sup> de bois sont prélevés chaque année en Ile-de-France, ce qui correspond à 53% de la production biologique de la forêt. La ressource forestière de la région est donc importante et sous-exploitée, notamment du fait de sa très faible activité industrielle de 1<sup>re</sup> transformation, dont les produits connexes (chutes, sciures, écorces...) pourraient être utilisés comme combustible.

Source : <http://www.fibois-idf.fr/index.php/les-chiffres-cles-du-bois-energie-en-ile-de-france>

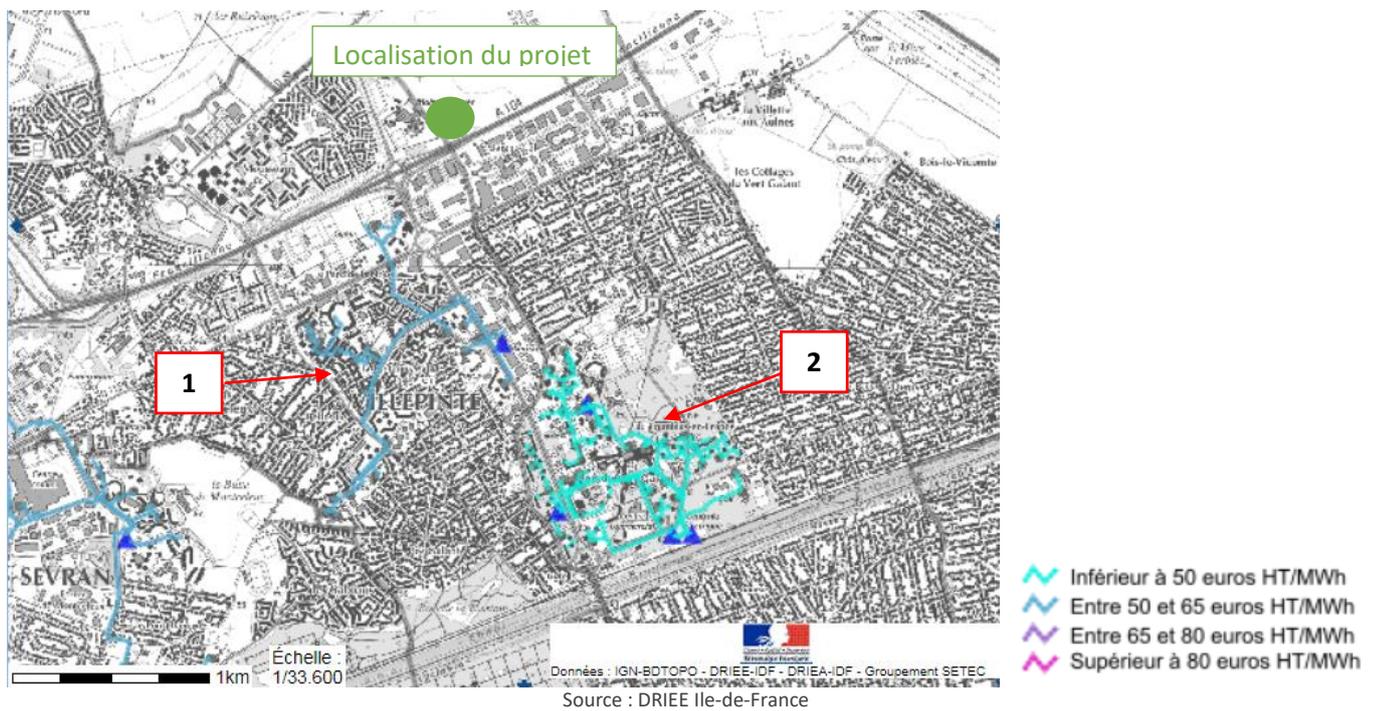
<b>Biomasse bois-énergie</b>	
<b>Descriptif</b>	
Un système biomasse est un système qui utilise des matières organiques pour produire de l'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité. Les matières organiques utilisées sont le plus souvent d'origine végétale (copeaux, buches de bois) ou gazeux (biogaz). Ici la biomasse considérée est le bois énergie.	
Type de production :	Chauffage
La variante est-elle envisageable ?	OUI
<b>Opportunités</b>	
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Le bois-bûche</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Le granulé de bois ou pellet de bois</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Le bois-bûche compacté</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Le bois déchiqueté de chauffage (ou plaquette forestière ou briquelette)</p> </div> </div>	<p>Les chaudières à bois-buches ou les chaudières à granulés de bois permettent de traiter le chauffage. Elles sont alimentées par de la biomasse solide, le bois, sous forme de buches, de buches compactées, de granulés de bois ou de plaquettes de bois.</p>
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<p>Ressource naturelle (bois énergie) disponible en abondance dans la région Ile-de-France.</p> <p>Possibilité d'une ressource locale.</p> <p>Réduction des coûts de consommation</p>	<p>Coût de production onéreux</p> <p>La biomasse n'est considérée comme une énergie renouvelable que si sa génération est au moins égale à sa consommation, car la biomasse produit du CO<sub>2</sub>, même si son émission est nettement inférieure au CO<sub>2</sub> émis par les énergies fossiles.</p>

## 5. Réseau de chaleur urbaine

Raccordement Réseau de chaleur	
<b>Descriptif</b>	
<p>Les réseaux de chaleur ou de froid sont des réseaux alimentant un quartier ou une ville en chaleur ou en eau glacée produite respectivement par des chaufferies et par des installations de production d'eau glacée centralisées. La chaleur et l'eau glacée produites sont distribuées à travers des canalisations alimentant les bâtiments raccordés aux réseaux.</p>	
Type de production :	Eau chaude surchauffée
La variante est-elle envisageable ?	OUI
<b>Opportunités</b>	
 <p><a href="https://carto.viaseva.org/public/viaseva/map/">https://carto.viaseva.org/public/viaseva/map/</a></p>	<p>Deux réseaux de chaleur sont disponibles à proximité :</p> <p>1- <u>Réseau de Villepinte</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux d'EnR&amp;R : 78%</li> <li>- Emission CO2 : 54 gCO2/kWh</li> <li>- Longueur réseau : 8 km</li> <li>- Livraison totale de chaleur : 37 839 MWh</li> <li>- Equivalents logements : 2 985</li> <li>- Année de création : 1978</li> <li>- Points de livraison : 48</li> <li>- Fluides caloporteurs : eau chaude (100%)</li> <li>- Gestionnaire : GEOPICTA</li> </ul> <p>2- <u>Réseau de Tremblay-en-France</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux d'EnR&amp;R : 81%</li> <li>- Emission CO2 : 49 gCO2/kWh</li> <li>- Longueur réseau : 10 km</li> <li>- Livraison totale de chaleur : 46 254 MWh</li> <li>- Equivalents logements : 4 021</li> <li>- Année de création : 1984</li> <li>- Points de livraison : 73</li> <li>- Fluides caloporteurs : eau chaude (100%)</li> <li>- Gestionnaire : Tremblay Géothermie</li> </ul>
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>

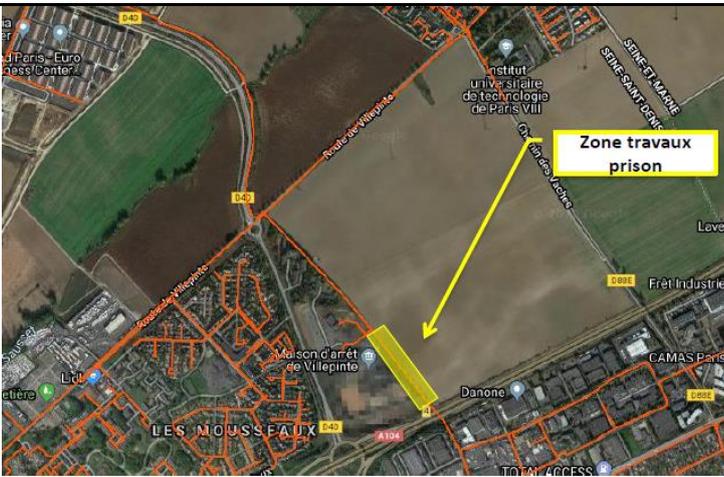
<p>Faible taille de la chaufferie Facilité d'entretien Facilité d'approvisionnement Les deux RCU ont un taux d'EnR&amp;R important et sont peu émetteurs en gaz à effet de serre, avec 53,9 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le réseau de Villepinte (1) et 79,7 gCO<sub>2</sub>/kWh pour le réseau de Tremblay-en-France (2). Facilité d'usage, d'adaptation et d'entretien : technologie facilement déployable.</p>	<p>Poursuivre la longueur du réseau jusqu'au site. Le réseau de Villepinte (1) est à environ 700m du site et le réseau de Tremblay-en-France (2) est à environ 1,4km du site. Vérifier la puissance de génération disponible. Coût d'exploitation très élevé et coût de raccordement =&gt; prime fixe importante</p>
---	--

Les deux réseaux de chaleur ont un coût d'exploitation moyen à bas. Le réseau de Chaleur de Villepinte (1) a un coup inférieur à 50 € HT/MWh et le réseau de chaleur de Tremblay-en-France (2) a un prix de vente entre 50 et 65 € HT/MWh.



Il est aussi important de prendre en compte le coup, parfois conséquent, du raccordement au réseau de chaleur.

## 6. Gaz

Gaz	
<b>Descriptif</b>	
Le gaz est une énergie courante utilisé pour produire de la chaleur. La solution la plus commune est l'utilisation d'une chaudière pour brûler le gaz.	
Type de production :	Chauffage et eau chaude sanitaire
La variante est-elle envisageable ?	OUI
<b>Opportunités</b>	
 <p>Dossier 19-01-04564-INI-01      PAGODE RE1-1904533</p> <p>Source : APIJ</p>	<p>A proximité directe du site, un réseau de gaz naturel est présent. L'utilisation de gaz naturel comme source d'énergie est donc envisageable.</p>
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<p>Système très simple d'utilisation</p> <p>Peu encombrant et installation facilitée</p> <p>Ne nécessite pas de stockage d'énergie</p> <p>En installant un système de régulation en complément de la chaudière, il est possible de réduire la consommation énergétique du système.</p> <p>Les chaudières à condensation permettent d'obtenir des rendements énergétiques très élevés.</p>	<p>Investissement initial conséquent</p> <p>Raccordement au gaz à prévoir</p>

## 7. Contrainte du site

Le projet de construction de la maison d'arrêt de Villepinte possède des exigences de sûreté et sécurité liées à sa fonction qui devront être appliquées et respectées. Entre autres, l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture n'est pas formellement interdite dans la zone de détention. Toutefois, celle-ci devra se faire dans le respect des contraintes liées à la sécurité du site (notamment angle de pente des toitures et sûreté). Les bâtiments hors enceinte (mess, cafétéria, accueil des familles) ainsi que les bâtiments en enceinte et hors détention (bâtiment administratif) ne présentent pas de contraintes particulières vis-à-vis des installations solaires.

## 8. Scénarios retenus

L'étude de faisabilité énergétique menée par TRIBU ENERGIE a mené à étudier 5 scénarios énergétiques.

Scénario	Principaux systèmes énergétiques mis en place		
	Chauffage	ECS	EnR
0 – Gaz + solaire thermique	Chaudière gaz	Solaire thermique avec chaudière gaz en appoint	Solaire
1 – Réseau de chaleur urbain + solaire thermique	Réseau de chaleur urbain	Solaire thermique avec appoint réseau de chaleur	Solaire + réseau de chaleur
2 – Géothermie sur sondes	PAC eau/eau sur sondes géothermiques + chaudière gaz en appoint	PAC eau/eau sur sondes géothermiques + chaudières en appoint	Géothermie
3 – Bois + Chauffe-eau thermodynamique	Chaudière bois + chaudière gaz en appoint	PAC air/eau + chaudières en appoint	Bois + aérothermie
4 – Gaz + Chauffe-eau thermodynamique	Chaudière gaz	PAC air/eau + chaudière en appoint	

## Partie D Evaluation des besoins énergétiques du projet

### 1. Hypothèses et base de calculs

Les énergies prises en compte dans cette étude sont celles qui sont nécessaires pour répondre aux besoins énergétiques des bâtiments, c'est-à-dire :

- **Le chauffage**
- **L'eau chaude sanitaire (ECS)**

La climatisation n'est pas considérée comme un besoin de cette étude puisqu'elle n'est pas mise en place dans les constructions neuves.

L'évaluation de la demande en énergie doit permettre de déterminer :

- **Les consommations d'énergie** pour optimiser l'exploitation des installations et le dimensionnement d'éventuels équipements de stockage
- **La puissance énergétique appelée** pour dimensionner de façon optimale les installations de production

Selon l'organisation du projet (partie A), l'étude des consommations d'énergie portera donc sur ces quartiers :

Construction neuve	Surface Utile (m <sup>2</sup> )
2 Maisons d'arrêt homme	4 238 m <sup>2</sup>
1 quartier confiance	2 152 m <sup>2</sup>
1 quartier femme	1 818 m <sup>2</sup>
1 quartier mineur	1 038 m <sup>2</sup>
1 quartier d'accueil et d'évaluation	950 m <sup>2</sup>
1 quartier d'isolement - disciplinaire	982 m <sup>2</sup>
1 service médico-psychologique (SMPR)	1 066 m <sup>2</sup>
Autres quartiers	18 749 m <sup>2</sup>

Les autres quartiers, c'est-à-dire les locaux hors enceinte, hors détention, d'interface, et de fonction commune (sauf SMPR) seront considérés comme un ensemble unique de bureaux (d'un point de vue besoins énergétiques) d'une superficie totale de 18 749 m<sup>2</sup>.

### 2. Evaluation des consommations annuelles d'énergie

Les consommations globales estimées à l'échelle du projet d'aménagement sont les suivantes :

	SU impliquée dans le projet (m <sup>2</sup> )	Surface RT équivalente (m <sup>2</sup> )		Conso. (MWh <sub>ep</sub> )	Pourcentage des consommations totales	Conso. (MWh <sub>ef</sub> )
Ensemble du projet	30 993 m <sup>2</sup>	34 089 m <sup>2</sup>	Chauffage	975	62%	975
			ECS	595	38%	595

### 3. Evaluation des puissances appelées

Les puissances maximales à fournir sont basées sur les ratios des puissances de dimensionnement observés dans les études thermiques fournis dans le cadre de l'étude réalisée par Tribu Energie pour l'APIJ en février 2021 : « Résultats de calculs et définition des exigences RT2012 pour les hébergements pénitentiaires » et de valeurs issues de projets de TRIBU ENERGIE pour la zone santé et bureaux :

Concernant l'eau chaude sanitaire, nous avons réalisé un dimensionnement en prenant comme base les consommations d'eau chaude issu de la même étude, soit 525 L/semaine/lit (lit de détenu) pour une eau à 40°C et dans notre cas 53 625 L/jour (715 détenus).

Selon les hypothèses de programmation, les bâtiments seront destinés à plusieurs usages (Logements/ Bureaux/Restauration/Santé...). Les bâtiments de la maison d'arrêt de Tremblay-en-France étant occupés quotidiennement 7/7j et 24/24h les besoins en puissance sont constants tout au long de l'année selon les usages.

	SU impliquée dans le projet (m <sup>2</sup> )		Appel de puissance (kW)
Ensemble du projet	30 993 m <sup>2</sup>	Chauffage	1007
		ECS	

La MOE devra lors de la conception réaliser un calcul de dimensionnement prenant en compte notamment :

- les géométries réelles des bâtiments
- les pertes de distributions au sein des bâtiments et entre la chaufferie et les bâtiments
- la concomitance des besoins (notamment pour l'ECS)

## Partie E Etude technico-économique des scénarios énergétiques

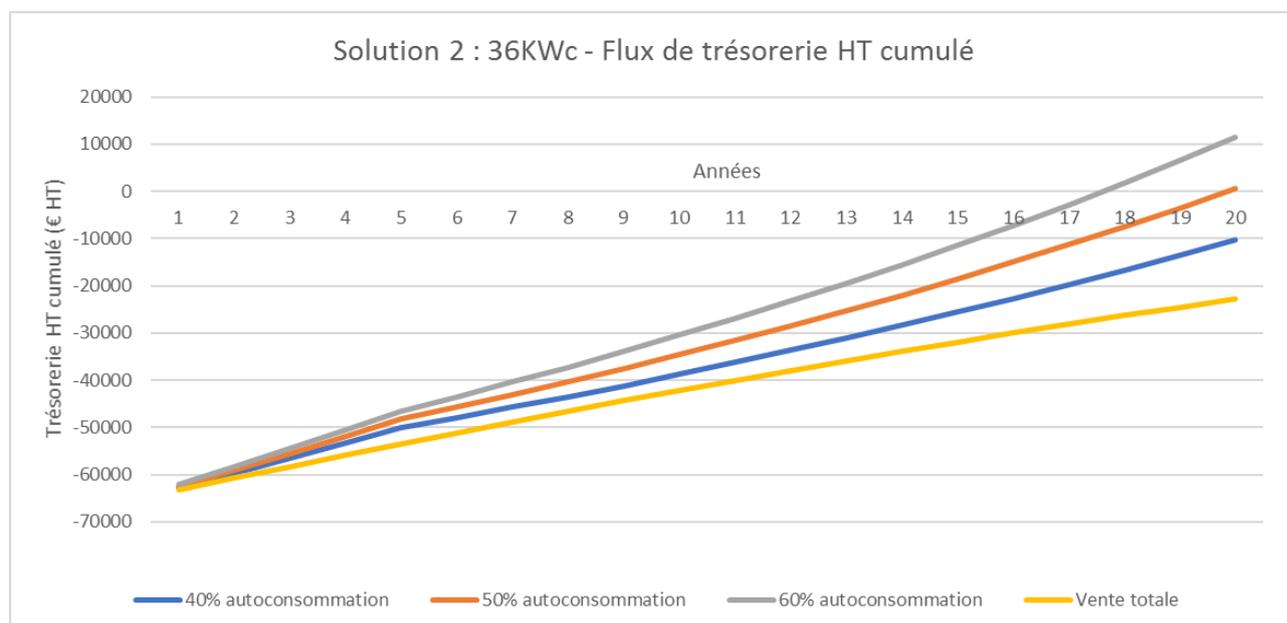
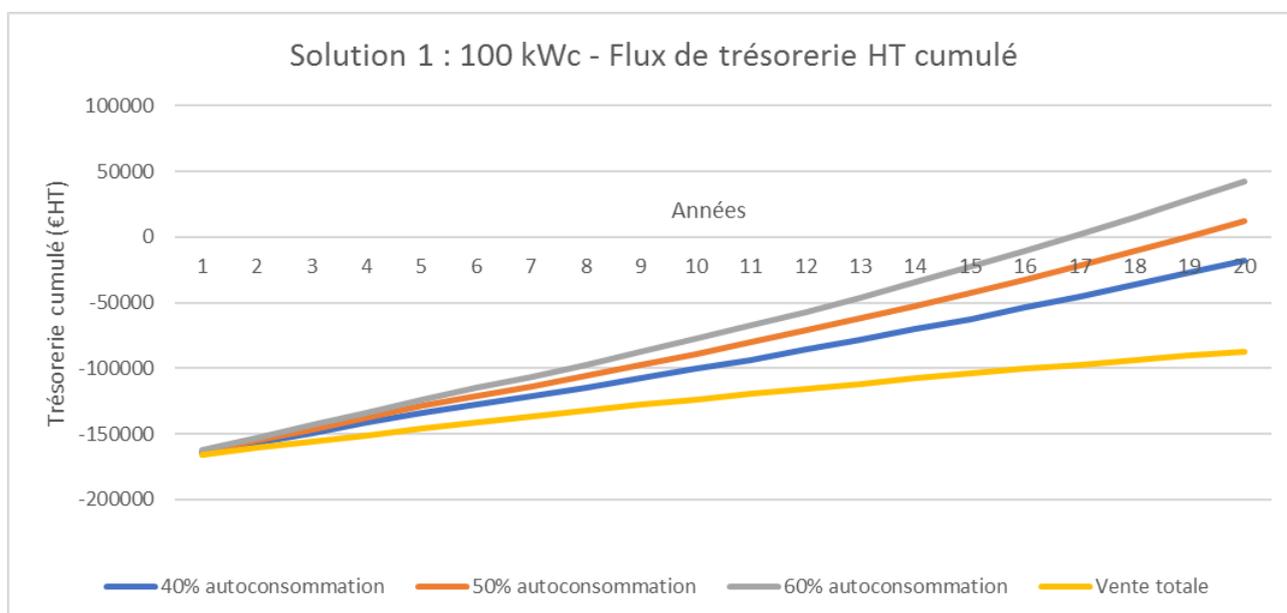
### 1. Synthèse solution Photovoltaïque

La synthèse du rapport « Analyse gisement photovoltaïque » établi par Tribu Energie est présenté ici.

Deux solutions ont été étudiées : la solution 1 : **100 kWc** et la solution 2 : **36 kWc**. Ces deux solutions correspondent aux seuils tarifaires actuellement existant. Au-delà d'une puissance de 100kWc, les tarifs de rachat sont soumis à appel d'offres.

Afin d'évaluer l'intérêt économique, nous avons simulé 4 configurations : 3 avec différents niveaux d'autoconsommation (40%, 50% et 60%) et une configuration en vente totale.

<u>Orientation</u>	<u>Puissance (kWc)</u>	<u>Surface (m<sup>2</sup>)</u>	<u>Inclinaison (°)</u>	<u>Production (kWh)</u>	<u>Production kWh/m<sup>2</sup></u>
Solution n°1 (Sud)	100	443	30	97861	220
Solution n°2 (Sud)	36	160	30	35178	220



Pour atteindre la rentabilité, il est nécessaire pour les deux solutions d'avoir au moins 50% d'autoconsommation. Celle-ci est atteinte au bout de 17ans.

N.B : Ici l'analyse est réalisée sur 20 ans correspondant au contrat de rachat de l'énergie photovoltaïque. Au-delà de 20 ans, l'électricité produite ne sera plus achetée par l'acheteur obligé. Les économies réalisées seront uniquement liées à l'autoconsommation. Pour améliorer le taux d'autoconsommation, il pourrait être nécessaire d'installer des batteries.

Dans le cas de mise en œuvre d'une installation photovoltaïque, la MOE devra s'assurer que l'autoconsommation est d'au moins 50% annuellement. Si un stockage par batterie est mis en œuvre, l'évaluation du temps de retour devra prendre en compte le coût des batteries et leur durée de vie.

## 2. Résultats de l'étude des scénarios énergétiques

### 2.1 Prédimensionnements

#### *Dimensionnement puissances d'appel des générateurs*

Le dimensionnement des puissances d'appel des générateurs se base sur une Etude réalisée par Tribu Energie pour l'APIJ en février 2021 : « Résultats de calculs et définition des exigences RT2012 pour les hébergements pénitentiaires ».

#### *Dimensionnement solaire thermique*

Dimensionnement basé sur une dimension d'installation raisonnable permettant d'atteindre 20% de couverture solaire (ECS thermique) : cela correspond à une surface d'environ 161m<sup>2</sup> et un ballon de stockage de 5000 litres.

#### *Dimensionnement solaire photovoltaïque*

Dimensionnement basé sur l'étude Tribu Energie « Analyse gisement photovoltaïque cf. §2.

### 2.2 Analyse énergétique

Par hypothèse, les consommations d'énergie sont une donnée d'entrée, et non pas une donnée de sortie des simulations. En effet, on suppose que les bâtiments respectent tous la réglementation thermique en vigueur, avec des consommations réelles.

C'est une limite importante de l'étude de faisabilité : on raisonne à périmètre énergétique constant. Or il y a des systèmes énergétiques plus ou moins performants. Cela signifie qu'on suppose implicitement que les bâtiments ne génèrent pas le même niveau de besoin énergétique lorsqu'on compare 2 systèmes énergétiques de rendement différent. La plus-value ou la moins-value associés (niveau d'isolation plus ou moins poussé, calorifuge des canalisations plus ou moins poussé, etc...) n'est pas prise en compte dans cette étude.

De fait, on retrouve des consommations proches entre tous les scénarios énergétiques :

	Consommation thermique (MWh <sub>ef</sub> /an)	Consommation électricité ECS (MWh <sub>ef</sub> /an)
Scénario		
0 – Gaz + solaire thermique	1569	0
1 – Réseau de chaleur urbain + solaire thermique	1490	0
2 – Géothermie sur sondes	827	212
3 – Bois + Chauffe-eau thermodynamique	1362	119
4 – Gaz + Chauffe-eau thermodynamique	1340	119

### Conclusion sur les niveaux énergétiques

La différence entre les consommations thermiques des scénarios provient du fait que dans scénario 2 le chauffage est assuré par de la géothermie. Les performances thermiques de la chaudière gaz et de la chaudière bois sont équivalentes.

La différence entre les solutions sera donc principalement économique et environnementale.

## 2.3 Analyse environnementale

Les indicateurs environnementaux pour comparer les différentes sources énergétiques sont les suivants :

- Production d'énergie renouvelable (exprimée en MWh par an)
- Taux d'énergie renouvelable : pourcentage d'énergie renouvelable sur le total des consommations
- Emission gaz à effet de serre : exprimée en tonnes équivalent CO2 émise par an.

	Production EnR hors PV (MWh/an)	Taux d'énergie renouvelable hors PV	Bilan CO2 (tonne/an)
0 – Gaz + solaire thermique	81	5%	367
1 – Réseau de chaleur urbain + solaire thermique	1273	85%	73
2 – Géothermie sur sondes	573	36%	43
3 – Bois + Chauffe-eau thermodynamique	964	61%	171
4 – Gaz + Chauffe-eau thermodynamique	242	14%	318

Les hypothèses de calculs sont les suivantes :

	Contenu CO2 des énergies (kg / kWh)
Gaz	0.234
RCU*	0.049
Electricité (chauffage)	0.18
Electricité (ECS)	0.04
Bois	0.013

	Taux ENR des énergies (%)
Gaz	0 %
RCU*	80 %
Electricité (hors thermodynamique)	0 %
Electricité (chauffe-eau thermodynamique)	60 %
Electricité géothermie	67 %
Bois	100 %
Electricité produite par photovoltaïque	100 %

\* Les valeurs CO2 et ENR du réseau de chaleur proviennent de viaseva.org

### **Conclusion sur les performances environnementales**

Le réseau de chaleur se positionne très bien sur ses performances ENR (réseau de chaleur + solaire thermique 85% ENR) et sur ses émissions de gaz à effet de serre réduits (73 t/an). Sans surprise, le scénario incluant la biomasse a également un bon taux ENR (61 %).

Le dimensionnement des panneaux solaires thermiques ne permet qu'une faible production ENR, et donc une faible contribution ENR pour le scénario gaz 0. Les panneaux photovoltaïques ont également un faible dimensionnement et ne sont pas pris en compte dans cette évaluation.

En termes d'émission de gaz à effet de serre, l'écart entre les scénarios bois, géothermie et réseau de chaleur d'une part, et gaz d'autre part, est assez marqué.

Toutes les solutions respectent donc l'objectif de 10% d'ENR sauf le scénario 0. Toutefois, la mise en place de photovoltaïque ou un dimensionnement plus important de solaire thermique pourrait permettre de l'atteindre.

## **2.4 Aides Fonds chaleur**

Les Aides Fonds Chaleur sont des aides financières de l'Etat pour l'investissement dans les énergies renouvelables. Le Fonds Chaleur participe au développement de la production d'énergie renouvelable en chaleur. Il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et aux entreprises.

Source : ADEME

Les subventions sont basées sur le fonds chaleur de l'ADEME 2021 et le projet peut être éligible aux aides :

- pour la mise en place de capteurs solaires thermiques
- pour la mise en place d'une production de chaleur par géothermie
- pour la mise en place de chaufferie bois

L'ensemble des détails et conditions d'éligibilité aux aides ainsi que les sommes des aides versés sont définis dans les documents édités par l'ADEME :

-pour le solaire thermique :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/sites/default/files/2021-03/conditions-eligibilite-financement-solaire-thermique-eau-chaude-metropole-2021.pdf>

-pour la géothermie :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/sites/default/files/2021-01/condition-eligibilite-financement-installation-geothermie-surface-2021.pdf>

-pour le bois :

<https://agirpoulatransition.ademe.fr/entreprises/sites/default/files/2021-02/conditions-eligibilite-financement-installation-biomasse-energie-2021.pdf>

## 2.5 Analyse financière en coût global

### 2.5.1 Analyse financière en coût global avec aide

L'analyse financière ci-dessous donne une première tendance en matière de coût global, calculé ici sur 50 ans. Le coût global comprend les notions suivantes :

- coût initial d'investissement, déductions faites des subventions possibles
- coût de maintenance
- coût de l'énergie, avec augmentation annuelle du prix de l'énergie
- surcoûts d'abonnement
- taux d'inflation
- coût de renouvellement du matériel (hypothèse : renouvellement tous les 20 ans)

Des études paramétriques sur ces notions permettent de définir quels paramètres sont impactant sur le coût global de la durée de vie, et ceux qui le sont moins.

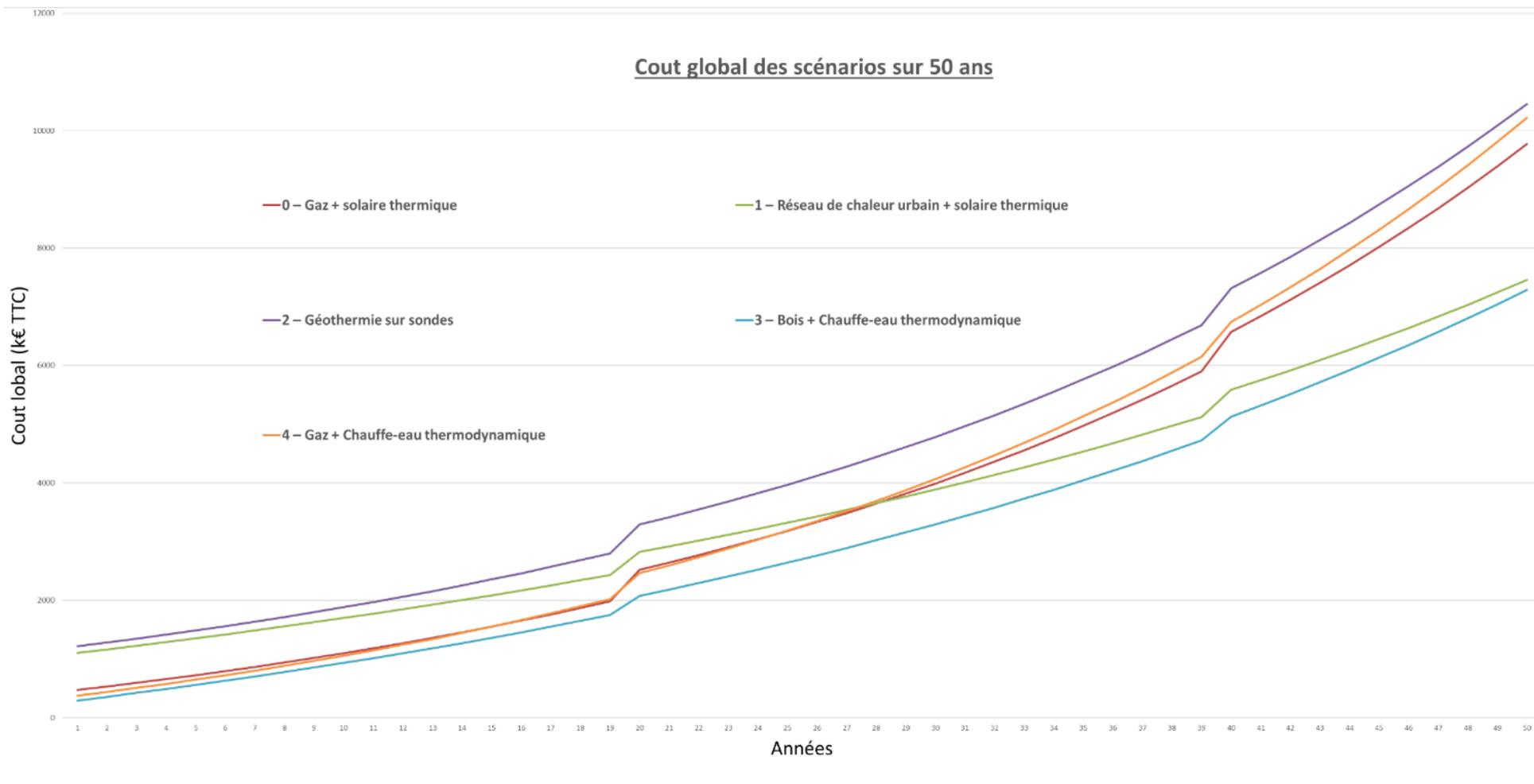
Il est important de noter que dans le cadre de l'étude EnR, les calculs énergétiques (et donc les coûts de l'énergie qui en découlent) sont effectués en prenant en compte les consommations fixées par la réglementation thermique (basées sur le Cepmax de la RT 2012 selon les hypothèses précitées). Cependant, le niveau d'isolation du bâti vient contrebalancer les différences de performance énergétiques entre les systèmes (un meilleur système implique une isolation moins performante, et donc un coût d'investissement sur l'isolation moins élevé, et vice versa). Ces différences de coût liées au bâti n'entrent pas en compte dans l'étude, où le raisonnement se fait sur les systèmes et pour une consommation d'énergie primaire constante.

Les subventions sont basées sur le fonds chaleur de l'ADEME 2021, possible via les aides :

- pour la mise en place de capteurs solaires thermiques
- pour la mise en place d'une production de chaleur par géothermie
- pour la mise en place de chaufferie bois

N.B : Les dimensionnements des installations ont été réalisés avec beaucoup d'hypothèses. Lors des études initiales sur le projet, il sera indispensable de réaliser des dimensionnements plus précis des installations notamment en se basant sur les résultats des Simulations Thermique Dynamique (STD) et/ou les études spécifiques (potentiel géothermie).

Attention, les taux d'inflation des énergies peuvent avoir un fort impact à moyen terme sur le coût global. La MOE devra prendre en compte ce paramètre dans ses études de coût.



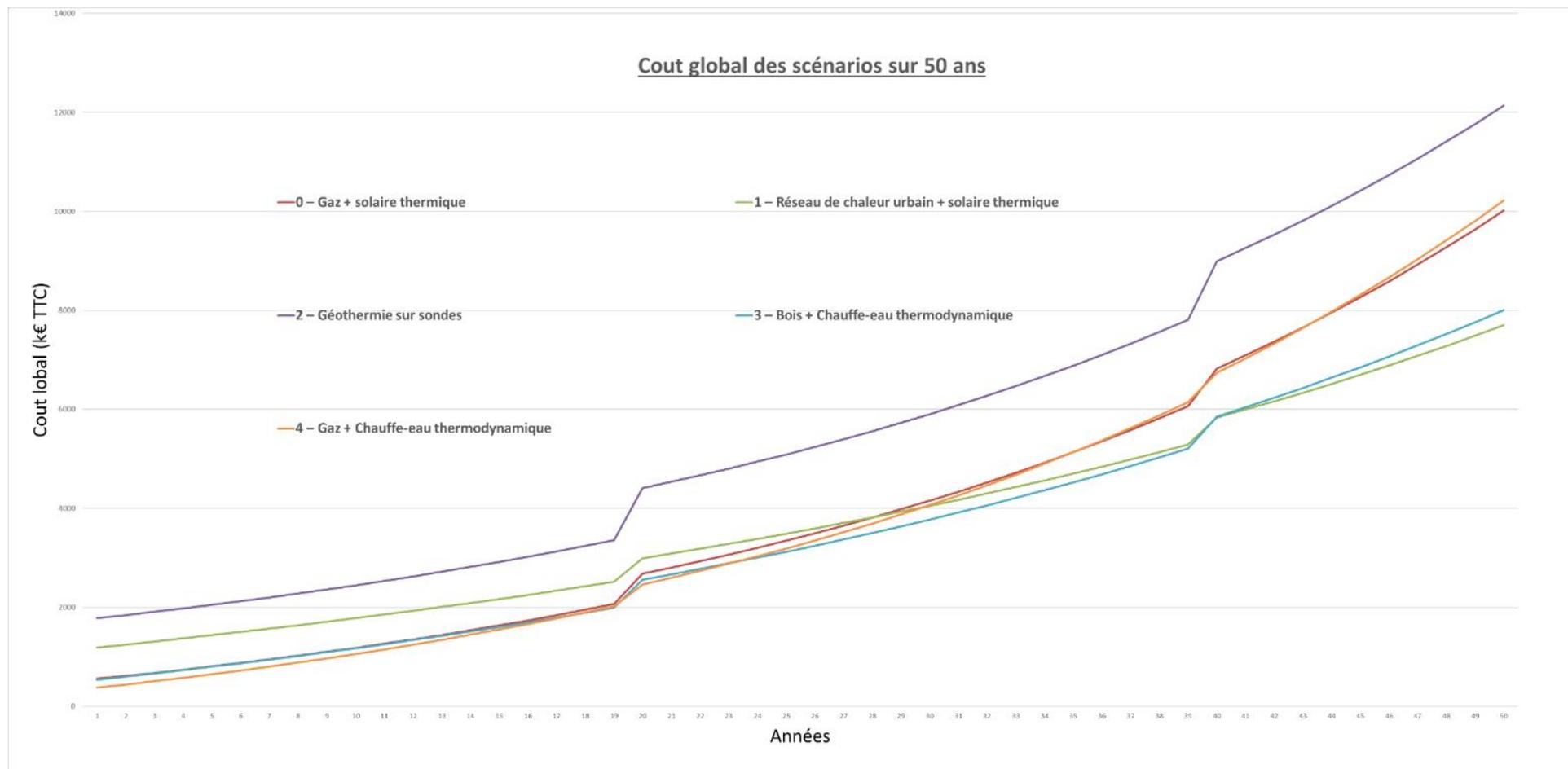
#### Conclusion sur les coûts globaux

- le coût d'investissement est très faible au regard du coût global sur toute la durée de vie : après 20 ans, le coût d'investissement ne représente pas plus que 20 % en moyenne des coûts totaux, et au bout de 40 ans (en moyenne), il représente moins de 10%
- les coûts annuels sont donc des paramètres plus impactant sur le coût global que le coût d'investissement
- la solution bois est favorisée par l'absence d'abonnement, un coût de l'énergie plus bas que celui du gaz, mais fragilisée par une maintenance importante
- les solutions gaz qui présentent pourtant les coûts d'investissement les plus attractifs, sont pénalisées sur le long terme par le fort coût du kWh gaz.
- La solution Réseau de Chaleur a un fort coût d'investissement initial mais devient une des solutions les plus économiquement intéressantes après 20 ans. (Selon l'hypothèse du coût d'abonnement).

### 2.5.2 Analyse financière en coût global sans aide

Il s'agit ici de la même analyse financière en coût global que celle présentée au point 3.5.1 à la seule différence qu'ici aucune aide financière n'est accordé au projet et donc qu'aucune réduction des coûts n'est appliquée à l'étude énergétique.

Sans aide, les coûts d'investissements sont plus importants, en particulier pour la géothermie qui est de loin la solution la plus chère. Les solutions bois et réseau de chaleur voient également leurs coûts augmenter par rapport à l'analyse précédente.



## 2.6 Synthèse des contraintes et plan d'actions

Scénario	Emplacement / emprise	Plan d'actions pour mise en œuvre	Gestion / maintenance
0 – Gaz + solaire thermique	Chaufferie gaz Solaire thermique avec chaudière gaz en appoint Les modules solaires en toiture sur les locaux hors détention	Prévoir arrivée gaz Valider l'implantation des ENR en toiture : solaire thermique vis-à-vis de l'architecture et des contraintes de sécurité	Système connu, mais attention particulière à avoir avec le solaire thermique pour s'assurer que l'exploitant a l'expérience de ce type d'installation
1 – Réseau de chaleur urbain + solaire thermique	Sous-station dans la chaufferie Modules solaires en toiture sur les locaux hors détention	Valider la possibilité de raccordement et les dates de livraisons des 1ers bâtiments (le réseau n'est pas encore présent sur site)	Gestion et maintenance plutôt légère. L'échangeur primaire est normalement maintenu par le concessionnaire. Attention particulière à avoir avec le solaire thermique pour s'assurer que l'exploitant a l'expérience de ce type d'installation
2 – Géothermie sur sondes + gaz en appoint	Sondes géothermiques Chaufferie gaz	Valider faisabilité sondes géothermiques (études de sol, loi sur l'eau, etc....) La réalisation d'une opération de géothermie est règlementée par le Code de l'Environnement et le Code Minier. La géothermie sur sondes (généralement entre 30 et 150 m de profondeur) est considérée comme de la géothermie basse température. Si la profondeur max est de 100 m et si le débit calorifique <232 kW alors il s'agit de géothermie de minime importance qui ne fait que l'objet d'un régime déclaratif spécifique ; Sinon, si la profondeur est > 100 m ou le débit > 232 kW alors la procédure d'exploitation de la géothermie basse T°C nécessite une autorisation de recherches et un permis d'exploitation. En moyenne, pour obtenir le permis de recherches et l'autorisation d'ouverture des travaux il faut compter entre 6 mois et 1 an.  Source : BRGM	Attention particulière à avoir avec la géothermie pour s'assurer que l'exploitant a l'expérience de ce type d'installation  Les coûts de maintenance pour la géothermie se basent à minima sur les deux visites annuelles recommandées et la rédaction d'un rapport de suivi (1000 €) ainsi que sur l'entretien des sondes de géothermie et des PAC (2 fois par an). Des coûts d'études pour la mise en place d'un champ de sondes sont également à prévoir (entre 20 000 et 33 000 €HT en moyenne).

<p>3 – Bois + Chauffe-eau thermodynamique</p>	<p>Prévoir l'emplacement pour une chaufferie de l'ordre de 1 MW (environ 100 à 150 m<sup>3</sup> utiles de stockage + chaufferie, soit 75 m<sup>2</sup> d'emprise au sol). Accueillant le silo de stockage, et accessible pour camion de livraison</p> <p>PAC Air/eau à placer</p>	<p>Prévoir implantation du local chaufferie et du silo.</p> <p>Prévoir accès des camions de livraison à ce silo ; il doit être implanté au plus près (15 à 20 mètres) du chemin d'accès du camion de livraison (distance dépendant de la longueur du tuyau de livraison du camion souffleur, suivant le distributeur local). Il doit également être le plus près possible de la chaudière afin d'éviter les surcoûts en alimentation et garder intact les granulés.</p>	<p>Plusieurs livraisons de bois à prévoir par an suivant dimensionnement final du silo.</p> <p>Gestion des cendres, remplacement des filtres. S'assure que l'exploitant a l'expérience de ce type d'installation</p>
<p>4 – Gaz + Chauffe-eau thermodynamique</p>	<p>Chaufferie gaz en pied ou sous-sol de chaque bâtiment PAC Air/eau à placer</p>	<p>Prévoir arrivée gaz</p>	<p>Système connu</p>

## Partie F Synthèse globale

Scénario	Critère environnemental	Critère financier	Critère d'adaptabilité et d'évolutivité, de gestion à l'échelle de la zone aménagée
0 – Gaz + solaire thermique	<p><u>Avantages</u> : Intégration solaire thermique.</p> <p><u>Inconvénients</u> : émissions de GES dus à la production d'énergie par combustion d'énergie fossile, faible pourcentage ENR</p>	<p><u>Avantages</u> : Solution maîtrisée</p> <p><u>Inconvénients</u> : Coût global mis à mal par le prix du kWh gaz</p>	<p><u>Avantages</u> : Facilité de connexion au réseau gaz</p> <p><u>Inconvénients</u> : Prix du gaz qui à moyen/long terme va augmenter</p>
1 – Réseau de chaleur urbain + solaire thermique	<p><u>Avantages</u> : Emissions de CO2 modérées et pas d'émissions locales de fumées Energie fortement ENR</p> <p><u>Inconvénients</u> : Aucun</p>	<p><u>Avantages</u> : Coût d'exploitation <b>sous réserve abonnement</b></p> <p><u>Inconvénients</u> : Coût de prolongation du réseau et de raccordement</p>	<p><u>Avantages</u> : Intégration solaire thermique. Emprise réduite en local technique pour le RCU</p> <p><u>Inconvénients</u> : prévoir travaux de raccordement au réseau urbain</p>
2 – Géothermie sur sondes	<p><u>Avantages</u> : Intégration géothermie, part ENR</p> <p><u>Inconvénients</u> :</p>	<p><u>Avantages</u> : Solution maîtrisée</p> <p><u>Inconvénients</u> : Fort coût d'investissement + coût global mis à mal par le prix du kWh gaz de l'appoint</p>	<p><u>Avantages</u> : Potentiel géothermique et facilité de connexion au réseau gaz</p> <p><u>Inconvénients</u> : Prix du gaz qui à moyen/long terme va augmenter</p>
3 – Bois + Chauffe-eau thermodynamique	<p><u>Avantages</u> : Fort taux d'ENR, Emissions de CO2 faibles</p> <p><u>Inconvénients</u> : Emissions locales de fumées</p>	<p><u>Avantages</u> : Coût d'investissement et coût global modéré Coût de l'énergie plus stable dans le temps</p> <p><u>Inconvénients</u> : Coût de livraison et de chargement à prévoir</p>	<p><u>Avantages</u> : le bois est une énergie renouvelable et locale</p> <p><u>Inconvénients</u> : Emprise du local chaufferie et du silo</p>
4 – Gaz + Chauffe-eau thermodynamique	<p><u>Avantages</u> :</p> <p><u>Inconvénients</u> : émissions de GES dus à la production d'énergie par combustion d'énergie fossile, faible pourcentage ENR</p>	<p><u>Avantages</u> : Solution maîtrisée</p> <p><u>Inconvénients</u> : Coût global mis à mal par le prix du kWh gaz</p>	<p><u>Avantages</u> : Facilité de connexion au réseau gaz</p> <p><u>Inconvénients</u> : Prix du gaz qui à moyen/long terme va augmenter</p>

Dans son étude de faisabilité, la MOE devra bien prendre en compte les coûts d'investissements dont notamment les critères d'obtention des aides ADEME et les coûts d'exploitation. Ces éléments étant très dépendant de la stratégie de distribution du chauffage et de l'ECS adoptée : une chaufferie centrale et des sous stations par bâtiment ou alors des chaufferies décentralisées, ...

Les contraintes des différentes solutions devront bien être considéré lors de la conception en particulier les contraintes d'approvisionnement et de surface pour la chaufferie bois, de toiture pour les équipements solaires, ...

## Partie G Conception environnementale et énergétique

Pour la réalisation de cette opération, une démarche environnementale peut être mise en place et suivre l'ambition de favoriser un bâtiment vertueux sur le plan environnemental tout en maîtrisant les coûts de construction et d'exploitation.

### 1. Eco-conception

#### 1.1 Bioclimatisme

La stratégie bioclimatique consistera dans un premier temps de développer une approche dans la conception du bâtiment. Notamment en ce qui concerne l'inertie et le stockage des apports solaires du bâtiment.

Cette approche se traduit par une qualité statique nécessaire de l'ensemble structure et enveloppe qui doit générer l'essentiel des économies d'énergie et d'assurer un confort optimum pour les utilisateurs en été comme en hiver. Elle développe une configuration du bâti, notamment au niveau des ouvertures et de leurs occultations qui permettent de gérer de façon optimale les apports solaires suivant les saisons, à savoir apporter une protection en été et permettre un bon ensoleillement l'hiver. Il s'agit donc d'une approche technique et architecturale qui prend en compte les orientations, les caractéristiques naturelles et les contraintes du site (cf. Analyse de site). Cette approche bioclimatique du bâtiment reste à développer en cohérence avec les contraintes du site.

Aussi la forme du bâtiment intégrera les ombres portées par le bâtiment lui-même vis-à-vis des constructions alentours existantes.

Objectifs :

- Performances de l'enveloppe : viser un excellent niveau d'isolation de l'enveloppe en respectant simultanément les critères suivants :
  - o Murs :  $U_p \leq 0,24 \text{ W/m}^2.\text{K}$  ;
  - o Planchers :  $U_p \leq 0,2 \text{ W/m}^2.\text{K}$  ;
  - o Toitures :  $U_p \leq 0,13 \text{ W/m}^2.\text{K}$  ;
  - o Baies :  $U_w \leq 1,4 \text{ W/m}^2.\text{K}$  ;
- Perméabilité à l'air : garantir un excellent niveau d'étanchéité à l'air de l'enveloppe en visant :
  - o Etanchéité à l'air de l'enveloppe :  $Q_4 < 1,7 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$  (sous 4Pa) ;

Un test en fin de clos couvert et un test final seront réalisés (les points singuliers tels que la continuité horizontale et verticale de l'isolation, ainsi que le traitement des discontinuités d'enveloppe et les ponts thermiques, devront être traités avec attention).

#### 1.2 Biodiversité

Des champs entourent le site et plusieurs espaces végétalisés entourent le site. Le bâtiment pourra être support d'éléments végétaux sur ses façades, toits et parvis, si les contraintes de sécurité le permettent. Il pourra ainsi offrir refuge et abris à la faune locale par des aménagements de type nichoir, hôtel à insectes, ruches ou abris.

Les végétaux sélectionnés devront permettre une gestion différenciée des plantations afin de limiter les besoins en entretien. Les espèces locales, faiblement consommatrice d'eau seront privilégiés sur la parcelle.

Le bâtiment anticipera la problématique de pollution lumineuse. Une attention particulière sera portée sur les éléments de signalétique et l'éventuel éclairage nocturne du bâtiment qui ne devra pas être source de déséquilibre pour la faune et la flore environnante (respect de la trame noire).

La lutte contre le changement climatique et ses effets seront traités essentiellement à travers la limitation de l'effet d'îlot de chaleur urbaine, ainsi que pour la limitation de l'émission de gaz à effet de serre. Une réflexion sera menée à l'échelle de la parcelle afin de travailler les revêtements et leur perméabilité, les albédos de surface pour limiter l'augmentation locale des températures.

## 1.3 Choix des produits de constructions

### Procédés et matériaux

La réflexion qui sera portée sur les matériaux, les systèmes et les équipements pourra être guidée par la recherche de la productivité des matériaux et des équipements qui seront mis en œuvre. Cette approche est indissociable d'une approche en coût global, qui intègre la maintenance et exploitation, où le recours à des systèmes et techniques utilisés à plein rendement sont à prioriser. La productivité d'un matériau et d'un système à travers l'attribution de plusieurs fonctions permet de s'inscrire dans cette démarche.

L'utilisation raisonnée de l'énergie c'est également avoir une approche globale de la construction, et surtout sur l'optimisation des surfaces construites, le choix du mode constructif et des matériaux utilisés. Une réflexion sur l'utilisation des éco matériaux et le recours aux filières locales de construction sera menée.

### Production et filières locales

Les caractéristiques de construction locale, le travail sur les filières techniques et la fourniture de matériaux locaux pourront être pris en compte. Si cette perspective est choisie, des incitations à l'usage de techniques ou de matériaux locaux devront être précisées dans les documents de consultation par l'équipe de conception et réalisation. Celle-ci sera force de proposition quant aux filières constructives et aux matériaux à utiliser.

### Chantier

L'optimisation des procédés et matériaux doit être abordée dès la conception du projet. Celle-ci devra intégrer la gestion des déchets sur le chantier, pour limiter les volumes sur place, en intégrant la notion de préfabrication en atelier (lorsque cela est possible) afin de limiter le stockage de déchet aux abords du chantier. La réutilisation de matériaux présents dans le bâtiment ou non, sera étudiée et privilégiée.

## 1.4 Chantier à faibles nuisances

Afin de limiter l'impact du **chantier sur les riverains** du site, il est nécessaire d'établir un chantier à faibles nuisances à proximité des constructions alentours, en site urbain. Cela passera par :

- Une maîtrise des nuisances (acoustiques, visuelles, pollution, trafic etc.) ;
- Une limitation des consommations (eau, électricité, carburants) ;
- Un tri et une gestion des déchets exemplaires.

La phase chantier verra la mise en œuvre d'une charte chantier à faibles nuisances qui sera fournie par l'APIJ et complétée si besoin par le titulaire.

Cette charte définira les objectifs et précisera les obligations des entreprises sur le chantier afin de limiter l'impact du chantier sur le site et sur les ressources naturelles de manière globale :

- Responsable chantier à faible nuisance ;
- Gestion des déchets ;
- Produits dangereux ;
- Formation et information du personnel ;
- Information des riverains ;
- Bruit ;
- Pollutions potentielles (sol, eau, air) ;
- Pollution visuelle ;
- Perturbations du trafic ;
- Consommations des ressources ;

Afin de valider et contrôler l'impact environnemental des matériaux utilisés pour le projet, les fiches techniques, les fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) et les fiches de données de sécurité (FDS) seront transmises en phase chantier.

Un bilan de fin de chantier et d'opération sera réalisé en reprenant les indicateurs du chantier (consommations, plainte, mesures d'amélioration...).

## 1.5 Thème : Eco-Gestion

### 1.4.1 Gestion de l'énergie

#### Performance énergétique

Une simulation thermique dynamique (STD) sera effectuée sur l'ensemble du bâtiment afin d'identifier les besoins de chauffage et d'optimiser le dimensionnement des émetteurs et des installations techniques.

Dans les locaux, tout devra être mis en œuvre pour respecter le confort thermique des occupants. Dans le cas où celui-ci ne serait pas respecté, des procédés seront mis en place dans le bâtiment (freecooling, rafraîchissement passif, ...).

Le recours aux énergies renouvelables est fortement encouragé afin d'atteindre l'objectif de 10% d'ENR.

#### Eclairage extérieur

La stratégie d'éclairage devra être réfléchie et optimisée énergétiquement et en termes d'usage notamment sur les zones de stationnement et l'espace public plus globalement.

Une attention particulière sera également portée sur les éléments de signalétique.

#### Eclairage artificiel

L'éclairage de sécurité sera de type LED d'une consommation nominale inférieure à 1Wh.

Les consommations en éclairage artificiel seront limitées par des sources lumineuses performantes et adaptées et l'utilisation de moyens automatiques de commande à chaque fois que cela sera possible. Un allumage par infrarouge est demandé dans les circulations et les sanitaires.

Éclairage LED à minima pour les circulations.

La conception des circuits d'éclairage sera faite en fonction de la densité de l'éclairage naturel.

Puissance installée dans les salles principales est définie dans le tableau ci-dessous :

<b>Eclairage</b>	<b>Cellules</b> : 3.4 W/m <sup>2</sup> avec interrupteur marche et arrêt en fonction de la lumière du jour <b>Bureaux</b> : 6 W/m <sup>2</sup> avec interrupteur marche et arrêt en fonction de la lumière du jour <b>Locaux d'activité</b> : 6 W/m <sup>2</sup> avec interrupteur marche et arrêt en fonction de la lumière du jour <b>Locaux de sport</b> : 6 W/m <sup>2</sup> en marche et arrêt automatique avec détecteur de présence et d'absence <b>Sanitaires collectifs</b> : 3 W/m <sup>2</sup> en marche et arrêt automatique avec détecteur de présence et d'absence <b>SAS et circulations</b> : 3 W/m <sup>2</sup> en marche et arrêt automatique avec détecteur de présence et d'absence
------------------	--

#### Ventilation

##### Période hivernale :

Une ventilation double flux sera mise en place. Elle sera avec récupération de chaleur à 75% et caissons basse consommation. Les ventilateurs seront à vitesse variable asservis à une pression constante en bout de réseau.

##### Période estivale :

La ventilation naturelle devra être privilégiée pour un rafraîchissement nocturne supposant la mise en œuvre d'ouvrants spécifiques à ces besoins et protégés vis-à-vis des risques de sécurité et d'intrusion et/ou de pluie de façon à garantir que les locaux à ventiler disposent d'une porosité de façade :

- La volumétrie du bâtiment sera pensée de façon à favoriser la ventilation naturelle nocturne de façade à façade ;

#### Plan de comptage

Des compteurs généraux seront installés dans le bâtiment pour assurer le suivi des consommations d'énergie pour chaque type d'énergie et permettront de déterminer précisément l'origine d'au moins 90% des consommations (tout poste confondu).

Le Titulaire proposera un plan de comptage adapté à l'installation énergétique, c'est-à-dire :

- Comptage(s) spécifique pour les chargeurs de véhicules électriques ;
- Comptages spécifiques pour les dispositifs photovoltaïques.

Il devra également installer les comptages d'énergie réglementaires :

- Comptage chauffage : par tranche de 500m<sup>2</sup> de surface utile ou par tableau électrique ou par étage ou par départ direct ;
- Comptage ECS ;
- Comptage éclairage : par tranche de 500m<sup>2</sup> de surface utile ou par tableau électrique ou par étage ;
- Comptage prise de courant : par tranche de 500m<sup>2</sup> de surface utile ou par tableau électrique ou par étage ;
- Comptage ventilation : par centrale ;
- Comptage par départ direct de plus de 80A.

Pour les circuits de chauffage, il y aura « A minima un circuit spécifique par équipement, et des circuits différenciés selon les locaux ayant des périodes d'occupation différentes locaux (ceci afin de pouvoir réaliser des programmations différenciées).

Le titulaire devra prévoir un système d'affichage en temps réel des consommation/production du bâtiment dans le(s) hall(s) d'entrée.

### 1.4.2 Gestion de l'eau

#### Eau potable

Des économies d'eau potable seront recherchées par la généralisation sur le projet des équipements hydro-performants dans le but de réduire d'au moins 30% les consommations par rapport aux consommations standards.

La pression d'alimentation sera limitée à 3 bars à l'entrée du bâtiment.

Les longueurs de puisage seront à limiter pour la consommation d'eau et pour l'apport énergétique qu'il peut apporter en période estivale.

L'ensemble des points de puisage seront équipés de robinets hydro-performants :

- Évier : 6 L/min (le cas échéant) ;
- Lavabo avec robinet classique : 4 L/min ;
- Lave-main à boutons poussoirs à fermeture temporisé : 1 L/impulsion ;
- Les robinets mitigeurs seront de classe C3, c'est-à-dire que quand le mitigeur est en position centrale il y a uniquement de l'eau froide ;
- Douche : 8 L/min (le cas échéant) ;
- Chasses d'eau double débit : 3/6L.

#### Récupération et gestion des eaux froides sanitaires

Les besoins liés à l'arrosage des espaces verts seront à limiter au maximum par la mise en place privilégiée d'essences locales (donc adaptées au climat). Sur ce poste spécifique, les consommations ne devront pas dépasser les 60L/m<sup>2</sup>.SDP.an.

Afin de pouvoir suivre les consommations en eau en exploitation et maîtriser les charges à liées à l'eau, des dispositifs de comptages permettront un suivi des grands postes de consommation ainsi qu'un comptage global par équipement. Le Titulaire précisera dans son offre les périmètres de comptage et sous comptage proposés.

### 1.4.3 Gestion des déchets d'activité

#### Gestion des déchets en chantier

Faciliter le tri des déchets et leur évacuation pour un traitement optimale. La gestion des déchets sera étudiée dès la phase conception et en phase chantier par un calepinage des matériaux au plus juste afin de réduire les volumes

de chutes. Le tri sur le chantier permettra également une valorisation facilitée. La valorisation des déchets de chantier atteindra au minimum un taux de 50%.

### Gestion des déchets

L'ensemble du bâtiment présentera une signalétique permettant d'orienter l'utilisateur dans le tri des déchets produits lors de son exploitation. Les locaux déchets seront dimensionnés de manière suffisante pour pouvoir accueillir les différents bacs de tri. Leur chemin d'accès devra simplifier le dépôt des bacs sur l'espace public.

Prévoir un stockage pour les déchets dangereux des locaux générant des déchets dangereux (bureaux, salles de consultation, de soin, etc.)

### Valorisation des déchets

Les espaces de collecte permettant un stockage pour une valorisation ultérieure de certains déchets (cartouche d'encre imprimante et toner, ampoules, piles, petits électroménagers pouvant être réparés ou démontés pour être recyclés, papier) seront à anticiper.

## 1.4.4 Entretien et maintenance

### Coût global

Une étude en coût global sera réalisée. Elle sera donnée sur une période de 25 ans comportera l'estimation des coûts de consommation, de maintenance et de gros entretien pour les installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et les installations de ventilation.

### Qualité d'usage

Un regard objectif sera porté sur le juste niveau de technicité du bâtiment, pour éviter le risque d'une multiplication des systèmes de performance qui requièrent des surinvestissements, un entretien et une maintenance importante pour une productivité des équipements potentiellement faible au regard de leur temps d'utilisation sur l'année.

L'augmentation de la performance thermique diminue significativement les périodes de chauffe, les consommations et les coûts énergétiques. Les charges de fonctionnement peuvent être quant à elles alourdies devenant paradoxal dans une recherche de sobriété globale.

Des fiches d'entretien et de maintenance pour tous les ouvrages sensibles seront demandées. Elles seront intégrées au DIUO et DOE pour la constitution d'un guide complet de la maintenance.

Les axes de développement du livret sont :

- Le choix des éléments de façade, de toiture, de menuiserie et de revêtement de sol en suivant une approche en coût global (avec coût d'entretien et de maintenance) ;
- La standardisation des équipements ;
- L'accessibilité des équipements et organes de régulations et de coupure ;
- La segmentation des réseaux ;
- L'organisation amont du sous comptage lié à la GTB.

Lors de la réception, l'équipe de CR devra fournir le protocole d'essai envisagé qui devra être validé par le représentant de la maîtrise d'ouvrage.

Un accompagnement des usagers dans la prise en main de leur bâtiment sera nécessaire. Il se traduira par la rédaction d'un livret utilisateur précisant le contexte de l'opération et les éléments importants assurant un bon confort dans le bâtiment. Il sera remis aux gestionnaires et fera l'objet d'une présentation dans les locaux.

## 1.6 Confort

### Confort hygrothermique

Le confort hygrothermique est un véritable enjeu de confort d'usage. La maison d'arrêt est utilisée en continu avec des taux d'occupation globalement constants.

Une réflexion architecturale approfondie sur la prise en compte de l'inertie du bâtiment, des possibilités de ventilation naturelle et du traitement des façades pourra être réalisée pour atteindre les exigences de confort (définies dans les référentiels de certification).

Ainsi, le confort d'été sera réalisé prioritairement par les moyens passifs (protections solaires, ventilation naturelle nocturne, inertie, etc.) avec des systèmes de rafraîchissement à faible consommation d'énergie (puits canadien, surventilation nocturne, brasseurs d'air, circulation d'eau, doubles flux rafraîchis, etc.).

**Pour rappel, la maîtrise d'ouvrage n'envisage pas l'installation de systèmes de refroidissement et de climatisation. La conception et le dimensionnement devront être adaptés aux canicules futures (horizon 2050).**

Pour tous les locaux, une analyse permettant de connaître les conditions d'usage est demandée :

- Pour une année type « normale actuelle » pour la station météorologique de Tremblay-en-France ;
- Pour une projection à 2050 pour la station météorologique de Tremblay-en-France prenant en compte les évolutions probables du changement climatique (scénario A1B du GIEC).

Cette étude permettra d'identifier les besoins de puissance froid à moyen long terme afin de pouvoir dimensionner correctement les installations. Le Titulaire devra être force de propositions de solutions adaptées et efficaces afin de réduire l'inconfort estival :

- Les dimensionnements réalisés permettront de conclure quant à la disponibilité de puissance et des conditions intérieures résultantes pour toutes les zones du bâtiment ;
- Le dimensionnement des réseaux de distribution (air/eau) et des CTA doit être adapté afin d'être en phase avec les conditions climatiques futures et permettre de limiter au maximum les modifications ultérieures sur les systèmes techniques.
- La position et l'orientation des CTA doivent être choisies de façon à minimiser les risques d'interférences avec les rejets atmosphériques des activités de process en toiture.

Afin d'assurer le confort des utilisateurs, les objectifs suivants sont à minima recherchés :

- **Facteur solaire :**
  - o Locaux à occupation prolongée :  $S \leq 0,25$  (Sud, Est, Ouest) et  $S \leq S_{réf}$  (Nord) ;
  - o Locaux à occupation passagère :  $S \leq S_{réf}$  ;

Pour les baies dont l'installation de protections mobiles est impossible pour des raisons de sécurité, le facteur solaire pourra être supérieur à  $S_{réf}$ , sans toutefois dépasser 0,45.
- **Occultations :** proposer des protections solaires adaptées et différenciées suivant les orientations du projet. En effet, la mise en place systématique de systèmes d'occultation des parties vitrées (exclusivement extérieurs pour éviter l'effet de serre et ses apports calorifiques à l'intérieur des locaux). Ces derniers devront supprimer la quasi-totalité du rayonnement solaire direct sur les baies sans préjudice vis à vis de l'autonomie en éclairage naturel (à moins que l'occultation ne joue également le rôle de mise en obscurité) :
  - o Sud : prévoir systématiquement des protections mobiles extérieures et/ou des protections fixes par débord horizontal. Dans le cas d'utilisation de protections fixes, une justification des performances induites (baisse d'irradiation, plage temporelle d'efficacité, etc.) devra être présentée ;
  - o Est et Ouest : prévoir systématiquement des protections mobiles extérieures et si besoin les protections fixes horizontales et /ou verticales suivant les études d'ensoleillement du projet.
- **Écarts de température :** minimiser les écarts de température entre les espaces adjacents. De plus, des dispositifs adaptés et performants de redémarrage des installations de chauffage dans les zones à intermittence prolongée ou aléatoire devront être présents ;
- **Vitesse d'air :** assurer une vitesse d'air ne nuisant pas au confort et respectant les seuils suivants :
  - o Hiver :  $v \leq 0,15$  m/s
  - o Été :  $v \leq 0,2$  m/s

Afin de limiter les effets de gêne liés à l'envol de papier léger (bureaux, salles de réunion, salles de travail, etc.) les vitesses d'air de ces locaux ne pourront pas dépasser 0,25m/s.
- **Apports internes :** une limitation des apports internes (éclairage, perte de distribution pour le réseau ECS, ...) contribuera également au confort d'été ;
- **Température résultante :** le confort devra en climat normal être tel que la température résultante des espaces à occupation autre que passagère ne dépasse pas 28°C plus de 50h/an. Ces conditions de confort devront être justifiées par STD faisant référence aux zones de confort définies dans le diagramme de GIVONI ;

- **Pourcentage d'occupation** : il sera évalué pour les espaces dépassant SANS usage d'équipements de climatisation/rafraîchissement une température de 28°C en climat normal et en climat futur (2050, scénario A1B du GIEC) ;

## 2. Economie circulaire

Une approche circulaire sur les ressources eau, déchet et matières grises peut être réalisée afin que ce projet ait une empreinte environnementale la plus positive possible sur son environnement.

Le Titulaire devra donc intégrer une démarche de réflexion systématique sur la circularité des choix de conception afin que le projet soit à la fois porteur de valeur, d'efficacité et de sens. L'architecture et les choix techniques devront être inclusifs et permettre des échanges et synergies entre le projet et son environnement.

Le bâtiment s'insère sur des parcelles non construites, il n'y aura donc pas de produits réemployables sur site, néanmoins il est possible :

- D'étudier les possibilités de réemploi des terres excavées sur le chantier ;
- De choisir des matériaux sur une plate-forme de réemploi des matériaux dans le BTP (plateforme physique ou numérique) ;
- De choisir des matériaux de construction à faible empreinte environnementale et notamment dont les sites de production sont proches.

Le site étant non loin d'un lotissement et d'une zone urbanisée, tous les moyens seront mis en œuvre en phase chantier afin que le chantier soit propre et à faible nuisances, notamment au regard des riverains. Cela passera entre autres, par une optimisation des trafics des véhicules de chantier, par un choix de la gestion et du tri des déchets.

## Annexe 1 : Conception bioclimatique et îlot de fraîcheur

Alors que l'hypothèse d'un réchauffement global se confirme au fur et à mesure des rapports successifs du GIEC, l'attention s'est focalisée sur les efforts à entreprendre en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre, appelant une perspective de transition énergétique. Dorénavant considérée comme une nécessité, la question de l'adaptation est l'une des composantes importantes à prendre en compte dans l'aménagement du quartier. Ci-après sont présentées les différentes préconisations qui peuvent être mises en œuvre sur le quartier.

### La végétalisation

Pour améliorer le confort estival dans les villes, une des solutions principales est l'accroissement de la place de la végétation. Certains des éléments mentionnés proviennent des conclusions du projet VegDUD (Rôle du végétal dans le développement urbain durable, une approche par les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances), achevé en 2014, qui rend compte des différentes mesures qui peuvent être mises en œuvre et de leur degré d'efficacité. L'effet des façades végétalisées sur la température de l'air est faible, mais elles diminuent les émissions de rayonnement infrarouge depuis les façades vers les passants et l'intérieur des bâtiments ce qui contribue à améliorer le confort thermique.

Les plantations en pleine terre et les arbres sont plus profitables pour le microclimat urbain. En effet, les arbres d'alignement permettraient de diminuer la température de l'air de quelques degrés (en fonction notamment de la densité de plantation, de la largeur de la rue et de la hauteur des bâtiments). Par ailleurs, la diminution des températures à l'ombre peut dépasser les 10°C et ainsi améliorer significativement le confort dans la rue.

Les surfaces enherbées, moins efficaces que les arbres, apportent toutefois une amélioration du confort extérieur. En fonction de leur densité, elles peuvent apporter une baisse de 2°C de la température de l'air. Elles favorisent en outre l'infiltration de l'eau de pluie et son stockage dans le sol et donc les capacités d'évapotranspiration.

### L'eau et l'imperméabilisation

L'eau agit comme un îlot de fraîcheur. Outre un accès direct à la mer ou à un fleuve, les petites installations ou étendues d'eau (bassins, fontaines et jets d'eau) jouent le rôle de tampons thermiques. Elles tempèrent les fluctuations de température et créent des microclimats.

Une solution consiste à stocker l'eau dans un réservoir. Il peut être privatif, par exemple une citerne récupérant les eaux de la toiture, ou collectif, par exemple bassin de stockage constituant une réserve pour des usages municipaux (lavage des rues, arrosage des espaces verts...). Il est également possible d'utiliser des solutions décentralisées beaucoup plus innovantes susceptibles d'améliorer la qualité de la vie en ville : stocker l'eau dans des chaussées à structure réservoir de façon à constituer une réserve d'eau pour la végétation urbaine. On peut ainsi prévoir la création de noues (ravines à pente douce et de très faible profondeur recueillant le trop-plein d'eau en cas de ruissellement et facilitant son infiltration dans les sols).

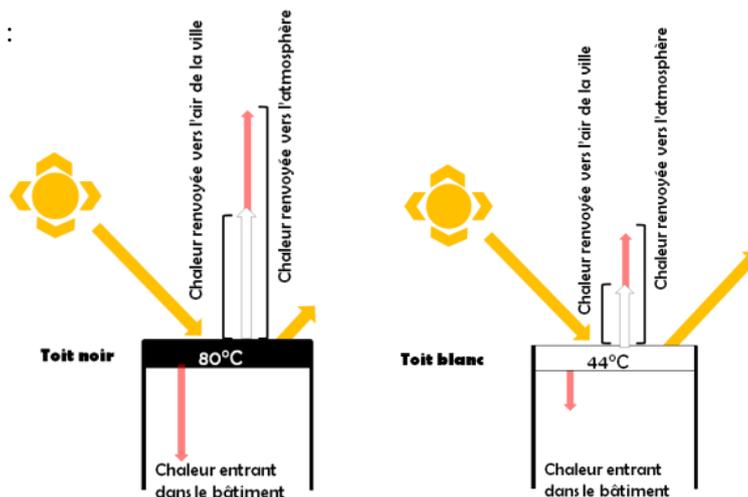
### L'albédo des surfaces

Selon une étude de l'Institut national de santé publique du Québec, « Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains » (2009), pendant une journée ensoleillée de 26°C, un toit foncé peut atteindre jusqu'à 80°C, un toit blanc, 45°C tandis qu'un toit végétal seulement 29°C. La température maximale d'un mur végétal est de 30°C alors que les murs classiques peuvent atteindre jusqu'à 60°C selon le type de revêtement. Des recherches ont montré que la température de l'air intérieur pendant une journée d'été peut être abaissée de près de 4°C en changeant l'albédo des surfaces de 0,25 à 0,40 dans les climats chauds d'attitudes moyennes.

Toits blancs :



Albédo et pouvoir réfléchissant :



Afin d'augmenter l'albédo des revêtements de voiries et des espaces publics, plusieurs solutions peuvent être également envisagées (ces revêtements méritent toutefois une réflexion en termes d'entretien) :

- l'asphalte et le béton coloré. Un ajout de pigments réfléchissants permet d'en augmenter la réflectivité ;
- une couche superficielle de béton. Il s'agit d'appliquer une couche de béton de 2,5 à 10 cm d'épaisseur sur une chaussée de bitume en bonne condition. Le béton ayant un albédo plus élevé (entre 0,30 et 0,40 lorsque neuf) permet de conserver une température de surface plus fraîche. Cette méthode serait très performante et permettrait la circulation de tous les types de véhicules ;
- l'épaisseur du pavé conditionnant sa capacité à emmagasiner de la chaleur, les surfaces plus minces sont à privilégier pour les albédos bas ;
- les dalles imperméables, disposées les unes contre les autres et permettant à l'eau de pluie de percoler dans les joints perméables.
- les dalles ou revêtements de béton poreux permettant l'écoulement de l'eau par de petites cavités. Ce type de pavé est obtenu grâce à un mélange de béton sans ajout d'agrégat. Son entretien requiert un nettoyage par aspirateur ou jet d'eau afin d'en dégager toute substance pouvant colmater les cavités.
- les structures permettant l'engazonnement : leur forme alvéolée permet la végétalisation du sol et favorise l'infiltration de l'eau dans celui-ci.

Dalles imperméables avec joints perméables / dalles alvéolées :

