

ETUDE DE FAISABILITE EN POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATIONS – ENR&R

Quartier d'habitation « Secteur Le Gaveau » – sur la commune
de SAINT GERVAIS



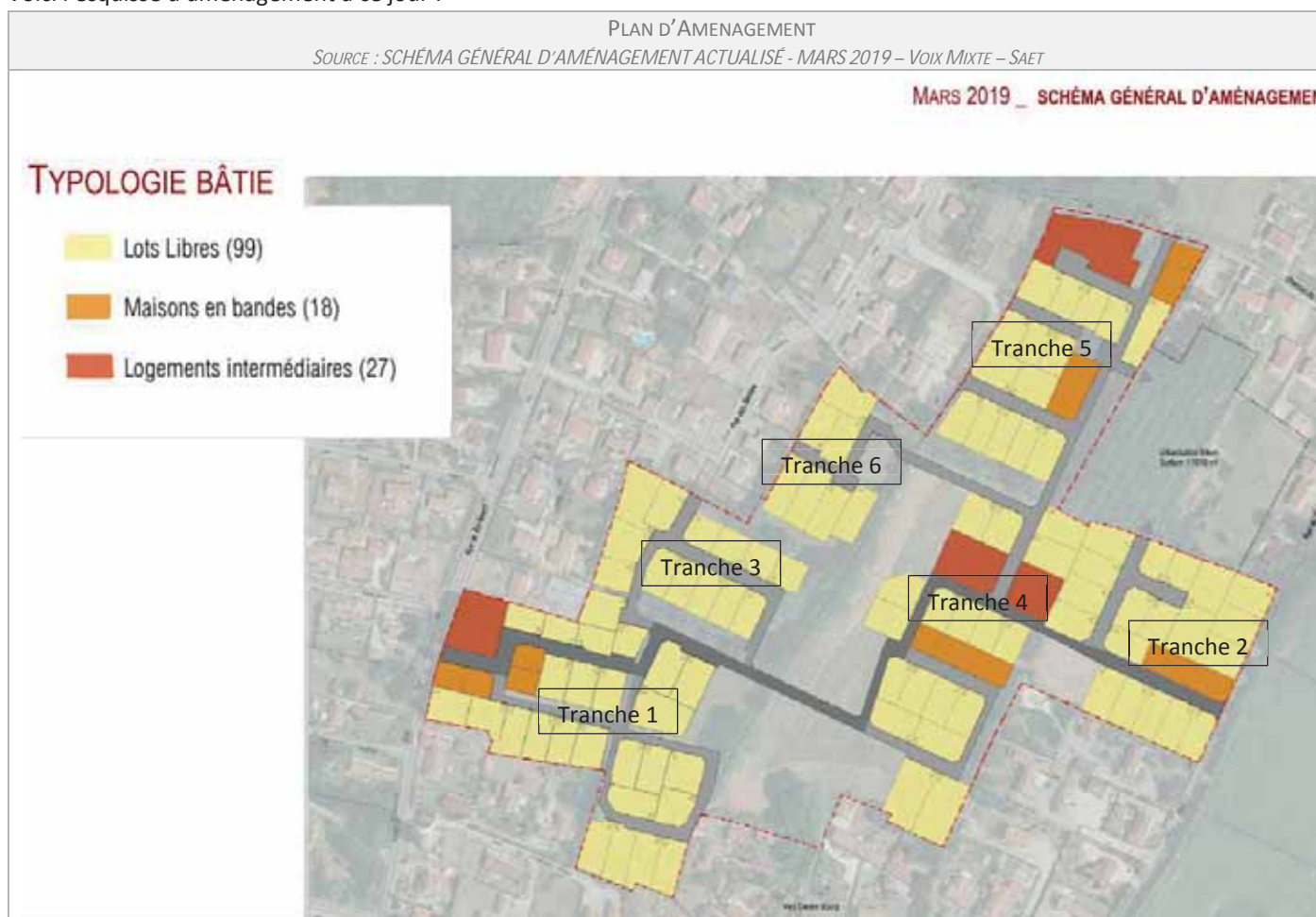
| MAITRE D'OUVRAGE | | PROJET | | |
|--|---|--|-----------|------------------------|
|  Hôtel de ville 66 rue du Villebon 85230 SAINT GERVAIS |  AGENCE DE SERVICES AUX COLLECTIVITÉS LOCALES DE VENDÉE 33 rue de l'Atlantique CS 80206 85005 LA ROCHE SUR YON | Quartier d'habitation "Secteur Le Gaveau" - Saint-Gervais (85) | Référence | AEU_18_07 |
| | | | Phase | TOTALITE = PHASE 1 & 2 |
| Date | 21/06/2019 | | | |
| Version | Version 2 | | | |
| Auteur | Emilie AUGAIN eaugain@axenergie.com | | | |
| Vérfifié par | Emilie AUGAIN eaugain@axenergie.com | | | |
| BET ENVIRONNEMENT | | BET ENERGIE | | |
|  38 rue Saint Michel 85190 VENANSAULT atlam@wanadoo.fr Tél : 02 51 48 15 15 | |  8, rue des chaunières 85610 Cugand contact@axenergie.com Tél : 02 51 42 16 29 | | |

SYNTHESE

Synthèse des aménagements projetés

| DESCRIPTIFS DES AMENAGEMENTS PROJETES | |
|--|---|
| SUPERFICIE DU SITE : | 8,6 ha |
| TYPLOGIE D'ACTIVITES : | Habitat (lots libres, maisons en bandes et collectifs intermédiaires) |
| SURFACE CESSIBLE : | 4,98 ha de surface cessible, divisée en 6 tranches - 99 lots libres (69%) - 45 logements en habitat groupés (31%) : 29 locatifs sociaux et 16 privés |
| <p>LA VOCATION DE LA ZONE EST D'AMENAGER : des terrains à bâtir afin de compléter son offre d'habitation. Ce projet s'insère dans une zone d'extension urbaine. Le projet se découpera en 6 tranches regroupant de la maison individuelle, de la maison en bande et du collectif intermédiaire.</p> | |



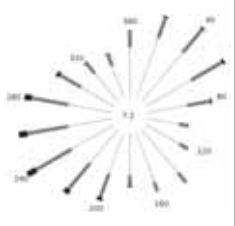








Voici l'esquisse d'aménagement à ce jour :



REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Les hypothèses de calculs pour la suite de l'étude se baseront sur les données connues à ce jour.
- ➔ Retrouvez en [Annexe : détails des hypothèses de surfaces](#)




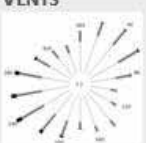

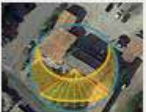








Synthèse des préconisations d'aménagement

| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES | PRECONISATIONS D'AMENAGEMENT |
|--|---|--|--|
| <p>TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS</p>  | <p>Assez homogènes sur l'année avec une amplitude relativement resserrée</p>  | <p>Besoins énergétiques modérés</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Tirer profit du bioclimatisme du site pour viser les critères de performances énergétiques des réglementations thermiques à venir : RBR 2020 initié par le label E+C- <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Rechercher la compacité des bâtiments (Ratio Surface déperditives/utile, mitoyenneté...)</i> ⇒ <i>Recours aux matériaux biosourcés et locaux : énergie grise – cycle de vie</i> ⇒ <i>Tendre vers 100% de bâtiments à énergie positive</i> ⇒ <i>Penser l'éclairage public en termes d'heure nécessaire de fonctionnement, de puissance installée nécessaire et de nombre de points lumineux et typologie nécessaires</i> - Utiliser l'eau de pluie comme une ressource par récupération - Limiter l'imperméabilisation des sols - Limiter les effets d'îlots de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Choisir des matériaux peu accumulateurs de chaleur</i> |
| <p>VENTS</p>  | <p>Divers régimes de vents, brises marines</p>  | <p>Peu avoir une influence sur le confort thermique, la qualité de l'air et la pérennité des équipements (embruns)</p> | <p>Optimiser le rapport aux vents :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se protéger des vents froids au Nord-Est en hiver - Éviter les expositions aux vents dominants du secteur ouest/sud-ouest - Protections des équipements contre embruns corrosifs - Éviter de créer des zones d'accélération des vents <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Éviter les rues / entrée de bâtiments dans le sens des orientations défavorables</i> - Utiliser les brises pour le freecooling pour le confort été <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Tendre vers 100% de locaux traversant</i> ⇒ <i>Utiliser la sur-ventilation nocturne et les brises marines</i> |
| <p>RAYONNEMENT SOLAIRE</p>  | <p>Bon potentiel du site</p> <p>Mais prendre de précaution de configuration d'aménagement</p>   | <p>Apports gratuits d'énergies valorisables (passive, thermique et photovoltaïque)</p> | <p>Concevoir une architecture bioclimatique pour ces divers apports gratuits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Large surface vitrée en façades Sud à Sud-est <ul style="list-style-type: none"> o Apports de calories passifs o Apport d'éclairage naturel = réduit les consommations et augmente le confort de vie <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Tendre vers 100% de bâtiments orientés Sud ou dans une déviation de 35°.</i> ⇒ <i>Créer un aménagement de parcelles en lanières N/S</i> - Pente de toit orientée Sud et/ou toiture plate pour recevoir des panneaux solaires (Apports thermique et/ou photovoltaïque) - Pour le confort d'été : éviter le percement des façades Ouest à Sud-ouest et mettre en place des protections solaires efficaces et adaptées <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Autoriser les éléments nécessaires au bioclimatique et la production EnR dans le règlement</i> |
| <p>MASQUE SOLAIRE ET TOPOGRAPHIE</p>  | <p>Site orienté favorablement au Sud</p>  | <p>Apports passifs et éclairage naturel à maximiser</p> | <p>Prévoir un aménagement qui tient compte de la pente du site permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - À chaque bâtiment de profiter d'une façade Sud-est à Sud-ouest non ombragée - Mais également ne pas ombrager les bâtiments voisins plus en recul <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Respecter au minimum 2h d'ensoleillement au 21 décembre sur façade Sud de chaque habitation</i> ⇒ <i>Rechercher le maximum d'éclairage naturel</i> |
| <p>VEGETATION ET ENVIRONNEMENT</p>  | <p>Présente un intérêt environnemental fort :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maillage arboré et bocagé à préserver - Zone humide préservée et renaturée  | <p>Influence sur le confort thermique, sur le confort de vie et la qualité de l'air</p> | <p>Concevoir en tirant profil de l'environnement et de la végétation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévoir un aménagement ayant un recul par rapport aux arbres persistants existants à préserver <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Respecter en façade Sud la règle des L=3xH</i> - Préserver voire planter des arbres : <ul style="list-style-type: none"> o À feuilles caduques en Est, Sud et Ouest des bâtiments o Plutôt persistants au Nord o De préférence avec des essences locales et non allergisantes - Limiter les effets d'îlots de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ⇒ <i>Inciter à végétaliser les abords des constructions</i> |

⇒ **Valeurs repères : à inscrire ou prendre en compte dans le programme d'aménagement**

Compléter avec [l'annexe](#) des exemples de points de vigilances pour le règlement.

Synthèse avec plan de masse bioclimatique

| DONNEES DE L'ETUDE CLIMATIQUE | | LEGENDE ET SYMBOLE | | CONSTATS | | PLAN MASSE BIOCLIMATIQUE | |
|--|---|---|---|--|---|--|--|
| TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS  | ☺ | Prendre précaution à ne pas créer d'îlots de chaleur |  | <p>➔ Point de vigilance lors de la conception dans le choix des revêtements</p> |  | <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le site présente un potentiel intéressant pour le bioclimatisme = Globalement, l'aménagement esquissé permet de conserver ces qualités ➔ ENJEU : tendre à résoudre les quelques points de vigilance pour tirer profits et développer ces atouts lors de la conception de la ZAC et la conception des futurs bâtiments ➔ OBJECTIFS : prendre précaution à maximiser les apports gratuits (calories et lumière naturelle) pour des bâtiments performants confortables et économes en énergie | |
| VENTS  | ☺ | Prendre précaution à ne pas créer des couloirs de vents (vents froids du NE, vents dominants O-SO, zone d'accélération) |  | <p>➔ Quelques rues présentent une orientation défavorable au vent</p> | | | |
| RAYONNEMENT SOLAIRE  | ☺ | Prendre précaution à ne pas concevoir des orientations défavorables au bioclimatisme des constructions (dérivation /sud >35°) |  | <p>➔ Point de vigilance lors de la conception des bâtiments orientés E/O ou ceux en recul de bâtiments à étages.</p> | | | |
| | ☹ | Sens préférentiels des faitages (Un pan Sud = intégration panneaux Solaires) |  | <p>➔ Point de vigilance lors de la conception des bâtiments</p> | | | |
| MASQUE SOLAIRE ET TOPOGRAPHIE  | ☺ | S'assurer des distances minimales (par l'étude d'ensoleillement) : -Des ombres portées entre futures constructions, -Des ombres portées sur constructions existantes -Des ombres portées liées à la végétalisation |  | <p>➔ Point de vigilance lors de la conception des bâtiments</p> | | | |
| | ☺ | Zone où la pente pénalise le plus le bioclimatisme, moins densifier à cette endroit. |  | | | | |
| VEGETATION ET ENVIRONNEMENT  | ☺ | Végétation participant au bioclimatisme (atténue les vents, améliore le confort hygrothermique et la qualité de l'air) |  | <p>➔ Pas de contraintes spécifiques plutôt à feuilles caduques = devient un atout</p> | | | |
| | ☺ | S'assurer des distances minimales (Règle des L=3H) par rapport à la végétation persistante pour le bioclimatisme |  | / | | | |

Synthèse des potentiels de développement en EnR&R

| TYPES D'ENR | SYSTEMES ASSOCIES | POTENTIELS & CONSTATS | PRECONISATIONS D'EQUIPEMENTS |
|---------------------------------|---|--|--|
| LES RESEAUX DE CHALEURS | RESEAU + CHAUFFERIE + SOUS-STATIONS = Mix énergétique dans l'idéal en majorité EnR | À l'échelle du site = <i>Viabilité compromise au vu de la mixité et densité thermique des futurs bâtiments</i> / Voir si potentiel de mutualisation des besoins en énergies selon les futurs bâtiments = smartgrids Si retenu, faire étude de faisabilité RCU | Création réseaux chaleur + chaufferie + sous-stations ↔ Adéquation densité thermique / aspects technico-économiques / volonté politique. |
| LE BOIS | LE BOIS-ENERGIE | ⊗ À l'échelle du site = <i>viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent | Cf Réseau de chaleur Chaudières à granulés en logements collectifs (+ appoint/secours gaz) / Poêle à granulés en habitation |
| LE SOL | LA GEOTHERMIE HORIZONTALE | ⊗ À l'échelle du site = Emprise au sol/densité + <i>viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = Ressources + Emprise au sol/densité + Besoins de chaud modéré à faible voire du freecooling en été. <i>A considérer au cas par cas, selon besoins, terrain disponible : sans plantation ... + nécessite au préalable une étude de faisabilité</i> | PAC sol/eau : pouvant assurée le chauffage voire le préchauffage de l'eau chaude, voire du freecooling en été |
| LE SOUS-SOL | LA GEOTHERMIE VERTICALE (Antenne thermique vertical en boucle fermée) | ⊗ À l'échelle du site = <i>viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = <i>Potentiellement pertinent pour des bâtiments nécessitant des besoins de chauds modéré voire du freecooling en été. Mais nécessite au préalable une étude de faisabilité</i> | |
| L'EAU SOUTERRAINE | L'AQUATHERMIE | ⊗ Potentiel, mais impact potentiel = privilégier antenne thermique verticale en boucle fermée | / |
| L'AIR | L'AEROTHERMIE | ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent pour des bâtiments nécessitant des besoins de chauds faibles à moyens voire de rafraîchissement. | Système thermodynamique sur air extérieur : PAC air/air ou air/eau ou CTA avec batterie froide... |
| LE SOLEIL | LE SOLAIRE PASSIF | ☺ À l'échelle des bâtiments = Non simulable mais indispensable pour la performance énergétique des bâtiments | Pas de système = passif : capter, stocker et accumuler les calories gratuites solaires + éclairage naturel |
| | LE SOLAIRE THERMIQUE | ⊗ À l'échelle du site = <i>En appoint d'une production principale mais viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent nécessitant des besoins ECS constants | <i>En appoint du mix énergétique du Réseau de chaleur</i> Panneaux solaire thermique produisant d'eau chaude sanitaire |
| | LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE | ☺ À l'échelle du site = Pertinent, mais nécessite une gestion collective et montage admin/financier particulier. ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent voire quasi incontournable si l'on souhaite tendre vers des bâtiments à énergie positive | Pour éclairage public, la couverture des espaces communs (parking...), en grappes diffuses Panneaux solaires photovoltaïques produisant de l'électricité |
| L'EAU TERRESTRE | LES AMENAGEMENTS « AU FIL DE L'EAU » OU « PAR ECLUSEES » | ⊗ <i>Peu de ressources</i> | / |
| L'EAU MARINE | LES DIFFERENTES ENERGIES MARINES | ⊗ <i>Pas de ressources</i> | / |
| LE VENT TERRESTRE | LE GRAND EOLIEN TERRESTRE | ⊗ <i>A une autre échelle que celle de la création du site</i> | / |
| | LE PETIT ET MOYEN EOLIEN | ⊗ <i>Potentiel incertain en milieu péri-urbain. Au cas par cas avec un projet « éco-responsable » + Etude de faisabilité</i> | <i>Petit et moyen éolien</i> |
| LE VENT MARIN | L'EOLIEN OFF-SHORE | ⊗ <i>Pas de ressources</i> | / |
| TYPES D'ENR&R | SYSTEMES ASSOCIES | POTENTIELS & CONSTATS | PRECONISATIONS D'EQUIPEMENTS |
| DECHETS NON RECYCLABLES | L'INCINERATION | ⊗ <i>-Dans périmètre d'action de l'UIOM Arc en ciel -Non adapté à l'échelle du site</i> | / |
| DECHETS ORGANIQUES VALORISABLES | LA METHANISATION | ⊗ <i>-Peu de ressources en habitat -Pas de potentiel d'injection -Pas d'unités de traitement à proximité</i> | <i>Possibilité de s'orienter vers de la micro-méthanisation individuelle ou de quartier (biométhane = chauffage/ cuisson, électricité, bio-carburant...)</i> |
| REJETS EN CHALEUR FATALE | LA RECUPERATION D'ENERGIE | ☺ <i>-Nécessite d'être réfléchi très en amont du projet mais potentiel intéressant -Multiples sources et usages valorisables</i> | Echangeurs de chaleur : VMC double flux, récupération sur eaux usées, ballon thermodynamique sur air extrait... |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

Pour rappel des conclusions faite en EnR et additionnées des conclusions en énergies de récupération

Les solutions de dessertes énergétiques pourront s'envisager dans la PHASE 2 de cette étude **sous une unique forme en l'état actuel des choses.**

- **En effet la desserte par réseau de chaleur a été écarté à cette étape du projet**
- = **Aucunes des 6 tranches** ne présentaient une densité thermique au-dessus du seuil critique.
- = Cependant, des possibilités d'évolution de la viabilité seraient **d'augmenter la densité thermique**, soit en augmentant le nombre de logement, soit en augmentant les besoins (plus de mixité d'usage ou élargissant le périmètre bien que les bâtiments existants possèdent déjà des systèmes d'approvisionnement. De plus, il faudrait tendre vers une **mutualisation des énergies perdues/voulues** par smartgrids thermiques entre les bâtiments de l'ensemble du site.
- = Pour finir, il est important de connaître le positionnement du maître d'ouvrage, pour imposer le raccordement et le recours à une énergie ?

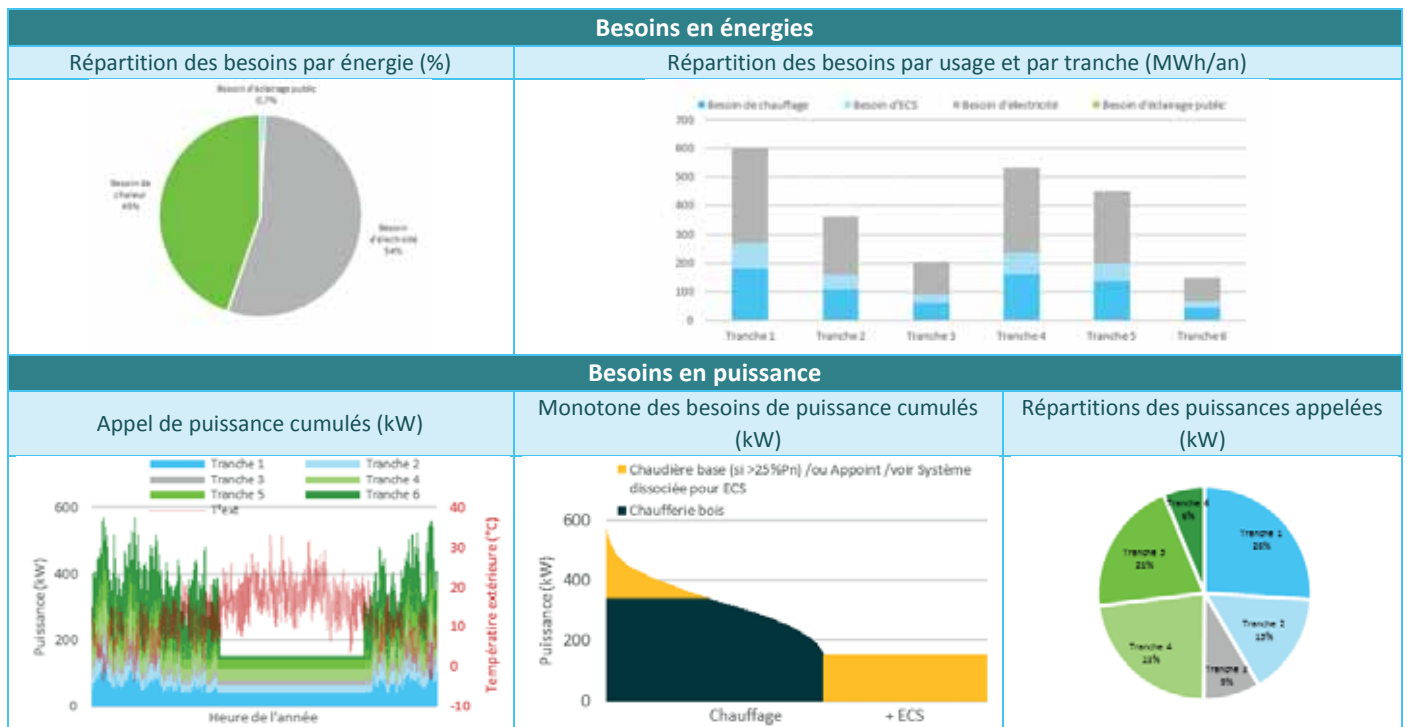
- **La desserte sera donc étudiée bâtiment par bâtiment où chacun à sa propre génération d'énergie.**
- = **La commune n'étant pas desservie par le gaz** = il n'y aura pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau. Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques. Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site. Les recours aux EnR seront donc comparées entre eux :
 - Le bois énergie
 - L'aérothermie
- = De plus, pour que le projet soit performant énergétiquement et le moins impactant possible sur l'environnement, les efforts devront porter sur chacune des constructions et installations.

- ➔ La **collectivité** a des leviers d'actions par le règlement du quartier (cf Conclusion avec **préconisations d'aménagement**).
- ➔ Les **gestionnaires/industriels** peuvent avoir recours à des **solutions d'approvisionnement énergétiques complémentaires** aux scénarios retenus afin d'augmenter le mix énergétique en **EnR&R** :
 - Solaire Passif
 - Solaire Photovoltaïque
 - Solaire Thermique
 - Voire Géothermie - selon études de faisabilité
 - Récupération de chaleur fatale

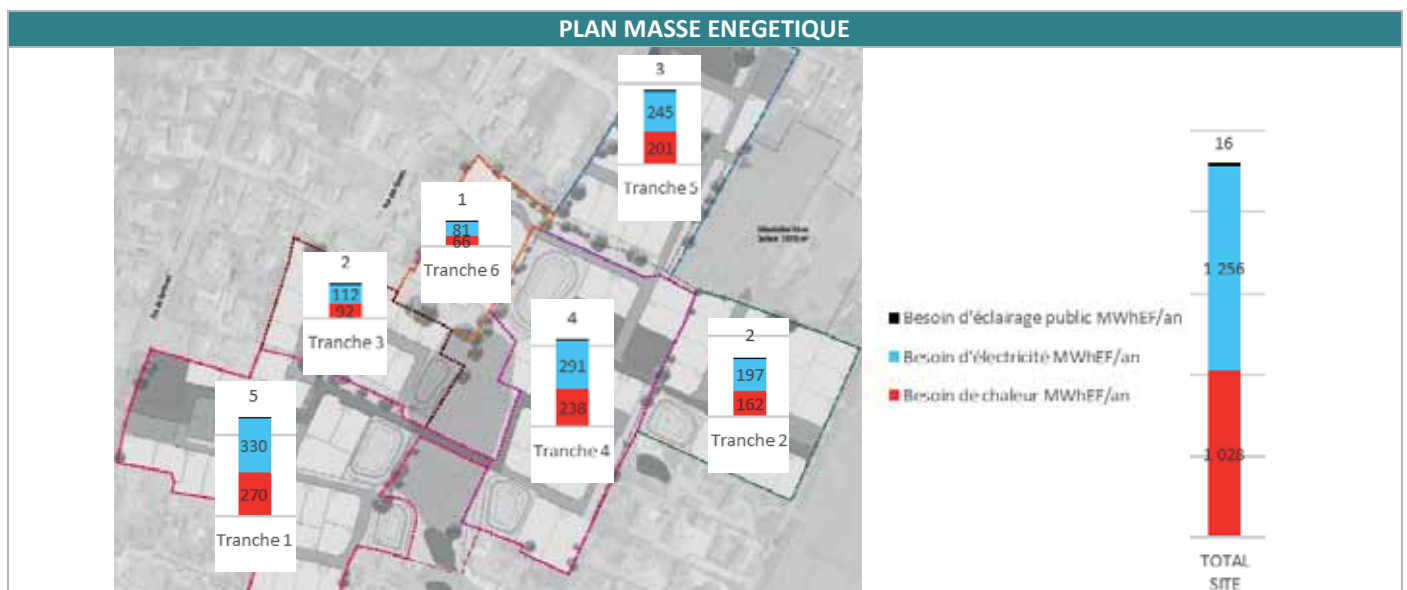
L'enjeu de la PHASE 2 sera de déterminer les impacts environnementaux, techniques et économiques des différentes solutions susceptibles de couvrir les besoins du site.

Le **photovoltaïque** sera incontournable pour tendre vers des bâtiments à énergie positive. Les futures constructions pourront également engager une **réflexion sur la valorisation** de leurs déchets organiques et sur la **récupération d'énergie** de leurs équipements.

Synthèse de l'estimation des besoins énergétiques



Synthèse avec plan de masse énergétique



| RECAPITULATIF ENERGETIQUE | | Maisons + Logements | | | | | | TOTAL SITE |
|---|--------------------|---------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | |
| Surface SRT | m ² SRT | 4 861 | 2 916 | 1 652 | 4 284 | 3 616 | 1 199 | 18 528 |
| Nombre de logements | nbr | 37 | 23 | 13 | 38 | 29 | 8 | 148 |
| Nombre de tertiaire | m ² | | | | | | | 0 |
| Besoin de chauffage | MWhEF/an | 182 | 108 | 61 | 161 | 136 | 44 | 693 |
| Besoin d'ECS | MWhEF/an | 88 | 54 | 31 | 77 | 64 | 22 | 335 |
| Besoin de chaleur | MWhEF/an | 270 | 162 | 92 | 238 | 201 | 66 | 1 028 |
| Besoin d'électricité | MWhEF/an | 330 | 197 | 112 | 291 | 245 | 81 | 1 256 |
| Besoin d'éclairage public | MWhEF/an | 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 16 |
| Densité thermique, d = (valeur seuil d>1,5) | MWh/ml.an | 0,87 | 1,06 | 0,90 | 0,90 | 0,99 | 1,24 | 0,95 |
| Durée d'utilisation équivalent Heq = (valeur seuil Heq>2000) | h | 3 031 | 3 037 | 3 105 | 3 029 | 2 839 | 3 105 | 3 003 |
| Puissance à installer | kW | 148 | 89 | 49 | 131 | 118 | 36 | 570 |
| Puissance chaudières bois Pn 60% | kW | 89 | 53 | 29 | 79 | 71 | 21 | 342 |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Ni le site complet, ni l'une des 6 tranches ne présente pas de densité thermique et de durée d'utilisation au-dessus des seuils critiques
- = Le recours à un réseau de chaleur et donc froid, n'est pas adapté par secteur, ni pour le site complet
- ➔ **ENJEU : étudier les solutions par bâtiments les plus adaptées en matière de recours EnR&R**

Synthèse de la comparaison énergétique multicritère

Synthèse avec approche GLOBAL / PAR BÂTIMENT

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Lors de la réalisation d'un projet d'aménagement, il est plus aisé de choisir des solutions courantes, ne nécessitant pas de montage juridique particulier, ou pour lesquels l'équation économique est simple à résoudre à court terme.
- = Mais ce choix engage le quartier et ses habitants sur plusieurs décennies.
- ➔ Il convient donc de bien comparer les différentes options afin de choisir celle qui offre le meilleur compromis au regard d'un objectif d'aménagement durable.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- L'approche économique ne doit pas se limiter à la comparaison des coûts d'investissements : c'est bien l'ensemble du coût du service de chauffage, à long terme, qui doit servir de base de comparaison des solutions.
- = Cette approche en coût global permet de démontrer que malgré un investissement initial important, un réseau de chaleur peut au final coûter moins cher pour les usagers que des solutions individuelles.
- ➔ Par ailleurs, l'aspect financier ne peut plus être le seul critère de comparaison. Des paramètres techniques, environnementaux (rejets de CO2, taux EnR&R mobilisé, qualité de l'air, impact paysager/architectural...) et sociaux (coût de la chaleur, stabilité de ce coût, acceptabilité des solutions...) doivent aussi être considérés.

COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE GLOBALE DU SITE

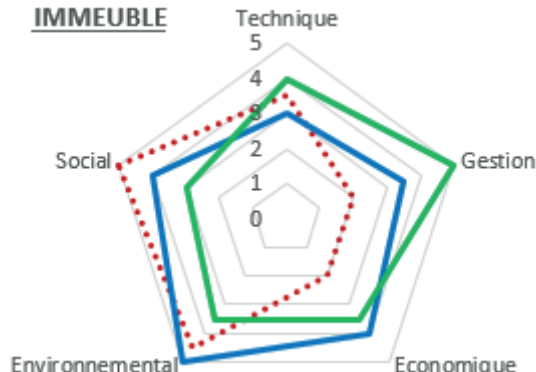
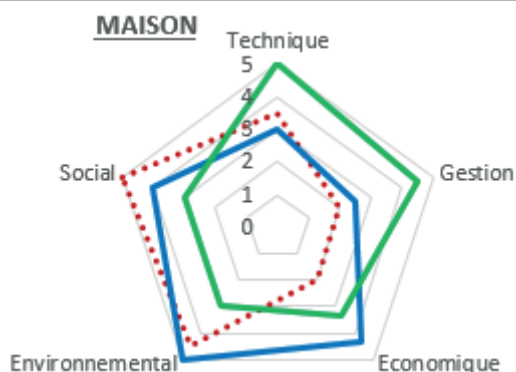
2 approches, avec chacune leurs atouts :

| Réseau de chaleur (Scénario écarté à l'heure actuelle) | Équipements par bâtiment (Scénarios 1 et 2) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Le recours à des gisements en EnR&R très importants difficiles à exploiter de manière efficace et rentable à une autre échelle ○ Une stabilité du prix de la chaleur sur le long terme ○ Un impact positif sur le développement durable en particulier l'économie locale | <ul style="list-style-type: none"> ○ Des investissements moins conséquents ○ Un amortissement plus rapide ○ Un cout global et un impact sur le développement durable variables selon les énergies d'approvisionnements |

COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE D'UN BATIMENT

| MAISONS INDIVIDUELLES OU EN BANDES | | | | COLLECTIF DE LOGEMENTS | | | |
|--|------------------------------------|--------------|--------------|--|------------------------------------|--------------|--------------|
| Comparaison multicritères des approches Individuelles = MAISON | Scénario écarté à l'heure actuelle | Scénario 1 : | Scénario 2 : | Comparaison multicritères des approches Individuelles = IMMEUBLE | Scénario écarté à l'heure actuelle | Scénario 1 : | Scénario 2 : |
| | RESEAU CHALEUR | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | RESEAU CHALEUR | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE |
| Technique | ● 3,5 | ● 3,0 | ● 5,0 | Technique | ● 3,5 | ● 3,0 | ● 4,0 |
| Gestion | ● 2,0 | ● 2,5 | ● 4,5 | Gestion | ● 2,0 | ● 3,5 | ● 5,0 |
| Economique | ● 2,0 | ● 4,3 | ● 3,3 | Economique | ● 2,0 | ● 4,0 | ● 3,5 |
| Environnemental | ● 4,5 | ● 5,0 | ● 3,0 | Environnemental | ● 4,5 | ● 5,0 | ● 3,5 |
| Social | ● 5,0 | ● 4,0 | ● 3,0 | Social | ● 5,0 | ● 4,0 | ● 3,0 |
| Notation Globale | ● 3,4 | ● 3,8 | ● 3,8 | Notation Globale | ● 3,4 | ● 3,9 | ● 3,8 |

Echelle de notation : De 0 à 2= ●, De 2 à 4= ●, De 4 à 5= ●.



En **Maisons individuelles ou en bandes**, la comparaison multicritère fait ressortir le classement d'approvisionnement suivant :

- 1-SCENARIO BOIS ENERGIE : Poêle à granulés + Ballon thermodynamique + VMC Double Flux ➔ **Plus écologique et plus économique**
- 1-SCENARIO AEROTHERMIE : Pompe à chaleur Air/Eau double service ➔ **Plus simple et plus pratique**

En **Collectif de logements**, la comparaison multicritère fait ressortir le classement d'approvisionnement suivant :

- 1-SCENARIO BOIS ENERGIE : Chaudière à granulés + appoint/Secours Gaz ➔ **Plus écologique**
- 2-SCENARIO AEROTHERMIE : Pompe à chaleur Air/Eau double service ➔ **Plus facile à gérer**

Les **points d'alertes** pouvant remettre en cause le classement : Faisabilité technique propre aux spécificités de chaque bâtiment – modification du contenu des scénarios proposés

SCENARIO GLOBAL ECARTE : Réseau de chaleur : Volonté politique doit être forte et motrice malgré les risques et contraintes

Synthèse avec approche COMPLEMENTAIRE EnR&R

La comparaison multicritère fait ressortir le classement des énergies complémentaires suivant :

| COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE D'UN BATIMENT | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|------------------|--------------|--|---|--|------------------|--|--------------|---|--|------------------|--------------|--------------|
| RESEAU DE CHALEUR (écarté à l'heure actuel) | | | | MAISONS INDIVIDUELLES OU EN BANDES | | | | COLLECTIF DE LOGEMENT | | | | | | |
| Comparaison multicritères des énergies complémentaires - RESEAU DE CHALEUR | | Notation Globale | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 | Comparaison multicritères des énergies complémentaires - MAISON | | Notation Globale | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 | Comparaison multicritères des énergies complémentaires - IMMEUBLE | | Notation Globale | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 |
| | | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE |
| Solaire Passif | | 4,0 | 4 | 4 | Solaire Passif | | 5,0 | 5 | 5 | Solaire Passif | | 4,0 | 4 | 4 |
| Solaire Photovoltaïque | | 3,0 | 3 | 3 | Solaire Photovoltaïque | | 5,0 | 5 | 5 | Solaire Photovoltaïque | | 5,0 | 5 | 5 |
| Solaire Thermique | | 4,0 | 4 | 4 | Solaire Thermique | | 3,3 | 3 | 3,5 | Solaire Thermique | | 4,0 | 4 | 4 |
| Géothermie | | 4,0 | 4 | 4 | Géothermie | | 2,0 | 2 | 2 | Géothermie | | 3,0 | 3 | 3 |
| Chaleur Fatale | | 5,0 | 5 | 5 | Chaleur Fatale | | 4,0 | 4 | 4 | Chaleur Fatale | | 5,0 | 5 | 5 |
| <p>Echelle de notation : De 0 à 2= ●, De 2 à 4= ●, De 4 à 5= ●.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>1-CHALEUR FATALE 2-SOLAIRES PASSIF + THERMIQUE + GEOTHERMIE 3-SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE</p> | | | | <p>1-SOLAIRES PASSIF + PHOTOVOLTAÏQUE = indispensable 2-CHALEUR FATALE 3-SOLAIRE THERMIQUE</p> <p>Le recours à la géothermie, lorsque qu'il est possible suite à l'étude de faisabilité, doit se faire comme émetteur principal.</p> | | | | <p>1- SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE + CHALEUR FATALE = vivement conseillé 2- SOLAIRES PASSIF + THERMIQUE 2-CHALEUR FATALE 3-SOLAIRE THERMIQUE</p> <p>Le recours à la géothermie, lorsque qu'il est possible suite à l'étude de faisabilité, doit se faire comme émetteur principal.</p> | | | | | | |
| <p>Les points d'alertes : -Problématique de la contractualisation de ces énergies complémentaires (plusieurs gestionnaires de réseaux, différents propriétaires des structures)</p> | | | | <p>Les points d'alertes : -Surcote par rapport aux gains rendus, étudier les temps de retour globaux selon les spécificités de chaque bâtiments</p> | | | | | | | | | | |

CONCLUSION GENERALE

Les problématiques des consommations d'énergie et d'émissions de gaz à effet de serre font parties intégrantes de la réflexion à mener lors de la création d'un nouveau site.

- En premier lieu, l'objectif est de **réduire les différents types de consommations énergétiques** :
 - **Conception bioclimatique de l'aménagement urbain afin de faciliter la recherche de performance énergétique des bâtiments par la suite.**
 - ⇒ **Pour ceci, la collectivité a des leviers d'actions par le règlement du quartier (cf Conclusion avec préconisations d'aménagement)**
 - Réduction des besoins par une **conception bioclimatique** de la construction (orientation, compacité, isolation renforcée, éclairage naturel...)
 - ⇒ **Pour ceci, le maître d'ouvrage a différents angles d'approche (cf Conclusion avec préconisations d'aménagement)**
 - Installation de **systèmes énergétiques performants**
 - ⇒ **Pour ceci, vérifier que les règlements d'aménagements ne s'opposent pas à la performance énergétique des futures constructions (bioclimatisme : limites d'accroche, recours aux EnR : hauteur et forme des toitures...)**
 - Installation d'émetteurs permettant **l'évolutivité** de la source de chaleur.
 - **Pédagogie** à destination des futurs utilisateurs ou occupants pour informer et encourager les **comportements vertueux**.
- En second lieu, il s'agit de choisir les **sources d'énergie les moins impactantes pour l'environnement** = prioritairement des **sources d'énergies renouvelables**:
 - Sources d'énergies traditionnelles classées de la plus émissive à la moins émissive : fioul, gaz propane, gaz naturel, électricité.
 - Sources d'énergies renouvelables mobilisables sur le site :
 - ⇒ **Le diagnostic d'opportunité énergétique n'a pas pu mettre en lumière la pertinence d'un réseau de chaleur sur le site à l'heure actuelle au vu des hypothèses prises et des incertitudes sur les futurs besoins,**
 - ⇒ **mais potentiel intéressant du recours au EnR : solaires, aérothermie et bois, voir géothermie.**
- En parallèle, on s'attachera à examiner :
 - La possibilité de **réemploi d'énergies de récupération** :
 - ⇒ **Le diagnostic d'opportunité énergétique a pu mettre en lumière les potentiels intéressants en énergie de récupération : récupération de chaleur fatale.**
 - ⇒ **Penser ces pratiques dès la phase conception**
 - ⇒ **Inciter et sensibiliser les futurs acquéreurs à ces pratiques.**

Lors de la réalisation d'un projet d'aménagement, il est plus aisé de choisir des solutions courantes, ne nécessitant pas de montage juridique particulier, ou pour lesquelles l'équation économique est simple à résoudre à court terme. Mais ce choix engage le site et ses usagers sur plusieurs décennies. Il convient donc de bien comparer les différentes options afin de choisir celle qui offre le meilleur compromis au regard d'un objectif d'aménagement durable.

Deux approches d'approvisionnement énergétique sont possibles, soit à l'échelle globale du site par un réseau de chaleur ou soit individuellement bâtiment par bâtiment. La première approche permet le recours à des sources EnR&R plus importantes et avec une maîtrise des prix de l'énergie sur le long terme. Tandis que la seconde solution apporte un amortissement plus rapide par la réduction de l'investissement.

- ⇒ **Le diagnostic d'opportunité énergétique n'a pas pu mettre en lumière la pertinence d'un réseau de chaleur sur le site.** Le réseau de chaleur est actuellement écarté car **aucunes des 6 tranches** ne présentaient une densité thermique au-dessus du seuil critique.
- ⇒ **Des possibilités d'évolution** seraient **d'augmenter la densité thermique**, soit en augmentant le nombre de logement, soit en augmentant les besoins (plus de mixité d'usage ou élargissant le périmètre bien que les bâtiments existants possèdent déjà des systèmes d'approvisionnement. De plus, il faudrait tendre vers une **mutualisation des énergies perdues/voulues par smartgrids thermiques** entre les bâtiments de l'ensemble du site.

Avant d'écarter définitivement cette solution,

- 1. La maîtrise d'ouvrage doit prendre conscience des avantages et inconvénients d'un réseau de chaleur**
- 2. Ensuite, la maîtrise d'ouvrage devra répondre aux questions suivantes :**
 - **La volonté politique de créer un réseau de chaleur est-elle présente ?**
 - **Quelles seraient les contraintes à raccorder les bâtiments (futurs ou existants) du site ?**
 - **Quelles seraient les contraintes de densifier l'extension du site ?**
 - **Etude de faisabilité Réseau de chaleur + Consultation ADEME pour soutien financier doivent-elles être entamées ?**

L'approche de faisabilité économique ne doit pas se limiter à la comparaison des coûts d'investissements : c'est bien l'ensemble du coût du service de chauffage, à long terme, qui doit servir de base de comparaison des solutions. Cette approche en coût global permet de démontrer que malgré un investissement initial important, un réseau de chaleur peut au final coûter moins cher pour les usagers que des solutions individuelles.

Par ailleurs, l'aspect financier ne peut plus être le seul critère de comparaison. Des paramètres techniques, environnementaux (rejets de CO2, taux EnR&R mobilisés, qualité de l'air, impact paysager/architectural...) et sociaux (coût de la chaleur, stabilité de ce coût, acceptabilité des solutions...) doivent aussi être considérés.

Pour le Quartier d'habitation « Secteur Le Gaveau » – sur la commune de SAINT GERVAIS, L'Etude de faisabilité en potentiel de développement en énergies renouvelables et de récupérations – ENR&R, n'a pas pu mettre en évidence par son approche multicritères la pertinence d'approvisionnement par un réseau de chaleur en l'état actuel. Pour y parvenir, la **volonté politique doit être forte et motrice et densifier le périmètre pressenti**. De plus, le foncier nécessaire et les contraintes administratives, juridiques et économiques peuvent être des points de blocages.

Par ailleurs, la commune n'étant pas desservie par le gaz = il n'y a pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau. Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques. Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site.

Les recours aux EnR ont donc été comparés entre eux. Ces dessertes par solutions individuelles resteront performantes si elles font appel à un maximum **d'EnR&R en énergies de bases (respectivement bois >= aérothermie > ou encore géothermie si techniquement possible) et en compléments au mix énergétique (En maison : respectivement les solaires passif = photovoltaïque > chaleur fatale et thermique / En logement : respectivement le solaire photovoltaïque = chaleur fatale > les solaires passif = thermique).**

Pour aller plus loin, il est fortement recommandé d'effectuer :

- Une **étude d'ensoleillement**, afin de valider le plan d'aménagement et déterminer le potentiel solaire (thermique et photovoltaïque)
- Une **étude de faisabilité Réseau de Chaleur**, si la maîtrise d'ouvrage souhaite préciser la viabilité technico-économique

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| SYNTHESE | 2 |
| Synthèse des aménagements projetés | 2 |
| Synthèse des préconisations d'aménagement | 3 |
| Synthèse des potentiels de développement en EnR&R | 5 |
| Synthèse de l'estimation des besoins énergétiques | 7 |
| Synthèse de la comparaison énergétique multicritère | 8 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 10 |
| | |
| 0. CONTEXTE DU PROJET | 12 |
| 0.1. Préambule | 12 |
| 0.1. Vos repères tout au long du rapport | 12 |
| 0.2. Données administratives du projet | 13 |
| 0.3. Projet d'aménagement de la zone..... | 13 |
| | |
| 1. PHASE I – DIAGNOSTIC D'OPPORTUNITE ENERGETIQUE | 16 |
| 1.1. Analyse climatologique et topographique du site | 16 |
| 1.2. CONCLUSION avec préconisations d'aménagement | 22 |
| 1.3. CONCLUSION avec plan de masse bioclimatique | 23 |
| 1.4. Analyse des réseaux existants | 24 |
| 1.5. Potentiels de développement en énergie renouvelables | 26 |
| 0.1 CONCLUSION avec potentiels de développement en Energies Renouvelables..... | 39 |
| 1.6. Potentiels de développement en énergie de récupération | 41 |
| 1.7. CONCLUSION avec potentiels de développement en Energies de Récupération..... | 45 |
| | |
| 2. PHASE II : ETUDE D'APPROCHE EN FAISABILITE ENERGETIQUE | 46 |
| 2.1. Contexte énergétique et réglementaire | 46 |
| 2.2. Analyse des besoins énergétiques..... | 49 |
| 2.3. CONCLUSION avec besoins énergétiques de la future zone (pour les zones chauffées au sens RT)..... | 52 |
| 2.4. Propositions de dessertes énergétiques..... | 53 |
| 2.5. Comparaison énergétique multicritères – approches globale et par bâtiment | 55 |
| 2.6. CONCLUSION de la comparaison énergétique multicritères – approche globale et par bâtiment | 58 |
| 2.7. Comparaison énergétique multicritères – approches complémentaires | 59 |
| 2.8. CONCLUSION de la comparaison énergétique multicritères – approches complémentaires | 62 |
| | |
| 3. ANNEXES | 63 |
| 3.1. Annexe : surfaces et hypothèses des calculs..... | 64 |
| 3.2. Annexe : Points de vigilance pour le règlement | 65 |
| 3.3. Annexe : Etat des lieux des réseaux de chaleur au niveau national, régional et local | 66 |
| 3.4. Annexe : Présentation des réseaux de smart grids thermiques. | 67 |
| 3.5. Annexe : Les différents types de combustibles bois | 68 |
| 3.6. Annexe : Les ressources bois en Pays de la Loire | 68 |
| 3.7. Annexe : Le fonctionnement d'une chaudière bois. | 69 |
| 3.8. Annexe : Les critères techniques d'une pompe à chaleur en aérothermie..... | 70 |
| 3.9. Annexe : Les critères techniques d'une pompe à chaleur en aquathermie..... | 71 |
| 3.10. Annexe : Les comparatifs des énergies marines | 72 |
| 3.11. Annexe : Les ressources et le principe de la méthanisation..... | 73 |
| 3.12. Annexe : La réglementation thermique RT2012 | 74 |
| 3.13. Annexe : Les futures réglementations thermiques. | 75 |
| 3.14. Annexe : Complément EnR&R en solaire photovoltaïque | 77 |

0. CONTEXTE DU PROJET

0.1. Préambule

Un des enjeux majeurs de l'aménagement est de répondre aux besoins des populations (en termes de logements, de services, d'activités économiques...) tout en s'efforçant de limiter les consommations d'énergie et d'espace, compte tenu de leurs impacts environnementaux (pression sur les ressources, émissions de polluants, déséquilibres des écosystèmes...) et socio-économiques (déséquilibres des territoires, indépendance énergétique, charges pour les habitants...).

Que ce soit sous la forme de zones d'activités, de lotissements ou de zones d'aménagement concerté, les projets d'aménagement portent des choix cruciaux pour l'avenir. En effet, leurs impacts se feront ressentir pendant des décennies...

L'enjeu pour le développement de la zone est de réduire au maximum les besoins énergétiques et de favoriser le recours aux énergies renouvelables pour l'implantation des futures constructions, qu'ils soient directs ou indirects.

- Directs : les dépenses de chauffage et de climatisation, de production de froid et d'Eau Chaude Sanitaire, de ventilation et d'éclairage, de procès...

- Indirects : les déplacements induits par le lieu d'implantation d'une nouvelle entité, les besoins de dessertes nouvelles (réseaux, voiries...)

Il est donc primordial de réduire les besoins, d'optimiser l'utilisation de l'énergie et de favoriser le recours aux énergies renouvelables.

La réglementation, au travers du code de l'urbanisme, demande que soient étudiées les solutions pour y parvenir :

Article L300-1 : Toute action ou opération d'aménagement faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération.

Cette étude d'Axénergie permet d'accompagner le maître d'ouvrage dans l'aménagement de la zone d'activité pour prendre en compte dès en amont les problématiques de la performance énergétique des bâtiments (et de l'accessibilité aux transports collectifs et déplacements doux). L'étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone permettra de répertorier les gisements d'énergies conventionnelles et alternatives disponibles et exploitables.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le document présent est une étude de potentiel en faisabilité énergétique, dans le cadre de l'aménagement d'un quartier. Toutes les composantes n'en sont donc pas connues avec précision à la date de rédaction de la présente étude.
- = C'est un outil d'aide à la décision. Il permet de juger de l'opportunité d'un projet, d'évaluer son intérêt et de fournir au Maître d'Ouvrage les données de base pour poursuivre les études ou lancer une consultation d'entreprises.
- ➔ **Il ne constitue en aucun cas un document de maîtrise d'œuvre ou d'exécution.**

0.1. Vos repères tout au long du rapport

Les différents points d'étude du rapport pourront être analysés et critiqués au travers des encadrées suivantes :

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Constats
- = Analyses
- ➔ **Propositions**



La performance, l'état, ou encore la qualité des objets étudiés seront résumés par les logos suivants :

 : performance correcte  : performance moyenne  : performance faible

Les points de vigilances par rapport à la réglementation seront repérés de la manière suivante :

 : **Non-respect de la réglementation**

0.2. Données administratives du projet

| DONNEES DU PROJET | | |
|-----------------------------|---|--|
| MAITRE D'OUVRAGE | Commune de Saint-Gervais Hôtel de ville, 66 rue du Villebon 85230 SAINT GERVAIS |   |
| POUR LE COMPTE DE | ASCLV 33 rue de l'Atlantique, CS 80206 85005 LA ROCHE SUR YON | |
| ADRESSE DU SITE | Quartier d'habitation « Secteur Le Gaveau » – sur la commune de SAINT GERVAIS | |
| PERSONNES RESSOURCES | ASCLV – Mme Manon STUM ATLAM – M Martin GUERIN | |
| DOCUMENTS COLLECTES | - LE GAVEAU _ SCÉNARIO DE SYNTHÈSE (31 JANVIER 2018) – VOIX MIXTE – LE LANN – SAET - R2_RESTITUTION DU DIAGNOSTIC ET SYNTHÈSE DES ENJEUX (15 NOVEMBRE 2017) – VOIX MIXTE – LE LANN – SAET - Plan du permis d'aménager « Le Fief du Val Fleuri » – JUIN 2018 – VOIX MIXTE – LE LANN – SAET – OCE - SCHÉMA GÉNÉRAL D'AMÉNAGEMENT ACTUALISÉ - MARS 2019 – VOIX MIXTE – SAET | |

0.3. Projet d'aménagement de la zone

0.3.1 Localisation du site

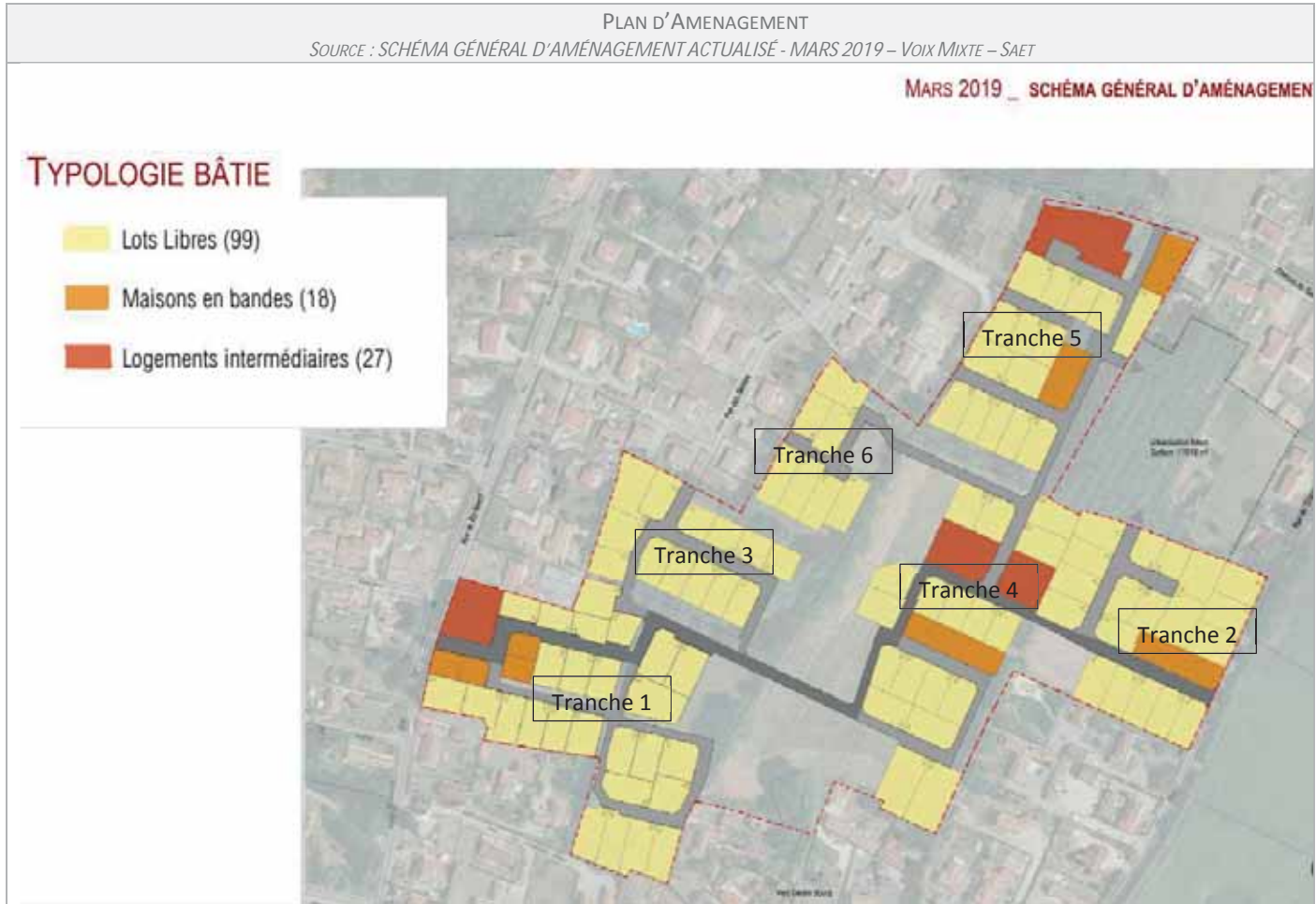
| DONNEES GENERALES DU SITE | LOCALISATION A L'ECHELLE DEPARTEMENTALE <i>SOURCE : GOOGLE EARTH - AXENERGIE</i> | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----|-------------------|-------|--------------------|------|-------------------|-----------|-------------------------------|-----|-----------------------------------|------|------------------------|-----|---|
| <table border="1"> <tr> <td>DEPARTEMENT :</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>LATITUDE :</td> <td>46°54</td> </tr> <tr> <td>LONGITUDE :</td> <td>1°59</td> </tr> <tr> <td>ALTITUDE :</td> <td>23 à 30 m</td> </tr> <tr> <td>ZONE CLIMATIQUE (RT) :</td> <td>H2b</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURE EXT. DE BASE :</td> <td>-4°C</td> </tr> <tr> <td>ZONE DE BRUIT :</td> <td>BR1</td> </tr> </table> | DEPARTEMENT : | 85 | LATITUDE : | 46°54 | LONGITUDE : | 1°59 | ALTITUDE : | 23 à 30 m | ZONE CLIMATIQUE (RT) : | H2b | TEMPERATURE EXT. DE BASE : | -4°C | ZONE DE BRUIT : | BR1 |  |
| DEPARTEMENT : | 85 | | | | | | | | | | | | | | |
| LATITUDE : | 46°54 | | | | | | | | | | | | | | |
| LONGITUDE : | 1°59 | | | | | | | | | | | | | | |
| ALTITUDE : | 23 à 30 m | | | | | | | | | | | | | | |
| ZONE CLIMATIQUE (RT) : | H2b | | | | | | | | | | | | | | |
| TEMPERATURE EXT. DE BASE : | -4°C | | | | | | | | | | | | | | |
| ZONE DE BRUIT : | BR1 | | | | | | | | | | | | | | |

| DONNEES GENERALES DU SITE | LOCALISATION A L'ECHELLE COMMUNALE <i>SOURCE : GOOGLE EARTH - AXENERGIE</i> | | | | | | | | |
|---|---|---------------|-----------------------|--|--|----------------------|----------------------------------|---|--|
| <table border="1"> <tr> <td>SUPERFICIE DU SITE :</td> <td>8,6 ha</td> </tr> <tr> <td>LOCALISATION :</td> <td>Au Nord du centre-ville de la commune de SAINT GERVAIS</td> </tr> <tr> <td>AXES STRUCTURANTS A PROXIMITE :</td> <td>- Le long de la RD59</td> </tr> <tr> <td>DELIMITATION DE LA ZONE :</td> <td> - Au Nord par le chemin du Gaveau - À l'Est par la rue du Champ du Moulin - A l'Ouest par la Rue de Bordevert RD59 - Au Sud par l'impasse du Château d'eau </td> </tr> </table> | SUPERFICIE DU SITE : | 8,6 ha | LOCALISATION : | Au Nord du centre-ville de la commune de SAINT GERVAIS | AXES STRUCTURANTS A PROXIMITE : | - Le long de la RD59 | DELIMITATION DE LA ZONE : | - Au Nord par le chemin du Gaveau - À l'Est par la rue du Champ du Moulin - A l'Ouest par la Rue de Bordevert RD59 - Au Sud par l'impasse du Château d'eau |  |
| SUPERFICIE DU SITE : | 8,6 ha | | | | | | | | |
| LOCALISATION : | Au Nord du centre-ville de la commune de SAINT GERVAIS | | | | | | | | |
| AXES STRUCTURANTS A PROXIMITE : | - Le long de la RD59 | | | | | | | | |
| DELIMITATION DE LA ZONE : | - Au Nord par le chemin du Gaveau - À l'Est par la rue du Champ du Moulin - A l'Ouest par la Rue de Bordevert RD59 - Au Sud par l'impasse du Château d'eau | | | | | | | | |

0.3.2 Aménagements projetés

| DESCRIPTIFS DES AMENAGEMENTS PROJETES | |
|---|---|
| SUPERFICIE DU SITE : | 8,6 ha |
| TYPLOGIE D'ACTIVITES : | Habitat (lots libres, maisons en bandes et collectifs intermédiaires) |
| SURFACE CESSIBLE : | 4,98 ha de surface cessible, divisée en 6 tranches - 99 lots libres (69%) - 45 logements en habitat groupés (31%) : 29 locatifs sociaux et 16 privés |
| LA VOCATION DE LA ZONE EST D'AMENAGER : des terrains à bâtir afin de compléter son offre d'habitation. Ce projet s'insère dans une zone d'extension urbaine. Le projet se découpera en 6 tranches regroupant de la maison individuelle, de la maison en bande et du collectif intermédiaire. | |

Voici l'esquisse d'aménagement à ce jour :



REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Les hypothèses de calculs pour la suite de l'étude se baseront sur les données connues à ce jour.
- ➔ Retrouvez en [Annexe : détails des hypothèses de surfaces](#)

0.3.3 Hypothèses d'implantation des bâtiments

L'aménagement du site se fera progressivement par tranche et au fur et à mesure de sa commercialisation. **A l'heure actuelle, une première proposition d'implantation a pu être établie au stade esquisse.** L'enjeu est d'être vigilant à ce que l'aménagement ne pénalise pas le bioclimatisme.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Pour aller plus loin, l'optimisation des apports solaires a été recherchée (orientation des parcelles et prise en compte des ombres portées générées par les haies)
- = *Afin d'optimiser les apports solaires des futures constructions.*

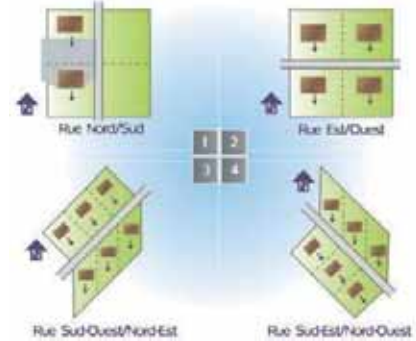
SCHEMA DE PRINCIPE D'AMENAGEMENT BIOCLIMATIQUE

SOURCE : PRISE EN COMPTE DU BIOCLIMATISME ET DES APPORTS SOLAIRES DANS UN PROJET D'AMENAGEMENT - HESPUL

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

Les critères déterminant pour l'implantation de chaque bâtiment seront :

- La **prise en compte des ombres** portées liées aux bâtiments voisins. Cette précaution d'implantation permettra de **maximiser le rayonnement solaire en façade Sud** des locaux chauffés
- Une **orientation et architecture favorables à l'implantation de panneaux solaires** (photovoltaïques ou thermiques). Ceci dans l'objectif de répondre aux futures réglementations thermiques avec des **bâtiments à énergies positives**.



SCHEMA DE PRINCIPE D'ORIENTATION BIOCLIMATIQUE

SOURCE : PRISE EN COMPTE DU BIOCLIMATISME ET DES APPORTS SOLAIRES DANS UN PROJET D'AMENAGEMENT - HESPUL

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Il faut donc pour chaque implantation de bâtiment **rechercher une orientation optimale pour les apports passifs, ne créant pas de masques solaires**
- = Tout en **privilegiant les pentes de toits Sud** permettant l'installation des panneaux solaires.



Retrouvez [en annexe des exemples de points de vigilances pour le règlement](#)

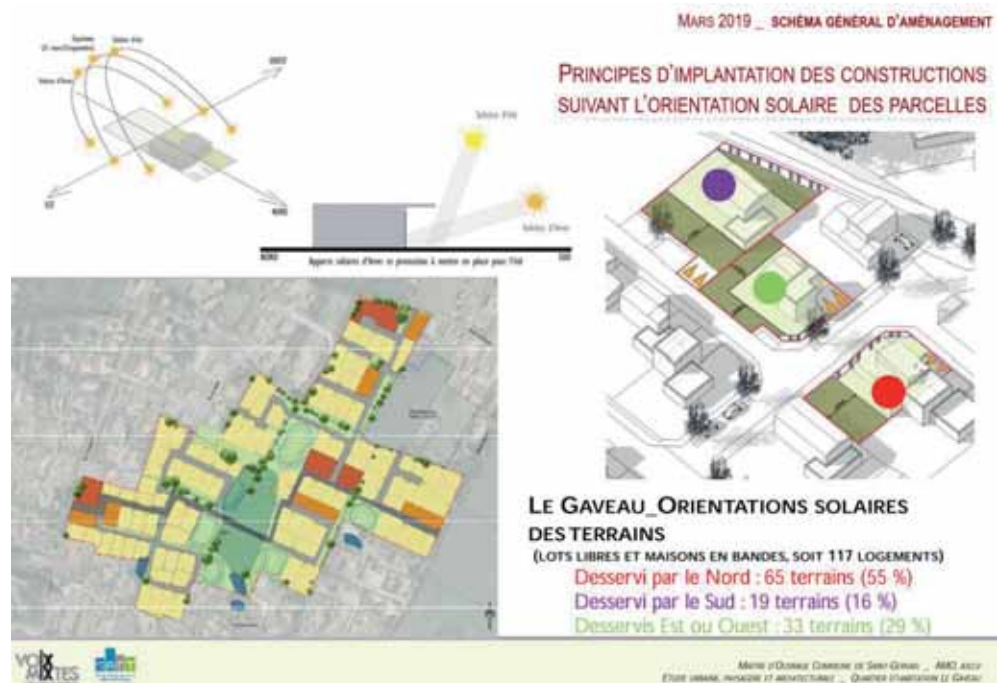
Retrouvez quelques remarques d'optimisation sur le plan de masse bioclimatique en conclusion.

CRITIQUE SUR LE BIOCLIMATISME DU PLAN D'AMENAGEMENT

SOURCE : SCHEMA GENERAL D'AMENAGEMENT ACTUALISE - MARS 2019 – VOIX MIXTE – SAET

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le schéma d'aménagement propose une idée des futures implantations de bâtiments
- = Malgré la densité de construction, la majorité des bâtiments peuvent profiter de façades Sud ensoleillées et sans ombres projetées par les bâtiments voisins.
- = Bien que certains lots ne soient pas desservis par le Nord, un espace dégagé au Sud est prévu pour les apports solaires.
- ➔ Essayer de tendre vers un ensoleillement minimum de 2h entre 11h et 15h, heure où le soleil sera le plus fort pour chauffer passivement les bâtiments en hiver.

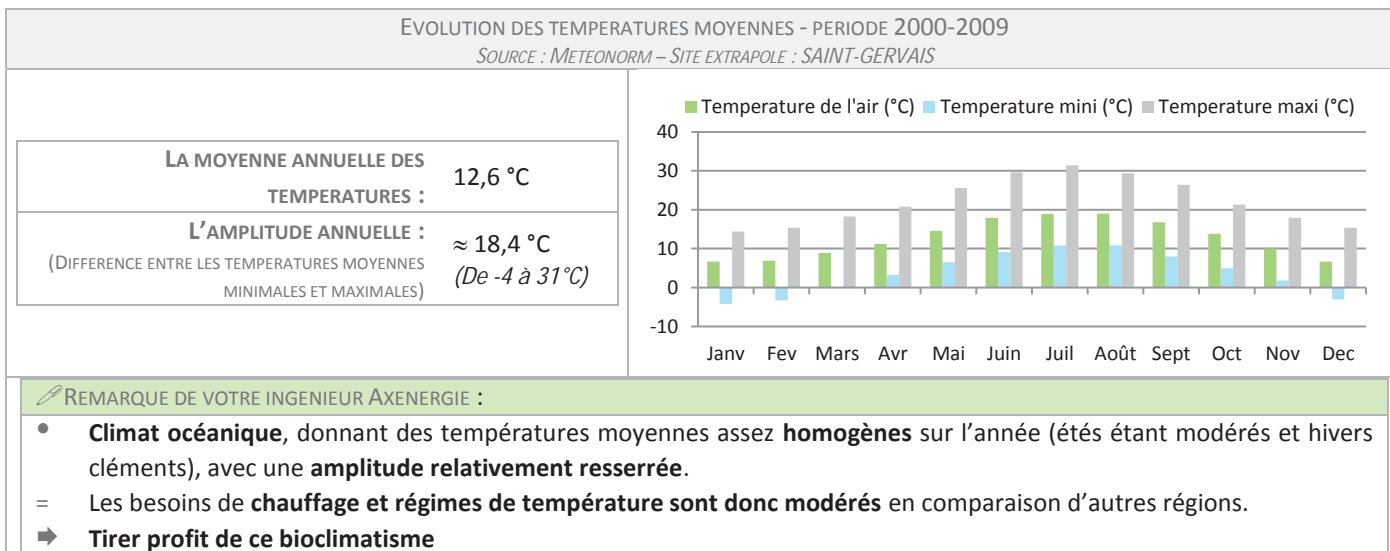


1. PHASE I – DIAGNOSTIC D'OPPORTUNITE ENERGETIQUE

1.1. Analyse climatologique et topographique du site

1.1.1 Températures et précipitations

⇒ Températures moyennes extérieures



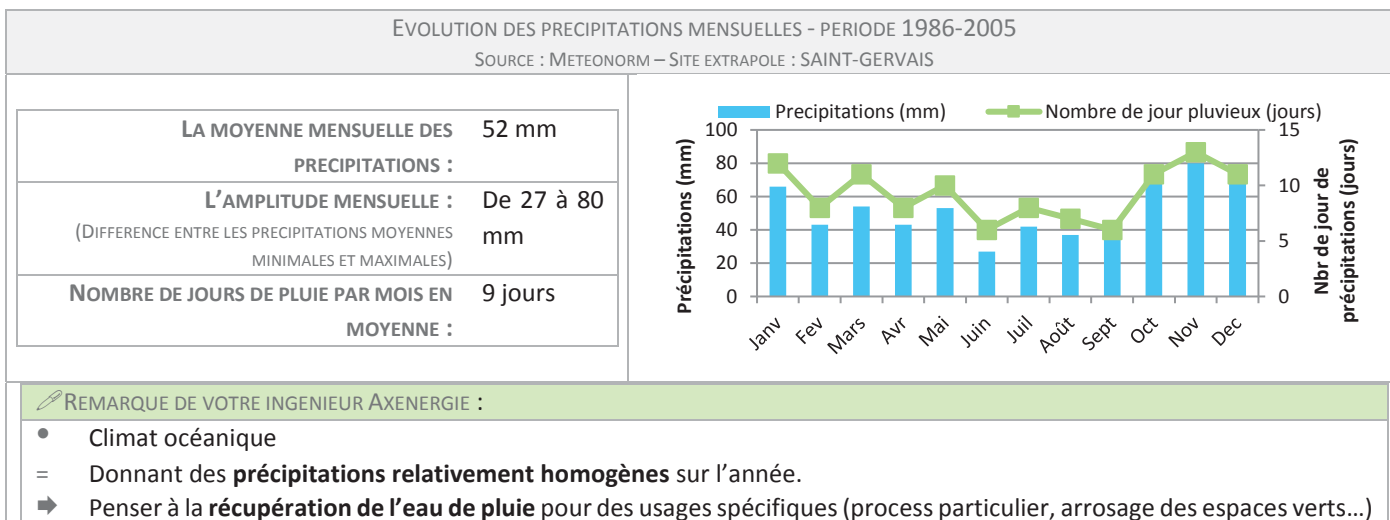
⇒ Températures de l'eau

| | |
|--|------------------------------------|
| TEMPERATURE DE L'EAU FROIDE DU RESEAU : | Entre 8 et 15°C |
| TEMPERATURE DE L'EAU SOUTERRAINE : | Entre 11 et 14°C dans notre région |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Températures de l'eau assez homogènes sur l'année
- = Idéal : **besoins de remontée en température sont donc modérés** en comparaison d'autres régions
- ➔ Possibilité de la **récupération d'énergie en toute saisons**.

⇒ Précipitations



| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|
| TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS | 😊 Assez homogènes sur l'année avec une amplitude relativement resserrée | Besoins énergétiques modérés |

1.1.2 Vents

⇒ Vitesse des vents

| | |
|---|--|
| VITESSE MOYENNE DES VENTS A 60M D'ALTITUDE, TRAITEMENTS CSTB. MODELISATION DE LA VITESSE ET DU POTENTIEL EOLIEN SOURCES : BD TOPO, ROUTES-500, IGN | VITESSE MOYENNE DU VENT PAR MOIS A 10M D'ALTITUDE - PERIODE 1986-2005 SOURCE : METEONORM – SITE EXTRAPOLE : SAINT-GERVAIS |
| LA MOYENNE DU VENT A 60 M : 5,8 m/s = 21 km/h | LA MOYENNE DU VENT A 10 M : 16,1 km/h |
| | |
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Vitesse moyenne sur l'année = Ordre de grandeur moyen à bonne ➔ Mais prendre en considération la périodicité des évènements : direction et force des vents, et les composantes locales : relief, rugosité... | |

⇒ Direction des vents

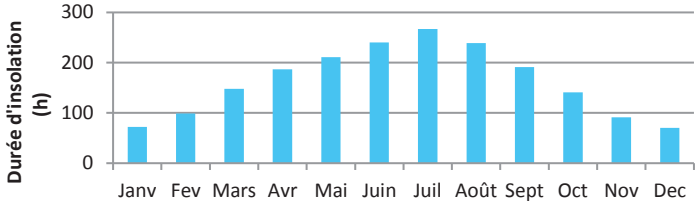
| | |
|--|--|
| ROSE DES VENTS SOURCE : METEOFRANCE – STATION METEO LA PLUS PROCHE : LA ROCHE SUR YON - LES AJONCS | |
| <p>VENTS FORTS : Sud-ouest, mais ils sont peu fréquents. (VITESSES SUPERIEURES A 29KM/H)</p> <p>VENTS MOYENS : Principalement du Sud-ouest et du Nord-est. (VITESSES COMPRISES ENTRE 16 ET 29 KM/H)</p> <p>VENTS FAIBLES : Orientations relativement diverses avec une prédominance à l'Ouest. (VITESSES COMPRISES ENTRE 5 ET 16 KM/H) Ces faibles vitesses de vents sont les plus fréquemment observées</p> | |
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ici différent de la Roche sur Yon car proximité de l'océan = Régime de brises tantôt de mer tantôt de terre, ➔ Favorable au rafraîchissement naturel traversant des bâtiments. ➔ Mais il y aura également une fréquence plus importante des vents forts et principalement en période hivernale | |
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| Les vents sont à prendre en considération dans l'aménagement du site et des parcelles | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Des vents froids du Nord-Est = Éviter de créer des zones d'accélération des vents sur le site qui augmenteraient l'inconfort = Se protéger par une végétation persistante en hiver = Se protéger par des façades de bâtiment les moins ouvertes possibles pour cette orientation. • Des vents dominants du secteur Ouest/Sud-ouest = Tenir compte des conséquences possibles (inconfort : T° ressentie plus faible, bruit - qualité de l'air : poussières, allergènes - dégradation des matériels vulnérables) • En problématique d'été, tirer bénéfice du vent = Par la ventilation naturelle traversante = Par la sur-ventilation nocturne ➔ Optimisation du bioclimatisme = En zone d'activité, une vigilance particulière doit être portée sur les lieux de réception et d'expédition des marchandises. Les portes déroulantes et halls de stockage ou encore quais de déchargement doivent être créés dans des zones de vents calmes et la création de sas permet de réduire encore un peu plus les désagréments à l'intérieur des bâtiments. | |

| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES |
|----------------------|---|---|
| VENTS | Divers régimes de vents, brises marines | Peu avoir une influence sur le confort thermique, la qualité de l'air et la pérennité des équipement (embruns) |

1.1.3 Rayonnement Solaire

⇒ Ensoleillement

| EVOLUTION DE LA DUREE D'INSOLATION MENSUELLE - PERIODE 1986-2005 | |
|--|------------------------------|
| SOURCE : METEONORM – SITE EXTRAPOLE : SAINT-GERVAIS | |
| L'ENSOLEILLEMENT MOYEN ANNUEL : | 1 956 h |
| L'IRRADIATION SUR UN PLAN HORIZONTAL (ÉNERGIE REÇUE PAR M ² DE SURFACE) | 1 301 kWh/m ² .an |
| L'IRRADIATION SUR UN PLAN INCLINE A 35° (TOITURE PAR EXEMPLE) | 1 528 kWh/m ² .an |



REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Ensoleillement dans la **fourchette haute nationale** (Lille = 993kWh/m².an, Nice = 1 469 kWh/m².an)
- = Tout à fait intéressant pour les **apports d'énergies gratuits**
- ➔ Veiller à ce que l'aménagement **ne dégrade pas ce bon potentiel**

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Ensoleillement intéressant
- = A valoriser par la forme urbaine et architecturale
- ➔ **Façade Sud = Apports passifs**
- Toitures ou autres = Apports actifs (Solaires photovoltaïque, thermique)**

⇒ Course du soleil

| DONNEE SUR LA COURSE DU SOLEIL SOURCE : AXENERGIE – EXEMPLE SUR LA FAÇADE SUD DE MAIRIE DE LA COMMUNE | PRINCIPES D'IMPLANTATION DES CONSTRUCTIONS SUIVANT L'ORIENTATION SOLAIRE DES PARCELLES SOURCE : SCHÉMA GÉNÉRAL D'AMÉNAGEMENT ACTUALISÉ - MARS 2019 – VOIX MIXTE – SAET |
|---|---|
| <p>Solstice d'hiver : 21 décembre</p>  <p>La durée du jour : 8 h</p> <p>Horaire de l'azimut : 13h</p> <p>Élévation à l'azimut : 18°</p>  |  <p>LE GAVEAU - ORIENTATIONS SOLAIRES DES TERRAINS (LOTS LIBRES ET MAISONS EN BANDES SOIT 117 LOGEMENTS) Desservi par le Nord : 65 terrains (55 %) Desservi par le Sud : 19 terrains (16 %) Desservi Est ou Ouest : 33 terrains (29 %)</p> |
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> La course du Soleil a été prise en considération pour l'implantation de chaque bâtiment : = Profiter de façade Sud-est à Sud-ouest non ombragées = Ne pas ombrager les bâtiments voisins plus en recul ➔ <u>Vitrages en façades Sud</u> pour profiter des apports solaires gratuits (facilement protégée en été par un débord de toit) = cf ci-dessus, le quart rouge de la course du soleil en hiver ➔ <u>Vitrages en façade Est</u> permettront de capter des calories dès le début de journée ➔ <u>Vitrages en façades Ouest</u> à restreindre pour limiter les surchauffes estivales (ou bien feront l'objet de protections solaires efficace et adaptées) | |

| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES |
|----------------------|---|--|
| RAYONNEMENT SOLAIRE |  Bon potentiel du site  Mais prendre de précaution de configuration d'aménagement | Apports gratuits d'énergies valorisables (passive, thermique et photovoltaïque) |

1.1.4 Masques solaires et Topographie

⇒ Topographie

| | |
|--|--|
| PROFIL D'ELEVATION DU SITE SUR UN AXE NORD-SUD = INFLUANT SUR LES OMBRES PORTEES ENTRE BATIMENTS SOURCE : GOOGLE EARTH | TOPOGRAPHIE SOURCE : R2_RESTITUTION DU DIAGNOSTIC ET SYNTHÈSE DES ENJEUX (15 NOVEMBRE 2017) – VOIX MIXTE – LE LANN – SAET |
|  |  |

Dans l'axe Nord-Sud la pente est relativement faible (<2%) est orientée Sud

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- ➔ Une **pente favorable est une pente orientée Sud**, car l'ombre portée par un bâtiment sur un autre en retrait sera minimisée.
- ➔ Dans le cas d'une **pente Nord**, il faudra être d'autant plus vigilant au niveau du recul entre les bâtiments.

⇒ Masques solaires

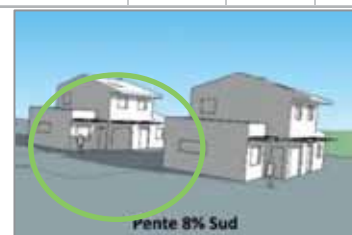
ILLUSTRATION D'UNE OMBRE PORTEE SUR BATIMENT VOISIN
 SOURCE : AXENERGIE – SIMULATION D'ENSOLEILLEMENT A 12H LE 21 DECEMBRE

La simulation d'ensoleillement présentée ci-dessus montre les ombres portées le 21 décembre (journée la plus courte d'hiver) à 12h. L'objectif étant d'évaluer l'ombre portée en fonction de la pente Nord/sud du terrain.

⇒ **Mais dans chaque cas, il restera à optimiser l'aménagement des parcelles et les formes bâties pour limiter d'autant plus les ombres portées.**

| | | | | |
|--|--|------|-----|-----|
| | VERSANT : | Nord | Nul | Sud |
| | PENTE : | 2% | 0% | 2% |
| | OMBRE PORTEE POUR UN BATIMENT EN REZ-DE-CHAUSSEE : | 20m | 19m | 18m |

(7M DE HAUTEUR) = DISTANCE MINIMALE A RESPECTER ENTRE DEUX BATIMENTS AFIN D'OPTIMISER LEURS APPORTS SOLAIRES.



Avec une pente Nord, l'ombre portée d'un bâtiment sur l'autre est assez conséquente.

Avec un terrain plat, l'ombre portée est restreinte

Avec une pente Sud, la hauteur de l'ombre portée est réduite

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Adapter la densité à la pente « Nord/Sud » du terrain
- = Possibilité de « densifier » en pente Sud, **alors qu'en pente Nord les reculs entre bâtiments devront être plus importants.**
- ➔ Le site présente une **pente Sud n'entravant pas le bioclimatisme du site.**

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le poste éclairage, notamment en tertiaire, peut être un poste très conséquent dans la part des consommations électriques.
- ➔ **Pensez impérativement à l'éclairage naturel** (en y alliant les problématiques de confort d'été, d'apport de chaleur pour l'hiver, de cadre de vie, de sécurité...)

| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| MASQUE SOLAIRE ET TOPOGRAPHIE | 😊 Site orienté favorablement au Sud | Apports passifs et éclairage naturel à maximiser |

1.1.5 La végétation et environnement

⇒ La végétation du site

| VEGETATION DU SITE | |
|---|--|
| SOURCE : LE GAVEAU _ SCÉNARIO DE SYNTHÈSE (31 JANVIER 2018) – VOIX MIXTE – LE LANN - SAET | |
| <p>VEGETATION SUR LE SITE :</p> <ul style="list-style-type: none"> -La majorité de la maille bocagère est préservée grâce à son inscription dans des espaces publics dimensionnés pour répondre aux enjeux écologiques et paysagers. -Le fonctionnement et la transparence hydraulique naturel du site sont respectés et renforcés par la mise en œuvre de nouveaux écoulements à ciel ouvert. -La « trame verte » offre un support de qualité pour les liaisons douces | |
| <p>HAUTEUR MOYENNE DES ARBRES :</p> <p><i>Si considéré à 50 m</i></p> | |
| <p>OMBRES PORTEES (PENTE 0%) :</p> <p><i>L'ombre serait de 20 m</i></p> | |

Source : Prise en compte du bioclimatisme et des apports solaires dans un projet d'aménagement - HESPUL

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

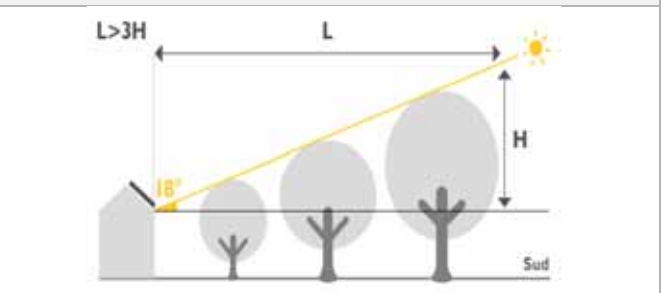
- **Toutes les plantations supplémentaires** sur la zone considérée devront être autant que possible :
 - = **à feuilles caduques au Sud des bâtiments**
 - = **plutôt persistantes au Nord**
 - = de préférence avec **des essences locales et non allergisantes**
- ➔ En effet, l'ombre de la végétation à feuilles caduques **rafraichit en été**, mais ne gêne pas en hiver par la perte des feuilles. Les persistants protègent des vents froids au Nord.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- La règle **L = 3 x H** permet de garantir la **production optimum des systèmes solaires actifs** situés en toiture.
- = Avec L=La distance entre les deux bâtiments et H=La différence entre la hauteur du bâtiment situé au Sud et le bas de la toiture du bâtiment concerné.
- Idem pour préserver l'**apport optimum des systèmes solaires passif** sur une façade Sud
- = avec H=La différence entre la hauteur du bâtiment situé au Sud et le bas de la façade du bâtiment concerné).

HAUTEUR A RESPECTER ENTRE FAÇADE SUD ET ARBRES BIOCLIMATIQUE

SOURCE : PRISE EN COMPTE DU BIOCLIMATISME ET DES APPORTS SOLAIRES DANS UN PROJET D'AMENAGEMENT - HESPUL




⇒ **L'environnement**

CARTE DE PROTECTIONS DE L'ENVIRONNEMENT
 SOURCE : CARTE ZONE HUMIDE : CAHIER DES CHARGES DE LA COLLECTIVITE + CARTE PROTECTION ENVIRONNEMENTALE : [HTTP://CARTO.SIGLOIRE.FR](http://carto.sigloire.fr)

| | |
|--|--|
| <p>PROTECTION ENVIRONNEMENTALE SUR LE SITE : Non Mais secteur à forte valeur environnementale avec présence de zone humide (surface 7 000m²)</p> <p>PROTECTION ENVIRONNEMENTALE A PROXIMITE LE SITE : Oui - Natura 2000 – zones de protections spéciales ZPS + zones spéciales de conservation ZSC : « Marais Breton, Baie de Bourgneuf, île de Noirmoutier et Forêt de Monts », -Zone d'importance de conservation des oiseaux ZICO - ZNIEFF I : « marais saumâtre de Beauvoir-sur-Mer et La Barre-de-Monts » - ZNIEFF II « Marais Breton – Baie de Bourgneuf », - Zone humide d'importance majeure ONZH, -Secteur d'application de la convention de Ramsar</p> |  |
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préserver et même renforcer les qualités environnementales du site par les futurs aménagements du quartier = continuité écologique = Limitation de l'imperméabilisation des sols + végétalisation des aménagements paysagers ➔ Permet également de limiter l'effet îlot de chaleur | |



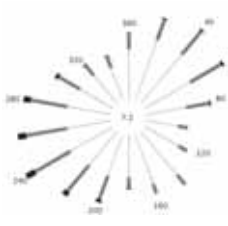








⇒ **Le patrimoine**

CARTE DE PROTECTIONS DU PATRIMOINE
 SOURCE : [HTTP://CARTO.SIGLOIRE.FR](http://carto.sigloire.fr)

| | |
|--|--|
| <p>PERIMETRE DE PROTECTION SUR LE SITE : Non</p> <p>PERIMETRE DE PROTECTION A PROXIMITE LE SITE : Non</p> |  |
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Préserver et même renforcer les qualités du patrimoine local du site par les futurs aménagements du quartier ➔ Tout en tenant compte de préceptes du bioclimatisme = Continuité des couleurs, matières, aspects architecturaux ➔ Permet également de tendre vers une démarche d'approvisionnement local | |

| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES |
|-----------------------------|---|---|
| VEGETATION ET ENVIRONNEMENT | Présente un intérêt environnemental fort : <ul style="list-style-type: none"> - Maillage arboré et bocagé à préserver - Zone humide préservée et renaturée | Influence sur le confort thermique, sur le confort de vie et la qualité de l'air |

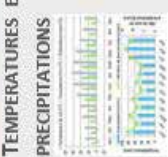














1.2. CONCLUSION avec préconisations d'aménagement

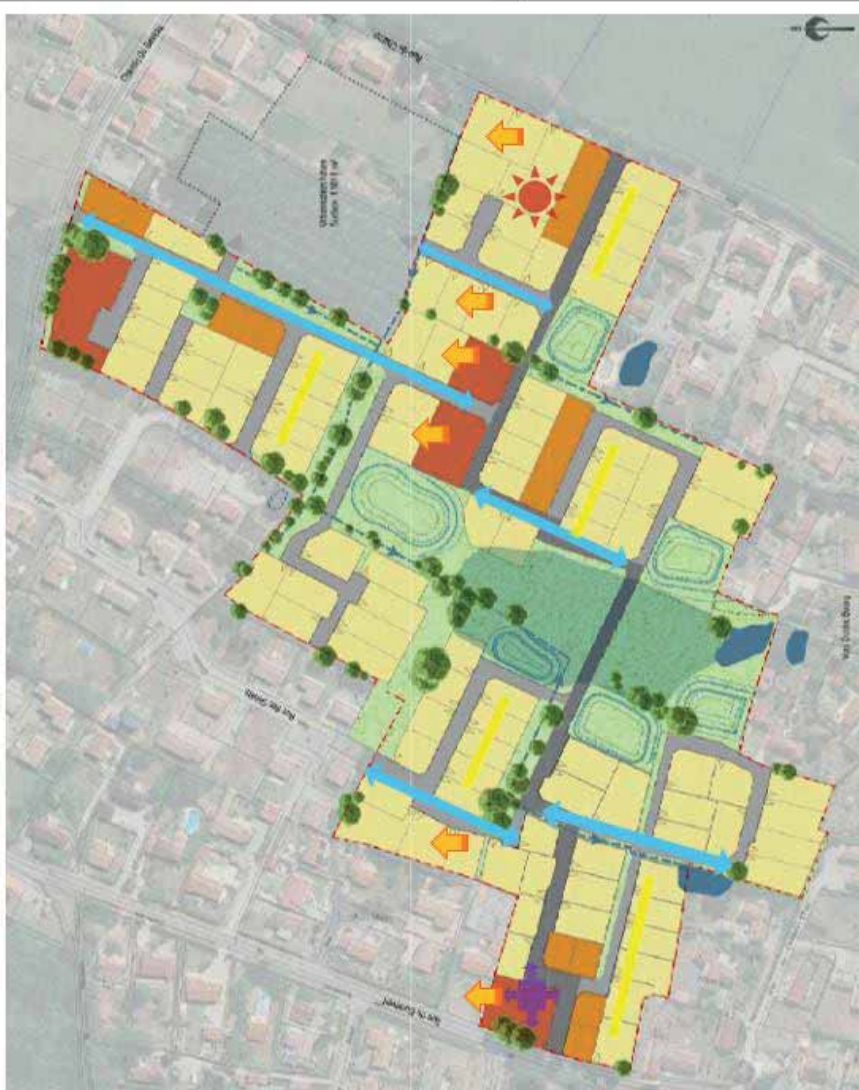
| CRITERES CLIMATIQUES | CONSTATS | CONSEQUENCES | PRECONISATIONS D'AMENAGEMENT |
|--|---|--|--|
| <p>TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS</p>  | <p>Assez homogènes sur l'année avec une amplitude relativement resserrée</p>  | <p>Besoins énergétiques modérés</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Tirer profit du bioclimatisme du site pour viser les critères de performances énergétiques des réglementations thermiques à venir : RBR 2020 initié par le label E+C- <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Rechercher la compacité des bâtiments (Ratio Surface déperditives/utile, mitoyenneté...) ⇒ Recours aux matériaux biosourcés et locaux : énergie grise – cycle de vie ⇒ Tendre vers 100% de bâtiments à énergie positive ⇒ Penser l'éclairage public en termes d'heure nécessaire de fonctionnement, de puissance installée nécessaire et de nombre de points lumineux et typologie nécessaires - Utiliser l'eau de pluie comme une ressource par récupération - Limiter l'imperméabilisation des sols - Limiter les effets d'îlots de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Choisir des matériaux peu accumulateurs de chaleur |
| <p>VENTS</p>  | <p>Divers régimes de vents, brises marines</p>  | <p>Peu avoir une influence sur le confort thermique, la qualité de l'air et la pérennité des équipements (embruns)</p> | <p>Optimiser le rapport aux vents :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se protéger des vents froids au Nord-Est en hiver - Éviter les expositions aux vents dominants du secteur ouest/sud-ouest - Protections des équipements contre embruns corrosifs - Éviter de créer des zones d'accélération des vents <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Eviter les rues / entrée de bâtiments dans le sens des orientations défavorables - Utiliser les brises pour le freecooling pour le confort été <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tendre vers 100% de locaux traversant ⇒ Utiliser la sur-ventilation nocturne et les brises marines |
| <p>RAYONNEMENT SOLAIRE</p>  | <p>Bon potentiel du site</p> <p>Mais prendre de précaution de configuration d'aménagement</p>   | <p>Apports gratuits d'énergies valorisables (passive, thermique et photovoltaïque)</p> | <p>Concevoir une architecture bioclimatique pour ces divers apports gratuits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Large surface vitrée en façades Sud à Sud-est <ul style="list-style-type: none"> o Apports de calories passifs o Apport d'éclairage naturel = réduit les consommations et augmente le confort de vie <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Tendre vers 100% de bâtiments orientés Sud ou dans une déviation de 35°. ⇒ Créer un aménagement de parcelles en lanières N/S - Pente de toit orientée Sud et/ou toiture plate pour recevoir des panneaux solaires (Apports thermique et/ou photovoltaïque) - Pour le confort d'été : éviter le percement des façades Ouest à Sud-ouest et mettre en place des protections solaires efficaces et adaptées <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Autoriser les éléments nécessaires au bioclimatique et la production EnR dans le règlement |
| <p>MASQUE SOLAIRE ET TOPOGRAPHIE</p>  | <p>Site orienté favorablement au Sud</p>  | <p>Apports passifs et éclairage naturel à maximiser</p> | <p>Prévoir un aménagement qui tient compte de la pente du site permettant :</p> <ul style="list-style-type: none"> - À chaque bâtiment de profiter d'une façade Sud-est à Sud-ouest non ombragée - Mais également ne pas ombrager les bâtiments voisins plus en recul <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Respecter au minimum 2h d'ensoleillement au 21 décembre sur façade Sud de chaque habitation ⇒ Rechercher le maximum d'éclairage naturel |
| <p>VEGETATION ET ENVIRONNEMENT</p>  | <p>Présente un intérêt environnemental fort :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maillage arboré et bocagé à préserver - Zone humide préservée et renaturée  | <p>Influence sur le confort thermique, sur le confort de vie et la qualité de l'air</p> | <p>Concevoir en tirant profil de l'environnement et de la végétation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prévoir un aménagement ayant un recul par rapport aux arbres persistants existants à préserver <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Respecter en façade Sud la règle des L=3xH - Préserver voire planter des arbres : <ul style="list-style-type: none"> o À feuilles caduques en Est, Sud et Ouest des bâtiments o Plutôt persistants au Nord o De préférence avec des essences locales et non allergisantes - Limiter les effets d'îlots de chaleur <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Inciter à végétaliser les abords des constructions |

⇒ Valeurs repères : à inscrire ou prendre en compte dans le programme d'aménagement

Compléter avec l'annexe des exemples de points de vigilances pour le règlement.

1.3. CONCLUSION avec plan de masse bioclimatique

| DONNEES DE L'ETUDE CLIMATIQUE | | LEGENDE ET SYMBOLE | | CONSTATS | |
|--|--|---|---|--|---|
| TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS  | VENTS  | Prendre précaution à ne pas créer d'îlots de chaleur |  | Point de vigilance lors de la conception dans le choix des revêtements |  |
| | | | | | |
| RAYONNEMENT SOLAIRE  | Prendre précaution à ne pas concevoir des orientations défavorables au bioclimatisme des constructions (dérivation /sud >95°) Sens préférentiels des faîtages (Un pan Sud = intégration panneaux Solaires) S'assurer des distances minimales (par l'étude d'ensoleillement) : -Des ombres portées entre futures constructions, -Des ombres portées sur constructions existantes -Des ombres portées liées à la végétalisation | Point de vigilance lors de la conception des bâtiments orientés E/O ou ceux en recul de bâtiments à étages. |  | Point de vigilance lors de la conception des bâtiments |  |
| | | Point de vigilance lors de la conception des bâtiments |  | Point de vigilance lors de la conception des bâtiments |  |
| MASQUE SOLAIRE ET TOPOGRAPHIE  | Zone où la pente pénalise le plus le bioclimatisme, moins densifier à cette endroit. |  | Pas de contraintes spécifiques plutôt à feuilles caduques = devient un atout | Pas de contraintes spécifiques plutôt à feuilles caduques = devient un atout |  |
| VEGETATION ET ENVIRONNEMENT  | Végétation participant au bioclimatisme (atténue les vents, améliore le confort hygrothermique et la qualité de l'air) S'assurer des distances minimales (Règle des L=3H) par rapport à la végétation persistante pour le bioclimatisme |  | / | / |  |



REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le site présente un potentiel intéressant pour le bioclimatisme
- Globalement, l'aménagement esquissé permet de conserver ces qualités
- ➔ **ENJEU : tendre à résoudre les quelques points de vigilance pour tirer profits et développer ces atouts lors de la conception de la ZAC et la conception des futurs bâtiments**
- ➔ **OBJECTIFS : prendre précaution à maximiser les apports gratuits (caloriques et lumière naturelle) pour des bâtiments performants confortables et économes en énergie**

1.4. Analyse des réseaux existants

1.4.1 Réseau Electrique & Gaz

| RESEAUX D'ELECTRICITE ET DE GAZ EXISTANTS SUR LE SITE | |
|---|--|
| SOURCE : R2_RESTITUTION DU DIAGNOSTIC ET SYNTHÈSE DES ENJEUX (15 NOVEMBRE 2017) – VOIX MIXTE – LE LANN – SAET | |
| <p>RESEAUX A PROXIMITE :</p> <p>😊 Électricité (+ Eau potable + Télécom)</p> <p>☹️ La commune n'est pas desservie par le gaz</p> | |
| <p>EXTENSION SUR LE SITE :</p> <p>Des extensions des réseaux électriques seront possibles à partir de ceux déjà réalisés.</p> | |
| <p>BRANCHEMENTS INDIVIDUELS :</p> <p>Traités au coup par coup selon les demandes faites par les acquéreurs auprès des services des réseaux</p> | |

1.4.2 Réseau de chaleur

| RESEAUX DE CHALEUR EXISTANT SUR LE SITE | |
|---|--|
| SOURCE : HTTP://CARTO.SIGLOIRE.FR | |
| <p>RESEAUX A PROXIMITE :</p> <p>😐 Il n'y a pas de réseau de chaleur sur site, ni à proximité immédiate</p> | |
| <p>EXTENSION SUR LE SITE :</p> <p>Seule une création peut être envisageable</p> | |
| <p>BRANCHEMENTS INDIVIDUELS :</p> <p>Selon souhait des raccordements des futures constructions</p> | |

Non présent à proximité

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le site sera raccordé aux réseaux énergétiques existants à proximité : électricité. **La commune n'étant pas desservie par le gaz** = il n'y aura pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau.
 Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques.
 Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site.
 - Pas de réseau de chaleur à proximité = **uniquement possibilité de création**
 - = En Phase 2 : La solution globale par la création d'un réseau de chaleur sera étudiée ainsi que les solutions par bâtiment ou les recours aux EnR seront donc comparés entre eux.
- ➔ **Optimiser les linéaires de réseaux**

1.4.3 Optimisation du linéaire des réseaux

L'aménagement du plan parcellaire doit aussi être pensé en termes de réduction des linéaires des réseaux énergétiques.

| PARCELLES « DE BASE » | PARCELLES OPTIMISEES EN LANIERES NORD-SUD |
|--|---|
| | |
| | |
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un linéaire de réseaux conséquent dans cette configuration ➔ Réduire les linéaires des voiries permet également de réduire : <ul style="list-style-type: none"> -Les linéaires des réseaux = Coût des Réseaux -Le nombre de lampadaires = Coût des équipements -La distance des tournées de dessertes... = Coût des transports scolaires + Coût du ramassage des déchets | <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un linéaire de réseau 2x plus faible et une optimisation bioclimatique des constructions. ➔ Opter pour des parcelles en lanières Nord-Sud permet également de réduire : <ul style="list-style-type: none"> -Les linéaires = Cout des Déplacements -Les ombres portées = Cout de la construction pour recherche de performance énergétique, du chauffage, de l'éclairage... |

CRITIQUE SUR LES LINEAIRES DES RESEAUX DU PLAN D'AMENAGEMENT
 SOURCE : SCHEMA GENERAL D'AMENAGEMENT ACTUALISE - MARS 2019 – VOIX MIXTE – SAET







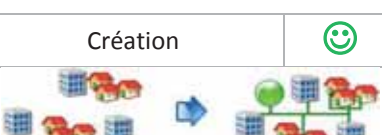
| |
|---|
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le schéma d'aménagement esquissé propose une bonne prédisposition à l'optimisation des linéaires de réseaux = Les parcelles sont pour la plupart de forme « lanières » et desservit par une voie unique. ➔ ENJEU : trouver le bon compromis entre densité-linéaire-bioclimatisme |
|---|

1.5. Potentiels de développement en énergie renouvelables

Ce volet du diagnostic en énergie dresse un état des lieux des énergies disponibles sur le secteur et à proximité. Voici la liste des énergies renouvelables mobilisables, leur potentiel sera étudié ensuite.

| ÉNERGIES RENOUVELABLES (ENR) | SYSTEMES ENR ASSOCIES |
|------------------------------|--|
| LES RESEAUX DE CHALEUR | Mixte énergétique possible – dans l'idéal en majorité EnR |
| LE BOIS | Le bois-énergie |
| LE SOL | La géothermie horizontale |
| LE SOUS-SOL | La géothermie verticale (Antenne thermique vertical en boucle fermée) |
| L'EAU SOUTERRAINE | L'aquathermie |
| L'AIR | L'aérothermie |
| LE SOLEIL | Le solaire passif |
| | Le solaire thermique |
| | Le solaire photovoltaïque |
| L'EAU TERRESTRE | Les aménagements « au fil de l'eau » ou encore fonctionnant « par éclusées » |
| L'EAU MARINE | Les énergies hydrolienne, marémotrice, houlomotrice, osmotique ou encore de gradient thermique |
| LE VENT TERRESTRE | Le grand éolien |
| LE VENT MARIN | L'éolien « résidentiel-particulier » |
| | L'éolien offshore |

1.5.1 Réseau de chaleur Urbain (RCU)

| RESSOURCES | | |
|---|--|---|
| <p>Le réseau de chaleur est un moyen d'utiliser à grande échelle une énergie renouvelable peu productrice de CO₂ (bois, géothermie) ou des énergies fatales (UIOM).</p> <p>Le développement des réseaux de chaleur renouvelable, à l'échelle des quartiers/villes/agglomération, peut se faire suivant 4 axes complémentaires : changement d'énergies, extension, densification et création de nouveaux réseaux.</p> <p>Les Pays de la Loire comptent près de 80 réseaux de chaleur urbains en 2014. On constate par ailleurs depuis 2010 une augmentation du nombre de réseaux de chaleur, notamment des petits réseaux de chaleur fonctionnant au bois grâce à la mise en place du Fonds chaleur.</p> <p>Retrouvez en Annexe : Etat des lieux des réseaux de chaleur au niveau national, régional et local.</p> <p>Retrouvez en Annexe : Présentation des réseaux de smarts grids thermiques.</p> | <p>TYPE DE CONSOMMATEURS A PROXIMITE DU SITE <i>SOURCE : GEOPORTAIL.FR</i></p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ Services administratifs ■ Lieu de culte ■ Pratique sportive ■ Bâtiment à caractère industriel, commercial ou agricole ■ Autre bâtiment ■ Réservoir d'eau ■ Barage, dalle de protection, écluse ou pont ■ Cimetière ■ Construction remarquable | <p>LES DIFFERENTS DEVELOPPEMENT D'UN RESEAU DE CHALEUR <i>SOURCE : RESEAUX-CHALEUR.CEREMA.FR</i></p> |
| | | <p>Changement d'énergie</p>  |
| | | <p>Extension</p>  |
| | | <p>Densification</p>  |
| | | <p>Création</p>  |
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Actuellement, pas de réseaux de chaleur à proximité de la zone = Périmètre pris en compte dans l'étude = Périmètre du site. ● Actuellement dominante à proximité et future du site = Habitation = Périmètre élargi de réflexion = ∅ ➔ ENJEU : étudier le potentiel de développement pour la création d'un réseau de chaleur à l'échelle du site. | | |

⇒ **Cas du Quartier d'habitation « Secteur Le Gaveau » – sur la commune de SAINT GERVAIS**

| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |
|---|--|
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| • | Aucun équipement n'est actuellement présent = création complète d'un réseau de chaleur urbain (RCU) |
| = | Chaufferie avec éventuellement lieux de déchargement et stockage du combustible (bois par exemple) + Réseau primaire + Sous-stations + Réseaux secondaires |
| ➔ | ENJEU : étudier le potentiel de développement pour la <u>création</u> d'un réseau de chaleur à l'échelle du site voir du périmètre élargi |

| VIABILITE DU RESEAU DE CHALEUR URBAIN | | | | | | | | |
|---|------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Longueur de tranchée - rsx primaire | | | | | | | | |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | TOTAL SITE |
| Linéaire de voirie | m | 550 | 270 | 180 | 470 | 360 | 95 | 1 925 |
| Ratio lgr voirie/lgr réseaux | % | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% | 45% |
| Linéaire de réseaux | m | 248 | 122 | 81 | 212 | 162 | 43 | 866 |
| Ratio de raccord | % | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% | 25% |
| Raccord | m | 62 | 30 | 20 | 53 | 41 | 11 | 217 |
| Linéaire de tranchée | m | 309 | 152 | 101 | 264 | 203 | 53 | 1 083 |
| Densité thermique des réseaux de chaleur | | | | | | | | |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | TOTAL SITE |
| Quantité de chaleur nécessaire estimée | MWh/an | 270 | 162 | 92 | 238 | 201 | 66 | 1 028 |
| Longueur de tranchée estimée | ml | 309 | 152 | 101 | 264 | 203 | 53 | 1 083 |
| Densité thermique, d | MWh/ml.an | 0,87 | 1,06 | 0,90 | 0,90 | 0,99 | 1,24 | 0,95 |
| Analyse des résultats | d < 1,5 | Seuil critique : la viabilité du projet peut être remise en cause | | | | | | |
| | 3 < d < 6 | Moyenne des réseaux récents | | | | | | |
| | d < 8 | Moyenne des réseaux existants - voire d > 15 pour réseaux très denses des années 60-70 | | | | | | |
| Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance – EXEMPLE CHAUDIERES BOIS Pn 60% | | | | | | | | |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | TOTAL SITE |
| Quantité d'énergie nécessaire estimée | MWh/an | 270 | 162 | 92 | 238 | 201 | 66 | 1 028 |
| Puissance nominale estimée - EXEMPLE CHAUDIERES BOIS Pn 60% | kW | 89 | 53 | 29 | 79 | 71 | 21 | 342 |
| Durée d'utilisation équivalent Heq | h | 3 031 | 3 037 | 3 105 | 3 029 | 2 839 | 3 105 | 3 003 |
| Analyse des résultats | Heq > 5 000h | Très performant | | | | | | |
| | Heq ≈ 2500h | Valeur courante | | | | | | |
| | Heq < 2 000h | Chaudière surdimensionnée | | | | | | |

Retrouvez dans le chapitre suivant la détermination des besoins de chaleur et de la puissance nominale de l'installation

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|---|--|--|
| RESEAUX DE CHALEUR EXISTANT A PROXIMITE : | Non ⇒ Seule la création entière d'un nouveau réseau (chaufferie et canalisations) est envisageable. ⇒ Sur la base d'un bouquet énergétique dominé par les énergies renouvelables et de récupération | 😊 |
| PRESENCE DE GROS CONSOMMATEUR OU PRODUCTEUR DE CHALEUR A PROXIMITE : | Non ⇒ Peu de mixité de besoin : Habitat uniquement ne permettrait pas de lisser la demande de consommation dans le temps. ⇒ Pas d'extension envisageable, seule la création d'un réseau alimentant uniquement le site semble pertinente. | 😞 |
| DONNEES DE DIMENSIONNEMENT : | Densité thermique : moyenne sur le site : de 1 MWh/ml.an = inférieur au seuil critique Durée d'utilisation équivalente à pleine puissance = correcte ⇒ Viabilité du projet faible, possibilité d'améliorations : ○ Augmenter la densité = considérée importante à moyenne actuellement – en prenant garde à préserver l'ensoleillement malgré la densité = ✓ ○ Etendre le périmètre à de plus gros consommateurs de typologie différente (collège, hôpitaux...) = pas à proximité immédiate = ✗ ⇒ Au vu de l'état actuel des choses, la création d'un réseau alimentant le site est techniquement compromise, à moins d'une volonté politique très forte et d'une densification urbaine ou bien de bâtiments à plus forts besoins que ceux pris en hypothèses => densification thermique. Cette solution peut être approfondie par la maîtrise d'ouvrage en lançant une étude de faisabilité réseau de chaleur sur ce site densifié ou certaines tranches densifiées. | 😞 Viabilité compromise sans densification thermique. Faire étude de faisabilité RCU |
| DANS LE CADRE D'UN DEVELOPPEMENT DES SMART GRIDS THERMIQUES EN PAYS DE LA LOIRE : | ⇒ Possibilité d'anticiper et prévoir des installations évolutives et compatibles avec ce type de réseau pour pouvoir profiter d'un raccordement en tant que producteur et/ou consommateur d'un tel réseau. = prévoir l'approvisionnement sur site en EnR&R : par exemple récupération de chaleur sur les canalisations d'eaux usées, ou encore solaire thermique sur les bâtiments alimentant un peu plus en EnR&R le réseau de chaleur. | 😊 |

1.5.2 Bois énergie

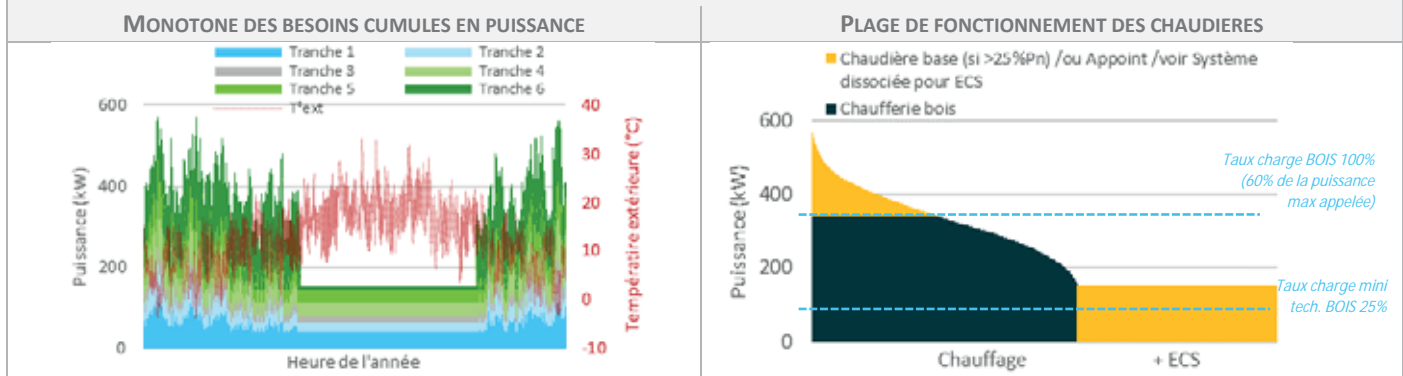
| RESSOURCES |
|--|
| <p>Les Pays de la Loire disposent d'un certain potentiel de ressources mobilisables pour le bois-énergie. Bien que n'étant pas une région forestière (seuls 11 % de la surface du territoire sont boisés), la région est la seconde en termes d'activités de transformation du bois, productrices de connexes mobilisables pour le bois-énergie. La filière bois, avec 4 400 entreprises et 30 000 emplois, est le troisième secteur industriel de la région.</p> <p>Retrouvez en Annexe : Les ressources en Pays de La Loire. Retrouvez en Annexe : Les différents types de combustibles. Retrouvez en Annexe : Le fonctionnement d'une chaudière bois.</p> |

⇒ Équipements biomasse

| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS |
|--|
| <p><u>A l'échelle du quartier</u>, les installations adaptées à l'utilisation de l'énergie bois sont les chaudières à alimentation automatique en plaquettes.</p> <p>Le dimensionnement d'une chaudière bois est un compromis répondant aux contraintes technico-économiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire fonctionner la chaudière bois à forte charge pour obtenir de bons rendements, - Faire en sorte que la chaudière bois soit sollicitée au-dessus de son seuil de puissance minimal ou minimum technique la majeure partie de la saison de chauffe, - Minimiser l'investissement en équipements bois tout en couvrant le maximum possible des besoins, - Mettre en place des équipements gaz ou fioul en appoint/secours permettant de couvrir les appels de pointes hivernales et les besoins d'ECS hors période de chauffe, la chaudière bois étant généralement arrêtée l'été. <p>Surdimensionner une chaufferie bois est préjudiciable en termes de coût, d'implantation et de rendement. Ainsi, une chaufferie bois est dimensionnée entre 40 et 60 % de la puissance totale appelée (après prise en compte du foisonnement des puissances des différents bâtiments) pour assurer entre 80 et 90% des besoins annuels.</p> <p>Un appoint est donc nécessaire pour subvenir continuellement et totalement aux besoins notamment pour les chaudières à plaquettes.</p> <p><i>Une autre possibilité encore peu utilisée, est de prévoir un ensemble de 2 ou 3 chaudières, de petites puissances, couvrant chacune 70 ou 40% du besoin.</i></p> <p><i>On assure ainsi la gradation de la puissance et la possibilité de maintenance d'une machine à l'arrêt.</i></p> <p><u>A l'échelle du bâtiment</u>, les installations adaptées à l'utilisation de l'énergie bois sont les chaudières à alimentation automatique en granulés.</p> <p><u>A l'échelle de l'habitation</u>, les poêles à pellets semblent les installations les plus adaptées, mais nécessitant des attentes et/ou appoints électriques ou autres énergies.</p> |

EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT / ETUDE DE FAISABILITE EN POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATIONS – ENR&R – HORS BESOINS ATELIERS / PROCESS

SOURCE : AXENERGIE - [HTTPS://WWW.BIOMASSE-NORMANDIE.ORG](https://www.biomasse-normandie.org)



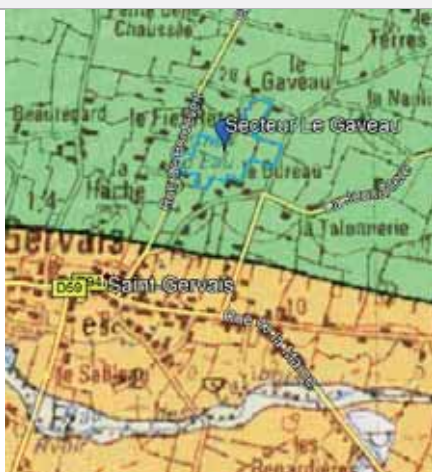
| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|------------|
| RESSOURCES : | ⇒ Suffisante, locale, durable | 😊 |
| EQUIPEMENTS : | ⇒ Durée d'utilisation = >2000h correcte, adapté ⇒ Nécessite de la place (chaufferie, déchargement, stockage) = 800 m² de foncier disponible | 😐 |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Comme évoqué précédemment, le recours à un réseau de chaleur a été écarté , donc la production par chaufferie bois de quartier également. Ceci peut être contré par moins d'une volonté politique très forte, d'optimisation par densification thermique et la mobilisation de technologies novatrices. Restera encore à inciter le raccordement et le recours à l'énergie bois aux futurs bâtiments et déterminer si technico économiquement viable. | 😞 |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Le recours au bois-énergie reste pertinent par bâtiment. La typologie étant principalement de l'habitat, la chaudière à granulés en collectif et le poêle à granulés en maison semblent appropriés. = avec une autre énergie complémentaire en appoint et secours type chaudière gaz dimensionnée à 90% de la puissance totale pour le collectif et appoint électrique en maison individuelle >100m ² = nécessite de la place pour le stockage et de livraison des plaquettes/granulés | 😊 |

1.5.3 Géothermie très basse énergie

| RESSOURCES |
|---|
| <p>Les principales formations rocheuses de la région sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un massif cristallin (formation de socle) correspondant au massif armoricain composé de roches dures, pour les départements de la Loire-Atlantique, la Mayenne, le nord et le centre de la Vendée, ainsi que l'ouest du Maine-et-Loire - des bassins sédimentaires peu profonds, pouvant être composés de terrains sableux ou plastiques, pour le sud de la Vendée, l'est du Maine-et-Loire et la Sarthe. <p>La formation de socle, qui représente près de 57 % de la superficie de la région, est considérée comme peu aquifère par rapport à la zone sédimentaire (43 % de la superficie de la région). Le contexte géologique des Pays de la Loire est donc globalement moins favorable que celui des autres régions, les géothermies profonde et intermédiaire y sont alors écartées.</p> <p>Ainsi la valorisation de la ressource géothermique est limitée à une exploitation dite « très basse énergie » : prélèvement des calories par l'intermédiaire de pompes à chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - soit en sol de surface (de 0 à 1m de profondeur) grâce à des sondes horizontales - soit en sous-sol (jusqu'à 100 m de profondeur) grâce à des sondes verticales <p>Les principales techniques sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le marteau fond de trou (MFT) pour des terrains consolidés (roches dures) et des ouvrages à profondeur limitée. <ul style="list-style-type: none"> ○ Rapide et économique. • Une variante du MFT dite « à l'avancement » est la seule possibilité lorsque les terrains ne sont pas suffisamment consolidés. <ul style="list-style-type: none"> ○ Terrains sableux, bouillants : les parois du trou de forage doivent être maintenues (forage réalisé en rotation avec une circulation de boue argileuse ou tubage à l'avancement). • La foration rotary à la boue pour des terrains peu stables et pour des ouvrages importants à grande profondeur ou nécessitant des déviations. <p>Terrains plastiques, zones argileuses des terrains calcaires : la technique de forage rotary est parfois nécessaire.</p> |

CARTE GEOLOGIQUE DU SITE

SOURCE : [HTTP://INFOTERRE.BRGM.FR](http://infoterre.brgm.fr)



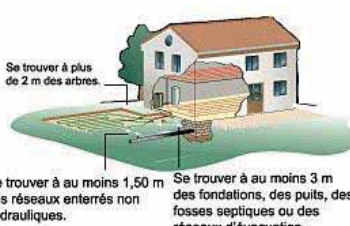

DENOMINATION & NATURE

| | |
|--------|---|
| Vert | Micaschistes à séricite-muscovite, albitiques ou non (Schistes de St-Gilles) |
| Orange | Lutétien supérieur (Biarritzien). Calcaires sableux et dolomitiques à Nummulites, sables siliceux |
| Blanc | Flandrien-alluvions marines : vases ("bri") |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

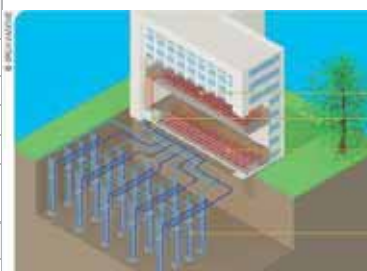
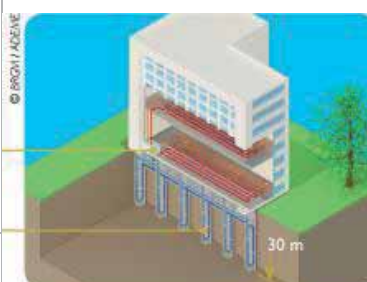
- ➔ Il convient d'être prudent, dans une zone favorable au forage, il peut exister des micro zones défavorables où le terrain peut être sableux et bouillant, notamment en partie superficielle altérée

⇒ LE SOL : Captage géothermique horizontal en sol de surface

| RESSOURCES | | |
|--|---|---|
| PUISSANCE MAXIMALE SOUTIREE EN SOL SOURCE : ETUDE DU POTENTIEL VENDEEN ET DES APPLICATIONS POSSIBLES DE LA GEOTHERMIE ET DE L'AEROTHERMIE - AXENERGIE | | |
| TYPE DE SOL | PUISSANCE SOUTIREE | EXEMPLE DE LOCALISATION |
| Sol sablonneux sec ou calcaire sec | 10 à 15 W/m ² | Zones dunaires et secteur de plaine |
| Sol sablonneux humide ou sol argileux sec | 15 à 25 W/m ² | Bocage |
| Sol argileux humide | 25 à 30 W/m² | Marais poitevin, marais breton Basses vallées alluviales |
| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | | |
| La température de la terre à 1m de profondeur varie au cours des saisons. Les précipitations et le rayonnement solaire sont les principaux fournisseurs d'énergie ; le flux de chaleur provenant de la terre est quant à lui négligeable. Points de vigilances : <ul style="list-style-type: none"> - Plutôt adapté à l'échelle de la maison individuelle ou petit tertiaire, au vu des surface de capteurs à mettre en œuvre et libre d'obstacles (densité/ taille des parcelles) par rapport au besoin. | | |
|  <p><i>Captage géothermique horizontal</i></p> | | |
| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
| RESSOURCES : | Potentiel thermique : potentiellement favorable ⇒ Puissance soutirée par m ² de forage horizontal = 15 à 25 W/m ² |  |


| | | |
|-----------------------------|---|---|
| EQUIPEMENTS : | ⇒ Contraintes techniques : l'emprise au sol conséquente d'un capteur horizontal (zone non imperméabilisée) ne semble pas adaptée à une zone d'urbanisation dense. | 😊 Potentiel en ressources mais contraint par la densité urbaine = A considérer au cas par cas, selon terrain disponible : sans plantation ... |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Comme évoqué précédemment, le recours à un réseau de chaleur à étudier en PHASE 2 , donc la production par géothermie de quartier également. | 😞 |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Plutôt adapté au bâtiment ayant des besoins moyens et à température faible. Nécessite une étude technique approfondie = étude de faisabilité géothermique pour soulever les inconnues et conclure sur la pertinence d'une installation en géothermie. | 😊 A valider au cas par cas par une étude de faisabilité géothermique |


⇒ **LE SOUS-SOL : Captage géothermique vertical en sous-sol**

| | | |
|---|--------------------|---|
| RESSOURCES | |  <p>PAC sur champ de sondes géothermiques verticales</p> |
| PUISSANCE MAXIMALE SOUTIREE EN SOUS-SOL SOURCE : ETUDE DU POTENTIEL VENDEEN ET DES APPLICATIONS POSSIBLES DE LA GEOTHERMIE ET DE L'AEROTHERMIE CD85 - AXENERGIE | | |
| TYPE DE SOUS-SOL | PUISSANCE SOUTIREE | |
| Sous-sol sableux ou argileux | 20-40 W/m | |
| Roches magmatiques basiques (Basalte) | 35-55 W/m | |
| Roches sédimentaires (Calcaires) | 45-60 W/m | |
| Roches magmatiques acides (Granites) / Roches métamorphiques (Rhyolite, Gneiss, Schiste, Amphibolites) | 55-70 W/m | |
| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |  <p>PAC géothermique sur fondations thermoactives</p> |
| Ce système est très efficace dans la mesure où la température de la terre devient de plus en plus stable avec la profondeur. Points de vigilances : <ul style="list-style-type: none"> - Nécessite une emprise au sol libre d'obstacles assez conséquente = remise en cause avec les densités de constructions actuelles => Possibilité de s'orienter alors vers des pompes à chaleur géothermiques sur fondations thermoactives. - Peut avoir un impact sur la température du sol (sur le long terme ou en saisonnalité) et donc impacter le fonctionnement de l'écosystème. - Etudes de faisabilités géothermiques incontournables et onéreuses. - S'assurer de la réserve locale de chaleur du sol, avec un dimensionnement adéquat des équipements et voir pour la recharge thermique du sous-sol (naturelle ou artificielle). - Cette technologie présente un certain risque : technique (forage qui ne fonctionne pas) et économique (cout d'études et d'investissements élevés). | | |
| Technique de forage : Les roches dures du massif armoricain sont bien adaptées à la technique de forage au "marteau fond de trou", rapide et économique . Les zones de formations sédimentaires telles que le marais poitevin, le marais breton, les calcaires du Dogger, du Lias et du bassin de Chantonay, sont des terrains où la technique de forage est parfois plus délicate . Terrains sableux , bouillants, les parois du trou de forage doivent être maintenues (forage réalisé en rotation avec une circulation de boue argileuse ou tubage à l'avancement). Terrains plastiques , zones argileuses des terrains calcaires, la technique de forage rotary est parfois nécessaire. | | |

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|---|
| RESSOURCES : | Potentiel thermique : potentiellement très favorable ⇒ Puissance soutirée par m de forage vertical = pouvant être intéressant sur roches métamorphiques : 55-70 W/m | 😊 il peut exister des micro zones défavorables où le terrain peut être sableux et bouillant |
| EQUIPEMENTS : | Contraintes techniques : potentiellement très favorable Pour formation roches dures : technique de forage plus rapide et économique. ⇒ Remise en cause au vu de la densité du site = contraintes de distances minimales entre les capteurs et les différents obstacles = s'orienter vers des fondations thermoactives | 😊 Potentiel en ressources mais contraint par la densité urbaine = A considérer au cas par cas (fondation thermoactives), selon terrain disponible : sans plantation ... |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Comme évoqué précédemment, le recours à un réseau de chaleur à étudier en PHASE 2 , donc la production par géothermie de quartier également. | 😞 |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Plutôt adapté au bâtiment ayant des besoins moyens et à température faible. Nécessite une étude technique approfondie = étude de faisabilité géothermique pour soulever les inconnues et conclure sur la pertinence d'une installation en géothermie. | 😊 A valider au cas par cas par une étude de faisabilité géothermique |


1.5.4 Aquathermie

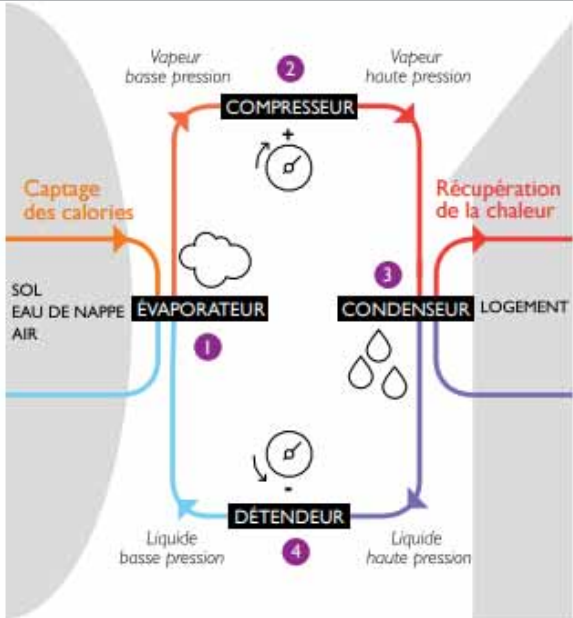
| RESSOURCES | |
|--|--|
| <p>La chaleur des nappes d'eau souterraine peut être récupérée par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur.</p> <p>La très faible variation de température des nappes d'eau souterraine permet d'assurer des performances constantes tout au long de la saison de chauffe.</p> <p>Cependant, une eau de nappe est une source exploitable à condition d'être :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Restituée au sous-sol par un puits dédié - Disponible à faible profondeur - En débit suffisant et stable - De température >10°C - De bonne qualité physico-chimique (principalement sel, fer...) <p>Points de vigilances :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'exploitation peut être soumise à une autorisation administrative des services de l'état. - Nécessite une ressource en eau importante, de qualité et à faible profondeur pour être pertinente du point de vue technico-économique. - Nécessite des études de faisabilités pointues et coûteuses. - Nécessite un foncier conséquent car distances minimales à respecter entre forages d'injection et de rejet. |  <p>Pompe à chaleur géothermique sur eau souterraine</p> |
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Une pompe à chaleur utilisée pour le chauffage d'un bâtiment exploite la ressource en eau en période hivernale. <p>= Aucun conflit d'usage n'est rencontré à cette saison, une telle exploitation est alors possible sans poser de problème pour la gestion de l'eau.</p> <p>➔ En revanche, un usage en période estivale est à éviter (production ESC par exemple)</p> | |

| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----------------|-----------------------------------|--------------------------|--|--|---|--|--|--|--|--|
| CARTE HYDROGEOLOGIQUE DU SITE SOURCE : HTTP://SIGESPAL.BRGM.FR | | | | | | | | | | | | | |
|  | | <table border="1"> <tr> <td>Marais et zones côtières</td> </tr> <tr> <td>Aquifères de productivité moyenne à forte (bassins d'effondrements ou recouvrement du socle) Remplissage de sable, calcaire, argile, etc.</td> </tr> <tr> <td>Superposition aux formations sédimentaires de bordure du massif armoricain ou encastrement dans celui-ci</td> </tr> <tr> <td>Aquifères de productivité variable (Moyennes à faibles)</td> </tr> <tr> <td>Productifs seulement dans zones fissurées Recherches difficiles et aléatoires</td> </tr> <tr> <td>a) grès, schistes, conglomérats, etc.,</td> </tr> <tr> <td>b) schistes prédominants avec quelques bancs de grès</td> </tr> <tr> <td>c) roches métamorphiques (gneiss, micachistes, etc.,)</td> </tr> <tr> <td>d) roches éruptives (granites, gabbros, etc.,)</td> </tr> </table> | | | Marais et zones côtières | Aquifères de productivité moyenne à forte (bassins d'effondrements ou recouvrement du socle) Remplissage de sable, calcaire, argile, etc. | Superposition aux formations sédimentaires de bordure du massif armoricain ou encastrement dans celui-ci | Aquifères de productivité variable (Moyennes à faibles) | Productifs seulement dans zones fissurées Recherches difficiles et aléatoires | a) grès, schistes, conglomérats, etc., | b) schistes prédominants avec quelques bancs de grès | c) roches métamorphiques (gneiss, micachistes, etc.,) | d) roches éruptives (granites, gabbros, etc.,) |
| Marais et zones côtières | | | | | | | | | | | | | |
| Aquifères de productivité moyenne à forte (bassins d'effondrements ou recouvrement du socle) Remplissage de sable, calcaire, argile, etc. | | | | | | | | | | | | | |
| Superposition aux formations sédimentaires de bordure du massif armoricain ou encastrement dans celui-ci | | | | | | | | | | | | | |
| Aquifères de productivité variable (Moyennes à faibles) | | | | | | | | | | | | | |
| Productifs seulement dans zones fissurées Recherches difficiles et aléatoires | | | | | | | | | | | | | |
| a) grès, schistes, conglomérats, etc., | | | | | | | | | | | | | |
| b) schistes prédominants avec quelques bancs de grès | | | | | | | | | | | | | |
| c) roches métamorphiques (gneiss, micachistes, etc.,) | | | | | | | | | | | | | |
| d) roches éruptives (granites, gabbros, etc.,) | | | | | | | | | | | | | |
| DENOMINATION | TYPE D'AQUIFERES | DEBIT D'EXPLOITATION | TYPE DE FORAGE | PROFONDEURS MAXIMALES DES FORAGES | | | | | | | | | |
| Roches métamorphiques (gneiss, micachistes...) | De productivité variable (moyenne à faible) | De 0 à 10 m³/h | MFT | 50 à 100m parfois au-delà | | | | | | | | | |

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|--|
| RESSOURCES : | <p>Zone de productivité : Variable de moyenne à faible</p> <p>⇒ Productivité très variable (valeur du débit à déterminer localement par études de faisabilités)</p> | ☹️ |
| EQUIPEMENTS : | <p>Contraintes techniques : modéré : formations roches dures : technique de forage plus rapide et économique</p> <p>Qualité de l'eau : s'assurer du respect de l'ensemble des critères physico-chimiques. s'assurer de la non salinité des eaux souterraines de ces bassins versants côtiers et marais du Grand Etier de Sallertaine (échangeurs "grand public" ne sont pas prévus pour résister à l'action oxydante du sel.</p> <p>Contraintes environnementales : peut créer un impact sur l'environnement (T° de l'eau, volume, forage)</p> | <p>☹️</p> <p>Potentiel en ressources mais contraint par la densité urbaine = A considérer au cas par cas (fondation thermoactives), selon terrain disponible : sans plantation ...</p> |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Il est préférable de privilégier le captage vertical par antenne fermée (géothermie verticale). | ☹️ |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | | |

1.5.5 Aérothermie

| RESSOURCES | |
|---|--|
| <p>La ressource aérothermique correspond à l'énergie contenue dans l'air extérieur, elle est disponible partout en quantité illimitée et exploitable par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. La limitation vient de la capacité à la collecter : encombrement de l'échangeur, bruit du ventilateur et des conditions extérieures.</p> <p>Les pompes à chaleur peuvent être réversibles pour assurer des besoins de refroidissement (système actif).</p> |  <p>Pompe à chaleur aérothermique sur air extérieur</p> |
| REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE : | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dans l'idéal, éviter le recours au refroidissement actif <p>= Par une conception bioclimatique et thermiquement performante (ventilation traversante, sur-ventilation nocturne, freecooling...)</p> | |

| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |
|---|--|
|  <p>1 La chaleur prélevée à l'extérieur est transférée au fluide frigorigène qui se vaporise.</p> <p>2 Le compresseur électrique aspire le fluide frigorigène vaporisé. La compression élève la température du fluide frigorigène.</p> <p>3 Le fluide frigorigène cède sa chaleur à l'eau du circuit de chauffage, à l'eau sanitaire ou directement à l'air du lieu à chauffer. Le fluide frigorigène se condense et revient à l'état liquide.</p> <p>4 Le détendeur abaisse la pression du liquide frigorigène qui amorçe ainsi sa vaporisation.</p> <p>Schéma de principe d'une pompe à chaleur - Source : ADEME</p> | |
| <p>Retrouvez en Annexe : Les critères techniques d'une pompe à chaleur en aérothermie.</p> | |

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|------------|
| RESSOURCES : | Zone potentiellement très favorable | 😊 |
| EQUIPEMENTS : | <u>Sous réserves</u> : d'adaptation des émetteurs au type de pompe à chaleur, du type d'appoint, du comportement en dégivrage, et du niveau sonore | 😊 |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Non adapté | 😞 |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Le recours à PAC aérothermie semble pertinent pour des bâtiments faiblement consommateurs telles les habitations et petits tertiaires ou nécessitant du froid <u>Sous réserves</u> : d'adaptation des émetteurs au type de pompe à chaleur, du type d'appoint, du comportement en dégivrage, et du niveau sonore | 😊 |

1.5.6 Gisement solaire

RESSOURCES

La région des Pays de la Loire dispose d'un gisement solaire intéressant, un peu supérieur à la moyenne nationale.

Il est compris entre 1220 et 1350 kWh/m²/an en Loire-Atlantique, Maine-et-Loire, Mayenne et Sarthe. Le gisement solaire de la Vendée, situé entre 1350 et 1490 kWh/m²/an, est le plus favorable de la région.



Installations de production et de diffusion d'énergie

Installation de solaire thermiques et photovoltaïque – Source : <http://carto.sigloire.fr>

⇒ Le solaire passif

TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS

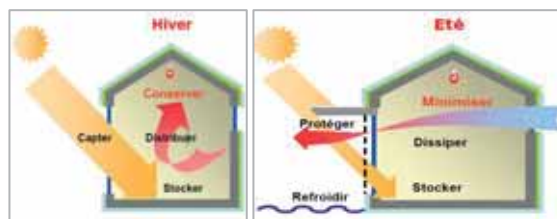
L'architecture bioclimatique des constructions doivent permettre de bénéficier des apports solaires passifs

- REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :
- En hiver, le bâti doit permettre de **capter** (menuiseries au Sud, etc.), de **stocker** (matériaux de sol ayant de l'inertie, etc.), de **conserver** (isolation, etc.) et de **distribuer** (configuration, VMC, etc.) ces calories solaires gratuites.
 - En été, il faut en revanche penser à se protéger des surchauffes. Ceci peut être facilement réalisé sur les façades Sud par un débord de toit.

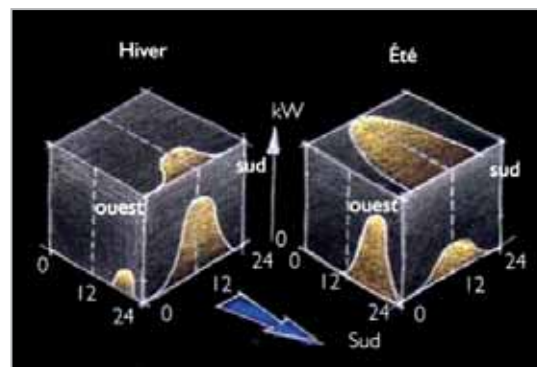
- REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :
- En **confort d'hiver**,
 - Il faut donc privilégier de **larges surfaces vitrées au Sud**, orientation où l'irradiation est la plus forte en saison hivernale

- REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :
- En **confort d'été**,
 - = **Pour l'ouest** : le rayonnement est important et le bâtiment est déjà monté en température toute la journée = sensation de surchauffe
 - ➔ Par des **protections mobiles extérieurs** (type volets) ou des **protections fixes à lames orientées**.
 - = **Pour l'est** : l'impact sera moindre car les températures intérieures en début de journée sont plus basses, mais s'en protéger tout de même pour pas faire monter en température les locaux
 - ➔ Par des **protections mobiles extérieurs** (type volets) ou des **protections fixes à lames orientées**.
 - = **Pour le Sud** : le rayonnement est moins important car le soleil étant plus haut, il rase la façade, il est alors plus facile de s'en protéger
 - ➔ Par **simple débord de toit, casquette ou auvents**

Les illustrations montrent l'importance d'une bonne orientation des bâtiments à savoir le plus possible orienté Sud

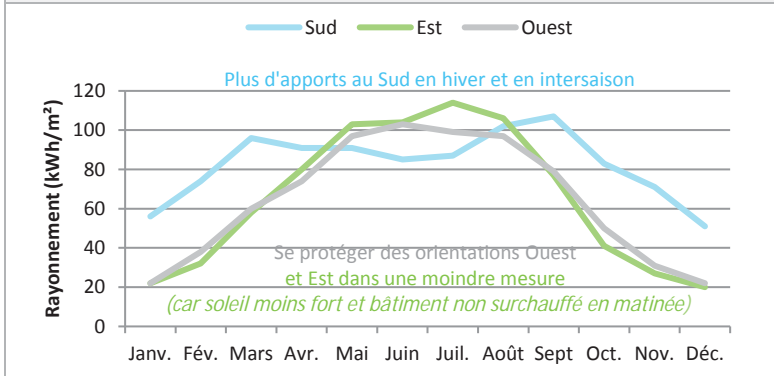


SCHEMAS DE PRINCIPES DU SOLAIRE PASSIF EN HIVER ET EN ÉTÉ

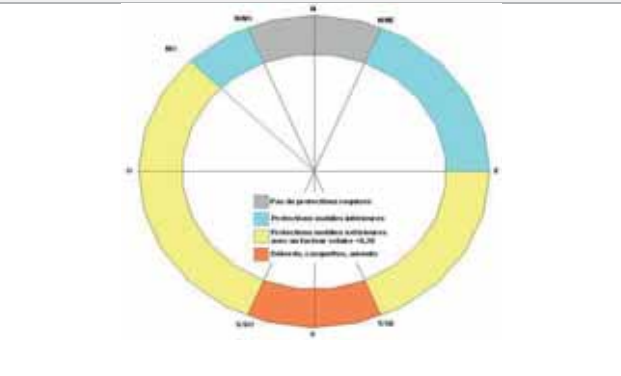


REPARTITION DE L'IRRADIATION SELON L'ORIENTATION DE LA FAÇADE ET LA SAISON


IRRADIATION SUR LES VITRAGES AU SUD- PERIODE 1986-2005
 SOURCE : METEONORM – NANTES




TYPE DE PROTECTIONS SOLAIRES A METTRE EN ŒUVRE SELON L'ORIENTATION SOURCE : AXENERGIE



⇒ **Les systèmes solaires thermiques**

| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |
|--|---|
| <p>Cette technologie, dont l'élément principal est le capteur solaire, permet de produire de la chaleur sous forme d'eau chaude. Cette production peut être utilisée pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La production d'eau chaude sanitaire – CESI : chauffe-Eau Solaire individuelle • La production de chauffage et d'eau chaude sanitaire - SSC Système Solaire Combiné • La climatisation solaire (procès plus à la marge) <p>Les éléments principaux constitutifs sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les capteurs solaires, de type vitré plan, tubes sous-vide, moquette solaire... • Le stockage, soit en direct – PSD, soit avec ballon avec ou sans échangeur solaire, soit ballon tampon... • La tuyauterie solaire soit glycolée, soit auto-vidangeable ... • La régulation (sonde, pompe...) |  <p>Module de solaire thermique.</p> |

⇒ **Les systèmes photovoltaïques**


| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |
|---|---|
| <p>Cette technologie, dont l'élément principal est le module photovoltaïque, permet de produire de l'électricité. Cette production peut être :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réinjectée en totalité sur le réseau, donc revendu en totalité • Autoconsommée en partie, et le surplus réinjecté sur le réseau et revendu <p>Les éléments principaux constitutifs sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les modules PV, de type Monocristallins, Polycristallins ou Amorphes (selon besoins et contraintes du site) • Le ou les onduleurs, de type mono ou multi string • Le câblage électrique et les organes de protections |  <p>Module de solaire photovoltaïque.</p> |

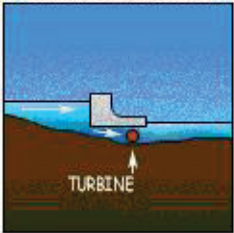
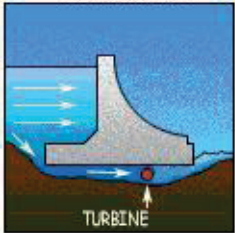
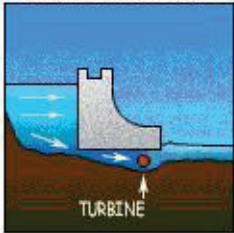
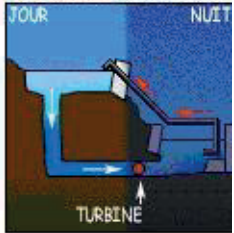
⇒ **Récapitulatif sur le solaire**

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|---|
| RESSOURCES : | L'irradiation solaire reçue sur le plan horizontal : 1 300 kWh/m².an Energie solaire reçue à l'échelle du site : (8 ha) 104 GWh/an Energie solaire reçue à l'échelle des toitures : (1,7 ha – dont ¼ estimé exploitable) 5 500 MWh/an | 😊 |
| EQUIPEMENTS : | Si l'aménagement du site, par sa conception et son orientation, a intégré ces contraintes, installation sera aisée (Toiture plate, pente Sud, absence de masques...) | 😊 |
| SOLAIRE PASSIF | | |
| A L'ECHELLE DU SITE : | / | / |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Indispensable au respect des critères de bioclimatisme imposé par la réglementation thermique | 😊 |
| SOLAIRE THERMIQUE | | |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Comme évoqué précédemment, le recours à un réseau de chaleur a été écarté , donc la production par solaire thermique de quartier également. | 😞 |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | Au vu de la typologie habitat du site les besoins en eau chaude sanitaire rendent intéressant le recours au solaire thermique | 😊 |
| SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE | | |
| A L'ECHELLE DU SITE : | La faisabilité d'une installation PV au sol, semble difficilement compatible en termes de foncier, mais envisageable sur mat d'éclairage public, sur parking commun (carport PV) ou encore en grappes diffuses type smart grid. | 😊 <i>Pertinent mais nécessite une gestion collective et montage admin/financier particulier</i> |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | L'installation de PV semble réalisable et pertinente. De plus, ceci sera quasi incontournable si l'on souhaite tendre vers des bâtiments à énergie positive | 😊 |

1.5.7 Ressource hydraulique

⇒ L'EAU mobilisable sur terre

| RESSOURCES | |
|---|--|
| <p>La région Pays de la Loire ne bénéficiant pas d'un relief marqué, le potentiel de développement de l'hydroélectricité y est faible. Le nombre d'installations y est par conséquent limité : quelques dizaines de petites unités, principalement situées sur les cours d'eau des départements de la Mayenne, de la Sarthe et de la Vendée.</p> <p>On recense environ 35 petites centrales hydroélectriques raccordées au réseau électrique et environ une dizaine de plus exploitées en autoconsommation, soit un total de l'ordre de 45 installations. Cela représente une puissance maximale de 11,3 MW raccordée au réseau et un peu moins d'1 MW supplémentaire en autoconsommation, soit un total de l'ordre de 12 MW.</p> <p>Le développement de l'hydroélectricité doit prendre en compte les objectifs de la politique de l'eau, notamment ceux de préservation et de restauration des continuités écologiques.</p> <p>Pour 2020, la région s'est fixée comme objectif d'accroître le parc de 15 installations, c'est-à-dire de le porter à environ 60 installations au total, qu'elles soient raccordées au réseau ou utilisées en autoconsommation. La puissance installée correspondante serait de 14 MW et la production hydroélectrique de 15 à 30 GWh/an (soit entre 1,3 et 2,6 ktep/an).</p> | <p>RESEAUX HYDRAULIQUES AUTOUR DE LA ZONE D'ETUDE - SOURCE : GEOPORTAIL</p>  |

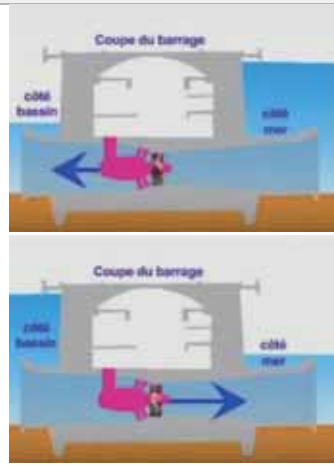


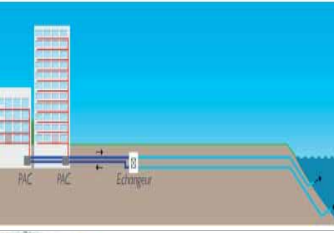
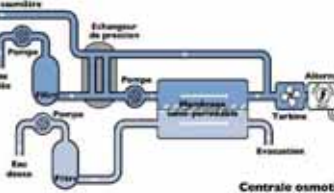
| TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS | |
|--|--|
| <p>L'énergie hydraulique est l'énergie fournie par le mouvement de l'eau, sous toutes ses formes : chute, cours d'eau... Ce mouvement peut être converti dans une centrale hydroélectrique.</p> <p>La quantité d'énergie hydraulique produite dépend de deux facteurs : le débit de la rivière et la hauteur de chute. Une faible masse d'eau tombant de haut produira la même quantité d'électricité qu'un fort débit d'eau dévalant un faible dénivelé.</p> | <p style="text-align: center;">LES 4 TYPES D'AMENAGEMENT POSSIBLE SUR UNE RIVIERE</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>USINE AU FIL DE L'EAU</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>USINE DE LAC</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>USINE D'ÉCLUSÉE</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>USINE DE POMPAGE</p>  </div> </div> <p>Sur une rivière, 2 des 4 types d'aménagements sont réalisables :</p> <p>LES AMENAGEMENTS FONCTIONNANTS « PAR ECLUSEES » :</p> <p>La capacité de stockage permet une modulation de l'énergie dans la journée voire la semaine. → Ils représentent 20% de la production hydraulique nationale, les trois quarts étant localisées dans le sud de la France.</p> <p>LES AMENAGEMENTS AU « FIL DE L'EAU » :</p> <p>Ils sont principalement installés dans des zones de plaines, sur de grands fleuves ou de grandes rivières à fort débit mais à faible chute. Ils n'ont donc aucune capacité de stockage, et produisent l'énergie en fonction des apports en eau du moment. 55% de la puissance est garantie toute l'année. → Ces aménagements représentent 53% de la production hydroélectrique nationale, essentiellement sur le Rhin et le Rhône. Ils fournissent une énergie en base très peu coûteuse.</p> |

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|--------------|---|------------|
| RESSOURCES : | Peu de ruisseaux conséquents proches du site Il y a un potentiel, mais zone naturelle d'intérêt à préserver | ☹️ |

⇒ **L'EAU mobilisable en mer**

RESSOURCES
 Le département bénéficie de côtes océaniques à l'Ouest, ce qui lui offre un bon potentiel pour les énergies renouvelables maritimes.

Retrouvez en [annexe les comparatifs des énergies marines](#)

| TECHNIQUES / ÉQUIPEMENTS | | |
|--|--|---|
| <p>L'ENERGIE MAREMOTRICE</p> | <p>L'usine marémotrice consiste à exploiter l'énergie issue des marées dans des zones littorales de fort marnage. Cette énergie est utilisée afin de produire de l'électricité en exploitant la différence de hauteur entre deux bassins séparés par un barrage.</p> <p>La centrale de la Rance en Bretagne a été la première grande centrale marémotrice dans le monde et longtemps la plus puissante avec une capacité installée de 240 MW.</p> <p>Les conditions naturelles favorables à l'implantation de sites marémoteurs sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un marnage supérieur à 5 mètres, idéalement entre 10 et 15 mètres - une profondeur de 10 à 25 mètres sous les basses mers - un substrat rocheux (ou sablo-graveleux) pour fixer les fondations de l'infrastructure. |  |
| <p>L'ENERGIE HYDROLIENNE</p> | <p>Les hydroliennes permettent de transformer l'énergie cinétique des courants marins en électricité. Les mouvements de la mer sont une source inépuisable d'énergie. Les hydroliennes sont des sortes d'éoliennes subaquatiques. Le déplacement de l'eau par les courants marins fait tourner leurs pales. L'énergie mécanique générée est convertie en électricité par dynamo.</p> <p>Le rendement d'une hydrolienne est en général compris entre 40 et 50%.</p> |  |
| <p>L'ENERGIE HOULOMOTRICE</p> | <p>L'énergie houlomotrice désigne la production d'énergie électrique à partir de la houle, c'est-à-dire à partir de vagues successives nées de l'effet du vent à la surface de la mer et parfois propagées sur de très longues distances. Il existe un vaste inventaire de solutions houlomotrices avec, pour chacun, son propre moyen de capter l'énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La chaîne flottante articulée (ou « serpent de mer ») - La paroi oscillante immergée - La colonne à oscillation verticale - Le capteur de pression immergé - La colonne d'eau - Le piège à déferlement |  |
| <p>L'ENERGIE THERMIQUE DES MERS</p> | <p>L'énergie thermique des mers consiste à exploiter le différentiel de température des océans entre les eaux de surface et les eaux profondes afin de produire de l'électricité. L'énergie thermique des mers présente l'intérêt d'être prévisible et disponible 24 heures sur 24 toute l'année, et d'autant plus abondante en zone intertropicale.</p> <p>A plus petite échelle des pompes à chaleur sur eau de mer permet l'alimentation en chaleur de plusieurs bâtiments.</p> |  |
| <p>L'ENERGIE OSMOTIQUE</p> | <p>L'énergie osmotique désigne l'énergie exploitable à partir de la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce. Cela consiste à utiliser une hauteur d'eau ou une pression créée par la migration de molécules d'eau au travers d'une membrane. La pression d'eau en résultant assure un débit qui peut alors être turbiné pour produire de l'électricité.</p> |  |

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|--------------|---|------------|
| RESSOURCES : | L'Océan Atlantique n'est pas à proximité immédiate du site = à 7 km Il n'y a donc peu de potentiel sur site | ☹️ |

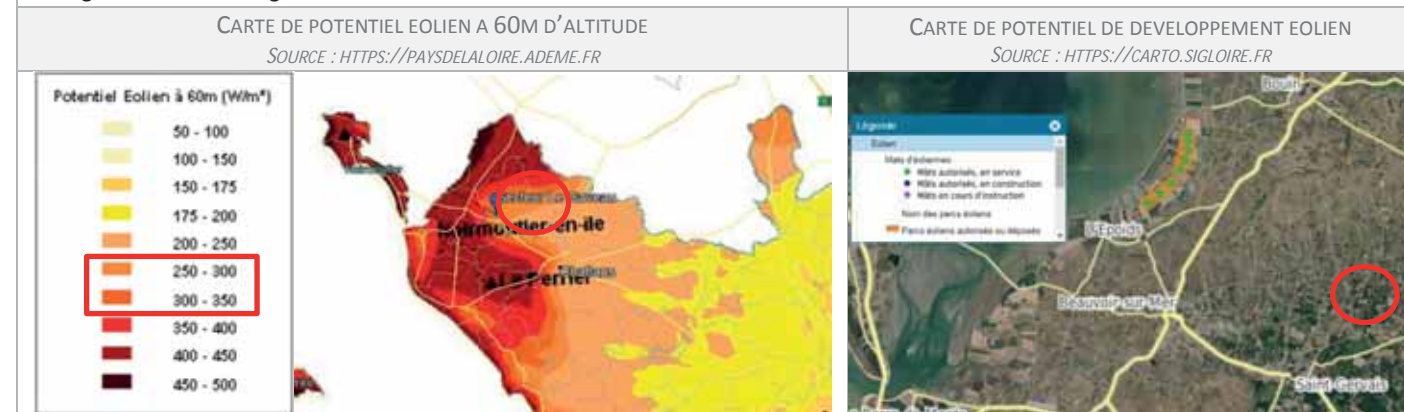
1.5.8 Gisement éolien

⇒ L'éolien terrestre

RESSOURCES
 Les Pays de la Loire se positionnent désormais au 7^{ème} rang des régions éoliennes.
 Avec un peu plus de 1 050 GWh d'électricité d'origine éolienne produite au cours de l'année 2014, la production éolienne en Pays de la Loire représente 6 % de la production nationale. Elle pèse pour 20 % de l'ensemble de la production électrique de la région mais ne représente que 4,5 % de l'électricité qui y est consommée.

A l'échelle d'un territoire : le grand éolien

TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS
 Le développement de l'éolien terrestre est stratégique pour l'atteinte des objectifs régionaux en matière d'énergies renouvelables. La filière représente 25 % de la production d'énergie renouvelable visée pour 2020 dans la région quand aujourd'hui elle pèse pour 12 % de la production d'énergie renouvelable régionale.



| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------|--|--|
| RESSOURCES : | Potentiel grand éolien à 60m : bon = 250 à 350 W/m ² Site éolien le plus proche du site : à 6km des 2 parcs éoliens : Vendée Energie Bouin et Cote de Jade | 😊 |
| EQUIPEMENTS : | Commune en zone favorable au développement éolien : Non Site en zone favorable au développement éolien : Non | 😞 |
| A L'ECHELLE DU SITE : | Installation d'un parc éolien dépend d'instances supérieures à celles aménageant le site audité (hors périmètre d'étude) et nécessite des études approfondies et des autorisations | 😞 <i>A une autre échelle que celle de la création du site</i> |

A l'échelle d'un bâtiment : le petit éolien

TECHNOLOGIE / ÉQUIPEMENTS
 L'installation de petites et moyennes éoliennes, pourraient voir le jour plus facilement. Ces éoliennes ne seront pas suffisantes pour couvrir la totalité des besoins même si elles fonctionnent avec de faibles vitesses de vent (à partir de 1-3 m/s).
 Il n'existe pas de tarif de rachat spécifique au petit éolien. L'électricité produite peut être soit autoconsommée soit tout de même être rachetée par des sociétés privées partenaires en tant que « responsable d'équilibre » pour le Réseau de Transport de l'Electricité (RTE).
 Du point de vue réglementaire, les éoliennes de mats <12m ne sont soumis qu'à une déclaration préalable qui doit être déposée en mairie et la souscription d'une assurance spécifique doit être contractée (risque pour les riverains en cas de tempête). Mais viabilité technico-économique compromise. Pour les éoliennes >12m un permis de construire est nécessaire (en mairie = autoconsommation, en préfecture = revente) et à déclaration ICPE quelle que soit la puissance. Toutes peuvent néanmoins générer un impact visuel et sonore selon les modèles.

EXEMPLE D'EOLIENNES URBAINES
 SOURCE : ABALONE, SAINT-HERBLAIN + LYCEE PUBLIC SUD LOIRE, BASE A CLISSON



| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|---------------------------|--|------------|
| RESSOURCES : | Zone urbaine et péri-urbaine : Le vent est en général trop faible ou trop turbulent pour une exploitation rentable. Risque élevé de modification du paysage urbain. | 😞 |
| EQUIPEMENTS : | Site favorable au développement petit éolien : faible à déconseiller Potentiel éolien : / | 😞 |
| A L'ECHELLE DU BATIMENT : | Nécessiterait une étude de faisabilité (technique et économique), permis de construire + déclaration ICPE >12m Nécessiterait la conception d'un projet globalement performant énergétiquement créant des conditions de vents exploitables + limitant les impacts visuels et sonores des éoliennes | 😞 |

⇒ **L'éolien offshore**

TECHNOLOGIES / ÉQUIPEMENTS

Le principe de fonctionnement d'une éolienne en mer et d'une éolienne terrestre est le même. Le raccordement des parcs éoliens en mer s'opère via des câbles sous-marins.

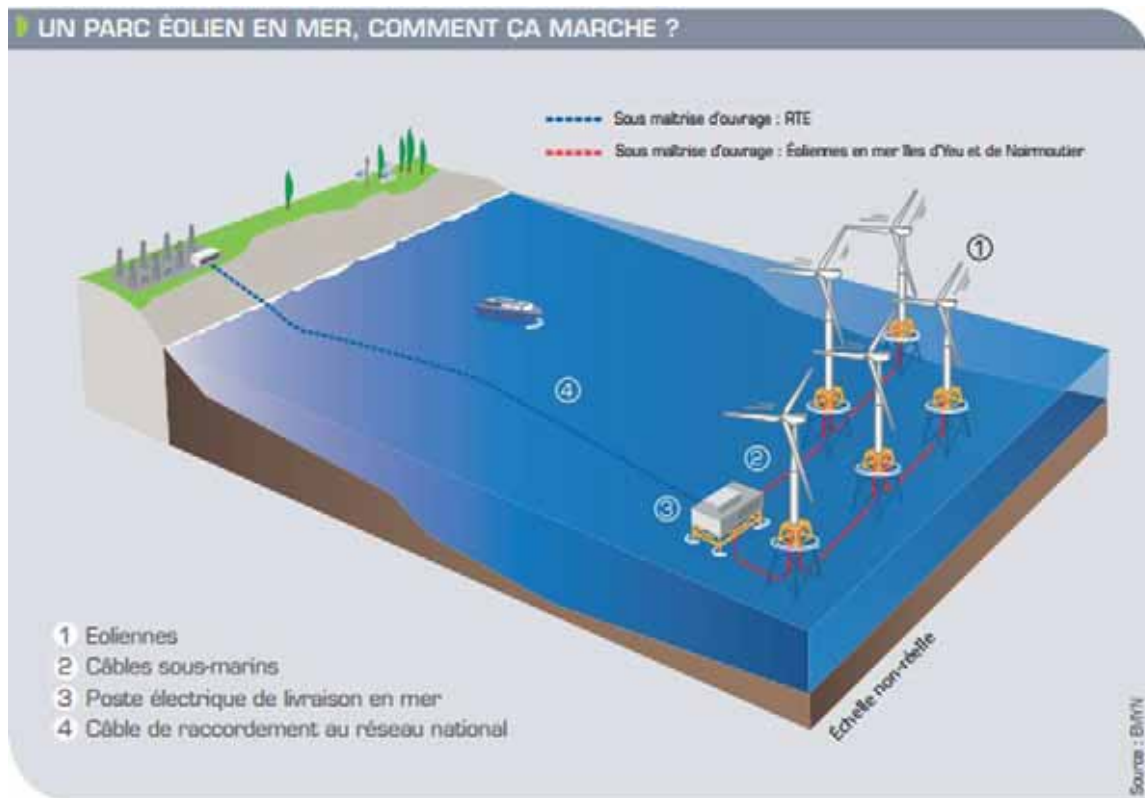


Figure 1 : Fonctionnement d'un parc éolien en mer - Source : <https://iles-yeu-noirmoutier.eoliennes-mer.fr/>

AVANTAGES :

- Les éoliennes en mer, sur des parcs plus concentrés que sur terre, sont également significativement **plus puissantes** que les éoliennes terrestres : par exemple 8MW chacune pour le parc des îles d'Yeu et de Noirmoutier.
- Les vents étant plus puissants en mer, l'éolien en mer produit de l'électricité de façon plus régulière et plus importante. Selon France Energie Eolienne, « un site à quelques kilomètres en mer **peut produire 50% d'énergie** en plus qu'un site voisin sur la côte ».

INCONVENIENTS :

- Les conditions en mer induisent la construction d'engins **plus robustes** : les éoliennes doivent résister à la force des vagues, à la houle, au courant, au sel, à la corrosion, etc.
- **Les impacts sur la pêche et sur la navigation**
- **Les impacts sur l'environnement maritime** = fond marin, faune et flore...
- **Les contraintes techniques** : turbines ne peuvent être installées au-delà de 50m de profondeur → Alternative en développement éoliennes flottantes (notamment au large de Saint-Nazaire)

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|--------------|--|------------|
| RESSOURCES : | L'Océan Atlantique n'est pas à proximité immédiate du site = à 7 km Il n'y a donc peu de potentiel sur site | ☹️ |

0.1 CONCLUSION avec potentiels de développement en Energies Renouvelables

| TYPES D'ENR | SYSTEMES ASSOCIES | POTENTIELS & CONSTATS | PRECONISATIONS D'EQUIPEMENTS |
|-------------------------|---|--|---|
| LES RESEAUX DE CHALEURS | RESEAU + CHAUFFERIE + SOUS-STATIONS = Mix énergétique dans l'idéal en majorité EnR | À l'échelle du site = <i>Viabilité compromise au vu de la mixité et densité thermique des futurs bâtiments</i> / Voir si potentiel de mutualisation des besoins en énergies selon les futurs bâtiments = smartgrids Si retenu, faire étude de faisabilité RCU | Création réseaux chaleur + chaufferie + sous-stations ⇔ Adéquation densité thermique / aspects technico-économiques / volonté politique. |
| LE BOIS | LE BOIS-ENERGIE | ⊗ À l'échelle du site = <i>viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent | Cf Réseau de chaleur Chaudières à granulés en logements collectifs (+ appoint/secours gaz) / Poêle à granulés en habitation |
| LE SOL | LA GEOTHERMIE HORIZONTALE | ⊗ À l'échelle du site = <i>Emprise au sol/densité + viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = <i>Ressources + Emprise au sol/densité + Besoins de chaud modéré à faible voire du freecooling en été. A considérer au cas par cas, selon besoins, terrain disponible : sans plantation ... + nécessite au préalable une étude de faisabilité</i> | PAC sol/eau : pouvant assurée le chauffage voire le préchauffage de l'eau chaude, voire du freecooling en été |
| LE SOUS-SOL | LA GEOTHERMIE VERTICALE (Antenne thermique vertical en boucle fermée) | ⊗ À l'échelle du site = <i>viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = <i>Potentiellement pertinent pour des bâtiments nécessitant des besoins de chauds modéré voire du freecooling en été. Mais nécessite au préalable une étude de faisabilité</i> | |
| L'EAU SOUTERRAINE | L'AQUATHERMIE | ⊗ <i>Potentiel, mais impact potentiel = privilégier antenne thermique verticale en boucle fermée</i> | / |
| L'AIR | L'AEROTHERMIE | ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent pour des bâtiments nécessitant des besoins de chauds faibles à moyens voire de rafraîchissement. | Système thermodynamique sur air extérieur : PAC air/air ou air/eau ou CTA avec batterie froide... |
| LE SOLEIL | LE SOLAIRE PASSIF | ☺ À l'échelle des bâtiments = Non simulable mais indispensable pour la performance énergétique des bâtiments | Pas de système = passif : capter, stocker et accumuler les calories gratuites solaires + éclairage naturel |
| | LE SOLAIRE THERMIQUE | ⊗ À l'échelle du site = <i>En appoint d'une production principale mais viable compromise pour un réseau de chaleur</i> ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent nécessitant des besoins ECS constants | <i>En appoint du mix énergétique du Réseau de chaleur</i> Panneaux solaire thermique produisant d'eau chaude sanitaire |
| | LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE | ☺ À l'échelle du site = Pertinent, mais nécessite une gestion collective et montage admin/financier particulier. ☺ À l'échelle des bâtiments = Pertinent voire quasi incontournable si l'on souhaite tendre vers des bâtiments à énergie positive | Pour éclairage public, la couverture des espaces communs (parking...), en grappes diffuses Panneaux solaires photovoltaïques produisant de l'électricité |
| L'EAU TERRESTRE | LES AMENAGEMENTS « AU FIL DE L'EAU » OU « PAR ECLUSEES » | ⊗ <i>Peu de ressources</i> | / |
| L'EAU MARINE | LES DIFFERENTES ENERGIES MARINES | ⊗ <i>Pas de ressources</i> | / |
| LE VENT TERRESTRE | LE GRAND EOLIEN TERRESTRE | ⊗ <i>A une autre échelle que celle de la création du site</i> | / |
| | LE PETIT ET MOYEN EOLIEN | ⊗ <i>Potentiel incertain en milieu péri-urbain. Au cas par cas avec un projet « éco-responsable » + Etude de faisabilité</i> | <i>Petit et moyen éolien</i> |
| LE VENT MARIN | L'EOLIEN OFF-SHORE | ⊗ <i>Pas de ressources</i> | / |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

Les solutions de dessertes énergétiques pourront s'envisager dans la PHASE 2 de cette étude **sous une unique forme en l'état actuel des choses.**

- **En effet la desserte par réseau de chaleur a été écarté à cette étape du projet**
- = **Aucunes des 6 tranches** ne présentaient une densité thermique au-dessus du seuil critique.
- = Cependant, des possibilités d'évolution de la viabilité seraient **d'augmenter la densité thermique**, soit en augmentant le nombre de logement, soit en augmentant les besoins (plus de mixité d'usage ou élargissant le périmètre bien que les bâtiments existants possèdent déjà des systèmes d'approvisionnement. De plus, il faudrait tendre vers une **mutualisation des énergies perdues/voulues** par smartgrids thermiques entre les bâtiments de l'ensemble du site.
- = Pour finir, il est important de connaître le positionnement du maître d'ouvrage, pour imposer le raccordement et le recours à une énergie ?
- **La desserte sera donc étudiée bâtiment par bâtiment où chacun à sa propre génération d'énergie.**
- = **La commune n'étant pas desservie par le gaz** = il n'y aura pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau.

Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques.

Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site.

Les recours aux EnR seront donc comparées entre eux :

- Le bois énergie
- L'aérothermie

= De plus, pour que le projet soit performant énergétiquement et le moins impactant possible sur l'environnement, les efforts devront porter sur chacune des constructions et installations.

➔ La **collectivité** a des leviers d'actions par le règlement du quartier (cf Conclusion avec **préconisations d'aménagement**).

➔ Les **gestionnaires/industriels** peuvent avoir recours à des **solutions d'approvisionnement énergétiques complémentaires** aux scénarios retenus afin d'augmenter le mix énergétique en **EnR&R** :

- Solaire Passif
- Solaire Photovoltaïque
- Solaire Thermique
- Voire Géothermie - selon études de faisabilité
- Récupération de chaleur fatale

1.6. Potentiels de développement en énergie de récupération

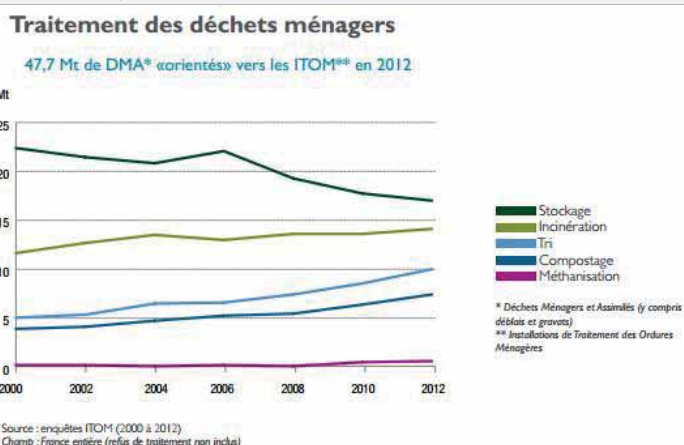
Après les énergies renouvelables, voici la liste des énergies de récupération mobilisables, leur potentiel sera étudié ensuite.

| ÉNERGIES DE RECUPERATION | SYSTEME ENR&R ASSOCIE |
|---------------------------------|---|
| DECHETS NON RECYCLABLES | Incinération =Unité d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) = Unité de Valorisation Energétique (UVE) |
| DECHETS ORGANIQUES VALORISABLES | Méthanisation |
| REJETS EN CHALEUR FATALE | Récupération d'énergie |

Il y a deux sources d'énergie récupérable : les déchets et la chaleur fatale.

| DESTINATION DES DECHETS MENAGERS SOURCE : ADEME CHIFFRES CLES 2015 CLIMAT, AIR ET ENERGIE | |
|--|--|
|--|--|

Dans les déchets tous ne permettent pas une récupération d'énergie.
 Certains sont juste traités (triés ou stockés) et d'autre sont valorisés (compostés, méthanisés, incinérés).
 Seulement, ces deux derniers permettent la récupération d'énergie : **méthanisation et incinération.**



| SOURCES DE CHALEUR FATALE SOURCE : HTTP://WWW.RECUPERATION-CHALEUR.FR | |
|--|--|
|--|--|

Dans certains rejets de fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, la chaleur produite grâce à l'énergie apportée à ce procédé qui n'est pas complètement utilisée par ce dernier est appelée communément « **chaleur fatale** » (ou encore chaleur perdue ou de récupération).



1.6.1 Déchets ménagers

RESSOURCES

Les déchets non recyclables sont incinérés dans des **fours d'incinération** pour être brûlés à plus de 1000°C.

Plusieurs types de déchets sont concernés par ce traitement :

- Les ordures ménagères résiduelles
- Les déchets d'activités économiques (ex : commerçants, artisans)
- Les déchets d'activité de soins à risques infectieux (ex : cliniques, hôpitaux) ...

CARTE DES UNITES D'INCINERATION - SOURCE : [HTTP://WWW.INCINERATION.ORG/](http://www.incineration.org/)



| VEOLIA UIOM DE NANTES (ARC EN CIEL - COUERON) | | | | alcea UIOM DE NANTES ALCEA | | | |
|---|--|--|-----------|---------------------------------|--|--|--------|
| Carte d'identité | Quantité d'électricité vendue (en MWh/an) | 8087 | | Carte d'identité | Quantité d'électricité vendue (en MWh/an) | 0 | |
| Adresse | la Cité Nantaise 44220 Coueron 44 Loire-Atlantique - Pays de la Loire | Quantité d'énergie thermique vendue (MWh/an) | 66242 | Adresse | 415 Rue de l'Eser 44300 Nantes 44 Loire-Atlantique - Pays de la Loire | Quantité d'énergie thermique vendue (MWh/an) | 132977 |
| Date d'ouverture | 01/01/1994 | Existence d'une CLIS | Oui | Date d'ouverture | 01/01/1987 | Existence d'une CLIS | Oui |
| Type de service | Incinération avec valorisation énergétique | Ordures ménagères résiduelles | Oui | Type de service | Incinération avec valorisation énergétique | Ordures ménagères résiduelles | Oui |
| Membre SVDU | Oui | Déchets banals en mélange | Oui | Membre SVDU | Non | Autres | Oui |
| Mode de gestion | Délégation de service public | Autres | Oui | Mode de gestion | Délégation de service public | Boues | Oui |
| Capacité réglementaire (tonnes) | 100000 | Déchets traités (tonnes) | 90319, 68 | Capacité réglementaire (tonnes) | 150000 | Déchets traités (tonnes) | 142651 |
| Maître d'ouvrage | Nantes Métropole | | | Maître d'ouvrage | Nantes Métropole | | |
| Exploitant | Arc-en-ciel (veolia Propriété) | | | Exploitant | Alcea | | |

TECHNOLOGIES / ÉQUIPEMENTS

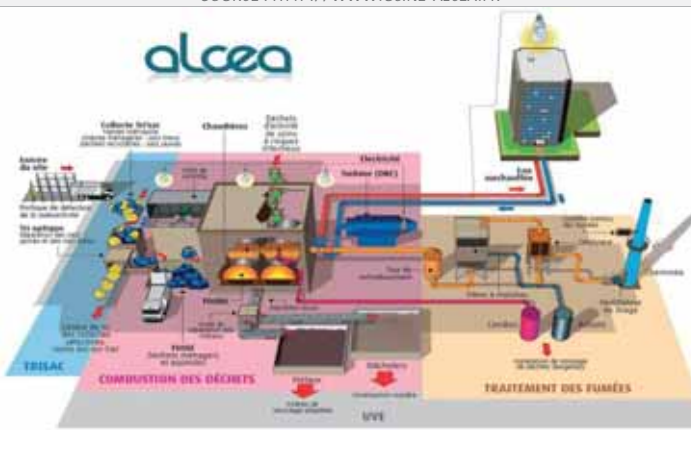
L'énergie de la combustion est récupérée sous forme de fumées, puis est transformée en **vapeurs d'eau** ou en **eau surchauffée**.

Celle-ci peut être directement utilisée pour alimenter un **réseau de chaleur** (Chauffage et Eau chaude).

Il est également possible de produire de **l'électricité** en faisant tourner, à partir de la vapeur d'eau, une turbine reliée à un alternateur qui génère le courant électrique ou une machine à Cycle Organique de Rankine (ORC) à partir de l'eau surchauffée.

La fraction qui reste après la combustion des déchets (les mâchefers) est également valorisée : les métaux ferreux et non ferreux sont récupérés, le reste est utilisé en technique routière.

SCHEMA DU PROCESS D'UNE UNITE DE VALORISATION ENERGETIQUE
 SOURCE : [HTTP://WWW.USINE-ALCEA.FR](http://www.usine-alcea.fr)



| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|------------|
| RESSOURCES : | 2 UIOM uniquement sur la métropole de Nantes | 😊 |
| EQUIPEMENTS : | Pas à proximité immédiate = 40 km du site Arc en ciel = mais dans le périmètre d'actions | / |
| A L'ÉCHELLE DU SITE : | Installation d'un incinérateur = Non adapté = dépend d'instances supérieures à celles aménageant le site audité (hors périmètre d'étude) et nécessite des études approfondies et des autorisations complexes | |
| A L'ÉCHELLE D'UN BATIMENT : | | |

1.6.2 Déchets organiques valorisables

RESSOURCES

Retrouvez en [Annexe : Les ressources et le principe de la méthanisation](#)

Le biogaz, produit par la méthanisation des déchets organiques valorisables, peut être valorisé de différentes manières :

- par la production d'électricité et de chaleur combinée dans une centrale en cogénération ;
- par la production de chaleur qui sera consommée à proximité du site de production ;
- par l'injection dans les réseaux de gaz naturel après une étape d'épuration (le biogaz devient alors du bio-méthane), ce qui donne une certaine valeur ajoutée au réseau de gaz ;
- par la transformation en carburant sous forme de gaz naturel véhicule (GNV).

TECHNOLOGIES / ÉQUIPEMENTS

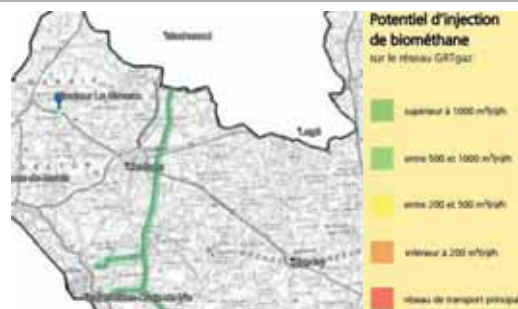
Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) de ce biométhane est de 9,42 kWh/m³, mais il dépend de la composition du biogaz qui **varie en fonction de la nature des déchets et des conditions de fermentation**.

De plus, l'utilisation du biogaz a un **effet bénéfique sur l'effet de serre** : elle permet de brûler le méthane produit lors de la fermentation des déchets et d'éviter ainsi que ce gaz à effet de serre à très fort pouvoir réchauffant ne soit libéré dans l'atmosphère. Il se substitue à d'autres sources d'énergie fossiles, plus polluantes.

A titre d'illustration, une unité moyenne de méthanisation agricole permet, uniquement grâce au traitement d'effluents d'élevage, une réduction des émissions en gaz à effet de serre de près d'un millier de tonne équivalent CO₂

CARTE DU POTENTIEL D'INJECTION DE BIOMETHANE EN VENDEE

SOURCE : [HTTP://WWW.PAYSDELALOIRE.ADEME.FR/](http://www.paysdelaloire.ademe.fr/)



CARTE DES UNITES DE METHANISATION ET DE BIOGAZ

SOURCE : [CARTO.SIGLOIRE.FR](http://carto.sigloire.fr)



| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|-----------------------------|---|--|
| RESSOURCES : | Potentiel d'injection = nulle Volumes et natures des déchets de la future zone = peu de volume en habitat → S'il n'y a pas de corrélation entre les futurs besoins sur site et les déchets produits = plutôt alimenter les unités existantes à proximité que sur une unité de méthanisation ou aller vers de la micro-méthanisation individuel sur site | 😊 Agroalimentaire 😐 ... 😞 Bureaux, habitations |
| EQUIPEMENTS : | Zone non favorable à l'injection | 😞 Pas de filière + pas de potentiel d'injection |
| A L'ECHELLE DU SITE : | + éloignée des réseaux | |
| A L'ECHELLE D'UN BATIMENT : | + pas d'unités de méthanisation à proximité de la zone | |

1.6.3 Récupération d'énergie

| RESSOURCES | | | |
|--|---------------------------------|--|--|
| Il existe des ressources inutilisées d'énergie qui sont des rejets issus des usages quotidiens. Ces rejets se présentent sous la forme de rejets liquides, gazeux ou diffus, désignés sous le terme d'énergie fatale. Il faut toutefois être vigilant du respect des règlements sanitaires en vigueur. | | | |
| TYPOLOGIE DE BATIMENTS | HABITATIONS (BASSE TEMPERATURE) | ACTIVITES (MOYENNE A HAUTE TEMPERATURES) | INDUSTRIE (HAUTE ET TRES HAUTE TEMPERATURES) |
| SOURCES DE RECUPERATIONS D'ENERGIES | REJETS LIQUIDES | - Eaux usées - Eaux de refroidissement et de lavage | - Eaux usées - Eaux de refroidissement et de lavage - Purges de chaudières, condensats de vapeur... |
| | REJETS GAZEUX | - Air de conditionnement = VMC, climatisation | - Air de conditionnement - Air chaud : de séchage, de compresseur (froid et air comprimé) - Buées - Vapeur de procédés ou de flash - Fumées (four industriel, chaudière, incinérateur, turbine...) |
| | REJETS DIFFUS | - / | - Défaut d'isolation des canalisations, des parois et ouvertures non fermées (four, séchoir...) - Refroidissement naturel des produits (métaux, céramiques...) - Chaleur rayonnante |
| VALORISABLE SUR LE SITE | 😊 | 😐 Selon activités des tertiaires | 😞 |

TECHNOLOGIES / ÉQUIPEMENTS

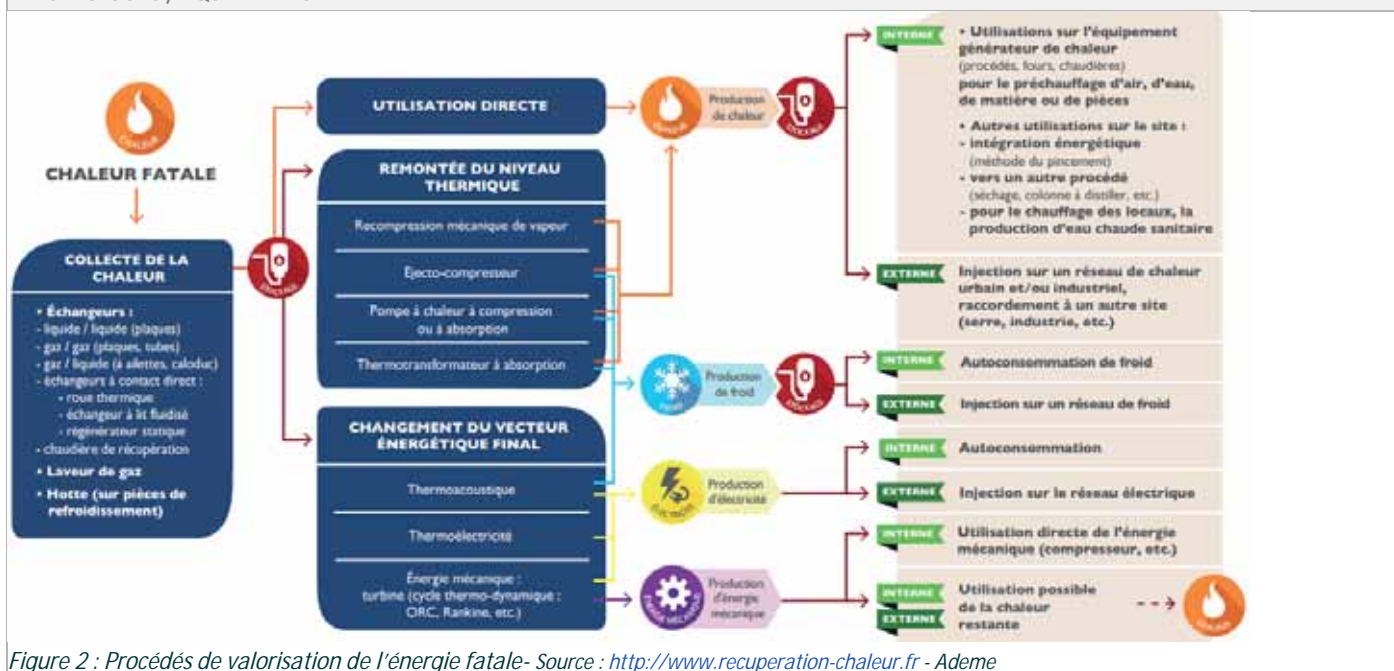





Figure 2 : Procédés de valorisation de l'énergie fatale- Source : <http://www.recuperation-chaleur.fr> - Ademe

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- La récupération d'énergie à plus large échelle peut être étudiée pour être valorisée dans le cas d'un raccordement à un éventuel futur réseau de chaleur de type smart grids thermiques.
- = Pour ceci, il faut à l'échelle du site, une **complémentarité entre les entités productrices et celles consommatrices** = Production / Consommation
- ➔ **Une interaction serait alors à étudier.**

| CRITERES | CONSTATS | POTENTIELS |
|--|---|--|
| RESSOURCES : | Usage de la zone = principalement habitat => gisements énergies à fatale valoriser : liquides, gazeux | 😊 |
| EQUIPEMENTS : A L'ÉCHELLE DU SITE : | - Utilisation directe en chaleur sur site (ou réinjecté sur un réseau de chaleur) | 😊 <i>Nécessite d'être réfléchi très en amont du projet mais potentiel intéressant</i> |
| A L'ÉCHELLE D'UN BATIMENT : | - Remontée en température pour production de chaud ou froid sur site = Echangeur :VMC double flux, Récupération sur eaux usées, Ballon thermodynamique sur air extrait... | |

1.7. CONCLUSION avec potentiels de développement en Energies de Récupération

| TYPES D'ENR&R | SYSTEMES ASSOCIES | POTENTIELS & CONSTATS | PRECONISATIONS D'EQUIPEMENTS |
|---------------------------------|---------------------------|--|---|
| DECHETS NON RECYCLABLES | L'incinération |  -Dans périmètre d'action de l'UIOM Arc en ciel -Non adapté à l'échelle du site | / |
| DECHETS ORGANIQUES VALORISABLES | La méthanisation |  -Peu de ressources en habitat -Pas de potentiel d'injection -Pas d'unités de traitement à proximité | Possibilité de s'orienter vers de la micro-méthanisation individuelle ou de quartier (biométhane = chauffage/ cuisson, électricité, bio-carburant...) |
| REJETS EN CHALEUR FATALE | La récupération d'énergie |  -Nécessite d'être réfléchi très en amont du projet mais potentiel intéressant -Multiples sources et usages valorisables | Echangeurs de chaleur : VMC double flux, récupération sur eaux usées, ballon thermodynamique sur air extrait... |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

Pour rappel des conclusions faite en EnR et additionnées des conclusions en énergies de récupération

Les solutions de dessertes énergétiques pourront s'envisager dans le PHASE 2 de cette étude **sous une unique forme en l'état actuel des choses.**

- **En effet la desserte par réseau de chaleur a été écarté à cette étape du projet**
- = **Aucunes des 6 tranches** ne présentaient une densité thermique au-dessus du seuil critique.
- = Cependant, des possibilités d'évolution de la viabilité seraient **d'augmenter la densité thermique**, soit en augmentant le nombre de logement, soit en augmentant les besoins (plus de mixité d'usage ou élargissant le périmètre bien que les bâtiments existants possèdent déjà des systèmes d'approvisionnement. De plus, il faudrait tendre vers une **mutualisation des énergies perdues/voulues** par smartgrids thermiques entre les bâtiments de l'ensemble du site.
- = Pour finir, il est important de connaître le positionnement du maître d'ouvrage, pour imposer le raccordement et le recours à une énergie ?
- **La desserte sera donc étudiée bâtiment par bâtiment où chacun à sa propre génération d'énergie.**
- = **La commune n'étant pas desservie par le gaz** = il n'y aura pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau. Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques. Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site. Les recours aux EnR seront donc comparés entre eux :
 - Le bois énergie
 - L'aérothermie
- = De plus, pour que le projet soit performant énergétiquement et le moins impactant possible sur l'environnement, les efforts devront porter sur chacune des constructions et installations.
- ➔ La **collectivité** a des leviers d'actions par le règlement du quartier (cf Conclusion avec **préconisations d'aménagement**).
- ➔ Les **gestionnaires/industriels** peuvent avoir recours à des **solutions d'approvisionnement énergétiques complémentaires** aux scénarios retenus afin d'augmenter le mix énergétique en **EnR&R** :
 - Solaire Passif
 - Solaire Photovoltaïque
 - Solaire Thermique
 - Voire Géothermie - selon études de faisabilité
 - Récupération de chaleur fatale

L'enjeu de la PHASE 2 sera de déterminer les impacts environnementaux, techniques et économiques des différentes solutions susceptibles de couvrir les besoins du site.

Le **photovoltaïque** sera incontournable pour tendre vers des bâtiments à énergie positive. Les futures constructions pourront également engager une **réflexion sur la valorisation** de leurs déchets organiques et sur la **récupération d'énergie** de leurs équipements.

2. PHASE II : ETUDE D'APPROCHE EN FAISABILITE ENERGETIQUE

2.1. Contexte énergétique et réglementaire

2.1.1 Données générales sur la gestion de l'énergie dans un projet d'aménagement

Certaines décisions relèvent des acteurs finaux de l'aménagement (acquéreurs des parcelles, constructeurs des bâtiments, occupants, etc.). Il s'agit par exemple des choix suivants : installer ou non des panneaux solaires sur son bâtiment ; raccorder ou non son bâtiment à un réseau de chaleur ; installer ou non un système de chauffage individuel au bois ; etc.

La collectivité ou l'aménageur n'investissent pas directement dans les équipements et ne sont pas responsables de leur exploitation. En revanche, ils peuvent orienter, soutenir ou faciliter ces choix, voire les imposer, via différents mécanismes.

- **Imposer aux constructions de respecter un niveau renforcé en matière de performances énergétiques et environnementales**
- **Favoriser au niveau de la définition du parcellaire de l'aménagement l'orientation des parcelles** permettant d'optimiser les apports solaires, utilisés directement (approche bioclimatique) ou indirectement (panneaux solaires)
- **Subventionner les investissements dans les équipements de production d'énergies renouvelables** ; mettre en place des prêts à taux réduit. Ce type de mesure nécessite des actions à un échelon suffisant, qui est plutôt à l'échelle intercommunale, départementale, voire régionale, et qui dépasse donc généralement le niveau du simple aménagement
- **Informer sur les subventions et autres mécanismes mobilisables** auprès d'autres acteurs, comme par exemple les certificats d'économie d'énergie.

2.1.2 Données régionales sur la maîtrise de l'énergie

Une première piste de réflexion peut être le **SRCAE des Pays de La Loire**. En effet, la région a mis en place son schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) en 2014.

Ce schéma fixe :

- une **baisse de 23% de la consommation régionale d'énergie** par rapport à la consommation tendancielle (consommation qui serait atteinte en l'absence de mesures particulières) ;
- une **stabilisation des émissions de GES à leur niveau de 1990**, ce qui, compte tenu de la progression démographique, représente une baisse de 23% des émissions par habitant par rapport à 1990 ;
- un développement de la **production d'énergies renouvelables conduisant à porter à 21%** la part de ces dernières dans la consommation énergétique régionale.

Pour y parvenir, le schéma propose des actions à mettre en œuvre par secteur avec 29 fiches d'orientations.

De ceci en a découlé la **stratégie régionale de transition énergétique (SRTE)** qui fixe les objectifs suivants :

- **diviser par 2 la quantité d'énergie consommée** à l'horizon 2050, (30% d'ici 2030)
- **stabiliser la consommation électrique** et produire l'équivalent en volume avec des énergies renouvelables (notamment marines) issues du territoire,
- réduire fortement la dépendance du secteur des transports à la consommation de pétrole,
- **diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre** (travail à approfondir sur le secteur agricole).

Avec comme stratégie pour y parvenir :

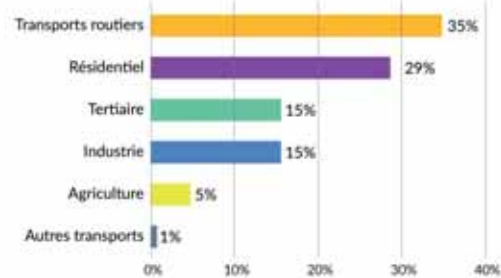
- Consommer moins et mieux l'énergie
- Faire de la transition énergétique un moteur de développement du territoire
- Outiller le faire-ensemble

Cette fois-ci ce sont [30 fiches actions](#) qui regroupe les opportunités par secteurs.

REPARTITION PAR SECTEUR DE LA CONSOMMATION ET DES EMISSIONS DE GES EN PDL

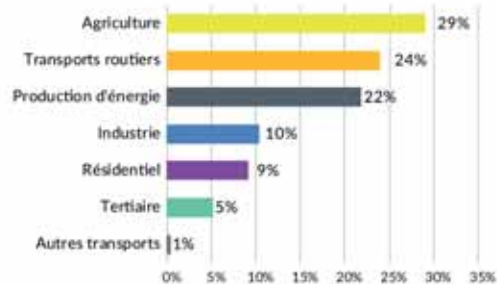
SOURCE : [HTTP://WWW.DROPEC.FR/CHIFFRES-CLES/](http://www.dropec.fr/chiffres-cles/)

Part de la consommation d'énergie par secteur en 2012



Source : Air Pays de la Loire - inventaire Basemis©

Part des émissions de GES par secteur en 2012

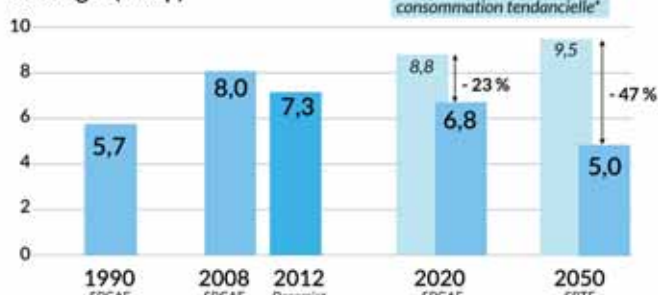


Source : Air Pays de la Loire - inventaire Basemis*

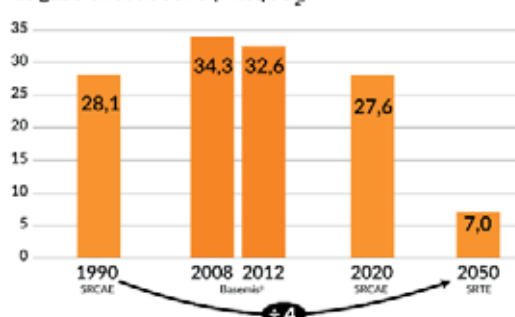
ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ET DES EMISSIONS DE GES SOUHAITEE EN PDL

SOURCE : [HTTP://WWW.DROPEC.FR/CHIFFRES-CLES/](http://www.dropec.fr/chiffres-cles/)

Évolution de la consommation régionale annuelle d'énergie (Mtep)



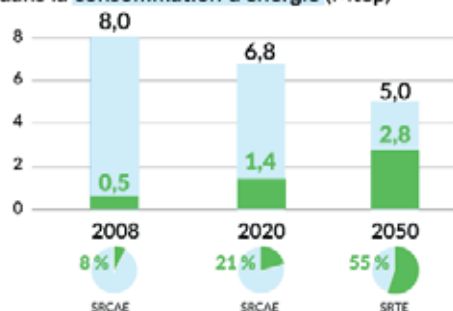
Évolution des émissions régionales annuelles de gaz à effet de serre (MteqCO₂)



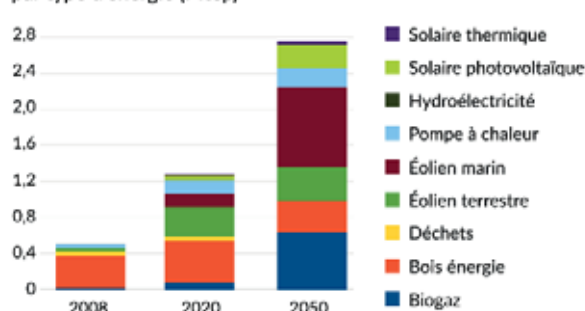
ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION ET DES ENR SOUHAITEE EN PDL

SOURCE : [HTTP://WWW.DROPEC.FR/CHIFFRES-CLES/](http://www.dropec.fr/chiffres-cles/)

Évolution de la production d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie (Mtep)



Prévisions d'évolution de la production d'énergies renouvelables par type d'énergie (Mtep)



2.1.3 Données réglementaires sur la performance énergétique

Une réglementation thermique, RT2012 actuellement en vigueur, permet de fixer des objectifs de résultats en performances énergétique (bioclimatisme, consommations, confort d'été) et de objectifs de moyens avec des garde-fous (compteurs d'énergie, protections solaires...).

Retrouvez en [Annexe : Les principes de la réglementation thermique RT2012.](#)

La réglementation thermique évoluant régulièrement, les futurs bâtiments des sites conçus à l'heure actuel seront peut-être soumis lors de leur dépôt de permis de construire à des RT plus drastique. En effet, le but étant de diminuer la consommation énergétique dans le secteur du bâtiment au fil des années.

Dès à présent on sait qu'une nouvelle réglementation thermique devrait voir le jour courant 2020 :

- Afin de préparer la future réglementation thermique, l'état propose un nouveau label sous forme de phase d'expérimentation de bâtiments à énergie positive et à faible empreinte carbone : le **label E+ C-**. Le but de cette démarche est d'engager les acteurs de la filière à construire des bâtiments plus performants que ne le prévoient les réglementations actuelles. Cela permet de créer une dynamique et sert de moteur à l'innovation des systèmes énergétiques et des procédés constructifs à faible empreinte carbone.
- En 2020, une nouvelle réglementation devrait voir le jour, la Réglementation Bâtiment Responsable 2020 (RBR 2020), elle s'appuiera sur le retour d'expérience du label E+C-, avec l'ajout de nouveaux critères (**bien être des occupants, analyse de cycle de vie du bâtiment**, etc.).



Nota : à l'heure actuelle de la définition des bâtiments à énergie positive, la consommation de bois n'est pas à compenser par une production d'énergie.

Retrouvez en [Annexe : Les futures réglementations thermiques.](#)

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Pour la suite de l'étude, nous nous baserons sur les données chiffrées en termes de performances énergétiques, connues à l'heure actuelle (à savoir RT2012) pour l'estimations des futurs besoins du site. Ce dernier sera très probablement construit avec une autre réglementation en vigueur (Label E+C- ou RBR 2020) et aura donc des consommations moindres.
- = **Performances prises en compte = RT2012 -15 %**, selon le phasage dans le temps.
- ➔ **A NOTER :** les consommations étudiées ne portent que sur la SRT : surface thermique, autrement-dit sur les surfaces chauffées des bâtiments (Habitation, bureaux, vestiaires, salle pause, réunion...). Donc les consommations faites en partie non chauffée : garage, atelier, chaîne de transformation, stockage... ne sont pas comptabilisées. Cependant, celles-ci peuvent être très importantes (ex : activités industrielles et pourraient remettre en cause toute la problématique énergétique de la zone) notamment par de forts besoins de froid ou d'électricité. Mais ces besoins fluctuants selon l'activité sont écartés car trop incertains à ce stade de l'étude.

Pour le type de bâtiments du site étudié, les valeurs prises en comptes pour les volumes chauffés sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

| Données de base pour l'Estimation des besoins en chaleur | | | |
|--|--------------------|---|------------------|
| Zone climatique | . | H2b | |
| Altitude | . | <400m | |
| Usage | . | MAISONS INDIVIDUELLES ou EN BANDES | LOGEMENTS |
| Catégorie | . | CE1 | |
| Conso conventionnelles Cep max | kWhEP=EF/m²SRT.an | 70 | 74 |
| Conso non conventionnelles | kWhEF/m²/an | 75 | 72 |
| Objectif performance | Par rapport RT2012 | -15% | |
| Ratio des consommations | kWhEF/m²/an | 123 | 124 |
| Part estimée du chauffage | % | 30% | 33% |
| Part estimée ECS | % | 15% | 13% |
| Part estimée de l'électricité | % | 55% | 55% |

Dans le cas d'une utilisation locale de bois énergie comme énergie principale utilisée pour la production de chauffage, le coefficient Cep max est multiplié par 1,3. Dans le cas où le bâtiment ou la partie de bâtiment est raccordé à un réseau de chaleur et/ou de froid, le coefficient Cep max peut se voir appliquer un coefficient allant jusqu'à 1,3 (selon le contenu CO₂ des réseaux).

⇒ **Classement au bruit des baies, selon la réglementation thermique RT2012**

Selon la réglementation thermique RT2012, le classement d'exposition au bruit des baies des bâtiments vis-à-vis de d'une route de catégorie 3 en vue directe sera de niveau :

| LA CLASSE D'EXPOSITION AU BRUIT | | |
|---------------------------------|-----|---|
| DE 0 A 100M | BR3 | correspond à l'obligation d'un renforcement de l'isolement acoustique au delà des 30 dB de la réglementation acoustique. |
| DE 100 A 250M | BR2 | correspond à des niveaux d'exposition plus faibles, spécifiques aux règles thermiques (renforcement des protections solaires ou autres dispositifs évitant la surchauffe des bâtiments sachant que l'ouverture des fenêtres sera délicate en raison de la nuisance sonore). Influence sur le Cep |
| AU-DELA DE 250M | BR1 | correspond à une faible exposition. Cep reste identique |

EXTRAIT DE LA CARTE DE CLASSEMENT DES INFRASTRUCTURES AU BRUIT

SOURCE : [HTTP://CARTELIE.APPLICATION.DEVELOPPEMENT-DURABLE.GOUV.FR](http://cartelie.application.developpement-durable.gouv.fr)



| INFRASTRUCTURE | CLASSEMENT SONORE DE L'INFRASTRUCTURE | DISTANCE A L'INFRASTRUCTURE | CLASSEMENT AU BRUIT D'UNE BAIE |
|----------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| ∅ | ∅ | ∅ | BR1 |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Le site n'est pas en zone d'influence d'infrastructures routières,
- = Les bâtiments du site ne seront pas soumis à des contraintes de l'exposition au bruit des baies.
- ➔ **En RT2012 = pas en classement CE2 en habitat, donc pas de Cep max moins exigeants du fait des contraintes supplémentaires.**

2.2. Analyse des besoins énergétiques

2.2.1 Besoins énergétiques en éclairage public

RESSOURCES

En France, l'énergie consommée par l'éclairage public représente :

- 41 % des consommations d'électricité des collectivités territoriales ;
- 16 % de leurs consommations toutes énergies confondues ;
- 37 % de leur facture d'électricité.

Même si la consommation moyenne pour une commune a diminué de 6 % par rapport à 2005, la dépense associée est restée stable du fait d'une forte augmentation du coût de l'électricité.

TECHNOLOGIES / ÉQUIPEMENTS

Les besoins en éclairage public correspondent à **l'éclairage des nouvelles voies publiques de desserte**.

Les voiries ont différentes fonctions : voirie primaire, secondaires, palettes de retournement, parking, rond-point. La présence et la densité d'éclairage sera dictée par les impératifs de sécurité.

Le choix des éclairages se portera sur les dernières générations de lampes (iodures métalliques, fluorescentes ou LED selon l'usage). Les réflecteurs et la hauteur des mats seront optimisés. Attention enfin à choisir des lampes dont la qualité de la lumière répond bien aux objectifs : le **rendu des couleurs** (IRC), et la **température de couleur** (kelvins), sont à cet égard déterminants.

➔ Pour l'éclairage **d'accentuation**, les systèmes à LED offrent de nombreux avantages : compacité, durabilité donc maintenance très réduite, faisceaux étroits plus facile à réaliser, lumière colorée efficace, faible consommation, maintien des performances même avec des températures basses, pilotage des niveaux d'éclairement (scénographie...).

➔ Pour l'éclairage **d'ambiance et le balisage**, les solutions en lampes fluocompactes ou iodures métalliques peuvent aussi être mises en œuvre, avec des possibilités de gestion parfois plus limitées.

DETECTER LA PRESENCE D'UN PIETON, D'UN CYCLISTE, D'UN VEHICULE, DE MANIERE A ADAPTER L'ECLAIRAGE PUBLIC EN CONSEQUENCE
SOURCE : SMARTNODES



INSTALLATION D'ECLAIRAGE PUBLIC EN SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE
SOURCE : HTTP://WWW.NOVEA-ENERGIES.COM




Lampadaires solaires sur un parking, réalisé en collaboration avec Nantes Métropole, le MOe est la Mairie de Saint-Aignan de Grand lieu et l'installateur est Bouygues Energies et Services.

| | |
|---------------------|-------------|
| Panneau solaire | 270 Wc |
| Hauteur de feu | 6 m |
| Puissance | 50W |
| Intensité lumineuse | 5500 lumens |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Un éclairage public bien conçu et bien utilisé consomme en moyenne **4 fois moins d'énergie** qu'une installation classique pour la même efficacité en rendu lumineux.
- ➔ Réduire les **puissances** par point lumineux pour diminuer les consommations.
- = *Comparaison d'économies d'énergie réalisable sur 50 mâts selon leur typologie :*

| Comparaison des typologies d'éclairage | | Valeur Limite = Classique | Valeur Cible = Nouvelle génération LED | ECONOMIES |
|--|--------|---------------------------|--|---------------|
| Coût de l'installation | € | 50 000 | 90 000 | 40 000 |
| Périodicité de remplacement | ans | 4 | 10 | 6 |
| Consommation | MWh/an | 22 | 9 | -13 |
| Consommation moyenne prise en référence pour la suite de l'étude | MWh/an | | 16 | / |
| Coût annuel de consommations | € | 3 200 | 1 250 | -1 950 |
| Temps de retour | ans | / | 21 | / |







Bien que le temps de retour théorique reste long, celui-ci sera réduit si le tarif de l'électricité augmente. Sans compter sur la baisse à venir des équipements.

- ➔ Une **réduction de l'éclairement** voire une **extinction partielle** de l'éclairage public, permettra de réaliser des économies d'énergies supplémentaires.
 - Détecteur de présence ou de mouvement
 - Détecteur de niveau de lumière du jour
 - Programmation horaire et hebdomadaire (Ex : Sans interruption = 4300h/an si extinction entre 23h et 3h plus que 2920 h/an)
- ➔ Avoir recours aux énergies renouvelables : **solaire photovoltaïque**.

2.2.2 Analyse des besoins en stationnements, transports collectifs, cheminements doux

| |
|--|
| <p>CONTEXTE</p> <p>Bien que non directement inclus dans une étude de potentiel de développement en énergies renouvelables, la question des déplacements induits par les nouvelles activités est à prendre en compte, à deux titres :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La consommation induite : carburant lié aux déplacements : des usagers, des visiteurs, des fournisseurs, des véhicules lourds associés à l'activité de logistique... • La création ou le renforcement de la desserte. <p>A une échelle plus large, la question des transports liés à l'activité intrinsèque de l'entreprise doit être étudiée (transport routier, transport ferroviaire...). Un bilan carbone de l'activité peut permettre de fixer les axes d'améliorations.</p> |
|--|

| CONTINUITES PIETONNES | TRANSPORTS EN COMMUNS | |
|---|--|---|
| <p>SOURCE : SCHÉMA GÉNÉRAL D'AMÉNAGEMENT ACTUALISÉ - MARS 2019 – VOIX MIXTE – SAET</p> | <p>SOURCE : HTTPS://ALEOP.PAYSDELAOIRE.FR/PLAN-DU-RESEAU-1</p> | <p>SOURCE : TER.SNCF.COM</p> |
|  |  |  |
| <p>Diverses cheminements piétons seront aménagés sur chacun des secteurs permettant de relier les liaisons existantes et donc les pôles de centralités.</p> | <p>La commune dispose d'un arrêt de bus sur la ligne régulière 171 « La Roche-sur-Yon / Noirmoutier »</p> <ul style="list-style-type: none"> - Saint Gervais - Rue des Primevères (parking) | <p>La commune ne dispose pas de liaisons régionales mais elle est à proximité de diverses lignes ferroviaires et autocars</p> |

| CALCULETTE ECO DEPLACEMENT | AIRES DE COVOITURAGE | STATION GNV |
|---|---|---|
| <p>SOURCE : HTTP://WWW3.ADEME.FR/ECO-COMPARATEUR/</p> | <p>SOURCE : HTTP://WWW.VENDEE.FR/TERRITOIRE-ET-ENVIRONNEMENT/TRANSPORTS-CIRCULATION/LES-AIRES-DE-COVOITURAGE-DEPARTEMENTALES</p> | <p>SOURCE : HTTP://WWW.GAZ-MOBILITE.FR/STATIONS-GNV-FRANCE/</p> |
|  |  |  |
| <p>La voiture reste prédominante dans les déplacements domicile-travail.</p>  |  |  |
| <p>L'ADEME met à disposition du public un outil de comparaison intermodale : la calculatrice Eco-déplacements qui permet de calculer et comparer l'impact des déplacements domicile-travail en termes de coûts, de consommation d'énergie et d'émissions de CO2.</p> | <p>Pas d'aires de co-voiturage de répertorié à proximité.</p> | <p>Pas de station à proximité</p> |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Pour le déplacement, est prévu une continuité des **liaisons douces**.
- = Prévoir par exemple l'installation **d'abri pour les deux-roues**, prise de **recharge pour vélos électriques**...
- ➔ Desservir le site par ces nouveaux cheminements doux permettra de **réduire l'impact des déplacements** et ainsi **limiter les émissions de gaz à effet de serre**, mais aussi participer à la **préservation de la qualité de l'air**.

2.2.3 Besoins énergétiques des bâtiments

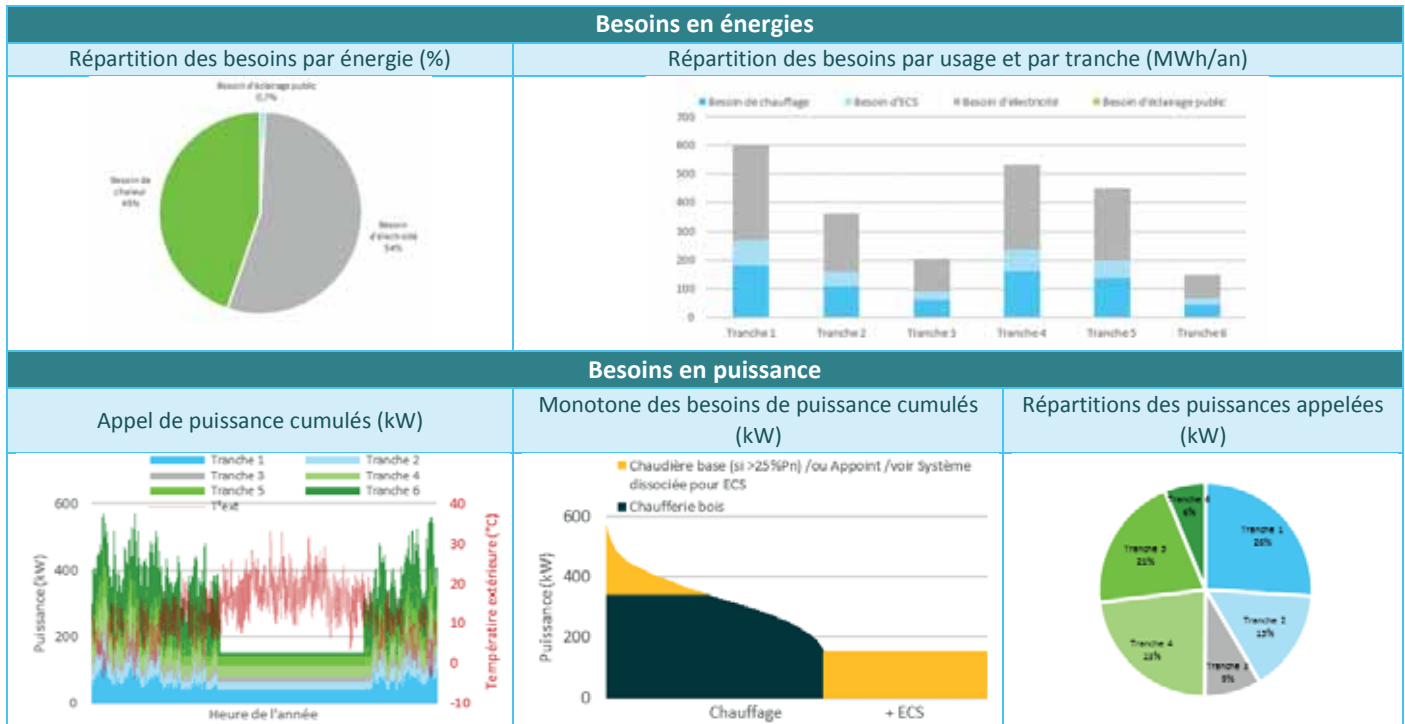
REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Les hypothèses de calculs pour la suite de l'étude se baseront sur les données connues à ce jour. Diverses estimations ont été prise pour estimer la consommation des parties chauffés des futurs bâtiments :
 - = Premièrement, à partir des surfaces de lots ont été estimées **des surfaces thermiques (SRT)**.
 - = Deuxièmement, les consommations se basent sur le référentiel actuel qu'est la RT2012, puis y est appliqué un objectif de performance énergétique qui correspondra à tendre vers la RBR2020. **Performances prises en compte = RT2012 -15 %**, selon le phasage dans le temps.
 - = Pour finir, les besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) ont été estimés à partir de **ratio des répartitions des usages**.
- ➔ **A NOTER** : les consommations étudiées ne portent que sur la SRT : surface thermique, autrement-dit sur les surfaces chauffées des bâtiments (Habitation, bureaux, vestiaires, salle pause, réunion...). Donc les consommations faites en partie non chauffée : garage, atelier, chaîne de transformation, stockage... ne sont pas comptabilisées. Cependant, celles-ci peuvent être très importantes (ex : activités industrielles et pourraient remettre en cause toute la problématique énergétique de la zone notamment par de forts besoins de froid ou d'électricité. Mais ces besoins fluctuants selon l'activité sont écartés car trop incertains à ce stade de l'étude.

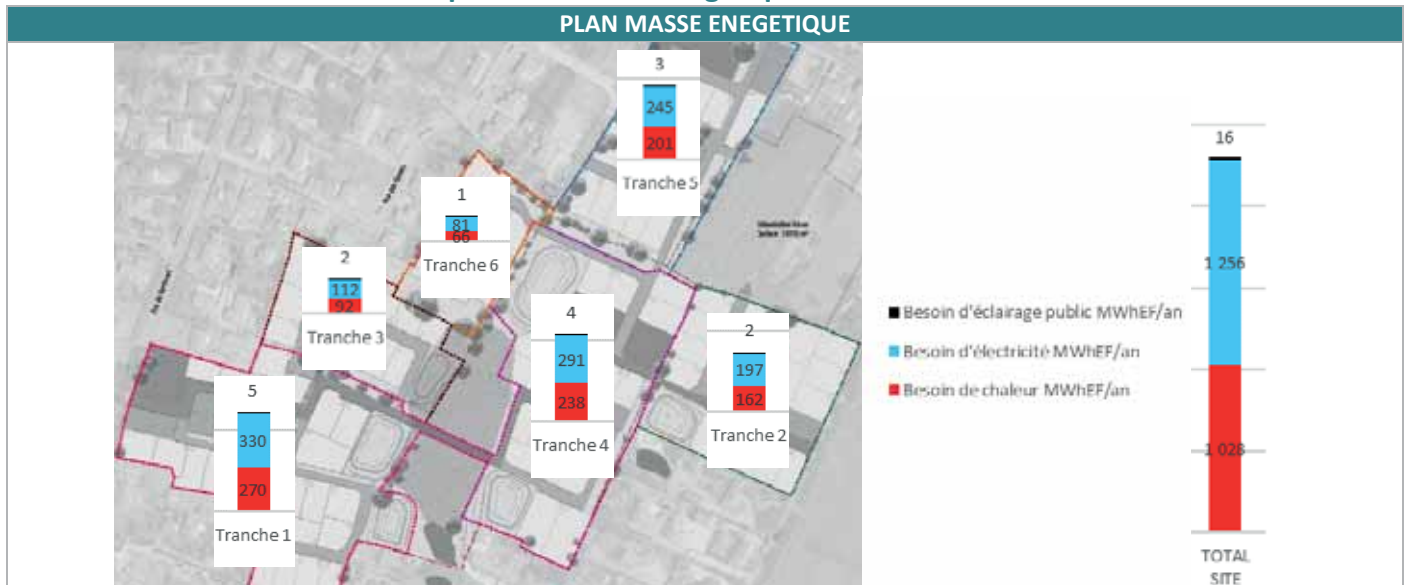
➔ Retrouvez le détail par secteur en [Annexe : détails des hypothèses de surfaces](#).

| Estimation des besoins en CHALEUR et en PUISSANCE – des MAISONS INDIVIDUELLES ou EN BANDES | | | | | | | | |
|--|----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|
| Zone climatique | . | H2b | | | | | | H2b |
| Altitude | . | <400m | | | | | | <400m |
| Usage | . | Maisons individuelles ou en bandes | | | | | | TOTAL MAISONS |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | |
| Surface SRT | m² SRT | 4 147 | 2 916 | 1 652 | 3 402 | 2 819 | 1 199 | 16 135 |
| Besoin de chauffage | MWhEF/an | 153 | 108 | 61 | 126 | 104 | 44 | 596 |
| Besoin d'ECS | MWhEF/an | 77 | 54 | 31 | 63 | 52 | 22 | 298 |
| Besoin de chaleur | MWhEF/an | 230 | 162 | 92 | 188 | 156 | 66 | 894 |
| Besoin d'électricité | MWhEF/an | 281 | 197 | 112 | 230 | 191 | 81 | 1 092 |
| Estimation des besoins en CHALEUR et en PUISSANCE – des LOGEMENTS | | | | | | | | |
| Zone climatique | . | H2b | | | | | | H2b |
| Altitude | . | <400m | | | | | | <400m |
| Usage | . | Logements | | | | | | TOTAL LOGEMENTS |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | |
| Surface SRT | m² SRT | 713 | 0 | 0 | 882 | 797 | 0 | 2 393 |
| Besoin de chauffage | MWhEF/an | 29 | 0 | 0 | 36 | 32 | 0 | 97 |
| Besoin d'ECS | MWhEF/an | 11 | 0 | 0 | 14 | 12 | 0 | 37 |
| Besoin de chaleur | MWhEF/an | 40 | 0 | 0 | 49 | 45 | 0 | 134 |
| Besoin d'électricité | MWhEF/an | 49 | 0 | 0 | 60 | 55 | 0 | 164 |
| Estimation des besoins en CHALEUR et en PUISSANCE – du SITE COMPMET | | | | | | | | |
| Zone climatique | . | H2b | | | | | | H2b |
| Altitude | . | <400m | | | | | | <400m |
| Usage | . | Maisons individuelles ou en bandes + Logements | | | | | | TOTAL SITE |
| Phase | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | |
| Surface SRT | m² SRT | 4 861 | 2 916 | 1 652 | 4 284 | 3 616 | 1 199 | 18 528 |
| Besoin de chauffage | MWhEF/an | 182 | 108 | 61 | 161 | 136 | 44 | 693 |
| Besoin d'ECS | MWhEF/an | 88 | 54 | 31 | 77 | 64 | 22 | 335 |
| Besoin de chaleur | MWhEF/an | 270 | 162 | 92 | 238 | 201 | 66 | 1 028 |
| Besoin de puissance max | kW | 148 | 89 | 49 | 131 | 118 | 36 | 570 |
| Besoin d'électricité | MWhEF/an | 330 | 197 | 112 | 291 | 245 | 81 | 1 256 |
| Besoin d'éclairage public | MWhEF/an | 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 16 |

2.3. CONCLUSION avec besoins énergétiques de la future zone (pour les zones chauffées au sens RT)



2.3.1 CONCLUSION avec plan de masse énergétique



| RECAPITULATIF ENERGETIQUE | | | Maisons + Logements | | | | | | TOTAL SITE |
|--|--------------------|--|---------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|
| Phase | | | Tranche 1 | Tranche 2 | Tranche 3 | Tranche 4 | Tranche 5 | Tranche 6 | |
| Surface SRT | m ² SRT | | 4 861 | 2 916 | 1 652 | 4 284 | 3 616 | 1 199 | 18 528 |
| Nombre de logements | nbr | | 37 | 23 | 13 | 38 | 29 | 8 | 148 |
| Nombre de tertiaire | m ² | | | | | | | | 0 |
| Besoin de chauffage | MWhEF/an | | 182 | 108 | 61 | 161 | 136 | 44 | 693 |
| Besoin d'ECS | MWhEF/an | | 88 | 54 | 31 | 77 | 64 | 22 | 335 |
| Besoin de chaleur | MWhEF/an | | 270 | 162 | 92 | 238 | 201 | 66 | 1 028 |
| Besoin d'électricité | MWhEF/an | | 330 | 197 | 112 | 291 | 245 | 81 | 1 256 |
| Besoin d'éclairage public | MWhEF/an | | 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 16 |
| Densité thermique, d= (valeur seuil d>1,5) | MWh/ml.an | | 0,87 | 1,06 | 0,90 | 0,90 | 0,99 | 1,24 | 0,95 |
| Durée d'utilisation équivalent Heq = (valeur seuil Heq>2000) | h | | 3 031 | 3 037 | 3 105 | 3 029 | 2 839 | 3 105 | 3 003 |
| Puissance à installer | kW | | 148 | 89 | 49 | 131 | 118 | 36 | 570 |
| Puissance chaudières bois Pn 60% | kW | | 89 | 53 | 29 | 79 | 71 | 21 | 342 |

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Ni le site complet, ni l'une des 6 tranches ne présente pas de densité thermique et de durée d'utilisation au-dessus des seuils critiques
- = Le recours à un réseau de chaleur et donc froid, n'est pas adapté par secteur, ni pour le site complet
- ➔ **ENJEU : étudier les solutions par bâtiments les plus adaptées en matière de recours ENR&R**

2.4. Propositions de dessertes énergétiques

Différentes propositions de dessertes énergétiques peuvent être proposées pour l'aménagement d'un site :

- Soit par une desserte globale à l'échelle du site (autrement dit une solution d'approvisionnement collective par réseau de chaleur/froid),
- Soit par une desserte par bâtiment (autrement dit chaque bâtiment à son propre équipement de production énergétique)
- et pour finir une desserte complémentaire en ajout aux dessertes précédentes afin d'augmenter le mix énergétique avec une part accrue en EnR&R.

2.4.1 Desserte globale à l'échelle du site

Les conclusions sur le potentiel de développement en EnR&R, n'ont pas permis de mettre en évidence que **la desserte par un réseau de chaleur pourrait être appropriée pour le site** en l'état actuel des choses.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- **En effet la desserte par réseau de chaleur a été écarté à cette étape du projet**
- = **Aucunes des 6 tranches** ne présentaient une densité thermique au-dessus des seuils critiques.
- = Cependant, des possibilités d'évolution de la viabilité seraient **d'augmenter la densité thermique**, soit en augmentant le nombre de logement, soit en augmentant les besoins (plus de mixité d'usage ou élargissant le périmètre bien que les bâtiments existants possèdent déjà des systèmes d'approvisionnement. De plus, il faudrait tendre vers une **mutualisation des énergies perdues/voulues** par smartgrids thermiques entre les bâtiments de l'ensemble du site.
- = Pour finir, il est important de connaître le positionnement du maître d'ouvrage, pour imposer le raccordement et le recours à une énergie ?

Avant d'écarter définitivement cette solution,

1. La maîtrise d'ouvrage doit prendre conscience des avantages et inconvénients d'un réseau de chaleur :

Pour ce faire, chaque critère sera décrit avec des symboles caractérisant les avantages : ✓, des contraintes : ✗.

| Comparaison multicritère des approches Globales | Scénario écarté à l'heure actuelle |
|---|--|
| | RESEAU CHALEUR |
| Technique | <p align="center">Equipements lourds mais performance technique</p> <p>✓ Le recours au réseau de chaleur permet une meilleure efficacité énergétique par la mutualisation des moyens de production (matériels plus performants et maintenance plus efficace)</p> |
| Pratique | <p align="center">Nécessite un montage administratif particulier et un suivi d'exploitation régulier</p> <p>✗ Montage financier et juridique plus lourd ✗ Maintenance et entretien doivent être réguliers et rigoureux ✓ Souplesse d'adaptation des réseaux de chaleur à des sources d'énergies variées ✓ Sécurisation d'approvisionnement ✓ Mise en place de nouvelles énergies (récupération chaleur fatale ...)</p> |
| Economique | <p align="center">Investissement conséquent</p> <p>✗ Investissement conséquent, mais mutualisé grâce au réseau ✓ Cout global stable et maîtrisé sur la durée d'exploitation du contrat ✓ Possibilité d'avantages financiers (si >50% EnR&R) : o TVA à 5,5% applicable o Dispositif d'aides ADEME o Fonds chaleur</p> |
| Environnemental | <p align="center">Impact de la chaufferie et rejets maîtrisés</p> <p>✓ Le réseau de chaleur permet une meilleure performance environnementale avec le recours à des énergies décarbonées et participe à la diminution de l'empreinte carbone de la ville (Seul un réseau de chaleur permet d'introduire massivement des EnR&R à l'échelle d'un territoire et plus particulièrement énergies locales, inexploitable par ailleurs) ✓ Sources d'énergie pouvant être en majorité renouvelables (bois, géothermie, chaleur fatale) ✓ Niveau d'émissions de polluants très inférieurs par la mutualisation d'équipements plus performants et mieux suivi = participe à améliorer la qualité de l'air de la ville (Meilleur control des rejets de fumées de combustions, avec traitement des fumées performant et un contrôle régulier = moins impactant qu'en solution individuelle) ✗ Nuisances liées à l'approvisionnement : camion, bruit ✗ Impact visuel de la chaufferie bois sur le site, mais pas d'impact de chaufferie à l'échelle de chaque bâtiment</p> |
| Social | <p align="center">Démarche durable (Economie, social, environnement)</p> <p>✗ Nécessite une volonté politique forte ✓ Mutualisation des moyens de production = sécurisation de l'approvisionnement en chaleur pour les usagers ✓ Prix modéré et fixe dans la durée = accessible à tous (logements sociaux, lutte contre la précarité énergétique) ✓ Recours aux EnR&R accessible à tous ✓ Permet une politique d'autonomie énergétique sur le territoire en réduisant la dépendance aux énergies fossiles et d'importation ✓ Permet de créer des filières locales et des emplois non délocalisables ✓ Fait fonctionner la filière local biomasse (3 à 4 x plus d'activités qu'en fossile)</p> |

2. Ensuite la maîtrise d'ouvrage devra répondre aux questions suivantes :

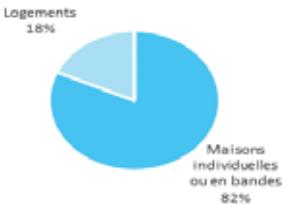
- **La volonté politique de créer un réseau de chaleur est-elle présente ?**

- Quelles seraient les contraintes à raccorder les bâtiments (futurs ou existants) du vendéopôle ?
- Quelles seraient les contraintes de densifier l'extension du vendéopôle ?
- Etude de faisabilité Réseau de chaleur + Consultation ADEME pour soutien financier doivent-elles être entamées ?

2.4.2 Desserte par bâtiment

Si la solution d'approvisionnement collective par réseau de chaleur est écartée, **le site devra privilégier des solutions énergétiques performantes par bâtiment.**

En travaillant individuellement, les installations électriques, de chauffage et de refroidissement pourront être dimensionnées au plus juste selon les spécificités de chaque bâtiment.

| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none">Le site comprend uniquement des bâtiments d'habitations, dont :<ul style="list-style-type: none">82% de maisons individuelles ou en bandes18% de logementsLa suite de l'étude s'attachera à détailler les résultats pour l'habitation individuelle et le logement au vu des parts prédominantes sur le site. | <p>Ratio par typologie</p>  <table border="1"><thead><tr><th>Typologie</th><th>Pourcentage</th></tr></thead><tbody><tr><td>Logements</td><td>18%</td></tr><tr><td>Maisons individuelles ou en bandes</td><td>82%</td></tr></tbody></table> | Typologie | Pourcentage | Logements | 18% | Maisons individuelles ou en bandes | 82% |
|--|--|-----------|-------------|-----------|-----|------------------------------------|-----|
| Typologie | Pourcentage | | | | | | |
| Logements | 18% | | | | | | |
| Maisons individuelles ou en bandes | 82% | | | | | | |

RAPPEL, ces approvisionnements pourraient être envisager sous différentes formes de scénarios :

| |
|---|
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <ul style="list-style-type: none">La desserte sera donc étudiée bâtiment par bâtiment où chacun à sa propre génération d'énergie.La commune n'étant pas desservie par le gaz = il n'y aura pas de comparaison avec le scénario de référence en gaz de réseau. Le recours au gaz propane et au fioul sont à proscrire pour des raisons écologiques. Le recours à l'électricité en effet joule (radiateurs électriques) + installation solaire photovoltaïque est une solution d'approvisionnement réservée aux constructions bioclimatiques poussées (passives) = non généralisables à l'ensemble des constructions du site. <p>Les recours aux EnR seront donc comparées entre eux :</p> <ul style="list-style-type: none">Le bois énergieL'aérothermie |
|---|

2.4.3 Desserte complémentaire

RAPPEL, en complément des deux approches présentées précédemment, des systèmes complémentaires ayant recours aux EnR&R peuvent être intéressants voire incontournables pour tendre vers des bâtiments performants énergétiquement (à énergie positive) :

| |
|---|
| <p>REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :</p> <p>➔ Les constructeurs peuvent avoir recours à des solutions d'approvisionnement énergétiques complémentaires aux scénarios retenus afin d'augmenter le mix énergétique en EnR&R :</p> <ul style="list-style-type: none">Solaire PassifSolaire PhotovoltaïqueSolaire ThermiqueVoire Géothermie - selon études de faisabilitéRécupération de chaleur fatale |
|---|

2.5. Comparaison énergétique multicritères – approches globale et par bâtiment

L'enjeu à présent est de comparer les différents scénarios d'approvisionnements énergétiques selon les critères **technique, gestion, économie, environnement et social**.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Comme évoqué précédemment, les besoins en énergies sont estimés. Les scénarios seront donc comparés uniquement de manière qualitative et non quantitative car trop incertains à ce stade de l'étude.

CONTEXTE ECONOMIQUE DES ENERGIES

- Le marché national du gaz est indexé directement sur les cours mondiaux du pétrole. C'est un marché de masse, où plus la demande est importante plus le prix de l'énergie baisse.
= Ceci rend son prix très variable et incertains dans le temps, avec une tendance globale à la hausse au vu de la raréfaction des ressources.
 - En revanche, le marché national de l'électricité est spécifique par le contexte français orienté majoritairement vers nucléaire, avec un prix très bas de l'énergie. Les évolutions environnementales et sociétales dans les prochaines années, mais également la gestion de la fin de vie des centrales, vont petit à petit nous emmener vers des énergies de substitution (EnR&R) au nucléaire. Une hausse de prix de l'énergie est donc à envisager 4 à 10 %. De plus, l'électricité est un marché de réseau où le prix de l'énergie a une part importante liée à l'approvisionnement.
= L'ouverture des marchés participe à renforcer cette dynamique de volatilité des prix.
- ➔ **Pour juger du critère économique d'un projet, il ne faut donc pas se baser uniquement sur le cout de l'énergie (€/kWh) mais bien par une approche globale pour juger de la compétitivité d'un projet. Une énergie peut être plus cher à l'achat mais plus compétitive en cout global par des subventions, une stabilité dans le temps, des avantages fiscaux...**

EMISSIONS DE GES

- Les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont exprimées en équivalent CO2 mais elles regourent d'autres polluants.
= Par ailleurs d'autres émissions peuvent avoir un impact environnemental comme les déchets nucléaires ou les émissions de SO2 et NOx responsables notamment des pluies acides.
= Tout comme, l'impact sur l'effet de serre des fluides frigorigènes des pompes à chaleur.

Pour ce faire, chaque critère sera divisé en différents items avec :

- une description des points les plus significatifs propres chaque solution (liste non exhaustive)
- une notation comparative allant de 5 (scénario présentant des atouts certains pour l'item en question) à 0 (scénario moins pertinent sur cet item)

Scénarios énergétiques envisagés PAR BATIMENT :

| RESSOURCES | | | | |
|------------------------------------|------------------------|---|---|---------|
| | Scénario référence : Ø | Scénario 1 : BOIS ENERGIE | Scénario 2 : AEROTHERMIE | |
| Gestion / Approvisionnement | | -Ressource locale EnR -Nécessite d'être acheminé + place de stockage -Nécessitera tout de même le réseau de distribution électrique présents en accroches du futur site | -Ressource disponible sur site et considérée EnR (air) -Nécessitera tout de même le réseau de distribution électrique présents en accroches du futur site | 3 / 5 |
| Économie | | -Limite le recours à un contrat électrique trop conséquent -Prix de l'énergie moins cher et plus stable | -Contrat électrique pouvant être plus conséquent bien que EnR -Prix de l'énergie fluctuant à la hausse | 4 / 3 |
| Environnement | | -Source d'énergie renouvelable et neutres en émissions équivalent CO2, à condition de s'approvisionnement en bois issue d'exploitation durable -Pour le bois granulé de l'ordre de 0,013 kg eqCO2/kWhPCI -Impact de l'acheminement de bois (visuel, sonore) -Emissions de fumées moins polluantes avec les équipements récents | -Sources d'énergie en majorité renouvelables (PAC) -Pour l'électricité de l'ordre de 0,084 kg eqCO2/kWhPCI -Fluides caloporteurs ayant un impact sur l'environnement -Impact sonore et visuel possible par les unités extérieures | 5 / 3 |
| Social | | -Prix modéré et plus stable dans la durée -Permet de créer des filières locales et des emplois non délocalisables -Rejet de fumées | -Prix fluctuant et élevée -Le pic de consommations électriques est atteint lors des jours les plus froids (participe à la mise en route des centrales thermiques et aux coupures de courants) -Ne participe pas à l'indépendance énergétique -Système « tout électrique » ne facilite pas la sortie du nucléaire | 4 / 3 |
| Notation | | | | 4 / 3.5 |

| Scénarios énergétiques envisagés PAR BATIMENT : | | | | | | |
|--|-----------|---|--|---|---------------------------------------|---|
| BESOIN EN CHAUD | | | | | | |
| Type de besoins | Critères | Scénario référence : ∅ | Scénario 1 : <u>BOIS ENERGIE</u> | Scénario 2 : <u>AEROTHERMIE</u> | | |
| Chauffage + ECS d'une maison individuelle (≈100m²) | Technique | | -Poêle à pellets -Fumisteries -Lieux de stockage du combustible (granulés de bois) -Chauffage indépendant en salles de bains (ex : sèche-serviettes électriques) -Appoints ou attente en chambre (ex : panneaux rayonnants) -Prévoir un complément au-delà de 100m² réglementairement (ex : panneaux rayonnants) -Ballon thermodynamique pour l'eau chaude sanitaire - Pour respect de la RT et du CEP-15% = Ventilation double flux permet également d'homogénéiser la chaleur | -Pompes à chaleur aérothermie (ex : type Air/Eau) -Assurant le chauffage et l'eau chaude -Plancher chauffé + auxiliaires -Dimensionnée à -7°C extérieure et départ plancher à 35°C -Appoint électrique intégré à la génération - Pour respect de la RT et du CEP-15% = / | | |
| | | | 3 | 5 | | |
| | | <p>Consommation (kWhEP/m²/an)</p> <p>Les niveaux de consommations en énergies primaires seront semblables avec un léger avantage pour la solution BOIS ENERGIE.</p> | | | | |
| Gestion | | | -Equipements techniques : sonde d'ambiance, programmateur, gestion / régulation intégrées sur chauffage électriques -Achat du combustible granulés + livraison -Contrat électricité (puissance 6kVA) -Maintenance : Poêle = chargement régulier des granulés, nettoyage des cendres hebdomadaire, ramonage + entretien annuel. Ballon thermo = contrôle du bon fonctionnement. Double flux = remplacement annuel des filtres (tous 5 ans nettoyage des réseaux) | -Equipements techniques : sonde extérieure, sonde d'ambiance, différenciation des réseaux jour/nuit, programmateur -Contrat électricité (puissance 9kVA) -Maintenance limitée = contrôle du bon fonctionnement (fluide caloporteur...) | | |
| | | 2 | 4 | | | |
| | | <p>Coûts de fonctionnement sur une année</p> <p>Sur une année, le coût du BOIS ENERGIE et de l'AEROTHERMIE rivalisent.</p> | | | | |
| Économie | | | -Investissement génération + ECS + Double Flux | 4 | -Investissement génération + émission | 4 |
| | | <p>Investissements</p> <p>A l'achat les 2 scénarios sont proches.</p> | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|-----|---|-----|
| Chauffage + ECS d'une maison individuelle (≈100m ²) | | | -Cout du combustible plus stable dans le temps -Cout de maintenance et renouvellement directement à la charge des usagers | 5 | -Cout global impacté par le cout de l'énergie : cout de l'électricité important + Prix pouvant fluctuer fortement (dépend encore majoritairement du prix bas du nucléaire, mais également à l'ouverture des marchés = situations instables avec forte hausse prévisible). -Cout de l'abonnement électricité à plus forte puissance souscrite -Cout de maintenance et renouvellement directement à la charge des usagers | 3 |
| | <p style="text-align: center;">Evolution du coût global sur 30 ans selon les prévisions d'évolution des prix des énergies</p> <p style="text-align: center;">En coût global en évolution moyenne à pessimiste, le BOIS ENERGIE et l'AEROTHERMIE rivalisent.</p> | | | | | |
| Environnement | | | -Recours à une EnR neutres en émissions équivalent CO2 et limitant les consommations énergétiques, facilitant donc la recherche de performance | 5 | -Recours à une EnR limitant les consommations énergétiques, facilitant donc la recherche de performance -Impact fluides frigorigènes | 3 |
| | <p style="text-align: center;">Emissions GES (kg eq CO2/an)</p> <p style="text-align: center;">La solution BOIS ENERGIE est la moins impactante sur les émissions de Gaz à Effet de Serre.</p> | | | | | |
| Notation | | | | 3.8 | | 4.2 |

Scénarios énergétiques envisagés PAR BATIMENT :

| BESOIN EN CHAUD | | | | | | |
|--|---------------|------------------------|--|------|--|------|
| Type de besoins | Critères | Scénario référence : ∅ | Scénario 1 : BOIS ENERGIE | | Scénario 2 : AEROTHERMIE | |
| Chauffage + ECS d'un collectif de logement | Technique | | -Chaudière bois en pied de bâtiment (pas de possibilité de système par logement) -Chaudière gaz en appoint/secours -Nécessite une chaufferie spacieuse | 3 | -Idem : PAC en pied de bâtiment ou par logement -Eventuellement appoint par électricité ou chaudière gaz selon la taille du bâtiment. | 4 |
| | Gestion | | -Idem : entretien conséquent -Deux contrats -Syndic de copropriété | 4 | -Idem : entretien limité -Deux contrats -Individuel ou Syndic de copropriété | 5 |
| | Économie | | -Investissement plus conséquent -Le système collectif permettrait de mutualiser les coûts -Prix de l'énergie plus stable | 4 | - Investissement modéré -Le système collectif permettrait de mutualiser les coûts -Prix de l'énergie fluctuant | 4 |
| | Environnement | | -Idem | 5 | -Idem | 4 |
| Notation | | | | 3.75 | | 4.25 |

Scénarios énergétiques envisagés PAR BATIMENT :

| BESOIN EN FROID | | | | | | |
|--|-----------|---|---|--|------------------------------|--|
| Type de besoins | Critères | Scénario référence : ∅ | Scénario 1 : BOIS | | Scénario 2 : PAC aérothermie | |
| Approvisionnement | | | -Le froid est produit par un échangeur aérothermique = nécessite l'installation d'une pompe à chaleur avec unité(s) extérieure(s) de production et unités intérieures d'émission | | | |
| Environnement | | | -Impact le bilan carbone par recours à l'énergie électrique (bien que considérée renouvelable) -Impact visuel par les unités extérieures, selon leur nombre et leur intégration paysagère (au sol ou en toiture) -Impact sonore | | | |
| Climatisation d'une maison individuelle | Technique | <p style="text-align: center;">Pas de nécessité de climatisation, par à la mise en place :</p> -d'une conception bioclimatique : bonne isolation thermique, protections solaires adapter aux orientations... -d'une limitation des apports interne en période de forte chaleur -d'une sur-ventilation nocturne ou autre méthode de freecooling | | | | |
| Climatisation d'un collectif de logement | | | | | | |

| Scénarios énergétiques envisagés PAR BATIMENT : | | | | |
|---|---|------------------------|-------------------|------------------------------|
| BESOIN EN ELECTRICITE | | | | |
| Type de besoins | Critères | Scénario référence : ∅ | Scénario 1 : BOIS | Scénario 2 : PAC aérothermie |
| Usages conventionnels RT (chauffage, refroidissement, ECS, auxiliaires, éclairage) + Usages non conventionnels RT (équipements domestiques) d'une maison individuelle | | | | |
| | <i>Technique</i> : Approvisionnement électrique déjà prévu dans les scénarios de desserte comparés <i>Gestion</i> : Mettre en place un politique d'éco-gestion des contrats (adapter la puissance souscrite au besoin), des consommations (programme de suivi et correction) et des différents équipements (geste éco-responsable, GTB/GTC...) | | | |
| Usages conventionnels RT (chauffage, refroidissement, ECS, auxiliaires, éclairage) + Usages non conventionnels RT (équipements domestiques) d'un collectif de logement | | | | |
| | <i>Économie</i> : Concevoir les différentes installations électriques avec la problématique d'économie d'énergie : gestion, régulation, programmation | | | |

2.6. CONCLUSION de la comparaison énergétique multicritères – approche globale et par bâtiment

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Lors de la réalisation d'un projet d'aménagement, il est plus aisé de choisir des solutions courantes, ne nécessitant pas de montage juridique particulier, ou pour lesquels l'équation économique est simple à résoudre à court terme.
- = Mais ce choix engage le quartier et ses habitants sur plusieurs décennies.
- ➔ Il convient donc de bien comparer les différentes options afin de choisir celle qui offre le meilleur compromis au regard d'un objectif d'aménagement durable.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- L'approche économique ne doit pas se limiter à la comparaison des coûts d'investissements : c'est bien l'ensemble du coût du service de chauffage, à long terme, qui doit servir de base de comparaison des solutions.
- = Cette approche en coût global permet de démontrer que malgré un investissement initial important, un réseau de chaleur peut au final coûter moins cher pour les usagers que des solutions individuelles.
- ➔ Par ailleurs, l'aspect financier ne peut plus être le seul critère de comparaison. Des paramètres techniques, environnementaux (rejets de CO2, taux EnR&R mobilisé, qualité de l'air, impact paysager/architectural...) et sociaux (coût de la chaleur, stabilité de ce coût, acceptabilité des solutions...) doivent aussi être considérés.

COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE GLOBALE DU SITE

2 approches, avec chacune leurs atouts :

| Réseau de chaleur <i>(Scénario écarté à l'heure actuelle)</i> | Équipements par bâtiment <i>(Scénarios 1 et 2)</i> |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ Le recours à des gisements en EnR&R très importants difficiles à exploiter de manière efficace et rentable à une autre échelle ○ Une stabilité du prix de la chaleur sur le long terme ○ Un impact positif sur le développement durable en particulier l'économie locale | <ul style="list-style-type: none"> ○ Des investissements moins conséquents ○ Un amortissement plus rapide ○ Un cout global et un impact sur le développement durable variables selon les énergies d'approvisionnements |

| COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE D'UN BATIMENT | | | | | | | |
|--|------------------------------------|--------------|--------------|--|------------------------------------|--------------|--------------|
| MAISONS INDIVIDUELLES OU EN BANDES | | | | COLLECTIF DE LOGEMENTS | | | |
| Comparaison multicritères des approches Individuelles = MAISON | Scénario écarté à l'heure actuelle | Scénario 1 : | Scénario 2 : | Comparaison multicritères des approches Individuelles = IMMEUBLE | Scénario écarté à l'heure actuelle | Scénario 1 : | Scénario 2 : |
| | RESEAU CHALEUR | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | RESEAU CHALEUR | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE |
| Technique | ● 3,5 | ● 3,0 | ● 5,0 | Technique | ● 3,5 | ● 3,0 | ● 4,0 |
| Gestion | ● 2,0 | ● 2,5 | ● 4,5 | Gestion | ● 2,0 | ● 3,5 | ● 5,0 |
| Economique | ● 2,0 | ● 4,3 | ● 3,3 | Economique | ● 2,0 | ● 4,0 | ● 3,5 |
| Environnemental | ● 4,5 | ● 5,0 | ● 3,0 | Environnemental | ● 4,5 | ● 5,0 | ● 3,5 |
| Social | ● 5,0 | ● 4,0 | ● 3,0 | Social | ● 5,0 | ● 4,0 | ● 3,0 |
| Notation Globale | ● 3,4 | ● 3,8 | ● 3,8 | Notation Globale | ● 3,4 | ● 3,9 | ● 3,8 |

Echelle de notation : De 0 à 2= ●, De 2 à 4= ●, De 4 à 5= ●.

MAISON

IMMEUBLE

En Maisons individuelles ou en bandes, la comparaison multicritère fait ressortir le classement d'approvisionnement suivant :
1-SCENARIO BOIS ENERGIE : Poêle à granulés + Ballon thermodynamique + VMC Double Flux → **Plus écologique et plus économique**
1-SCENARIO AEROTHERMIE : Pompe à chaleur Air/Eau double service → **Plus simple et plus pratique**

En Collectif de logements, la comparaison multicritère fait ressortir le classement d'approvisionnement suivant :
1-SCENARIO BOIS ENERGIE : Chaudière à granulés + appoint/Secours Gaz → **Plus écologique**
2-SCENARIO AEROTHERMIE : Pompe à chaleur Air/Eau double service → **Plus facile à gérer**

Les points d'alertes pouvant remettre en cause le classement : Faisabilité technique propre aux spécificités de chaque bâtiment – modification du contenu des scénarios proposés

SCENARIO GLOBAL ECARTE : Réseau de chaleur : Volonté politique doit être forte et motrice malgré les risques et contraintes

2.7. Comparaison énergétique multicritères – approches complémentaires

| EVOLUTION DU CONTEXTE AUTOUR DES ENERGIES |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Les systèmes d'approvisionnement en énergie actuels sont en optimisations constantes et permettent de renforcer la pertinence de leur usage. = Les <u>réseaux de chaleur</u> font partie de ces équipements faisant l'objets d'évolutions avec une optimisation de la conception et donc une diminution des coûts d'investissement et de fonctionnement, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> ● Réseau basse température ● Ajustement automatique des températures ● Sur-isolation ● Canalisation souples pré-isolées ● Stockage thermique ● Elargissement des usages : fourniture de froid couplée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire ● D'autre part la réglementation thermique se durcit au fil des années et pour que les synergies entre réseaux de chaleur et bâtiments à énergie positive puissent trouver leur voie, il est nécessaire que le cadre réglementaire les accompagne par certaines évolutions : <ul style="list-style-type: none"> ● Dès à présent, le <u>label E+C-</u> basé sur le principe du bâtiment à énergie positive peut donner des signaux aux acteurs des réseaux et de la construction. ● Il serait intéressant et judicieux que la <u>production d'énergie renouvelable in situ</u> soit prise en compte dans son intégralité, qu'il s'agisse d'électricité, de chaleur ou de froid. ● Permettre aux systèmes électriques et thermiques de bénéficier des mêmes facilités (cadre réglementaire et tarifs de rachat par exemple). ● Imaginer des modèles économiques et juridiques permettant de raccorder des bâtiments à énergie positive au réseau de chaleur afin de leur acheter de la chaleur. ● Permettre une <u>autoconsommation</u> plus grande et ainsi une diminution de l'utilisation des énergies fossiles en considérant la part de mutualisation et de stockage au lieu de la revente systématique. ● Revoir la question de l'échelle bâtiment/quartier (notamment liée à la notion de production sur place ou à proximité) à mi-chemin entre le code de la construction et celui de l'urbanisme – avec le code de l'énergie en arrière-plan. = Les réseaux à basses températures peuvent alors faire appel à des sources d'une puissance thermique plus faible, de production plus intermittente, ou dont les points de production ou récupération sont plus diffus. |

| |
|---|
| <p>➔ Ces sources d'énergie peuvent être mobilisées à l'échelle du bâtiment, mais leur exploitation au travers d'un réseau de chaleur apporte des bénéfices supplémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moins coûteux (investissement et fonctionnement) qu'un ensemble de systèmes individuels permettant de couvrir les mêmes besoins ; • Plus grande facilité pour mobiliser plusieurs énergies renouvelables différentes pour un même bâtiment (réseaux multi-énergies) et augmenter le taux de couverture par les ENR&R. |
|---|

L'enjeu, là aussi, est de comparer les solutions complémentaires d'approvisionnements énergétiques selon les critères technique, gestion, économique, environnement et social.

Pour ce faire, chaque critère sera décrit avec :

- des symboles caractérisant les avantages : ✓, des contraintes : ✗.
- une description des points les plus significatifs propres chaque solution (liste non exhaustive)
- une notation comparative allant de 5 (scénario présentant des atouts certains pour le critères en question) à 0 (scénario moins pertinent sur ce critère)

| Comparaison des EnR&R mobilisables en compléments | Présentation d'exemple d'équipement | Production de CHAUD | Production de FROID | Production d'ELECTRICITE |
|---|---|---|---|---|
| Solaire Passif | Pas d'équipement, conception bioclimatique du bâti : apports solaires gratuits = calories + lumière naturelle | ✓OUI : indirectement | ✗NON | ✗NON : mais permet de limiter le recours à l'éclairage artificiel |
| Solaire Photovoltaïque | Installation des panneaux photovoltaïques en toiture des bâtiments / équipements publics... (Nécessite une orientation SE à SO ou plane des toits = sans masques) | ✗NON : seulement si système combiner à la ventilation | ✗NON | ✓OUI |
| Solaire Thermique | Installation des panneaux thermiques en toiture des bâtiments (Nécessite une orientation E à O ou plane des toits) | ✓OUI : sous forme d'eau chaude | ✗ seulement si système combiner une PAC | ✗NON |
| Géothermie | Champs de sondes verticales, fondations thermoactives ou boucle d'eau tempérée... | ✓OUI : sous forme d'eau chaude | ✓OUI : sous forme d'eau froide | ✗NON |
| Chaleur Fatale | Récupération de chaleur sur les réseaux d'eaux usées, eaux de process, air chaud/froid de process... (mais également celles des UIOM, des datacenters...) | ✓OUI : sous forme d'eau chaude | ✗NON | ✗ seulement si système combiner une cogénération |

| Comparaison des EnR&R mobilisables en compléments | TECHNIQUE | PRATIQUE |
|---|--|--|
| Solaire Passif | ✓Pas d'équipement énergétique, juste conception bioclimatique | ✓Diminue les besoins de chauffage par apports solaires gratuits = diminue les consommations énergétiques ✓Augmente l'éclairage naturel = diminue les besoins en éclairage artificiel = diminue les consommations électriques |
| Solaire Photovoltaïque | ✓Ressource pérenne ✓Production individuelle = Possibilité de revente totale ou d'autoconsommation avec revente du surplus ✓Production collective = Possibilité d'alimenter par le solaire des bâtiments mal orientés ✗Surface disponible, implantation, ensoleillement, masques solaires = études spécifiques ✗Prévoir un dimensionnement précis en autoconsommation selon le profil des consommations talon | ✓Indispensable pour être tendre vers des bâtiments à énergie positive, permet de compenser une partie des consommations électriques talons. ✓Diminue une éventuelle pression sur l'électricité -Soit consommation in situ du PV par le bâtiment = autoconsommation -Soit injection du surplus non nécessaire à l'instant t dans le réseau = revente partielle (voire totale selon montage financier) <i>Retrouvez en annexes un complément en solaire photovoltaïque</i> |
| Solaire Thermique | ✓Ressource pérenne ✓Production individuelle = Possibilité d'autoconsommation en stockant la chaleur sous forme d'eau chaude (ECS, voire chauffage, process...) ✓Production collective = Possibilité d'alimenter par le solaire des bâtiments mal orientés ✗Surface disponible, implantation, ensoleillement = études spécifiques ✗Prévoir un stockage thermique ✗Besoin d'un appoint ✓Possibilité de production de froid à partir de la chaleur solaire ✗Prévoir un dimensionnement précis en selon les volumes et températures d'ECS souhaités sur la phase de production optimale = été | ✓Diminue une éventuelle pression locale sur les énergies conventionnelles (recours au solaire pour les compléments intersaisons et été – exple : écoquartier Balma-Grammont à Toulouse = solaire de l'ordre de 15% de l'énergie du réseau) -Soit consommation in situ du solaire thermique par le bâtiment -Soit injection du surplus non nécessaire à l'instant t dans un réseau de chaleur |
| Géothermie | ✓Ressources disponibles à différentes profondeurs ✓Diverses techniques de valorisation (champs de sondes, fondations thermoactives, boucle d'eau tempérée...) | ✗Risque d'échec du forage ✗Localisation et emprise des forages/sondes ✗Equipement supplémentaire pouvant complexifier l'installation technique du bâtiment |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Semble adapté sur fondation thermoactives du bâtiment d'autant plus si celles si sont suffisamment profondes * Caractéristiques et pérennité de la ressource = études spécifiques * Besoin d'un appoint ainsi que d'une source d'énergie (électricité ou gaz) pour alimenter la PAC ✓ Possibilité de réversibilité chaleur/froid avec rechargement thermique du sous-sol | |
| Chaleur Fatale | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Valorisation d'une ressource qui serait perdu - Par réseau de chaleur = chaleur issue du refroidissement de certains bâtiments ou procès - <u>Sur réseau réseaux d'assainissement</u> à 15 à 20°C toute l'année (De l'ordre de 2 à 8 kW de chauffage/ml de canalisation en zone urbanisées) - <u>Sur bâtiment</u> = réseau d'évacuation des eaux grises, air rejeté, process ✓ Technique plus ou moins simple selon ressources et conversion * Besoin d'un appoint (quantités de chaleur faibles) | <ul style="list-style-type: none"> * Prévoir la conception en amont du projet d'aménagement * Fourniture de chaleur pouvant être intermittente * Sur réseau de chaleur = Plusieurs services publics concernés = conditions de fourniture / contractualisation |

| <u>Comparaison des EnR&R mobilisables en compléments</u> | ECONOMIQUE | ENVIRONNEMENTAL | SOCIAL |
|--|--|--|---|
| Solaire Passif | <ul style="list-style-type: none"> * Léger surinvestissement en phase conception et réalisation | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Limite les consommations | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Visible = image éco-responsable |
| Solaire Photovoltaïque | <ul style="list-style-type: none"> * Investissement modéré (de l'ordre de 1,5€ HT/Wc - installation PV seule) ✓ Energie gratuite ✓ Possibilité de revente totale (18,73 à 11,12c€/kWh - tarif jusqu'au 30 juin 2019, actualisé trimestriellement) ✓ Possibilité d'autoconsommation avec vente du surplus (6 à 10c€/kWh + prime de 90 à 400€/kWc- tarif jusqu'au 30 juin 2019, actualisé trimestriellement) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas de nuisances (bruit, émissions...) ✓ Filière de recyclage se met en place | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Visible = image éco-responsable |
| Solaire Thermique | <ul style="list-style-type: none"> * Investissement conséquent - dont stockage (de 800 à 1200 € HT/m²) ✓ Energie gratuite | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas de nuisances (bruit, émissions...) | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Visible = image éco-responsable |
| Géothermie | <ul style="list-style-type: none"> * Cout d'investissement supplémentaire très conséquent => opter en équipement de base + appoint ✓ Sur réseau de chaleur = moins couteux qu'un ensemble de petites installations ✓ Energie gratuite | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas de nuisances (bruit, émissions...) | |
| Chaleur Fatale | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Cout avantageux ✓ Energie gratuite * Question des modalités d'achat | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Pas d'impact supplémentaire sur l'environnement ✓ Valorisation un rejet | <ul style="list-style-type: none"> * Acceptation sociétale |

2.8. CONCLUSION de la comparaison énergétique multicritères – approches complémentaires

2.8.1 Comparaison multicritère des solutions d'énergies complémentaires d'approvisionnement

La comparaison multicritère fait ressortir le classement des énergies complémentaires suivant :

| COMPARAISON MULTICRITERES DES DIFFERENTS SCENARIOS D'APPROVISIONNEMENT - A L'ECHELLE D'UN BATIMENT | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--------------|--------------|--|-----|--------------|--------------|--|-----|--------------|--------------|--|
| RESEAU DE CHALEUR (écarté à l'heure actuel) | | | | MAISONS INDIVIDUELLES OU EN BANDES | | | | COLLECTIF DE LOGEMENT | | | | |
| Comparaison multicritères des énergies complémentaires - RESEAU DE CHALEUR | | | | Comparaison multicritères des énergies complémentaires - MAISON | | | | Comparaison multicritères des énergies complémentaires - IMMEUBLE | | | | |
| Notation Globale | | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 | Notation Globale | | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 | Notation Globale | | Scénario 1.1 | Scénario 2.1 | |
| | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | | | BOIS ENERGIE | AEROTHERMIE | |
| Solaire Passif | 4,0 | 4 | 4 | Solaire Passif | 5,0 | 5 | 5 | Solaire Passif | 4,0 | 4 | 4 | |
| Solaire Photovoltaïque | 3,0 | 3 | 3 | Solaire Photovoltaïque | 5,0 | 5 | 5 | Solaire Photovoltaïque | 5,0 | 5 | 5 | |
| Solaire Thermique | 4,0 | 4 | 4 | Solaire Thermique | 3,3 | 3 | 3,5 | Solaire Thermique | 4,0 | 4 | 4 | |
| Géothermie | 4,0 | 4 | 4 | Géothermie | 2,0 | 2 | 2 | Géothermie | 3,0 | 3 | 3 | |
| Chaleur Fatale | 5,0 | 5 | 5 | Chaleur Fatale | 4,0 | 4 | 4 | Chaleur Fatale | 5,0 | 5 | 5 | |
| Echelle de notation : De 0 à 2= ● | | | | De 2 à 4= ● | | | | De 4 à 5= ● | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| 1-CHALEUR FATALE 2-SOLAIRES PASSIF + THERMIQUE + GEOTHERMIE 3-SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE | | | | 1-SOLAIRES PASSIF + PHOTOVOLTAÏQUE = indispensable 2-CHALEUR FATALE 3-SOLAIRE THERMIQUE Le recours à la géothermie , lorsque qu'il est possible suite à l'étude de faisabilité, doit se faire comme émetteur principal. | | | | 1- SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE + CHALEUR FATALE = vivement conseillé 2- SOLAIRES PASSIF + THERMIQUE 2-CHALEUR FATALE 3-SOLAIRE THERMIQUE Le recours à la géothermie , lorsque qu'il est possible suite à l'étude de faisabilité, doit se faire comme émetteur principal. | | | | |
| Les points d'alertes : -Problématique de la contractualisation de ces énergies complémentaire (plusieurs gestionnaires de réseaux, différents propriétaires des structures) | | | | Les points d'alertes : -Surcout par rapport aux gains rendus, étudier les temps de retour globaux selon les spécificités de chaque bâtiments | | | | | | | | |

3. ANNEXES

3.1. Annexe : surfaces et hypothèses des calculs

A savoir que les données de surfaces sont encore indicatives à ce stade du projet.

REMARQUE DE VOTRE INGENIEUR AXENERGIE :

- Pour la suite de l'étude, nous nous baserons sur les données chiffrées en termes de performances énergétiques, connues à l'heure actuelle (à savoir RT2012) pour l'estimations des futurs besoins du site. Ce dernier sera très probablement construit avec une autre réglementation en vigueur (Label E+C- ou RBR 2020) et aura donc des consommations moindres.
- = **Performances prises en compte = RT2012 -15 %**, selon le phasage dans le temps.
- ➔ **A NOTER :** les consommations étudiées ne portent que sur la SRT : surface thermique, autrement-dit sur les surfaces chauffées des bâtiments (Habitation, bureaux, vestiaires, salle pause, réunion...). Donc les consommations faites en partie non chauffée : garage, atelier, chaîne de transformation, stockage... ne sont pas comptabilisées. Cependant, celles-ci peuvent être très importantes (ex : activités industrielles et pourraient remettre en cause toute la problématique énergétique de la zone) notamment par de forts besoins de froid ou d'électricité. Mais ces besoins fluctuants selon l'activité sont écartés car trop incertains à ce stade de l'étude.

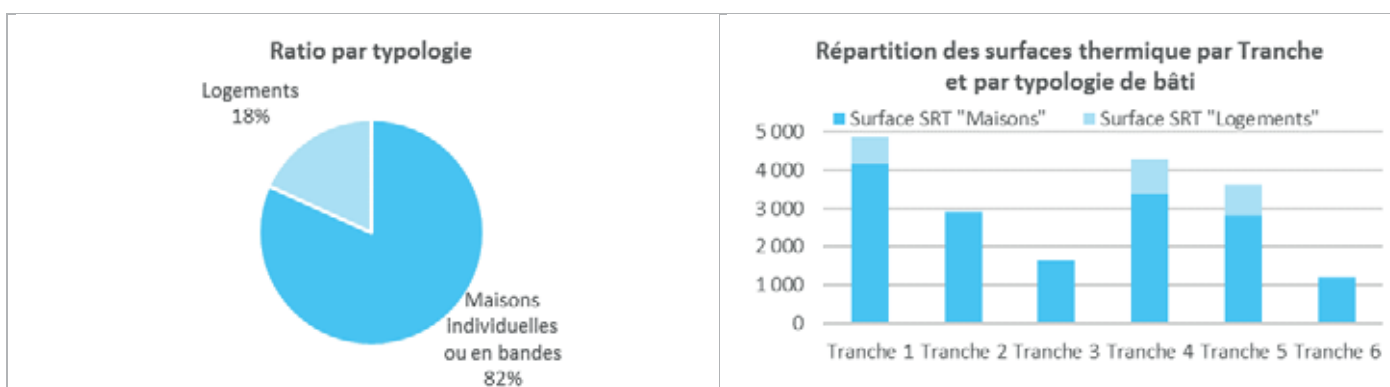
| Hypothèses de calculs des surfaces | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| URFACES | Ratio par typologie | Surface bâtie /cessible | Surface chauffée /bâtie | Surface SRT / chauffée |
| LIBRES | 70% | 30% | 90% | 120% |
| GROUPES | 15% | 40% | 85% | 120% |
| TERTIAIRE | 4% | 40% | 70% | 110% |
| FLEXIBLE | 12% | 35% | 88% | 120% |
| LEGENDE : | Estimées d'après plan | | Hypothèse générale | |

Nota : une moyenne a été effectuée entre le scénario de programmation de base et sa variante : 237 lots libres + 186 logements groupés = 423 habitations et 1500 m² de tertiaire.

| PHASE | SURFACE ILOTS CESSIBLES(m ²) | NOMBRE LOTS LIBRES | MOY. Surfaces lots (m ²) | Surface bâtie (m ²) | Surface chauffée (m ²) | Surface SRT (m ²) | SRT/maison |
|---------------|--|--------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------|
| Tranche 1 | 25 600 | 31 | 413 | 3 840 | 3 456 | 4 147 | 134 |
| Tranche 2 | 18 000 | 23 | 391 | 2 700 | 2 430 | 2 916 | 127 |
| Tranche 3 | 10 200 | 13 | 392 | 1 530 | 1 377 | 1 652 | 127 |
| Tranche 4 | 21 000 | 24 | 438 | 3 150 | 2 835 | 3 402 | 142 |
| Tranche 5 | 17 400 | 22 | 395 | 2 610 | 2 349 | 2 819 | 128 |
| Tranche 6 | 7 400 | 8 | 463 | 1 110 | 999 | 1 199 | 150 |
| GLOBAL | 99 600 | 121 | 415 | 14 940 | 13 446 | 16 135 | 133 |

| PHASE | SURFACE ILOTS CESSIBLES(m ²) | NOMBRE LOGEMENTS GROUPES | MOY. Surfaces groupés (m ²) | Surface bâtie (m ²) | Surface chauffée (m ²) | Surface SRT (m ²) | SRT/logement |
|---------------|--|--------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------|
| Tranche 1 | 25 600 | 6 | 413 | 743 | 595 | 713 | 119 |
| Tranche 2 | 18 000 | | | | | | |
| Tranche 3 | 10 200 | | | | | | |
| Tranche 4 | 21 000 | 14 | 219 | 919 | 735 | 882 | 63 |
| Tranche 5 | 17 400 | 7 | 395 | 830 | 664 | 797 | 114 |
| Tranche 6 | 7 400 | | | | | | |
| GLOBAL | 99 600 | 27 | 342 | 2 492 | 1 994 | 2 393 | 89 |

| PROGRAMMATION | NOMBRE LOTS LIBRES | MOY. Surfaces lots (m ²) | NOMBRE LOGEMENTS GROUPES | MOY. Surfaces groupés (m ²) | Surface bâtie (m ²) | Surface chauffée (m ²) | Surface SRT (m ²) | Surface SRT / Logement (m ²) | Surface chauffée / Logement (m ²) |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------|---|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|
| Maisons individuelles ou en bandes | 121 | 415 | | | 14 940 | 13 446 | 16 135 | 133 | 111 |
| Logements | | | 27 | 342 | 2 492 | 1 994 | 2 393 | 89 | 74 |
| Tertiaire | | | | | | | | | |
| FLEXIBLE | | | | | | | | | |
| GLOBAL | 121 | 415 | 27 | 342 | 17 432 | 15 440 | 18 528 | 222 | 92 |



3.2. Annexe : Points de vigilance pour le règlement

Points de vigilance pour le règlement

Il est difficile de prescrire les orientations bioclimatiques dans le règlement d'un document d'urbanisme. Il s'agit donc principalement de s'assurer qu'il n'empêche pas ou ne limite pas la qualité environnementale et la production d'EnR. Le règlement doit être en cohérence avec le PADD. Pour les PLU existants cela implique un important travail de toilettage afin de prendre en compte les nouvelles lois en vigueur et les enjeux liés à la réduction des consommations d'énergie et à la production d'EnR.

Le tableau ci-dessous résume les principaux points de vigilance concernant le règlement⁸ :

| ARTICLES DU RÈGLEMENT DU PLU | RECOMMANDATIONS ET POINTS DE VIGILANCES |
|---|--|
| - Article 1 – Occupations et utilisations des sols interdits | > Il est possible d' interdire sur certaines zones toute construction neuve qui ne respecterait pas un niveau minimum de performance énergétique . C'est par exemple le cas du Grand Poitiers qui a ainsi anticipé l'application de la RT2012, en rendant obligatoire le niveau BBC pour toutes les constructions neuves sur l'ensemble de son territoire ¹⁵ . |
| - Article 2 – Règles d'occupations et d'utilisations des sols soumises à conditions particulières | > Il est possible de préciser que les constructions sont autorisées sous réserve de respecter de certaines conditions (Par exemple : respecter un niveau de consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil donné, valoriser au maximum le gisement net solaire en compte les contraintes réglementaires, techniques et patrimoniales, etc.). Nous conseillons notamment de garantir, pour tout bâtiment à usage d'habitation, au minimum deux heures d'ensoleillement par jour pendant un nombre de jours donné par an (cf. Fiche Bioclimatisme & apports solaires). Le respect de ce critère doit alors être démontré lors du dépôt du permis de construire. |
| - Article 4 – Desserte des réseaux | > Lorsqu'il existe des périmètres prioritaires de réseaux de distribution de chaleur ou de froid, cet article doit préciser que le raccordement à ces réseaux peut être imposé à tout bâtiment, local ou installation soumis à une autorisation de construire situé à l'intérieur de ces périmètres à partir d'un certain seuil de puissance et une certaine distance du réseau de chaleur. Dans les autres cas, cet article peut recommander le raccordement au réseau de chaleur ou conseiller de recourir à des solutions collectives de production et distribution d'énergie pour les opérations de lotissements ou de logements collectifs. (cf. Étape 1. §4 Autres outils réglementaires permettant d'inciter la performance énergétique, Fiche Bois-énergie & réseau de chaleur) |
| - Articles 6/7/8 – Implantation des constructions | > Privilégier au maximum les surfaces de façades orientées Sud ou approchant en donnant de la souplesse dans les règles d'alignement. > Favoriser la mitoyenneté des bâtiments pour limiter les déperditions thermiques > Autoriser les éléments nécessaires à la conception bioclimatique (ex. brise soleil) et à la production d'EnR (ex. capteurs solaires thermique ou photovoltaïque), en veillant notamment qu'il soit possible d'exploiter les marges de recul. > En dehors des zones à forte valeur patrimoniale, il faut veiller à ne pas empêcher l'isolation par l'extérieur des bâtiments existants . Cela implique donc d'autoriser un débord de 30 cm et ceci dès le rez-de-chaussé lorsque la largeur du trottoir le permet. L'article 6 pourra aussi préciser que le traitement architectural des débords devra être pris en compte (par exemple en travaillant sur les gouttières pour gérer les discontinuités si un bâtiment mitoyen n'est pas isolé par l'extérieur). > Pour garantir l'ensoleillement des façades (bioclimatisme), la règle de prospect est souvent mentionnée car elle permet de garantir une distance minimum entre 2 bâtiments. Cette règle a montré ses limites et peut parfois se révéler contre-productive. Lorsque la densité le permet, on préférera donc des indications sur la durée minimum d'ensoleillement pour les bâtiments à usage d'habitation ou l'introduction d'une servitude d'ensoleillement qui se traduirait pour chacun des bâtiments par un périmètre d'ombre fictive ¹¹ (cf. Fiche Bioclimatisme & apports solaires). |
| - Article 10 – Hauteur des constructions | > Veiller à ce que les systèmes de production d'EnR ne soient pas pris en compte dans les hauteurs limites des bâtiments . > Veiller à ce qu'au minimum la hauteur des nouvelles constructions ne compromette pas le potentiel solaire des toitures situées au Sud de celle-ci. Pour cela, il est recommandé d'utiliser la règle simple L>3H qui garantit que la hauteur des bâtiments situés au Sud ne dépasse pas un angle de 18° par rapport à l'horizon pris en bas de toiture (cf. Illustration 4 ci-contre). |
| - Article 11 – Aspect extérieur des constructions | > Cet article doit éviter toute disposition d'urbanisme contraire à l'usage de matériaux et techniques de construction permettant la performance énergétique de bâtiment et l'utilisation de systèmes de production d'EnR. En l'absence de « disposition contraire », les permis de construire ou d'aménager ainsi que la décision prise sur une déclaration préalable ne peuvent s'opposer à l'utilisation de ces techniques et matériaux (Articles L111-6-2 et R111-50 du Code de l'Urbanisme). Si la collectivité souhaite encourager le développement des systèmes solaires thermiques et photovoltaïques en toiture, elle devra autoriser voir encourager des pentes de toits entre 30° et 60° afin d'optimiser le rendement de ces installations. Enfin, il faut aussi veiller à promouvoir le développement de toitures, voir de façade, végétalisées . |
| - Article 13 – Obligations imposées en matière d'espace public et de plantation | > Favoriser les végétaux à feuilles caduques au Sud , et à gérer la distance des végétaux par rapport aux constructions pour ne créer des masques solaires trop importants (cf. Fiche Bioclimatisme & apports solaires). Concernant le potentiel solaire actif des bâtiments situés au Sud, la règle L>3H par rapport au bas de la toiture décrite dans l'article 10 s'applique également. Il faut ici porter une attention toute particulière à considérer la hauteur des arbres à terme pour la valeur H (cf. Illustration 4). > Par ailleurs pour le confort d'été , il est conseillé d'imposer un coefficient de biotope permettant d'introduire une exigence de surface végétalisée par unité foncière (en générale un % de surface végétalisée minimum qui prend en compte à la fois la végétation pleine terre et les toitures et murs végétalisés). ¹² > Enfin, il peut être demandé de veiller à créer des lignes d'arbres ou de haies de manière à limiter les effets des vents dominants . |
| - Article 15 – Obligations imposées aux constructions, travaux, installations et aménagements, en matière de performances énergétiques et environnementales | > Depuis février 2012 ¹³ , la loi Grenelle II permet aux collectivités qui le souhaitent de créer cet article supplémentaire afin de définir des secteurs où des critères de performances énergétiques renforcées seront appliqués. Pour l'instant, il n'existe pas encore d'exemples d'application de ce décret, ni de définition officielle des critères de performance énergétique. La directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments définit le terme de performance comme étant « la quantité d'énergie calculée ou mesurée nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques liés à une utilisation normale du bâtiment, ce qui inclut entre autres l'énergie utilisée pour le chauffage, le système de refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude et l'éclairage ». Cette même directive indique que les exigences doivent être exprimées en énergie primaire et que le calcul doit tenir compte des systèmes de production d'EnR. Il semble donc que l'article 15 peut imposer des consommations inférieures aux exigences réglementaires (RT2012) sur les cinq usages (par exemple bâtiments passifs) ainsi qu'un taux de couverture d'EnR . Par contre, la collectivité devra veiller à ce que la localisation de ces zones soit justifiée par des considérations urbaines. |

Source : Prise en compte de l'énergie dans les projets d'aménagement - HESPUL

3.3. Annexe : Etat des lieux des réseaux de chaleur au niveau national, régional et local

Au niveau national, le Syndicat National du Chauffage Urbain (SNCU) recense 501 réseaux (enquête 2013).

Les chiffres clés des réseaux de chaleur en 2013

- 501 réseaux de chaleur dans 350 villes
- 40 % d'EnR&R dans le mix énergétique
- 24,9 millions de MWh d'énergie thermique livrée
- 18,2 millions de kW de puissance thermique installée
- 1,5 million de kW de puissance électrique cogénérée



Les 3 725 kilomètres de réseaux de chaleur en

France sont implantés dans toutes les régions françaises avec une densité plus importante en Ile-de-France et en Rhône-Alpes. Les projets de création, d'extensions et de densification sont en augmentation, grâce au Fonds chaleur.

Les énergies renouvelables et de récupération représentent en moyenne 40 % des énergies utilisées par les réseaux de chaleur. Si la chaleur issue des **unités de valorisation énergétique** est à ce jour la première énergie utilisée (**62%**), le **bois-énergie** se développe fortement (**25%**) de même que, dans une moindre mesure, la **géothermie (9%)**.

La région des Pays de la Loire compte, quant à elle, 73 réseaux de chaleur en 2014

(source : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/panorama-des-reseaux-de-chaleur-a2765.html>)

- 30 réseaux de chaleur ont une puissance inférieure à 300 kW. A l'inverse moins de 10 réseaux concentrent à eux seuls plus de la moitié de la puissance cumulée.
- En 2012, la région totalise au moins 150 km de canalisations de réseaux de chaleur. La valeur moyenne régionale de la longueur d'un réseau de chaleur est de 4 km. La présence de nombreux petits réseaux de chaleur communaux (alimentant un nombre restreint de bâtiments) explique cette moyenne.
- Ils desservent majoritairement des zones mixtes, combinant usages résidentiel et tertiaire.
- Plus de 60 % de la puissance cumulée (370 MW en 2012) concerne des chaufferies consommant du gaz fossile, viennent ensuite les chaufferies biomasse, les UIOM et les chaufferies au fioul.
- En 2012, la quantité d'énergie consommée pour alimenter les réseaux de chaleur est d'au moins 922 GWh, toutes sources d'énergie confondues.



Figure 4: Réseaux de chaleur à proximité du site – Source : <http://carto.sigloire.fr>

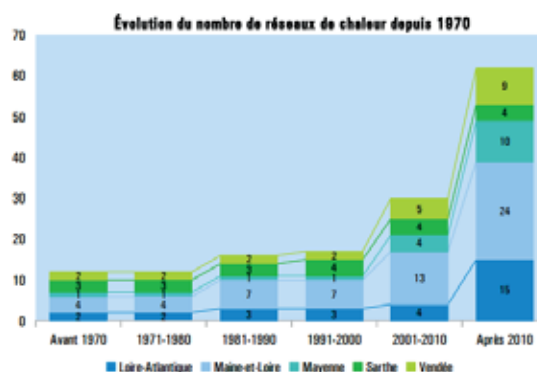


Figure 5: Réseaux de chaleur à proximité du site – Source : <http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr>

3.4. Annexe : Présentation des réseaux de smart grids thermiques.

Il faut noter que l'ingénierie des réseaux de chaleur s'adapte à la baisse des consommations des bâtiments, notamment dans les quartiers neufs. L'innovation se tourne vers les **smart grids thermiques**.

A l'inverse du réseau de chaleur classique, à l'architecture centralisée, un réseau à très basse température peut être alimenté par un très grand nombre de points de production ou récupération d'énergie thermique. Devenu « multi-sources », le réseau augmente son taux de couverture par des sources renouvelables et de récupération peu coûteuse, voire gratuites. Plus évolutif, ce « smart grid » thermique, au caractère encore expérimental, est adapté aux aménagements neufs dont les bâtiments ont de faibles besoins thermiques.

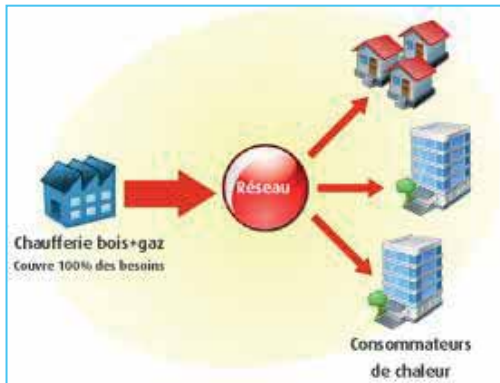


Figure 7: Réseau classique
(Production centralisée à sens unique)

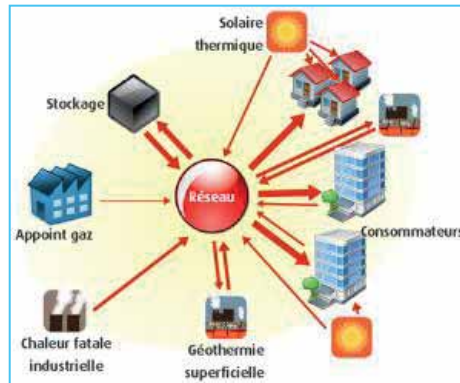


Figure 6: Réseau multipoint-multipoint
(Productions décentralisées)

Plus la température du réseau est basse, plus celui-ci a accès à une variété importante de sources de chaleur exploitables dans des conditions optimales (par échange direct si la température de la source est supérieure à celle du réseau, par une PAC si la température est légèrement inférieure).




Le fonctionnement à très basse température permet en outre de faciliter le stockage de chaleur, en particulier dans le sous-sol. En effet, plus l'écart de température entre le stockage et son environnement est réduit, plus les pertes sont faibles.

Une source initialement dimensionnée pour un unique bâtiment (exemples : petite installation de géothermie superficielle pour un immeuble tertiaire ; panneaux solaires thermiques individuels) peut être raccordée au réseau. Ceci facilite en outre le déploiement progressif du réseau : si, sur un aménagement neuf, on sait qu'une part significative des bâtiments ne sera pas construite avant plusieurs années, les premiers bâtiments peuvent être équipés de systèmes individuels qui pourront ensuite être reliés au réseau qui desservira l'ensemble du quartier.

Ils permettront de mobiliser les gisements d'énergies de récupération issues de l'industrie.

3.5. Annexe : Les différents types de combustibles bois

Il existe différents types de bois pouvant servir de combustible :

| Equivalence énergétique entre les combustibles | | 1000kWh = 100 litres de fioul |
|---|---|--|
| <p>Les bois déchiquetés ou broyés en forme de plaquettes</p>  | <p>Celles-ci proviennent de haies bocagères, d'éclaircies, de restes de coupes en forêt, de produits non traités en fin de vie ou de produits connexes des entreprises de première et seconde transformation du bois. Ces combustibles possèdent un bon pouvoir calorifique et est adapté aux chaufferies de moyenne et grande puissance.</p> | <p>1 m³ apparent de plaquettes</p> |
| <p>Les granulés</p>  | <p>Ils sont issus de la récupération de sciures et de copeaux et sont comprimés en bâtonnets de quelques millimètres, sous haute pression sans adjonction d'agglomérant. Le pouvoir calorifique de ce type de combustible est meilleur que celui des plaquettes. Ce combustible est donc adapté aux chaufferies de petites puissances (quelques dizaines de kilowatts).</p> | <p>220 kg de granulés</p> |
| <p>Les écorces</p>  | <p>Elles proviennent des sous-produits des industries de première transformation. Les écorces sont peu onéreuses, mais donnent plus de cendres et ont un moins bon pouvoir calorifique.</p> | <p>500 kg d'écorces</p> |

Cette équivalence énergétique dépend toutefois du taux d'humidité du bois. En effet un bois sec permet une meilleure combustion, il fournit environ deux fois plus d'énergie qu'un bois humide.

3.6. Annexe : Les ressources bois en Pays de la Loire

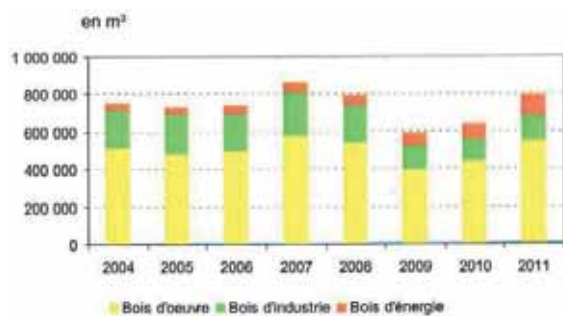
La ressource ligneuse utilisable pour l'énergie peut provenir de trois filières :

- Les produits de la forêt en massif, des haies bocagères et des arbres d'alignement.
- Les produits connexes des industries du bois.
- Les déchets industriels banals de bois (DIB) qui sont les résidus de bois propres issus des filières de récupération de déchets (emballages usagés, les objets en fin de vie, palettes, refus de compost...).

Les entités productrices sont les exploitants forestiers, les agriculteurs, les élagueurs, les industriels, les collectivités, les collecteurs de déchets.

Remarque : Ne peut être utilisé dans les filières bois énergie - en tant que biomasse - que du bois brut n'ayant subi aucun traitement chimique.

Avec 340 000 ha, les espaces boisés de la région Pays-de-la-Loire occupent 11% de la surface du territoire régional, ce qui est inférieur à la moyenne nationale de 28%. Le domaine public forestier ne représente que 13% de cette surface boisée. Cependant elle est en progression depuis la seconde moitié du XXe siècle.



Les volumes de bois d'industrie, qui représentent 17 % de la récolte totale, progressent de 6 %. Les volumes de bois énergie (13 % de la récolte totale) augmentent de 42 % (32 % en France). Dans la région, la demande en bois énergie est forte et continuera de progresser suite aux nombreuses installations de chaufferies industrielles au bois réalisées ou programmées. Ceci pourrait favoriser le transfert de bois d'industrie vers du bois énergie et la valorisation du bois inexploité auparavant, comme les houppliers de peuplier et de résineux.

Figure 8 : Forte hausse en 2011 de la récolte de bois dans les Pays de La Loire.

De plus, la région Pays de la Loire est la deuxième région de France en termes d'activités de transformation du bois et en termes d'emplois. Ces derniers sont d'ailleurs en augmentation. La filière bois est devenue le troisième secteur industriel de cette région. En 2011, 112 000 m³ de bois ont été valorisé en énergie, à savoir que la consommation annuelle de bois énergie, hors bois buches, est évalué à 250 000 tonnes de plaquettes utilisées dans les chaufferies de forte puissance.

la ressource annuellement disponible et mobilisable ces prochaines années est estimée à 200 000t à 400 000t./an en Pays de la Loire avec un potentiel à moyen terme probablement supérieur, fonction des conditions techniques et économiques acceptables pour mobiliser la matière

Voici les ressources disponibles en Pays de Loire :

Nota : 1 kTep = 12 GWh

Les fournisseurs de bois énergie peuvent assurer des livraisons et sont capables de s'engager sur plusieurs années pour l'approvisionnement des chaufferies bois.

| Estimations des capacités potentielles régionales de mobilisation de bois énergie en région Pays de la Loire - 2012 | En Tonnes de bois | Equivalent énergétique maxi (kTep/an) |
|---|-------------------|---------------------------------------|
| Mobilisable à court terme (2012-2014) | 100 à 200 000 T | 20 à 40 |
| Mobilisable à moyen terme (2015-2020) | 300 à 500 000 T | 60 à 100 |
| Mobilisable à long terme | > 800 000 T | >170 |

sources : IFN / Solagro, Atlanbois

Augmentation de la complexité de mobilisation des bois

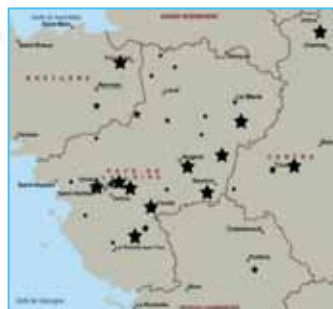


Figure 9 : Estimations des capacités potentielles régionales de mobilisation de bois-énergie en Pays de la Loire - Source : Atlanbois janv2012

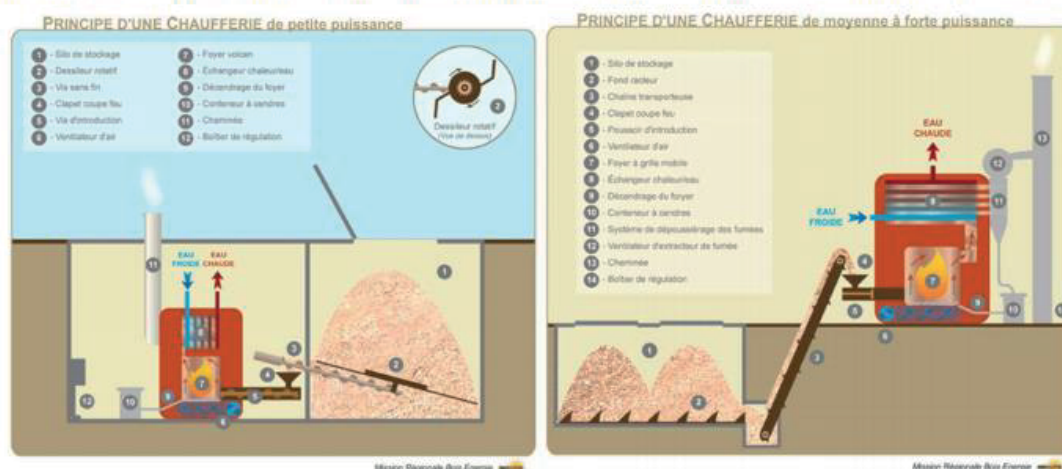
3.7. Annexe : Le fonctionnement d'une chaudière bois.

En 2012, le bois-énergie était exploité majoritairement sous forme de bûches chez les particuliers et les agriculteurs. Dans la région, environ 400.000 foyers consommaient 80 % du bois valorisé sous forme d'énergie, soit près d'un million de tonnes de bois par an (équivalent à 300 ktep/an).

Hors installations individuelles, on comptait en 2013 :

- plus de 100 chaufferies bois dans l'industrie (dont plus de 70 chaudières sont installées dans des industries du bois). Elles mobilisent plus de 300 000 tonnes de bois par an (équivalent de 89 ktep/an) ;
- 166 chaufferies bois pour chauffer des bâtiments collectifs ou tertiaires. Elles mobilisent plus de 170 000 tonnes de bois par an (équivalent à 41 ktep/an).

Il existe des solutions techniques performantes pour toutes les gammes de puissance : 8 kW à plus de 10 MW.



Un silo de stockage du combustible alimente une chaudière bois par l'intermédiaire d'un système de dessilage et de convoyage mécanique géré par automatisme. Les fumées produites lors de la combustion cèdent leur énergie calorifique à de l'eau située dans la chaudière (dans le cas d'une chaudière à eau chaude. Il existe aussi des chaudières vapeur, ou air chaud ou huile par exemple). Cette eau chaude est ensuite acheminée vers le réseau de distribution de chaleur.

Figure 10 : Principe de fonctionnement d'une chaudière bois – Source : ATLANBOIS Note sur le bois énergie en chaufferie automatique en région Pays de la Loire Janv 2012.

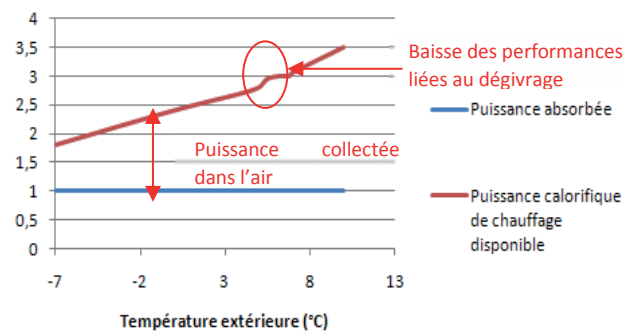
3.8. Annexe : Les critères techniques d'une pompe à chaleur en aérothermie.

Le dimensionnement d'une pompe à chaleur en aérothermie

La puissance calorifique produite et la performance du système varient considérablement en fonction de la température extérieure. **Plus l'air extérieur est froid, plus la pompe à chaleur a des difficultés à puiser des calories.** La pompe à chaleur donne alors le minimum de puissance calorifique quand nous en avons le plus besoin. Pour les jours les plus froids, il est donc nécessaire de **faire appel à un chauffage d'appoint**, ou d'utiliser des solutions modulantes ou en cascade.

Le graphique ci-contre donne un exemple de l'évolution des performances d'une pompe à chaleur en fonction de la température extérieure

Comme constaté précédemment, les températures du site étant relativement homogènes, donc propices à un fonctionnement optimal en aérothermie.



| Température extérieure | Puissance absorbée | Puissance collectée sur l'air | P. calorifique de chauffage disponible |
|------------------------|--------------------|-------------------------------|--|
| -7 °C | 1,0 kW | 0,8 kW | 1,8 kW |
| 0 °C | 1,0 kW | 1,4 kW | 2,4 kW |
| +7 °C | 1,0 kW | 2,0 kW | 3,0 kW |
| +10 °C | 1,0 kW | 2,5 kW | 3,5 kW |

Puissance calorifique = Puissance absorbée + Puissance collectée dans l'air
 Puissance absorbée = Puissance électrique consommée par la pompe à chaleur

Figure 11 : Evolution théorique de puissance d'une pompe à chaleur.

Les limites d'une pompe à chaleur en aérothermie

La température extérieure : La pompe à chaleur **doit être arrêtée pour des températures trop basses** variant selon les constructeurs de -5 à -25°C. Dans nos régions, la température extérieure de base (température minimale quotidienne constatée au moins cinq fois au cours de l'année) est de -5°C. La machine thermique doit **donc produire au moins jusqu'à -10°C et supporter -20°C.**

L'hygrométrie : Une autre limite de l'air comme source froide vient du givrage des échangeurs lorsque l'air est froid et humide. En effet la machine devra s'arrêter quelques minutes pour pouvoir dégivrer, ce qui conduit à une réduction des performances énergétiques. Dans nos régions, il y a en moyenne 60 jours de brouillard par an. De telles conditions climatiques augmentent le **risque de givrage des échangeurs.**

La salinité : L'air marin est un agent corrosif pour les échangeurs. Les machines doivent être **traitées contre la corrosion jusqu'à 5 à 8 km des côtes.**

Les sites pollués : Tout site où l'air est gras, poussiéreux, ... comme les sites industriels ou les carrières est à proscrire, à moins d'utiliser un dispositif de filtrage spécifique adapté. Une telle pollution entraîne l'encrassement rapide de l'échangeur et donc une perte de performances de la pompe à chaleur, voire un arrêt complet.

3.9. Annexe : Les critères techniques d'une pompe à chaleur en aquathermie.

Débit

Chaque projet doit être étudié pour connaître les besoins thermiques nécessaires au chauffage du bâtiment. Des ordres de grandeur sont donnés ci-dessous :

- maison individuelle neuve (120m²) **1 à 2 m³/h**
- maison individuelle existante (120m²) **2 à 3 m³/h**
- bâtiment administratif existant (200m²) : **2 à 4 m³/h**
- bâtiment tertiaire neuf : **1m³/h pour 100 m²**

La ressource en eau souterraine est exploitable à de faible profondeur (0 à 100m) sur l'ensemble de la région et plus particulièrement dans la plaine du Sud Vendée (Dogger et Lias) où les débits exploitables sont plus élevés.

Dans les roches dures et sans perméabilité d'ensemble rencontrées dans le socle, l'eau circule à la faveur des fissures. La **productivité d'un forage est donc très variable**. Les zones productives doivent être mises en évidence au préalable par des méthodes géophysiques.

Zones productives

- Nappes captives du Lias inférieur (Sud-Vendée)
- Zone réservoir du Dogger (Sud-Vendée)
- Zone productive de la nappe aquifère éocène (île de Noirmoutier, marais breton)

Zones peu productives

- Dans les granites et dans les schistes, zone sans contrainte technique de forage, la productivité d'un forage est très variable (0 à quelque(s) dizaines(s) de m³/h).

Les zones productives (zones fissurées pour les granites, filon de grès ou de quartz avec fissures aquifères pour les schistes) doivent être mises en évidence au préalable par des **méthodes géophysiques**.

Qualité

L'eau prélevée doit satisfaire des critères physico-chimiques pour éviter l'encrassement, l'abrasion ou la corrosion des échangeurs. (cf tableau ci-contre)

Chaque nappe captée est différente en termes de qualité d'eau, c'est pourquoi, tout projet de mise en œuvre d'une pompe à chaleur avec prélèvement d'eau nécessite la **réalisation d'une analyse**.

Par exemple :

- 1- Avec les eaux souterraines du Sud-Vendée (Nappe du Dogger, Nappe du Lias inférieur), les échangeurs **risquent de s'encrasser par des dépôts ferrugineux et calcaires**.
- 2- La nappe aquifère éocène (île de Noirmoutier, marais breton) est une zone productive, cependant les **eaux souterraines** sont en majorité **salées**, les échangeurs "grand public" ne sont pas prévus pour résister à l'action oxydante du sel.
- 3- Certaines nappes du socle contiennent des **eaux riches en fer et manganèse** qui créent des risques de colmatage de la crépine du forage, de la pompe et des circuits hydrauliques.

| Paramètres physico-chimiques | Unités | Plage de concentrations pour une bonne résistance des échangeurs |
|---|--------|--|
| Matières organiques susceptibles de dépôt | | 0 |
| Ammoniac | mg/l | < 2 |
| Chlorure (Cl) | mg/l | < 300 |
| Conductivité électrique | µS/cm | 10 à 500 |
| Fer (Fe) | mg/l | < 0.2 |
| Dioxyde de carbone libre (agressif) (CO ₂) | mg/l | < 5 |
| Manganèse dissous (Mn) | mg/l | < 0.1 |
| Nitrate dissous (NO ₃ ⁻) | mg/l | < 100 |
| pH | | 7.5 à 9 |
| Oxygène (O ₂) | mg/l | < 2 |
| Acide sulfhydrique (H ₂ S) | mg/l | < 0.05 |
| HCO ₃ ⁻ / SO ₄ ²⁻ | | <1 |
| Hydrogénocarbonate (HCO ₃ ⁻) | mg/l | 70 à 300 |
| Aluminium dissous (Al) | mg/l | < 0.2 |
| Sulfate (SO ₄ ²⁻) | mg/l | < 70 |
| Sulfite (SO ₃ ²⁻) | mg/l | < 1 |
| Gaz chloré (Cl ₂) | mg/l | < 1 |

Température d'eau

Pour être utilisée en mode chauffage, la machine géothermique ne doit jamais aspirer d'eau à une température inférieure à 8 ou 9°C. En effet, la température de rejet de l'eau étant environ de 5 à 6°C inférieure à la température aspirée, on risque une prise en glace de l'échangeur qui détruirait la machine.

Plus la température de l'eau est élevée, plus la quantité d'énergie soutirable est importante. Dans nos régions, la **température de l'eau** souterraine est comprise entre **11 et 14°C**.

Conclusion

Pour les débits sollicités, La région est potentiellement favorable à l'exploitation des nappes souterraines pour le chauffage géothermique. C'est le sud qui contient les ressources en eau les plus intéressantes en volume. Il convient toutefois de vérifier la qualité de l'eau et principalement la teneur en sel (zones marais) et en fer (disséminé). L'eau souterraine est ainsi une source géothermique exploitable, **cependant il est préférable de privilégier le captage vertical par antenne fermée**.

3.10. Annexe : Les comparatifs des énergies marines

| Type d'énergie & caractéristiques | Marémotrice | Hydrolienne | Houlomotrice | Thermique | Osmotique |
|---|--|--|--|---|--|
| Ressource énergétique mondiale estimée (TWH/année) | 300 | 800 | 80 000 | 10 000 | 2 000 |
| Stade de développement | Industriel pour le marémoteur classique - précoce pour les lagons offshore | Avancé | Préindustriel ou Avancé selon les projets | Très précoce | Très précoce |
| Avantages | - Technologie éprouvée | - Espace nécessaire réduit - Pas ou peu de structures apparentes | - Pas besoin de fondations - Entretien aisé | - Production continue - Prédicibilité parfaite - Production d'eau douce et d'air conditionné | - Production continue - Prédicibilité parfaite - Entretien aisé |
| Inconvénients | - Fonctionnement intermittent - Bouversements environnementaux majeurs - Faible potentiel mondial, sauf si utilisation des lagons offshore | - Fonctionnement intermittent - Entretien compliqué - Impact <i>a priori</i> négatif sur la faune et la flore - Zones exploitables restreintes - Peut empêcher les activités maritimes | - Fonctionnement intermittent - Empêche les activités nautiques maritimes | - Investissement initial conséquent - Solution réservée aux zones tropicales - Complexité technique | - Investissement initial conséquent - Faible rendement - Nécessite un accès à de l'eau douce |

Tableau comparatif des différentes énergies marines - Source : <http://www.connaissancedesenergies.org/>

3.11. Annexe : Les ressources et le principe de la méthanisation

Le développement de la méthanisation et de la filière biogaz sert à la fois la politique de l'eau, des déchets et la politique énergétique, en effet :

- développer la méthanisation des déchets organiques revient à réduire leur volume ;
- le développement de la méthanisation agricole (à la ferme ou collectivement) augmente le traitement des effluents et des déchets agricoles, et améliore ainsi la gestion des épandages, au regard en particulier des problématiques liées à l'azote ;
- par ailleurs, la valorisation du biogaz permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre :
 - o méthaniser les déchets agricoles réduit la durée de stockage en extérieur des effluents d'élevage et donc les émissions de méthane et de protoxyde d'azote générés au cours de cette phase ;
 - o la valorisation du biogaz de décharge, produit lors de la fermentation des ordures, évite que des gaz à effet de serre à fort pouvoir réchauffant ne soient libérés dans l'atmosphère ;
 - o enfin, le contenu en carbone du biogaz est exactement égal à celui qui a été absorbé naturellement dans l'atmosphère lors de la production de la matière organique : en le substituant à des sources d'énergie fossiles, on réduit ainsi la quantité de carbone émise dans l'atmosphère.

La méthanisation s'applique à la plupart des déchets organiques :

- Municipaux : déchets alimentaires, journaux, emballages, textiles, déchets verts, eaux usées, boues de stations d'épuration, matières de vidange
- Industriels : boues des industries agroalimentaires, déchets de transformation des industries végétales et animales, fraction fermentescible des déchets industriels banals
- Agricoles : déjections d'animaux, substrats végétaux solides.

Le biogaz est produit lors d'un processus naturel de dégradation biologique de la matière organique en milieu dépourvu d'oxygène, ce processus s'intitule la méthanisation. La décomposition anaérobie génère différents composés gazeux et de la matière résiduelle appelée « digestat ». Ce mélange gazeux est constitué de méthane (CH₄) à hauteur de 55-70%, de dioxyde de carbone (CO₂) à hauteur de 30-45% et de traces d'autres gaz.

Le biogaz peut être valorisé de différentes manières :

- par la production d'électricité et de chaleur combinée dans une centrale en cogénération ;
- par la production de chaleur qui sera consommée à proximité du site de production ;
- par l'injection dans les réseaux de gaz naturel après une étape d'épuration (le biogaz devient alors du bio-méthane) ;
- par la transformation en carburant sous forme de gaz naturel véhicule (GNV).

Au 1er avril 2015, on recense 37 unités valorisant du biogaz en Pays de la Loire. Elles sont de tailles diverses et traitent des matières d'origines variées :

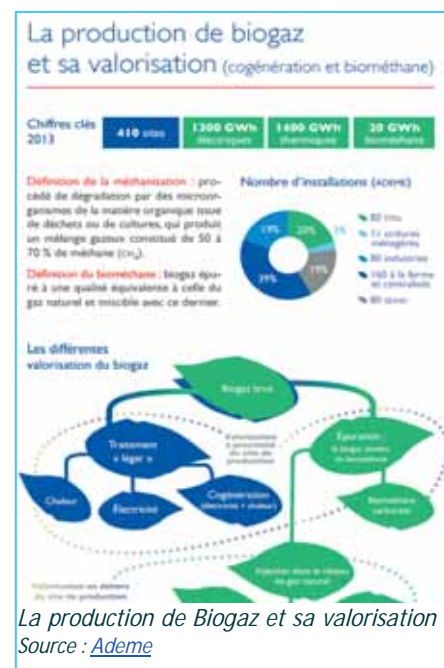
- 14 unités à la ferme, de petite taille, utilisant essentiellement les effluents d'élevage de l'exploitation ;
- 4 unités centralisées qui valorisent en codigestion différents substrats sur un site dédié ;
- 8 unités industrielles, dont 5 installations agro-alimentaires ;
- 8 unités de collectivités, dont 7 traitant des boues de station d'épuration et 1 de la fraction fermentescible des ordures ménagères ;
- 3 unités de stockage de déchets non dangereux valorisant du biogaz de décharge.

Cet ensemble valorise une énergie primaire de l'ordre de 33 ktep/an. La production électrique est estimée à environ 12 ktep/an et la production thermique à 14 ktep/an.

Le département de la Mayenne présente la plus importante production primaire de biogaz de la région (près de la moitié). Ce département est majoritairement rural et regroupe un nombre important d'agriculteurs et donc des effluents d'élevage ou de la matière végétale agricole pouvant être méthanisés en grande quantité. Il accueille par ailleurs une importante décharge d'ordures ménagères.

Lancé début 2013, le Plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote vise l'objectif de 1 000 méthaniseurs à la ferme au niveau national en 2020 et devrait dynamiser la filière.

A l'échelle régionale, à travers le SRCAE, on vise pour 2020 une valorisation de 80 ktep de biogaz, par le biais de 220 installations. La filière biogaz compte pour 6 % de l'objectif régional de production d'énergie renouvelable à cet horizon.



3.12. Annexe : La réglementation thermique RT2012

La Réglementation Thermique 2012 s'applique à tous les permis de construire déposés depuis le 1^{er} janvier 2013 selon l'arrêté du 28 décembre 2012 pour les bâtiments ou parties de bâtiment à usage industriel ou artisanal / bâtiment de bureau / bâtiment à usage de commerce.

Nota : la réglementation ne s'applique pas pour les bâtiments maintenus à une température inférieure à 12°C (stockage, logistique,...)

La RT 2012 comporte trois exigences de résultats relatives à la performance du bâtiment.



Energie primaire :



La réglementation thermique 2012 exprime des exigences en énergie primaire, à ne pas confondre avec l'énergie finale. L'énergie finale (kWh_{EF}) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final. L'énergie primaire (kWh_{EP}) est la consommation nécessaire à la production de cette énergie finale.

Par convention, du fait des pertes liées à la production, la transformation, le transport et le stockage d'électricité, un coefficient de 2,58 est appliqué

$$1 \text{ kWh}_{EF} \longleftrightarrow 2,58 \text{ kWh}_{EP} \text{ pour l'électricité}$$

$$1 \text{ kWh}_{EF} \longleftrightarrow 1 \text{ kWh}_{EP} \text{ pour les autres énergies (gaz, réseaux de chaleur, bois, etc.)}$$

Attestations de prise en compte de la réglementation thermique :

A l'article 1er de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (loi Grenelle 1), le législateur a introduit le dispositif des attestations de prise en compte de la réglementation thermique.

L'objectif de ce dispositif est de contribuer à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs en attestant de la prise en compte de la réglementation thermique. Cela se traduit par la création de deux documents à établir à deux moments clés du processus de construction :

- au dépôt de la demande de permis de construire
- à l'achèvement des travaux de construction d'un bâtiment.

3.13. Annexe : Les futures réglementations thermiques.

3.13.1 Le Label Energie Positive & Réduction Carbone (E+ C-)

le gouvernement a mis en place un **nouveau label appelé « énergie-carbone »** qui a pour but d'encourager la construction de bâtiments à énergie positive et bas carbone afin de préparer la réglementation thermique future.

⇒ *Les niveaux des performances d'un bâtiment neuf sont caractérisés par*

Un niveau « **Énergie** » basé sur l'indicateur Bilan_{BEPOS},

Un niveau « **Carbone** » basé sur :

- Eges : Indicateur des émissions de Gaz à Effet de Serre sur l'ensemble du cycle de vie
- Eges_{PCE} : Indicateur des émissions de Gaz à Effet de Serre de produits de construction et des équipements utilisés

Sont définis **quatre niveaux de performance énergétique** pour le bâtiment à énergie positive et **deux niveaux de performance environnementale** relative aux émissions de gaz à effet de serre.

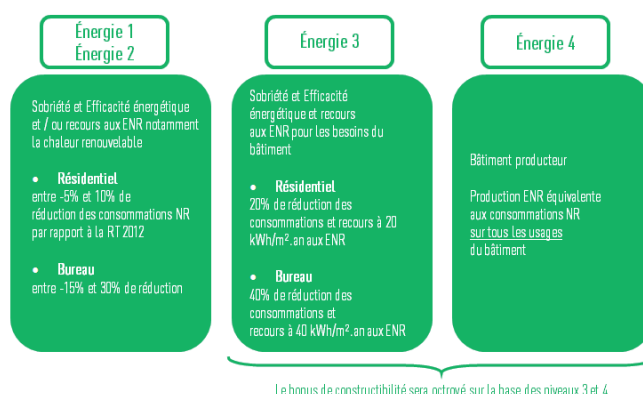
⇒ *Niveaux de performance relatifs au bilan énergétique*

L'évaluation de la performance d'un bâtiment relative au bilan énergétique est faite par comparaison avec un niveau de bilan énergétique maximal, Bilan_{BEPOS,max}.

$$\text{Bilan}_{\text{BEPOS}} \leq \text{Bilan}_{\text{BEPOS,max}}$$

L'échelle des niveaux de performance énergétique du bâtiment à énergie positive comporte **quatre niveaux de performance**.

- Les premiers niveaux, « **Énergie 1** », « **Énergie 2** » constituent une avancée par rapport aux exigences actuelles de la réglementation thermique (RT2012). Leur mise en œuvre doit conduire à une amélioration des performances du bâtiment à coût maîtrisé, soit par des mesures d'efficacité énergétique, soit par le recours, pour les besoins du bâtiment, à des énergies renouvelables (notamment la chaleur renouvelable).
- Le niveau « **Énergie 3** » constitue un effort supplémentaire par rapport aux précédents niveaux. Son atteinte nécessitera un effort en termes d'efficacité énergétique du bâti et des systèmes et un recours significatif aux énergies renouvelables, qu'il s'agisse de chaleur ou d'électricité renouvelable.
- Enfin, le dernier niveau « **Énergie 4** » correspond à un bâtiment avec bilan énergétique nul (ou négatif) sur tous les usages et qui contribue à la production d'énergie renouvelable à l'échelle du quartier.



⇒ *Niveaux de performance relatifs aux émissions de gaz à effet de serre*

L'évaluation de la performance du bâtiment relative aux émissions de gaz à effet de serre est faite par comparaison avec un niveau d'émission de gaz à effet de serre maximal sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, Eges_{max}, et avec un niveau d'émissions de gaz à effet de serre relatif aux produits de construction et équipements, Eges_{max,PCE}.

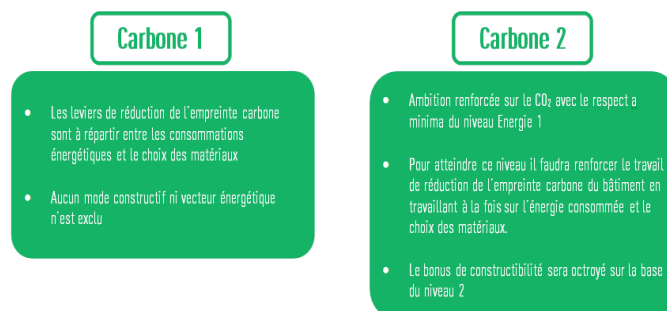
$$\text{Eges} \leq \text{Eges}_{\text{max}}$$

&

$$\text{Eges}_{\text{PCE}} \leq \text{Eges}_{\text{PCE,max}}$$

L'échelle des niveaux de performance relatifs aux émissions de gaz à effet de serre comporte deux niveaux :

- le niveau « **Carbone 1** » se veut accessible à tous les modes constructifs et vecteurs énergétiques ainsi qu'aux opérations qui font l'objet de multiples contraintes (zone sismique, nature du sol...) ; il vise à embarquer l'ensemble des acteurs du bâtiment dans la démarche d'évaluation des impacts du bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie et de leur réduction ;
- le niveau « **Carbone 2** » vise à valoriser les opérations les plus performantes ; il nécessite un travail renforcé de réduction de l'empreinte carbone des matériaux et équipements mis en œuvre, ainsi que celui des consommations énergétiques du bâtiment.



**AXENERGIE a participé à la
 Première Maison Individuelle (France)
 à recevoir le label E+C-
 de la main de la ministre Emmanuelle COSSE**



Site : La Roche sur Yon(85) - Année : En cours 2016-2017

3.13.2 La Réglementation Bâtiment Responsable 2020 (RBR 2020)

Cette réglementation devrait tenir compte davantage de l'aspect environnemental du label E+C-. La RBR 2020 **se basera sur les axes d'améliorations du label** mais devrait mettre en avant le **bien-être des occupants** tels que la qualité de l'air, l'isolation phonique ou bien même l'implantation du bâtiment (distance du bâtiment aux services). De plus, la RBR 2020 intégrera une **analyse de cycle de vie** de la construction du bâtiment (≈ bilan carbone). Un groupe de travail a été constitué en 2011 afin de rédiger cette nouvelle réglementation.

Quelques chiffres :

- Pour les bâtiments neufs actuels, 60% de la consommation énergétique total du bâtiment est causé par les usages spécifiques (électroménagers, multimédia, cuisson...).
- 50% des rejets de Gaz à Effet de Serre émis par un bâtiment pendant toute la durée de sa vie sont engendrés lors de la construction du bâtiment.
- Dans un projet de construction, on estime que 25% du coût global du bâtiment concerne le montant d'investissement tandis que 75% concerne l'exploitation du bâtiment.

3.14. Annexe : Complément EnR&R en solaire photovoltaïque

Aujourd'hui n'importe qui, personne physique ou personne morale, peut devenir producteur d'électricité et injecter dans le réseau tout ou une partie de sa production.






Depuis juillet 2006, ce tarif d'achat et les coûts du matériel ont significativement évolué, faisant sortir le marché du photovoltaïque de la confidentialité vers un développement à grande échelle.

Comme évoqué précédemment, les réglementations thermiques à venir (RE2018 et RBR2020) mettront en place l'obligation de concevoir tous les **bâtiments neufs "à énergie positive"**, autrement dit le photovoltaïque deviendra incontournable sur les projets de construction.

Cette solution n'est pas productrice de chaleur en elle-même et ne fournit pas directement le bâtiment producteur en électricité. En revanche, dans la réglementation RT2012, son utilisation peut être prise en compte pour diminuer la consommation en énergie primaire du bâtiment (Cep), mais elle est limitée.

Nota : il peut être possible d'utiliser directement l'énergie produite en autoconsommation et de ne revendre à Enedis que le surplus. Au vu des tarifs de rachat cette solution devient de plus en plus avantageuse.

⇒ *Aspects techniques*

| Orientation optimale | Plein sud | | | | |
|----------------------------|--|--|---|--|--|
| Type de toiture | Toiture plate | | | Toiture incliné | Ombrière |
| Inclinaison envisageable | 0° | 10° Est/Ouest | Sur châssis 30° | Selon pente du toit | Selon pente du toit |
| Illustration |  |  |  |  |  |
| Avantages | - Facilité d'installation | - Optimisation de la production - Nombre de modules conservés | - Optimisation de la production par rapport à des capteurs plans | - Facilité d'installation | - Double fonctionnalité : protection contre intempéries + production PV |
| Inconvénients | - Durée de vie dégradé du fait de la planéité | - Charge sur toiture supplémentaire par fixations | - Charge sur toiture supplémentaire par fixations et châssis - Nombre de module réduit | - | - |
| Durée de vie des capteurs | < à 20-30ans | 20-30ans | | | |
| Durée de vie des onduleurs | 7-15ans | | | | |
| Investissement | ≈ 1 € HT/Wc | | | | |

⇒ *Aspects environnementaux*

- Le silicium est l'un des éléments les plus abondants sur terre sous forme de silice, parfaitement stable et non toxique. Le silicium, à la base de toute l'industrie électronique moderne, est obtenu par réduction de la silice dans un four, ce qui fournit le matériau dit « métallurgique » dont la pureté est de 98% environ.
- Les modules PV produisent au cours de leur durée de vie 7 à 10 fois plus d'énergie qu'il n'en a fallu pour le produire. Le temps de retour énergétique est donc de 2 à 3,5 ans.
- La production d'électricité à partir de modules PV ne produit aucun rejet de CO₂ en fonctionnement.
- Le recyclage des modules au silicium cristallin (après 20 à 30 ans de fonctionnement) est possible. Le principe de récupération des cellules est le retraitement, puis une nouvelle encapsulation. Le traitement des cellules hors d'usage a deux avantages : la réduction de la production de déchets et le gain de coût réalisé en réutilisant les mêmes cellules retraitées.