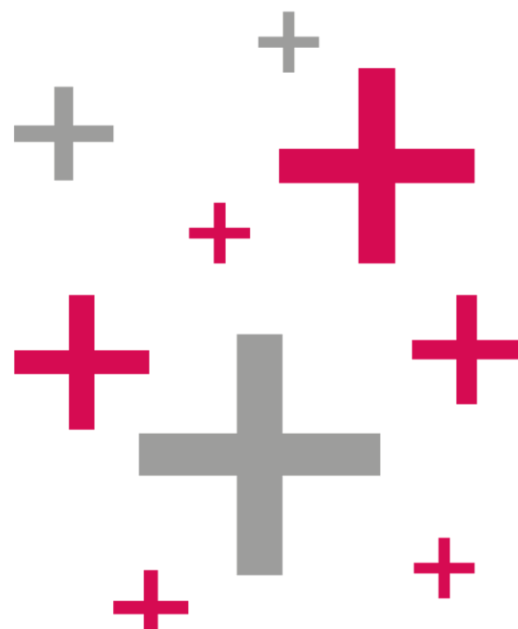


Extension ZAC DAWEID-GUEBWILLER



COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DE LA
REGION DE GUEBWILLER

**Communauté de Communes de
la Région de GUEBWILLER**

1 rue des Malgré-Nous,
68500 Guebwiller

**Etude sur le potentiel de développement
des énergies renouvelables -**
Article L. 300-1 du Code de l'Urbanisme

impulse⁺⁺
groupe E'nergys

IMPULSE Rennes
12A rue du Patis Tatelin
35000 Rennes

SOMMAIRE

• TABLE DES MATIERES

•	SYNTHESE NON TECHNIQUE DE L'ETUDE	4
•	LES ORIENTATIONS DU PROJET LIEES A L'ENERGIE	6
○	Propositions d'actions	6
○	Sobriété énergétique des bâtiments :	6
○	Développement des énergies renouvelables.	7
○	Mobilité durable.	8
○	Actions retenues	8
•	PREAMBULE	8
○	Contexte de la future zone d'aménagement concertée	8
○	Principe et méthode de l'étude	8
○	Processus de lutte contre le réchauffement climatique	9
•	<i>Processus international</i>	9
•	<i>Processus européen et national</i>	10
○	Des engagements internationaux aux PLUi puis permis d'aménager ou construire.	10
○	Contexte réglementaire	13
•	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	14
○	Positionnement géographique	14
○	Périmètre d'étude	15
○	Topographie	16
○	Végétation et bâti existant	17
○	Programmation et schéma d'aménagement étudié	18
•	PHASE 1 : POTENTIEL DE MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES	19
○	Énergies fossiles disponibles	19
○	Les énergies renouvelables et de récupération	19
•	<i>Inventaire des énergies renouvelables disponibles et pertinence sur le projet</i>	19
•	<i>L'énergie solaire</i>	21
•	<i>L'énergie bois</i>	25
•	<i>L'énergie éolienne (production d'électricité)</i>	28
•	<i>La géothermie (production de chaleur et d'électricité)</i>	29
•	<i>La récupération d'énergie sur les eaux usées</i>	31
•	<i>Application</i>	33
•	Innovations liées à la production d'électricité	34
•	<i>L'autoconsommation</i>	34
•	<i>Les smartgrid</i>	35
•	Synthèse des énergies renouvelables mobilisables sur site	36
•	PHASE 2 : DETERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DU PROJET	39
○	Usages énergétiques attendus	39
○	Les usages liés aux bâtiments	39
○	Hypothèses de calcul	40
▪	<i>Surface moyenne considérée par typologie :</i>	40
▪	<i>Besoins énergétiques pour un bâtiment de surface moyenne</i>	40
○	Calcul des besoins énergétiques en fin d'opération	40
•	PHASE 3 : TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS DE LA ZONE PAR LES ENR	42
○	Production de chaleur et/ou d'électricité par énergie solaire	42
○	Production de chaleur par géothermie	43

○ Production de chaleur par Aérothermie	43
○ Production de chaleur par Bois énergie	43
○ Synthèse	44
● PHASE 4 : ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES	44
○ Comparaison des consommations en énergie finale	46
○ Comparaison des consommations en énergie primaire	46
○ Comparaison des coûts de fonctionnement actualisés sur 20 ans	47
○ Comparaison des émissions de gaz à effet de serre	49
○ Synthèse de l'analyse des scénarios d'approvisionnement en énergie	49
● PHASE 5: PRISE EN COMPTE DE L'IMPACT CARBONE LIE AUX MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET A LA CONSOMMATION D'ENERGIE.	50
● PHASE 6 : ETUDE D'OPPORTUNITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTE PAR LES ENR	51
○ Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur le secteur	51
○ Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur	52
▪ <i>Hypothèses de consommations énergétiques considérées</i>	52
○ Etude d'opportunité	52
• <i>Analyse qualitative</i>	52
• <i>Conclusion :</i>	53
● PHASE 6 : 1ERE APPROCHE ENERGIE CLIMAT SUR LES TRANSPORTS ET L'ECLAIRAGE PUBLIC	53
○ Transports	53
▪ <i>Propositions pour limiter l'impact des transports</i>	53
▪ <i>Estimation des impacts annuels domicile-travail</i>	54
○ Consommation énergétique attendue pour l'éclairage public	54
● SYNTHESE DES IMPACT ENERGIE CLIMAT DE LA ZONE SUR 50ANS.	56
● PHASE 7 : PISTES DE MESURES COMPENSATION	56
○ Compensation carbone	56
▪ <i>Compensation carbone volontaire</i>	56
○ Proposition d'action liées à l'énergie	58
▪ <i>Production locale d'électricité</i>	58
○ Stockage de carbone : plantation de biomasse	60
▪ <i>Préambule</i>	60
▪ <i>Hypothèses de calcul</i>	60
▪ <i>Simulation de la surface boisée correspondante</i>	60

• SYNTHÈSE NON TECHNIQUE DE L'ÉTUDE

Cette étude a permis de déterminer les sources d'énergies renouvelables pouvant être mobilisées sur le futur projet.

Le tableau suivant présente une synthèse du potentiel de développement en énergies renouvelables :

Energie	Potentiel sur site	Conditions de mobilisation
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale structurée
Solaire passif	++	Orientation majoritairement Sud des bâtiments Attention à la pente du terrain qui influe sur l'implantation des bâtiment et donc de la toiture. Conception bioclimatique (maximiser les apports solaires en hiver, s'en protéger en été)
Solaire thermique	+++	ECS solaires thermiques en toiture et/ou brises-soleil (étude approfondie à réaliser). Orientation sud des toitures ou toits terrasses. Uniquement pertinent sur des bâtiments avec de forts besoins de chaleur pour l'ECS ou des process.
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité technico-économique et les possibilités de positionnement (en toiture, en brise-soleil, en ombrière de parking, sur des candélabres, ...) Orientation Sud des toitures ou toits terrasses
Géothermie très basse température	++	La réalisation d'un forage test et d'une étude de faisabilité est indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.
Aérothermie	+++	
Chaleur fatale des eaux usées	++	-Bâtiment de taille significative avec besoins d'ECS + évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes -Valorisation possible -Production collective d'ECS
Éolien	-	Non adapté à un site urbanisé.

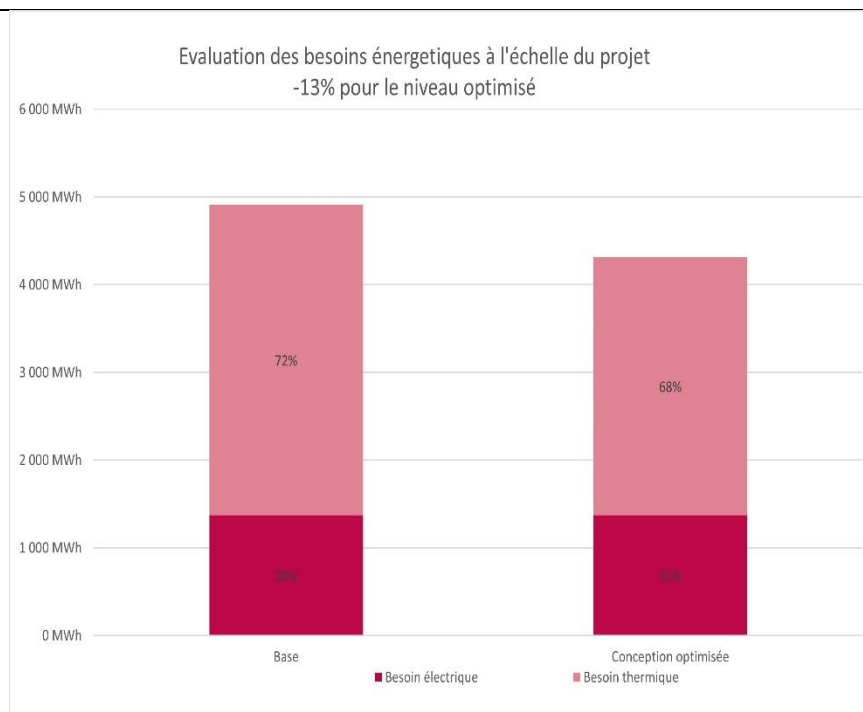
➔ L'énergie solaire passive et active, l'énergie bois, la récupération d'énergie sur les eaux usées ou sur les process, l'aérothermie et la géothermie basse énergie présentent un potentiel de développement.

Les hypothèses prises en compte dans l'étude sont les suivantes :

Programmation :

	NOMBRE	SDP unitaire moyenne	SDP TOTALE / TYPE	% Surfaces bâties
Industrie	3	25000	75000	69%
PME/PMI	4	8000	32000	29%
Services	1	1750	1750	2%

Besoins du site :



Taux de couverture par les ENR

Attention, concernant les fortes incertitudes quant à la programmation du projet, des activités hébergées et des surfaces bâties, les résultats ci-dessous représentent un ordre d'idée. Les résultats en exploitation pourraient être significativement différents.

ENR	Technologie	Caractéristiques	Taux de couverture moyen par les ENR base (hors process)				Taux de couverture moyen par les ENR Conception énergétique optimisée			
			Productible MWh/an	Chaleur	Electricité	Total Energie	Productible	Chaleur	Electricité	Total Energie
	Panneau Solaire photovoltaïque	Inclinaison 30° Orientation: S-E	8779	0%	640%	179%	8779	0%	640%	204%
	Chaudière bois granulés		3540	100%	0%	72%	2941	100%	0%	68%
	Chaudière bois plaquette		3540	100%	0%	72%	2353	100%	0%	68%
	PAC géothermique	COP 3,5	2513	71%	0%	51%	2088	71%	0%	48%
	PAC eau	COP 2.7	2230	63%	0%	45%	1853	74%	0%	50%
	Micro éolien	P:3KW N:3	7	0%	0%	0%	7	0%	0%	0%

- Les productions solaires et photovoltaïques considèrent que tous les capteurs sont orientés Sud avec une inclinaison de 30° ce qui ne sera probablement pas le cas à l'échelle en fonction du découpage parcellaire et de l'implantation des bâtiments. Toutefois, des surfaces supplémentaires pourraient être exploitées en ombrière de parking et en façade de bâtiment.
- Selon les hypothèses retenues, la production photovoltaïque pourrait couvrir une large part des besoins énergétiques annuels du projet. Toutefois ce résultat est soumis aux hypothèses de consommation par défauts (hors consommation des process industriels et activités artisanales). Si des sites avec du process industriel étaient présents (besoins énergétiques nettement supérieur) les résultats seraient significativement différents.
- Selon nos hypothèses, la production PV pourrait couvrir une part significative des besoins électriques de la zone. Le développement de cette énergie est à encourager. Toutefois le bon bilan **annuel** de la production photovoltaïque ne signifie pas que la zone s'approcherait de l'autonomie énergétique. En effet il s'agit d'un bilan production/consommation annuel (voir prospective → production locale d'électricité).

- Le solaire thermique représente un faible taux de couverture. En effet, l'irradiation solaire étant maximale en été, les installations sont dimensionnées sur les besoins estivaux (principalement ECS) afin d'éviter les surchauffes des installations. Cette technologie pourrait toutefois être plus pertinente dans le cas de besoins thermiques liées à des process industriels (non évaluables à ce stade).

Plusieurs scénarios d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables thermiques ont été étudiés pour la couverture des besoins de chaleurs (hors process): le tableau suivant propose une synthèse qualitative des résultats obtenus :

	Faible consommation en Energie Primaire	Faible consommation en Energie finale	Impact sur l'effet de serre	Coût Global sur 20 ans	Taux d'utilisation d'ENR
1-Propane					
2-Biomasse					
3-aérothermie					
4-Géothermie					

Figure 1 : Évaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et

LÉGENDE Scénario	Réponse Favorable	Réponse mitigée ou adaptée partiellement au critère économiques	Réponse Défavorable ou inadaptée
------------------	-------------------	---	----------------------------------

Les scénarios biomasse et géothermie présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée, mais aucun scénario ne se détache particulièrement par rapport aux autres.
Le tableau suivant présente la synthèse des impacts estimés par les consommations énergétiques :

	Consommation énergétique annuelle estimée (MWh/an)		Emissions de CO2 (T/50 ans) y compris fabrication des matériaux		Surface forestière à planter (ha)		Surface forestière à planter (multiple de la surface de la zone)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bâtiments	2122	5522	41286	94843	44,6	102,5	1,5	3,5
Trajets domiciles travail en voiture		1999		25 963		28		1
Eclairage	7,5	16	50	25	0	0	0	0
TOTAL	4 128	7 537	67 299	120 831	73	131	3	5

Figure 2: Synthèse des impacts estimés d'un point de vue énergétique et effet de serre

La compensation carbone des émissions induites à l'échelle du projet (consommation directe d'énergie pour les bâtiments) nécessiterait le boisement de 2 fois la surface aménagée.
L'impact des déplacements domicile travail est du même ordre que l'impact des bâtiments en termes d'émissions de gaz à effet de serre (y compris matériaux de construction) et de consommation d'énergie (bâtiment seul hors process).

• LES ORIENTATIONS DU PROJET LIEES A L'ENERGIE

○ Propositions d'actions

Nous proposons les actions suivantes qui nous semblent adaptées au projet et qui seront à lier aux objectifs du PCAET du territoire.

○ Sobriété énergétique des bâtiments :

Le projet implique la construction de bâtiments industriels probablement non soumis à la future réglementation thermique. Ainsi, il est difficile d'imposer des exigences de consommation d'énergie sur ces bâtiments. Toutefois, des garde-fous sur la composition des parois des locaux non soumis à la réglementation pourraient être envisagés en reprenant les valeurs définies dans la RTex. Les bâtiments construits devront par ailleurs respecter les objectifs du décret tertiaire. Les autres bâtiments (bureaux...) devront respecter la RE2020 qui constitue de base un excellent niveau de performance.

Des actions de conseil et sensibilisation à la sobriété, l'efficacité et aux énergies renouvelables pourraient également être envisagées.

○ Développement des énergies renouvelables.

Le développement du photovoltaïque pourrait selon nos hypothèses couvrir une part significative des besoins électrique. Les exigences suivantes pourraient être intégrées dans le cahier des charges de cession de lot :

- Toiture mono-pente ou plate orientée et dimensionnée (structuellement) pour accueillir des panneaux photovoltaïques
- Couverture d'au moins 80% de la surface de la toiture par des panneaux PV.
- Surlargeur des voiries en mesure conservatoire pour implanter un éventuel réseau de chaleur/hydrogène/électrique en fonction d'opportunité non identifiables à ce stade.
- Implantation d'ombrières de parking équipées de panneaux photovoltaïques.
 - Des solutions de 1/3 financement, autoconsommation collective, financements participatifs pourraient être envisagées.



Si une entreprise avait des besoins de chaleur important, le bois et le solaire thermique seraient adaptés.

La couverture de X% (à définir) des besoins énergétiques par des ENR pourrait également être exigée. Ce point peut être évalué par une étude d'approvisionnement en énergie à la charge de l'entreprise et intégrant tous ses besoins énergétiques (y compris process).

○ Construction bas carbone.

Le recours à une charpente bois (y compris pour les ateliers/hangars/entrepôts) au lieu d'une charpente en acier réduirait l'impact carbone des constructions.



Les surfaces imperméabilisées pourraient également être réduites en imposant un coefficient biotope sur la parcelle. Cette action est « également favorable à la gestion des eaux pluviales et à la séquestration carbone en cas de plantation d'arbres.



○ Mobilité durable.

L'aménagement pourrait intégrer :

- Des bornes de recharges pour véhicules électriques (à lier avec le développement du photovoltaïque)
- Un parking pour le covoiturage.
- Des aménagements cyclables et un parking sécurisé pour les vélos.
- Une borne de recharge pour véhicules GNV



Borne de recharge électrique



Borne GNV



Utilitaire GNV

○ Actions retenues

Les orientations du projet liées à l'énergie sont reprises dans l'étude d'impacts.

• PREAMBULE

○ Contexte de la future zone d'aménagement concertée

La Communauté de Communes de la Région de Guebwiller a décidé de la réalisation d'une zone d'activité sous forme d'une ZAC au lieu-dit Daweid à Issenheim, sur un secteur d'études d'environ 37 ha au sud-ouest de la commune.

○ Principe et méthode de l'étude

La première loi issue du Grenelle de l'Environnement adoptée par l'Assemblée nationale le 29 juillet 2009 définit 13 domaines d'action visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Parmi ces domaines d'action, le recours aux énergies renouvelables est particulièrement mis en avant.

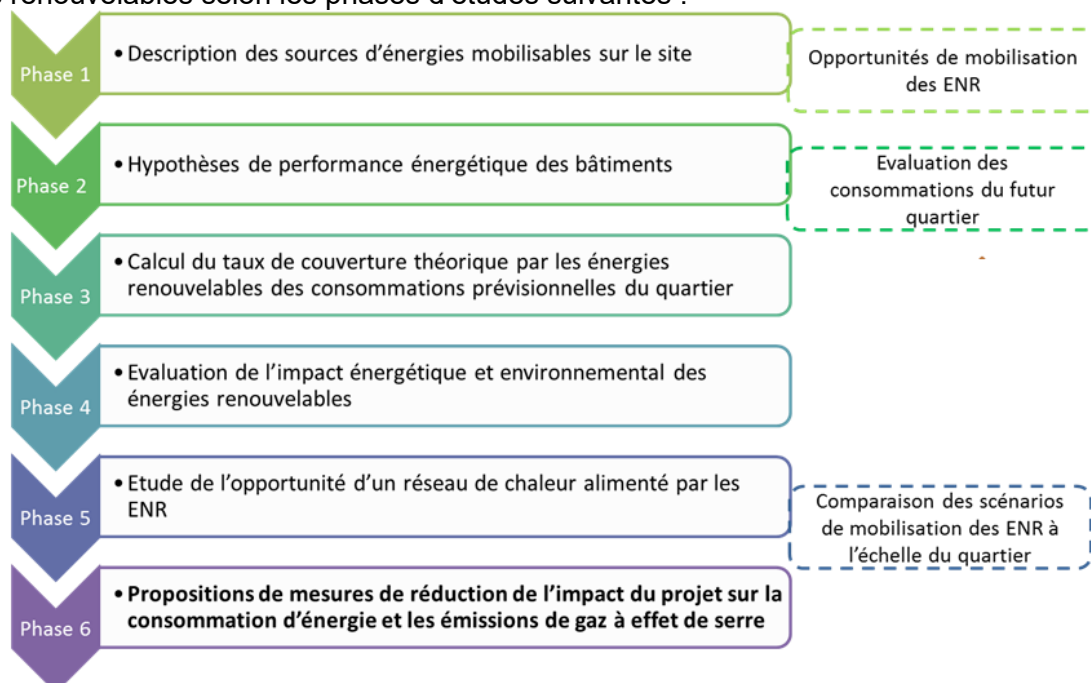
L'article L-300-1 du Code de l'Urbanisme précise que : « Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une évaluation environnementale doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération. »

Cette étude vise à dresser un état des lieux des énergies renouvelables qui pourraient être utilisées sur le projet et à définir notamment les possibilités d'implantation de systèmes centralisés permettant de fournir l'énergie nécessaire aux bâtiments à travers des réseaux de chaleur par exemple.

Elle vise également à définir la part relative à l'énergie dans l'impact environnemental global du projet.

L'évolution culturelle et réglementaire actuelle impose en effet la réalisation de bâtiments de plus en plus performants (approche bioclimatique, meilleure isolation, utilisation d'équipements performants et d'énergies renouvelables) afin de limiter globalement l'impact du secteur du bâtiment sur l'appauvrissement des ressources fossiles et sur le dérèglement climatique.

Après avoir rappelé le contexte géopolitique et réglementaire relatif aux politiques publiques liées à l'énergie et présenté succinctement le projet d'aménagement, nous étudierons la mobilisation des énergies renouvelables selon les phases d'études suivantes :



Des rappels techniques sur les énergies renouvelables étudiées sont fournis en annexe.

Les démarches visant à encourager le développement des énergies renouvelables répondent à deux objectifs principaux à l'échelle mondiale :

- Lutter contre le réchauffement climatique en réduisant les émissions de gaz à effet de serre issues de ressources non renouvelables ;
- Tendre vers une autonomie énergétique qui se passerait des énergies fossiles.

Imposer une étude de « potentiel de développement des énergies renouvelables » pour toute opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact prend place dans ces processus globaux : c'est une petite pierre qui, projet par projet, et couplée à d'autres évolutions des réglementations, devrait permettre d'améliorer l'introduction des énergies renouvelables à l'échelle des territoires.

Nous tentons ici de rappeler quelques processus qui permettent de prendre de la hauteur et de comprendre dans quel contexte géopolitique cette réflexion s'inscrit.

○ Processus de lutte contre le réchauffement climatique

• Processus international

Le **Protocole de Kyoto**, ratifié en 1997 est en vigueur depuis 2005. Il est arrivé à échéance en 2012 et avait pour objectif de stabiliser les émissions de CO₂ au niveau de celles de 1990 à l'horizon 2010. En 2015, la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques s'est tenue à **Paris**. Cette conférence marque une **étape décisive** dans la négociation du futur accord international qui entrera en vigueur en 2020.

Elle a abouti, le **12 décembre 2015**, à un accord historique et universel pour le climat, approuvé à l'unanimité par les 196 délégations (195 États + l'Union Européenne). L'Accord de Paris se fixe de maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en **dessous de 2 degrés**, et, pour la première fois, de **tendre vers un maximum de 1,5 degré** afin de permettre la sauvegarde des États insulaires (les plus menacés par la montée des eaux), en prévoyant une clause de révision des engagements. Dans ce cadre et conformément aux recommandations du GIEC, la France s'est engagée, avec la **Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC)** à diviser par 4 ses émissions GES à l'horizon 2050 par rapport à 1990 (le Facteur 4).

- **Processus européen et national**

Le cadre d'action en matière de climat et d'énergie à l'horizon 2030, adopté par le Conseil européen en octobre 2014 puis révisé en 2018, définit les objectifs suivants à horizon 2030 :

- Réduire de 40 % les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990 ;
- Porter à 32% **la part d'énergies renouvelables** dans la consommation en Union Européenne en 2020
- Augmenter de 32,5 % l'efficacité énergétique – soit diminuer de 32,5 % la consommation d'énergie par rapport au scénario de référence, le scénario Baseline 2007

En France, la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 ou loi sur la Transition Énergétique pour la Croissance Verte (LTECV) fixe par 167 mesures **réglementaires** (ordonnances et décrets d'application), les grands objectifs et le calendrier de la politique énergétique nationale d'ici à 2050 dont les grandes lignes sont ci-dessous :

- **Réduire de 50% la part du nucléaire** dans la production totale d'électricité à l'horizon 2025,
- **Réduire de 50% la consommation énergétique finale** entre 2012 et 2050,
- **Réduire de 40% des émissions de gaz à effet de serre** sur la période 1990-2030,
- **Porter à 32% la part d'énergies renouvelables** dans la consommation d'ici 2030 ans.

- **Des engagements internationaux aux PLUi puis permis d'aménager ou construire.**

La LTECV établit la stratégie nationale bas carbone (SNBC) qui décrit la politique d'atténuation du changement climatique comme celle de réduction des émissions de GES et d'augmentation de leur potentiel de séquestration. Les objectifs de la LTECV sont déclinés localement dans les documents de planification de nature stratégique ou réglementaires.

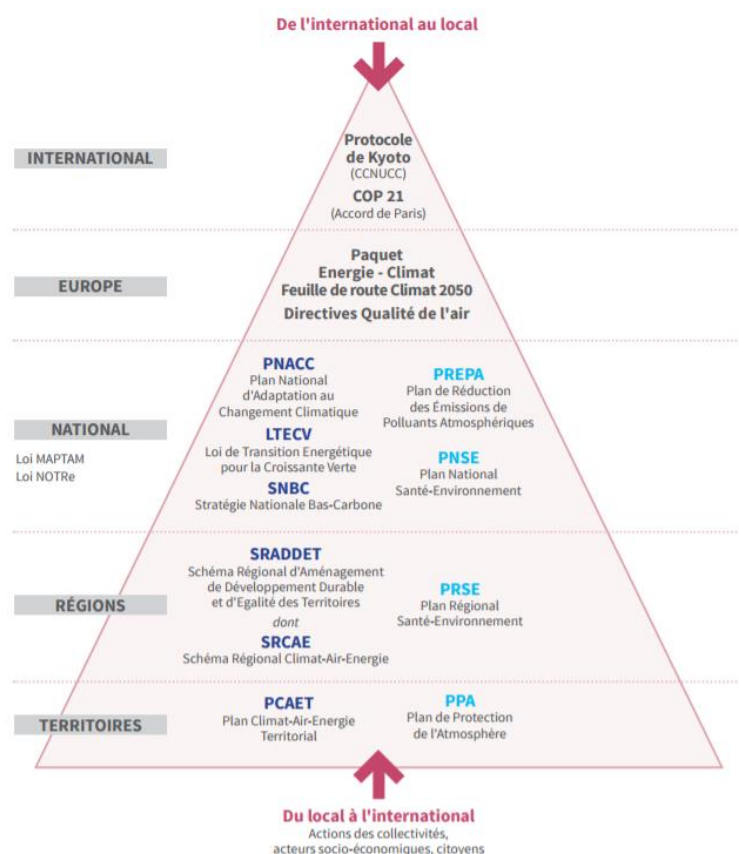


Figure 3: Des engagements internationaux aux objectifs locaux (source ADEME www.territoires-climat.ademe.fr)

Le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires est une stratégie à horizon 2050 pour l'aménagement et le développement durable du Grand Est. Cette stratégie issue de la loi NOTRe (Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 07 août 2015 est portée et élaborée par la Région Grand Est mais a été co-construite avec tous ses partenaires (collectivités territoriales, État, acteurs de l'énergie, des transports, de l'environnement, associations...). Après cette vaste concertation, le SRADDET a été adopté par le Conseil Régional le 22 novembre 2019.

CHOISSONS UN MODÈLE ÉNERGÉTIQUE DURABLE

Notre objectif en ce domaine est simple - même s'il est très ambitieux : devenir la première région française en matière de transition énergétique. Il passe par la réduction drastique de nos consommations énergétiques et la couverture de nos besoins par des énergies renouvelables. Pour ce faire, nous entendons...

- **Objectif 1** : Devenir à l'horizon 2050 une région à énergie positive et bas carbone - un tribut essentiel à la lutte contre le changement climatique, puisque 70% des gaz à effet de serre sont d'origine énergétique.
- **Objectif 2** : Accélérer et amplifier les rénovations énergétiques du bâti (42% des consommations d'énergie), en recherchant systématiquement la sobriété et la performance énergétiques.
- **Objectif 3** : Rechercher l'efficacité énergétique des entreprises et accompagner l'économie verte, un levier essentiel de développement et d'attractivité.
- **Objectif 4** : Développer les énergies renouvelables pour diversifier le mix énergétique en développant leur production et leur stockage.
- **Objectif 5** : Optimiser et adapter les réseaux de transport d'énergie (électricité, gaz, chaleur, froid), en misant sur l'innovation et les complémentarités entre les réseaux.



VALORISONS NOS RICHESSES NATURELLES ET INTÉGRONS-LES DANS NOTRE DÉVELOPPEMENT

Parce que nous en sommes responsables, tant vis-à-vis des habitants que des générations futures, la valorisation de notre patrimoine et de nos richesses figure au cœur de notre stratégie de développement. Pour ce faire, nous entendons...

- **Objectif 6** : Protéger et valoriser le patrimoine naturel, la biodiversité (faune et flore) et les paysages avec l'ambition de développer la diversité écologique du territoire.
- **Objectif 7** : Préserver et reconquérir les trames vertes et bleues, inscrites dans les grands corridors écologiques européens, pour le déplacement des espèces.
- **Objectif 8** : Développer une agriculture durable de qualité à l'export comme en proximité en maintenant nos agriculteurs en activité sur le territoire et en favorisant le développement des filières locales.
- **Objectif 9** : Valoriser la ressource en bois, par la poursuite de la structuration des filières locales et la gestion multifonctionnelle des forêts.
- **Objectif 10** : Améliorer la gestion de nos ressources en eau, en optimisant la qualité des nappes et rivières et en réduisant de 20% les prélèvements d'eau d'ici 2030.
- **Objectif 11** : Économiser le foncier naturel, agricole et forestier : avec pour objectif, une réduction de 75% de sa consommation à l'horizon 2050.

VIVONS NOS TERRITOIRES AUTREMENT

La prise en compte des grands enjeux environnementaux nous enjoint à de nouvelles dynamiques impactant nos modèles d'aménagement, de déplacement, de production, de consommation et de gestion des déchets. Pour ce faire, nous entendons...

- **Objectif 12** : Généraliser l'urbanisme durable pour des territoires attractifs et résilients : mixité des fonctions, nouvelles formes urbaines, place de la nature et de l'eau en ville, mobilités douces...
- **Objectif 13** : Développer l'intermodalité et les mobilités nouvelles au quotidien notamment en s'appuyant sur un calculateur d'itinéraires unique pour toute la région.
- **Objectif 14** : Reconquérir les friches et accompagner les territoires en mutation en recherchant leur valorisation quelle que soit leur vocation (activité économique, espace de respiration...).
- **Objectif 15** : Améliorer la qualité de l'air, enjeu de santé publique en diminuant les émissions de polluants dans l'urbanisme, le transport, l'économie...
- **Objectif 16** : Déployer l'économie circulaire et responsable dans notre développement en limitant le gaspillage et en valorisant les acteurs engagés.
- **Objectif 17** : Réduire, valoriser et traiter nos déchets par la prévention et par le traitement des déchets en privilégiant la réutilisation, le recyclage matière et organique, la valorisation avant l'élimination.

Figure 4: Objectifs du SRADDET

La LETCV impose à tous les EPCI de plus de 20 000 habitants de rédiger avant le 31 décembre 2018 leur PCAET. Comme son prédécesseur le PCET est un outil de planification qui a pour but d'atténuer le changement climatique, de développer les énergies renouvelables et maîtriser la consommation d'énergie. Contrairement à ce dernier, il impose désormais de traiter de la qualité de l'air.

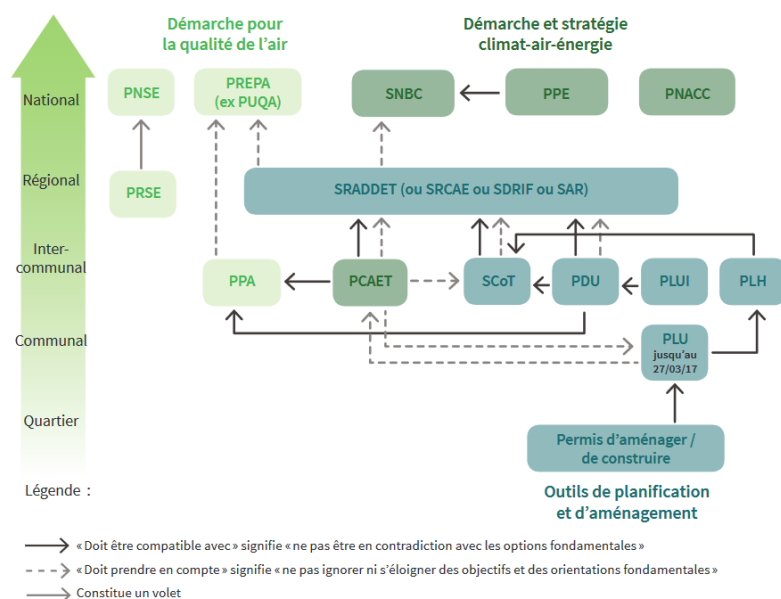


Figure 5: Articulation juridique des documents de planification

Le permis de construire/d'aménager doit être compatible avec le PLUi lequel devant prendre en compte le PCAET. Ce dernier doit lui-même être compatible avec le SRADDET.

○ Contexte réglementaire

- La nouvelle réglementation environnementale des bâtiments neufs (la « RE2020 ») a été prévue par la loi « Évolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique » (ELAN), pour une entrée en vigueur depuis le 1er janvier 2022 pour les logements et les bureaux. Elle sera dans un second temps étendue à d'autres typologies de bâtiments. Son enjeu majeur est de diminuer significativement les émissions de carbone du bâtiment. Elle repose pour cela sur une transformation progressive des techniques de construction, des filières industrielles et des solutions énergétiques, afin de maîtriser les coûts de construction et de garantir la montée en compétence des professionnels. Forte de ses objectifs réaffirmés – diminuer l'impact carbone des bâtiments, réduire les consommations d'énergie et mieux prendre en compte le confort d'été –, la RE2020 sera ambitieuse et exigeante. Les arrêtés traduisant la RE2020 s'appliquent à compter du 1er janvier 2022 à la construction de bâtiments à usage d'habitation, puis à partir du 1er juillet 2022 aux constructions de bâtiments de bureaux ou d'enseignement primaire ou secondaire soumis à la RE 2020.
- L'arrêté du 5 février 2020 (publié au JO le 29 février) pris en application de l'article L. 111-18-1 du code de l'urbanisme, lui-même créé par l'article 47 de la loi relative à l'énergie et au climat du 8 novembre 2019 est venu reprendre une obligation du code de l'urbanisme favorisant le développement des énergies renouvelables pour des constructions de surfaces importantes. Les constructions et installations de plus de 1000 m² d'emprise au sol doivent ainsi intégrer, au choix, des dispositifs de végétalisation ou de production d'énergies renouvelables.
- À partir du 1er juillet 2023, ce sera l'article L. 171-4 du code de la construction et de l'habitation introduit par l'article 101 de la Loi Climat et Résilience imposera :
 - 30% en surface de production d'énergie pour :

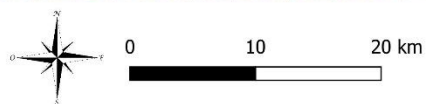
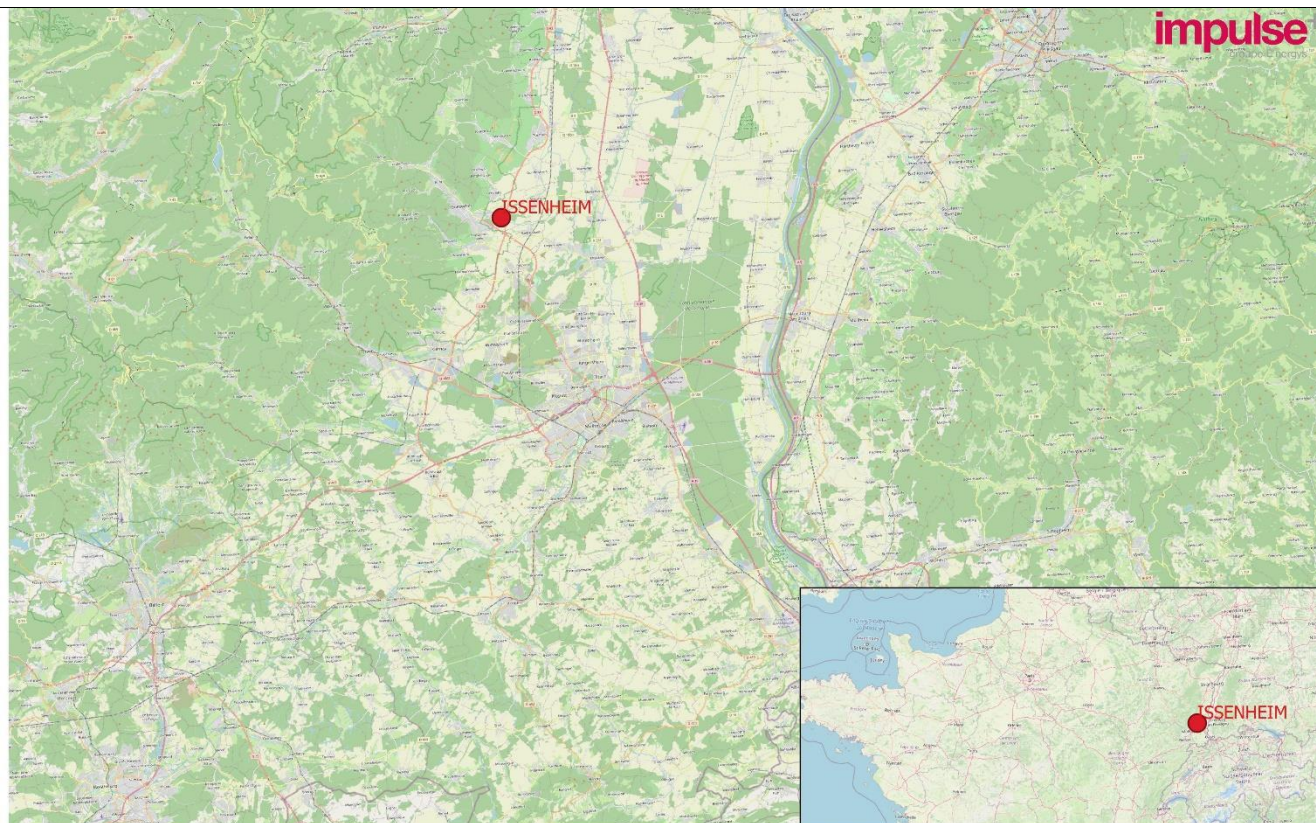
-
- Les constructions de bâtiments ou parties de bâtiment à usage commercial, industriel ou artisanal, aux constructions de bâtiments à usage d'entrepôt, aux constructions de hangars non ouverts au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale et aux constructions de parcs de stationnement couverts accessibles au public, lorsqu'elles créent plus de 500 mètres carrés d'emprise au sol de plus de 500 m²,
 - Les bâtiments de bureaux de plus de 1000 m²

Par ailleurs, les parcs de stationnement extérieurs de plus de 500 mètres carrés associés aux bâtiments ou parties de bâtiment auxquels s'applique l'obligation prévue à l'article L. 171-4 du code de la construction et de l'habitation ainsi que les nouveaux parcs de stationnement extérieurs ouverts au public de plus de 500 mètres carrés doivent intégrer sur au moins la moitié de leur surface des revêtements de surface, des aménagements hydrauliques ou des dispositifs végétalisés favorisant la perméabilité et l'infiltration des eaux pluviales ou leur évaporation. Ces mêmes parcs doivent également intégrer des dispositifs végétalisés **ou des ombrières** concourant à l'ombrage desdits parcs sur au moins la moitié de leur surface, dès lors que l'un ou l'autre de ces dispositifs n'est pas incompatible avec la nature du projet ou du secteur d'implantation et ne porte pas atteinte à la préservation du patrimoine architectural ou paysager.

- Le décret tertiaire défini par l'article 175 de la loi ELAN (loi portant Évolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique) impose des objectifs de réduction des consommations ou l'atteinte de valeurs de consommation maximale en kWh/m² à tous les bâtiments tertiaires de plus de 1000m².

• PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

- Positionnement géographique



Localisation du projet

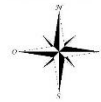
La commune d'Issenheim est située à 22 kms au Nord/Nord-Ouest de Mulhouse.

○ Périmètre d'étude

Le périmètre d'étude concerne l'extension du Parc d'Activités du Florival au lieu-dit Daweid, sur une surface d'étude d'environ 29 ha.



zone
 Arbres et Haies

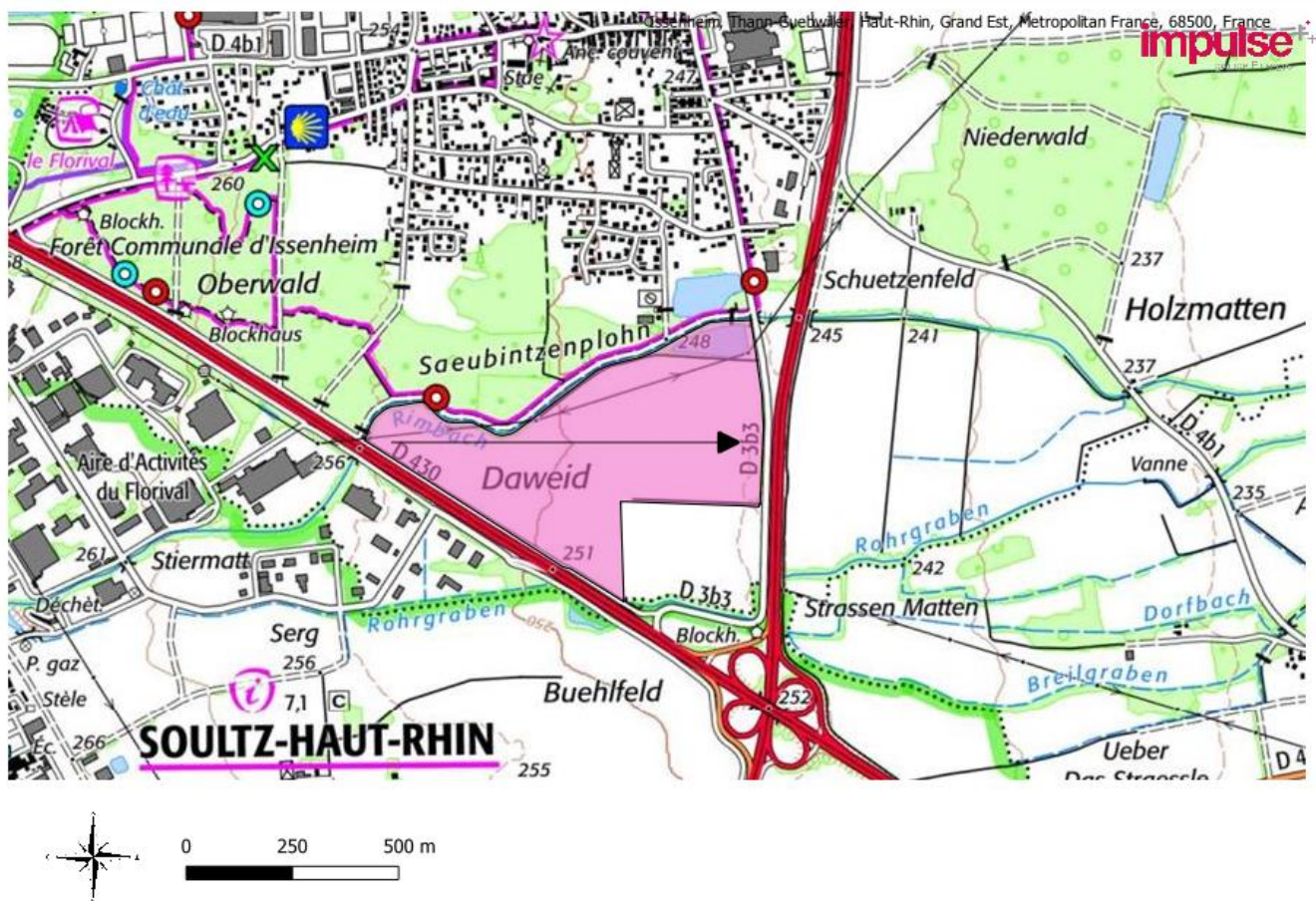


0 0,5 1 km

Localisation de l'extension du Parc d'Activités

○ Topographie

Les figures suivantes présentent le plan topographique de la zone d'étude :



Topographique du site (Source : SCAN 25 IGN)

→ Le site présente une faible pente orientée OUEST-EST non défavorable aux apports solaires.

○ Végétation et bâti existant



zone
Arbres et Haies



0 0,5 1 km

Vue Aérienne du site

- ➔ Avec des arbres au nord, le site présente peu de risques d'ombres portées préjudiciables.
- ➔ Le site est voisin d'un parc d'activités existant. La consommation énergétique des bâtiments existants est favorable au développement d'une autoconsommation électrique.

○ Programmation et schéma d'aménagement étudié

- La programmation du site n'est pas encore arrêtée. La surface bâtie est estimée à partir d'un COS de 62 % environ.

	NOMBRE	SDP unitaire moyenne	SDP TOTALE / TYPE	% Surfaces baties
Industrie	3	25000	75000	69%
PME/PMI	4	8000	32000	29%
Services	1	1750	1750	2%

- **PHASE 1 : POTENTIEL DE MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES**

- **Énergies fossiles/fissibles disponibles**

ENERGIE	ATOUTS/AVANTAGES	CONTRAINTES/INCONVÉNIENTS	COMMENTAIRES IMPULSE
ÉLECTRICITÉ	Disponibilité	Coût élevé Faible rendement global Gestion des déchets nucléaires Tension sur le réseau électrique en hiver Prix volatil sur les marchés	À réserver aux usages spécifiques : éclairage, bureautique, électroménagers
FIOUL	-	Très fort impact environnemental	Non envisageable sur l'opération
PROPANE	Impact environnemental plus limité que le fioul	Positionnement des cuves ou réseau gaz	Non envisageable sur le site car présence du gaz naturel.

Synthèse des énergies fossiles/fissibles disponibles et mobilisables sur le site

- **Les énergies renouvelables et de récupération**

Les énergies renouvelables représentent les sources énergétiques qui peuvent être utilisées sans que leurs réserves ne s'épuisent. En d'autres termes, les énergies renouvelables doivent globalement avoir une vitesse de régénération supérieure à la vitesse d'utilisation.

- **Inventaire des énergies renouvelables disponibles et pertinence sur le projet**

L'ensemble des solutions sont répertoriées dans le tableau ci-dessous et présentées succinctement en annexe.

Un code couleur permet de juger de la pertinence sur l'opération :



Probable



Possible



Peu probable

> Les solutions jugées peu probables ne sont pas reprises dans la suite du rapport. Les autres sont étudiées ci-après.

Energie	Utilisation	Principe	Pertinence sur le projet et commentaires
Bois	Chaleur	Granulés	Solution adaptée.
		Plaquettes	Solution adaptée.
		Bûches	Le bois bûche n'est pas adapté pour du tertiaire ou des industries, au contraire du bois granulé ou de la plaquette.
Solaire	Chaleur	Panneaux solaires Thermiques	Solution adaptée.
	Électricité	Panneaux solaires Photovoltaïque	Solution adaptée.
Éolien	Électricité	Grand	Obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut : incompatibilité potentielle.
		Petit et micro	Il est préférable d'être sur un site dégagé avec des vents majoritairement unidirectionnels. Cela nécessite des études précises.
Hydraulique	Électricité	Grand (marine)	Le PA ne se situe pas à proximité immédiate de la mer.
		Moyen (rivière)	Le PA ne se situe pas à proximité immédiate d'une rivière.
Géothermie	Chaleur/ Froid	Très basse énergie sur aquifère superficiel (nappe)	Solution adaptée au contexte mais nécessitant des forages pour évaluer le potentiel.
		Très basse énergie sur sondes verticales	Solution adaptée au contexte mais nécessitant des forages pour évaluer le potentiel.
		Très basse énergie sur sondes horizontales	Solution requérant beaucoup de surface au sol.
Aérothermie	Chaleur/ Froid	Pompe à chaleur	Solution adaptée
Méthanisation/ biogaz	Chaleur/ Électricité		Solution non adaptée au contexte de l'opération car pouvant générer des nuisances. Une étude d'impact spécifique est par ailleurs requise. Enfin, cette technologie nécessite un plan d'approvisionnement en matière organique stable.
Biopropane	Chaleur	Identique solution propane classique	Solution adaptée au projet.
Récupération de chaleur fatale sur les eaux usées	Chaleur	Sur les eaux usées de la ville (STEP ¹)	Vérifier la capacité de la STEP et sa distance au projet
		Sur l'assainissement	Vérifier le débit moyen en hiver
		Sur les eaux usées d'un bâtiment	Solution adaptée.

¹ STEP = Station de Traitement des Eaux Usées

- **L'énergie solaire**

- **Présentation**

L'énergie solaire passive : Le solaire passif est la moins chère et l'une des plus efficaces. Elle entre directement dans ce que l'on appelle communément l'approche bioclimatique : l'idée simple est d'orienter et d'ouvrir au maximum les façades principales du bâtiment au sud. Il convient cependant d'intégrer des protections solaires (casquettes solaires, volets) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes. Cette énergie est directement liée au plan masse et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle. Sur des sites industriels, il peut être pertinent au contraire de mettre en place des SHEDS ouverts au nord afin de bénéficier d'un éclairage naturel diffus sans surchauffes et éblouissements



Exemple de bâtiment industriel avec SHEDS.

L'énergie solaire active : L'énergie solaire dite « active » se décline sous la forme thermique (production d'eau chaude, chauffage) et photovoltaïque (production d'électricité). Ces deux types d'énergie pourront être utilisés sur le projet.

Le solaire thermique est considérée comme une énergie renouvelable car la durée de vie du soleil dépasse de très loin nos prévisions les plus ambitieuses... Elle peut à ce titre être considérée comme infiniment disponible.

Pour ses qualités environnementales (énergie renouvelable à très faible impact) et durable (simplicité des équipements), l'énergie solaire pourra être intégrée fortement sur le projet.

La mobilisation de l'énergie solaire est possible selon 3 modalités :

- Apports solaires passifs pour limiter les besoins en chauffage et éclairage ;
- Panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire (ou process) et de chauffage ;
- Panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité.

Les différentes technologies permettant d'exploiter l'énergie solaire sont détaillées en Annexe.

• Gisement brut

La carte suivante présente l'insolation annuelle en France :

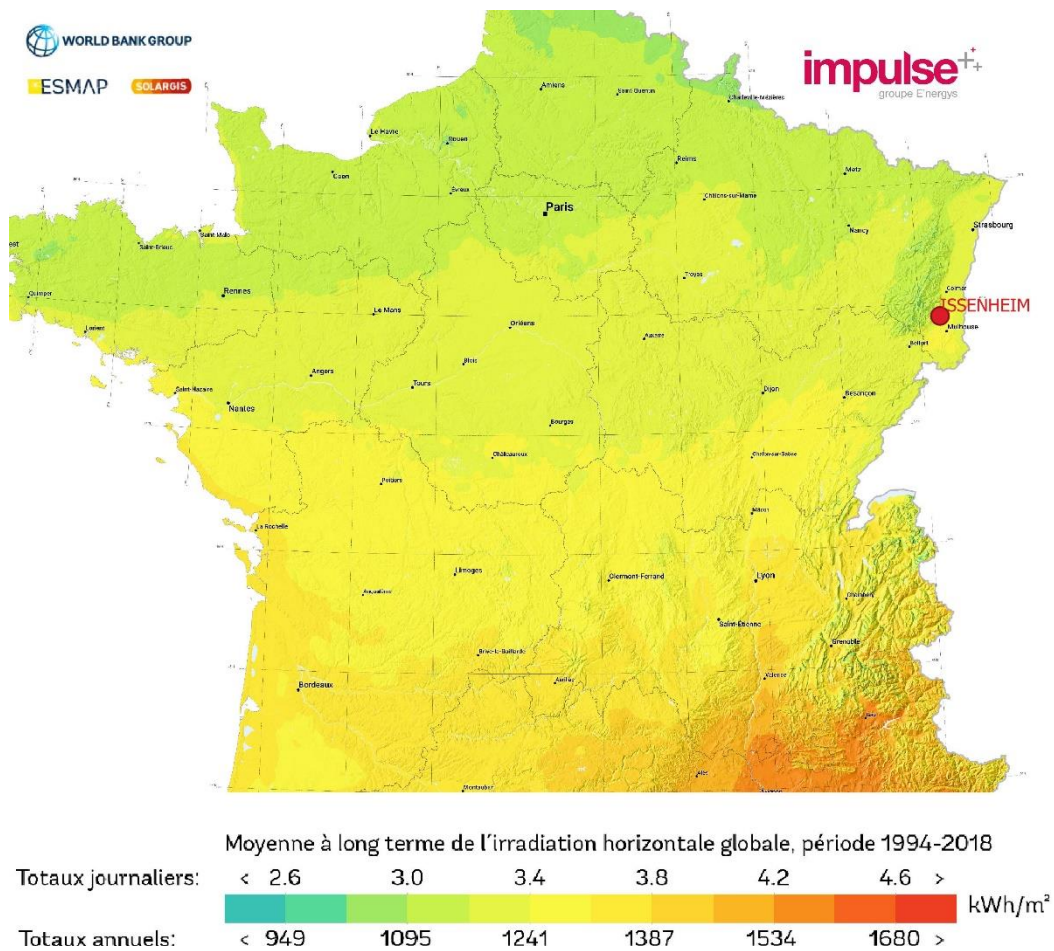


Figure 6: Insolation annuelle (Source ESMAP/SAOLARGIS/WORLD BANK GROUP)

→ L'irradiation global horizontale sur site est d'environ 1100 kWh/m².

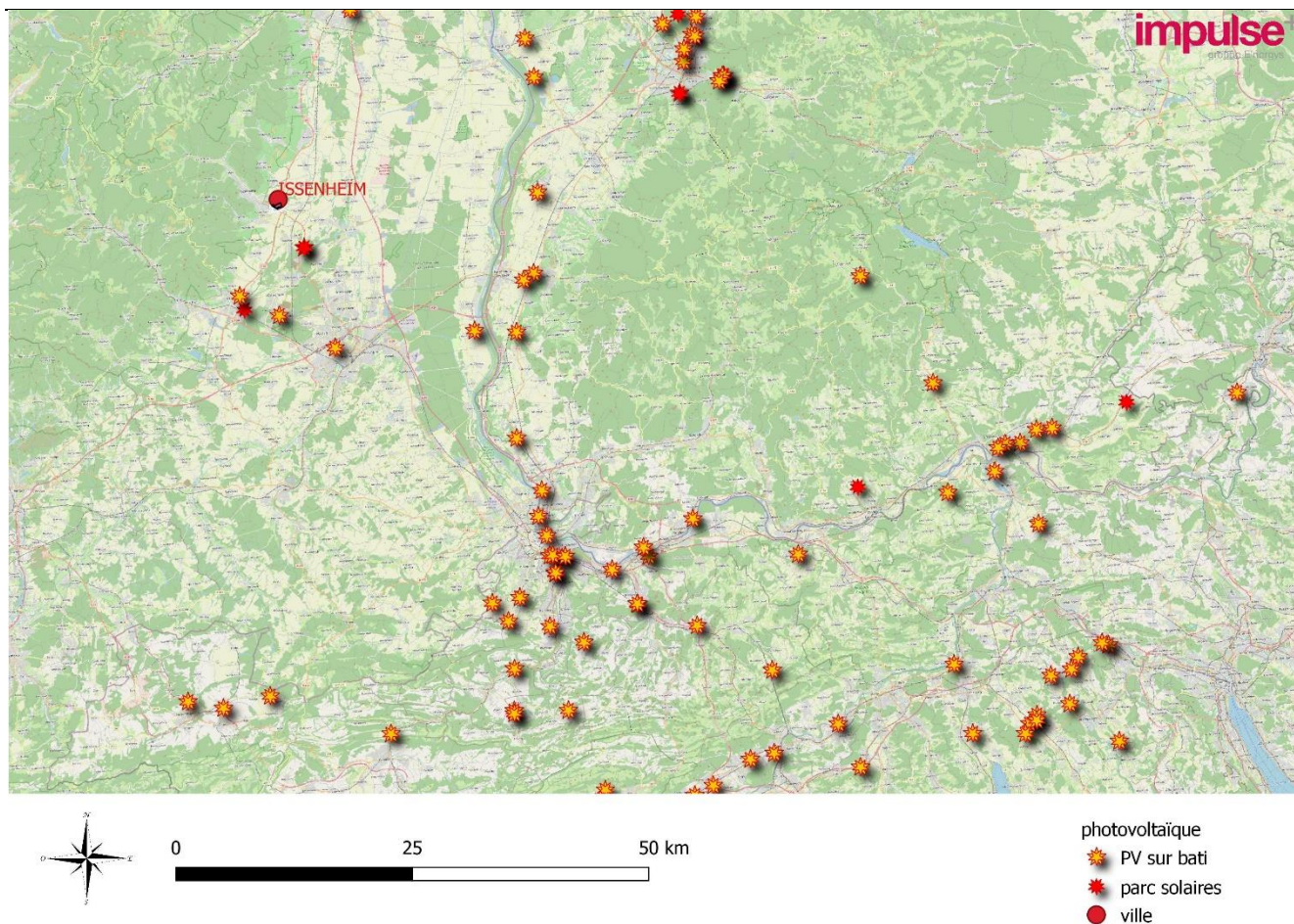


Figure 7: Installations photovoltaïques à proximité du projet (source Géorhena)

Plusieurs installations solaires thermiques sont recensées à proximité du projet dont des centrales solaires au sol ce qui atteste de la pertinence technico-économique de cette technologie.

- **Sur le site**

Les ombres portées générées devront être prises en compte.

- **Prédisposition du projet vis-à-vis des apports solaires gratuits**

Construire des bâtiments peu consommateurs d'énergie passe obligatoirement par l'**optimisation des apports solaires passifs pour limiter les besoins en chauffage en hiver et les inconforts dus aux surchauffes estivales.**

À l'échelle des parcelles :

- Prévoir les façades principales au Sud : une orientation Sud-Ouest à Sud-Est (Sud +/- 20°) reste pertinente. Les façades principales s'entendent la plupart du temps « côté jardin » pour les maisons individuelles.
- Assurer un recul suffisant entre les bâtiments pour permettre un accès au soleil au Sud dans les conditions les plus défavorables (solstice d'hiver)

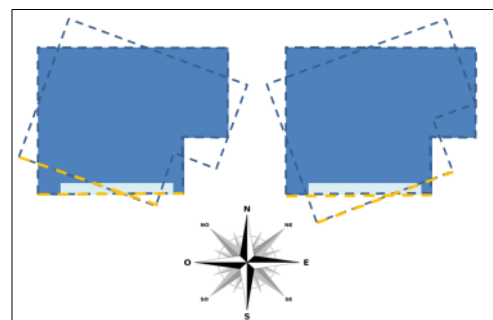


Figure 8 : Orientation optimale des façades principales : Sud +/- 20°

L'annexe sur l'énergie solaire rappelle des données physiques sur la course du soleil et des préconisations pour traiter la thématique des apports solaires à l'échelle d'une opération d'aménagement.



Éviter les masques et les ombres portées

Échelle	Solaire Passif	Solaire thermique	Solaire photovoltaïque
Zone d'étude	- Respect des distances impliquées par les ombres portées		
Bâtiment	- Façades et ouvertures principales au Sud +/- 20° - Protections solaires adaptées	Réserver l'énergie solaire thermique aux bâtiments à fort besoins en ECS/process thermique	Production d'énergie à considérer après l'optimisation énergétique du bâtiment (par exemple prévoir une structure de toiture adaptée pour recevoir des panneaux ultérieurement)
		- Orientation Sud +/- 25° ; Inclinaison de 45° environ - Limiter les ombres et les masques (bâtiments proches, végétation)	

Figure 9: Préconisation pour l'optimisation des apports solaires

- **Exemple d'intégration de photovoltaïque sur des bâtiments de zone industrielle et commerciale.**



sur place » à Biocoop pour sa consommation.



Dans le cadre de l'agrandissement de sa plateforme logistique Grand-Ouest à Melesse, Biocoop s'est associé à Energie Partagée et Enercoop pour la mise en place de la plus grande centrale photovoltaïque citoyenne, avec une puissance de 300 kWc, en autoconsommation de Bretagne. D'une surface de 2 000 m², elle produira 300 MWh chaque année, soit l'équivalent de la consommation annuelle de 120 foyers (sur la base de la consommation énergétique d'un foyer BBC de 2 500 kWh/an) et de 45T annuelles de CO₂ évitées. Celle-ci, financée par les citoyens via Énergie Partagée, produira une électricité 100% renouvelable, qui sera vendue «

Depuis le 16 novembre 2017, le parking de l'Intermarché de Lanriec-Concarneau (Finistère) est couvert de 1 900 m² de panneaux photovoltaïques. Ils produisent 280 MWh soit environ 20 % de la consommation électrique du site.

• L'énergie bois

Le bois énergie est l'une des sources énergétiques les plus intéressantes actuellement :

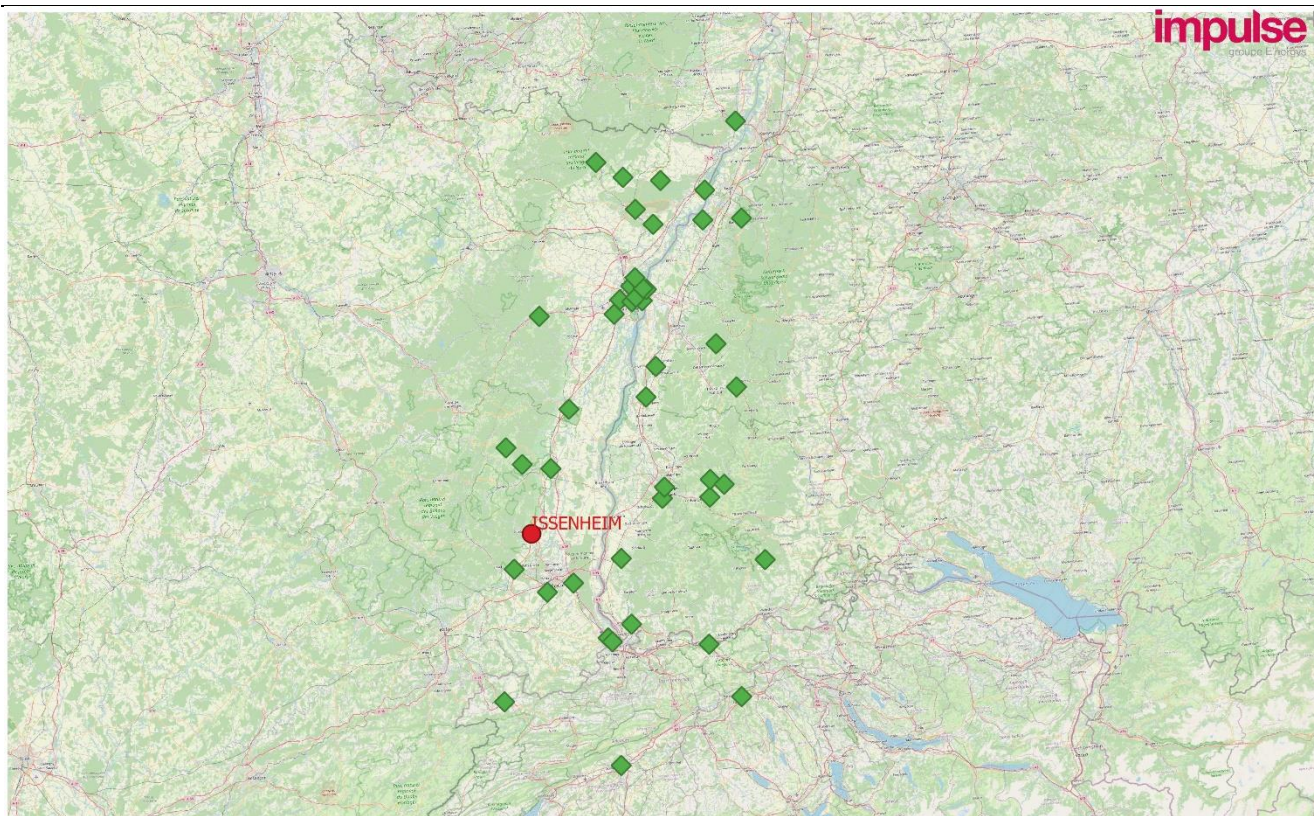
- **Renouvelable** : le bois est une source renouvelable puisqu'il peut être planté en quantité et disponible pour la production énergétique dans un délai cohérent par rapport à notre échelle de temps (quelques années à quelques dizaines d'années) ;
- **Neutre pour l'effet de serre** : dans le cadre d'une gestion raisonnée (on ne coupe pas plus d'arbres qu'on en replante), sa combustion aura un impact neutre sur l'effet de serre puisque le CO₂ dégagé par sa combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse ;
- **Bon marché** : en fonction des solutions retenues (bûches, granulés, bois déchiqueté), le prix du bois énergie reste intéressant en comparaison avec les autres types d'énergie ;
- **Performant** : les équipements actuels (poêles, chaudières) affichent des performances tout à fait intéressantes, et sont de plus en plus automatisés.

Quelques difficultés peuvent cependant être mises en avant :

Manutention et modes de vie : il convient de choisir la technique la plus adaptée en fonction du futur utilisateur. En effet, la solution bois bûche nécessite de la manutention.

Le traitement des fumées : il est nécessaire de mettre en œuvre des équipements respectant les normes d'émission (30mg/Nm³ pour les installation a granulés). Les installations plus importantes (ICPE 2910A : installation > 1MW) devront disposer d'équipements spécifiques(électrofiltres, multi cyclones, filtres à manches ...) pour traiter les fumées.

> D'une manière générale, nous sommes favorables à l'utilisation forte du bois énergie sur le secteur. Il conviendra cependant de valider la filière de livraison pour s'assurer de la disponibilité du bois sur le moyen terme.



Carte des installation biomasse à proximité du projet
(Source : Georhena)

L'énergie bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et la présence de réseaux de chaleur atteste d'une filière structurée.

- **Bois déchiqueté ou plaquettes**



Le bois déchiqueté permet d'utiliser des produits non valorisables en bois bûche ou bois d'œuvre. Comme les sous-produits (connexes) des industries du bois, les produits en fin de vie comme le bois d'emballage, les palettes usagées (sorti du statut déchet) mais aussi le bois de forêt (premier éclaircissage, branchage, bois tordus). Le bois déchiqueté sert aussi sur les exploitations agricoles pour valoriser le bois issu de l'entretien des haies bocagères.

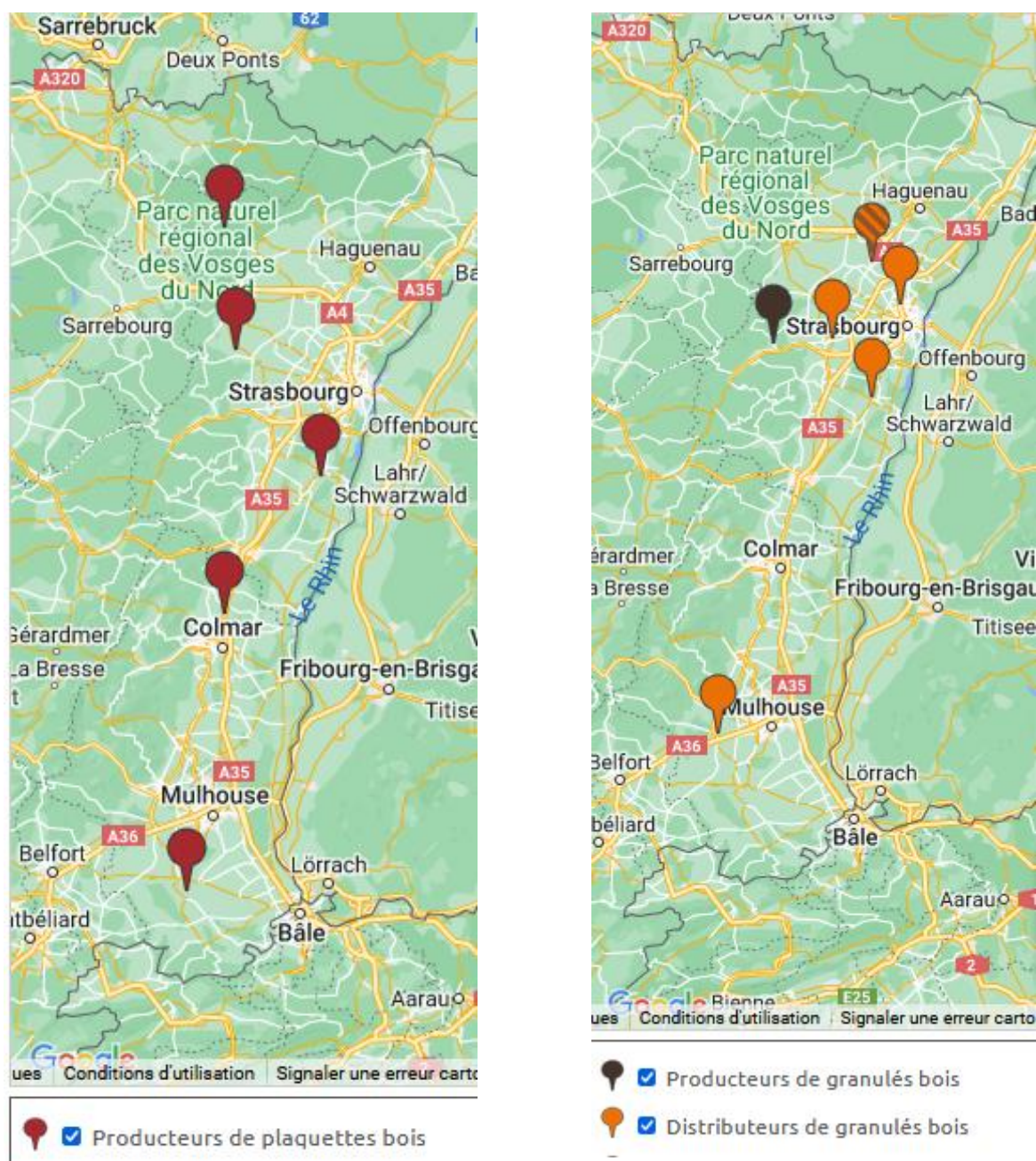
- **Granulés de bois**



Les **granulés de bois** sont fabriqués avec de la sciure issue de l'industrie du bois : ces sciures sont transformées en granulés par pressage si elles sont sèches. Elles sont préalablement séchées avant compression si elles sont humides. Dans les deux cas, les granulés ne comportent pas d'additifs. Le granulé de bois est un produit beaucoup plus homogène que la plaquette, donc plus facilement utilisable, mais il nécessite plus d'énergie pour sa fabrication.

Le bois granulé peut être livré en sacs (poêles à granulés) ou en vrac par camion souffleur (chaudières automatiques).

Fournisseurs de combustibles



Fournisseurs de combustibles à proximité du projet (source Fibois)

Des producteurs et distributeurs de combustibles sont logiquement présents sur le territoire pour alimenter les installations en fonctionnement.

Le granulé bénéficie également de réseaux de distributions de certaines enseignes nationales (grande distribution alimentaire, fournisseurs d'énergie nationaux ; ex total ...)

Potentiel sur le projet

- Le bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et pourrait assurer la production de chauffage.
- Quel que soit le combustible, il sera nécessaire de prévoir un volume de stockage suffisant et accessible pour la livraison.

- **L'énergie éolienne (production d'électricité)**

- **Présentation**

L'énergie éolienne est également une énergie liée indirectement au soleil. En effet, le mouvement des vents et donc l'énergie contenue dans les vents et récupérée par les éoliennes provient directement des différences de températures des zones de l'atmosphère et donc du soleil.

La connaissance du gisement éolien récupérable est l'élément primordial pour s'assurer de l'intérêt économique du projet. En effet le rendement de l'éolienne sera d'autant plus élevé que le site ne génère pas de la turbulence et que le gisement de vent est important. Le rendement de l'aérogénérateur sera donc fonction de la qualité éolienne du site d'implantation.

En effet, la vitesse du vent varie en fonction de la hauteur et de la rugosité du terrain. La rugosité générale par le terrain impose « d'aller chercher » le vent en altitude

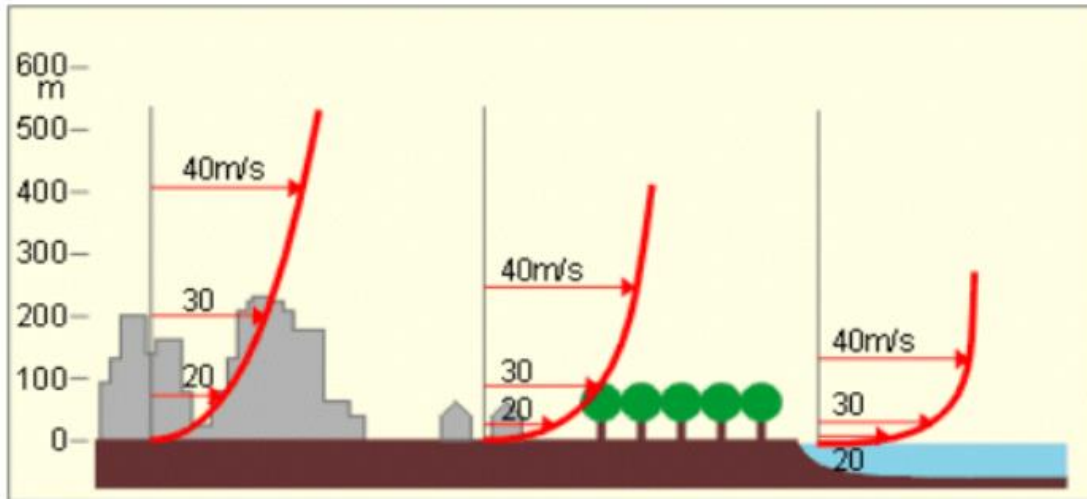


Figure 10: Évolution de la vitesse du vent en fonction de l'altitude et de la rugosité du terrain

- **Petit Eolien**

En raison de la rugosité générée par les constructions, le projet n'est pas adapté à une zone à urbaniser.

- **Grand éolien**

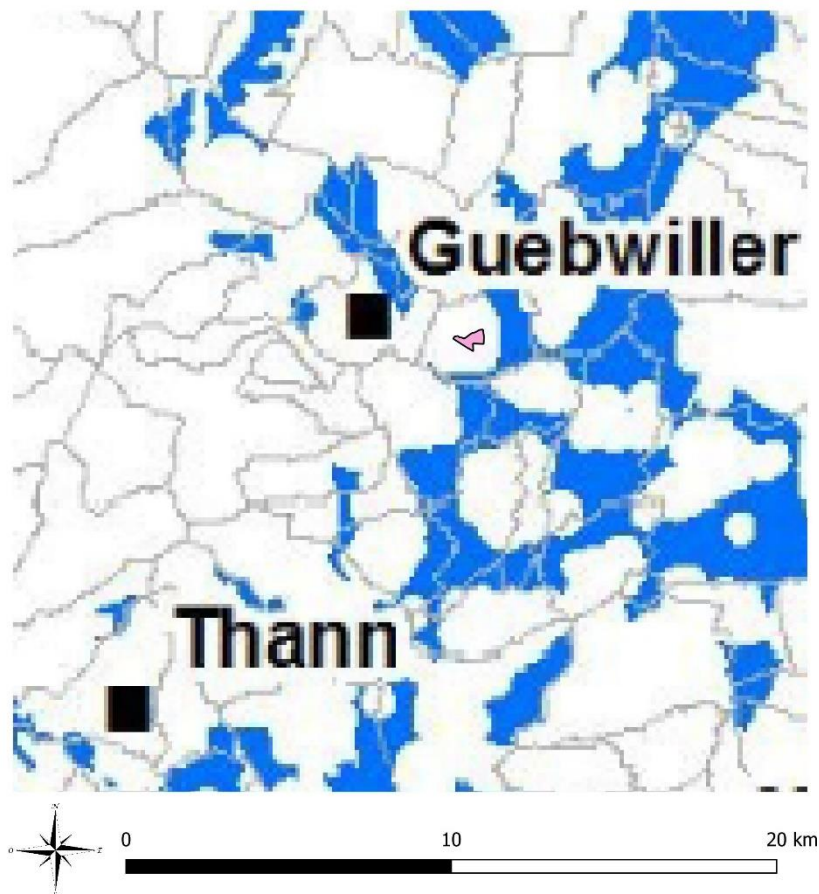


Figure 11: Zones favorables à l'Eolien (en bleu) source: SRE Grand Est

Selon le Schéma Régional Éolien, le projet ne se situe pas dans une zone « favorable (en bleu sur la carte) ».

Le grand éolien n'est pas adapté à une implantation en site urbanisé (obligation d'éloignement des habitations, nuisances, perturbation de l'écoulement du vent).

- **La géothermie (production de chaleur et d'électricité)**

- **Présentation**

L'énergie issue de la chaleur originelle de la terre peut également être considérée comme de l'énergie renouvelable car la quantité d'énergie stockée dépasse également de loin toutes nos échelles de temps humaines. Elle peut cependant être récupérée lorsque des failles particulières lui permettent de remonter proche de la surface. Certaines régions françaises sont concernées (le Bassin parisien ou l'Est de la France par exemple).

En revanche l'énergie solaire, stockée en partie superficielle du sous-sol et les nappes peu profondes, peut être captée pour la production de chauffage.

Il existe 3 principales technologies de géothermie très basse énergie. Ces technologies peuvent toutes être des solutions réversibles (chaud et froid sur le même système : la pompe à chaleur) :

- **Sur nappe :**

Les opérations avec pompes à chaleur sur aquifères superficiels permettent de valoriser le potentiel thermique de ressources en eaux souterraines pour le chauffage et/ou le rafraîchissement. L'eau souterraine est prélevée dans un aquifère situé généralement à moins de 200 m de profondeur. L'énergie de cette eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- **Sur sondes verticales :**

L'eau (ou eau glycolée) circule dans des sondes géothermiques pouvant atteindre jusqu'à 200M de profondeur. Il n'y a pas de contact entre le fluide caloporteur de la sonde et la roche. Le transfert de

calorie se fait à travers les matériaux de la sonde, par conduction. La présence d'une nappe d'eau souterraine est valorisée à l'aide d'une pompe à chaleur, puis l'eau est réinjectée dans le même aquifère.

- **Sur sondes horizontales :**

Le principe de fonctionnement est le même que la géothermie verticale excepté que les capteurs sont disposés de manière horizontale. La surface de capteurs couvre généralement 2,5 à 3 fois la surface chauffée.

En milieu urbain, cette solution est la moins adaptée et la moins performante parmi les systèmes de géothermie. La densité et l'emprise au sol des bâtiments excluent la faisabilité d'un tel système. Cette solution est plutôt réservée pour de l'habitat individuel rural car elle requiert beaucoup de surface au sol. Elle ne sera pas étudiée dans cette étude.

- **Gisement**

La carte suivante présente une estimation des ressources géothermiques de la région:

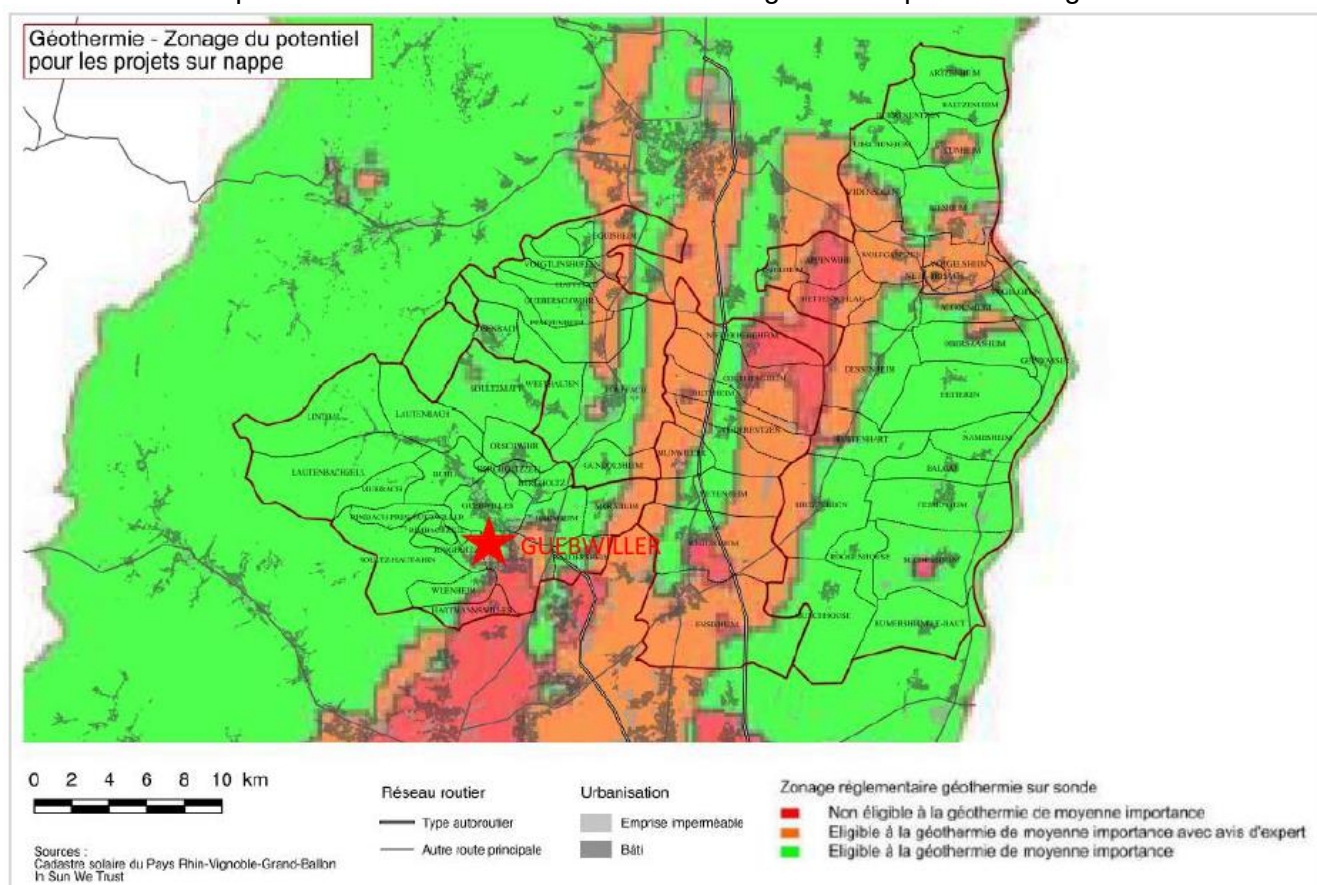


Figure 12: Extrait carte des ressources géothermiques en France (source PCAET GRVB)

D'après la carte, le site se situe sur une zone éligible à la géothermie de moyenne importance.

industrielles ainsi que les eaux pluviales. Leur température moyenne est d'environ 15°C ce qui en fait une source de chaleur intéressante à exploiter grâce à la mise en place d'une pompe à chaleur. Cette énergie a l'avantage de se situer à proximité de la demande, tout en ayant un impact très limité en termes d'émissions de CO₂. La récupération d'énergie sur les eaux usées est aussi appelée « cloacothermie ».

Il existe différentes techniques de récupération, détaillées en annexe.

Chaque système présente des avantages et contraintes. Le choix d'une technologie par rapport à une autre est orienté par la nature et le contexte du projet.

Niveaux	Avantages	Inconvénient	Potentiel
Échangeur de chaleur sur l'eau des douches	Facilité de mise en œuvre et très faible entretien	Investissement significatif (3000 euros/douche) Entretien de l'échangeur	Potentiel de puissance environ 30% de la puissance de production d'ECS
Bâtiments	Solution simple pour l'eau chaude sanitaire des bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie)	Cout d'un réseau distinct pour les eaux grises. Surcout d'un calorifugeage.	Potentiel de puissance entre 50 kW et 300 kW
Collecteurs	Proximité des preneurs de chaleur Utilise des technologies maîtrisées (échangeurs de chaleurs, pompe à chaleur)	Investissement important. Entretien important (nettoyage échangeur) Peu de retours d'expérience. Possibles effets de l'abaissement de T° sur le process de la STEP. Longueur de canalisation et débit suffisants. Potentiel à étudier finement Vigilance sur le montage juridique notamment les relations entre maître d'ouvrage du réseau, exploitant du réseau et maître d'ouvrage du bâtiment à étudier.	Potentiel de puissance entre 10 kW et 1 MW
Stations de relevage	Solution indépendante de la taille du collecteur. Convergence des réseaux vers la station donc débits plus importants.		Potentiel de puissance jusqu'à 2 MW
STEP	Pas de problème de refroidissement Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur		Potentiel de puissance jusqu'à 20 MW

Figure 14: Avantages et inconvénients des différents systèmes de récupération d'énergie sur les eaux usées

Exemple de réalisation :

Projet	DATE	Niveau	Puissance	Production MWh	Investissement	Bâtiment chauffé
Batagieres Nord-EST (Mulhouse)	2008	Collecteur	520kW	655	600 000 €	75% des besoins de chaleur de 108 logements
Habitat social (Marseille)	2012	Collecteur	530 kW	1689	1 281 000 €	215 logements
STEP Belleville	2011	STEP	300 kW	274 (entrée PAC)	480 000 €	3 bâtiments de logements
Centre aquatique communauté urbaine d'Aras	2018	Collecteur	?	1000	600 000 €	Piscine

Application

La récupération thermique sur eaux usées est théoriquement possible sur des réseaux d'assainissement de 5 000 équivalents habitant (EH) au moins ; cependant la pratique a montré en Suisse que la rentabilité des projets n'est assurée qu'à partir d'environ 20 000 EH.

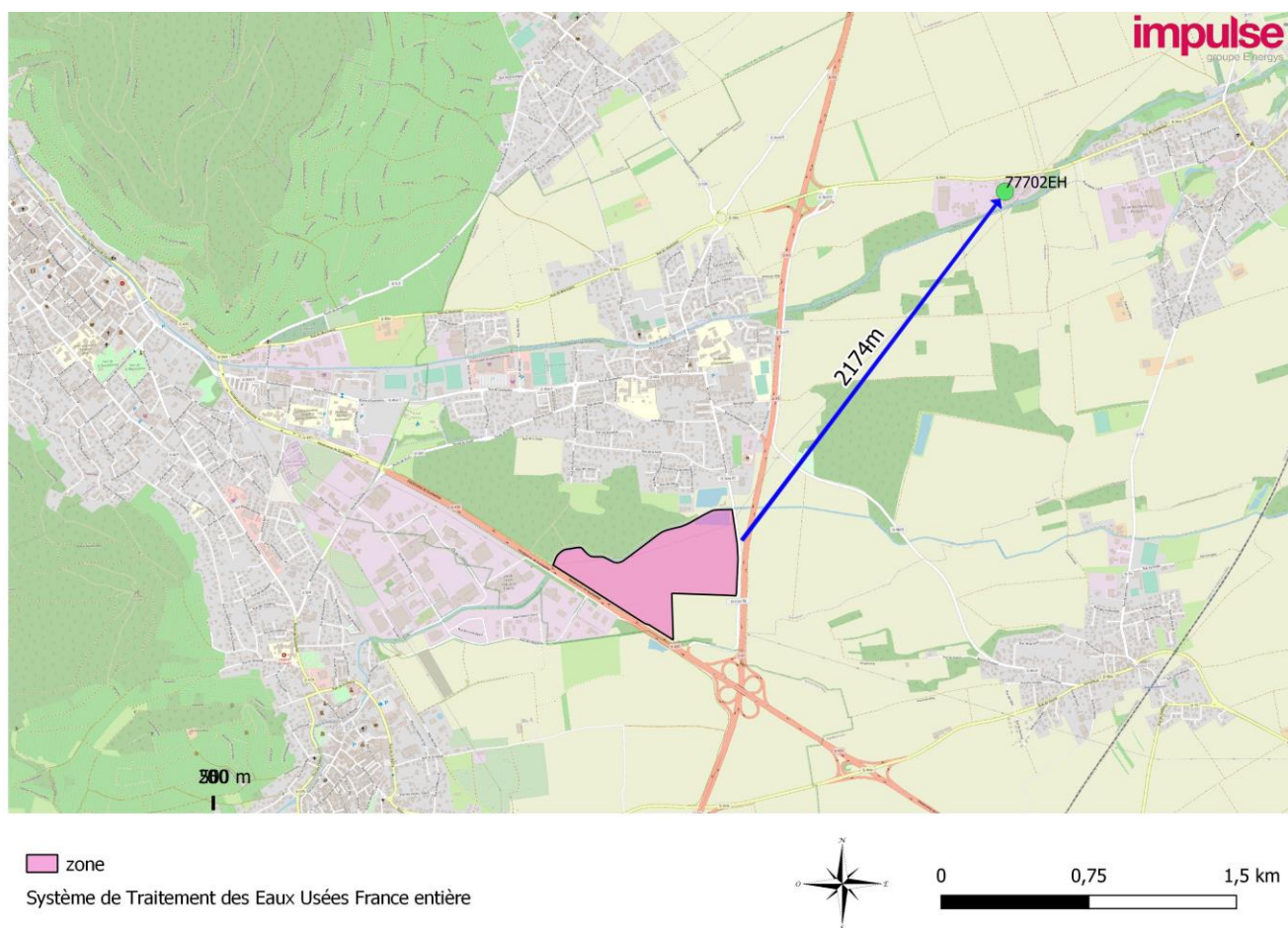


Figure 15: Localisation de la station d'épuration la plus proche du projet

La STEP la plus proche est trop éloignée et sa capacité insuffisante pour envisager un tel projet

> La récupération énergie sur les eaux usées est possible à partir des technologies de récupération en pied d'immeuble et d'échangeur sur l'eau des douches. La faisabilité des autres systèmes nécessite des études complémentaires.

- ## Potentiel de production dans le projet

À l'échelle du bâtiment, il existe des technologies de récupération sur les eaux usées pour effectuer du préchauffage. Cette technologie du type « PowerPipe » de Solenove Energie, RecupFloor de Gaïa Green, permettent de réduire de 30 à 40% les besoins d'eau chaude sanitaire pour les douches (y compris collectives)



Système RecupFloor® de Gaïa Green sous avis technique CSTB

- ## Innovations liées à la production d'électricité

- ### L'autoconsommation

L'ordonnance n°2016-1019 du 27 Juillet 2016 a fixé un cadre, complété depuis par les décrets d'application. Cette ordonnance permet le développement de l'autoconsommation. Elle ouvre, également, la porte à l'**autoconsommation collective locale**.

L'autoconsommation désigne le fait de consommer tout ou partie de l'électricité produite par son installation de production.

Les évolutions techniques des systèmes photovoltaïques, la baisse de leur coût de production et l'augmentation de leur rendement, rendent l'autoconsommation de plus en plus intéressante face à l'électricité vendue sur le réseau. De plus, l'autoconsommation permet de réduire les coûts de raccordement au réseau public d'électricité.

Le compteur communicant, aussi appelé Linky, suffit à lui seul pour compter l'électricité produite et consommée par la maison. En parallèle, il permet connaître en temps réel l'état du réseau.

La loi autorise également l'autoconsommation collective qui est définie comme « la fourniture d'électricité effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finals liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés en aval d'un même poste » de distribution d'électricité.

Ainsi, un déficit de production d'un bâtiment à un instant donné peut être compensé par un bâtiment situé à proximité et un excédent de production pourrait être valorisé à proximité.

Les opérations d'autoconsommation collective concernent une large variété de situations :



Figure 16: formes d'autoconsommation collective (Source: Enedis)

Ainsi au sein d'une opération, il peut y avoir de l'autoconsommation collective à l'échelle d'un bâtiment où les différents occupants se partagent la production d'électricité des panneaux photovoltaïques en toiture, mais également entre deux bâtiments voisins.

- **Les smartgrid**

Parallèlement au déploiement de l'autoconsommation, se développe ce que l'on appelle couramment les smartgrid ou réseau intelligent.

Un smartgrid (ou « réseau intelligent ») regroupe un territoire défini, un ensemble d'installations de production d'énergie et de systèmes de pilotage de cette production et de la consommation sur ce territoire.

Un smartgrid permet d'équilibrer en temps réel la consommation d'électricité et la production en agissant, via les systèmes de pilotage, sur la production et/ou sur la consommation, le délestage (notion de flexibilité), voire le stockage.

Il utilise les nouvelles technologies de l'information et de la communication pour optimiser la production, la distribution, la consommation, et éventuellement le stockage de l'énergie afin de mieux coordonner l'ensemble des mailles du réseau électrique, du producteur au consommateur final. Il améliore l'efficacité énergétique de l'ensemble en minimisant les pertes en lignes et en optimisant le rendement des moyens de production utilisés, en rapport avec la consommation instantanée. Une grille tarifaire spécifique peut être associée à un smartgrid.

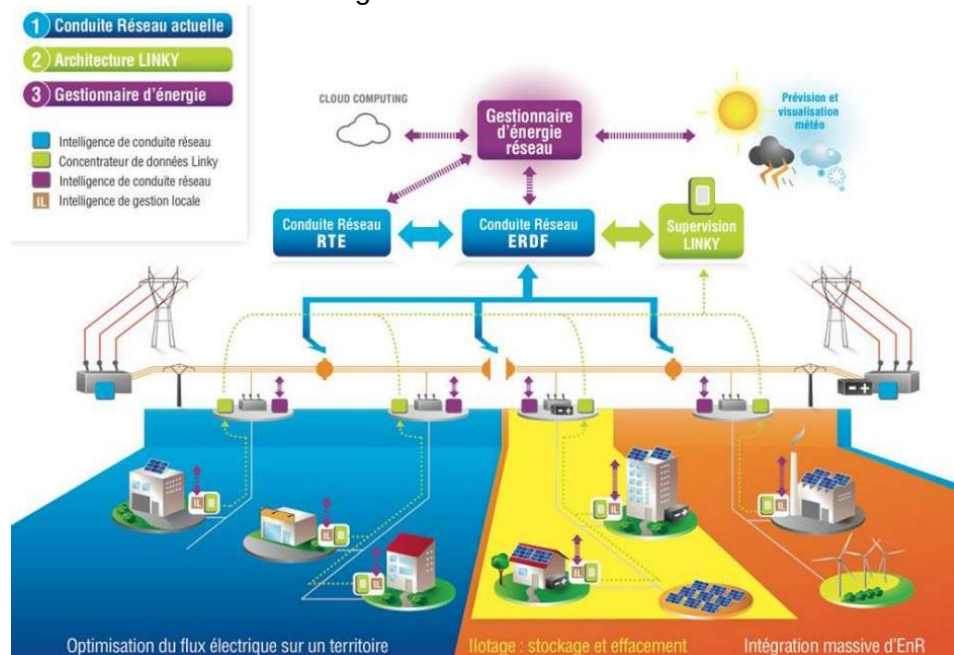


Figure 17: Illustration Smart Grid (Source : www.enerzine.com)

- Synthèse des énergies renouvelables mobilisables sur site

Energie	Potentiel sur site	Conditions de mobilisation	Atout/avantages	Contraintes/inconvénients	Avis Impulse et pertinence sur le projet
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale structurée	Disponibilité de la ressource Filière créatrice d'emplois locaux Stabilité du prix de la chaleur	Densité énergétique à valider pour la mise en œuvre de réseaux Niveau d'automatisation à adapter en fonction des utilisateurs Nécessité de mettre en place une logistique d'approvisionnement La qualité du combustible doit être maîtrisée afin d'éviter l'émission de substances polluantes. Réserver de la place pour implantation des chaufferies + silo de stockage + espace livraison	Solution pertinente : > ressource disponible sur le territoire. > Technologie adaptée aux différents profils de consommations.
Solaire passif	++	Orientation Sud des bâtiments Attention à la pente du terrain Conception bioclimatique (maximiser les apports solaires en hiver, s'en protéger en été)	Energie gratuite	Contrainte d'orientation Sud Contraintes liées aux ombres portées (bâtiments)	Le plan d'aménagement doit privilégier l'approche bioclimatique et tenir des ombres portées existantes et créées.
Solaire thermique	+++	ECS solaires thermiques en toiture et/ou brise-soleil (étude approfondie à réaliser). Orientation sud des toitures ou toits terrasses.	Performante, la technologie du solaire thermique a atteint sa maturité. Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 25 ans. Le coût du solaire thermique est très	Conflit d'usage des toitures (occupation de surface importante par les panneaux solaires)	Solution adaptée pour les bâtiments ayant des consommations de chaleur pour l'ECS ou certains process industriels (production de vapeur ou eau chaude).

		Réaliser un modèle 3D pour évaluer précisément l'ensoleillement et notamment les ombres portées des bâtiments.	abordable, c'est une énergie consommée sur place.		
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité technico-économique et les possibilités de positionnement (en toiture, en brise-soleil, en ombrière de parking, sur des candélabres, ...) Orientation Sud des toitures ou toits terrasses	Photovoltaïque : peut favoriser une intégration au bâti et au milieu urbain (verrières, façade, mobilier urbain, ...)	Le coût peut être élevé pour le photovoltaïque.	Solution adaptée : > Peut couvrir une partie des consommations. > compatible avec un smartgrid.
Géothermie très basse température	++	La réalisation d'un forage test et d'une étude de faisabilité est indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (sol, eau)	Appel de puissance électrique en hiver Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène	Solution théoriquement envisageable après étude de faisabilité + réalisation de forages tests.
Aérothermie	+++		Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (Air)	COP moyen annuel faible Appel de puissance électrique en hiver Nuisances sonores Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène	Solution possible et adaptée. Système pouvant engendrer des appels de puissance sur le réseau et des nuisances sonores.
Chaleur fatale des eaux usées en pieds de bâtiments	+++	-Bâtiment de taille significative + évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes -Valorisation possible -Production collective d'ECS	Energie de récupération Ressource disponible toute l'année Système simple	Ne fonctionne que simultanément à la demande. Contraintes techniques : - Débits d'eaux usées >10l/s - Diamètre collecteur >500 mm - Distance bâtiment-collecteur <200 m	Solution pertinente à l'échelle d'un bâtiment industriel ayant des process rejetant de l'eau.

Chaleur fatale en pied de douche	+++		Energie de récupération Ressource disponible toute l'année Système simple	-Investissement relativement important		Adaptée à des bâtiments équipés de douches notamment des sites avec de grands vestiaires.
Chaleur fatale eaux usée (collecteurs et station de relevage)	?	Études préalables pour quantifier le gisement	Energie de récupération Ressource disponible toute l'année	-Investissement important -Risque juridique -Peu de retour d'expérience -Maintenance significative		
Petit éolien	+	Etude précise des vents à réaliser en phase réalisation et après la construction des bâtiments	Energie renouvelable et gratuite Plusieurs formes de technologies existent et peuvent facilement s'intégrer au paysage urbain	Productivité faible Nuisance sonores potentielles « Effet d'abris » du milieu urbain qui limite la productibilité		Solution nécessitant une étude de vent précise et moins recommandée en site artificialisé.



Envisageable



Réalisable sous conditions



Non adapté

• PHASE 2 : DETERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DU PROJET

Afin de déterminer le niveau de couverture des consommations énergétiques par les énergies renouvelables, il importe de définir les **niveaux de consommations énergétiques** attendues sur le secteur de manière exhaustive, afin de comparer l'impact environnemental de ces solutions.

Il s'agit donc :

- D'évaluer la totalité des consommations énergétiques en fin d'opération
- De définir des scénarios d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables pour répondre à ces besoins
- D'évaluer l'impact environnemental de ces scénarios
- D'évaluer l'impact financier de ces scénarios

○ Usages énergétiques attendus

Plusieurs types d'usages de l'énergie peuvent être distingués sur une opération d'aménagement :

- **L'énergie liée au fonctionnement des bâtiments**
- **L'éclairage public**
- **L'énergie consommée par les transports**
- **L'énergie grise mobilisée par la construction des bâtiments**
- **L'énergie consommées par les activités économiques (process ...) non quantifiable a ce stade.**

○ Les usages liés aux bâtiments

Les bâtiments ont des besoins énergétiques qui peuvent être décomposés en besoins de :

- Chauffage
- Production d'eau chaude sanitaire
- Climatisation
- Électricité technique : éclairage, ventilation, circulateurs etc.
- Électricité domestique : bureautique, HIFI, électroménager etc.
- Électricité des parties communes (éclairage, ascenseur...)
- Cuisson des aliments

Dans cette étude, nous ne considérerons pas de besoins de froid (climatisation) car l'évolution des réglementations thermiques tend à proscrire l'usage de climatisation au profit d'une meilleure conception des bâtiments.

Cette étude va permettre d'évaluer les besoins énergétiques globaux grâce à des hypothèses de consommations énergétiques, en fonction des typologies de bâtiments prévues sur l'opération.

○ Hypothèses de calcul

Nous considérons les besoins énergétiques suivants hors process industriels car inconnus à ce stade.

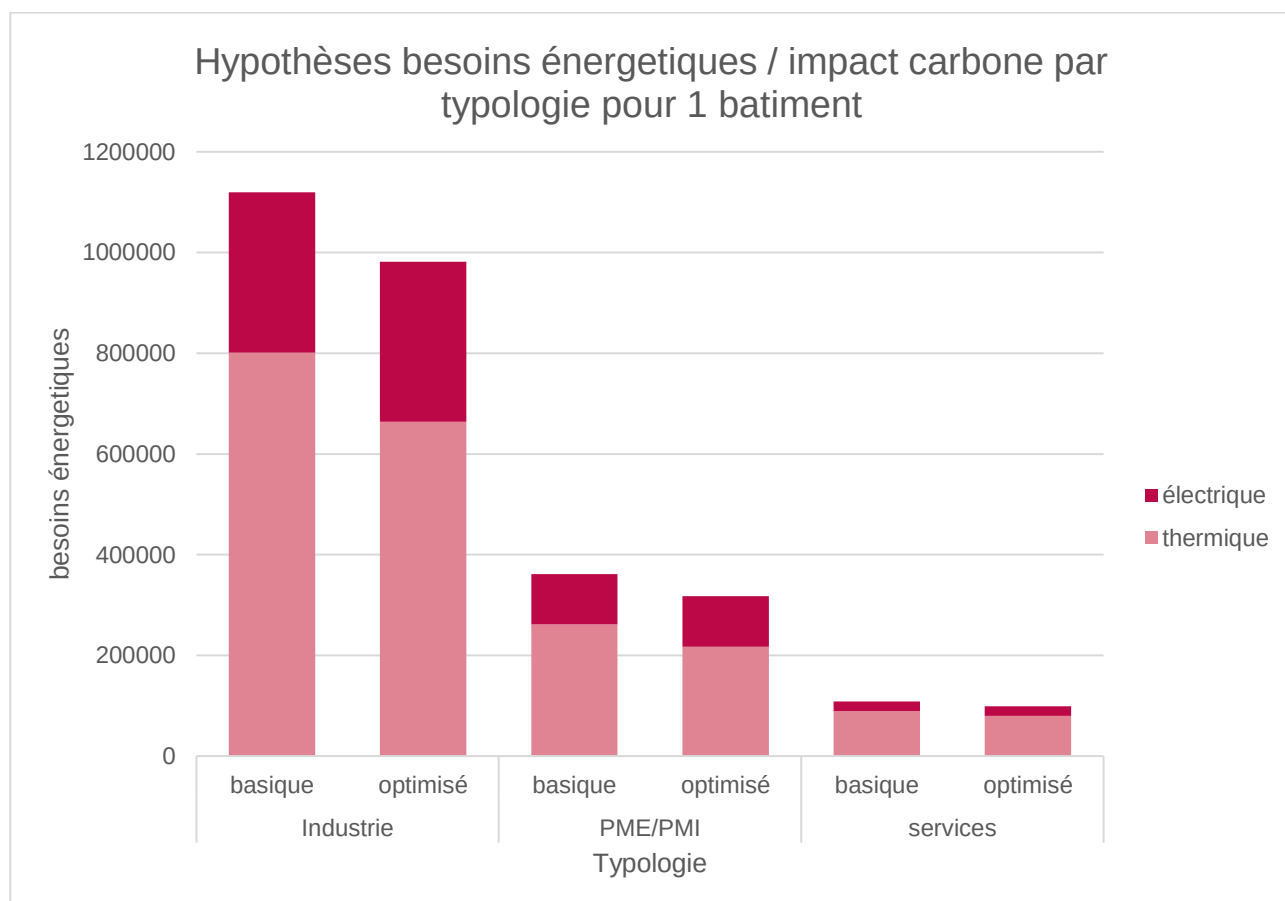
▪ Surface moyenne considérée par typologie :

	NOMBRE	SDP unitaire moyenne	SDP TOTALE / TYPE	% Surfaces bâties
Industrie	3	25000	75000	69%
PME/PMI	4	8000	32000	29%
Services	1	1750	1750	2%
Total général	8	11583	108750	100%

▪ Besoins énergétiques pour un bâtiment de surface moyenne

Les besoins énergétiques sont déclinés pour 2 niveaux de performance énergétique :

- Un niveau basique : performances réglementaires pour les usages soumis à la RE2020 (bureaux...) et un niveau basique pour les locaux non soumis (ateliers, stockage...)
- Un niveau optimisé : gain de 20% sur les surfaces soumises à la RE et optimisation des performances sur les locaux non soumis.



○ Calcul des besoins énergétiques en fin d'opération

À partir des hypothèses de programmation et de besoins énergétiques par typologie, nous avons réalisé une évaluation des besoins d'énergie à l'échelle du projet. Le graphique suivant présente la consommation prévisionnelle d'énergie finale:

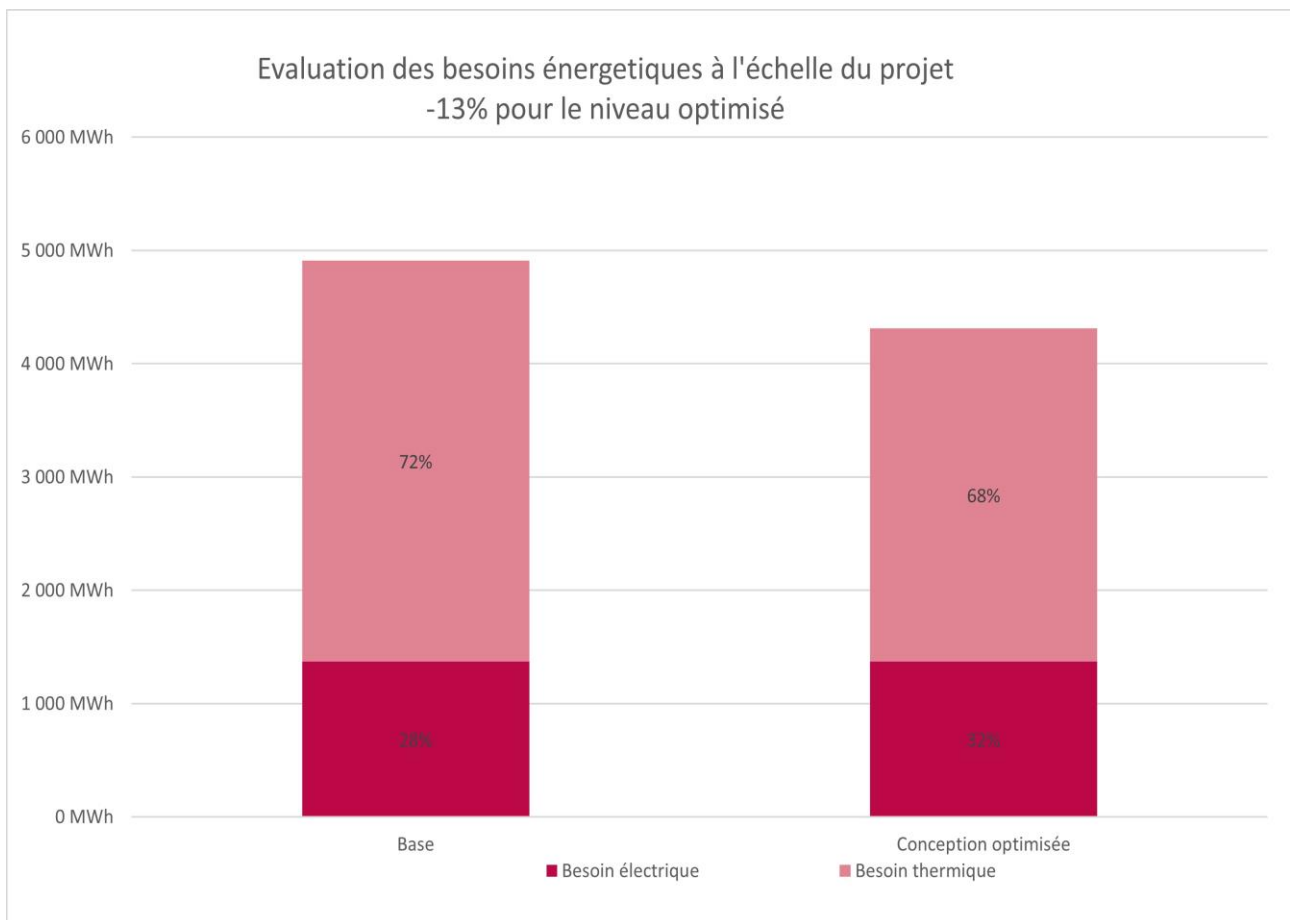


Figure 18 : Evaluation des besoins énergétiques à l'échelle du projet par scénario de performance énergétique

Ainsi, la consommation énergétique attendue sur le projet serait de 4 911MWh dont 63% correspondent à des usages électriques pour un niveau basique.

• PHASE 3 : TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS DE LA ZONE PAR LES ENR

En considérant les hypothèses de consommations énergétiques déterminées précédemment, nous allons déterminer le taux de couverture théorique de chaque énergie renouvelable, pour répondre aux consommations énergétiques du projet

○ Production de chaleur et/ou d'électricité par énergie solaire

La pose de panneaux solaires pourra se faire en toiture des bâtiments.

On considère (sous réserve de toiture plate ou mono-pente) que 77% de la surface de toiture peut être exploitée pour installer des panneaux photovoltaïques. En effet, certains éléments techniques (désenfumage, ventilation ...) en toitures réduisent la surface exploitable. Par ailleurs, les dimensions des panneaux ne permettent pas une adaptation parfaite à la toiture.

La surface exploitable en toiture est ainsi estimée à 71 262 m² pour l'ensemble de l'opération.

La possibilité de pose en brises soleil sur les bâtiments est techniquement possible mais devra être étudiée au cas par cas pour prendre en compte les ombres portées.

Le tableau suivant donne la productibilité annuelle des différentes implantations :

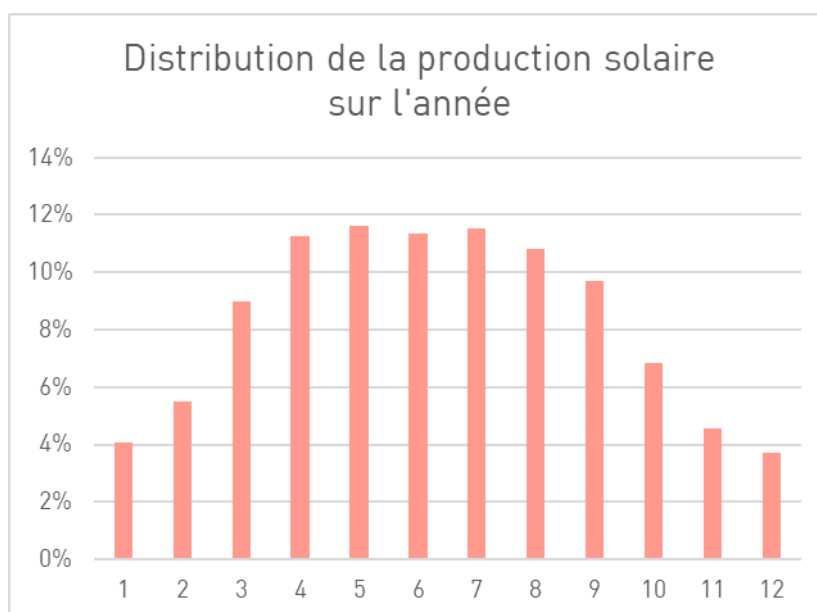
Productibilité annuelle	Électricité (KWh/kWc)	Chaleur (KWh/m ²)
Capteurs en toiture	880	588

La production photovoltaïque (maximale théorique en toiture) est estimée à 8 779 MWh/an

Point de vigilance :

Le stockage inter saisonnier de l'énergie thermique n'est pas encore viable sur le plan technico-économique. Si la production journalière excède la consommation journalière de chaleur, il y a un risque de surchauffe du fluide caloporteur et donc de dégradation de l'installation.

La production solaire annuelle suit la répartition suivante. :



La production solaire est maximale en juillet. En supposant que l'installation soit dimensionnée afin d'obtenir un taux de couverture de 100% des besoins ECS en juillet, le taux de couverture global annuel serait de 60%.

Étant donné que les besoins en ECS (ou chaleur pour process) de la zone sont incertains, nous écarterons l'évaluation de ce potentiel.

○ Production de chaleur par géothermie

Pour avoir des données précises sur le potentiel géothermique du site, la réalisation de forages est nécessaire.

L'exploitation de l'énergie géothermique fait appel à une pompe à chaleur (PAC) sur sol ou sur nappe. Le coefficient de performance de ce type de système est d'environ 3,5 c'est-à-dire que pour 1 kWh consommé, 3,5 sont restitués.

○ Production de chaleur par Aérothermie

L'aérothermie exploite la chaleur contenue dans l'air et implique le recours à une pompe à chaleur air/eau. Le coefficient de performance de ce type de système est d'environ 2,7 c'est-à-dire que pour 1 kWh consommé, 2,7 sont restitués.

○ Production de chaleur par Bois énergie

Suivant la technologie utilisée (pellet/granulé) et le type de combustible la couverture des besoins varie.

Le dimensionnement des chaufferies en cascade (répartition de la puissance maximale nécessaire sur plusieurs chaudières) permet d'atteindre un taux de couverture de 100% pour toute chaufferie biomasse bien que pour une chaufferie bois déchiqueté, l'optimum technico-économique se situe autour de 80% en associant une chaudière bois déchiqueté (base) et une chaudière gaz (appoint et secours).

○ Synthèse

Le tableau suivant présente les taux de couverture atteignables par les ENR étudiées selon nos hypothèses.

Attention, concernant les fortes incertitudes quant à la programmation, des activités hébergées et des surfaces bâties, les résultats ci-dessous représentent un ordre d'idée. Les résultats en exploitation pourraient être significativement différents.

ENR	Technologie	Caractéristiques	Taux de couverture moyen par les ENR base (hors process)				Taux de couverture moyen par les ENR Conception énergétique optimisée			
			Productible MWh/an	Chaleur	Electricité	Total Energie	Productible	Chaleur	Electricité	Total Energie
Panneau Solaire photovoltaïque	Inclinaison 30° Orientation: S-E		8779	0%	640%	179%	8779	0%	640%	204%
Chaudière bois granulés			3540	100%	0%	72%	2941	100%	0%	68%
Chaudière bois plaquette			3540	100%	0%	72%	2353	100%	0%	68%
PAC géothermique	COP 3,5		2513	71%	0%	51%	2088	71%	0%	48%
PAC eau	COP 2.7		2230	63%	0%	45%	1853	74%	0%	50%
Micro éolien	P:3KW N:3		7	0%	0%	0%	7	0%	0%	0%

- Les productions solaires considèrent que tous les capteurs sont orientés Sud avec une inclinaison de 30° ce qui ne sera probablement pas le cas à l'échelle en fonction du découpage parcellaire et de l'implantation des bâtiments. Toutefois, des surfaces supplémentaires pourraient être exploitées en ombrière de parking et en façade de bâtiment.
- Selon les hypothèses retenues, la production photovoltaïque pourrait couvrir une part significative des besoins annuels énergétiques du projet. Toutefois, ce résultat est soumis aux hypothèses de consommation par défauts. Si des sites avec du process industriel étaient présent (besoins énergétiques nettement supérieur) les résultats seraient significativement différents
- Selon nos hypothèses, la production PV pourrait couvrir une part significative des besoins électriques de la zone. Le développement de cette énergie est à encourager. Toutefois le bon bilan annuel de la production photovoltaïque ne signifie pas que la zone s'approcherait de l'autonomie énergétique. En effet il s'agit d'un bilan production/consommation annuel (voir prospective → production locale d'électricité).
- Le solaire thermique représente un faible taux de couverture. En effet, l'irradiation solaire étant maximale en été, les installations sont dimensionnées sur les besoins estivaux (principalement ECS) afin d'éviter les surchauffes des installations. Cette technologie pourrait toutefois être plus pertinente dans le cas de besoins thermiques liées à des process industriels (non évaluables à ce stade).

• PHASE 4 : ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

Après avoir estimé les consommations énergétiques attendues sur l'ensemble du secteur, il convient d'étudier l'approvisionnement en énergie qui permettrait de répondre à ces besoins.

Nous avons donc étudié 4 scénarios pragmatiques qui s'appuient sur des solutions techniques éprouvées.

Le tableau suivant décrit les scénarios étudiés :

	Chauffage	Production d'ECS
Propane (Energie de référence)	Propane	Propane
Biomasse	Bois granulés	Bois granulés
Aérothermie	Pompe à chaleur air/eau	Pompe à chaleur air/eau
Géothermie	Pompe à chaleur géothermique eau/eau	Pompe à chaleur géothermique eau/eau

L'étude de ces scénarios à l'échelle du projet va permettre de les comparer sous l'angle :

- Des consommations en énergie finale
- De l'impact environnemental (émissions de CO₂)
- Du coût de fonctionnement la première année : les coûts sont globalisés à l'échelle du projet et intègrent les abonnements.

○ Comparaison des consommations en énergie finale

Les graphiques suivants permettent de comparer, pour chaque scénario, la consommation en énergie finale attendue sur le projet :

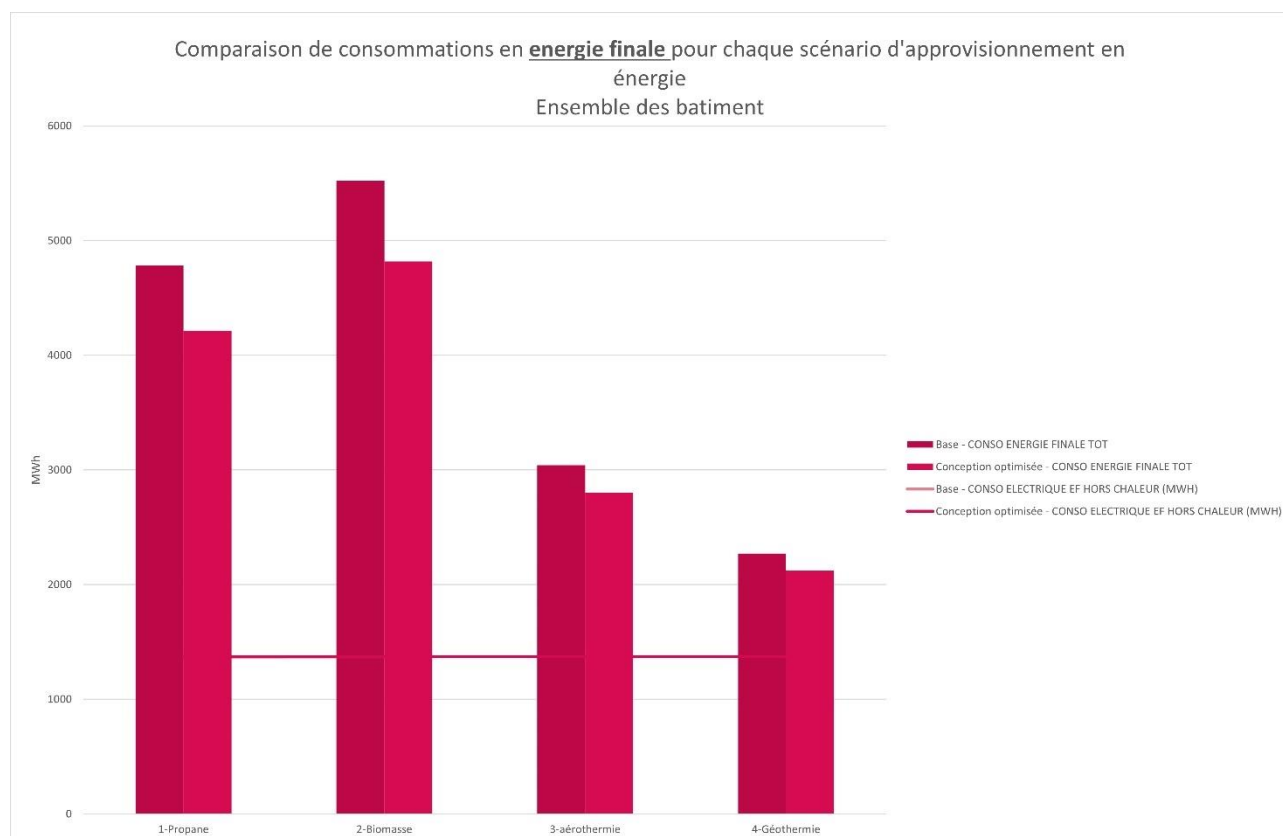


Figure 19 : Comparaison de la consommation d'énergie finale du projet par scénario d'approvisionnement énergétique

Cette consommation d'énergie est modulée par rapport aux besoins 4 911MWh/an .En effet, ces scénarios d'approvisionnement en énergie intègrent de l'énergie gratuite (solaire, énergie du sol), des notions de rendement ou d'appoint.

Les scénarios PAC aérothermique et PAC géothermique présentent les meilleurs bilans de consommation en énergie finale car ils utilisent l'énergie gratuite du sol ou de l'air pour la production de chaleur

Le scénario Bois granulé ne bénéficie d'aucun apport « gratuit » et le rendement des chaudières bois granulé (90%) est moins bon que celui des chaudières gaz (105%). Ainsi, le bilan de consommation en énergie finale est le plus élevé (5%). Toutefois, il s'agit d'une énergie locale et renouvelable à la différence du gaz.

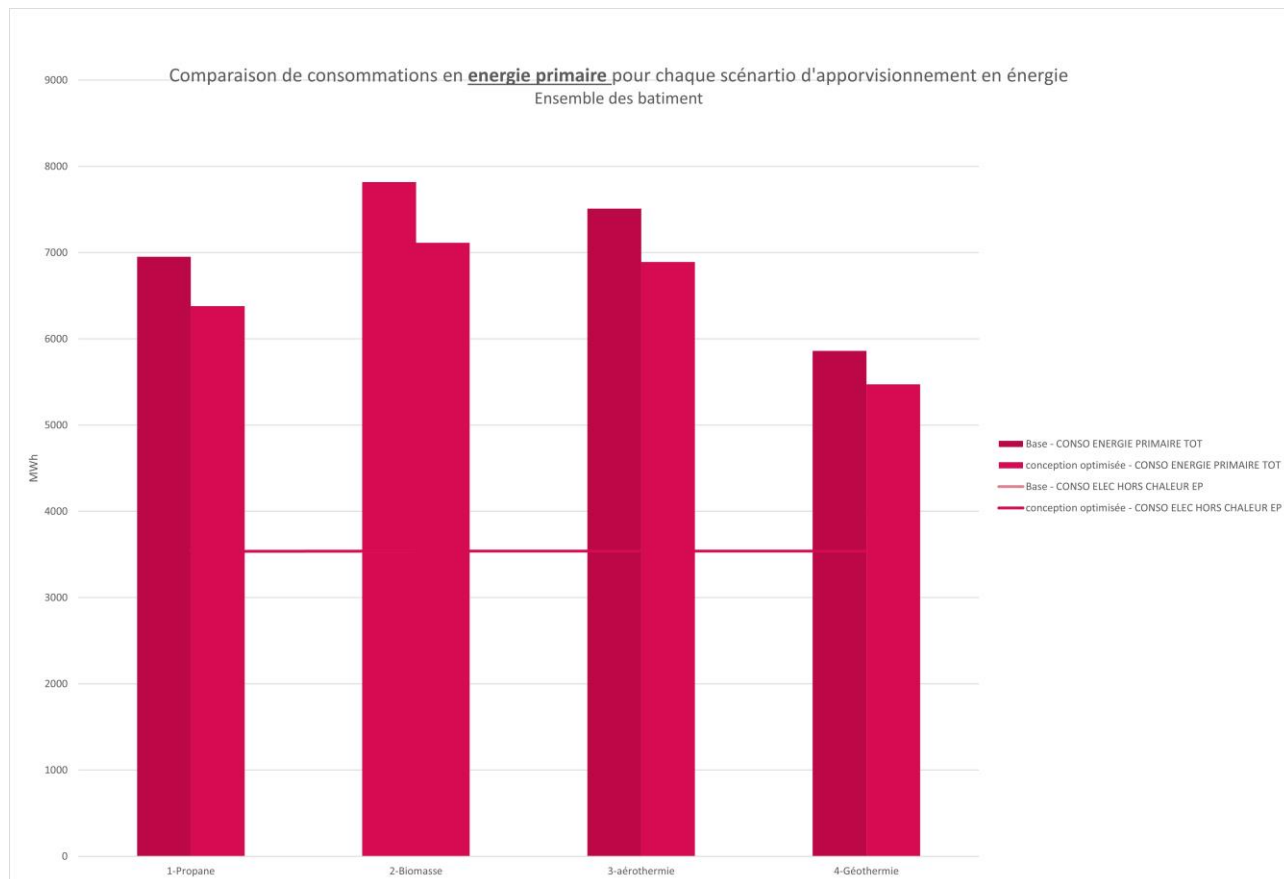
Ces comparaisons montrent qu'à niveau de besoin identique, **les bilans énergétiques annuels peuvent varier jusqu' à moins 62% en fonction des systèmes énergétiques installés.**

Au-delà des consommations d'énergie finale, il importe de s'intéresser à d'autres facteurs qui vont avoir un impact dans les choix stratégiques d'approvisionnement énergétique : **les coûts de fonctionnement, l'impact environnemental et la cohérence avec la politique énergétique bretonne.**

○ Comparaison des consommations en énergie primaire

L'énergie primaire est l'ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés. Ce sont principalement le pétrole brut, les schistes bitumineux, le gaz naturel, les combustibles minéraux solides, la biomasse, le rayonnement solaire, l'énergie hydraulique, l'énergie du vent, la géothermie et l'énergie tirée de la fission de l'uranium.

En raison du mix énergétique, du rendement des centrales et du réseau électrique, 1 kWh d'énergie finale électrique correspond à 2.58 kWh d'énergie primaire.



Les solutions avec pompes à chaleur sont pénalisées par les rendements du système électrique et leur consommation d'énergie finale se rapproche donc des consommations des systèmes à combustion.

○ Comparaison des coûts de fonctionnement actualisés sur 20 ans

L'étude des coûts de fonctionnement la première année ne reflète pas les évolutions futures du prix des énergies, notamment la forte inflation des énergies fossiles. C'est pourquoi nous étudions les coûts de fonctionnement sur 20 ans (durée de vie moyenne des systèmes de production de chauffage et d'ECS) en intégrant les coûts de maintenance annuels et en appliquant des taux d'inflation.

Les différents systèmes énergétiques présentés ci-dessus se caractérisent par des coûts d'investissement, de maintenance et d'énergie très hétérogènes. Il convient donc d'avoir une approche économique en coût global.

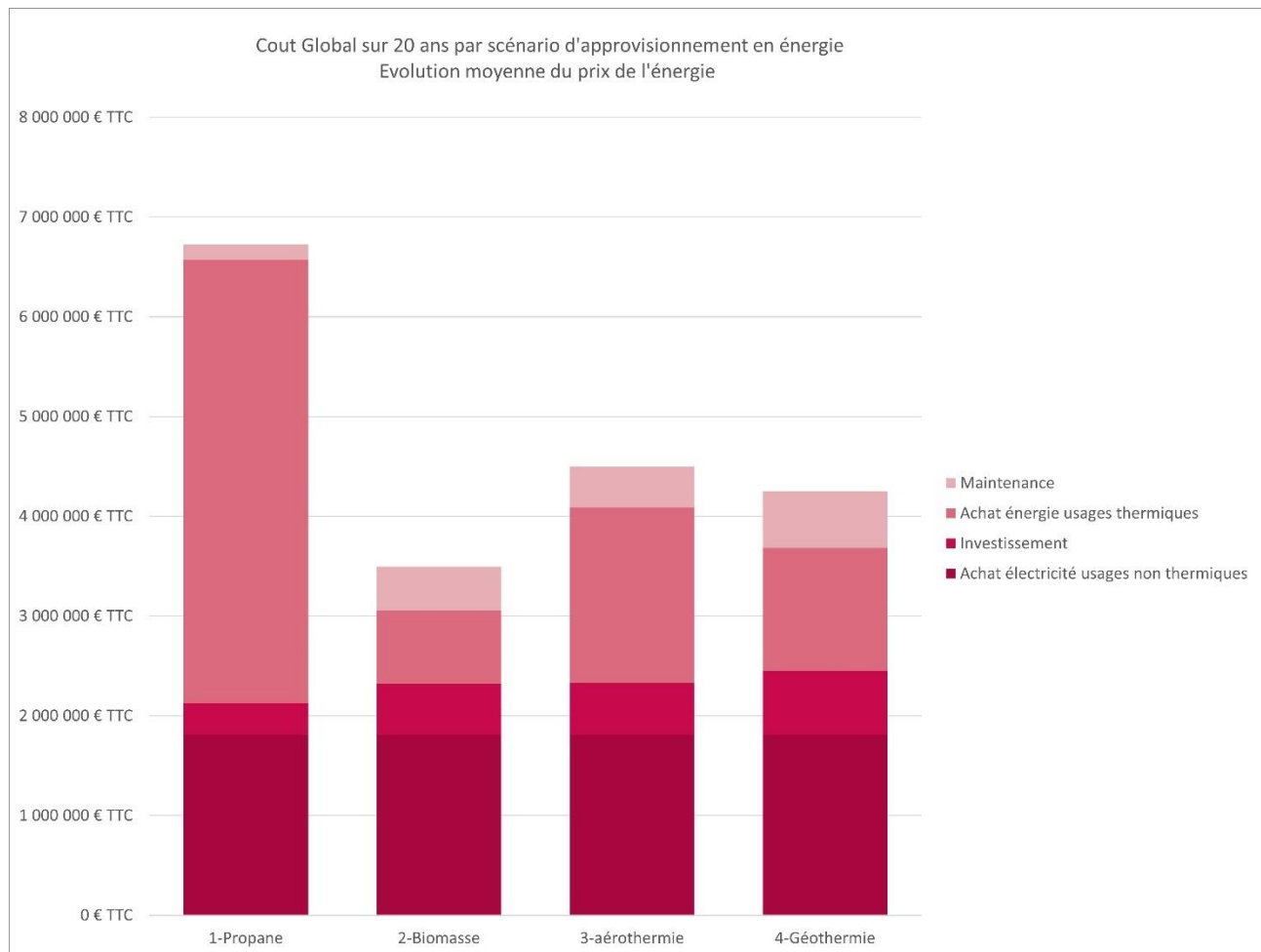
Avertissement : l'objet de ce paragraphe n'est pas de permettre d'obtenir une indication précise du coût réel mais de faciliter l'appréhension d'un ordre de grandeur de l'écart de coût entre chaque scénario d'approvisionnement en amont d'un projet. Le coût réel dépend de nombreux paramètres propres à chaque situation. Les résultats sont à interpréter avec la plus grande prudence.

- Hypothèse de taux d'inflation :

Energie	Taux inflation (%)
Bois granulés	4
Bois plaquettes	4
Electricité	6
Fuel	6
Gaz	6
Propane	6

- **Cout global cumulé sur 2 ans pour un batiment type (SDP moyenne)**

Le graphique suivant présente les résultats de l'analyse en coût global, incluant l'investissement initial, sur 20 ans des différents scénarios d'approvisionnement en énergie.



- L'électricité représente la part la plus importante des coûts de fonctionnement.
- Le développement de panneaux photovoltaïques en autoconsommation/autoconsommation collective permettrait de maîtriser le bilan économique de la consommation d'électricité.
- Le scénario biomasse présente le meilleur bilan économique.
- Le scénario géothermie présente ensuite le meilleur bilan économique
- Les scénarios utilisant des pompes à chaleur (aérothermie/géothermie) sont pénalisés par les coûts d'investissements du matériel.

NB : les taux d'inflation considérés peuvent changer les conclusions. Un taux d'inflation plus important de l'électricité pénaliserait les scénarios 100% électriques des PAC.

○ Comparaison des émissions de gaz à effet de serre

L'impact sur l'effet de serre de l'opération peut être déterminé en calculant les quantités équivalentes de CO₂ émises par les bâtiments en fonction des énergies utilisées. Les hypothèses permettant de calculer les émissions de CO₂ sont détaillées en Annexe.

Le graphique suivant compare par usage et pour chaque scénario les émissions annuelles de CO₂ évaluées selon nos hypothèses pour l'ensemble des bâtiments du projet :

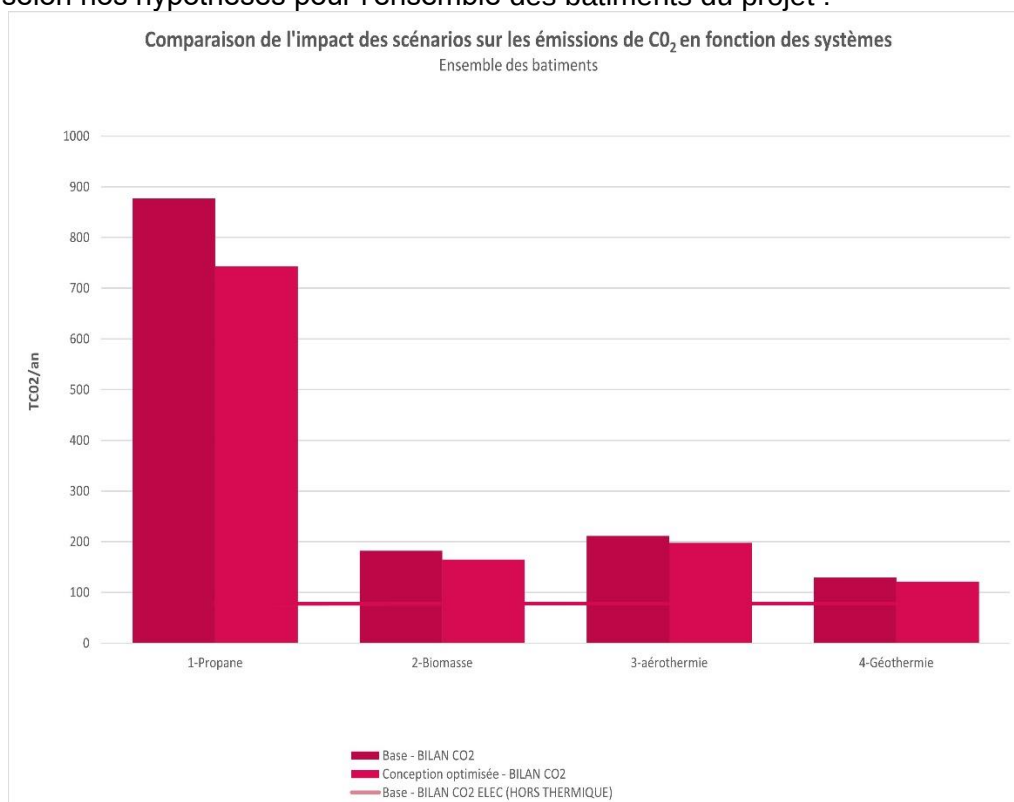


Figure 20: Émissions de CO₂ du projet

Le scénario de référence au gaz émettrait **876,6t de CO₂/an** selon nos hypothèses.

Les scénarios biomasse, aérothermie et géothermie sont très performants du point de vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre en permettant de réduire les émissions jusqu'à 85% par rapport à la référence.

Il est important de préciser que cette approche n'inclut pas l'impact sur l'effet de serre des éventuelles fuites de fluide frigorigène des pompes à chaleur pour les scénarios 3 et 4. Certains fluides frigorigènes ont un pouvoir de réchauffement climatique plus de 4 000 fois supérieures à celui du CO₂ !

○ Synthèse de l'analyse des scénarios d'approvisionnement en énergie

Les résultats des approches énergétiques, économiques environnementales et en lien avec le contexte régional sont synthétisés de manière qualitative dans le tableau ci-dessous.

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés

Aucune source d'énergie renouvelable ne permet à elle seule de couvrir la consommation d'électricité totale des bâtiments.

Ainsi, les Scénario S biomasse et S Géothermie présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée, mais aucun scénario ne se détache particulièrement par rapport aux autres.

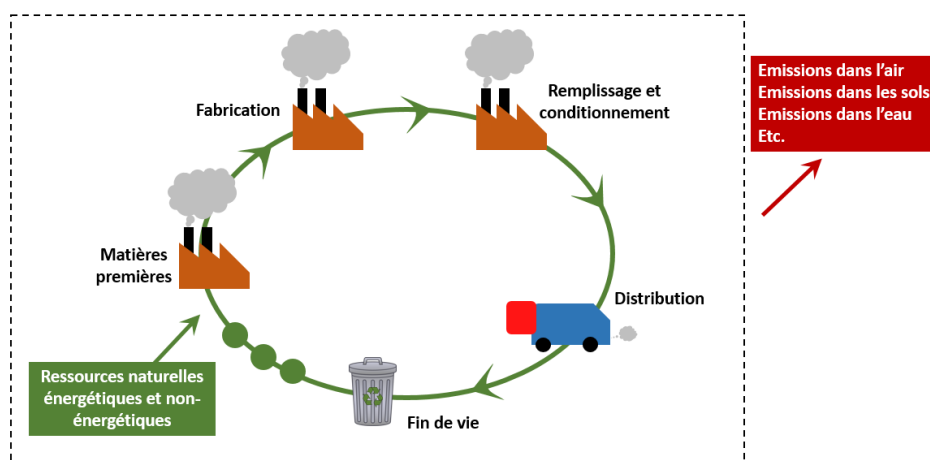
	Faible consommation en Energie Primaire	Faible consommation en Energie finale	Impact sur l'effet de serre	Coût Global sur 20 ans	Taux d'utilisation d'ENR
1-Propane					
2-Biomasse					
3-aérothermie					
4-Géothermie					

Figure 21 : Évaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques

LÉGENDE Scénario	Réponse Favorable	Réponse mitigée ou adaptée partiellement au critère	Réponse Défavorable ou inadaptée
-------------------------	-------------------	---	----------------------------------

• PHASE 5: PRISE EN COMPTE DE L'IMPACT CARBONE LIE AUX MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET A LA CONSOMMATION D'ENERGIE.

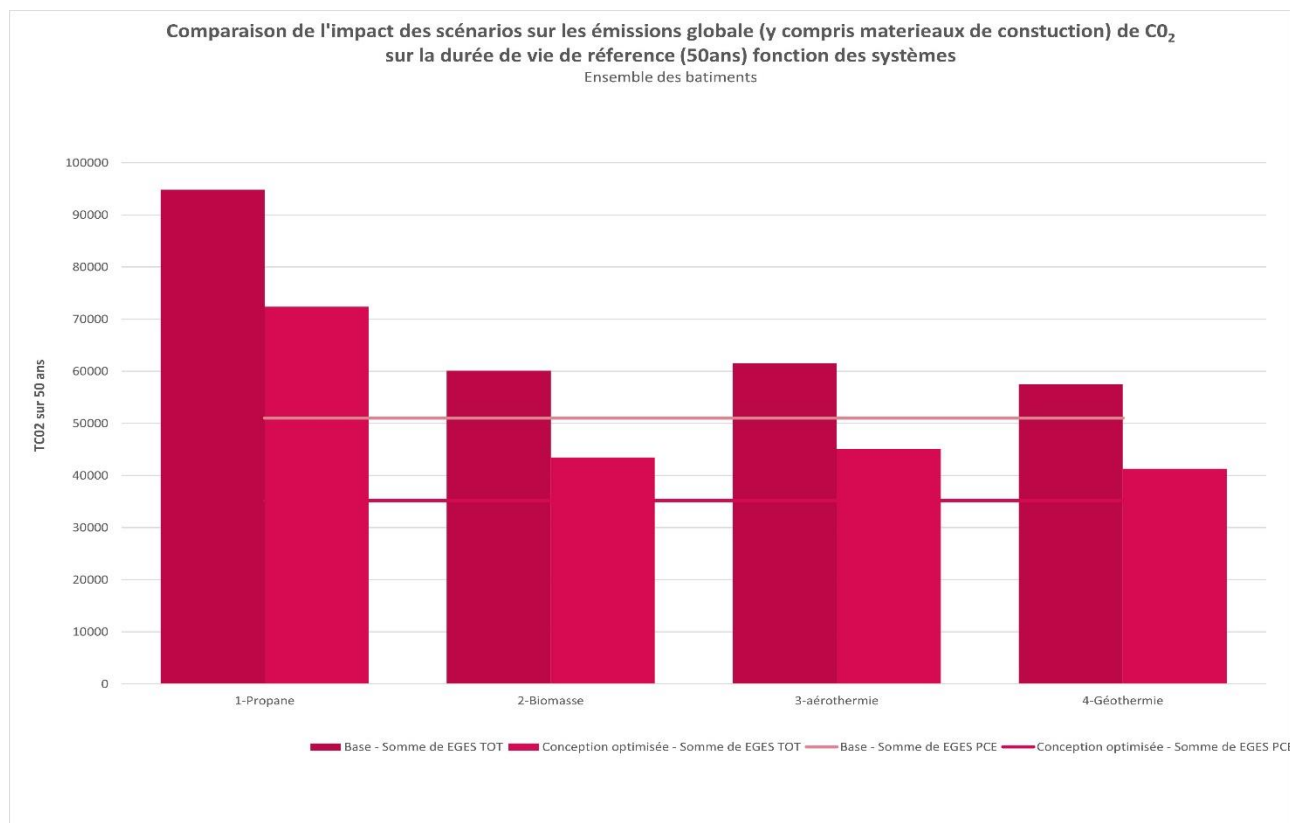
La construction des bâtiments génère des émissions de GES à la fois pour la fabrication des matériaux et leur acheminement que pour la consommation de carburants sur le chantier. Le parallèle peut être fait avec "l'énergie grise" du bâtiment. Les émissions équivalentes de Gaz à Effet de Serres (GES) intègre l'ensemble de la vie du bâtiment, de l'extraction des matières premières à la fin de vie des matériaux. Nous intégrons également les émissions de GES liées à la consommation d'énergie des bâtiments en fonction du scénario énergétique.



L'impact carbone des matériaux de construction est estimée à partir de la base carbone de l'ADEME et de retours d'expérience.



Exemple d'atelier à ossature bois avec conception bioclimatique.



L'analyse du bilan carbone de l'aménagement met en évidence la prépondérance de l'impact carbone liée aux matériaux de construction (EGES PCE en courbe sur le graphique) en comparaison avec les émissions totales (produits de construction + émissions induites par l'énergie consommée au sein des bâtiments). Au-delà des questions liées à la raréfaction des ressources, la réduction des surfaces artificialisées et la mise en œuvre de matériaux renouvelables et/ou recyclés serait à envisager.

• PHASE 6 : ETUDE D'OPPORTUNITÉ DE CRÉATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTÉ PAR LES ENR

L'un des objectifs de l'étude est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid.

Dans le cas où aucun réseau de chaleur ou de froid n'existe à proximité du site d'étude, nous remplaçons systématiquement ce volet par une **étude d'opportunité sur la création de réseaux de chaleur biomasse, à l'échelle de l'opération ou en micro-réseaux localisés.**

Aucun réseau n'existe actuellement sur le site, il ne s'agira donc pas d'un potentiel de raccordement, mais d'une création. De même, les besoins de froid étant inexistant, aucun réseau de froid ne sera intégré dans l'étude.

La fiche réseau de chaleur en annexe rappelle la définition du réseau de chaleur, ses avantages et sa prise en compte dans le calcul thermique réglementaire (RT 2012/RE2020).

Un réseau de chaleur est un ensemble d'installations qui produisent et distribuent de la chaleur à plusieurs bâtiments pour répondre aux besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire.

○ Etude d'opportunité d'un réseau de chaleur sur le secteur

L'un des objectifs de l'étude d'opportunité est de vérifier la possibilité de création ou de raccordement à un réseau de chaleur ou de froid, notamment bois.

Les objectifs de cette étude d'opportunité sont donc les suivants :

- ✓ définir les zones où une étude de faisabilité technico-économique serait à mettre en œuvre pour confirmer l'opportunité identifiée ;

- ✓ définir d'éventuelles incitations ou obligations de mise en œuvre de l'énergie bois dans le règlement du projet

Pour cette étude, nous n'avons considéré que l'opportunité d'un réseau de chaleur fonctionnant au bois car cette filière est bien structurée sur le territoire.

○ Notion de densité énergétique pour un réseau de chaleur

Cette étude d'opportunité repose sur l'analyse de la **densité énergétique** des scénarios.

Elle correspond à la quantité d'énergie consommée par les bâtiments par unité de longueur du réseau (longueur de tranchée).

Le critère généralement admis pour évaluer en première approche l'intérêt d'un réseau de chaleur bois est le coefficient qui représente la quantité d'énergie transportée par un mètre de réseau sur une année, exprimé en kWh/m de réseau de chaleur. En milieu rural, on considère habituellement qu'un **réseau de chaleur peut avoir de l'intérêt à partir de 1 500 kWh/m de réseau et par an.** Par comparaison, la densité minimum des réseaux urbains se situe autour de 8 000 kWh/m et par an.

L'implantation d'un réseau est principalement liée à cette densité énergétique : les zones proches de « gros consommateurs » seront susceptibles d'être plus adaptées à un réseau de chaleur et donc à une chaufferie centralisée que les zones peu consommatrices et diffuses. **L'implantation d'une éventuelle chaufferie n'étant pas définie, nous étudions ce réseau non pas à partir de la chaufferie, mais à partir de chaque bâtiment.**

▪ Hypothèses de consommations énergétiques considérées

Les hypothèses de consommations énergétiques sont issues de l'étude d'approvisionnement en énergie réalisée précédemment.

○ Etude d'opportunité

• Analyse qualitative

La figure suivante représente la valeur seuil des 1 500 kWh/ml/an pour un exemple d'implantation de bâtiments. **Les bâtiments potentiellement « raccordables » au réseau sont ceux dont les cercles se chevauchent.**

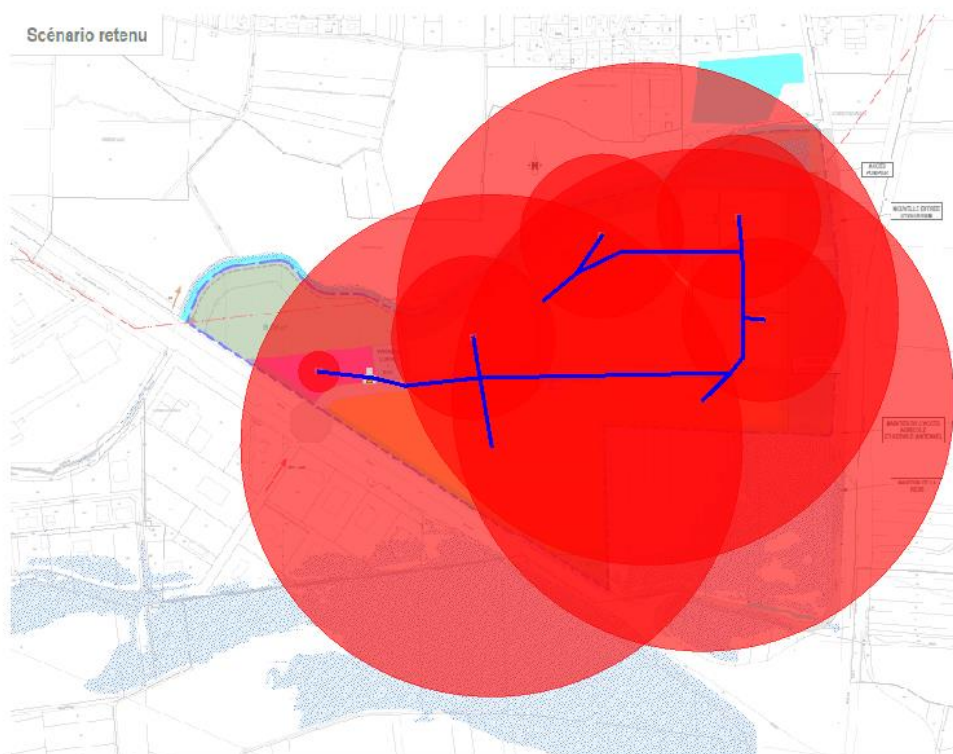
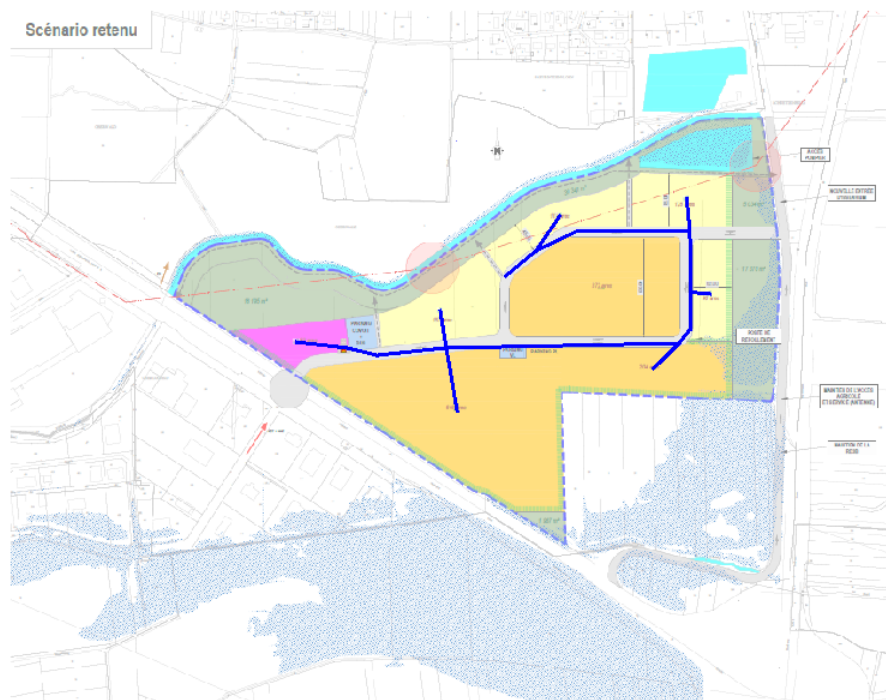


Figure 22: Analyse qualitative de la densité énergétique secteur (source : Impulse)

- Sur ce site, la densité de chaleur paraît intéressante pour envisager la création d'une chaufferie centralisée et d'un réseau de chaleur.



La densité thermique linéaire du réseau serait de 1650 kWh/ml donc favorable à la création d'un réseau de chaleur (légèrement au-dessus du seuil de pertinence). Toutefois, cette densité a été estimée à partir d'hypothèse de consommation qui seraient revues à la baisse si les bâtiments abritaient de larges surfaces non chauffées. Il est préférable de réaliser une étude de faisabilité lorsque les besoins énergétiques seront mieux connus.

- **Conclusion :**

Bien que le projet atteigne à priori le seuil de pertinence technico-économique (1500 kWh/ml), compte tenu de la programmation incertaine et donc de l'incertitude sur les besoins énergétiques, l'estimation du potentiel 'n'est pas favorable à un réseau de chaleur. Toutefois l'analyse pourrait être revue si une entreprise ayant de forte consommation de chaleur (process...) venait à s'implanter sur la zone.

- **PHASE 6 : 1ERE APPROCHE ENERGIE CLIMAT SUR LES TRANSPORTS ET L'ECLAIRAGE PUBLIC**

- **Transports**

L'implantation du projet par rapport au centre-bourg, aux zones d'activités commerciales, aux services (écoles, administrations), ou aux arrêts de transport en commun, va conditionner l'impact énergétique lié à l'usage de véhicules à moteur. De même, la facilité de relier les points d'activité cités plus haut grâce à des modes de déplacement doux (à pied, à vélo) aura une incidence sur l'usage de la voiture.

Le rôle de l'urbaniste est donc primordial pour optimiser les itinéraires des usagers afin de favoriser des modes de déplacement non polluants.

- **Propositions pour limiter l'impact des transports**

L'impact des transports peut être limité grâce aux mesures suivantes :

- Favoriser les liaisons douces pour permettre un usage de la marche à pied et du vélo dans les trajets quotidiens
- Favoriser la desserte par les transports en commun : position des arrêts, fréquence de passage adaptée aux besoins quotidiens
- Favoriser le co-voiturage ou l'acquisition de véhicules partagés
- Rapprocher les lieux d'habitat des lieux de travail
- Rapprocher les commerces et les services des lieux d'habitat
- Implanter les zones de stationnement collectif en périphérie de manière à limiter la circulation à l'intérieur du périmètre projet.
- Limiter la circulation : zone piétons prioritaires, limiter les places de stationnement, création d'axes non traversants afin de ne pas inciter les non riverains à circuler dans la zone, limiter la vitesse.

▪ **Estimation des impacts annuels domicile-travail**

Les hypothèses de distances parcourues domicile-travail, issues de d'étude INSEE, sont estimées à 21 kms.

<https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/distance-moyenne-entre-le-domicile-et-le-travail-selon-le-sexe>

Dans ces conditions, les émissions annuelles polluantes du parc automobile pour les déplacements domicile travail seraient les suivantes :

Hypothèses		
	Hypothèse	Unité
Nombre d'emplois	537	emplois
Distance moyenne domicile travail	21	Km
Jours travaillés/an	220	Jours
Part des trajets en voiture individuelle	81%	1
Emisison CO2 du parc	130	gCO2/km
Consommation moyenne du parc	5,5	l/100km
Résultats		
Km parcours /an	3 994 313	km
Emisison CO2	519	Tonnes
Consommation d'énergie MWh	1 999	MWh

Figure 23: Émissions CO2 du parc automobile de l'opération (hors FRET)

Pour un nombre total de 537 emplois et une part modale de 80.5% en voiture individuelle (étude mobilité), les émissions annuelles dues aux transports seraient de 519 **tonnes de CO₂** hors FRET logistique.

○ **Consommation énergétique attendue pour l'éclairage public**

Deux hypothèses sont étudiées par rapport à l'éclairage public, la première avec un éclairage permanent (nuit complète) et la seconde avec une extinction nocturne de 22h30 à 6h.

Les tableaux ci-dessous détaillent les consommations énergétiques d'éclairage public attendues ainsi que les émissions de CO₂ qui y sont liées pour chaque hypothèse :

Pour un linéaire total estimé à 1300 **m** de voiries éclairées, la consommation énergétique prévisionnelle serait de 16 **MWh/an** en éclairage permanent et 7,5 **MWh/an** avec une extinction nocturne.

L'extinction nocturne permet par ailleurs à la collectivité d'économiser environ 740 euros/an.

NB : l'approche économique est délicate. Les systèmes évoluent très rapidement et il y a encore assez peu de retour d'expérience. Aujourd'hui, il est raisonnable de considérer une durée de vie supérieure à 50 000 heures, les opérations de remplacement sont donc moins fréquentes qu'avec des lampes traditionnelles. De plus, les nouvelles technologies de lampadaires à LED permettent d'espacer davantage les mâts par rapport aux systèmes classiques.

Pour plus d'informations :

Éclairons les villes : Accélérer le déploiement de l'éclairage innovant dans les villes européennes ; rapport de la commission Européenne téléchargeable sur le site

<http://www.clusterlumiere.com>

• SYNTHÈSE DES IMPACTS ÉNERGIE CLIMAT DE LA ZONE SUR 50 ANS.

	Consommation énergétique annuelle estimée (MWh/an)		Emissions de CO2 (T/50 ans) y compris fabrication des matériaux	
	Min	Max	Min	Max
Bâtiments	2122	5522	41286	94843
Trajets domicile travail en voiture	1999		25 963	
Eclairage	7,5	16	50	25
TOTAL	4 128	7 537	67 299	120 831

La consommation d'énergie et les émissions de GES induites par les déplacements domicile travail (hors autre mobilité quotidienne) sont équivalents aux impacts énergie/climat liés au bâtiment. Des mesures favorables à une mobilité faiblement carbonée sont donc à prioriser (ex : parkings équipés de bornes de recharges, autopartage, covoiturage, garages vélo fonctionnels et correctement dimensionnés, aménagements piétons et cyclables, desserte en transport en commun ...).

• PHASE 7 : PISTES DE MESURES COMPENSATION

○ Compensation carbone

L'usage des énergies renouvelables en substitution des énergies fossiles, parallèlement à l'effort collectif de réduction de la consommation énergétique, contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Le recours aux énergies renouvelables est une des solutions permettant de réduire l'impact sur l'effet de serre des besoins en énergie : **la réduction drastique de ces besoins en énergie reste néanmoins prioritaire.**

Impulse propose ici une démarche parallèle à la réduction des consommations énergétiques et au développement des énergies renouvelables : le principe de compensation. **Ces pistes ont vocation à faire avancer la réflexion et ne doivent pas être considérées comme des prescriptions.**

Cette démarche est présentée ici comme une piste permettant de compenser partiellement une pollution résultante d'une nouvelle opération urbaine : elle ne doit pas être considérée comme un droit à polluer ni comme une compensation permettant de se « donner bonne conscience ».

Cette démarche, peut s'envisager de deux manières :

- Compensation via un mécanisme financier
- Compensation via des actions locales

▪ Compensation carbone volontaire

Une démarche parallèle à la réduction des consommations énergétiques et au développement des énergies renouvelables est la **compensation carbone volontaire**.

L'ADEME a mis en place un site internet qui développe de manière complète le mécanisme de compensation carbone volontaire <http://www.compensationco2.fr>. La définition suivante est extraite de ce site :

*La compensation volontaire est un mécanisme de financement par lequel une entité (administration, entreprise, particulier) **substitue**, de manière partielle ou totale, une réduction à la source de ses propres émissions de gaz à effet de serre une quantité équivalente de « **crédits carbone** », en les achetant auprès d'un tiers.*

*Concrètement, la compensation consiste à **mesurer** les émissions de gaz à effet de serre générées par une activité (transport, chauffage, etc.) puis, après avoir cherché à **réduire** ces émissions, à **financer** un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone : énergie renouvelable, efficacité énergétique ou de reboisement, qui permettra de réduire, dans un autre lieu, un même volume de gaz à effet de serre. Le principe*

sous-jacent étant qu'une quantité donnée de CO₂ émise dans un endroit peut être « compensée » par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de CO₂ en un autre lieu. Ce principe de « **neutralité géographique** » est au cœur des mécanismes mis en place par le Protocole de Kyoto.

Il est important de souligner que la compensation volontaire doit s'inscrire dans une **logique de neutralité carbone** : elle doit toujours accompagner ou suivre la mise en œuvre de solutions énergétiques alternatives ou d'efforts de **réduction des émissions**.

Ainsi, la municipalité, l'aménageur, les promoteurs et maîtres d'ouvrages des opérations prévues, pourraient entrer dans ce processus.

○ Proposition d'action liées à l'énergie

■ Production locale d'électricité

La consommation prévisionnelle d'électricité a été calculée dans la partie « Estimations des consommations d'énergie des bâtiments en fin d'opération ». **Nous avons vu que l'énergie relative à l'électricité représente une part importante des consommations prévisionnelles en énergie finale.**

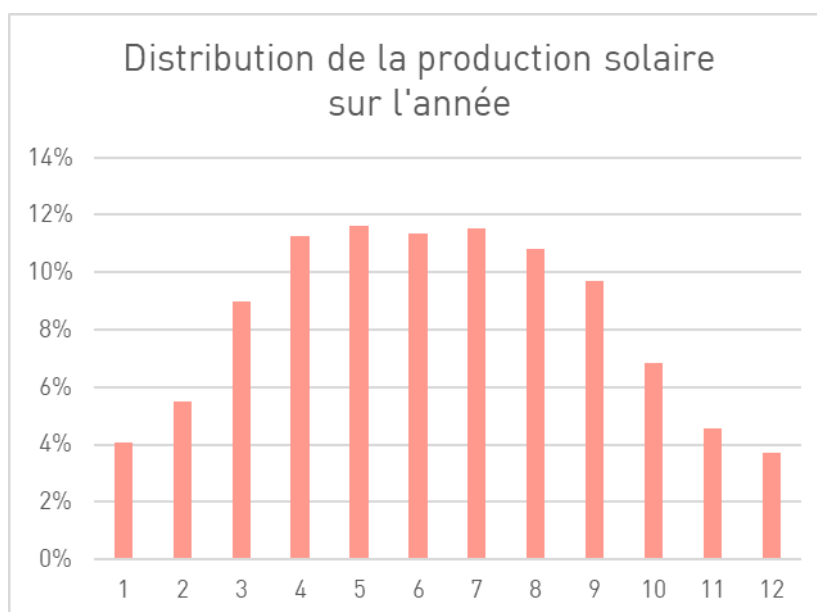
De fait, envisager une production locale d'électricité est cohérent avec l'objectif de compenser les impacts environnementaux de l'opération.

La production locale d'électricité est envisageable en ayant recours à l'installation de capteurs solaires photovoltaïques.

Les besoins en électricité (hors chaleurs) sont estimés à 1 372MWh/an.

La surface de panneaux à installer pour que la production annuelle compense la consommation annuelle d'électricité (hors chaleur) est de 11 134 m² pour une réduction de 9% à 65% **(si respectivement génération de chaleur par vecteur énergie fossile/électrique)** des émissions de CO₂ des bâtiments.

On rappelle que la production solaire varie en fonction de la date selon la répartition typique suivante :



Périmètre du bilan		Unité	% de la surface de toiture estimée	T CO2 EVTEE
Consommation électricité (hors chaleur annuelle)	1 372	MWh		
Surface panneaux PV pour Bilan électrique annuel >0	11 134	m ²	12%	78
Surface panneaux PV pour Bilan électrique Décembre>0	44 714	m ²	47%	315

Pour que la production locale d'électricité en décembre excède la consommation en décembre et ainsi soulager le réseau électrique en hiver, il faudrait installer de l'ordre de 44714 m² soit de panneaux photovoltaïques (réduction de 36% à 260% des émissions de CO₂ des bâtiments) soit 47% de la surface de toiture estimée.



Figure 24: Ombrière photovoltaïque

○ Stockage de carbone : plantation de biomasse

■ Préambule

Le cycle du carbone implique la biomasse comme capteur de carbone par excellence : en effet, la photosynthèse permet aux plantes de capter du CO₂ le jour pour assurer leur croissance. De fait, la plantation de biomasse et notamment d'arbres est une piste permettant de stocker du carbone :

- **À long terme à l'échelle d'une vie humaine** puisque les arbres ont une durée de vie d'environ 80 ans dans le cadre d'une exploitation forestière ;
- **à très court terme à l'échelle de la planète** puisque la décomposition de la biomasse réalimente le cycle du carbone en libérant le CO₂ dans l'atmosphère ou en le restockant dans le sol.

Cette piste de réflexion, mise en avant par bon nombre d'organisations, est même à l'origine d'une nouvelle activité économique : les entreprises de compensation carbone.

De nombreuses questions restent en suspens concernant le réel impact de telles solutions sur l'effet de serre :

- Incertitudes sur les valeurs considérées pour le stockage de carbone en fonction des latitudes, des types de peuplement, des circonstances climatiques ;
- risque de stockage de CO₂ en cas de canicule par exemple ;
- adéquation des essences d'arbres à planter avec le contexte local (pas d'arbres très demandeurs en eau en Afrique par exemple).

Nous proposons donc une piste de compensation locale : plantation de biomasse géographiquement proche de l'opération concernée.

■ Hypothèses de calcul

Comme précisé plus haut, les données concernant la capacité de stockage de carbone diffèrent de manière importante en fonction des sources.

Nous nous sommes donc appuyés sur le projet CARBOFOR – Séquestration de carbone dans les écosystèmes forestiers en France-Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles- publié en 2004.

Nous considérerons **1 ha de forêt à croissance normale comme unité de référence sur sa durée de vie avec un objectif de valorisation en bois d'œuvre et bois énergie**. Le nombre de tiges à l'hectare est donc variable en fonction des opérations d'éclaircie que les forestiers sont amenés à réaliser pour conduire le peuplement dans de bonnes conditions.

La quantité de carbone stockable par un ha de forêt décrit ci-dessus s'échelonne de **1 à 10 tC/ha/an, soit de 3,6 à 36 tCO₂/ha/an**.

Nous avons considéré dans cette étude un **potentiel de stockage de 5 tC/ha/an soit 18,5 tCO₂/ha/an**.

■ Simulation de la surface boisée correspondante

	Consommation énergétique annuelle estimée (MWh/an)		Emissions de CO ₂ (T/50 ans) y compris fabrication des matériaux		Surface forestière à planter (ha)		Surface forestière à planter (multiple de la surface de la zone)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Bâtiments	2122	5522	41286	94843	44,6	102,5	1,5	3,5
Trajets domicile travail en voiture	1999		25 963		28		1	
Eclairage	7,5	16	50	25	0	0	0	0
TOTAL	4 128	7 537	67 299	120 831	73	131	3	5

Figure 25 : Calcul de la surface boisée nécessaire en mesure compensatoire

Le scénario de référence nécessiterait donc, selon nos hypothèses, de 64 à 122 ha de forêt en mesure compensatoire carbone soit environ 2 à 4 fois la surface du périmètre d'aménagement.