

Direction Aménagement Urbanisme Habitat et Hébergement
Service Aménagement et Paysage

N/Réf. : 2024.152
Affaire suivie par : Frédéric SACHOT
Frederic.sachot@larochesurion.fr
Tél. 02 51 47 49 94

DREAL des Pays de la Loire
A l'attention de Monsieur le Président de la MR Ae
SCTE/DEE
5 rue Françoise Giroud
CS 16326
44263 NANTES CEDEX 2

Objet : Requalification du site Sully
Réponse à l'Autorité environnementale

La Roche-sur-Yon, le 30/08/2024

Monsieur le Président,

La ville de La Roche-sur-Yon a engagé un projet urbain d'envergure sur le quartier Sully au Nord de la ville. Ce secteur de la ville, d'une quinzaine d'hectares, constitue actuellement une friche industrielle à un endroit clé de la ville : La route de Nantes. C'est dans ce cadre, que le 13 juin 2024, conformément au Code de l'environnement, la ville de la Roche-sur-Yon a sollicité l'avis de la Mission Régionale d'Autorité Environnementale (MR Ae) des Pays de la Loire.

Par courriel, en date du 14 Août 2024, vous m'avez transmis votre avis délibéré assorti d'observations, et je vous en remercie.

Vous trouverez en annexe du présent courrier les précisions et réponses à vos observations.

Ce courrier, accompagné de l'annexe, sera mis à disposition du public lors la phase de participation du public par voie électronique à partir du 02/09/2024.

Je tiens à vous remercier de la qualité de relecture par vos services et je suis convaincu que la prise en compte de ces observations participera à la réussite de ce projet urbain structurant pour notre territoire.

Restant à votre disposition, veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Signé numériquement le 30/08/2024

par LEFEBVRE Pierre

Adjoint à l'aménagement, à l'urbanisme, aux bâtiments publics, l'espace rural et la commission de sécurité



Pièce Annexe : Eléments de réponse aux observations de la DREAL transmises par courrier électronique en date du 11 août 2024

Concernant le projet urbain, son phasage et les conséquences de la ZAC sur les activités existantes sur site :

Extrait de l'avis

La MRAe recommande :

- de compléter le plan de composition du projet par une information relative au nombre de niveaux prévus pour les nouveaux immeubles ;
- de préciser la localisation, la nature et l'ampleur des constructions appelées à être démolies
- de clarifier l'information relative au phasage de l'aménagement de la ZAC.

La ville de La Roche-sur-Yon précise que la volumétrie des futurs bâtiments n'est à ce jour pas connue dans son détail. Seul un potentiel global de logements a été calculé dans le cadre des études préalables au dossier de création de ZAC. Un bâtiment plus haut est toutefois souhaité pour l'angle Sully /Gutenberg afin de marquer l'entrée du quartier.

Le plan figurant dans le rapport de présentation en page 21 pourra être précisé. Un relevé détaillé des bâtiments à démolir pourra être fourni.

Concernant le phasage de l'opération, le phasage global de travaux est estimé de 2028 à 2043. La référence indiquée au §1.14 sera corrigée. D'ici 2028, le planning suivant est envisagé

Fin 2024 :	Approbation du dossier de création de ZAC
Début 2025 :	Lancement consultation Aménageur
Fin 2025 :	Désignation aménageur et négociation du traité de concession
Début 2026	Début du travail sur le dossier de réalisation de ZAC
Mi 2027 :	Approbation dossier de réalisation de ZAC
A partir de 2028	Phases opérationnelles

2 périmètres ont en effet été indiqués :

- Un périmètre global de projet urbain permettant de comprendre la logique et l'ambition du projet.
- Un périmètre de ZAC, correspondant à la zone d'intervention de la collectivité / EPF / aménageur sous concession.

Les secteurs en dehors de ce périmètre de ZAC sont des fonciers privés avec des activités économiques existantes qui peuvent cohabiter - dans un premier temps - avec le projet envisagé. Ceux-ci peuvent muter vers de nouvelles fonctions. La collectivité s'assurera de la cohérence avec le projet envisagé en modifiant à terme l'OAP présente dans le PLU. Suite aux estimations financières du projet urbain, une fiscalité spécifique sera envisagée pour ces secteurs (Taxe d'aménagement majorée).

Par ailleurs, par délibérations du Conseil Municipal en date du 19 septembre 2017 et 2 juillet 2019, la ville a instauré sur le secteur un périmètre de prise en considération d'un projet urbain conformément à l'article L 424-1 du code de l'urbanisme. Cet outil juridique permettra à la collectivité de surseoir à statuer sur des demandes d'autorisation concernant des travaux, constructions ou installations susceptibles de compromettre ou de rendre plus onéreuse la réalisation du projet.

La collectivité précise que le transfert des activités se fait dans le cadre d'une négociation amiable. Un travail prospectif et de veille en relation avec le service commerce / développement économique afin de proposer des terrains / locaux en adéquation avec les besoins des porteurs de projet est systématiquement entrepris. A titre d'exemple, les entreprises Bureau Vallée et Tissus du Renard ont déménagé au 1^{er} trimestre 2022 permettant de libérer certains fonciers essentiels au projet.

Sur ce sujet, le rôle de l'EPFD est essentiel par sa capacité à porter les fonciers le temps de préciser les projets d'aménagement et / ou construction. La convention avec l'EPFD signée dès 2020 traduit cette volonté de la collectivité de prendre le temps nécessaire au transfert des activités existantes. Enfin, le choix de la procédure de ZAC permet une certaine souplesse dans le passage.

Concernant la complétude des annexes de l'étude d'impact :

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de compléter le dossier avec toutes les études ayant contribué à la réalisation de l'étude d'impact.

Il sera rajouté en annexe de ce document les phases 1 et 2 de l'étude de faisabilité du développement des énergies renouvelables. Il est mentionné dans l'avis de la MRAe, que l'étude de O-GEO est manquante dans les annexes. Il s'agit d'une erreur de notation dans les calendriers des inventaires, O-GEO n'a pas effectué d'inventaires et d'enregistrements chiroptères dans le cadre du présent projet. Le calendrier des inventaires ainsi que la définition des annexes sera corrigée dans le dossier d'étude d'impact du dossier de réalisation.

Concernant les conséquences de la ZAC sur les conditions de circulation :

Extrait de l'avis

La MRAe recommande que soient exposées les conditions de circulation, de sécurité et de capacité des infrastructures routières sur lesquels le projet prévoit des accès.

Vous demandez que soient exposées les conditions de circulation de sécurité et de capacité des infrastructures routières sur lesquels le projet prévoit des accès.

S'agissant d'un projet de cette ampleur, les conditions de circulation seront impactées.

Le dossier d'étude d'impact mentionne une version synthétique des études de circulation réalisées par le cabinet SCE dans le cadre de ce dossier de création de ZAC. Ces éléments pourront être rajoutés dans l'étude d'impact. La rue Gutenberg sera réaménagée afin de favoriser les liens piétons entre le futur quartier et le secteur de la Garenne /Enrilise. Par ailleurs, afin de renforcer la principale ligne de transports en commun de la ville (3 lignes de bus et une de nuit), une réflexion urbaine sur l'entièreté de cet axe jusqu'aux Flâneries est envisagée à court terme (trottoirs élargis, pistes cyclables, couloirs bus...).

D'ores et déjà un aménagement spécifique sera à envisager pour le carrefour Sully/Eylau/Gutenberg afin de marquer symboliquement l'entrée dans la ville.

La collectivité précise par ailleurs qu'une étude de circulation globale à l'échelle de la ville est en cours. Cette étude stratégique et prospective vise à adapter le réseau actuel à l'évolution démographique / économique du territoire et à anticiper un plan de déplacements urbains qui sera nécessaire dans les prochaines années (agglomération de plus de 100 000 habitants).

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de préciser les conditions de dessertes actuelles du secteur de projet par le réseau de transports Impulsyon.

Les conditions de dessertes actuelles du secteur de projet par le réseau de transport Impulsyon sont les suivantes : 3 lignes de bus desservent directement le secteur d'étude :

La ligne 7 (Napoléon<>Beaupuy) qui traverse le boulevard Sully et possède un arrêt (Sully) localisé au nord-est du stade Jules Ladoumègue

La ligne 3 (Robrethières<>Angelmière) qui dessert le boulevard Jean Yole par deux arrêts (Jean Yole et Salle Omnisports)

La ligne 1 (Atinéa<>Tournefou) qui dessert la Rue Gutenberg (arrêt Gutenberg)

Plus généralement, d'autres lignes de bus effectuent une desserte dans un rayon de 500 m autour du secteur d'étude (lignes 6, 2, 12 et 13).

Le plan figurant ci-après illustre la desserte actuelle du site d'étude :

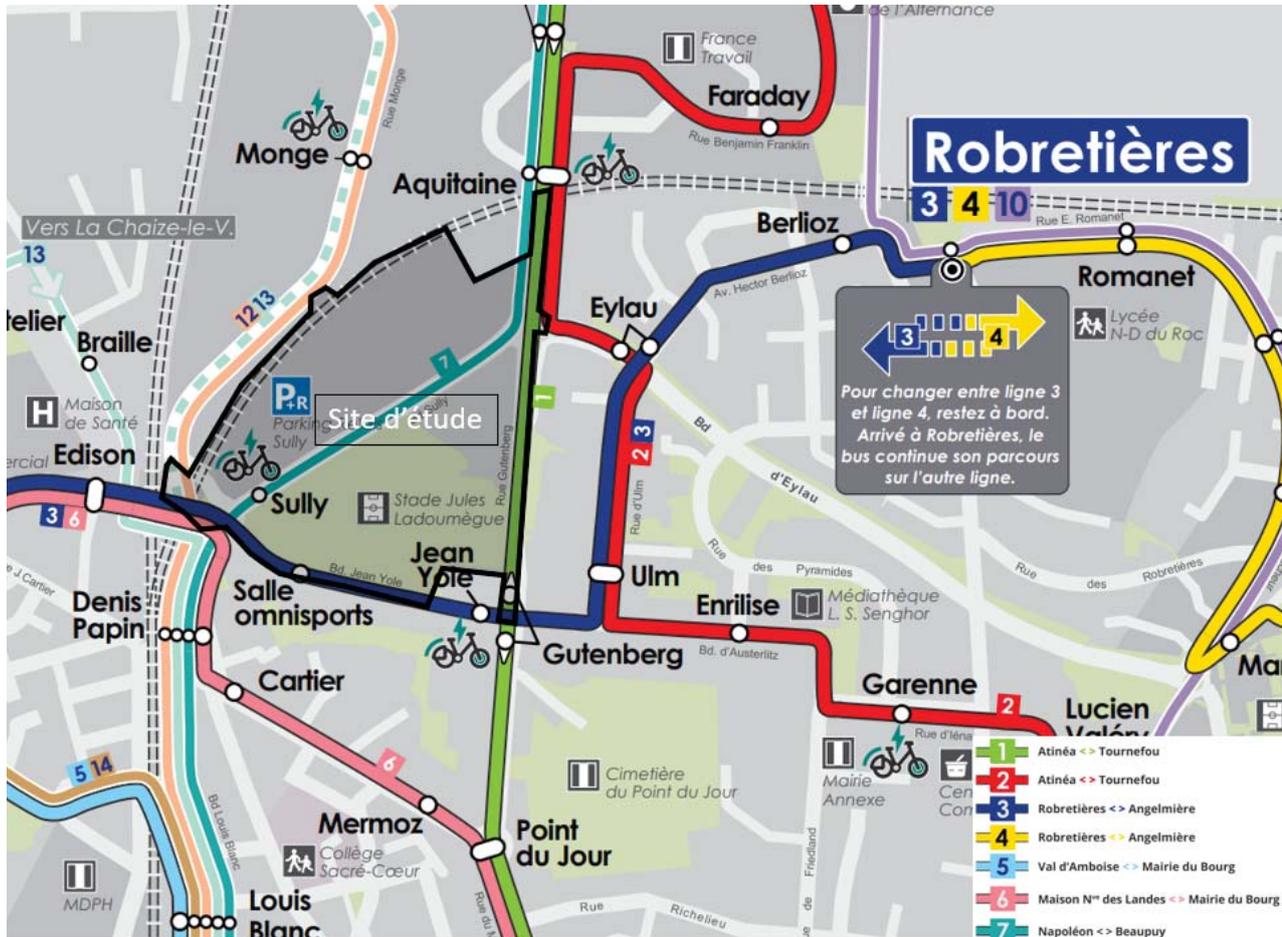


Figure 1 : Dessertes actuelles du secteur de projet par le réseau de transport Impulsyon

Concernant le manque d'analyse des perceptions du site depuis les immeubles voisins

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de produire une analyse des perceptions du site depuis les immeubles voisins principalement concernés.

Le dossier de création fait apparaître deux perspectives d'ambiance (futur parc et place jacquard modifiée). Les hauteurs n'étant pas définies avec précision, il est hypothétique d'estimer, à ce stade, les perceptions envisagées. Le dossier de réalisation de ZAC (2026-2027) avec un plan de composition, des hauteurs, des surfaces de plancher précises sera mieux à même d'analyser ces perceptions.

Comme demandé, la collectivité - ou le futur concessionnaire - s'engage à présenter à terme une analyse des incidences du projet en mobilisant une expertise plus poussée au plan paysager / illustration / volumétries du projet à la hauteur des ambitions voulues.

Vous le précisez utilement, cette mission spécifique favorisera l'acceptation sociale du parti pris d'aménagement notamment à partir de photomontages. Je suis convaincu également de la nécessité de cette mission : Une des ambitions du projet est en effet de faire accepter la densité urbaine dans le cadre du « Zéro Artificialisation Nette ». – En complément, le dossier de réalisation de ZAC fera apparaître des prescriptions spécifiques par secteurs avec une grille d'analyse multicritères et un dispositif de suivi et d'évaluation des projets afin de guider qualitativement les futurs promoteurs. Il s'agissait également d'un souhait du comité d'accompagnement afin que le projet ne perde pas son ambition initiale au fur et à mesure de l'avancée opérationnelle du futur quartier.

Concernant le volet analyse de la présence de chiroptères

Extrait de l'avis

A défaut d'exposer de manière argumentée les raisons pour lesquelles les bâtiments du site ne sont pas susceptibles de constituer des lieux potentiellement favorables au gîte des chiroptères, la MRAe recommande de mener des prospections préalables spécifiques afin d'appréhender en amont de toute intervention sur les bâtiments les enjeux éventuels associés à la présence de chauves-souris.

La collectivité, l'EPFD ou l'aménageur qui sera désigné effectuera un complément faune spécifique sur les chiroptères avant toute intervention sur les bâtiments. Si la présence de chiroptère était avérée, les mesures nécessaires à leur préservation seraient prises conformément à la réglementation en vigueur.

Extrait de l'avis

La MRAe précise plusieurs incohérences/manque de clarté vis-à-vis des bâtiments concernés par une démolition ou une réhabilitation.

L'identification précise et claire de la destination (démolition, réhabilitation...) de chaque bâtiment projet sera clarifiée dans le dossier d'étude d'impact du dossier de réalisation.

Concernant les risques (radon /pollutions et prévention)

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de préciser dans quelle mesure des investigations sont à prévoir afin de caractériser le risque associé au radon en fonction du contexte géologique précis de la ZAC et des projets d'aménagements et de constructions.

Cet aspect sera étudié en fonction des projets de construction qui devront étudier le contexte géologique précis. Des analyses de sol seront prévues par l'aménageur en phase de dossier de réalisation.

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de compléter les informations relatives à la nature des ICPE en activité ou en cours de cessation, recensées au dossier.

Concernant plus particulièrement le site SOFRICA, la collectivité s'assurera auprès de l'EPFD, propriétaire du site, des formalités administratives réalisées concernant les cessations d'activités antérieures.

Les enseignements de l'étude de pollution réalisée en 2019 seront repris dans l'étude d'impact L'aménageur / promoteur s'appuiera sur les prescriptions indiquées dans cette étude pour ajuster le niveau de dépollution en fonction de l'usage envisagé par bâtiment.

La collectivité précise que compte tenu de l'état d'avancement de la réflexion, bon nombre de ces éléments seront étudiés par l'aménageur en phase dossier de réalisation.

Concernant les analyses des incidences et mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Extrait de l'avis

La MRAe souligne que lien entre la description de l'impact brut et la qualification de l'effet qui varie de négligeable à fort n'est pas toujours clairement établi. Cela tient principalement au fait que le niveau de définition du projet apparaît insuffisamment avancé ou précis pour permettre de quantifier ses effets

Le dossier de création fixe les principaux enjeux et esquisse une première programmation. Il est donc logique que l'estimation des mesures compensatoires soit chiffrée sous la forme de ratios. Le dossier de réalisation indiquera le coût réel de ces mesures de compensation.

Concernant la présentation des différents scénarios préalables

Extrait de l'avis

La MRAe relève que l'aménagement du scénario n°2 ne prévoyant pas de logements, il ne s'inscrivait pas en conformité avec les dispositions de l'orientation d'aménagement et de programmation (OAP) sectorielle définie au PLU approuvé en novembre 2023. Aussi, le dossier gagnerait à rappeler dans quelle temporalité les réflexions des scénarios d'aménagement ont été étudiés par rapport aux réflexions relatives à la révision générale du PLU de La Roche sur Yon.

La collectivité précise que ces scénarios ont été étudiés dès 2019 : Ils tiennent compte également du temps de concertation avec la population (différents ateliers ont été organisés) Le choix définitif a été validé en conseil municipal le 6 avril 2023.

La révision du PLU dont l'approbation a été votée fin 2023 tient compte de ces réflexions préalables.

Concernant la prise en compte de l'environnement par le projet

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de préciser comment s'opèrent les transferts d'activités appelées à être remplacées et d'en tenir compte le cas échéant dans son analyse du point de vue de la consommation d'espace et plus largement des impacts sur l'environnement.

La reconversion des sites occupés par des bâtiments existants fait l'objet de négociations avec les propriétaires concernés, comme précisé plus haut. La convention avec l'Etablissement Public de la Vendée vise justement à faciliter ces négociations en parallèle de l'avancée de la réflexion sur le projet urbain.

La relocalisation des entreprises s'inscrira dans la stratégie foncière économique instaurée par l'agglomération en matière de zones d'activités économiques répondant à des objectifs de densification, de réutilisation des bâtiments existants, de réutilisation des dents creuses etc...

Concernant le boisement existant, celui-ci sera préservé et fera l'objet d'aménagement mesurés (pontons, cheminements, éclaircissement...). Nous nous engageons à ce que les périodes de nidification soient intégrées au phasage des travaux.

Extrait de l'avis

La MRAe recommande :

- **D'apporter les informations complémentaires relatives au schéma directeur des eaux pluviales évoqué au dossier à propos duquel il est indiqué qu'il sera pris en compte pour le dimensionnement de la gestion des eaux de ruissellement du site ;**
- **de préciser la bonne articulation entre la mise en service de la future station d'épuration et le calendrier de réalisation de la ZAC.**

Concernant l'articulation du projet avec la gestion des eaux pluviales, la collectivité intégrera les prescriptions liées au schéma directeur des eaux pluviales dont l'étude doit être prochainement engagée. En l'état, le projet d'aménagement vise à désimperméabiliser un maximum de terrains afin de favoriser la gestion intégrée à la parcelle et ainsi réduire les volumes et la vitesse d'écoulement des eaux vers le milieu naturel.

L'articulation de la ZAC avec la construction de la nouvelle station d'épuration sera également précisée. La mise en service de la station est prévue fin 2027 avec un suivi d'une période de mise en régime et d'observation de 10 mois, ce qui correspond au démarrage des premiers travaux d'aménagement (premiers logements livrés en 2030).

Concernant la prévention des risques et nuisances sur les activités humaines :

Extrait de l'avis

La MRAe recommande :

- **De présenter les éléments complémentaires tels que préconisés par l'étude de pollution des sols de 2019**
- **D'aborder dans le détail les travaux de dépollution des sols nécessaires à la réalisation du projet et leurs incidences afin de rendre compatible le site avec l'usage prévu.**
- **De préciser à partir d'analyses de sols le risque associé au radon pour le cas échéant en tirant les enseignements qui s'imposent en termes de dispositions constructives vis-à-vis des populations éventuellement exposées**

Les éléments complémentaires tels que préconisés par l'étude de pollution des sols ainsi que les éléments de détail sur les travaux de dépollution seront détaillés pour le dossier de réalisation de ZAC (2026).

Concernant le Paysage

Extrait de l'avis

La MRAe recommande de présenter une analyse des incidences du projet en mobilisant une expertise au plan paysager à la hauteur des ambitions du projet et qui contribuera à l'acceptation sociale du parti pris d'aménagement notamment à partir de photomontages permettant utilement d'illustrer et de renforcer une argumentation trop faiblement développée selon laquelle le projet présenterait un impact résiduel positif sur le paysage.

Comme expliqué précédemment, la collectivité - ou le futur concessionnaire - s'engage à présenter à terme une analyse des incidences du projet en mobilisant une expertise plus poussée au plan paysager / illustration / volumétries du projet à la hauteur des ambitions voulues.

Concernant l'adéquation du projet avec le PCAET.

Extrait de l'avis

La MRAe recommande :

- **De rappeler dans quelle mesure l'opportunité de raccordement à un réseau de chaleur à créer à l'échelle plus large que le quartier a été ou sera étudiée comme indiqué au rapport de présentation de la ZAC Sully ;**
- **De mener des études complémentaires afin d'apprécier les déplacements induits par le projet et de proposer un dispositif de suivi capable d'évaluer l'efficacité des aménagements piétons et cyclables et de l'offre de transport collectif en faveur du report modal de la circulation automobile ;**
- **De préciser la situation du projet par rapport aux objectifs et au plan d'actions du PCAET de La Roche sur-Yon agglomération et proposer un suivi des effets attendu du projet du point de vue des consommations énergétiques, des émissions de GES et du développement des énergies renouvelables..**

La justification de cette prise en compte sera étoffée dans l'étude d'impact. La collectivité précise que les scénarios énergétiques ont fait l'objet d'échanges avec les services de l'environnement et que le scénario retenu s'avère être le plus ambitieux conformément à l'ambition politique du projet.

Ce projet urbain ambitionne de répondre à de hauts standards environnementaux, en intégrant pleinement les enjeux du Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET). L'objectif principal est de minimiser la consommation d'énergie, notamment en produisant localement des énergies renouvelables telles que le photovoltaïque, la pompe à chaleur air/eau, et la chaudière biogaz.

Mes modes constructifs des nouveaux bâtiments du futur quartier contribueront à l'atteinte d'objectifs d'économie d'énergie avec l'objectif de tendre vers un quartier passif.

Ces solutions énergétiques contribueront activement à l'atteinte des objectifs fixés par le PCAET.

Différents scénarios énergétiques, incluant divers mix d'énergies renouvelables, sont en cours d'étude afin d'identifier la combinaison la plus efficace et durable. Par ailleurs, l'opportunité de raccorder le projet à un réseau de chaleur est également en cours d'évaluation. Les premières analyses indiquent que cette solution est viable à l'échelle de la ZAC, mais elle serait particulièrement pertinente en lien avec les quartiers de la Garenne et la zone d'activité Monge, en raison notamment des besoins industriels de l'entreprise ATLANTIC.

La collectivité souhaite que ce projet soit exemplaire en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et que l'aménagement de la zone soit conçu pour s'adapter au changement climatique, en garantissant, entre autres, un confort climatique optimal (confort d'été dans les bâtiments et réduction des îlots de chaleur dans les espaces publics). L'objectif est de parvenir à une sobriété et une efficacité énergétique grâce à une planification urbaine réfléchie.

La collectivité précise que compte tenu de l'état d'avancement de la réflexion que plusieurs de ces éléments seront approfondis, notamment par une présentation des objectifs sectoriels du PCAET, afin d'assurer un pilotage et un suivi efficaces du plan. Le but est que le projet au travers des choix opérés s'inscrive en cohérence avec les objectifs du PCAET de La Roche-sur-Yon agglomération.

A noter que la collectivité a mis en place un « comité de suivi des transitions » qui suit l'avancement du PCAET en fonction des projets sur la ville et l'agglomération. Ce comité sera en mesure de calculer la contribution du futur quartier au respect des objectifs du PCAET.

Enfin, des précisions méthodologiques et des dispositifs de suivi appropriés seront intégrés à l'étude d'impact, permettant à l'aménageur d'évaluer le projet sous les angles des consommations énergétiques, des émissions de GES et du développement des énergies renouvelables.



RAPPORT

Evaluation du potentiel en énergies renouvelables et réseaux de chaleur Phase 2

ZAC Sully – La Roche sur Yon (85)

Avril 2024

La Roche sur Yon



CLIENT

RAISON SOCIALE	Ville de La Roche sur Yon
COORDONNÉES	Hôtel de ville et d'agglomération Place du Théâtre BP 829 85021 LA ROCHE-SUR-YON CEDEX
INTERLOCUTEUR (nom et coordonnées)	Frédéric SACHOT Tél. 02.51.47.49.94 frederic.sachot@larochesuryon.fr

SCE

COORDONNÉES	4 rue René Viviani 44200 Nantes 02 51 17 29 29
INTERLOCUTEUR (nom et coordonnées)	Betty Charpentier Tél. 06 33 73 18 09 charpentier@sol3d.com

RAPPORT

TITRE	Evaluation du potentiel en énergies renouvelables et réseaux de chaleur – Rapport Phase 2
NOMBRE DE PAGES	59
NOMBRE D'ANNEXES	0
OFFRE DE RÉFÉRENCE	P22000561 – Août 2022

SIGNATAIRE

RÉFÉRENCE	DATE	RÉVISION DU DOCUMENT	OBJET DE LA RÉVISION	RÉDACTEUR	CONTRÔLE QUALITÉ
220831	19/04/2024	V0	-	RPI	BOI

Sommaire

1. Objet de l'étude.....	5
2. Situation du projet.....	5
3. Descriptif du projet.....	7
4. Bilan programmatique.....	8
5. Définition des consommations	9
5.1. Bâtiments neufs	9
5.2. Bâtiments existants.....	16
5.3. Répartition des consommations	17
6. Bilan des consommations	19
7. Etude d'opportunité de mise en place d'un réseau de chaleur sur la ZAC ...	20
8. Potentiel en énergies renouvelables et non renouvelables.....	21
8.1. Contraintes réglementaires d'urbanisme pouvant affecter le développement de certaines EnR	21
8.2. La géothermie.....	22
8.3. La filière bois	25
8.4. Le solaire	28
8.5. L'éolien.....	30
8.6. Raccordement à un réseau de chaleur urbain.....	33
8.7. Pompe à chaleur électrique	35
8.8. Chaudière gaz.....	38

9. Revue des énergies renouvelables envisageables	39
10. Comparaison des solutions d’approvisionnement énergétique	41
10.1. Généralités.....	41
10.2. Présentation des scénarios proposés	42
11. Comparatif des scénarios pour la desserte en chauffage et eau chaude sanitaire.....	44
11.1. Introduction	44
11.2. Hypothèses de calcul du coût kWh.....	45
11.3. Résultats du comparatif des solutions étudiées.....	47
12. Energies renouvelables pour la desserte en électricité	54
12.1. Consommation d’électricité.....	54
12.2. Energie photovoltaïque.....	54
13. Conclusion	57

1. Objet de l'étude

Cette opération d'aménagement entre dans le cadre de l'article n°8 de la loi n°2009-967 du 3 août 2009, par le biais de l'article L. 128-4 du Code de l'Urbanisme.

Cet article mentionne que « toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Réalisée conformément aux textes réglementaires en vigueur, cette étude a pour objet de comparer la pertinence technique, environnementale et financière de plusieurs scénarios de desserte énergétique.

L'objet de ce rapport est :

- ▶ D'étudier les différentes opportunités de dessertes énergétiques utilisant des énergies renouvelables ainsi que la possibilité ou non de création ou d'extension d'un réseau de chaleur ;
- ▶ De présenter, en première approche, un comparatif technico-économique et environnemental permettant d'orienter la Maîtrise d'Ouvrage vers des solutions techniques pertinentes.

2. Situation du projet

Le projet se situe dans le département de la Vendée (85) sur la commune de La Roche sur Yon. Ce projet de la ZAC de Sully comprend la rénovation et la construction de 11 lots composés de bureaux, logements collectifs, commerces, d'un centre sport/santé, d'une médiathèque et d'une salle des fêtes.

Le projet d'aménagement envisagé aujourd'hui porte sur une surface totale d'environ 15 ha.

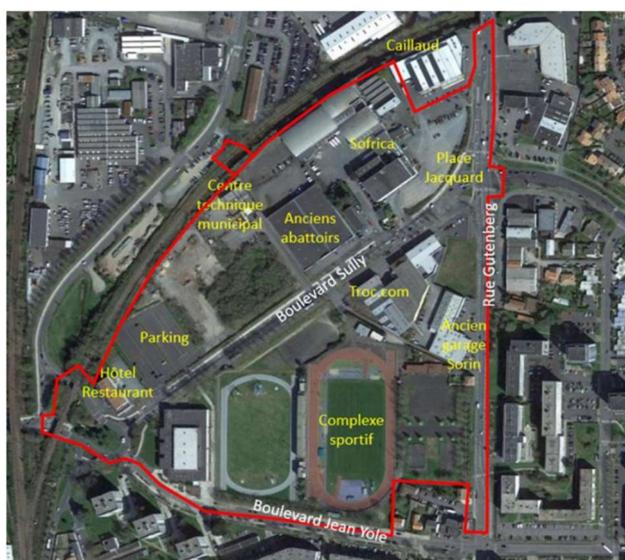


Figure 1 : Localisation du projet (Source : Géoportail)

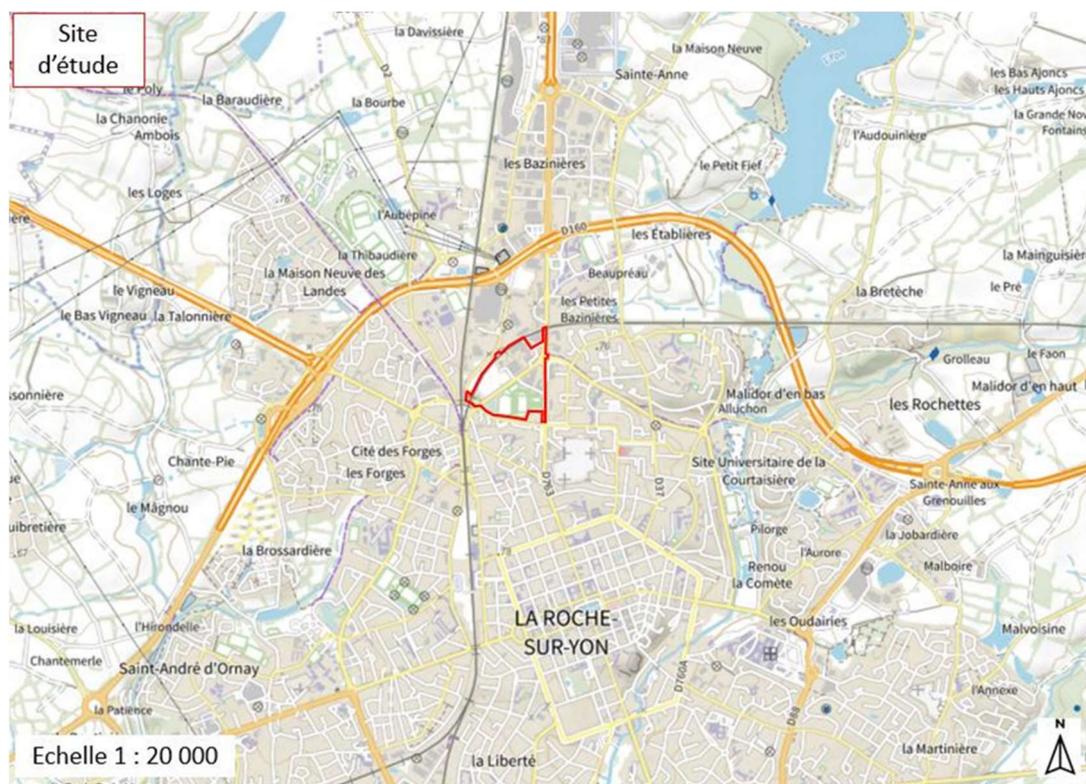


Figure 2 : Périmètre d'aménagement (Source : Géoportail)

3. Descriptif du projet

Il se compose de 11 lots incluant des bureaux, logements collectifs, commerces, d'un centre sport/santé, d'une médiathèque et d'une salle des fêtes.



Figure 3 : Schéma d'aménagement (Source : Géoportail)

4. Bilan programmatique

Le programme constructif définit la surface, le type de bâtiments ainsi que le nombre de logements par lot.

Nom du lot	Nbre de bâtiments	Nbre total de logements collectifs	Surface de plancher logements collectifs (m ²)	Surface de plancher bureaux, commerces et activité (m ²)	Surface de plancher totale (m ²)	Phasage ¹
Lot A	2	126	3 650 m ²	800 m ² (bureaux)	4 450 m ²	2026
Lot B	7	100	7 400 m ²	150 m ² (équipement)	7 550 m ²	2026
Lot C	4	42	3 200 m ²	/	3 200 m ²	2026
Lot D	5	55	4 050 m ²	6 700 m ² (Bâtiment activités sports et loisirs) 850 m ² (commerces) 6 650 m ² (bureaux santé)	18 250 m ²	2028
Lot E	1	/	/	1 250 m ² (bureaux)	1 250 m ²	2028
Lot G	1	/	/	3 450 m ² (bureaux)	3 450 m ²	2028
Lot J1	6	50 (dont 2 maisons individuelles)	3 600 m ²	/	3 600 m ²	2027
Lot J2	5	98	7 090 m ²	450 m ² (commerces)	7 540 m ²	2027
Lot J3	1	/	/	2 100 m ² (médiathèque)	2 100 m ²	2027
Lot K	6	157	7 200 m ²	/	7 200 m ²	2027
Lot X	1	/	/	400 m ² (salle des fêtes)	400 m ²	2028

¹ Ordre chronologique des lots connu mais année indiquée estimative

5. Définition des consommations

5.1. Bâtiments neufs

5.1.1. Réglementation Thermique 2012 et Réglementation Environnementale 2020

L'estimation des consommations des bâtiments neufs de l'opération est réalisée sur la base des consommations réglementaires RT2012 maximales (CEP_{max}). La valeur du CEP_{max} dépend de plusieurs facteurs, dont l'usage du bâtiment. Les estimations du CEP_{max} sont présentées ci-après.

Depuis mi 2022, la livraison de programmes neufs de bâtiments de bureaux ou de logements implique que ces derniers soient soumis à la Réglementation Environnementale RE2020. Les niveaux de consommations énergétiques sont estimés sur la base des valeurs de l'expérimentation E+C- qui a servi à la définition de la RE2020.

L'ambition de performance énergétique et environnementale souhaitée correspond au niveau E2. Les hypothèses calculatoires de cette étude se baseront donc sur un niveau :

- ▶ RT2012 -15% pour les logements, activité et équipements ;
- ▶ RT2012 -30% pour les bureaux.

Les tableaux ci-dessous détaillent les hypothèses de calcul permettant d'estimer le CEP_{max} .

La surface thermique indiquée dans le formulaire ci-dessous correspond à la surface utilisée dans le calcul de réglementation thermique (SRT). Elle est estimée en appliquant un coefficient de 1.1 à la surface de plancher donnée dans les éléments du programme. Cependant, cette valeur n'a pas d'influence sur le calcul du CEP_{max} .

5.1.2. Logements collectifs

5.1.2.1. Logements collectifs neufs (~32 m²)

 Réglementation Thermique 2012 - Neuf Détermination des B_{bio_max} et Cep_max et des niveaux Effinergie+ et BEPOS-Effinergie		 Version 4.4 
→ Entrée en vigueur à partir du 1er janvier 2013		→ Arrêté 26-10-2010 → Arrêté 11-12-2014 → Arrêté 19-12-2014 → Effinergie → Bâtiments CE1 et CE2 et classes d'exposition au bruit (BRI) d'une baie d'un bâtiment
Date de dépôt du permis de construire avant le 1 ^{er} janvier 2018 ?	Non	
Département ?	85 - Vendée	
Zone climatique ?	H2b	
Altitude (m) ?	0 à 400 m	
Type de construction ?	Construction neuve	
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	4	
Type de bâtiment ?	Bâtiment collectif d'habitation	
Nombre de logements (N _l) ?	55	
Catégorie de bâtiment ?	CE1	
Surface thermique S _{RT} (m ²) ?	1760	
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)	
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur	
Réseau de froid ?		
$B_{bio_moyen} =$	60,00	
$M_{cpld} =$	1,00	
$M_{ball} =$	0,00	
$M_{bvent} =$	0,00	
$B_{bio_max} =$	60,00	
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.		
$M_{ctype} =$	1,00	
$M_{cpld} =$	1,00	
$M_{calt} =$	0,00	
$M_{cvent} =$	0,44	
$M_{cdis} =$	0,00	
$Cep_max (kWh_{ep}/an.m^2 S_{RT}) =$	72,00	
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.		

Figure 4 : Cep_{max} des logements collectifs neufs (~32 m²)

Les logements d'environ 32 m² sont présents sur le lot A et le lot K.

Le Cep_{max} pour les logements collectifs neufs (~32 m²) est de 72 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.2.2. Logements collectifs neufs (> 80 m²)

 Réglementation Thermique 2012 - Neuf Détermination des $B_{bio_{max}}$ et Cep_{max} et des niveaux Effinergie+ et BEPOS-Effinergie		Version 4.4
		
→ Entrée en vigueur à partir du 1er janvier 2013		→ Arrêté 26-10-2010 → Arrêté 11-12-2014 → Arrêté 19-12-2014 → Effinergie
→ Bâtiments CE1 et CE2 et classes d'exposition au bruit (BRI) d'une baie d'un bâtiment		
Date de dépôt du permis de construire avant le 1 ^{er} janvier 2018 ?	Non	
Département ?	85 - Vendée	
Zone climatique ?	H2b	
Altitude (m) ?	0 à 400 m	
Type de construction ?	Construction neuve	
Nombre de niveaux du bâtiment (N _{liv}) ?	3	
Type de bâtiment ?	Bâtiment collectif d'habitation	
Nombre de logements (N _l) ?	13	
Catégorie de bâtiment ?	CE1	
Surface thermique S _{RT} (m ²) ?	1045	
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)	
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur	
Réseau de froid ?		
$B_{bio_{moyen}}$ =	60,00	
M_{bio} =	1,00	
M_{alt} =	0,00	
M_{exif} =	0,00	
$B_{bio_{max}}$ =	60,00	
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.		
M_{type} =	1,00	
M_{bio} =	1,00	
M_{alt} =	0,00	
M_{exif} =	0,00	
M_{clis} =	0,00	
Cep_{max} (kWh _{ep} /an.m ² S _{RT}) =	50,00	
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.		

Figure 5 : Cep_{max} des logements collectifs neufs (> 80 m²)

Les logements de plus de 80 m² sont présents sur les lots B, C, D, J et K.

Le Cep_{max} pour les logements collectifs neufs (> 80 m²) est de 50 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.3. Bureaux et bureaux de santé



Figure 6 : CEP_{max} des bureaux

Le CEP_{max} pour les bureaux est de 70 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.4. Commerces

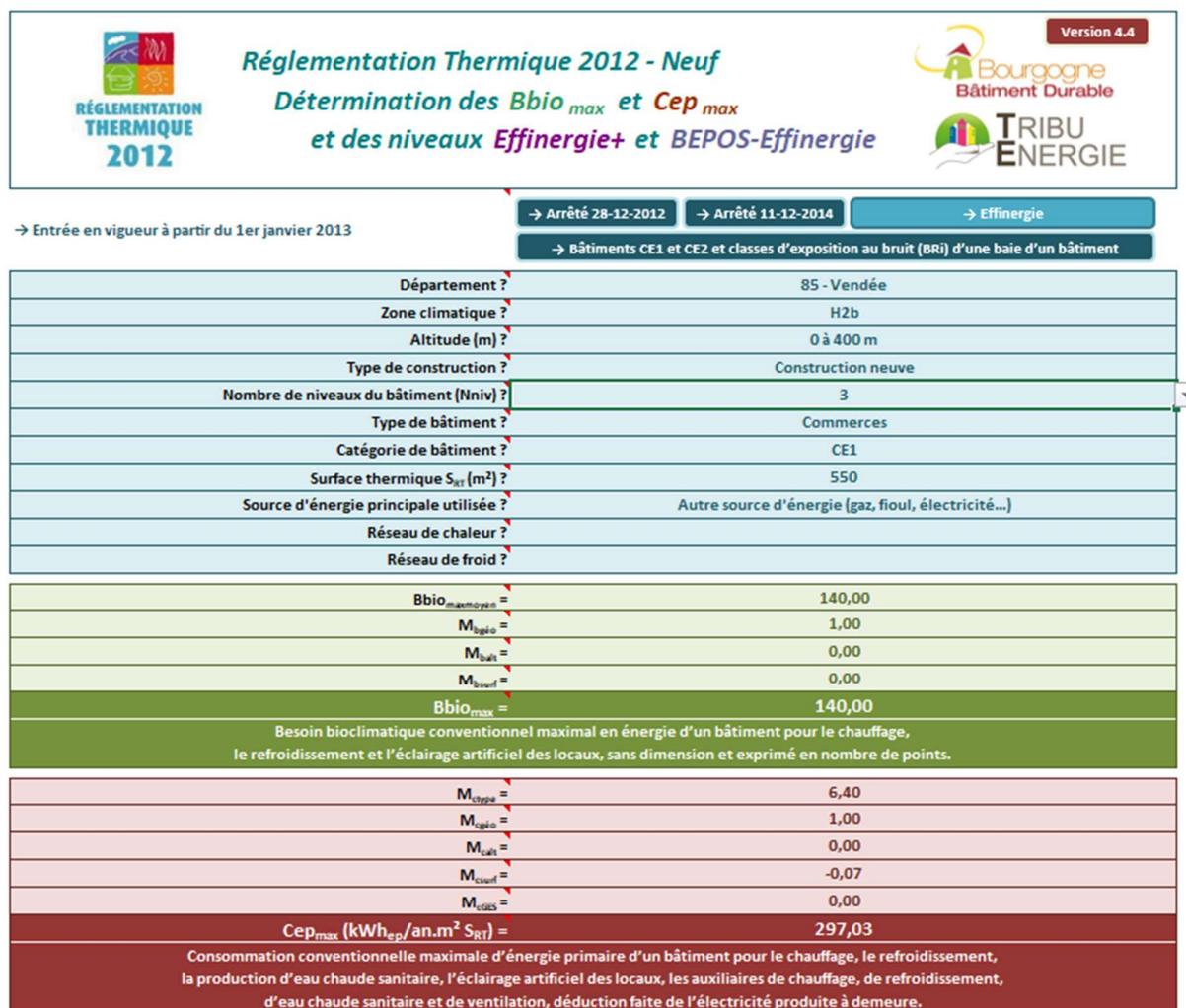


Figure 7 : CEP_{max} des commerces

Le CEP_{max} pour les commerces est de 297 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.5. Bâtiments activités sports et loisirs

 Réglementation Thermique 2012 - Neuf Détermination des $B_{bio_{max}}$ et Cep_{max} et des niveaux Effinergie+ et BEPOS-Effinergie		 Version 4.4 
→ Entrée en vigueur à partir du 1er janvier 2013		→ Arrêté 28-12-2012 → Arrêté 11-12-2014 → Effinergie → Bâtiments CE1 et CE2 et classes d'exposition au bruit (BRI) d'une baie d'un bâtiment
Département ?	85 - Vendée	
Zone climatique ?	H2b	
Altitude (m) ?	0 à 400 m	
Type de construction ?	Construction neuve	
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	1	
Type de bâtiment ?	Gymnase ou Salle de sport, municipal ou privé	
Catégorie de bâtiment ?	CE1	
Surface thermique S_{RT} (m ²) ?	4500	
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)	
Réseau de chaleur ?		
Réseau de froid ?		
$B_{bio_{max}}$ =	100,00	
M_{b46m} =	1,00	
M_{calt} =	0,00	
M_{craf} =	0,00	
$B_{bio_{max}}$ =	100,00	
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.		
M_{c17pe} =	2,40	
M_{c46m} =	1,00	
M_{calt} =	0,00	
M_{craf} =	0,00	
M_{cGES} =	0,00	
Cep_{max} (kWh _{ep} /an.m ² S_{RT}) =	120,00	
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.		

Figure 8 : CEP_{max} des bâtiments activités sports et loisirs

Le CEP_{max} pour les bâtiments activités sports et loisirs est de 120 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.6. Maisons individuelles

 Réglementation Thermique 2012 - Neuf Détermination des $B_{bio\ max}$ et $Cep\ max$ et des niveaux Effinergie+ et BEPOS-Effinergie		 Version 4.4 
→ Entrée en vigueur à partir du 1er janvier 2013		→ Arrêté 26-10-2010 → Arrêté 11-12-2014 → Arrêté 19-12-2014 → Effinergie → Bâtiments CE1 et CE2 et classes d'exposition au bruit (BRI) d'une baie d'un bâtiment
Date de dépôt du permis de construire avant le 1 ^{er} janvier 2018 ?	Non	
Département ?	85 - Vendée	
Zone climatique ?	H2b	
Altitude (m) ?	0 à 400 m	
Type de construction ?	Construction neuve	
Nombre de niveaux du bâtiment (Nniv) ?	2	
Type de bâtiment ?	Maison individuelle	
Nombre de logements (N _l) ?		
Catégorie de bâtiment ?	CE1	
Surface thermique S _{Rt} (m ²) ?	110	
Source d'énergie principale utilisée ?	Autre source d'énergie (gaz, fioul, électricité...)	
Réseau de chaleur ?	00 - Aucun réseau de chaleur	
Réseau de froid ?		
$B_{bio\ moyenn}$ =	60,00	
M_{bpo} =	1,00	
M_{balt} =	0,00	
M_{bseuf} =	-0,17	
$B_{bio\ max}$ =	50,00	
Besoin bioclimatique conventionnel maximal en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel des locaux, sans dimension et exprimé en nombre de points.		
M_{ctype} =	1,00	
M_{cplio} =	1,00	
M_{calt} =	0,00	
M_{cseuf} =	-0,20	
M_{ccis} =	0,00	
Cep_{max} (kWh _{ep} /an.m ² S _{Rt}) =	40,00	
Consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage artificiel des locaux, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation, déduction faite de l'électricité produite à demeure.		

Figure 9 : Cep_{max} des maisons individuelles

Le Cep_{max} pour les maisons individuelles est de 40 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.7. Salle des fêtes

Le site « Observatoire BBC » a été utilisé pour déterminer le CEP_{max} pour une salle des fêtes en utilisant une valeur moyenne des REX de projets similaires à celui de la présente ZAC.

Le CEP_{max} pour la salle des fêtes est de 110 kWh_{ep}.m²/an.

5.1.8. Médiathèque

Le site « Observatoire BBC » a été utilisé pour déterminer le CEP_{max} pour d'une médiathèque en utilisant une valeur moyenne des REX de projets similaires à celui de la présente ZAC.

Le CEP_{max} pour la médiathèque est de 88 kWh_{ep}.m²/an.

5.2. Bâtiments existants

L'estimation des consommations des bâtiments existants est faite à partir de la base des données des consommations des bâtiments tertiaires de l'Observatoire BBC. Nous avons réalisé une moyenne du CEP_{max} des bâtiments rénovés ayant des caractéristiques similaires (département, zone climatique, année de construction).

Le CEP_{max} pour les logements collectifs rénovés (~70 m²) est de 69 kWh_{ep}.m²/an.

5.3. Répartition des consommations

Le CEP_{max} englobe les 5 postes réglementaires suivants :

- ▶ Chauffage ;
- ▶ Eau chaude sanitaire (ECS) ;
- ▶ Rafraichissement ;
- ▶ Eclairage ;
- ▶ Auxiliaires de ventilation.

Le tableau suivant présente les hypothèses de répartition des consommations :

Tableau 1 Ratios de consommations

Nom complet de la typologie	Chauffage	ECS	Eclairage	Auxiliaires	Electricité spécifique	Climatisation
Maison individuelle	35%	35%	10%	20%	0%	0%
Logements collectifs neufs	38%	40%	11%	11%	0%	0%
Logements collectifs rénovés	43%	42%	9%	6%	0%	0%
Bâtiments activités sports et loisirs	28%	14%	29%	29%	0%	0%
Bureaux et bureaux santé	33%	6%	35%	26%	0%	0%
Commerces	35%	1%	39%	25%	0%	0%
Médiathèque	36%	1%	24%	39%	0%	0%
Salle des fêtes	45%	3%	26%	26%	0%	0%

A cela nous ajoutons un 6^{ème} poste non réglementaire concernant les consommations des appareils électriques et du process, appelé « Electricité spécifique ». Il est défini selon la méthode d'évaluation du label E+/C-.

La consommation de chauffage a fait l'objet d'une diminution de 20% par rapport aux ratios de la RE2020 pour anticiper les futurs seuils de la réglementation. Ainsi, les hypothèses des ratios des consommations primaires sont les suivantes :

Tableau 2 Besoins énergétiques

Nom complet de la typologie	Cep_{max} RE2020	Chauffage	ECS	Eclairage	Auxiliaires	Electricité spécifique	Climatisation
Maison individuelle	34 kWh _{ep} /m ² /an	9,5	11,9	3,4	6,8	59,5	11,9
Logements collectifs neufs (~32 m ²)	61 kWh _{ep} /m ² /an	18,6	24,5	6,7	6,7	59,5	0,0
Logements collectifs neufs (> 80 m ²)	43 kWh _{ep} /m ² /an	12,9	17,0	4,7	4,7	59,5	0,0
Logements collectifs rénovés (~70 m ²)	69 kWh _{ep} /m ² /an	23,5	29,2	6,4	4,0	59,5	0,0
Bâtiments activités sports et loisirs	102 kWh _{ep} /m ² /an	22,8	14,3	29,6	29,6	0,0	0,0
Bureaux et bureaux santé	49 kWh _{ep} /m ² /an	12,9	2,9	17,2	12,7	70,0	0,0
Commerces	252 kWh _{ep} /m ² /an	70,7	2,5	98,5	63,1	197,2	0,0
Médiathèque	88 kWh _{ep} /m ² /an	25,3	0,9	21,1	34,3	0,0	0,0

Salle des fêtes	110 kWh _{ep} /m ² /an	39,6	3,3	28,6	28,6	0,0	0,0
-----------------	---	------	-----	------	------	-----	-----

6. Bilan des consommations

Sur la base des ratios de consommations et du programme constructif, les consommations du projet sont les suivantes, en MWh_{ep}.an, avec une répartition en % :

Nom complet de la typologie	Cep _{max} RE2020
Chauffage	1 179 MWh
ECS	885 MWh
Eclairage	996 MWh
Auxiliaires	864 MWh
Electricité spécifique	3 905 MWh
Climatisation	0 MWh
Total	7 829 MWh

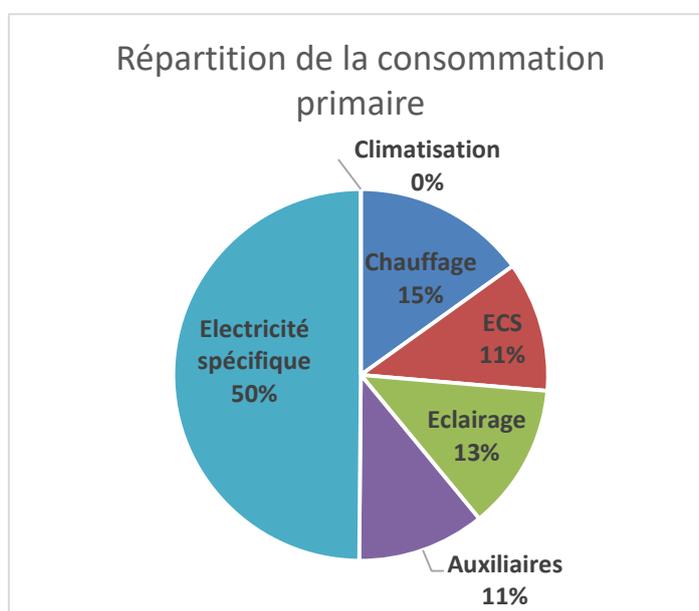


Figure 10 Répartition de la consommation énergie primaire

Les consommations thermiques relevant du chauffage et de l'Eau Chaude Sanitaire (ECS) représentent 2 064 MWh_{ep}/an.

Les consommations liées à l'électricité spécifique (fonctionnement des machines, des activités, des appareils électro-ménagers...) représentent quant à elles 3 905 MWh_{ep}/an.

7. Etude d'opportunité de mise en place d'un réseau de chaleur sur la ZAC

La mise en place d'un ou plusieurs réseaux de chaleur sur la ZAC permet de mutualiser les équipements de chauffage ou de production d'ECS. Cette mutualisation intervient principalement sur des zones à forte densité de consommateurs afin d'obtenir une cohérence économique.

Une étude des différentes possibilités de réseaux de chaleur a été réalisée. Dans ce cadre, la conception d'un réseau pour chaque lot de l'étude et la connexion entre différents lots ont été étudiées. Les résultats pour chaque lot sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 Opportunité de mise en place d'un réseau de chaleur

Lot	Réseaux de chaleur Chauffage	Réseaux de chaleur ECS + Chauffage
Lot A	✓	✓
Lot B	✓	✓
Lot C	✓	✓
Lot D	✓	✓
Lot E	✓	✓
Lot G	✓	✓
Lot J1	✗	✓
Lot J2	✓	✓
Lot J3	✓	✓
Lot K	✓	✓
Lot X	✓	✓

Ce tableau montre la possibilité de mettre en place des réseaux de chaleur **par lot**, hormis pour le lot J1. De plus, le périmètre complet étant plutôt compact, une mutualisation des réseaux serait possible, permettant la réalisation d'un même réseau pour l'ensemble de la ZAC. Le critère de faisabilité d'un réseau de chaleur est une densité thermique supérieure à 1,5 MWh.m/an.

Le réseau de chaleur privilégié serait la mise en place d'un **unique réseau qui dessert l'ensemble des lots de la ZAC** pour les deux solutions présentées ci-dessus, à savoir la prise en compte des besoins d'ECS et de chauffage ou seulement de chauffage.

La mise en place de réseaux de chaleur semblerait économiquement viable sur les lots présentés ci-dessus sous réserve de conditions VRD favorables.

8. Potentiel en énergies renouvelables et non renouvelables

8.1. Contraintes réglementaires d'urbanisme pouvant affecter le développement de certaines EnR

Dans l'objectif de protéger et conserver le patrimoine bâti présentant une importance particulière, différents types de protections existent en France : site patrimonial remarquable (regroupant les anciens secteurs sauvegardés, AVAP soit Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine et ZPPAUP), site classé, monument historique et site inscrit.

L'image ci-dessous est un extrait du PLU indiquant les servitudes présentes sur le projet.

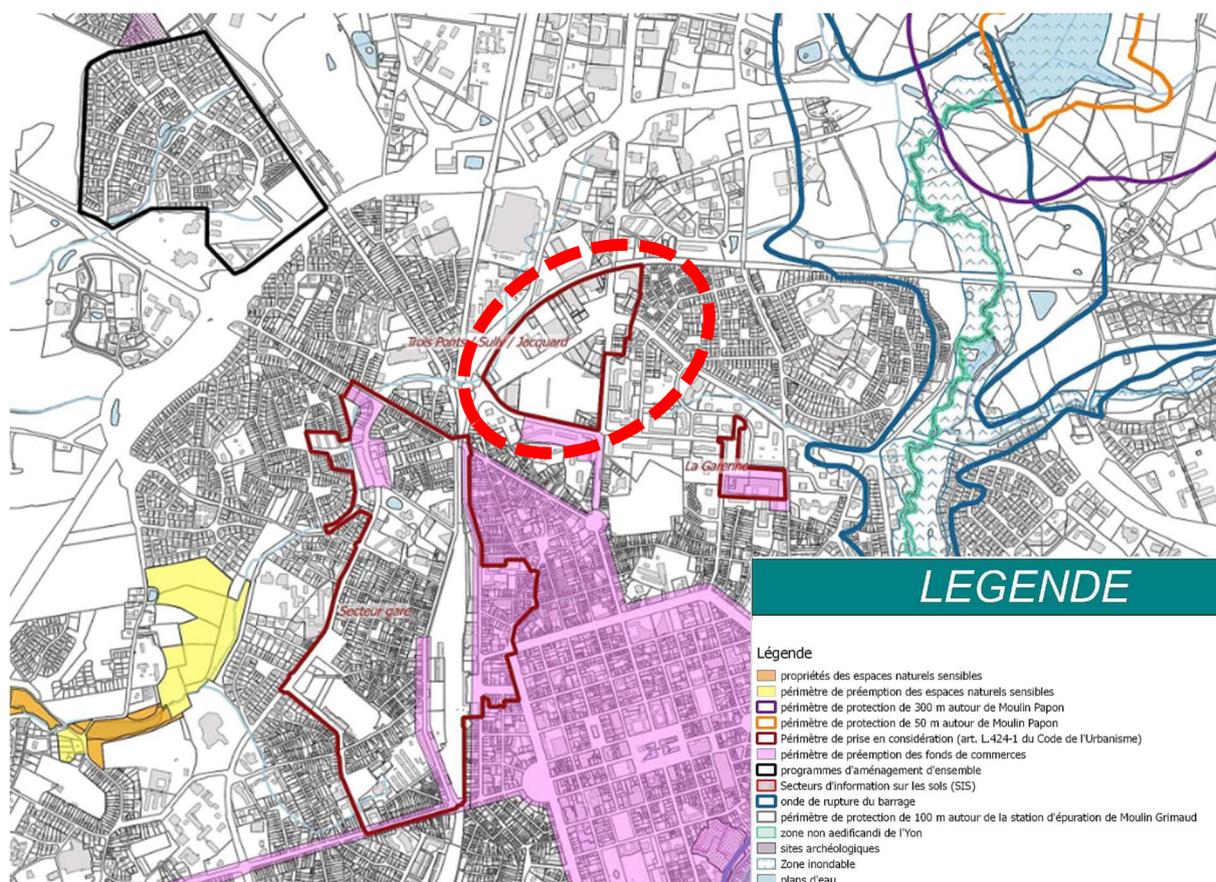


Figure 11 : Servitudes du PLU

La zone de la ZAC n'est concernée par aucune contrainte d'urbanisme.

8.2. La géothermie

La géothermie est une énergie locale, basée sur la récupération de la chaleur de la terre par l'exploitation des ressources du sous-sol, qu'elles soient aquifères ou non. Pour l'exploitation de la chaleur contenue dans le sous-sol, plusieurs technologies sont envisageables selon la température de la ressource.

On distingue généralement :

- ▶ La géothermie **très basse énergie** (température inférieure à 30°C) : elle exploite la chaleur du sol ou de l'eau du sous-sol à de faibles profondeurs, généralement comprises entre 0 et 100 mètres ;
- ▶ La géothermie **basse et moyenne énergie** (température comprise entre 30 et 90°C et entre 90°C et 150°C) : elle exploite la chaleur contenue dans le sous-sol jusqu'à 2 000 mètres de profondeur (géothermie profonde) ;
- ▶ La géothermie **haute énergie** (température supérieure à 150°C) : elle exploite la chaleur contenue dans le sous-sol jusqu'à 10 000 mètres de profondeur. Actuellement, le seul site français se trouve en Guadeloupe (centrale électrique de Bouillante).

Dans le cadre de cette étude, seules la géothermie très basse énergie et basse énergie seront étudiées, la géothermie haute énergie étant utilisée pour de grandes productions d'électricité.

Il existe différentes techniques d'exploitation, suivant la typologie de bâtiments (logements individuels, collectifs, lotissements, ensemble de bâtiments...) :

- ▶ Les champs de sondes : plusieurs sondes verticales sont disposées jusqu'à 200 mètres de profondeur et espacées entre elles d'une dizaine de mètres - une surface de terrain importante est donc nécessaire ;
- ▶ L'échange avec l'eau des aquifères superficiels : les eaux souterraines sont extraites de l'aquifère pour transmettre leurs calories à la pompe à chaleur, puis restituées à l'aquifère. La pompe à chaleur alimente ensuite en chaleur les bâtiments ;
- ▶ Les pieux énergétiques : lors de la fabrication des éléments de fondations (pieux, parois moulées, dalles, semelles, ...), un système de captage de l'énergie y est intégré, ce système est constitué des tubes dans lesquels circule un fluide caloporteur ;
- ▶ Les échangeurs horizontaux : des tuyaux sont enterrés horizontalement à faible profondeur - la surface nécessaire équivaut généralement à 1 à 2 fois la surface à chauffer ;
- ▶ Les sondes verticales : une sonde verticale, constituée d'un échangeur et contenant un fluide caloporteur est descendu dans un forage scellé, la longueur et le nombre de sondes dépendra des besoins.

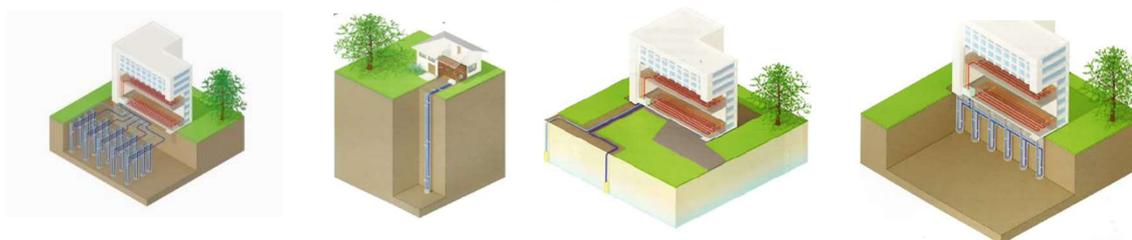


Figure 12 : Techniques d'exploitation de la géothermie (Sources : BRGM, ADEME)

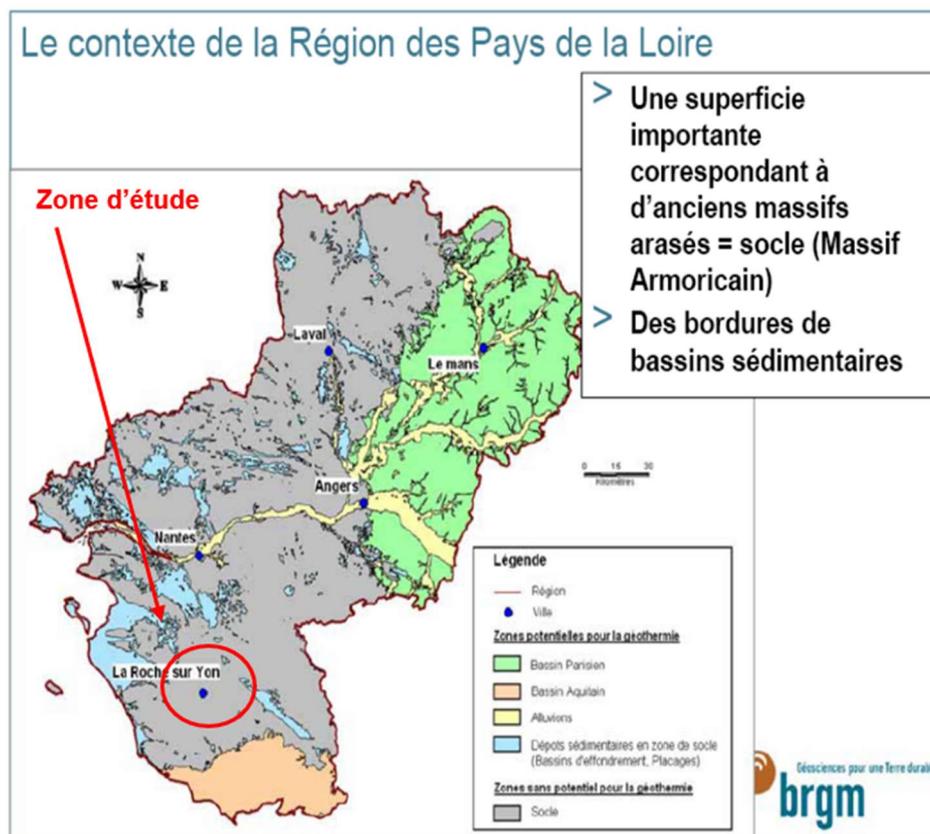


Figure 14 : Potentiel géothermique des Pays de la Loire (Source : BRGM)

Selon le PCAET (Plan Climat Air Energies Territorial), le département de la Vendée est plutôt favorable à la géothermie de type « très basse énergie » avec pompe à chaleur. Au niveau régional, l'orientation retenue est de favoriser le déploiement de la géothermie et de l'aérothermie lors de constructions neuves et de travaux de rénovation. Des projets de géothermie ont ainsi été recensés par le SYDEV (Syndicat Départemental d'Énergie et d'équipement de Vendée) sur le territoire départemental. Aucun projet n'a, en revanche, été identifié sur le secteur d'étude.

Afin de connaître le potentiel précis du sol, une étude spécifique serait nécessaire. Elle permettrait de déterminer le nombre de sondes et donc l'emprise au sol d'une telle installation, qui peut s'avérer inadaptée pour une ZAC entière. Du fait de la surface disponible, la mise en place d'une géothermie sur champs de sondes semble peu envisageable. Les contraintes techniques et réglementaires sont également à prendre en compte.

La puissance pouvant être extraite au droit du site ne pourra être validée que par la réalisation d'un test de réponse thermique à la profondeur correspondante. Ce test permettra de mesurer les propriétés thermiques du sous-sol réellement rencontré. De plus, il permettra de relever la coupe lithologique réelle et de prévoir la technique de forage la plus appropriée dans le cas de la réalisation des travaux. Les contraintes techniques et réglementaires sont également à prendre en compte.

Solution non retenue en raison du gisement faible ou inexistant.

8.3. La filière bois

Au niveau écologique, le chauffage biomasse est une opération neutre car le bilan carbone est nul. En effet, la quantité de CO₂ dégagée lors de la combustion du bois est comparable à celle produite naturellement lors de sa décomposition. Cette quantité de CO₂ correspond à celle qui a été extraite de l'air pour la photosynthèse au cours de la croissance de l'arbre. Un équilibre est ainsi obtenu. Le bilan théorique sur le CO₂ produit est donc neutre. De plus, selon l'ADEME, lors de sa combustion, le bois émet 11 fois moins de dioxyde de carbone que le fioul, 4 fois moins que l'électricité et 5 fois moins que le gaz. En revanche, l'utilisation du bois énergie doit se faire dans de bonnes conditions environnementales.

Au niveau de la ressource, bien exploiter la forêt contribue à sa bonne santé et à sa pérennité, une forêt non exploitée perdant de sa valeur marchande. En effet, la valorisation énergétique des déchets forestiers permet d'améliorer l'état sanitaire des forêts. En collectant les rémanents, la valorisation énergétique des déchets forestiers :

- ▶ Evite le développement et la propagation des parasites et des maladies ;
- ▶ Facilite les replantations ;
- ▶ Encourage les travaux sylvicoles tels que le dépressage ou les éclaircies.

L'utilisation du bois énergie permet également de valoriser les sous-produits et déchets de la filière « bois » en combustible. En effet, les entreprises du bois produisent, lors de la transformation du bois, une part importante de sous-produits et de déchets utilisables comme combustible.

Le combustible bois peut aussi provenir des bois de rebut collectés par les sociétés du déchet : une chaufferie bois peut alors valoriser ces déchets industriels banals s'ils ne contiennent pas de traitement.

Enfin, l'énergie bois est une ressource indépendante des crises énergétiques mondiales et de l'évolution globale du prix des énergies telles que le gaz et l'électricité.

Il existe 4 grandes sources d'approvisionnement en bois énergie :

- ▶ La ressource forestière issue de l'entretien des bois et massifs (forêts, parcs et jardins) ;
- ▶ Les produits connexes des industries du bois ;
- ▶ Les déchets de bois urbains non traités (emballages légers usagés, caisses) ;
- ▶ Bois de bords de route (linéaires des bords de route, élagage urbain).

Filière d'approvisionnement	Produits connexes pouvant servir de combustible
▶ Exploitation forestière	▶ Sciures, copeaux, écorces, plaquettes, chutes diverses
▶ Industries de la première transformation (Sciage, déroulage, tranchage)	▶ Écorces, sciures, plaquettes, chutes diverses
▶ Industries de la seconde transformation (Transformations pour usage direct : meuble par ex.)	▶ Écorces, sciures, plaquettes, chutes diverses
▶ Bois de rebut	▶ Plaquettes

NOTA : Seuls les bois n'ayant subi aucun traitement doivent être brûlés, une attention particulière doit donc être apportée au bois de récupération qui est susceptible d'avoir subi un traitement chimique (introduction de colle, vernis, peintures, etc....) qui peut engendrer lors de la combustion des dégagements toxiques, des encrassements importants des appareils et des rejets indésirables dans les cendres (métaux lourds par exemple avec les peintures).

En Pays de la Loire, la surface forestière est implantée sur environ 369 000 ha (selon l'IFN), ce qui représente 11% du territoire régional. La production de bois énergie en Pays de la Loire a représenté 3 867 GWh d'énergie primaire en 2020 (Source : Air Pays de la Loire BASEMIS).

La région compte 478 chaufferies en fonctionnement au 01 septembre 2022, fonctionnant totalement ou partiellement avec du bois, réparties suivant les différents usages :

- ▶ **Les chaufferies de collectivité** sont au nombre de 351 pour une puissance installée totale de 196 MW ;
- ▶ **Les chaufferies des entreprises** du bois sont au nombre de 60 pour une puissance installée totale de 145 MW ;
- ▶ **Les chaufferies des entreprises autres secteurs du bois** sont au nombre de 55 pour une puissance installée totale de 130 MW ;
- ▶ **Les chaufferies tertiaires** sont au nombre de 12 pour une puissance installée totale de 2 MW.

La puissance totale du parc d'installation est de 473 MW thermiques et 11 MW électriques en 2022. La consommation totale de bois est d'environ **550 000 tonnes**.

La filière connaît une croissance importante dans la région avec 58 chaufferies en cours de réalisation dont la majorité pour des collectivités, ce qui représentera une consommation de bois supplémentaire d'environ 50 000 tonnes.

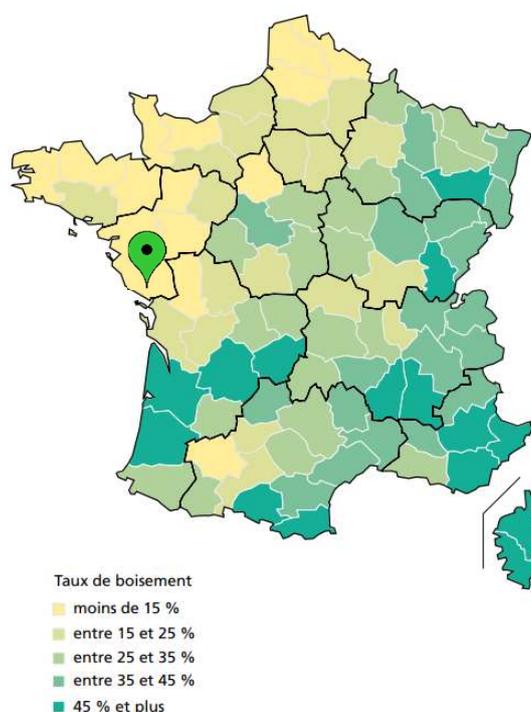


Figure 15 : Taux de boisement par département (Source : IFN)

Par ailleurs, le potentiel de bois énergie exploitable augmente (BIBE-P) et continuera d'augmenter ces prochaines années, ce qui en fait une ressource abondante au niveau national.

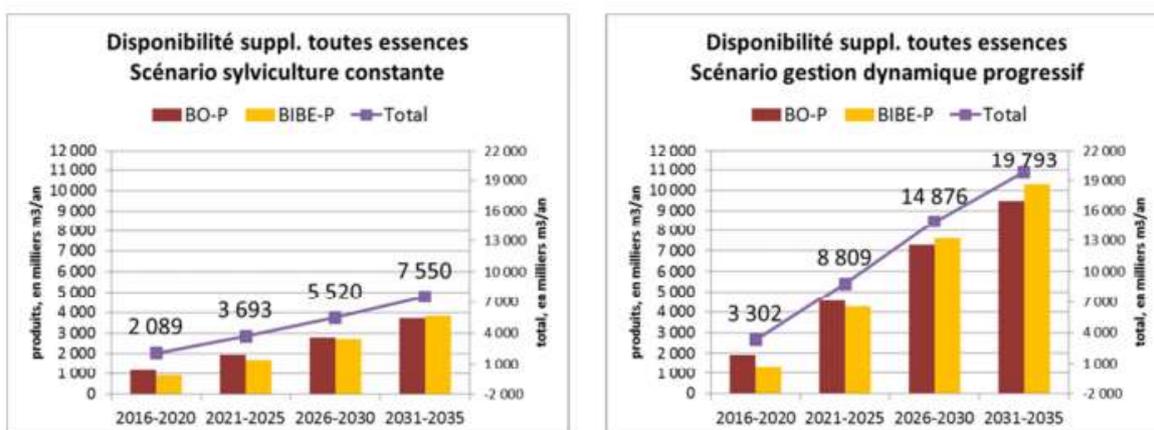


Figure 16 : Disponibilité supplémentaire de bois exploitable en France (Source : ADEME)

Compte tenu du développement de la filière bois énergie dans la région ainsi que l'augmentation du gisement, cette solution semble pertinente.

Le dernier critère pour la mise en place de cette solution est l'emprise au sol. En effet, une chaufferie bois collective pour l'ensemble de la ZAC nécessitera une surface d'implantation conséquente qui n'est pas disponible sur le projet.

La mise en place de chaufferies bois n'est pas envisageable en raison du manque d'espace foncier disponible sur la ZAC.

8.4. Le solaire

8.4.1. Généralités

A l'échelle de la France métropolitaine, l'irradiation globale horizontale annuelle varie de 1 000 kWh/m² dans le Nord à près de 1 900 kWh/m² dans le Sud.

Le gisement solaire exploitable sur le territoire régional est globalement supérieur à la moyenne française avec 1 500 kWh/m² en moyenne par an.

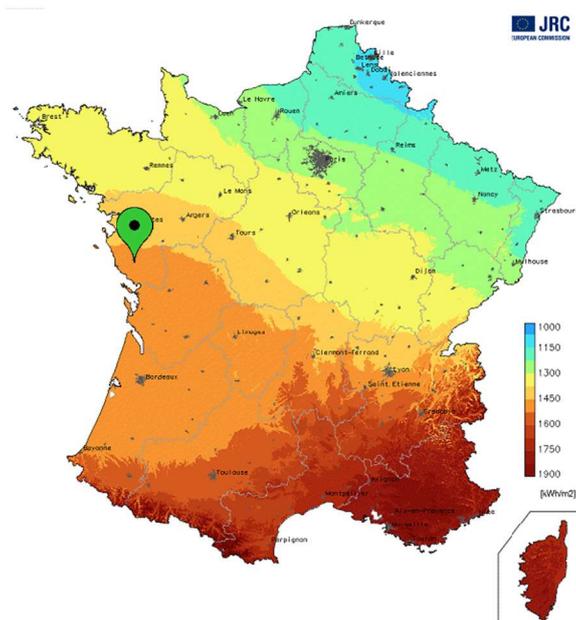


Figure 17 : Ensoleillement surfacique annuel en France (kWh/m².an) (Source : CCR)

Dans l'objectif de protéger et conserver le patrimoine bâti présentant une importance particulière, différents types de protection existent en France : site patrimonial remarquable (regroupant les anciens secteurs sauvegardés, AVAP soit Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine et ZPPAUP), site classé, monument historique et site inscrit.

Aucune contrainte d'urbanisme n'a été identifiée sur le site de la ZAC pour la mise en place de panneaux solaire.

8.4.2. Solaire photovoltaïque

Les panneaux solaires photovoltaïques transforment l'énergie solaire, une énergie inépuisable et naturellement disponible, en électricité par le biais de cellules photovoltaïques. Chacune de ces cellules photovoltaïques délivre une tension de 0.5 à 0.6V. Le courant continu produit par ces panneaux est transformé par l'onduleur en courant alternatif compatible avec le réseau électrique.

La distinction entre autoconsommation et injection totale vers le réseau de distribution n'impacte pas le potentiel de production. Par ailleurs, la ressource est étudiée pour des installations en toiture, l'installation au sol étant inadéquate sur le site.

Cette solution a été retenue et sera étudiée.

8.4.3. Solaire thermique

Le principe du solaire thermique est de transformer le rayonnement solaire en chaleur à l'aide d'un absorbeur. Un absorbeur est un corps noir possédant des propriétés d'absorption très élevées et d'émissivité très basses. La chaleur est transférée par l'absorbeur à un fluide caloporteur, qui circule au travers de chacun des capteurs. Le fluide caloporteur achemine ainsi l'énergie solaire vers le ballon de stockage à travers un échangeur. Le fluide caloporteur achemine ainsi l'énergie solaire vers le ballon de stockage à travers un échangeur.

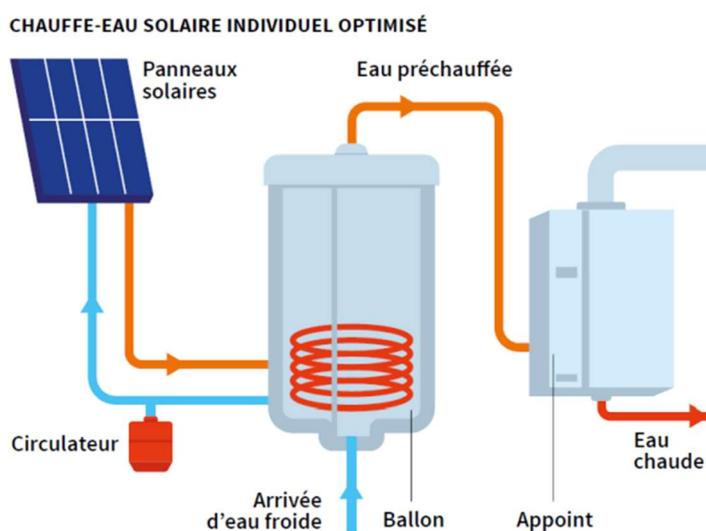


Figure 18 : Schéma de fonctionnement d'un capteur solaire thermique (Source : ADEME)

Le potentiel de développement du solaire thermique est étudié dans le cas de **Chauffe-Eaux Solaires Individuels (CESI) et Collectifs (CESC)**.

Le site bénéficie d'un ensoleillement annuel moyen plus élevé que la moyenne Française, de 1 500 kWh/m²/an.

Cette solution a été retenue et sera étudiée.

8.5. L'éolien

8.5.1. Le grand éolien

A l'échelle nationale, les régions Grand-Est et Haut-de-France concentrent à elles seules près de la moitié de la production électrique éolienne. En revanche, du fait d'importantes contraintes d'implantation réduisant les zones propices au développement de l'éolien (contraintes radars, massifs montagneux...), la région Provence-Alpes-Côte d'Azur ne produit que 118 GWh d'électricité éolienne, soit l'équivalent de 23 600 foyers.

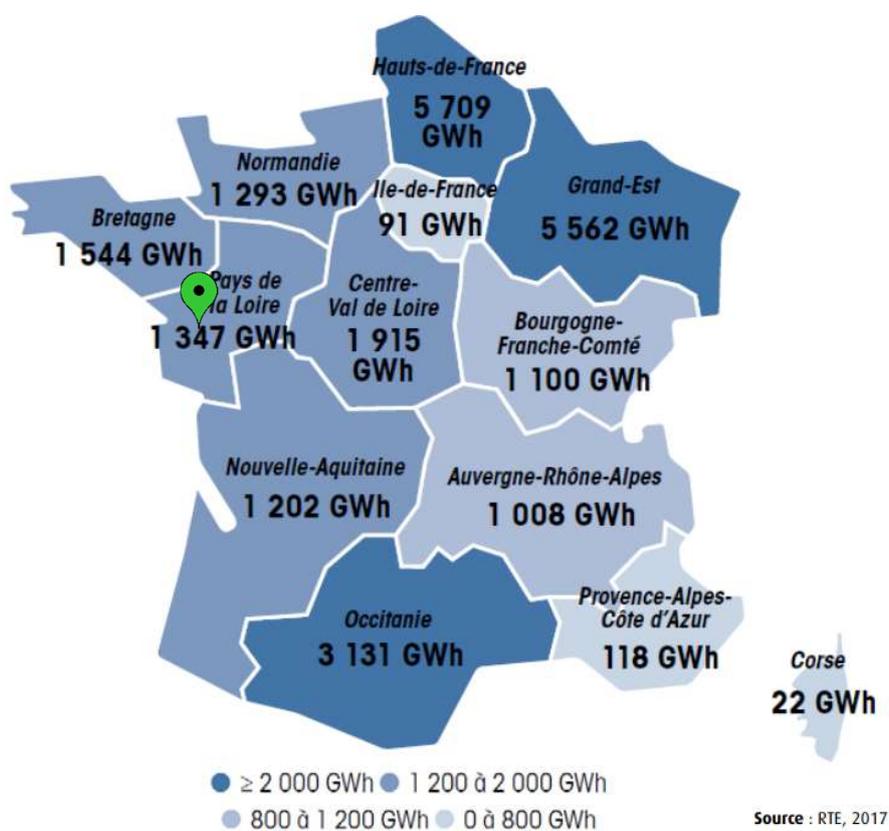


Figure 19 : Production éolienne en 2017 (Source : RTE, Cerema)

Au 31 décembre 2022, la région Pays de la Loire disposait d'une puissance totale raccordée au réseau électrique de 1 724 MW : ceci représente 8% de la puissance totale installée en France. Le parc éolien en Pays de la Loire a subi une forte augmentation de sa puissance installée en 2022 au vu de la mise en service du premier parc éolien offshore d'une puissance de 480 MW.

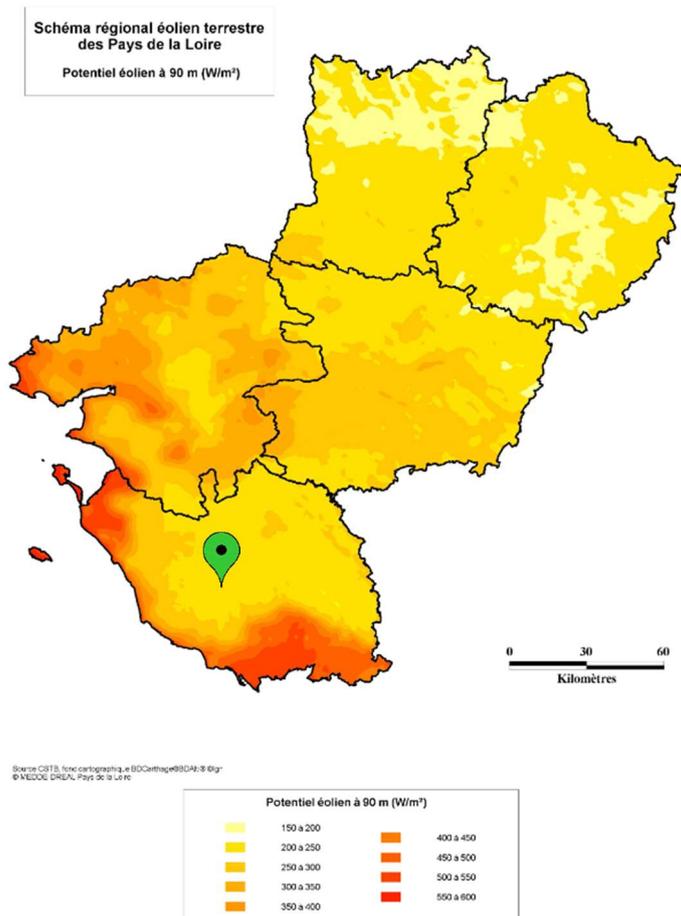


Figure 20 : Gisement éolien potentiel en Pays de la Loire (Source : Région Pays de Loire)

Situé en zone urbanisée, la technologie Grand éolien ne pourra être envisagée sur le projet, ceci du fait de la contrainte réglementaire interdisant le développement de cette technologie à moins de 500 mètres des habitations.

Cette solution n'est donc pas retenue.

8.5.2. Le petit éolien

Le petit éolien permet une implantation plus simple, grâce à des contraintes réglementaires et techniques moins importantes que le grand éolien. Cette technologie offre différentes possibilités de fixation, comme la mise en place sur le toit d'un bâtiment ou sur un mât de moindre hauteur que le grand éolien.

Ci-après, une présentation de l'écoulement d'air autour d'un immeuble permet de visualiser l'intérêt d'utiliser le toit des bâtiments pour l'implantation.

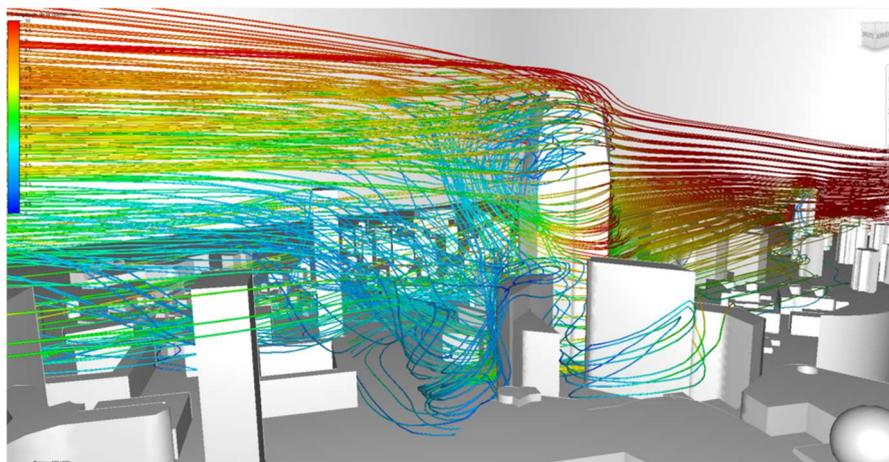


Figure 21 : Exemple écoulement de l'air autour d'un bâtiment (Source : Inex)

On peut observer une augmentation de la vitesse du vent sur le toit du bâtiment. L'efficacité de ces systèmes est fortement dépendante de l'aménagement proche tel que l'urbanisation ou la présence d'arbres venant perturber l'écoulement de l'air. Sur l'image ci-dessus, l'écoulement d'air n'est pas perturbé en amont du bâtiment. Une étude spécifique à chaque projet est donc nécessaire afin de déterminer le potentiel du petit éolien.

De plus, ces installations peuvent avoir des impacts sur la structure des bâtiments s'ils sont installés sur les toits avec de possibles vibrations à prendre en compte.

Dans le cadre du projet, cette technologie n'est pas retenue en raison du faible gisement observé sur la carte du potentiel éolien à 90 mètres, ainsi que l'urbanisme alentours avec la présence d'immeuble.

L'intégration de ce type d'installations sur le projet n'est donc pas retenue.

8.6. Raccordement à un réseau de chaleur urbain

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée. Il permet donc de desservir plusieurs sites. Il peut comprendre une ou plusieurs unité(s) de production de chaleur. La chaleur peut être générée à partir de diverses sources d'énergies telles que les énergies conventionnelles, les énergies renouvelables ou les énergies de récupération.

8.6.1. Energies de récupération ou énergies fatales

La région Pays de la Loire compte 4 unités d'incinération des ordures ménagères (UIOM) en fonctionnement. Les UIOM peuvent « libérer » la valeur énergétique des déchets afin de fournir de la chaleur, de la vapeur ou de l'électricité. Cependant, elles ne sont pas situées aux alentours de La Roche sur Yon.

Aucune industrie produisant de la chaleur fatale n'a été identifiée autour du projet.

8.6.2. Extension d'un réseau de chaleur existant

La carte d'implantation des réseaux de chaleur urbains (RCU) est la suivante :



Figure 22 : Implantation du réseau de chaleur urbain de La Roche sur Yon (Source : TEO)

Deux réseaux de chaleur à production 100% gaz naturel sont existants sur le territoire. L'un d'entre eux est situé quartier Pyramide, adjacent au projet pour une longueur de 2 000 m. Le réseau est géré par un bailleur social. Des échanges avec le gestionnaire du réseau permettrait d'envisager ou non une extension du réseau existant et le développement d'une chaufferie centralisée utilisant un mix d'EnR.

Il n'est pas envisagé une fourniture de chaleur par extension du réseau actuel 100% gaz mais plutôt une interconnexion et gestion centralisée de la production de chaleur faisant intervenir un mix d'EnR.

La solution d'extension de réseau de chaleur n'est pas retenue.

8.6.3. Création d'un réseau de chaleur existant propre à la ZAC

Comme indiqué au paragraphe 7 du présent document, la mise en place de réseaux de chaleur par lot hormis pour le lot J1 ou la création d'un réseau de chaleur sur l'ensemble du périmètre de la ZAC semblerait économiquement viable.

De plus, une mutualisation du réseau de chaleur avec le bailleur social adjacent ainsi que l'usine Atlantic pourrait être envisagée afin d'augmenter la part d'EnR consommée dans la zone et mutualiser les coûts de fourniture de chaleur.

Cette solution de mutualisation nécessitera des échanges avec les acteurs locaux ainsi que des études complémentaires.

La solution est retenue dans la présente étude.

8.7. Pompe à chaleur électrique

8.7.1. Généralités

Une pompe à chaleur permet de produire du chaud ou du froid grâce à la combinaison d'un moteur électrique ainsi que l'utilisation de l'énergie présente en extérieur. Le réel avantage est l'utilisation de cette énergie extérieure gratuite.

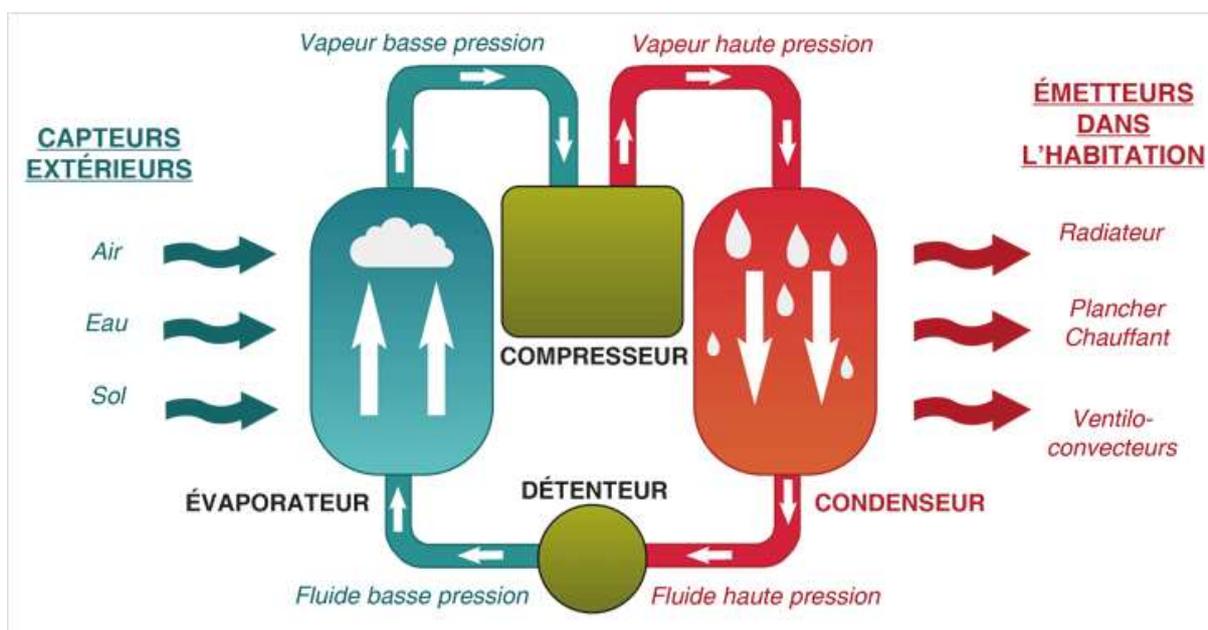


Figure 23 : Schéma du principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur électrique (Source : FT Media)

Théoriquement, pour 1 kWh d'électricité consommé, la pompe à chaleur restitue de 2 à 5 kWh de chaleur ou 2 à 7kW de froid en fonction du Coefficient de Performance (COP) de chaque modèle. Le COP d'une pompe à chaleur diminue plus l'écart entre la température demandée et la température de la source extérieure est grand. Cela s'illustre parfaitement en période hivernale quand la température extérieure est très froide avec un écart important avec la consigne de chauffage. Dans ce cas, la performance de la PAC se dégradera. En été, pour les besoins de froid, il va se produire le même inconvénient lors des pics de chaleur. Inversement, moins l'écart de température est grand, meilleur sera le COP.

Une pompe à chaleur électrique peut être implantée quasiment partout dès lors qu'un accès à l'électricité est possible, ce qui est notre cas. Ce type de système a ses limites dans les zones où la température extérieure en hiver est très faible sur des périodes continues et longues. Ci-dessous sont présentées les différentes technologies de pompes à chaleur.

8.7.2. Pompe à chaleur air/air

La pompe à chaleur air/air utilise l'énergie de l'air ambiant pour chauffer l'air intérieur à l'aide d'un ventilateur.

L'avantage premier de ce modèle est la possibilité d'inverser le cycle de fonctionnement pour produire du froid en été. En effet, avec la présence d'un ventilateur pour diffuser l'énergie à l'intérieur du bâtiment, l'utilisation du chaud ou du froid est facilitée.

Les inconvénients peuvent être la création du réseau à l'intérieur du bâtiment pour relier l'extérieur et le ou les ventilateur(s) intérieur(s), mais aussi la faible efficacité lors de pics de chaleur ou de froid (comme expliqué en introduction de la partie).

La solution n'est pas retenue en raison du faible besoin de climatisation.

8.7.3. Pompe à chaleur air/eau

La pompe à chaleur air/eau permet de chauffer ou refroidir de l'eau grâce à l'énergie présente dans l'air extérieur. La ressource étudiée ici concerne la mise en œuvre de pompes à chaleur air/eau électriques dites de « très basse énergie ». Cette technologie consiste à avoir une température de consigne dans les bâtiments ayant le plus faible écart avec l'extérieur. Comme expliqué en introduction, moins l'écart de température entre l'air extérieur et la consigne est grand, meilleur sera le COP et donc l'efficacité.

Cette technologie impose donc l'usage de systèmes de chauffage ou de climatisation à faible écart de température comme le plancher chauffant ou rafraichissant.

Concernant l'utilisation de l'air extérieur, l'usage de cette pompe à chaleur sera peut efficace lors des pics de chaleur ou de froid.

La solution est pertinente et sera étudiée.

8.7.4. Ballon thermodynamique

La pompe à chaleur air/eau permet aussi de produire de l'eau chaude sanitaire. Un ballon thermodynamique à l'avantage principal d'utiliser une PAC qui permet de produire entre 3 et 5 fois plus de chaleur que la consommation électrique. La PAC est combinée à une résistance électrique. La résistance électrique d'appoint permet d'avoir une qualité de service en ECS indépendant de la température extérieure lors des pics de froid durant l'hiver. Ce système permet une réduction de l'ordre de 70% de l'énergie consommé par rapport à un ballon électrique classique.

Il existe 2 types de ballons thermodynamiques, l'un utilisant l'air ambiant du local et l'autre utilisant l'air extérieur pour la PAC. Il peut donc facilement s'adapter au bâtiment existant ou neuf. La taille du ballon peut varier afin de s'adapter aux usages et convenir pour une application en logement individuel ou collectif mais aussi dans un bâtiment tertiaire.

La solution est pertinente et sera étudiée.

8.7.5. Pompe à chaleur eau/eau

Les pompes à chaleur eau/eau utilisent la chaleur du sol grâce à des tuyaux enterrés permettant l'échange entre le sol et l'eau. Le réel avantage d'une PAC eau/eau est l'amélioration du rendement surtout en période hivernale grâce au sol qui ne descend pas en dessous de 10°C.

Cette technologie reprend le principe de la géothermie mais avec des sondes peu profondes ou en surfaces (avec un réseau enterré à quelques mètres sous terre) afin d'utiliser l'inertie thermique pendant l'hiver. Cette technologie permet aussi une production de froid en période estivale avec une très bonne efficacité en captant la fraîcheur du sol.

La mise en place des sondes ou du maillage de tuyaux représente un surcoût important par rapport au PAC air/eau nécessitant une étude spécifique afin de déterminer la typologie de sonde.

La solution ne sera pas retenue en raison du contexte climatique local non rigoureux en hiver et en été.

8.8. Chaudière gaz ou biogaz

Le principe d'une chaudière gaz est de brûler du gaz de sorte que les fumées créées passent dans un échangeur où circule l'eau qui alimente le circuit de chauffage ou d'eau chaude sanitaire. Le gaz naturel étant une énergie fossile, il est possible de le remplacer par du biométhane produit principalement par de la méthanisation présente sur le territoire Français. Au 1 janvier 2023, la France dénombrait 514 unités de méthanisation injectant du gaz dans le réseau Français. Ces unités ont produit 7,0 TWh/an (équivalent à 2 265 000 logements neufs) soit 1.6% de la consommation totale française en 2022. La filière de la méthanisation est en forte croissance avec une augmentation de 61% des volumes de gaz injecté dans le réseau français entre 2021 et 2022.

Une chaudière gaz peut être implantée quasiment partout dès lors que l'accès au gaz est possible. Un réseau de gaz existant est présent à La Roche sur Yon, rendant un branchement sur ce réseau possible.

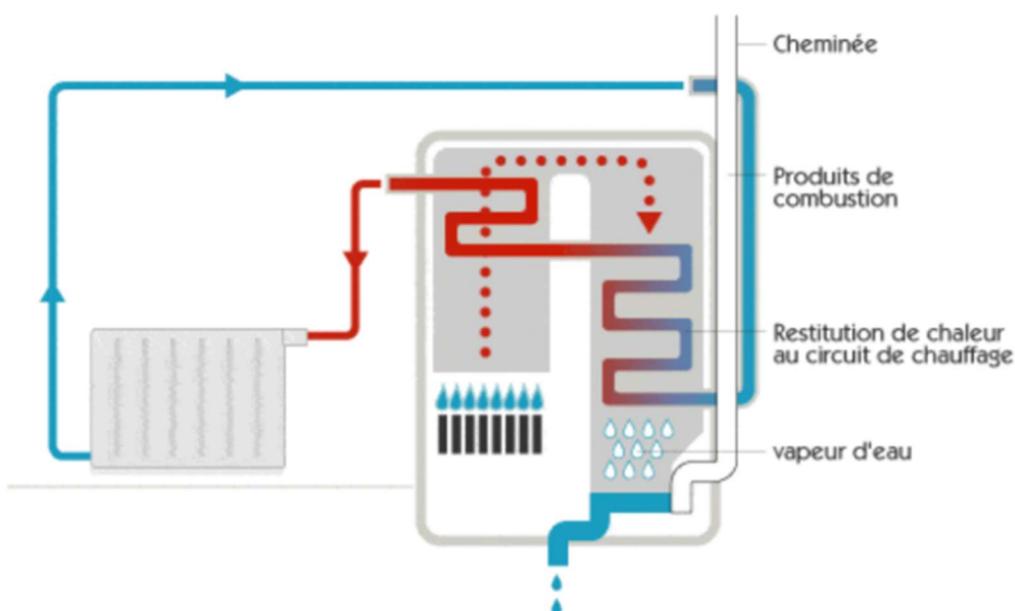


Figure 24 : Schéma de fonctionnement d'une chaudière gaz (Source : Ooreka)

La solution « chaudière gaz » est la plus classique et la plus facile à mettre en œuvre. Elle sera la solution de référence à comparer aux autres solutions.

9. Revue des énergies renouvelables envisageables

Les choix réalisés dans le cadre d'une requalification urbaine représentent un engagement sur plusieurs dizaines d'années. En matière d'énergie, les conséquences directes de ces choix sont :

- ▶ Le coût pour les usagers (niveau et stabilité) ;
- ▶ L'impact sur le climat (émissions de gaz à effet de serre) ;
- ▶ L'impact sur l'environnement (qualité de l'air, impact paysager...).

Le panel de solutions est large et chaque solution dispose de ses atouts et de ses limites. Le tableau suivant décrit en première approche les systèmes d'énergies renouvelables présentant une pertinence technique à l'échelle de l'opération.

Tableau 4 Revue des énergies renouvelables

Energie	Technologie	Usage	Echelle de production	Possibilité d'utilisation pour le projet	Explication du choix
Géothermie très basse énergie	Capteurs horizontaux	Chauffage, climatisation	Bâtiment	Non pertinent	Absence de gisement
	Sondes géothermiques verticales	Chauffage, ECS, climatisation	Bâtiment		
Géothermie basse énergie	Pompage d'eau chaude dans le sol pour alimenter directement un circuit de chauffage/eau chaude	Besoins importants de chauffage urbain + ECS	Bâtiment ou réseau de chaleur	Non pertinent	Absence de gisement
Combustion de biomasse	Chaudière à plaquettes	Chauffage, ECS	Périmètre îlot	Pertinent	Potentiel fort
	Chaudière biomasse (granulés)	Chauffage, ECS	Bâtiment	Pertinent	Potentiel fort
Solaire photovoltaïque	Autoconsommation et vente du surplus	Production électrique	Bâtiment	Pertinent	Potentiel fort
Solaire thermique	Capteurs solaires thermiques	ECS pour logements individuels et collectifs et activité à fort besoin d'eau chaude	Bâtiment	Pertinent	Potentiel fort

Energie	Technologie	Usage	Echelle de production	Possibilité d'utilisation pour le projet	Explication du choix
Eolien	Petit éolien (<12m)	Production électrique	Bâtiment	Non pertinent	Potentiel faible
	Grand éolien (>12m)	Production électrique	Investisseurs	Impossibilité réglementaire	
Raccordement RCU	Energies de récupération ou énergies fatales	Chauffage, ECS	Périmètre Îlot Bâtiment	Non pertinent	Absence de gisement
	Raccordement à un RCU existant	Chauffage, ECS	Périmètre Îlot Bâtiment	Pertinent (sous réserve échange avec le gestionnaire du réseau)	Réseau voisin 100% gaz pour des logements sociaux (mutualisation des besoins possible pour le développement d'un réseau de chaleur unique)
	Création d'un RCU	Chauffage, ECS	Périmètre Îlot	Peu pertinent	Aucune surface susceptible d'accueillir une chaufferie centralisée n'a pu être identifiée
Pompe à chaleur	PAC air/air électrique	Chauffage, climatisation	Logement collectif Bâtiment tertiaire	Peu pertinent	Potentiel intéressant fort dépendant du besoin de climatisation (conception bioclimatique des logements)
	PAC air/eau électrique basse température	Chauffage, climatisation	Logement collectif Bâtiment tertiaire	Pertinent	Potentiel fort
	Ballon thermodynamique	ECS	Logement collectif Bâtiment tertiaire	Pertinent	Potentiel fort
	PAC eau/eau électrique basse température	Chauffage, ECS, climatisation	Logement collectif Bâtiment tertiaire	Peu pertinent	Peu de besoin nécessitant cette technologie

10. Comparaison des solutions d’approvisionnement énergétique

10.1. Généralités

Dans le contexte local de l’étude, l’ensemble des scénarios respectent les prescriptions du PCAET.

Afin d’analyser le potentiel en énergie renouvelable de l’opération, l’étude d’approvisionnement portera sur une comparaison de scénarios. Les solutions étudiées sont retenues sur la base de leurs pertinences technique, financière et environnementale.

A noter qu’une **étude du potentiel photovoltaïque** est disponible en fin du présent rapport et **susceptible d’être mise en place dans tous les scénarios**.

4 scénarios seront à l’étude :

- ▶ **Scénario n°1 - Solution chaufferie collective : biogaz et solaire thermique par immeuble :** une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière biogaz pour le chauffage et l’appoint d’ECS ; l’ECS étant prioritairement produite avec des panneaux solaires thermiques en toiture pour chaque bâtiment ;
- ▶ **Scénario n°2 - Solution chaufferie collective : bois et ballon thermodynamique par immeuble :** une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé pour le chauffage tandis que l’ECS est assurée par des ballons thermodynamiques ;
- ▶ **Scénario n°3 - Solution chaufferie collective : bois et solaire thermique par immeuble :** une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé pour le chauffage et l’appoint d’ECS ; l’ECS étant prioritairement produite avec des panneaux solaires thermiques en toiture pour chaque bâtiment ;
- ▶ **Scénario n°4 - Solution chaufferie collective : pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble :** une chaufferie par bâtiment alimentée par une PAC (80%) et une chaudière biogaz (20%) pour l’ECS et le chauffage, réglée afin d’optimiser le fonctionnement de la PAC.

10.2. Présentation des scénarios proposés

10.2.1. Solution chaufferie collective : biogaz et solaire thermique par immeuble

Ce scénario prévoit la création d'une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière biogaz. La chaudière couvrira l'ensemble des besoins de chauffage ainsi que 30% de l'ECS. L'installation des panneaux solaires thermiques sur la toiture des bâtiments produira 70% des besoins d'ECS.

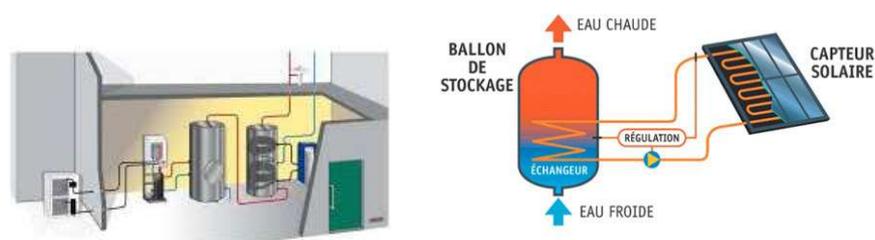


Figure 25 : Chaufferie collective gaz et Schéma de fonctionnement d'un panneau solaire thermique (Source : Ooreka)

10.2.2. Solution chaufferie collective : bois et ballon thermodynamique par immeuble

Ce scénario prévoit la création d'une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé. La chaudière couvrira l'ensemble des besoins de chauffage. Le ballon thermodynamique produira l'ensemble des besoins d'ECS.

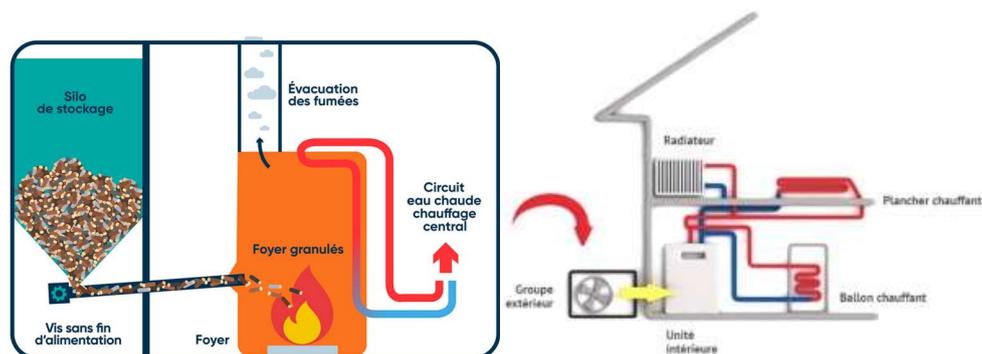


Figure 26 : Schéma d'une chaudière granulés (Source : Effy) et schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur (Source : Daikin)

10.2.3. Solution chaufferie collective : bois et solaire thermique par immeuble

Ce scénario prévoit la création d'une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé. La chaudière couvrira l'ensemble des besoins de chauffage ainsi que 30% de l'ECS. L'installation des panneaux solaires thermiques sur la toiture des bâtiments produira 70% des besoins.

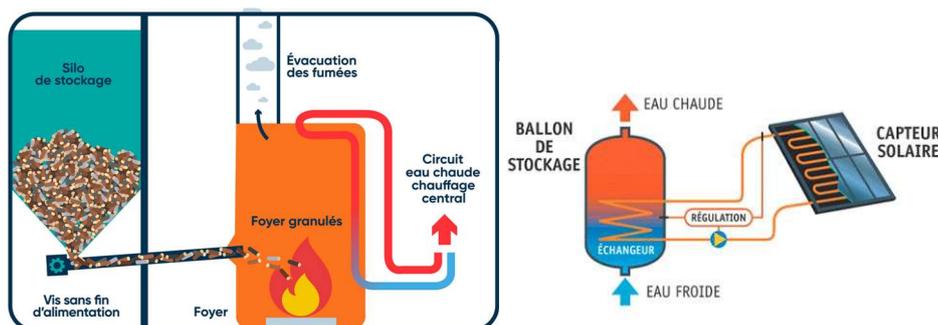


Figure 27 : Schéma d'une chaudière granulé (Source : Effy) et schéma d'un panneau solaire thermique (Source : Ooreka)

10.2.4. Solution chaufferie collective : pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble

Ce scénario prévoit la mise en place d'une chaufferie par bâtiment combinant une pompe à chaleur air/eau électrique ainsi qu'une chaudière biogaz pour les fortes demandes de puissance. La pompe à chaleur assurera environ 80% des besoins de chauffage et d'ECS tandis que la chaudière gaz interviendra pour les fortes demandes de puissance généralement en hiver à hauteur de 20% des besoins.

Ce montage permet de ne pas surdimensionner la puissance des pompes à chaleur.

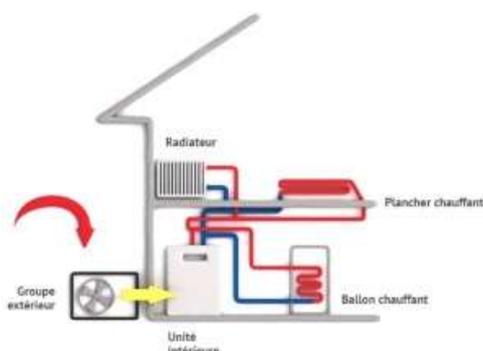


Figure 28 : Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur (Source : Daikin)

11. Comparatif des scénarios pour la desserte en chauffage et eau chaude sanitaire

11.1. Introduction

L'étude d'opportunité permet la comparaison de différentes solutions sur la base de plusieurs critères :

- ▶ Coût global ;
- ▶ Émissions CO₂ ;
- ▶ Adaptabilité aux évolutions du contexte énergétique ;
- ▶ Facilité de mise en œuvre opérationnelle.

Le coût de l'énergie ne se résume pas au coût du kWh et il est nécessaire de réaliser les comparatifs en coût global. Aussi seront étudiés :

- ▶ Le coût du kWh (P1 dans le jargon des contrats d'exploitation de chauffage) ;
- ▶ Le coût de la conduite maintenance (P2) ;
- ▶ Le coût d'investissement et de gros entretien (P3 P4).

Dans un second temps seront également chiffrées les émissions de CO₂ des différents scénarios. Pour les autres critères, c'est une approche qualitative qui sera menée.

11.2. Hypothèses de calcul du coût kWh

11.2.1. Coûts d'énergie (P1) et facteurs d'émission CO₂

Tableau 5 Coût énergie et facteur émission CO₂

Energie	Fourniture	Acheminement et taxes (hors TVA)	Abonnement	Emissions CO ₂ en 2023 (kgCO ₂ / MWh)	Emissions CO ₂ en 2050 (kgCO ₂ / MWh)
Biométhane	89,2 €/MWh	28 €/MWh	250 €/an	23,4	
Electricité	226,6 €/MWh	30 €/MWh	120 €/an	50	35
Bois pellets	110 €/MWh	6,7 €/MWh	/	33	

11.2.2. Evolution des prix (P1)

L'augmentation du prix des énergies a un impact décisif sur le coût d'exploitation du bâtiment sur une longue période. Or, ces augmentations prévisionnelles sont par nature inconnues.

Les hypothèses retenues pour cette étude sont basées sur les augmentations passées constatées depuis 10 ans.

Tableau 6 Hypothèses sur l'inflation

Inflation	
Biométhane	4 %
Electricité	3 %
Bois pellet	3 %
Inflation globale	3 %

11.2.3. Hypothèses pour les coûts de conduite et maintenance (P2)

Le P2 annuel est calculé à partir de ratios.

Après la montée en charge, l'évolution du coût de conduite et maintenance est liée à l'inflation uniquement (les pannes importantes qui peuvent survenir par la suite sont prises en compte dans le paragraphe suivant, dans le P3, gros entretien).

11.2.4. Hypothèses pour les coûts d'investissement, gros entretien et renouvellement (P3 – P4)

Les coûts considérés comprennent :

- ▶ Le remboursement des emprunts d'investissement, frais financiers inclus : P4 ;
- ▶ Les provisions pour gros entretien permettant le maintien de l'installation : P3.

Les différentes composantes de l'investissement ont été réparties selon leur durée de vie pour adapter les taux d'emprunt. Quand la durée de vie des différents éléments est écoulée, nous considérons que l'emprunt est renouvelé de façon à financer son renouvellement. Cette méthode permet de fournir une bonne estimation de la valeur du renouvellement et du gros entretien.

Le taux d'emprunt considéré s'élève à 4.5% sur 20 ans.

11.2.5. Coût global (P1 – P2 – P3 – P4)

En sommant ces différents coûts d'investissement et de fonctionnement, on obtient le coût global de l'énergie pour les différents modes de desserte.

11.2.6. Rappel de la limite principale de la modélisation du coût global

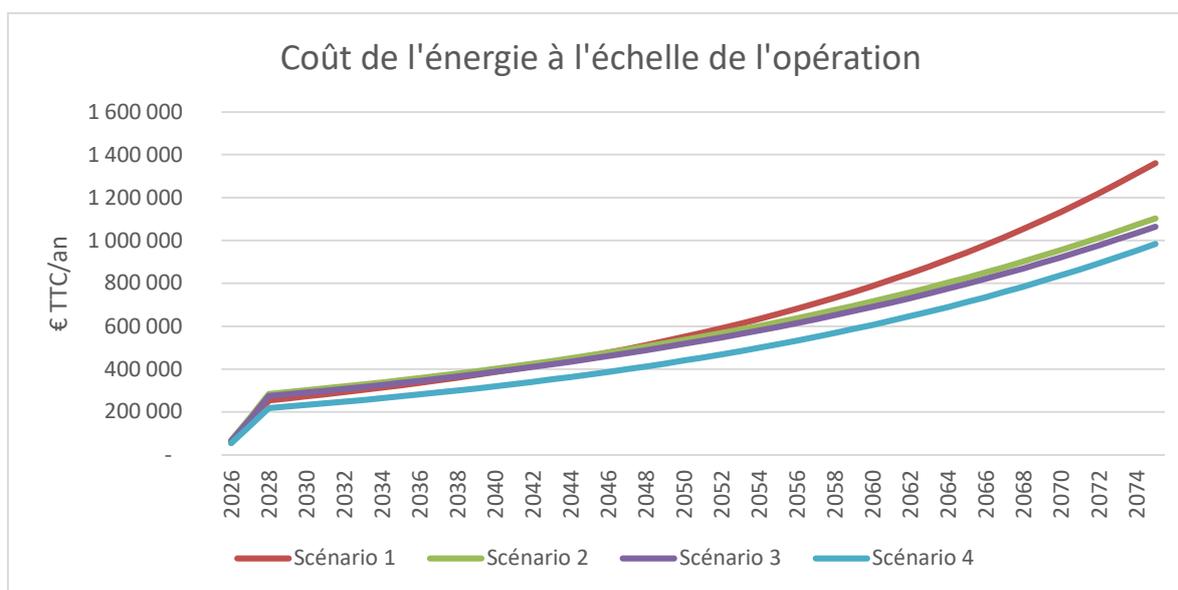
Les hypothèses sur l'évolution des coûts de l'énergie sont fortement déterminantes pour les allures globales des courbes.

De plus, cette approche en coût global n'intègre que les coûts des systèmes. Ainsi, les coûts annexes portant sur les bâtiments (amélioration de la performance du bâti ou des systèmes hors chauffage et ECS, génie civil sur les chaufferies...) ne sont pas considérés.

11.3. Résultats du comparatif des solutions étudiées

Les graphiques suivants présentent les résultats des simulations calculatoires portant sur l'opération d'aménagement.

11.3.1. Analyse du coût de fourniture d'énergie (P1)



Le coût de fourniture d'énergie P1 représente le montant facturé chaque mois par les fournisseurs d'énergie. Il est directement porté par les utilisateurs. Sur le long terme ce coût est influencé par la hausse du coût des énergies.

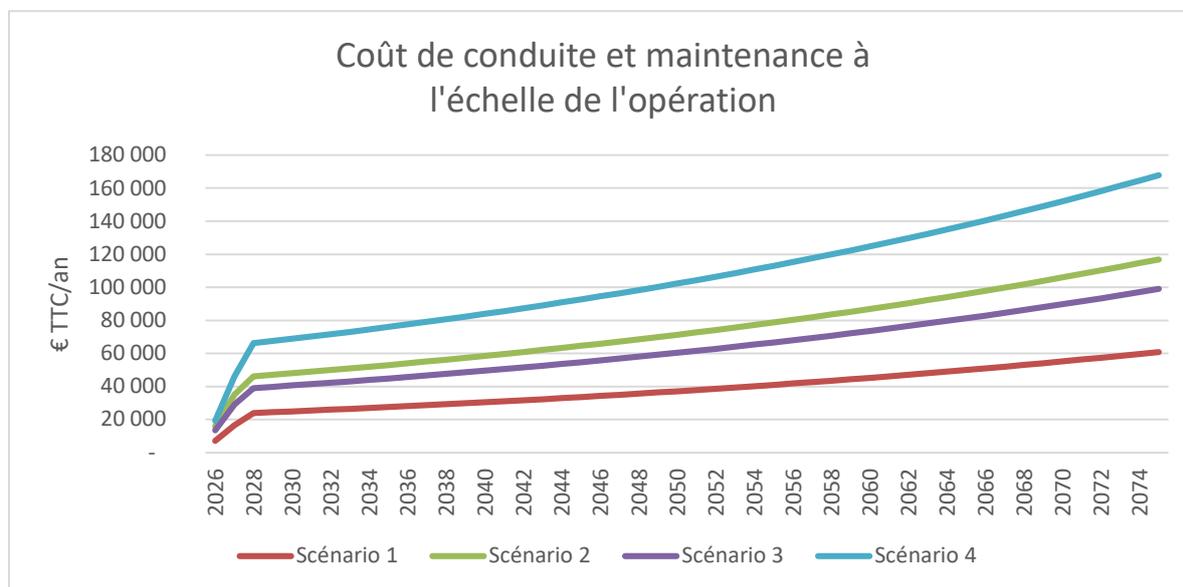
L'inflation du prix du gaz étant plus importante que celle du prix de l'électricité et du bois, la solution chaudière biométhane (scénario 1) est moins favorable sur le long terme. Cela impacte dans une moindre mesure le scénario 4 qui présente une plus faible consommation de biométhane avec la pompe à chaleur hybride.

Les scénarios 2 et 3 utilisant du pellet pour le chauffage présentent un coût de l'énergie plus stable mais légèrement supérieur au scénario 4.

La solution la plus avantageuse est la pompe à chaleur hybride (scénario 4) permettant une maîtrise des consommations grâce à une efficacité énergétique plus importante.

La solution la plus avantageuse sur le critère P1 est celui du scénario 4 - Pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble.

11.3.2. Analyse du coût de conduite et de maintenance P2



Les scénarios les moins avantageux en termes d'entretien et de maintenance sont les scénarios incluant le plus d'éléments onéreux à entretenir.

Les solutions les plus intéressantes sont les solutions qui mutualisent les systèmes à l'échelle de plusieurs bâtiments et qui ont recours à des installations simples ne nécessitant pas beaucoup d'éléments à entretenir.

Les systèmes incluant des pompes à chaleur ainsi que des chaudières à granulés ont un coût d'entretien plus élevé.

Le scénario 1 a le coût le plus faible grâce à la mise en place de chaudière biogaz ainsi que de panneaux solaires thermiques.

La solution la plus avantageuse sur le critère P2 est celui du scénario 1 - Biogaz et solaire thermique par immeuble.

11.3.3. Analyse du coût investissement P3



Pour les solutions collectives, une attention particulière doit être prise sur l'analyse des différents coûts. En effet, seuls les coûts systèmes étant considérés, les coûts annexes ne sont pas intégrés dans l'analyse. Le coût du foncier et du génie civil pour la construction d'un local chaufferie n'est pas non plus considéré.

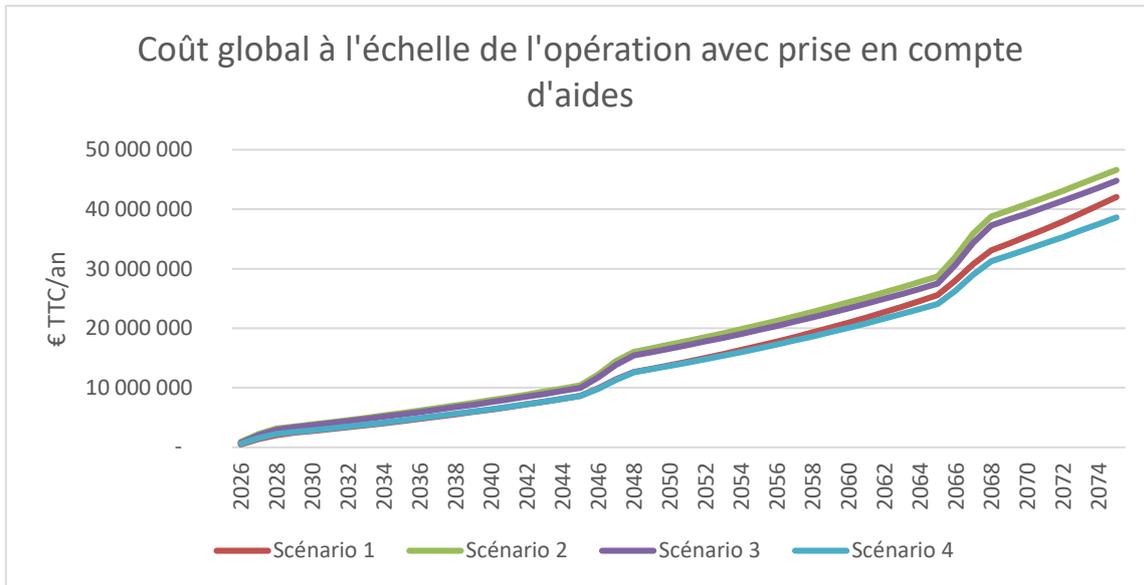
Les scénarios 1 et 3 bénéficient d'aides pour la mise en place de panneaux solaires thermiques. Ces aides permettent au scénario 1 d'être le plus avantageux.

Les scénarios 2 et 3 présentent les plus forts investissements à cause des chaudières granulés ainsi que des ballons thermodynamiques pour le scénario 2.

Le scénario 4 présente le second coût le plus intéressant grâce à la solution de pompe à chaleur hybride qui permet de diminuer la puissance de la PAC (solution la plus onéreuse) complétée par une chaudière biogaz tout en utilisant principalement la PAC pour fournir l'énergie.

La solution la plus avantageuse sur le critère P3-P4 est le scénario 1 – Biogaz et solaire thermique par immeuble.

11.3.4. Analyse du coût global et du surcoût global cumulé

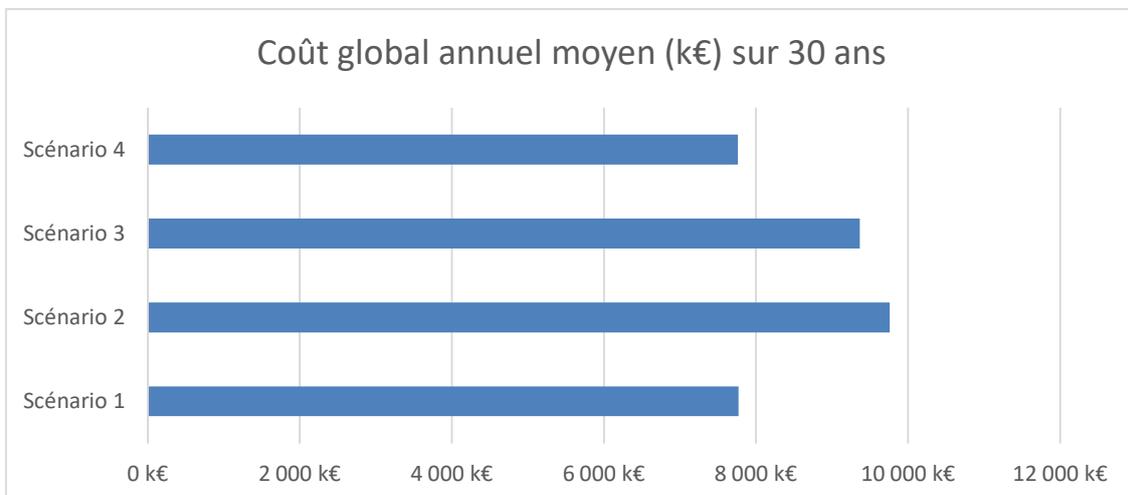


L'analyse du coût global permet de comparer les solutions sur la base de leur coût annuel respectif.

Le gros entretien et renouvellement est prit en compte dans l'analyse du coût global. Il se manifeste par les fortes augmentations de coût en 2046 et 2066 avec le premier et second renouvellement d'équipement.

Les scénarios 1 et 4 sont les plus avantageux avec cependant une dégradation des coûts à long terme avec l'inflation plus importante du biogaz.

Les scénarios 2 et 3 sont les moins pertinents économiquement confirmant les premières analyses des coûts P1, P2, P3 et P4.



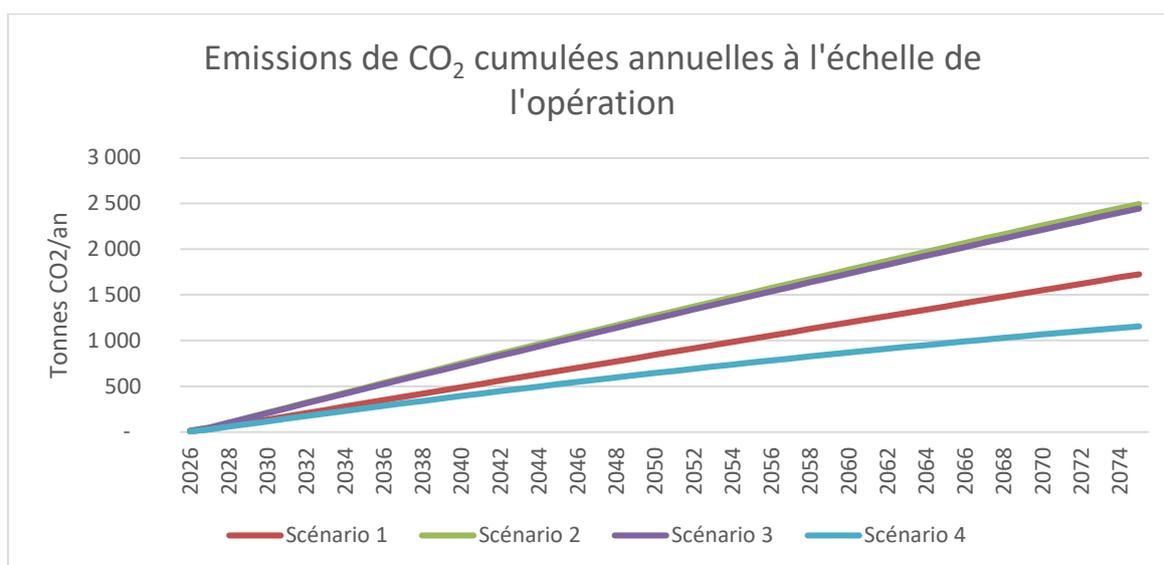
Les scénarios 1 et 4 possèdent le même coût global sur 30 ans. En effet, comme expliqué précédemment, l'inflation du gaz impacte négativement le scénario 1 sur le long terme mais pas de façon significative avant 30 ans.

Le scénario 3 est avantagé par rapport au scénario 2 grâce aux panneaux solaires thermiques qui permettent d'avoir moins d'énergie consommée.

L'évolution des réglementations liées à la transition énergétique est difficilement prévisible, car dépendante des décisions politiques. En revanche, il est raisonnable de penser que les énergies carbonées seront pénalisées dans le futur pour laisser place aux énergies renouvelables. L'évolution du prix des énergies carbonées comme le gaz pourrait donc certainement être plus importante que dans l'étude présentée ici.

Les solutions les plus avantageuses sur le critère coût global sont les scénarios 1 et 4.

11.3.5. Résultat du comparatif émissions de CO₂



Comme pour tous les combustibles fossiles, le facteur d'émission du gaz est très important. Les solutions ayant recours à cette source d'énergie sont donc naturellement les plus émettrices de CO₂. Les moins émettrices sont, quant à elles, celles qui utilisent des ressources renouvelables telles que le bois ou le solaire. Il faut cependant noter que bien que les émissions en gaz à effet de serre du bois soient plus basses que celle des combustibles fossiles, celles-ci sont également dépendantes de la bonne gestion (durable) des forêts.

Les solutions 1 et 4 sont les moins émettrices de gaz à effet de serre en raison de l'utilisation de biométhane produit à partir de méthanisation. De plus, le scénario 4 utilisant en partie une pompe à chaleur, il permet de diminuer sa consommation énergétique et donc ses émissions de gaz à effet de serre.

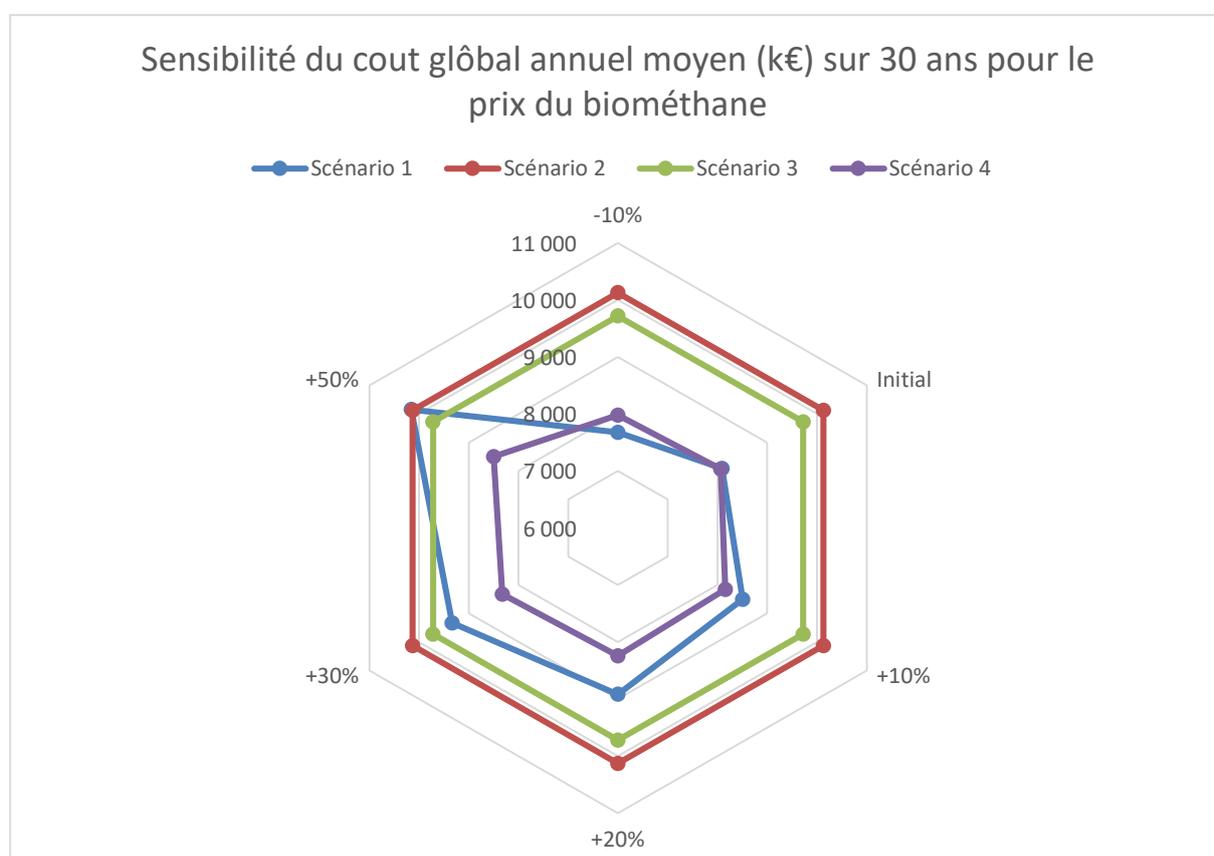
Les scénarios utilisant des granulés bois sont les plus défavorables. Cependant, il à noter que le bois émet moins de 9% des émissions du gaz naturel. De manière générale, l'ensemble des solutions utilise uniquement des énergies peu carbonées et présente un bilan environnemental plutôt positif.

La solution la plus avantageuse sur le critère environnemental est le scénario 4 - Pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble.

11.3.6. Analyse de sensibilité du coût global annuel moyen sur 30 ans

Les simulations réalisées dans le cadre de l'étude sont basées sur de nombreux paramètres détaillés dans les parties précédentes du présent rapport.

Certains paramètres tels que le coût de l'énergie ou l'inflation ne sont pas prédictibles et induisent donc une incertitude dans le futur. Une étude de sensibilité sur le prix du biométhane a été réalisée.



On observe que le scénario 4 reste toujours le plus avantageux économiquement tandis que le scénario 1 devient beaucoup moins intéressant à partir de 20% d'augmentation non prévue du prix du biométhane.

On peut donc dire que le scénario 1 est beaucoup plus sensible à la variation de prix du biométhane.

11.3.7. Synthèse du comparatif

Le tableau suivant présente une synthèse multicritère de l'analyse des scénarios de desserte étudiés :

Tableau 7 Synthèse comparative

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Coût global moyen sur 30 ans	7 770 k€ TTC/an	9 758 k€ TTC/an	9 365 k€ TTC/an	7 761 k€ TTC/an
Stabilité du coût pour les usagers	Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Emissions de CO ₂ moyennes sur 30 ans	34 t CO ₂ /an	51 t CO ₂ /an	50 t CO ₂ /an	25 t CO ₂ /an
Adaptabilité de l'ensemble de l'ilot ZAC à un changement d'énergie	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Recours en ENR&R	Fort	Fort	Fort	Fort
Pollution de l'air et bruit	Faible	Moyen	Moyen	Moyen
Sensibilité au prix du gaz	Fort	Aucun	Aucun	Moyen
Synthèse	Solution à pertinence modérée	Solution à faible pertinence	Solution à faible pertinence	Solution pertinente

12. Energies renouvelables pour la desserte en électricité

12.1. Consommation d'électricité

Dans les constructions neuves, les consommations électriques spécifiques constituent une part importante de la consommation totale.

Afin d'analyser en première approche cette consommation, nous avons estimé les consommations électriques suivantes :

- ▶ Les consommations électriques réglementaires (éclairage + auxiliaires) : calculées sur la base d'un pourcentage du $CEP_{max}-20\%$ pour un bâtiment RT2012 ;
- ▶ Les consommations électriques spécifiques.

La consommation de l'éclairage, des auxiliaires et de l'électricité spécifique est estimée à 5 765 MWh/an. Il est donc important d'étudier les possibilités d'alimenter ces besoins par des énergies renouvelables.

12.2. Energie photovoltaïque

12.2.1. Généralités

Le photovoltaïque constitue une excellente utilisation des toitures de bâtiments, même si pour les bâtiments nécessitant une production d'eau chaude, le solaire thermique sera à implanter en priorité. Des montages peuvent être imaginés pour réduire les coûts d'installation.

La construction de bâtiments neufs équipés de grandes toitures, constitue une occasion rare d'intégrer du photovoltaïque au bâti à grande échelle. Les locations de toitures pour l'implantation de panneaux raccordés au réseau sont aujourd'hui chose courante. Des privés, des particuliers ou des collectivités peuvent investir dans des m² d'installation photovoltaïque, et recevoir la part correspondante des bénéfices de la vente des kilowattheures produits, tandis que le propriétaire du bâtiment reçoit un loyer pour la mise à disposition de sa toiture. Ces montages peuvent permettre d'utiliser au maximum les surfaces de toitures adaptées à cette production d'électricité verte sans alourdir les investissements des promoteurs.

La solution la plus simple est de confier ce montage à une entreprise spécialisée qui prendra en charge toute l'installation, son exploitation, sa gestion, sa maintenance, et fournira les contrats entre le propriétaire du bâtiment et le locataire de la toiture.

12.2.2. Production photovoltaïque

L'objet de ce paragraphe est d'analyser en première approche la surface de capteurs solaires maximale envisageable, et le montage le plus pertinent.

Les hypothèses de calcul sont réalisées sur la base de panneaux solaires de 330 Wc, mesurant environ 1.7m².

La surface totale de toiture des bâtiments a été estimée avec l'hypothèse suivante :

- ▶ ½ de la surface de l'emprise au sol des bâtiments est considérée.

La surface totale de panneaux solaires est d'environ de 13 500 m² sur l'ensemble du périmètre d'aménagement, estimée sans la prise en compte de surfaces supplémentaires disponibles sur les parkings non couverts.

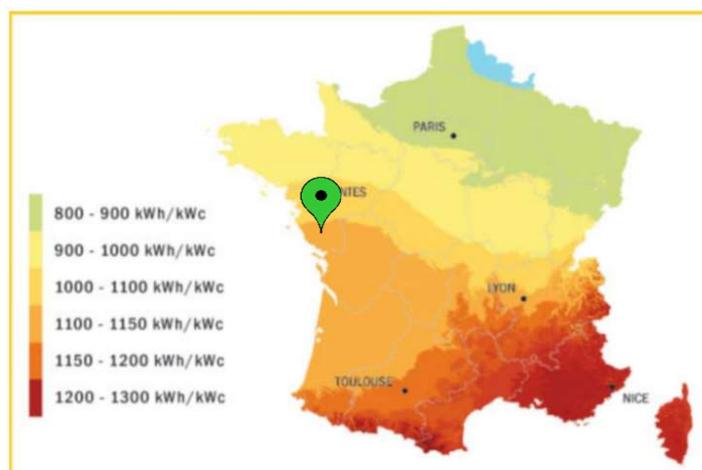


Figure 29 : Potentiel géographique de production solaire (Source : SDEC)

Le calcul de la production photovoltaïque est réalisé avec les données d'ensoleillement réel de La Roche sur Yon.

Les simulations présentées ci-dessous permettent d'identifier la possibilité de production avec différentes sensibilités sur la surface globale mais aussi sur l'orientation et l'inclinaison des panneaux.

Tableau 8 Bilan de production des scénarios photovoltaïques

Surface équivalente	Orientation Inclinaison	Puissance installée	Production	Investissement	Taux de couverture
-10 % 12 150 m ²	Sud 10°	2 350 kWc	2 760 MWh	2 250 k€	47 %
Surface identifiée 13 500 m ²	Sud 10°	2 750 kWc	3 230 MWh	2 600 k€	55 %
	Sud 20°		3 410 MWh		58 %
+ 10 % 14 850 m ²	Sud 10°	3 000 kWc	3 525 MWh	2 850 k€	51 %
Surface identifiée 13 500 m ²	Sud-est 35° 10°	2 350 kWc	2 720 MWh	2 600 k€	47 %

L'orientation optimale se situe au sud mais la dernière simulation permet d'observer la production avec une orientation parallèle à la route située au centre de la ZAC (orientation sud-est). Cette différence de 35° par rapport au sud diminue la production de 16%.

Concernant l'inclinaison, un angle de 10° permet de limiter la gêne visuelle tandis qu'un angle de 20° permet une meilleure production. La mise en place de panneaux solaires avec un angle de 10° pénalise la production de 5%.

Il est donc important de prévoir lors de la construction une orientation des bâtiments maximisant les surfaces de toitures orientées au sud.

L'ensemble des panneaux photovoltaïques peut donc produire environ 3 300 MWh/an, couvrant 56% des besoins en électricité (éclairage, auxiliaires et électricité spécifique) du périmètre du projet.

13. Conclusion

Cette évaluation du potentiel en énergies renouvelables sur l'opération d'aménagement située sur la ville de La Roche sur Yon constitue une première approche de faisabilité technique et de comparatif technico-économique et environnemental destinée à explorer les solutions énergétiques envisageables et proposer une stratégie.

Dans une démarche énergétique pertinente, il est important de réaliser en amont de la desserte énergétique un travail sur l'enveloppe des bâtiments chauffés : optimisation de l'isolation, implantation bioclimatique. En effet, l'énergie la moins chère et la moins polluante est celle que l'on ne consomme pas. Ainsi, avant de mener une réflexion pour consommer mieux, une réflexion sur chaque bâtiment devra être menée pour consommer moins.

Au niveau de l'opération d'aménagement, le scénario 4 – pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble est assez pertinente. En effet, cette solution présente un impact environnemental et un coût global faible.

Pour rappel, quatre scénarios ont été analysés :

- ▶ **Scénario n°1 - Solution chaufferie collective : biogaz et solaire thermique par immeuble** : une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière biogaz pour le chauffage et l'appoint d'ECS ; l'ECS étant prioritairement produite avec des panneaux solaires thermiques en toiture pour chaque bâtiment ;
- ▶ **Scénario n°2 - Solution chaufferie collective : bois et ballon thermodynamique par immeuble** : une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé pour le chauffage tandis que l'ECS est assurée par des ballons thermodynamiques ;
- ▶ **Scénario n°3 - Solution chaufferie collective : bois et solaire thermique par immeuble** : une chaufferie par bâtiment alimentée par une chaudière bois granulé pour le chauffage et l'appoint d'ECS ; l'ECS étant prioritairement produite avec des panneaux solaires thermiques en toiture pour chaque bâtiment ;
- ▶ **Scénario n°4 - Solution chaufferie collective : pompe à chaleur air/eau électrique (80%) et chaudière biogaz (20%) par immeuble** : une chaufferie par bâtiment alimentée par une PAC (80%) et une chaudière biogaz (20%) pour l'ECS et le chauffage, réglée afin d'optimiser le fonctionnement de la PAC.

L'analyse de la pertinence des solutions doit être menée dans une approche multicritère. Baser le choix d'une desserte uniquement sur l'aspect économique serait non pertinent. En effet, les coûts intégrés dans l'étude se limitent aux systèmes : les coûts annexes relatifs au génie civil des chaufferies, au foncier ou à l'impact environnemental ne sont pas considérés.

Concernant le photovoltaïque, c'est une possibilité complémentaire à tous les scénarios qui doit être prise en considération.

Dans tous les cas, le choix de la solution est laissé au constructeur, l'analyse présentée dans ce document étant un outil d'aide à la décision.

Dans une approche plus globale, il pourrait être intéressant de mener une approche d'écologie industrielle afin d'identifier les besoins de chaque bâtiment et les synergies possibles (réseaux intelligents entre bâtiments dans le déphasage entre production/stockage/consommation d'énergie, réutilisation des déchets des uns en tant qu'intrants...).



sce

Aménagement
& environnement

www.sce.fr

GRUPE KERAN