



**Syndicat mixte du parc d'activités multi-sites de la
vallée de la Brèche**

ZAC du Marais

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement des Energies Renouvelables

Mandataire du Syndicat



Bureau d'études environnement



Ce document est imprimé sur papier provenant de forêts gérées durablement.





TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I : INTRODUCTION.....	1
1. PREAMBULE.....	2
1.1. La démarche de la SA Oise et du Syndicat Mixte du parc d'activités multi-sites de la vallée de la Brèche	2
1.2. Présentation de la ZAC de Mogneville	2
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	4
2.1. Le cadre réglementaire de l'étude de faisabilité du potentiel en énergie renouvelable.....	4
2.2. Les dispositions relatives au Grenelle 2	6
2.3. Réglementation et enjeux propres au site.....	7
2.3.1. La réglementation thermique 2012	7
2.3.2. La réglementation thermique 2015	9
2.3.3. Le Label BBC.....	9
2.3.4. La réglementation Thermique 2020	10
2.3.5. Le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) :	11
3. LE DIAGNOSTIC DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX LOCAUX.....	14
CHAPITRE II : ETAPE 1 : LE DIAGNOSTIC DES BESOINS ENERGETIQUES.....	16
1. PRESENTATION DU CONTEXTE DE LA ZAC DE MOGNEVILLE.....	17
1.1. Situation administrative	17
1.2. Contexte général de la ZAC de Mogneville.....	18
1.2.1. La ZAC de Mogneville	18
1.2.2. Positionnement géographique de la ZAC de Mogneville.....	19
1.2.3. Phasage opérationnel	20
1.3. Les conditions climatiques.....	21
2. DESCRIPTION DU PROGRAMME	22
3. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROGRAMME.....	23
3.1. Méthodologie.....	23
3.2. Les données utilisées et les hypothèses.....	23
3.3. Estimation des besoins énergétiques du programme.....	25
3.4. La consommation électrique des bornes de recharges automobile	27



CHAPITRE IV : ETAPE 2 : LES DIFFERENTES ENERGIES RENOUVELABLES	29
1. L'ENERGIE SOLAIRE.....	30
1.1. Le solaire passif.....	30
1.2. Le principe du solaire photovoltaïque	30
1.3. Le principe du solaire thermique	31
1.4. Le potentiel d'ensoleillement dans le périmètre étudié.....	31
1.5. Technologies et échelle	34
1.6. Les atouts et contraintes.....	35
1.6.1. Les atouts	35
1.6.2. Les contraintes.....	36
2. L'ENERGIE EOLIENNE.....	37
2.1. Le principe de l'énergie éolienne	37
2.2. L'énergie éolienne dans le périmètre d'étude : (Petit, moyen et grand éolien)	38
2.3. Les atouts et les contraintes du grand et du petit éolien	41
2.3.1. Les atouts	41
2.3.2. Les contraintes :.....	41
3. L'ENERGIE BIOMASSE.....	43
3.1. Définition de l'énergie Biomasse.....	43
3.2. Les ressources disponibles	43
3.2.1. Le bois-énergie	43
3.2.2. Le bois énergie en Picardie (données IFN 2010).....	45
3.3. Le potentiel sur la ZAC de Mogneville	47
3.4. Les atouts et les contraintes	48
3.4.1. Les atouts	48
3.4.2. Les contraintes.....	48
4. LA GEOTHERMIE.....	49
4.1. La définition de la géothermie	49
4.1.1. La géothermie de surface	50
Le réseau de capteurs horizontaux (tubes) est enterré à faible profondeur. Un fluide caloporteur circule dans les capteurs jusqu'à la pompe à chaleur permettant les échanges calorifiques.....	51
4.1.2. La géothermie basse énergie	52
4.2. La géothermie profonde	53
4.3. Les ressources disponibles au niveau de la ZAC de Mogneville.....	54
4.3.1. La géothermie très basse énergie	54
4.3.2. La géothermie basse énergie	56
4.4. Les atouts et les contraintes de la géothermie de surface (très basse énergie)	56
4.4.1. Les atouts	56
4.4.2. Les contraintes.....	57



4.5. Les atouts et les contraintes de la géothermie basse énergie	57
4.5.1. Les atouts :	57
4.5.2. Les contraintes :	57
5. LA METHANISATION	58
5.1. La définition de la méthanisation	58
5.2. Les ressources locales	58
5.3. Les atouts et les contraintes	60
5.3.1. Les atouts	60
5.3.2. Les contraintes	60
6. LES RESEAUX DE CHALEUR	61
6.1. Notion de rentabilité	61
6.2. Création d'un nouveau réseau de chaleur	61
6.3. Utilisation d'un réseau de chaleur existant	62
6.4. Les atouts et les contraintes	62
6.4.1. Les atouts	62
6.4.2. Les contraintes	62
7. LES SOLUTIONS DITES INNOVANTES OU PARTIELLEMENT RENOUVELABLES	63
7.1. La récupération de chaleur sur les eaux usées	63
7.2. La récupération d'énergie dite fatale	64
7.3. L'aérothermie	64
7.3.1. Présentation de la technologie	64
7.3.2. Gisement net	65
CHAPITRE V : ETAPE 3 : LES ENERGIES RENOUVELABLES FAVORABLES	66
1. SYNTHESE DES ENERGIES RENOUVELABLES ET PRESENTATION DES ENERGIES RENOUVELABLES PERTINENTES	67
2. LE MIX-ENERGETIQUE	70
2.1. Equipements susceptible de couvrir les besoins énergétiques	70
2.1.1. L'Utilisation de la géothermie sur pieux	70
2.1.2. L'Utilisation du solaire thermique	71
2.1.3. L'Utilisation du solaire photovoltaïque	72
3. DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS PERTINENTS	73
3.1. Scénario de base : équipement en géothermie sur pieux pour la production de chaud / froid 73	
3.1.1. Principe de base	73
3.1.2. Evaluation économique	74
3.2. Scénario de base : 1 équipement solaire thermique	74
3.2.1. Principe de base	74
3.2.2. Calcul du temps de retour sur investissement	76



3.3. Scénario de base : équipement en solaire photovoltaïque.....	76
3.3.1. Principe de base	76
3.3.2. Calcul du temps de retour sur investissement	77
4. CONCLUSIONS	78
CHAPITRE VI : ANNEXES	79
1. LES PRINCIPAUX LABELS EXISTANTS POUR LES CONSTRUCTIONS.....	80
1.1. Bâtiment Basse consommation	80
1.2. L'habitat passif	81
1.3. Passivhaus	82
1.4. La Réglementation Thermique 2012.	83
2. LES BATIMENTS A ENERGIE POSITIVE	85

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Typologie des créations d'entreprises à Mogneville (source: Insee).....	19
Tableau 2 : Nombre d'entreprises par secteur d'activités (source: Insee).....	19
Tableau 3 : consommation énergétique prévisible.....	25
Tableau 4 : Hypothèse de consommation prises pour des activités de logistique	25
Tableau 5 : consommation énergétique des bornes de recharge de véhicules électriques	28
Tableau 6 : Ensoleillement annuel enregistré à la station de Creil entre 1981 et 2010	33
Tableau 7 : Les chiffres clés de l'agriculture à Mogneville (Source : Agreste-recensement 2010) .	59
Tableau 8 : Synthèse des atouts et contraintes des différentes solutions d'énergies renouvelables et des réseaux de chaleur	68

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Plan d'aménagement du site.....	3
Figure 2 : Schéma descriptif des exigences réglementaires de la RT à différents horizons	7
Figure 3 : Consommations maximales autorisées en France	8
Tableau 4 : Production d'énergies renouvelables en Picardie	12
Figure 5 : Délimitation territoriale du schéma régional éolien.....	13
Figure 6 : Synthèse des enjeux environnementaux du SCOT du Grand Creillois.....	14
Figure 7 : Document d'objectifs et d'Orientations du Grand Creillois	15
Figure 8: Carte de la CC du Liancourtois la Vallée Dorée	17
Figure 9: Périmètre de la ZAC et barreau routier.....	20
Figure 10: Carte des types de climat en France (source : météo France)	21
Figure 11: Programme de la ZAC de Mogneville.....	22
Figure 12 : Fonctionnement d'une installation solaire photovoltaïque connectée au réseau	30
Figure 13 : Fonctionnement d'une installation solaire thermique	31
Figure 14 : potentiel électrique solaire	32



Figure 15 : Carte de moyenne d'ensoleillement en France entre 1998 et 2007	33
Figure 16 : Ensoleillement mensuel moyen de la station Creil entre 1981 et 2010	34
Figure 17 : Centrales solaires sur bâtiment.....	35
Figure 18 : Schéma d'une éolienne	37
Figure 19 : Eolienne à axe vertical	38
Figure 20 : Très petit éolienne	38
Figure 21 : Carte du potentiel éolien à 40 mètres en Picardie	39
Figure 22 : Zone propice à l'implantation d'éoliennes	40
Figure 23 : Taux de boisement par département en 2018 (<i>Source : DRAAF Hdf</i>).....	45
Figure 24: Filière bois en Hauts de France en 2018	46
Figure 25: Approvisionnement en combustible bois déchiqueté en Picardie (source : Nord Picardie Bois , 2015)	47
Figure 26: Les ressources géothermiques en France (<i>Source : BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières</i>)	49
Figure 27: Illustrations des différents types d'alimentation par géothermie	50
Figure 28 : Principe de fonctionnement des capteurs géothermiques horizontaux	51
Figure 29 : Schéma de l'utilisation de la géothermie basse énergie	53
Figure 30: Carte des températures profondes probables (5000 m) en Europe	54
Figure 31: Masses d'eau souterraine	55
Figure 32: Potentiel géothermique de la ZAC de Mogneville	56
Figure 33: SAU et nombre d'exploitations sur la commune de Mogneville	58
Figure 34: Cartographie de l'occupation des sols Corine Land Cover 2018	60
Figure 35: Fondation géothermique.....	71
Figure 36 : Toiture d'un entrepôt logistique recouvert de panneaux photovoltaïques	72
Figure 37: Les différentes dates d'entrée en application de la RT 2012	84



CHAPITRE I : INTRODUCTION



1. PREAMBULE

1.1. La démarche de la SA Oise et du Syndicat Mixte du parc d'activités multi-sites de la vallée de la Brèche

Mogneville est une commune de l'Oise à proximité de Creil. Elle appartient à la Communauté de Communes du Liancourtois Vallée Dorée. Le Syndicat Mixte du Parc d'Activité Multi-Sites de la vallée de la Brèche, souhaitant répondre à un besoin identifié au sein du SCOT du Liancourtois a souhaité procéder au développement de surfaces commercialisables à des fins économiques.

Conscient des enjeux de développement économique du territoire, le Syndicat Mixte du Parc d'activités multisites de la Vallée de la Brèche s'est engagé dans un projet d'envergure destiné à accueillir, sur environ 27,5 hectares, activités, commerces, services et équipements.

Les objectifs de la ZAC de Mogneville sont ainsi :

- Dynamiser l'offre économique du territoire
- Accroître l'emploi sur le territoire
- Proposer une offre variée d'implantation aux porteurs de projets économiques
- Participer au désenclavement de la Commune
- Améliorer la desserte du Parc de Chedeville (lieu de sensibilisation à l'environnement et au développement durable de rayonnement départementale)
- Contribuer à limiter le développement non maîtrisé de l'extension urbaine de la Commune (occupations illégales, dépôts sauvages, ...)
- Permettre le développement des circulations douces

Une attention toute particulière sera apportée aux déplacements : d'une part, au niveau de l'impact du projet sur les flux routiers et de l'insertion sur le réseau routier départemental, d'autre part, sur les transports collectifs et l'accessibilité du site.

1.2. Présentation de la ZAC de Mogneville

Avec sa position, le site deviendra d'ici 2025 un pôle d'attractivité de la région. Il présente différents avantages majeurs pour l'avenir de Mogneville et du territoire. C'est ainsi que le SCOT du Grand Creillois, mis en œuvre en 2014, a intégré cette zone dans la sa programmation de développement économique.

Le projet d'aménagement de la zone de Mogneville intègre :

- l'implantation privilégiée d'activités de type logistique ;
- l'aménagement des abords paysagers ;
- un barreau routier à vocation de captation du trafic de transit depuis la RD 62 avec franchissement de la Brèche ;



ZAC du MARAIS
Etude de faisabilité sur le potentiel
de développement des ENR



Figure 1 : Plan d'aménagement du site

Le projet d'aménagement (nivellement et assainissement) proposé par le maître d'œuvre a été vérifié dans sa globalité.

La zone aménagée s'étend sur une superficie d'environ 27,5 hectares. L'aménagement comprend des circulations routières et piétonnes ainsi que des bâtiments et des espaces paysagers.



2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

2.1. Le cadre réglementaire de l'étude de faisabilité du potentiel en énergie renouvelable

La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation, relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement se compose d'une cinquantaine d'articles et regroupe à la fois des objectifs et des engagements généraux à moyen et à long terme dans l'ensemble des thématiques traitées par le Grenelle de l'Environnement.

Selon son article 1 alinéa 1, cette loi « (...) fixe les objectifs et, à ce titre, définit le cadre d'action, organise la gouvernance à long terme et énonce les instruments de la politique de mise en œuvre pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter. Elle assure un mode de développement durable qui respecte l'environnement et se combine avec une diminution des consommations en énergie, en eau et autres ressources naturelles. Elle assure une croissance durable sans compromettre les besoins des générations futures (...) »

L'article 8 de la loi dite Grenelle 1 modifie l'article 128-4 du code de l'Urbanisme en précisant que : « toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L.300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération ».

Cette réglementation est renforcée par sept textes définissant le « cadre énergétique globale » national et européen :

- ix La loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE).
- ix La loi n°99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire introduisant les schémas de services collectifs de l'énergie.
- ix La loi n°2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité (ouverture du marché de l'électricité).
- ix La directive n°2001/77/CE du Parlement Européen et du Conseil du 27 septembre 2001 relative à la promotion de l'électricité produite à partir de source d'énergies renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité ; **elle fixe un objectif pour la France de 21% de taux de couverture de la consommation électrique par des énergies renouvelables d'ici à 2010.**
- ix L'ordonnance n°2004-489 du 3 juin 2004 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programme sur l'environnement ; les documents d'urbanisme et le SCOT doivent évaluer les incidences de leurs dispositions sur l'environnement et définir des mesures de compensation.



- ix La loi n°2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique, dite loi POPE, notamment :
 - o Confirmation des objectifs de production d'énergie d'origine renouvelable pour la France à l'horizon 2020 ;
 - o Prendre en compte les énergies renouvelables dans les projets d'urbanismes pour les collectivités ;
 - o Recommander l'utilisation des énergies renouvelables pour l'approvisionnement énergétiques des constructions neuves, en fonction des caractéristiques de ces constructions, sous réserve de la protection des sites et des paysages ;
 - o Mise en place de zone de développement de l'éolien (ZDE) dispositif abrogé par la loi Brottes de 2012 ;
 - o Meilleure prise en compte du potentiel énergétique des cours d'eau ;
 - o Contribuer à l'indépendance énergétique nationale et garantir la sécurité de l'approvisionnement en énergie ;
 - o Assurer un prix compétitif à l'énergie ;
 - o Diversifier le bouquet énergétique français.
- ix Le décret n°2005-608 du 27 mai 2005 relatif à l'évaluation des incidences des documents d'urbanisme sur l'environnement.

De plus, trois autres textes sont venus encadrer la performance énergétique des bâtiments :

- ix Le décret n°2000-1153 du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des constructions ; dans le cadre de la RT 2000, tout nouveau bâtiment doit avoir une consommation d'énergie inférieure à une consommation de référence.
- ix L'arrêté du 29 novembre 2001 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments ; l'introduction des énergies renouvelables est prise en compte dans l'évaluation de la performance énergétique.
- ix La directive n°2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments, fixant notamment ;
 - o Le cadre général d'une méthode de calcul de la performance énergétique des bâtiments ;
 - o Des exigences minimales en matière de performance énergétique des bâtiments neufs, en particulier pour ceux d'une superficie totale supérieure à 1 000 m² (étude de faisabilité technique, économique et environnementale en amont de la construction) ;



- Des exigences minimales en matière de performance énergétique des bâtiments existants de grande taille faisant l'objet de travaux importants de rénovation ;
- Le cadre de l'établissement du diagnostic de performance énergétique d'un bâtiment lors de la construction, la vente ou la location de celui-ci ;
- Les exigences relatives à l'inspection régulière des chaudières et des systèmes de climatisation dans les bâtiments ;

2.2. Les dispositions relatives au Grenelle 2

Après le vote de la loi de programmation du Grenelle Environnement (dite « Grenelle 1 »), le parlement a adopté de nombreux amendements constructifs qui sont venus enrichir le texte de base. Mais ils sont également venus renforcer la volonté du parlement d'œuvrer pour évoluer vers un modèle de croissance sobre.

Cette volonté a été accentuée avec l'adoption du « Grenelle 2 » qui décline par secteur les objectifs entérinés par le premier volet législatif du Grenelle Environnement. Le « Grenelle 2 » est un texte d'application du Grenelle Environnement. Il permet de modifier les pratiques de chacun en y intégrant la notion de mutation écologique.

Six « Chantiers » ont été engagés dont l'objet du premier est « l'amélioration énergétique des bâtiments et harmonisation des outils de planification » contenant 2 piliers :

- ix Favoriser un urbanisme économe en ressources foncières et énergétiques, mieux articuler avec les politiques d'habitat, de développement commercial et de transports tout en améliorant la qualité de vie des habitants.
- ix Afin de mettre en œuvre la rupture technologique dans le neuf et la rénovation thermique accélérée du parc ancien, le projet de loi portant engagement national pour l'environnement propose notamment pour le volet logement :
 - La création d'une attestation obligatoire vérifiant la prise en compte des normes énergétiques à la fin des travaux ;
 - le développement des contrats de performance énergétique ;
 - l'amélioration du diagnostic de performance énergétique ;
 - la réalisation d'audits énergétiques ;
 - ...



2.3. Règlementation et enjeux propres au site

2.3.1. La réglementation thermique 2012



Le niveau de performance énergétique de référence de la RT 2012 correspond, pour simplifier, au niveau du label BBC de la RT 2005. La réglementation thermique 2012 (dite « RT 2012 ») pose des objectifs ambitieux en matière d'efficacité énergétique avec un maximum d'énergie consommée fixé à 50 kWh_{ep}/(m².an) en moyenne, divisant ainsi par 3 le niveau maximal de consommation fixé par la précédente RT 2005. L'objectif annoncé étant d'atteindre le niveau de performance de bâtiments passifs à horizon 2020.

Le schéma suivant rappelle les exigences de performances à atteindre.

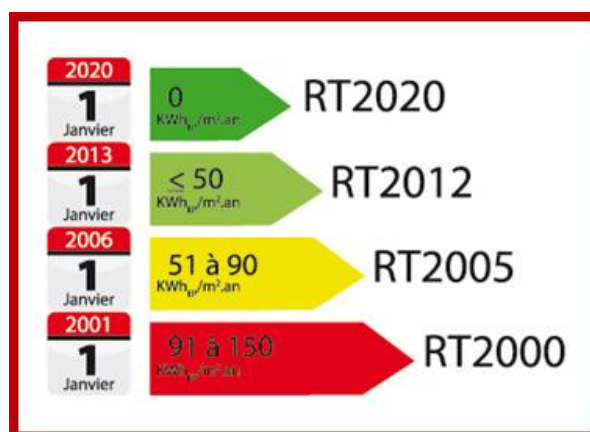


Figure 2 : Schéma descriptif des exigences réglementaires de la RT à différents horizons

Cette réglementation s'applique, depuis le 1er janvier 2013, à tous les bâtiments neufs, qu'ils soient à usage d'habitation ou à usage tertiaire.

Selon l'article R111-20-6 du code de la construction et de l'habitation, depuis le 1er janvier 2013, il est nécessaire qu'elle soit prise en compte pour valider tout permis de construire pour les bâtiments suivants :

- ix Bâtiments à usage d'habitation ;
- ix Bureaux ;
- Etablissements d'accueil de la petite enfance ;
- ix Bâtiments d'enseignement primaire et secondaire ;
- ix Bâtiments universitaires d'enseignement et de recherche ;
- ix Hôtels ;
- ix Restaurants ;
- ix Commerces ;
- ix Gymnases et salles de sports, y compris vestiaires ;
- ix Etablissements de santé ;



Bbio_{max} :

Le coefficient Bbio correspond aux besoins énergétiques du bâtiment (chauffage, climatisation et éclairage). Il prend en compte les déperditions thermiques et tous les apports gratuits (chaleur humaine, soleil...).

C'est un indicateur qui :

- ix rend compte de la qualité de la conception et de l'isolation du bâtiment (indépendamment du système de chauffage) ;
- ix valorise la conception bioclimatique (accès à l'éclairage naturel, surfaces vitrées orientées au Sud...) et l'isolation performante.

La conformité de Bbio d'un bâtiment doit être égale ou inférieure au Bbio_{max} calculé. Cette conformité est nécessaire lors du dépôt du permis de construire.

2.3.2. La réglementation thermique 2015

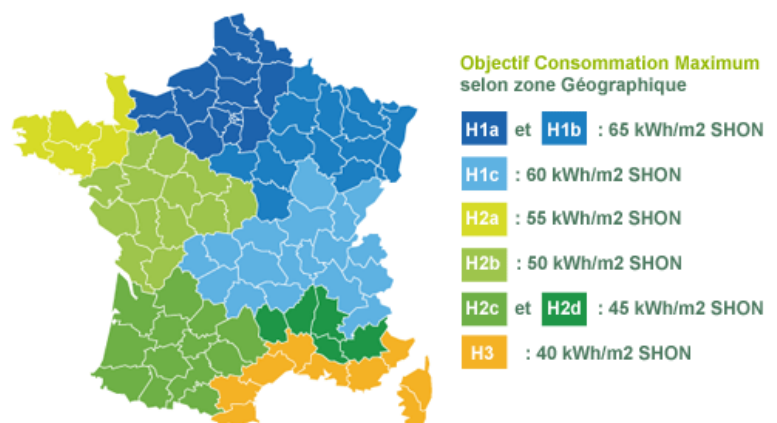
L'arrêté du 11 décembre 2014 vient « simplifier » et « alléger » l'application de la réglementation thermique RT2012 pour les bâtiments neufs de petites surfaces ou atypiques, ainsi que pour les extensions de bâtiments existants. Les changements s'appliquent sur les permis de construire déposés après le 1er janvier 2015. Les différentes modifications s'appliquent sur les points suivants :

- ix Suppression de la RT2012 pour les constructions ou extensions de moins de 50 m² ;
- ix Modifications des exigences dans le cadre d'extensions de maisons individuelles ;
- ix Allègement de la règle des 1/6 de surface vitrée ;
- ix Majoration du Cep Max pour les logements collectifs.

L'arrêté du 19 décembre 2014 prolonge la dérogation accordée aux logements collectifs de respecter un Cep inférieur à 57,5 kWh/m²/an (au lieu de 50 kWh/m²/an). Cette modulation est maintenue jusqu'en fin 2017.

2.3.3. Le Label BBC

Un Bâtiment Basse Consommation, selon la RT 2005, est un bâtiment dont la consommation énergétique nécessaire à son chauffage, son refroidissement, son éclairage et sa production d'eau chaude sanitaire est inférieure à 80% à la consommation réglementaire préconisée par la RT 2005.





En parallèle à la généralisation de l'appellation BBC, cette exigence énergétique a donné naissance à une norme, Bâtiment Basse Consommation (BBC 2005), créée par l'arrêté du 3 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique » et s'inspire notamment de la démarche suisse « Minergie ».

La norme fixe (pour les logements neufs) une exigence énergétique de 50 kWh_{ep}/(m²de surf planché/an)¹ à laquelle on lui ajoute un coefficient de rigueur climatique fonction de la zone climatique et de l'altitude. Pour les bâtiments tertiaires, la consommation de référence doit être calculée au cas par cas. Cette exigence est corrigée par un coefficient de « *rigueur climatique* », fonction de la zone climatique de la RT 2005.

Le département du Pas de Calais possède un objectif de consommation maximum établi à 65 kWh/m² Surf planché (en zone H1a).

2.3.4. La réglementation Thermique 2020

La Réglementation Thermique 2020, c'est une nouvelle norme visant à construire des logements ou bâtiments à énergie positive (=qui produit plus d'énergie qu'il en consomme) et des maisons passives (=qui dépense très peu d'énergie et recycle celle qu'elle produit).

Ce que les bâtiments à énergie positive doivent avoir :

- Une consommation de chauffage doit être inférieure à 12 kWh_{ep}/m².
- Une consommation totale d'énergie inférieure à 100 kWh/m² (avec l'eau chaude, les lumières,...).
- La capacité de produire de l'énergie pour que le bilan énergétique soit positif sur les cinq 5 utilitaires : chauffage, luminaires, eau chaude, clim, auxiliaires) grâce à des panneaux photovoltaïques par exemple.

La RT 2020 sera en vigueur et obligatoire pour tous les bâtiments neufs d'ici le 1^{er} janvier 2020. C'est actuellement la RT 2012 qui est en vigueur, elle s'applique aux bâtiments neufs qui ont fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée après le 1^{er} janvier 2013.

Ces bâtiments sont appelées BEPOS = Bâtiment à Energie Positive et doivent produire plus ou à égalité l'énergie qu'ils consomment.



Parmi les principales différences entre la RT 2012 et la RT 2020, on notera les limites de dépense énergétique. Alors que la RT 2012 correspondait à un plafond de 50 kWh/m²/an, à savoir la valeur moyenne du label BBC (bâtiment basse consommation), la RT 2020, impose que la production d'énergie soit supérieure à la consommation.

¹ kWh_{ep} : kWh d'énergie primaire, telle que définie par la RT 2005



De plus il y a un grand objectif pour la RT 2020 c'est de consommer encore moins d'énergie. C'est-à-dire que tous les bâtiments construits après 2020 seront beaucoup plus sensibilisés pour devenir des bâtiments à énergie positives (BEPOS) pour consommer et produire la même quantité d'énergie, ou même en produire plus.

2.3.5. Le Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) :

Le schéma régional du climat de l'air et de l'énergie (SRCAE) Picardie a été approuvé par l'arrêté du Préfet de région du 14 juin 2012 et la délibération du conseil régional du 30 mars 2012 (format PDF, 1.4 Mo). Le SRCAE Picardie a été annulé par arrêt de la cour administrative d'appel de Douai le 14 juin 2016, pour défaut d'évaluation environnementale.

Les instances juridiques ne se sont pas prononcées sur la légalité interne des documents, dont les objectifs n'ont pas été censurés.

Le SRCAE de Picardie compte 42 orientations qui doivent permettre à la Région d'atteindre les objectifs qu'elle s'est fixés dans le cadre de la réduction de ses rejets de GES, d'une réduction de sa consommation énergétique et à multiplier par deux la part d'énergie renouvelables dans sa production d'énergie.

Les orientations relatives au développement des énergies renouvelables dans le document du SRCAE sont les suivantes :

Orientation 6

La Picardie structure une offre dynamique et innovante en matière de réhabilitation et de construction de bâtiments

- D1 : Développer les compétences locales des filières du bâtiment vers la performance énergétique
- D2 : Stimuler l'innovation à travers la rénovation des bâtiments publics
- D3 : Favoriser l'émergence d'une offre globale de prestation de travaux
- D4 : Développer l'éco-construction et les filières locales de matériaux de construction

Orientation 9

La Picardie accompagne ses entreprises dans la diminution de leur impact carbone et le développement des filières de l'économie verte

- D1 : Accompagner les PME et PMI pour une gestion maîtrisée de leur consommation énergétique
- D2 : Soutenir l'adaptation du tissu économique aux nouvelles dynamiques du marché
- D3 : Faire évoluer la gestion des flux de marchandises
- D4 : Promouvoir l'écologie industrielle



ZAC du MARAIS
Etude de faisabilité sur le potentiel
de développement des ENR

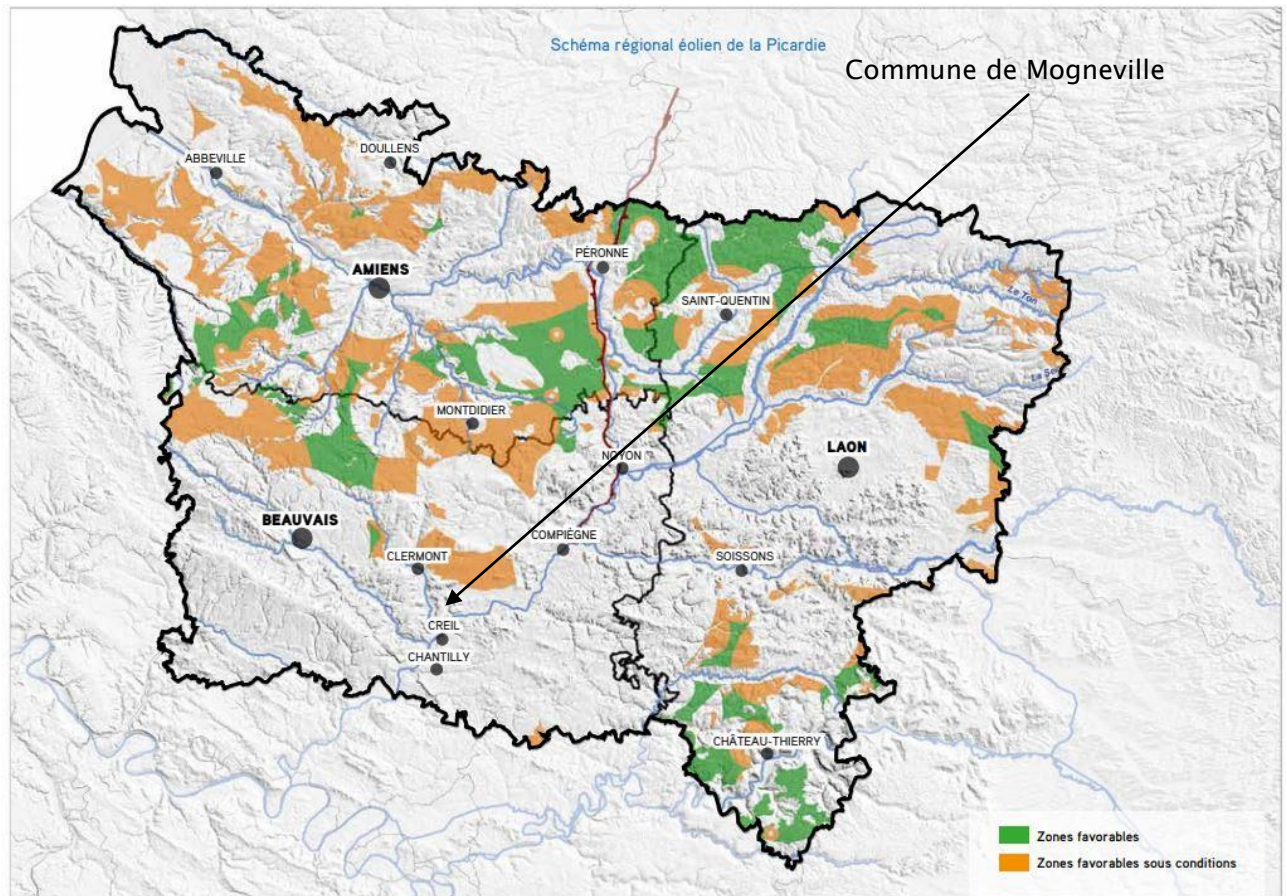


Le tableau ci-dessous illustre la corrélation existante entre la situation de la Picardie en comparaison à la France métropolitaine et l'apport de la Picardie sur chacun des postes.

	PICARDIE		FRANCE MÉTROPOLITAINE		% / FRANCE
	1 960 000		63 600 690		3%
CONSUMMATION D'ÉNERGIE FINALE (2007)	Ktep	%	Ktep	%	
Gaz	1 590	31%	35 000	21,6%	4,5%
Electricité	1 129	22%	37 300	23%	3%
Fuel	2 001	39%	71 000	43,8%	2,8%
Charbon	51	1%	6 600	4%	0,8%
Autres	359	7%	12 200	7,5%	3%
Total	5 130	100%	162 100	100%	3%
PRODUCTION D'ÉNERGIE	ktep	%	ktep	%	
Electricité non renouvelable	97,4	12%	114 600	83,7%	0,1%
Electricité renouvelable	138	17%	5 900	4,3%	2,3%
Production de chaleur renouvelable	263	33%	13 000	9,5%	2%
Production de chaleur non renouvelable	173	22%	2 200	1,6%	8%
Production de carburant	125	16%	1 200	0,9%	10%
Total	796,4	100%	136 900	100%	0,6%
EMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	ktepCO ₂ /an	%	-30	%	
Résidentiel	2 394	15%	59 207	11%	4%
Tertiaire	1 223	8%	27 816	5%	4,4%
Industrie	4 532	29%	107 323	20%	4,2%
Transports	3 975	25%	141 433	27%	3%
Agriculture	3 305	21%	104 699	20%	3%
Déchets	400	3%	10 000	2%	4%
Industrie de l'énergie	ns	ns	73 500	14%	ns
Total	15 822	100%	523 978	100%	3%
UTCF	-1 808	13%	-72 300	13,6%	2,5%
Total avec UTCF	14 024		451 678		3%

Tableau 4 : Production d'énergies renouvelables en Picardie

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SCRAE) est composé d'un volet éolien permettant de favoriser le développement de l'énergie éolienne. Dans ce cadre, la carte ci-dessous met en évidence les communes de Picardie éligibles du schéma régional éolien.



La liste complète des communes situées pour tout ou partie en zone favorable est consultable sur internet :
sur les sites du Conseil régional (www.picardie.fr) ou de la Préfecture de région (www.picardie.pref.gouv.fr)

Figure 5 : Délimitation territoriale du schéma régional éolien

Comme l'illustre la carte précédente, la commune de Mogneville est défavorable au développement de l'éolien « traditionnel », cependant, nous nous intéresserons un peu plus loin dans le rapport au développement de ce type d'énergie à des échelles adaptées au projet.



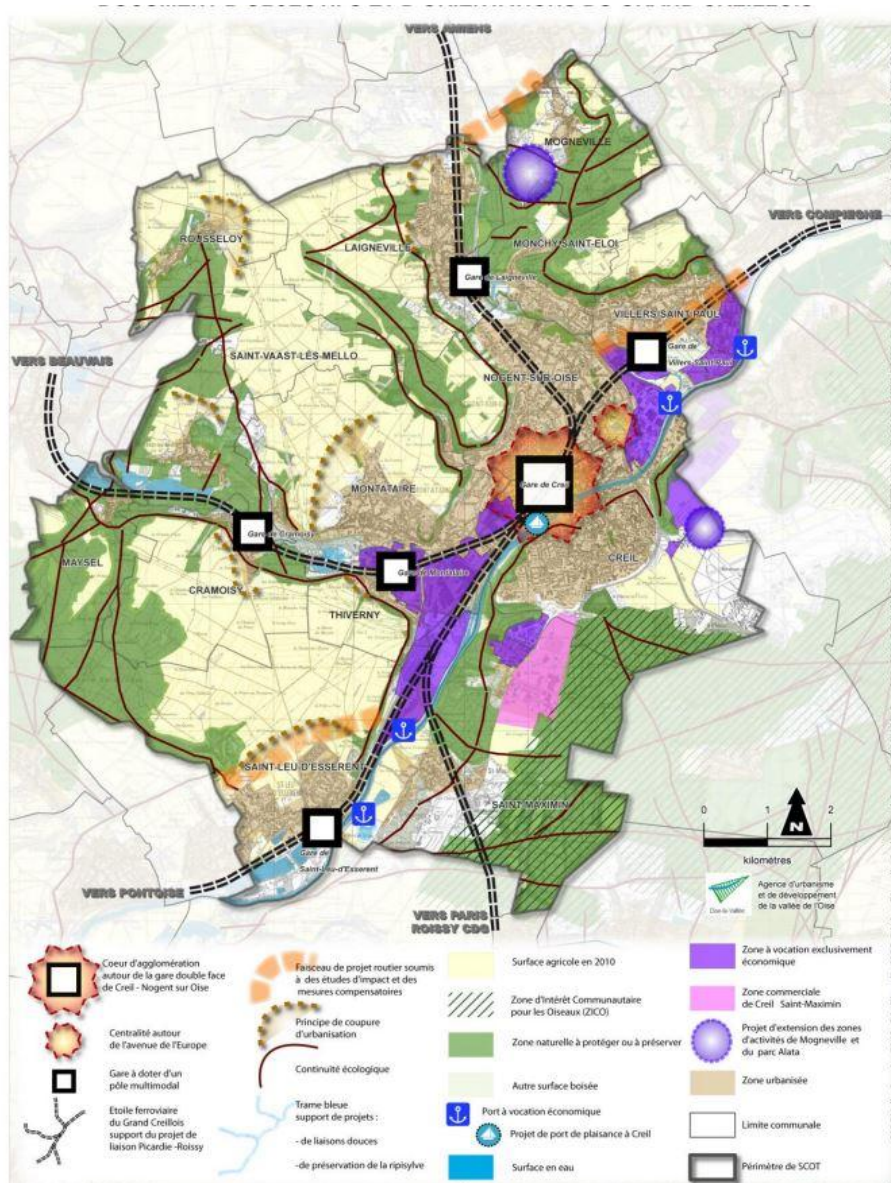
ZAC du MARAIS

Etude de faisabilité sur le potentiel de développement des ENR



Selon le SCOT du Grand Creillois, le territoire est concerné par toute une série d'enjeux et de proposition d'actions :

- Protéger et mettre en valeur des espaces naturels, agricoles et forestiers et les berges ;
- Développer l'agriculture ;
- Limiter l'étalement urbain et le rendre cohérent ;
- Renforcer la mixité fonctionnelle ;
- Réaliser un cœur d'agglomération autour de la gare de Creil ;
- Poursuivre l'effort de construction de logements neufs et la réhabilitation du parc existant ;
- Préserver et valoriser le foncier à vocation économique ;
- Développer le commerce dans les villes ;
- Créer des polarités autour des grands équipements ;
- Développer les circulations douces et les transports collectifs.





CHAPITRE II : ETAPE 1 : LE DIAGNOSTIC DES BESOINS ENERGETIQUES



1. PRESENTATION DU CONTEXTE DE LA ZAC DE MOGNEVILLE

1.1. Situation administrative

La ZAC de Mogneville est située sur la commune du même nom. Cette commune fait partie de la communauté de Communes du Liancourtois la Vallée Dorée qui regroupe 10 communes, depuis le 14 février 1963.

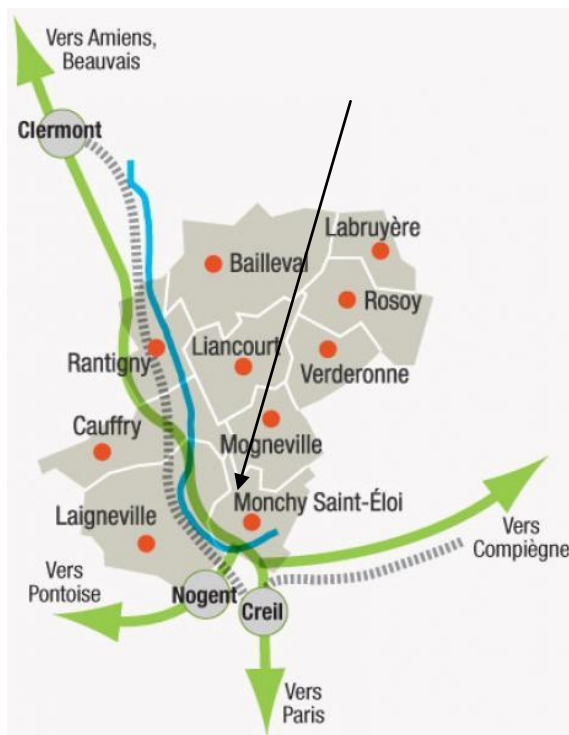


Figure 8: Carte de la CC du Liancourtois la Vallée Dorée

L'intercommunalité exerce les compétences qui lui ont été transférées par les communes membres, dans les conditions prévues par le code général des collectivités territoriales. Il s'agit de :

- Production et distribution d'eau ;
- Gestion de l'assainissement, des eaux pluviales et l'entretien des fossés intercommunaux ;
- Collecte et gestion des déchets des ménages et déchets assimilés ;
- La Piscine la Vallée dorée (Liancourt) ;
- Le Parc Chédeville (Mogneville) ;
- Le transport des scolaires vers la Piscine et le Parc Chédeville ;
- Aménagement, entretien et gestion d'une aire d'accueil des gens du voyage ;
- Actions de développement économique ;
- Aménagement de l'espace pour la conduite d'actions d'intérêt communautaire ;
- Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (à compter du 01/01/2018)
- Le très haut débit ;
- La contribution au financement des services départementaux d'incendie et de secours ;
- Elaboration, mise en œuvre, suivi et révision de schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE).



La Communauté de Communes du Liancourtois la Vallée Dorée est engagée dans une politique de développement durable. Les grands axes de son action s'articulent donc autour du développement économique, de la protection de l'environnement, du développement social mais aussi de la solidarité.

Le SMBCVB (Syndicat Mixte du Bassin Creillois et des Vallées Bréthoise) a élaboré son schéma de cohérence territoriale (SCOT) approuvé fin 2013 dans le cadre d'un syndicat mixte qui associe 2 EPCI : CCLVD (CC Liancourtois Vallée Dorée), ACSO (CA Creil Sud Oise).

1.2. Contexte général de la ZAC de Mogneville

1.2.1. La ZAC de Mogneville

Pour satisfaire les besoins actuels et futurs en surface industrielle, la commune de Mogneville, appuyée par le syndicat mixte du parc d'activités multi-sites a décidé d'urbaniser un secteur de 27,5 hectares en frange ouest de son territoire. Ce besoin en surface commercialisable est d'autant plus fort que les surfaces disponibles à l'échelle de la communauté de communes sont insuffisantes pour répondre à la demande croissante et assurer l'installation d'entreprises créatrices d'emplois. Comme le précise le DOO du SCOT du Grand Creillois :

Destination des espaces à vocation exclusivement économique : Ces espaces, sont strictement dédiés à l'accueil d'activités économiques prioritairement à vocation industrielle. Les communes veilleront à ce que l'implantation de commerces y soit très limitée et réservée à l'accueil de services aux entreprises, aux services publics et à leurs employés. Pour ces territoires, la règle concernant la mixité fonctionnelle ne s'applique pas mais les collectivités devront optimiser au maximum ces espaces.

Pas de nouvelles zones à vocation économique dans le Grand Creillois

Le Grand Creillois n'envisage pas la création de nouvelles zones d'activité en étalement urbain autres que celles déjà inscrites dans les PLU, soit 30 hectares de terres agricoles. Les zones actuelles ne pourront pas faire l'objet d'extension sur des zones agricoles sauf Atala.

Les mécanismes de création d'activités montrent un certain ralentissement et l'opportunité de création d'une nouvelle entreprise créatrice d'emplois constitue pourra être bénéfique pour le territoire.

La ZAC de Mogneville permettra également la création d'une nouvelle activité dans le secteur de la logistique légèrement sous-représenté sur le territoire. Actuellement les secteurs du commerce et les des services représentent la grande majorité des entreprises de Mogneville.

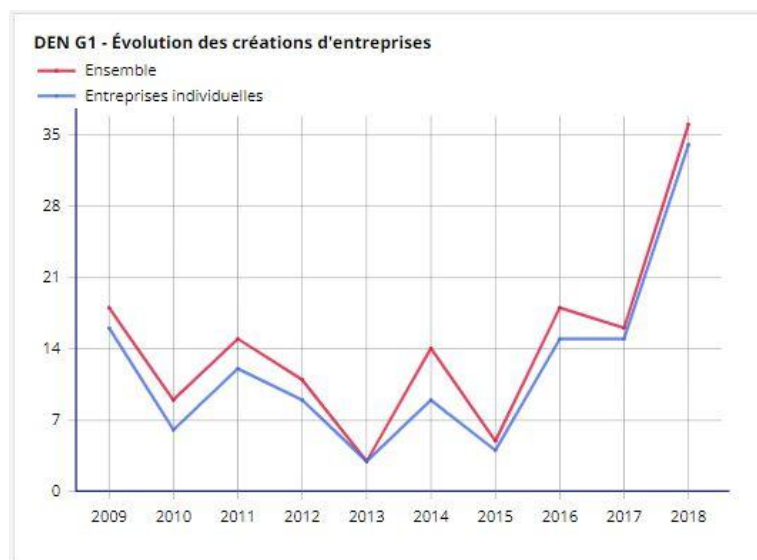


Tableau 1 : Typologie des création d'entreprises à Mogneville (source: Insee)

	Nombre	%
Ensemble	72	100,0
Industrie	6	8,3
Construction	17	23,6
Commerce, transport, hébergement et restauration	25	34,7
Services marchands aux entreprises	14	19,4
Services marchands aux particuliers	10	13,9

Tableau 2 : Nombre d'entreprises par secteur d'activités (source: Insee)

1.2.2. Positionnement géographique de la ZAC de Mogneville

Le site concerné par la ZAC s'étend sur environ 27,5 ha et ne présente pas de dénivelé important. Le secteur se caractérise de la façon suivante :

- Le projet se situe en territoire agricole, au centre d'un triangle urbain, représenté par Mogneville, Caufry et Laigneville
- Le terrain est bordé au nord, à l'Ouest et au Sud par une zone forestière, dont le Bois de Mogneville, le Marais de Laigneville et le Parc Chédeville.
- Le secteur est relié au centre ville de Mogneville par la rue de la Fontaine Saint-Denis se prolongeant sur la rue de la Brèche.
- Une petite zone artisanale (4 à 5 entreprises) est déjà présente au nord-ouest du site, à proximité du parc de Chédeville.
- Quelques constructions sommaires sont également présentes au nord du site.



Il s'agit donc d'un site de projet en aménagement d'une zone logistique, situé en frange d'une zone de densité urbaine rattachée directement à l'espace urbanisé de Mogneville (densité de population communale de 400 hab/km²). Par ailleurs le projet prévoit la création d'un barreau routier afin de limiter les impacts du trafic induit sur le centre-ville.

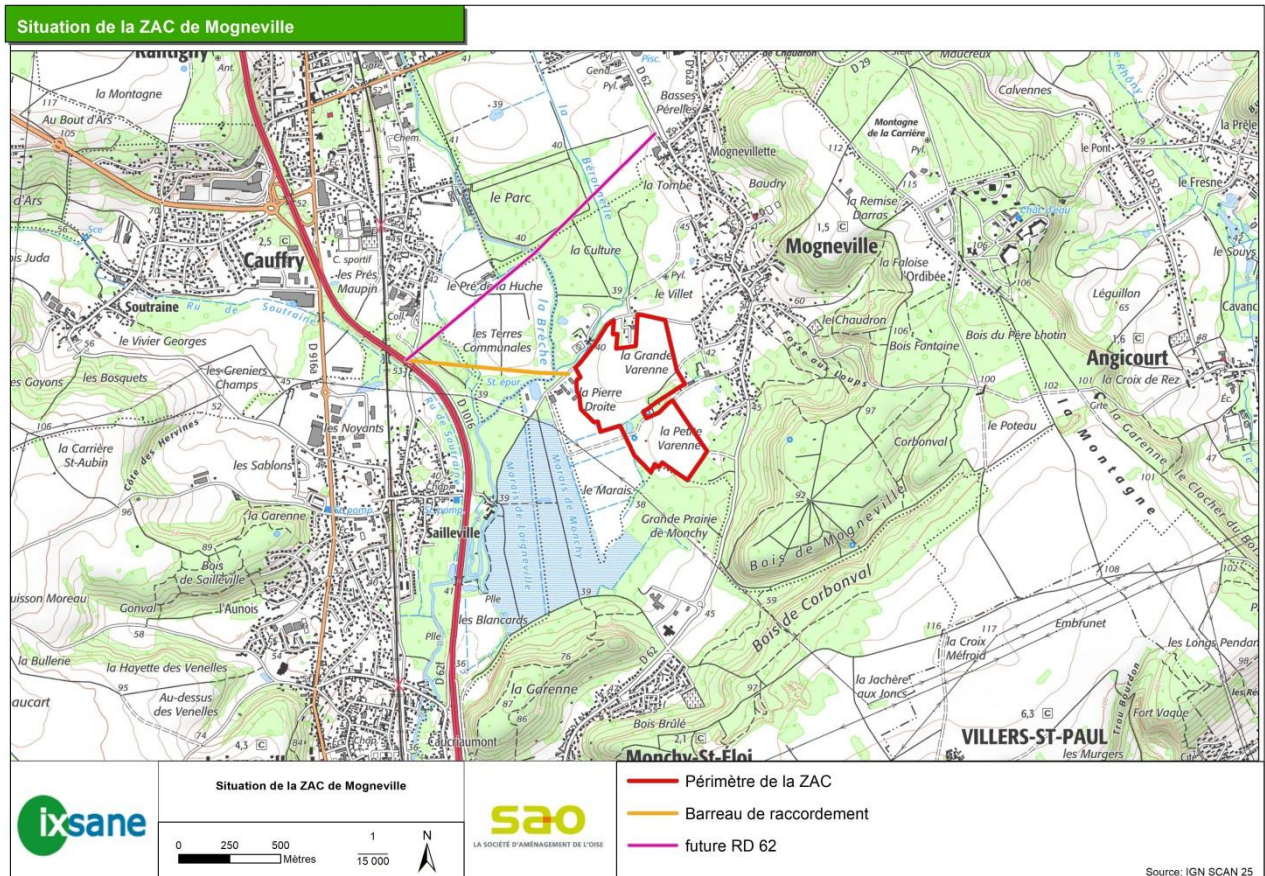


Figure 9: Périmètre de la ZAC et barreau routier

La ZAC de Mogneville doit s'intégrer au maximum au tissu rural environnant tout en offrant un développement économique au territoire.

1.2.3. Phasage opérationnel

Le projet d'aménagement de la ZAC est décomposé en une seule phase d'aménagement correspondant à l'intégralité de la surface du site.



1.3. Les conditions climatiques

La ZAC de Mogneville est située dans la région Picarde. Cette région est sous l'influence d'un climat tempéré de type océanique dégradé comme l'illustre la figure suivante:

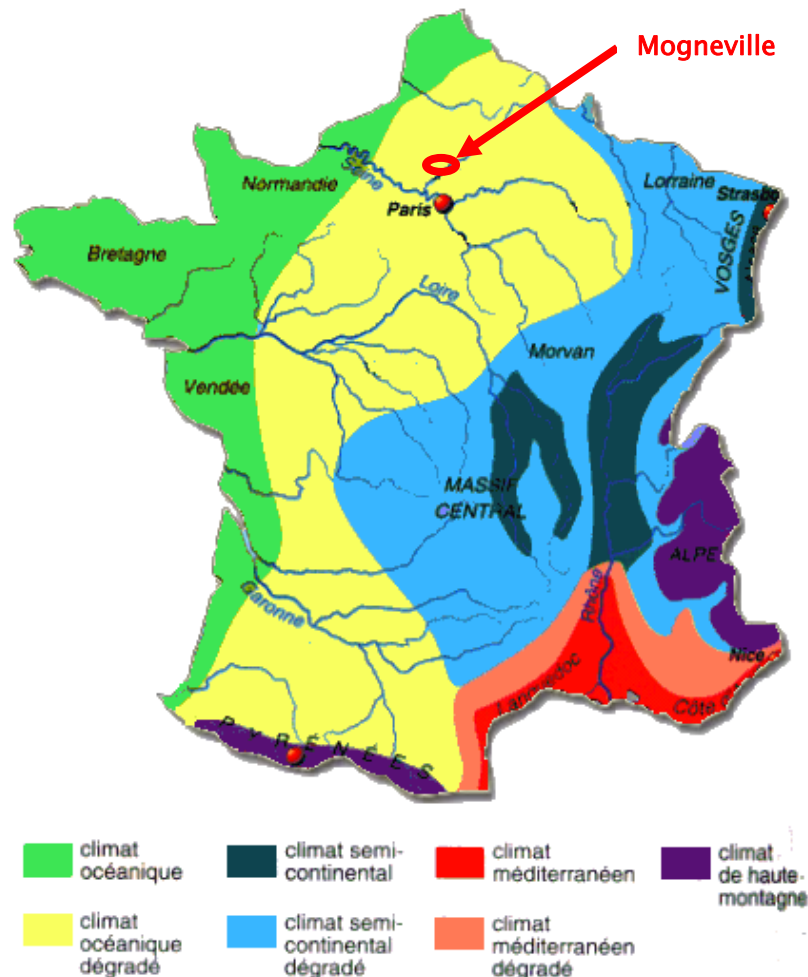


Figure 10: Carte des types de climat en France (source : météo France)

Les caractéristiques de ce type de climat océanique sont :

- des amplitudes thermiques saisonnières faibles
- des précipitations toute l'année
- ainsi que des hivers doux et des étés frais.

L'influence du climat océanique dégradé protège la ZAC de Mogneville des excès climatiques en termes de température, mais également de précipitation. Les températures hivernales peuvent être qualifiées de douces et les grandes chaleurs estivales sont plutôt rares. De ce fait, la localisation de la ZAC de Mogneville induit un besoin en chauffage pour l'hiver mais a priori un faible besoin en climatisation pour l'été. Ainsi la dépendance énergétique sera plus importante l'hiver. Le type d'installation en fourniture d'énergie prendra en compte ces caractéristiques.



2. DESCRIPTION DU PROGRAMME

L'aménagement proposé est présenté ci-dessous. La surface de la ZAC de Mogneville est de 27,5 ha (hors barreau routier).



Figure 11: Programme de la ZAC de Mogneville

Le Syndicat Mixte du Parc d'Activités Multi-Site de la Vallée de la Brèche prévoit dans le cadre de ce projet la réalisation de plusieurs bâtiments. Le programme prévisionnel de la ZAC est le suivant :

- création d'un ou 2 lots d'activités à vocation logistique
- desserte et viabilisation du foncier aménagé,
- aménagement paysager de l'opération,
- création d'un barreau routier de desserte



3. EVALUATION DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROGRAMME

3.1. Méthodologie

La méthodologie utilisée pour l'évaluation des besoins énergétiques de la ZAC de Mogneville suit l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles et bâtiments (la RT 2012). Cet arrêté précise les données et les modes de calcul nécessaires à la Réglementation Thermique 2012.

Les surfaces utilisées sont celles fournies par la SA Oise, l'étude menée par l'équipe de maîtrise d'œuvre.

3.2. Les données utilisées et les hypothèses

Les formules

Comme dit précédemment, afin d'estimer les besoins énergétiques de la ZAC de Mogneville, Ixsane a utilisé les formules de calcul propres à la RT 2012, ainsi que les standards propre à l'estimation des consommations énergétique d'une maison passive.

Pour ce faire, les types de bâtiments identifiés ayant une correspondance avec l'arrêté du 26 octobre 2010 sont les bâtiments de logistique. Il est toutefois à considérer la particularité de ce type d'activités :

Les entrepôts présentent un comportement énergétique et thermique particulier. En effet un entrepôt comporte 2 parties très distinctes :

- Une partie "logistique" dédiée aux activités de préparation et d'entreposage (incluant des locaux techniques et des locaux de charge), qui représentent une surface de l'ordre de 96% de la surface du bâtiment. La consigne de température ambiante à maintenir dans ces locaux est la résultante de deux contraintes : la contrainte de maintien hors gel des équipements de protection incendie et la contrainte de température de conservation optimale des produits. Compte tenu de l'éventail des activités logistiques et des produits stockés, il en résulte que 95% environ des entrepôts ne sont pas chauffés mais simplement maintenus à température maximale de +5°C, dans les conditions de base hivernales.
- Une partie bureaux représentant en moyenne 5% de la surface totale (pour les entrepôts) et 20% (pour la messagerie).



ix Les données utilisées

Le calcul des dépenses énergétiques d'un bâtiment d'après la RT 2012 correspond au calcul du Cep max (consommation en énergie primaire d'un bâtiment en kWh/m²/an). La détermination de la consommation maximale s'effectue à partir d'une valeur moyenne de base et de différentes modulations :

- La nécessité de climatiser ou non (il a été considéré pour cette étude, que l'ensemble des bâtiments ne seront pas climatisés)
- En fonction de l'usage
- La localisation géographique (il s'agit d'un coefficient régional déterminé par la RT 2012)
- L'altitude (un coefficient est prédéterminé par la RT 2012 selon l'altitude à laquelle se situe le projet)
- La surface moyenne des bâtiments (des modes de calculs différents sont utilisés selon la surface des logements, cela permet de moduler le Cep max en fonction de la taille des logements)
- Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) des énergies utilisées (il s'agit de moduler le Cep max grâce à un coefficient déterminé en fonction de l'énergie choisie)

Le coefficient de consommation en énergie primaire (Cepmax) a ainsi été déterminé suivant les caractéristiques climatiques de la zone, soit : Cepmax = 100 kWh/m²/an en fonction de la SRT du bâtiment logistique.

ix La segmentation des besoins en énergie

Les besoins énergétiques sont segmentés en trois catégories :

- Production de chaud : chauffage et eau chaude sanitaire
- Production de froid : climatisation et pièce frigorifique
- Eclairage et Auxiliaires (éléments des systèmes de chauffage, de production d'eau chaude ou de froid et de ventilation fonctionnant exclusivement à l'électricité.)

Cette segmentation permet de connaître la répartition des besoins énergétiques en fonction des types d'énergies utilisées et de combiner les solutions d'énergies renouvelables en fonction de chaque catégorie.

ix La température à l'intérieur des bâtiments en hiver

Afin que les estimations d'Ixsane se rapprochent au maximum de la réalité et donc du comportement des habitants, il a été considéré que durant l'hiver, les bâtiments ne sont pas au-delà d'une mise hors gel (+5). De même en été, il a été convenu une utilisation faible de la climatisation (uniquement en cas de chaleur extrême et dans la partie bureau).

La production d'Eau Chaude Sanitaire sera uniquement dévolue aux espaces de bureau.



ix Les consommations électriques prises en compte

Au sens réglementaire, les consommations électriques prises en compte sont celles nécessaires pour la production et chaud, de froid, les auxiliaires (ventilation ...) et l'éclairage. La consommation due à l'utilisation de la bureautique, de l'électroménager ... n'est par conséquent pas estimée. Ainsi, les résultats trouvés se situeront plutôt dans une fourchette basse de la consommation énergétique attendue au niveau de la ZAC de Mogneville.

ix L'éclairage extérieur

L'éclairage extérieur sera limité au maximum et uniquement en quelque point spécifique (parking, ...). La consommation énergétique de ces derniers est intégrée à la consommation primaire puisque constitué de quelques lampadaires LED.

3.3. Estimation des besoins énergétiques du programme

NB : Les calculs présentés ci-après sont issus d'hypothèses prises sur des projections de consommations d'énergie. L'agencement et la conception des bâtiments ne sont à ce stade de l'étude pas encore validés. Ainsi, les chiffres présentés dans ce document ne constituent que des approches estimatives. Les catégories utilisées correspondent toutefois à celles définies par la RT2012 pour le calcul du Cepmax.

Dans le même schéma, les besoins énergétiques issus des calculs sont également des estimations génériques puisque de nombreux paramètres sont susceptibles d'influer sur la consommation réellement observée : activité spécifique sur le site non connu à ce stade, comportement des usagers et des employés, ...).

ix La consommation énergétique des bâtiments par usage

Typologie de bâtiment	Surface plancher (m ²)	Cep max kWh/m ² /an	Consommation totale (MWh/an)	éclairage (MWh/an)	Auxiliaire (MWh/an)	ECS (MWh/an)	Chauffage (MWh/an)	Climatisation (MWh/an)	Total (MWh/an)
Logistique	74 400	100	7 440	2 715	1 153	372	1 172	781	6 193
Ratio				44 %	19 %	6 %	19 %	13 %	100 %

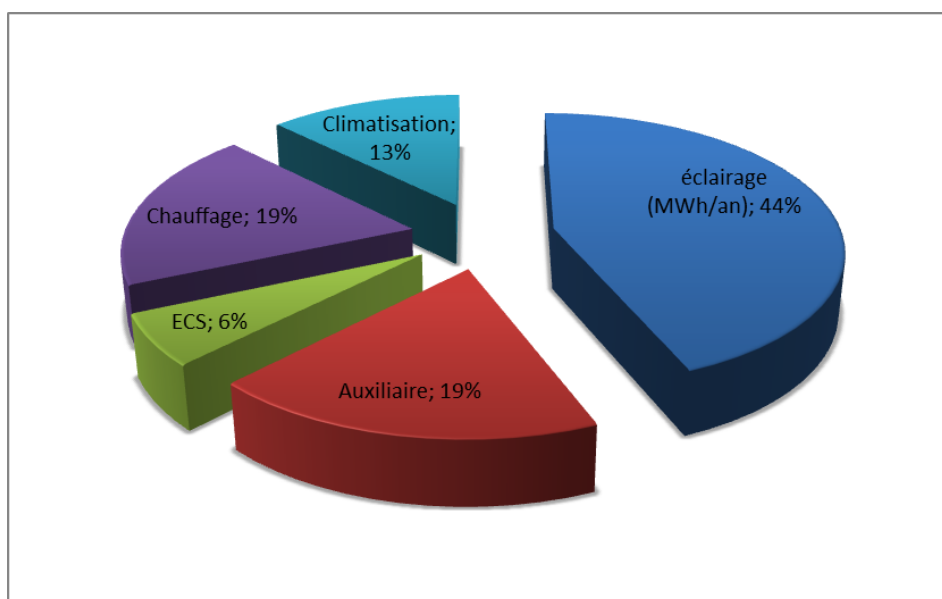
Tableau 3 : consommation énergétique prévisible

Poste	Activité logistique
Eclairage	36,5
Auxiliaire	15,5
ECS	5
Chauffage	15,5
Climatisation	10,5

Tableau 4 : Hypothèse de consommation prises pour des activités de logistique



Pour atteindre le niveau de performance attendu dans la RT 2012, une attention particulière doit être portée sur la conception des bâtiments. L'intégration de dispositifs d'économie d'énergie sont à intégrer autant que faire se peut, tant dans le mode constructif que dans la production et la gestion des fluides, qui peuvent dans ce cas être rapportée à la mobilisation d'énergies renouvelables (orientation des bâtiments, ventilation naturelle, ...). Le graphique suivant permet de visualiser la répartition des besoins suivant les usages :



Répartition des postes de consommation énergétiques du projet de Mogneville

L'éclairage des parties extérieures

L'hypothèse utilisée est l'installation d'une dizaine de lampadaires d'une puissance unitaire de comprise entre 40 et 37 W. La durée annuelle de fonctionnement choisi est de 3 500 heures.

Les besoins énergétiques estimés pour l'éclairage extérieur est d'à peine 1 400 kWh/an selon les modèles pressentis ce qui apparaît très faible au vue de la consommation totale à l'échelle de la ZAC (moins de 0,02 % de la consommation énergétique totale).

On remarque que les modèles d'éclairage prévus est plutôt performant du point de vue énergétique : les modèles classiques avoisinent les 120 voire 150 W, tandis que les éclairages de type LED sont plus proches des 25 W.

Le choix de l'éclairage reste toutefois très important pour satisfaire les garantis liées à la sécurité publique, au sentiment de mise en sécurité des employés et usagers, ...

Ainsi, il apparaît dès lors que les choix envisagés dans le cadre du projet sont jugés satisfaisant : aucune action particulière ne sera envisagée sur cet aspect du programme.



3.4. La consommation électrique des bornes de recharges automobile

Dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de Mogneville, il est obligatoire d'envisager l'implantation d'au moins une borne de recharge de véhicules électriques. Le code de la construction et la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte de 2015 prévoient l'obligation de pré-équiper les parkings des entreprises.

La loi prévoit que les entreprises doivent alimenter leur parking avec un **circuit électrique spécialisé** afin de permettre la recharge des **véhicules électriques ou hybrides**.

Au moins **5 % des places de parking** sont destinées à accueillir les bornes de recharge électriques.

Pourcentage de places de parkings équipées d'une borne de recharge				
Capacité du parking	Tertiaire	Industriel	Service public	Ensemble commercial / Cinémas
Inférieur ou égal à 40 places	10% des places de stationnement (avec un min d'une place)	10% des places de stationnement (avec un min d'une place)	10% des places de stationnement (avec un min d'une place)	5% des places de stationnement (avec un min d'une place)
Supérieur à 40 places	20% des places de stationnement	20% des places de stationnement	20% des places de stationnement	10% des places de stationnement

Les parkings prévus au sein de la ZAC de Mogneville compte respectivement 220 et 150 places.

Ainsi, il est nécessaire de prévoir 74 prises de recharges électriques.

Cette hypothèse est d'autant plus importante que de nombreuses études montrent que de plus en plus de français souhaitent se tourner vers des véhicules électriques. En 2020, les pouvoirs publics tablent sur 2 millions de véhicules électriques soit 5 % du parc en circulation. De ce fait, plus de 400 000 points de charge devront être installés sur la voie publique et plus de 4 millions au domicile et sur le lieu de travail.

Dans ce cadre, nous avons calculé la consommation électrique de 74 prises de recharge sur la ZAC de Mogneville. Ces dernières sont réparties en 37 bornes.

Hypothèses :

- ix 20 % de places de stationnement raccordés
- ix 2 prises voitures par borne de recharge
- ix Chaque voiture roule en moyenne 36 km par jour (source : statista en 2018) soit 13 117 km par an
- ix Il s'agit de citadine moyenne de type Renault Zoé (capacité de la batterie 52 kWh pour 395 km d'autonomie)
- ix A ce jour 48 modèles de voiture électrique sont disponibles en France (de la Tesla Model 3 à la Renault Twizy)



	Nombre de kilomètre parcouru en 1 an	Nombre de recharge prévue par an	Total
1 véhicule	13 117	34	1 836 kWh
74 véhicules	970 658	2 516	135 864 kWh

Tableau 5 : consommation énergétique des bornes de recharge de véhicules électriques

Ainsi, l'installation de 74 bornes de recharge sur le site pourrait engendrer une consommation énergétique maximale de 135 864 kWh. Cette consommation électrique peut représenter un surcoût de la consommation énergétique sur la ZAC de Mogneville. Cependant, elle va permettre de réduire les émissions de gaz à effet de serre du site en encourageant les futurs habitants à se déplacer autrement lors de leur déplacement court. De plus, l'utilisation de bornes de recharge permet d'introduire la notion de stockage d'énergie (dans les batteries des véhicules) ce qui permet de pallier à une des principales contraintes liées au développement des énergies renouvelables à vaste échelle : l'intermittence de la production et la difficulté à stocker en période de pointe.

Il faut noter que pour toute création de nouveau parking, les bornes de recharge électrique sont obligatoires depuis 2015.



CHAPITRE IV : ETAPE 2 : LES DIFFERENTES ENERGIES RENOUVELABLES

L'évaluation du potentiel en énergies renouvelables et de récupération ainsi que des possibilités de mobilisation est basée sur le projet du Schéma Régional du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE) Hauts de France dont les documents de contribution sont en libre consultation.

NB : La mobilisation de certaines énergies renouvelables et les opportunités d'utilisation sur site sont influencés par de nombreux facteurs, notamment pour la biomasse ou la géothermie sur aquifère.

La mobilisation de ces énergies devra être réévaluée de façon plus détaillée : dans le cadre de la conception des bâtiments : par les études d'approvisionnement en énergie. Cette étude est une pièce obligatoire du permis de construire (décret 2007-363 du 19 mars 2007).

Ensuite, la mobilisation de certains potentiels en EnR nécessite des investigations complémentaires qui ne peuvent être réalisées dans le cadre de cette étude préalable. Quoiqu'il en soit, ces incertitudes concernant l'évaluation des gisements n'ont pas conduit à éliminer certaines ressources de l'étude. Ainsi, l'ensemble des ressources ont mobilisées et si nécessaire des investigations complémentaires ultérieures seront à mener.

1. L'ENERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du Soleil, traversant l'atmosphère qui en absorbe une partie, et parvenant à la surface de la Terre.

1.1. Le solaire passif

La plus ancienne et la plus importante utilisation de l'énergie solaire consiste à bénéficier de l'apport direct du rayonnement solaire, c'est-à-dire l'énergie solaire passive. Pour qu'un bâtiment bénéficie au mieux des rayons du Soleil, on doit tenir compte de l'énergie solaire lors de la conception architecturale (façades doubles, surface vitrée orientée vers le Sud, isolation thermique, etc.). L'apport solaire passif représente alors une part conséquente du chauffage et de l'éclairage du bâtiment et les économies d'énergies peuvent être importantes.

L'habitat passif désigne un bâtiment dont les dépenses d'énergie de chauffage sont réduites d'environ 80 % par rapport à une maison neuve construite selon les normes allemandes d'isolation thermique de 1995. L'énergie solaire passive permet donc de chauffer tout ou partie d'un bâtiment pour un coût proportionnel quasi nul, en tirant parti des conditions d'un site et de son environnement, selon les principes de l'architecture bioclimatique.

Ces économies ne sont toutefois pas quantifiables dans le cadre de la présente étude de développement du potentiel en énergies renouvelables.

1.2. Le principe du solaire photovoltaïque

Le solaire photovoltaïque permet de transformer la lumière du soleil (photons) en électricité (électrons). Cette transformation se fait par des panneaux photovoltaïques.

Cette technologie est majoritairement utilisée pour produire de l'électricité qui est revendue à EDF suivant un coût de rachat fixé.

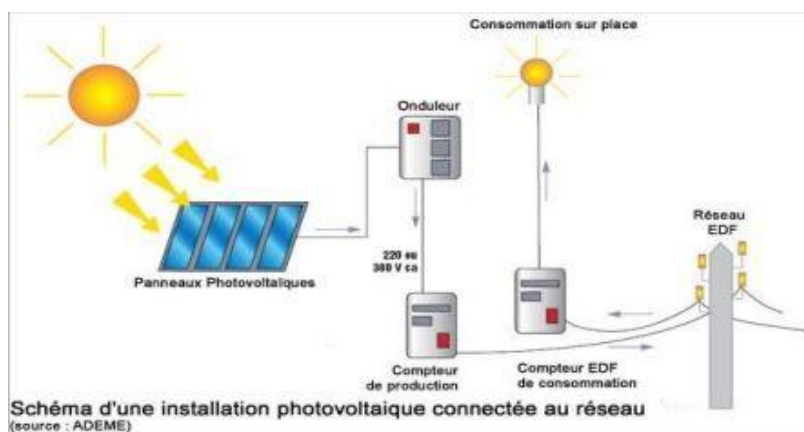


Figure 12 : Fonctionnement d'une installation solaire photovoltaïque connectée au réseau

L'avantage indéniable ici réside dans les grandes surfaces de toitures potentiellement mobilisables pour l'installation de panneaux.

1.3. Le principe du solaire thermique

Le solaire thermique permet de transformer le rayonnement solaire en énergie thermique. La production de cette énergie est, dans la majeure partie des cas, utilisée directement pour chauffer l'eau chaude sanitaire ou pour le chauffage d'un bâtiment. Cette énergie peut également être utilisée indirectement pour la production de vapeur d'eau pour entrainer des alternateurs et ainsi obtenir de l'énergie électrique.

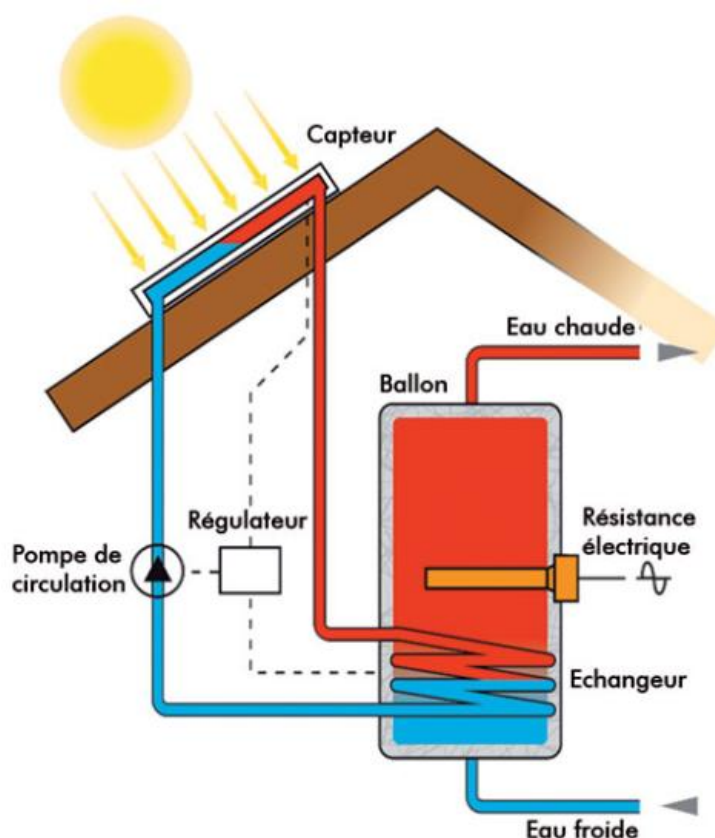


Figure 13 : Fonctionnement d'une installation solaire thermique

Les besoins en chauffage et en ECS sont relativement limités sur le site compte-tenu de l'activité de logistique programmée.

1.4. Le potentiel d'ensoleillement dans le périmètre étudié

La carte suivante illustre le potentiel d'ensoleillement moyen de la France. La ZAC de Mogneville se situe dans un des secteurs qui reçoit le moins d'énergie solaire : le potentiel énergétique moyen annuel du secteur étudié se situe entre 850 et 1050 kWh/m².an.

La durée d'ensoleillement est également relativement basse (en comparaison à la moyenne nationale) zone où le potentiel d'ensoleillement est compris entre 1.500 à 1.650 h par an.



ZAC du MARAIS
Etude de faisabilité sur le potentiel
de développement des ENR

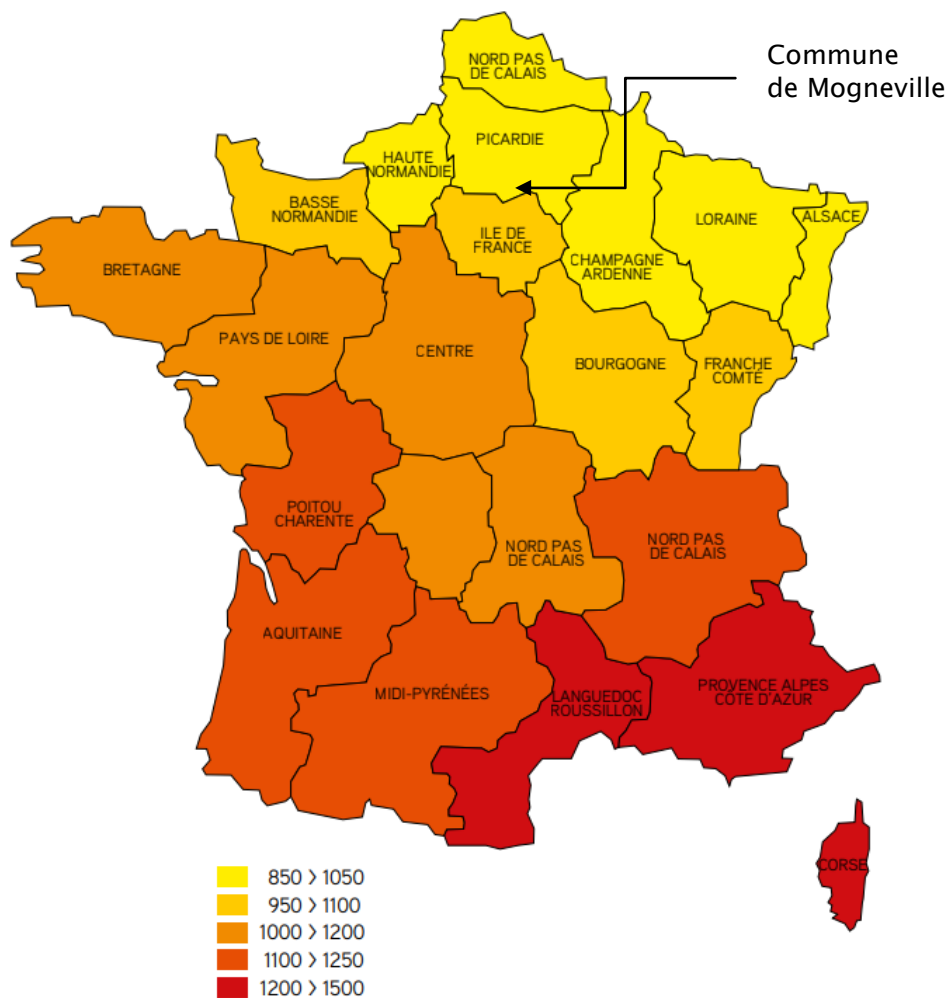


Figure 14 : potentiel électrique solaire
Source : SRCAE Picardie

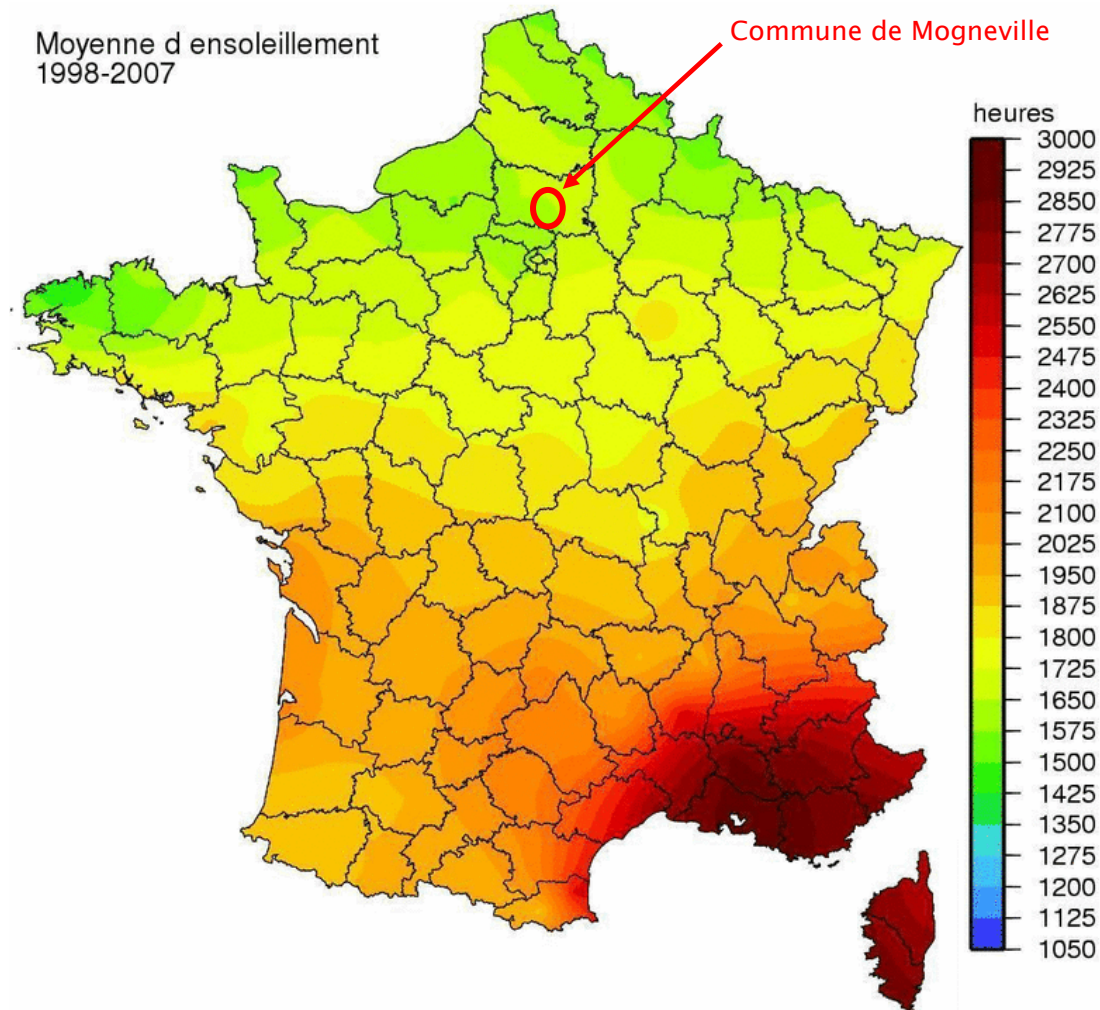


Figure 15 : Carte de moyenne d'ensoleillement en France entre 1998 et 2007
(Source: carte France)

Le potentiel d'ensoleillement représenté sur la carte nationale est confirmé par le tableau ci-dessous dont les données proviennent d'infoclimat au niveau de la station de mesure la plus proche de Creil.

Ensoleillement (heures)	54.1	57.0	172.7	245.2	164.6	251.7	233.5	207.0	172.6	130.0	46.8	48.6	1783.8 Moy: 149
----------------------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	--------------------

Tableau 6 : Ensoleillement annuel enregistré à la station de Creil entre 1981 et 2010
(Source : infoclimat)

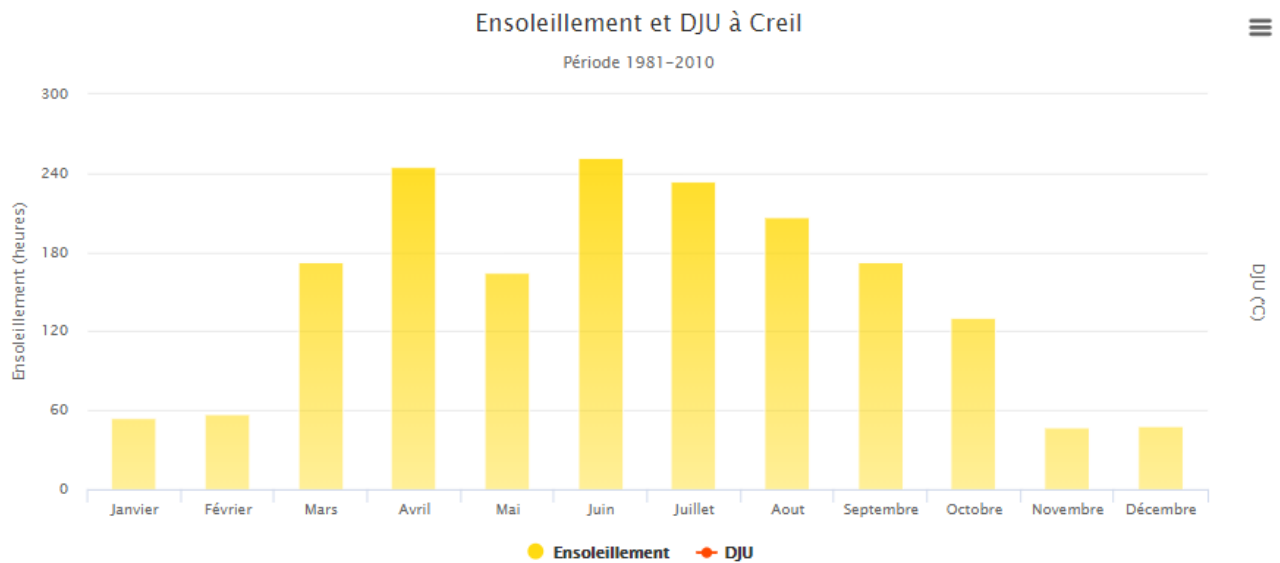


Figure 16 : Ensoleillement mensuel moyen de la station Creil entre 1981 et 2010

Source : infoclimat

1.5. Technologies et échelle

Il existe de nombreuses technologies concernant l'énergie solaire.

Pour le solaire thermique :

- ix capteurs plans non vitrés,
- ix capteurs plans vitrés,
- ix siphons thermodynamiques,
- ix capteurs à tubes sous vides.

Selon la technologie, on considère une production quotidienne moyenne comprise entre 2.4 et 3.4 kWh/m² dans l'Oise (source INES 2009), ce qui donne une production annuelle d'environ 1000 kWh/m²

Pour le solaire photovoltaïque :

- ix capteurs mono cristallin,
- ix capteurs poly cristallins
- ix capteurs amorphe,
- ix couches minces, tuiles...



La capacité de production d'électricité d'une installation de 1 kWc de modules standards (environ 10 m² de modules) dans des conditions optimales d'implantation représente entre 800 et 1000 kWh (source PVGIS) par an.

Ces différentes installations peuvent être étudiées au niveau d'un quartier (uniquement pour le photovoltaïque), mais la place consommée est importante, ou d'un bâtiment.



Figure 17 : Centrales solaires sur bâtiment

1.6. Les atouts et contraintes

1.6.1. Les atouts

- ix Un bâtiment classé au patrimoine culturel sur la commune de Mogneville. Toutefois les bâtiments se situent en-dehors du périmètre de protection, ce qui permet de développer la production d'énergie grâce au solaire sur la totalité de la surface du projet.
Le projet est localisé en dehors du périmètre de protection d'un monument historique.
- ix Les solutions d'intégration des modules photovoltaïques et thermiques présentent peu de contraintes techniques (intégration possible à une toiture).
- ix Pour le solaire thermique : la production d'eau chaude sanitaire par les panneaux solaires thermiques permettra de diminuer les consommations énergétiques des bureaux. Cette solution est chrono-compatible avec les solutions en réseau de chaleur car durant l'été le réseau de chaleur n'est pas utilisé car non rentable lorsqu'il est utilisé uniquement pour la production d'eau chaude sanitaire. Ce mix-énergétique est d'autant plus intéressant que la solution du solaire thermique a un meilleur rendement l'été.
- ix Pour le solaire photovoltaïque : le prix de la revente de l'électricité produite par les panneaux photovoltaïques est théoriquement supérieur au prix d'achat de l'électricité pour alimenter les logements (tarifs à négocier).



1.6.2. Les contraintes

- ix Il n'est pas possible d'équiper l'ensemble des toitures à moins de créer des structures à même de supporter le surpoids.
- ix Ce type d'énergie connaît une variabilité selon les mois et les années, l'énergie solaire n'étant pas disponible de manière continue, elle ne peut pas assurer à elle seule l'approvisionnement en énergie d'un bâtiment ou d'un site. L'énergie solaire ne peut donc intervenir qu'en complément d'une autre énergie.
- ix Lors de l'élaboration définitive du plan masse, l'orientation définitive des bâtiments devra prendre en compte la course du soleil afin de d'optimiser les apports énergétique provenant du rayonnement solaire. De plus, l'architecture des bâtiments devra être pensée afin de récupérer l'énergie de façon efficace (privilégier des toits en pente si le bâtiment est bien orienté. Dans le cas contraire préférer des toits terrasse).
- ix Il existe des contraintes géographiques résultant de l'ensoleillement plutôt faible dans la Picardie.
- ix Une attention particulière devra être apportée afin de minimiser les effets de masque des bâtiments.
- ix La production d'électricité solaire photovoltaïque sur la ZAC de Mogneville ne peut pas couvrir seul les futurs besoin du site. Ce mode de production de l'énergie ne peut pas être envisagé seul



2. L'ENERGIE EOLIENNE

2.1. Le principe de l'énergie éolienne

Le déplacement des masses d'air dans l'atmosphère produit une énergie mécanique. Celle-ci peut être transformée en énergie électrique par l'intermédiaire d'éoliennes.

Il existe différents types d'éoliennes :

- ix Le grand et le moyen éolien composé d'éolienne à axe horizontal :

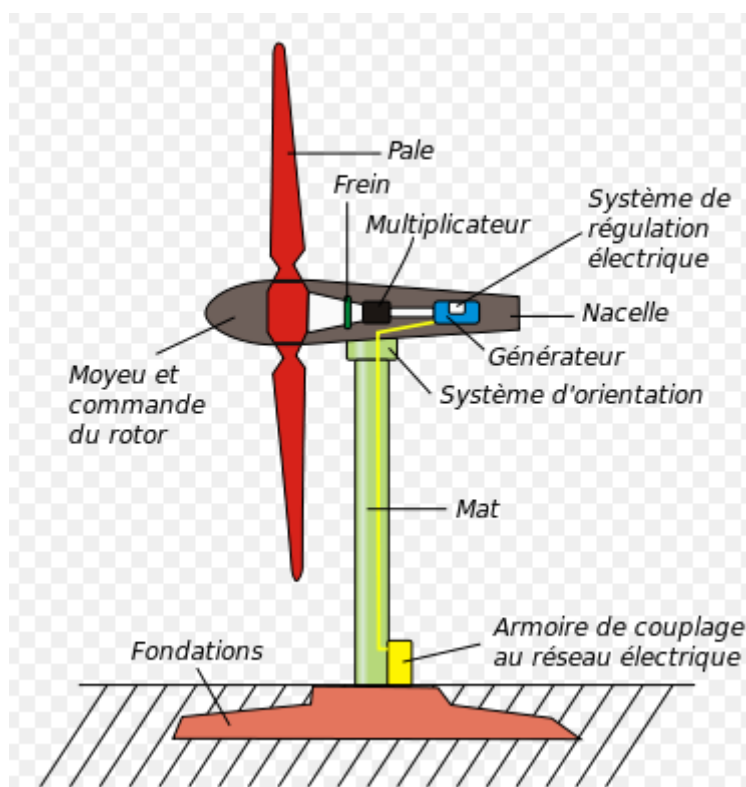


Figure 18 : Schéma d'une éolienne

Le vent fait tourner les pales entraînant un rotor. Celui-ci génère de l'électricité injectée au réseau électrique.

Les puissances des machines du grand éolien sont supérieures à 600 kW et celles du petit éolien sont inférieures à 36 kW.

ix Le petit éolien :

Il est composé d'éolienne à axe vertical ou horizontal. Leur puissance est inférieure à 36 kW, l'électricité produite est soit revendue soit à utilisation directe par le propriétaire de l'éolienne.

Le seuil des 36 kW est appliqué au regard d'une contrainte technique qui est le raccordement des générateurs au réseau de distribution électrique basse tension. Au-delà de ce seuil, le raccordement s'avère plus complexe et plus coûteux. Pour entrer dans la classification du très petit éolien, la puissance est inférieure à 1 kW. Le diamètre des pales quant à lui n'excède alors pas les 15 mètres. La norme internationale IEC 61400-2 définit comme standard une surface balayée inférieure à 200 m².

Le micro éolien peut être composé d'éolienne à axe vertical et horizontal.



Figure 19 : Eolienne à axe vertical
(Source : <http://www.archiexpo.fr>)



Figure 20 : Très petit éolienne
(Source : <http://www.notre-planete.info>)

Ces différentes installations peuvent être étudiées au niveau d'un quartier ou d'un bâtiment. Les installations de ce type ont un aspect évolutif pouvant suivre le développement de la ZAC.

2.2. L'énergie éolienne dans le périmètre d'étude : (Petit, moyen et grand éolien)

Le Schéma Régional Eolien réalisé en 2011 par l'ADEME et le Conseil Régional a permis de caractériser les conditions de vent à 40 mètres de hauteur. Cette évaluation a été réalisée à partir de l'occupation des sols, des coefficients de rugosité et à partir des données des stations météorologiques régionales.

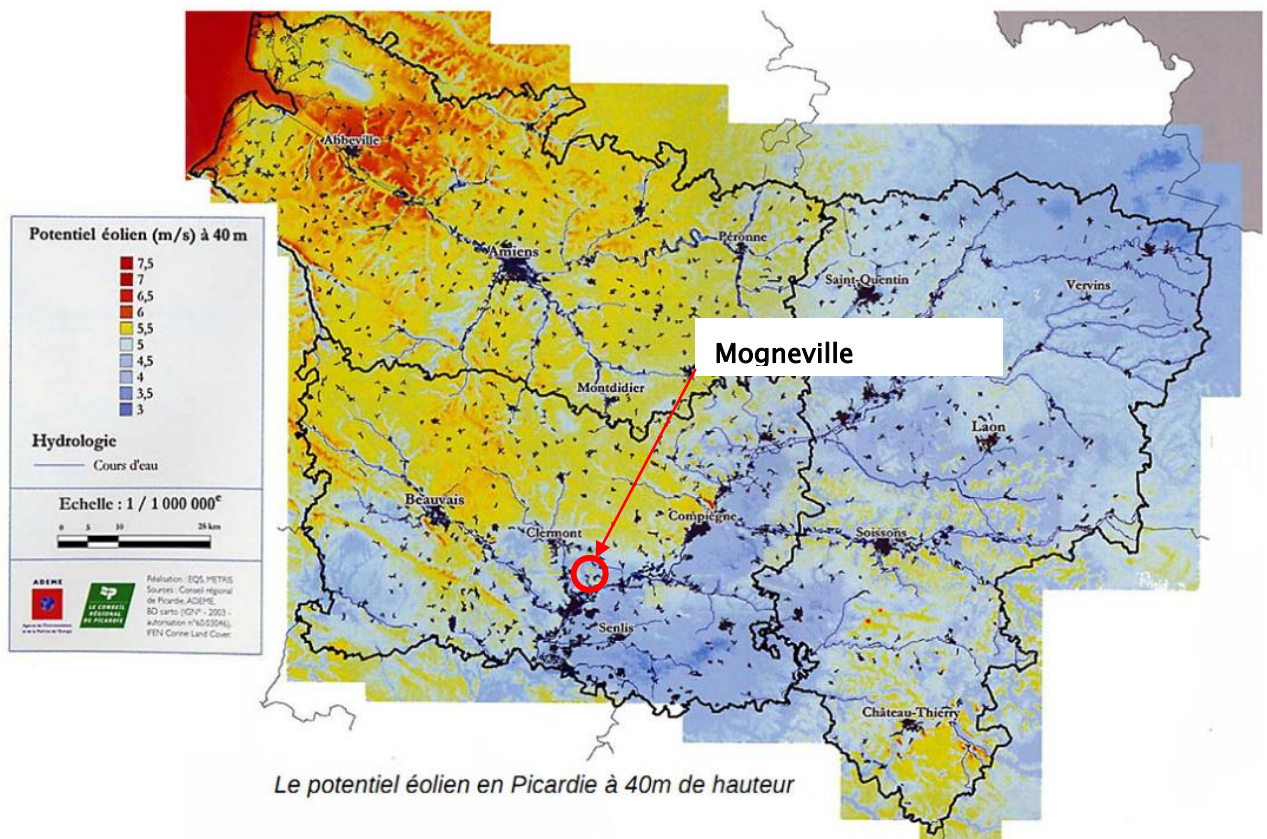


Figure 21 : Carte du potentiel éolien à 40 mètres en Picardie
(Source: ADEME)

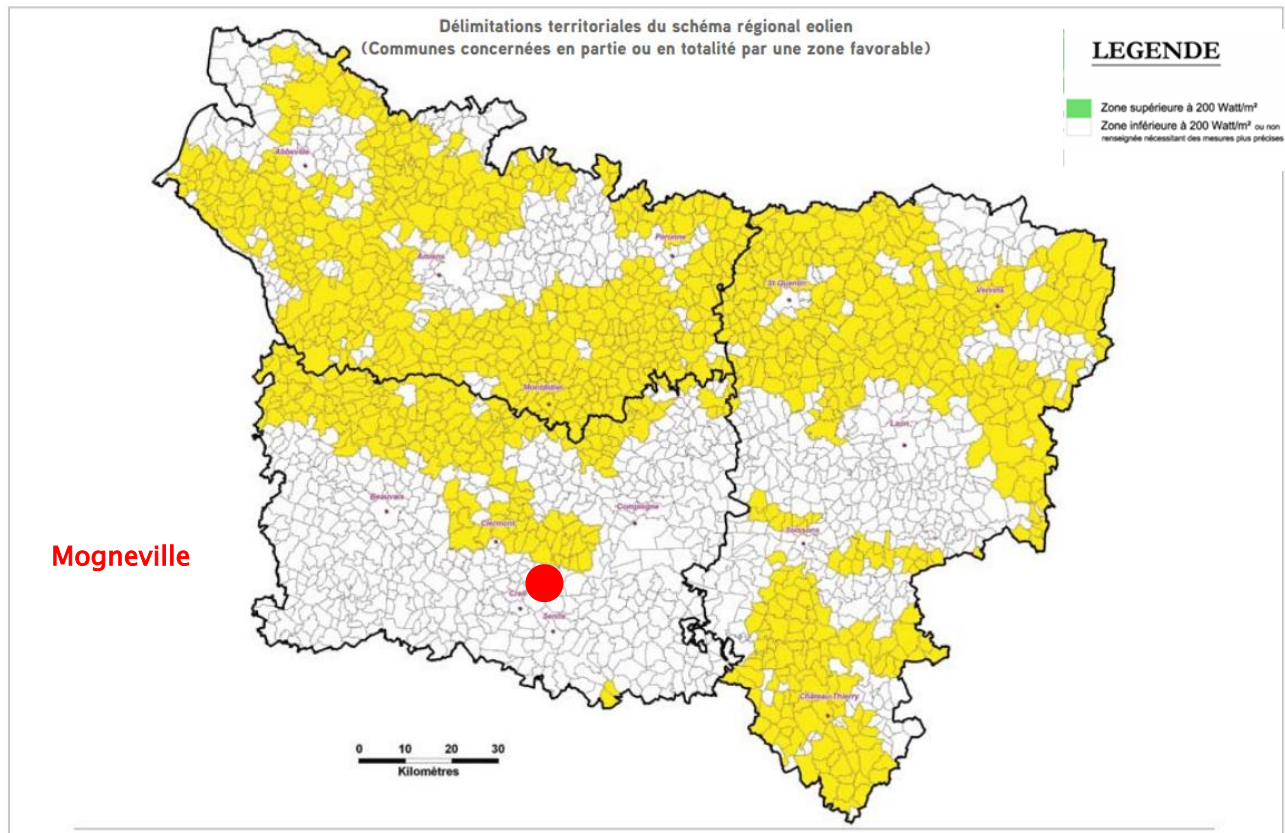


Figure 22 : Zone propice à l'implantation d'éoliennes
(Source : DREAL Picardie)

La lecture des différentes cartes permet d'identifier le potentiel éolien au niveau de la commune de Mogneville et de la ZAC. Celle-ci semble être aux alentours (ou inférieure) à 4 m/s^2 . Cependant, la commune de Mogneville n'a pas été retenue en tant que commune favorable à l'installation de grand éolien. Le petit et moyen éolien restent cependant des solutions envisageables.

Les mois les plus venteux sont les mois hivernaux, avec la domination de vent de secteur ouest/sud-ouest (d'après les données climatologiques).

Le fait que les mois d'hiver soient les plus venteux va accroître les besoins de chauffage et d'énergie sur le site, à moins que l'aménagement du site permette de briser l'effet de ces vents.



2.3. Les atouts et les contraintes du grand et du petit éolien

2.3.1. Les atouts

- ix Pour le grand éolien
 - Le tarif de revente de l'électricité est supérieur au prix d'achat.
- ix Pour le petit éolien
 - Le micro-éolien représente un complément de la production électrique,
 - Une éolienne doit être installée dans une zone où le vent est compris entre 4 et 14 m/s. Ce critère est rempli puisque sur le secteur, le vent est compris entre 4 et 4,5 m/s. La zone est donc favorable au développement du petit éolien.
 - Le micro-éolien s'intègre plus facilement dans le paysage.

2.3.2. Les contraintes :

- ix Pour le grand éolien :
 - Au regard de la ressource étudiée, le territoire semble peu propice au développement de l'énergie éolienne, la commune de Mogneville n'est pas recensée dans le Schéma Régional Eolien.
 - La mise en place d'éoliennes nécessite une durée de 5 à 8 ans environ ce qui n'est pas compatible avec le programme d'aménagement de travaux de la ZAC.
 - L'installation d'éoliennes proche de la ZAC de Mogneville dépend d'autres instances décisionnelles.
 - Les nuisances visuelles et sonores sont à prendre en compte et à compenser.
 - Les éoliennes dont le mat est supérieur à 50 mètres et les éoliennes d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW sont désormais inscrites à la nomenclature des activités soumises au respect des règles applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). Dans le cadre de la réglementation ICPE un dossier de demande d'autorisation d'exploiter comprenant une étude des dangers et une étude d'impact doit être réalisé.
 - Le coût d'investissement.



ix Pour le petit éolien :

- Pas de rachat de l'électricité produite.
- Les éoliennes dont la hauteur du noyau dépasse 12 mètres de haut doivent faire l'objet d'un permis de construire.
- La gestion de stockage de l'électricité produite de façon non continue est complexe.
- Les bâtiments du projet ayant moins de 2 étages ne permettent pas de profiter de la hauteur nécessaire à une exposition optimale aux vents pour des éoliennes à axes vertical.
- La possibilité d'alimenter les candélabres grâce à des aérogénérateurs. L'énergie produite est stockée dans des batteries qui donnent au système une autonomie. Ce candélabre ne nécessite aucune alimentation électrique, donc, plus de câble et plus de travaux de raccordement, sachant qu'un mètre linéaire de câble coûte en moyenne 150€ et qu'il faut 25 mètres de câble entre deux candélabres une économie d'échelle est possible.



3. L'ENERGIE BIOMASSE

3.1. Définition de l'énergie Biomasse

Le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale (algues incluses), animale ou fongique pouvant devenir source d'énergie par combustion. Cette combustion produit de la chaleur qui est utilisée directement comme telle ou qui est utilisée pour produire de l'électricité.

Le choix de valoriser la ressource biomasse doit se faire en tenant compte de la distance à parcourir pour aller la chercher. Les valeurs données pour déterminer la ressource seront donc représentatives de la ressource présente dans un rayon de 150 km autour du site et proviendront des informations disponibles à l'échelle régionale. Au-delà cette distance, les coûts et les émissions engendrées par le transport font de cette solution, une option non rentable et non viable économiquement et écologiquement.

3.2. Les ressources disponibles

3.2.1. Le bois-énergie

Dans le cadre de l'étude de la ZAC de Mogneville, la principale énergie Biomasse considérée est celle provenant du bois (bûches, granulés ou plaquettes).

Le bois-énergie est une ressource naturelle et renouvelable, qui permet de valoriser des sous-produits ou déchets locaux.

Le gisement bois-énergie est composé de divers produits issus de l'exploitation forestière ainsi que des matières organiques issues de l'industrie :

- la ressource forestière (boisement, taillis, rémanents d'exploitation...) et les résidus d'élagage
- les sous-produits de l'industrie du bois (sciures, copeaux, écorces...),
- les bois de rebut non souillés (palettes, cagettes...).

La disponibilité de la ressource est très dépendante de la distance entre le lieu de production et d'exploitation, ainsi que des infrastructures disponibles permettant son transport.

Le bois énergie est considéré comme une énergie renouvelable, à condition que le stock prélevé chaque année soit reconstitué. Le bois énergie est donc une énergie renouvelable mais limitée. Elle doit donc être utilisée de manière efficace avec des systèmes performants. A ce titre, il peut être plus pertinent de développer le bois énergie grâce à un système collectif comme les réseaux de chaleur, car la mise en place de systèmes collectifs peut permettre d'utiliser des systèmes plus efficaces et de mieux gérer les contraintes (pollution atmosphérique liée à la combustion du bois, livraison de bois).



La ressource en bois-énergie la plus importante en France est le gisement forestier. La ressource présente un fort potentiel de développement au vu du gisement en bois disponible et de l'organisation de la filière. Quatre classes de produits se distinguent :

- Les coproduits non triturables de l'industrie du bois (écorces, sciures)
- Certains produits bois en fin de vie (palettes, cagettes)
- Les bois issus de l'entretien des haies, bocages et espaces boisés
- Les résidus de l'exploitation et de l'entretien de la forêt

La consommation de bois du secteur industriel est de l'ordre de 1,6 Mtep/an. Elle est essentiellement le fait des industries du bois, du papier-carton et des panneaux, qui valorisent leurs propres co-produits (écorces, sciures, liqueurs noires, chutes...) pour couvrir leurs besoins de chaleur et d'électricité. Elle est en légère croissance, en particulier grâce aux industries de première et seconde transformation du bois. Selon une étude CTBA (Centre Technique du Bois et de l'Ameublement), le gisement de déchets bois produits au sein des entreprises de 1ère et de seconde transformation (au total, activité de sciage, emballage, construction et ameublement), est estimé à environ 12 millions de tonnes. A cela s'ajoute un volume de 4 millions de tonnes de déchets bois issus des chantiers du bâtiment (source ADEME). Selon une étude réalisée par l'ADEME, 90% du gisement de déchets bois produits au sein des entreprises de 1ère et seconde transformation est déjà valorisé.

Les palettes et cagettes appartiennent à la catégorie des déchets d'emballage en bois. Les palettes correspondent pour plus des deux tiers du total de ces déchets.

En France, la production d'emballages bois représente en 2002, 2 millions de tonnes (chiffres ADEME).

Bien que le nombre d'hectare des haies ait baissé de façon considérable depuis les dernières décennies, l'entretien de l'existant pourrait produire chaque année 500 000 tonnes équivalent pétrole supplémentaires qui s'ajouteraient aux 300 000 tep déjà valorisées sous forme de bois énergie. (Source : Solagro).

La forêt française occupait 15,4 millions d'hectares en 2003, soit 28 % du territoire national, ce qui représente un volume sur pied de 2,1 milliards de m³ de bois. Entre 1945 à 2000, la surface boisée française est passée de 11 millions d'hectares à 16 millions d'hectares (source Agreste Primeur – mai 2000).

Sur la dernière décennie, la progression de la forêt s'est confirmée : sa surface augmente en moyenne chaque année de 0,4 %.

La récolte des bois d'œuvre ou bois de trituration génère des résidus appelés rémanents (branchages, petits bois) qui, après broyage, constituent un combustible utilisable en chaudière : la plaquette forestière. Selon une étude réalisée pour l'ADEME par l'IFN (Inventaire Forestier Français) et SOLAGRO en 2004, l'équivalent énergétique de ces résidus sur l'ensemble du territoire à 7,3 millions de tep (tonne équivalent pétrole) par an. Ce chiffre représente le "gisement" forestier physique potentiellement mobilisable.

La filière bois possède également un poids économique. Elle représente plus de 170 000 emplois, dont 58 000 artisans avec un chiffre d'affaire global de 33 Milliards d'euros en 2008.

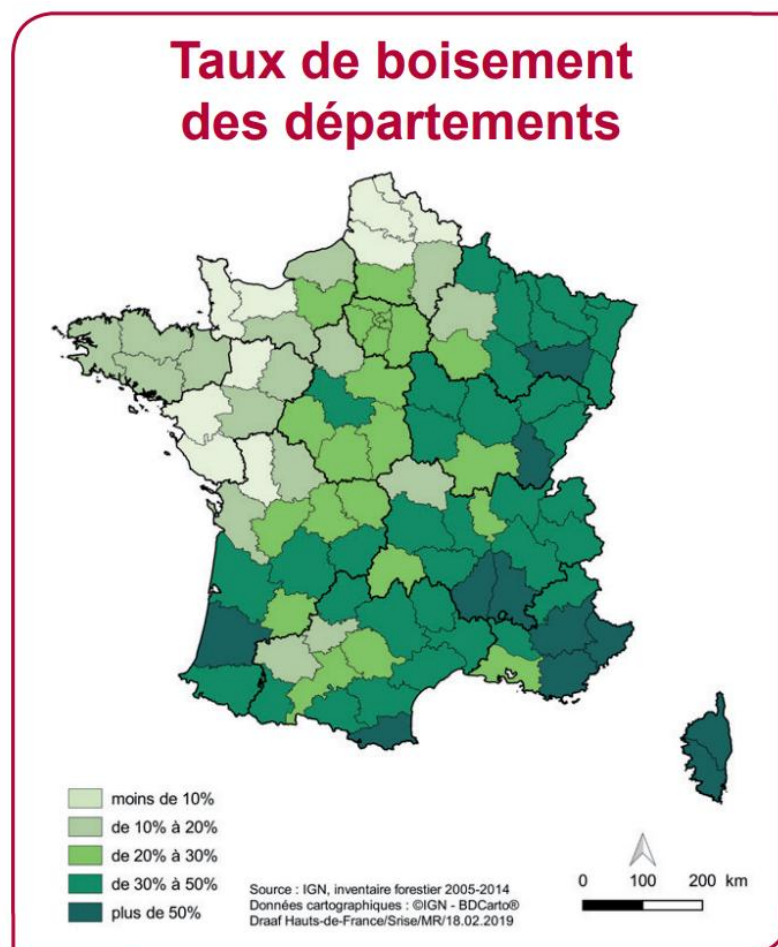


Figure 23 : Taux de boisement par département en 2018 (Source : DRAAF HdF)

3.2.2. Le bois énergie en Picardie (données IFN 2010)

D'après le dernier inventaire forestier, la forêt couvre 431 milliers d'hectares en Hauts-de-France, soit 13 % de la surface régionale et à peine 3 % de la surface boisée française. L'Aisne et l'Oise sont deux fois plus boisés que les trois autres départements. Les forêts privées occupent les trois quarts des surfaces boisées de la région comme pour l'ensemble du territoire national. Les feuillus, principalement des chênes, frênes, hêtres et peupliers, constituent 90 % des essences forestières présentes dans la région.

En 2018, 1,3 million de m³ de bois rond ont été récoltés dans la région par les exploitants forestiers (3,4 % de la récolte nationale), un peu plus qu'en 2017. La récolte de bois énergie continue d'augmenter (+8 % en un an). Elle a triplé depuis dix ans, pour mieux approvisionner les grandes installations de cogénération et les chaufferies situées en Hauts-de-France et dans les régions voisines. Le volume de bois coupé pour l'industrie se stabilise depuis 2015, alors qu'il avait fortement baissé les années précédentes. La quantité de grumes est la seule à reculer par rapport à 2017 (-5 %). Les essences les plus récoltées pour le bois d'œuvre sont le peuplier, le chêne et le hêtre. Les conifères ne représentent que 9 % du volume.

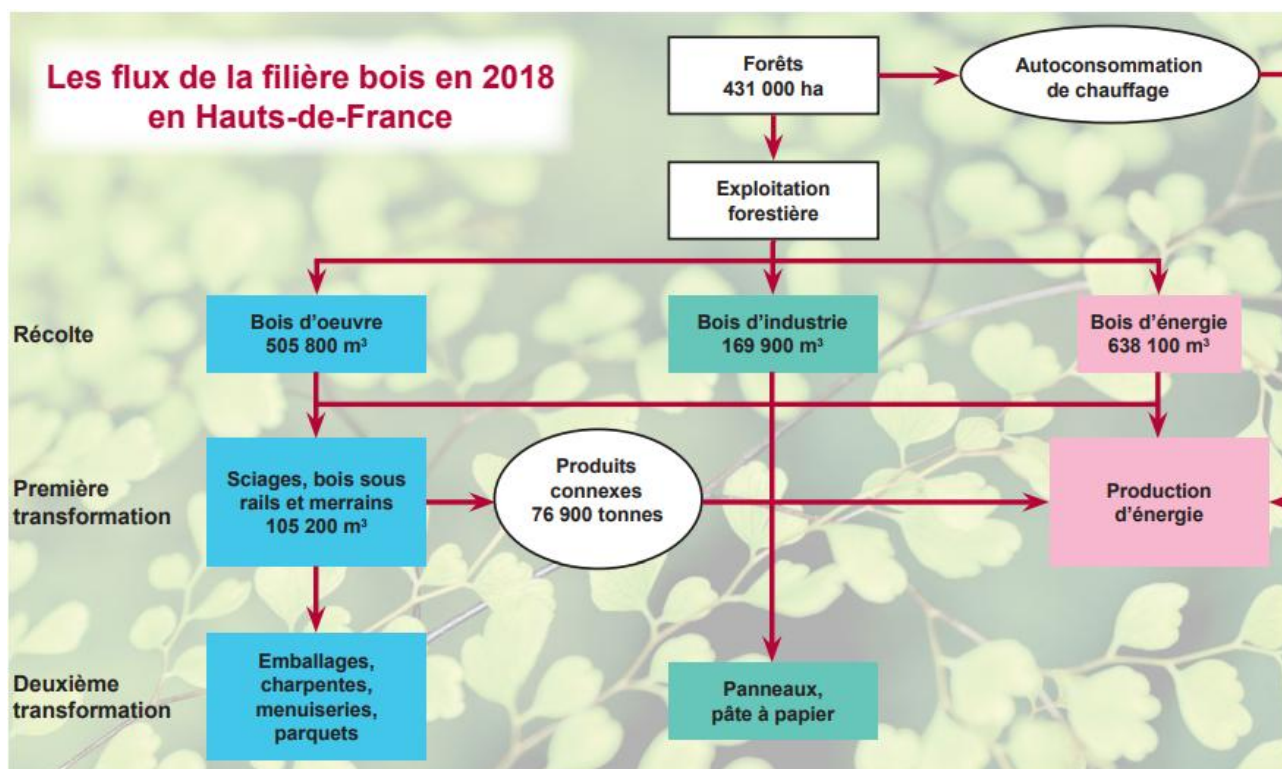


Figure 24: Filière bois en Hauts de France en 2018



3.3. Le potentiel sur la ZAC de Mogneville

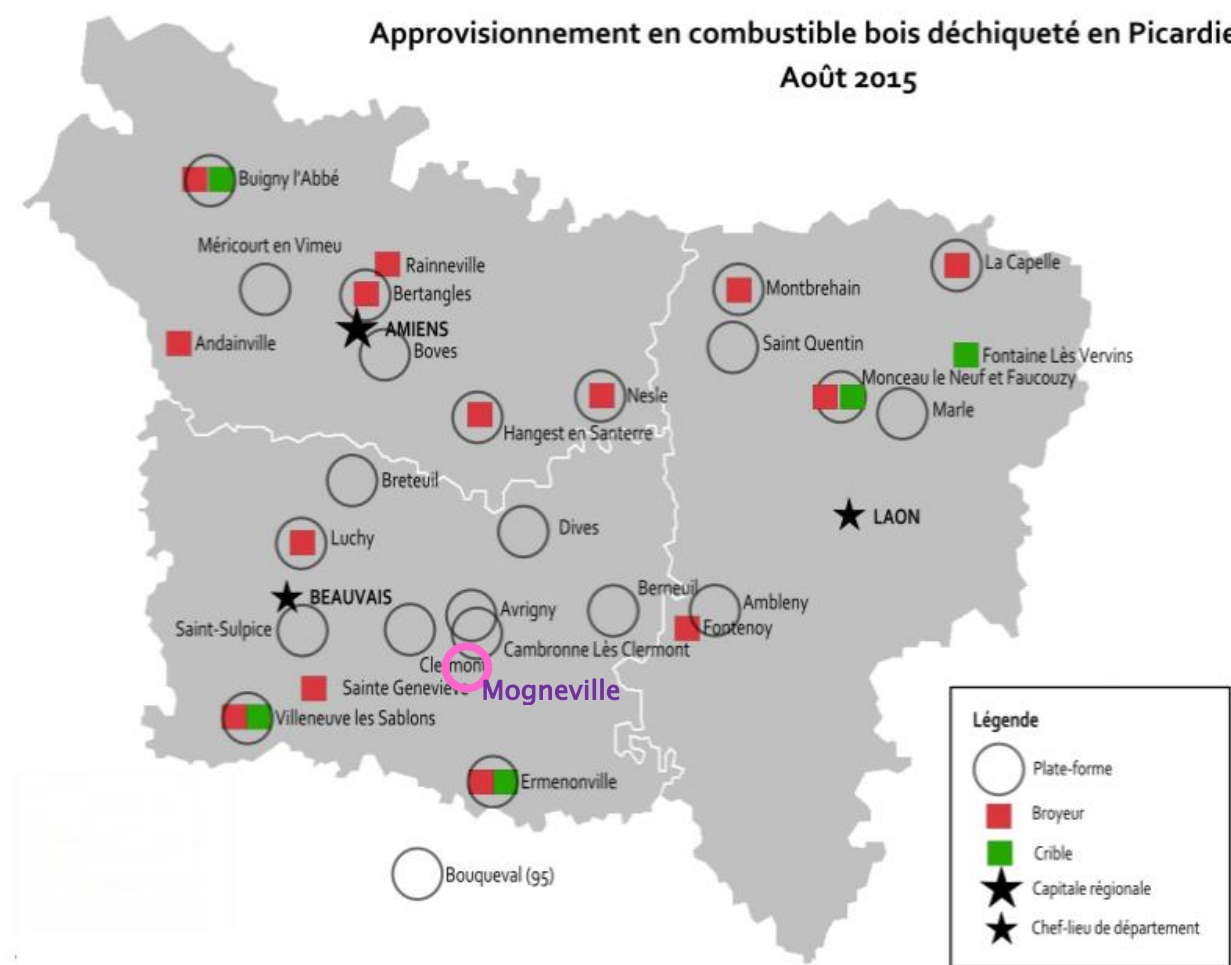


Figure 25: Approvisionnement en combustible bois déchiqueté en Picardie (source : Nord Picardie Bois , 2015)

La ressource en bois est insuffisamment disponible aux abords de la ZAC de Mogneville pour être envisagé comme source d'énergie à grande échelle.

De plus, Ixsane n'a pas identifié d'entreprise Bois-Energie à proximité de la ZAC de Mogneville. La création du Pôle d'Excellence Régional bois a également été annoncée lors du Schéma Régional de Développement Economique de décembre 2008. Nord Picardie Bois a été désigné comme animateur des actions menées par tous les représentants de la filière dans le cadre du Pôle d'Excellence.

Il est possible de consulter le site internet Bois et Vous via l'adresse <https://www.bois-et-vous.fr/>



3.4. Les atouts et les contraintes

3.4.1. Les atouts

- ix La ressource bois locale est une ressource non délocalisable et par conséquent, elle est source d'emplois locaux.
- ix Réduction des risques liés à l'approvisionnement.
- ix Le coût de la production de la chaleur est plus stable que lorsqu'on utilise de l'énergie fossile ou de l'électricité. L'augmentation annuelle du coût du bois est estimée à 3%, celle du gaz à 6% et celle de l'électricité à 5%.
- ix La TVA pour les solutions d'équipement en énergie renouvelable, le bois en l'occurrence, est inférieure à celle pour les installations utilisant les énergies fossiles ou électrique.

3.4.2. Les contraintes

- ix Le bilan environnemental d'une solution bois est mitigé pour les chaudières individuelles car elles ne sont pas équipées pour le traitement des fumées (pollution aux particules),
- ix Il peut exister des nuisances ponctuelles dues à la livraison du bois,
- ix La surface au sol occupée pour le stockage du bois est à anticiper lors du projet d'aménagement
- ix Ixsane n'a pas identifié de source d'approvisionnement stable dans un rayon de 20 kilomètres autour de la ZAC de Mogneville.
- ix Une densité énergétique élevée pourrait permettre la mise en place d'un système de mutualisation de chaudière via un réseau de chaleur, ce qui n'est pas le cas pour le présent projet.

4. LA GEOTHERMIE

4.1. La définition de la géothermie

La géothermie est une technique utilisant la chaleur interne du globe terrestre. Dont le potentiel français est illustré par la figure suivante.

Cette énergie provient également du soleil. Chaque jour, la terre emmagasine l'énergie solaire et la stocke sous forme de calories dans le sol. Cette chaleur de surface peut être captée, moyennant un réseau de tuyaux enterrés. Il s'agit davantage de chauffage « géosolaire » que de géothermie, la recharge thermique n'étant assurée que par le soleil et l'infiltration de la pluie.

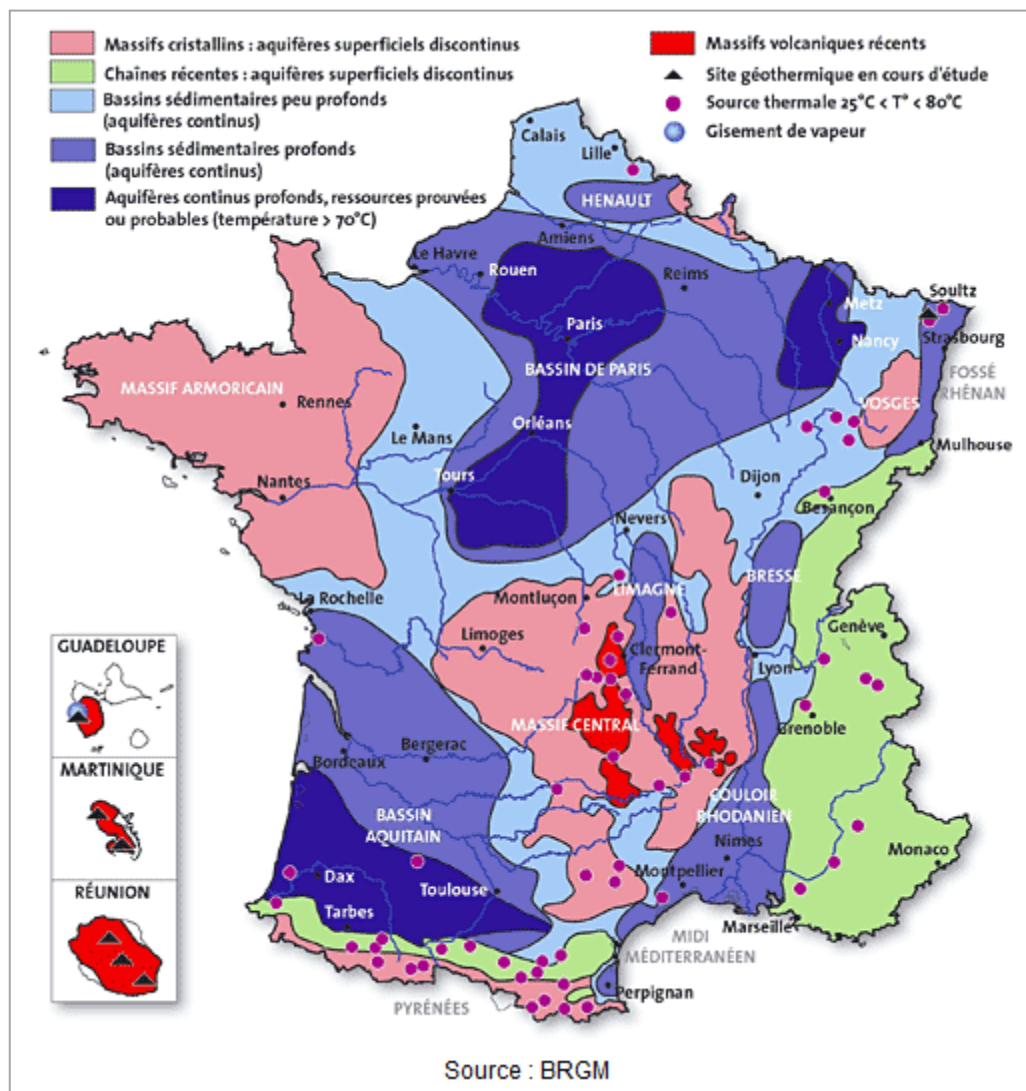


Figure 26: Les ressources géothermiques en France (Source : BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières)

La géothermie permet aussi bien de récupérer de la chaleur pour l'hiver que de rafraîchir l'été. Trois types de géothermie sont à distinguer :

- ix La géothermie de surface en très basse énergie
- ix La géothermie sur la nappe peu profonde en basse énergie
- ix La géothermie sur nappe profonde

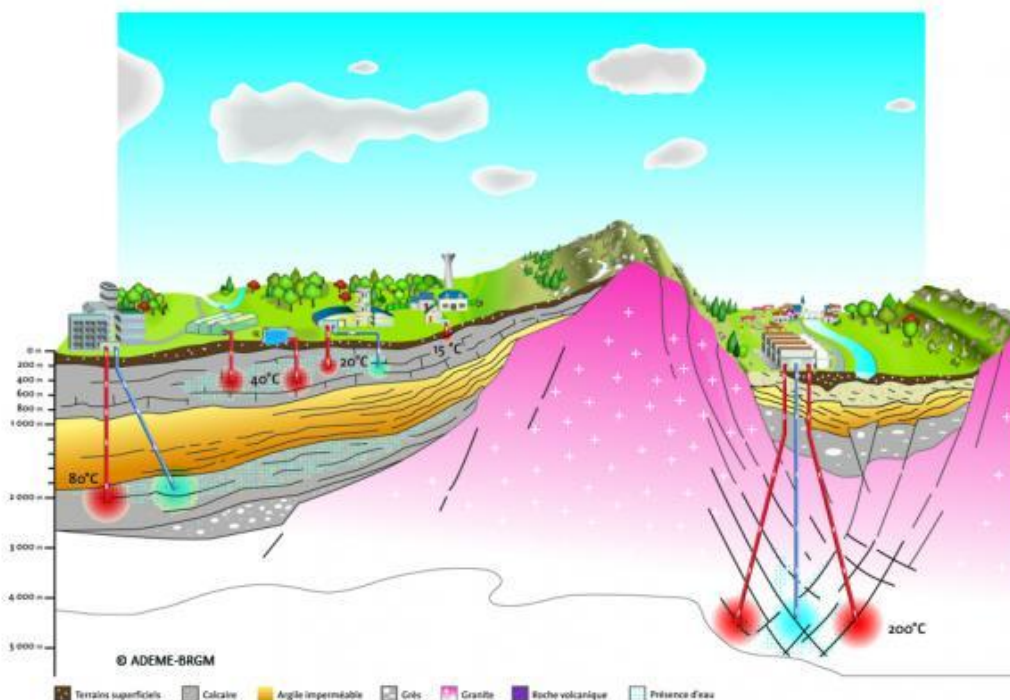


Figure 27: Illustrations des différents types d'alimentation par géothermie

Source : *géothermie perspectives*

4.1.1. La géothermie de surface

La géothermie de surface ou géothermie de très basse énergie exploite la chaleur du sol ou de l'eau du sous-sol à des profondeurs généralement comprises entre 0 et 100 mètres, pour des températures inférieures à 30°C (12°C en moyenne en France).

Le rayonnement du soleil et les conditions climatiques ont une influence majeure sur la température terrestre des premiers mètres du sol, en particulier via l'eau de pluie s'infiltrant vers les nappes phréatiques.

Ainsi, une fois à l'abri des variations saisonnières à quelques mètres de profondeur, la température du sol est stable, 12°C dans les plaines à basse altitude. La pompe à chaleur géothermique permet, à partir de cette source de chaleur, d'ajuster la température aux besoins de l'habitat. Ce type de géothermie est utilisé pour le chauffage et/ou la climatisation de maisons individuelles, de bâtiments tertiaires et de locaux collectifs. Le fluide utilisé pour assurer l'échange avec le sol peut être de l'eau ou de l'air ; Dans ce dernier cas on parle de « puits canadien ».

La géothermie de surface ou géothermie très basse énergie utilise l'inertie du sol pour obtenir des températures plus basses que les températures à la surface en été, et à l'inverse obtenir des températures plus élevées que les températures à la surface en hiver.

Le principe de fonctionnement des capteurs géothermiques pour la géothermie très basse énergie se manifeste par des capteurs horizontaux dont le principe est schématisé dans la figure suivante :

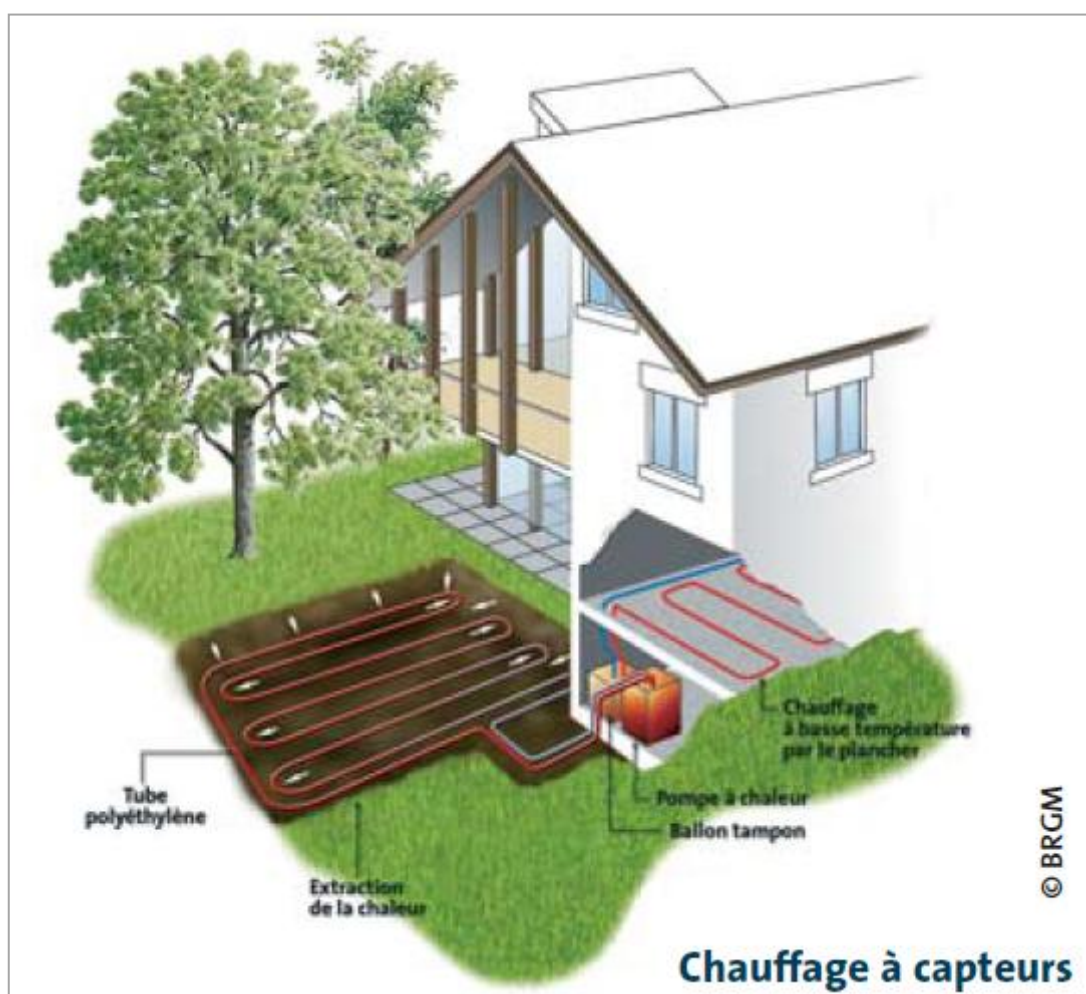


Figure 28 : Principe de fonctionnement des capteurs géothermiques horizontaux
(Source : BRGM)

Le réseau de capteurs horizontaux (tubes) est enterré à faible profondeur. Un fluide caloporteur circule dans les capteurs jusqu'à la pompe à chaleur permettant les échanges calorifiques.



4.1.2. La géothermie basse énergie

La géothermie basse énergie exploite la chaleur de gisements d'eau situés à des profondeurs de quelques centaines de mètres jusqu'à environ 2 000 m, pour des températures généralement comprises entre 30°C et 90°C.

La terre peut être subdivisée, du point de vue des ressources géothermiques, en deux types de régions :

- les zones géodynamiques actives, généralement des « frontières de plaques », dans lesquelles une quantité très importante d'énergie est dissipée depuis les profondeurs vers la surface, produisant le mouvement des plaques et des phénomènes sismiques et volcaniques. L'énergie y est principalement dissipée par convection ;
- les zones continentales stables, dans lesquelles l'énergie est dissipée par conduction à travers les formations géologiques, en produisant un gradient géothermique (augmentation de la température avec la profondeur) de 3°C tous les 100 mètres en moyenne.

La géothermie basse énergie peut être exploitée dans ces dernières zones sous réserve de disposer de formations géologiques poreuses et perméables permettant d'assurer le transfert de chaleur des roches chaudes profondes vers le consommateur en surface.

Le niveau de température atteignant une profondeur économiquement accessible est insuffisant pour permettre la production rentable d'électricité mais peut être utilisé pour le chauffage des habitations, certains usages industriels ou encore le thermalisme.

Le principe de la récupération de chaleur est schématisé ci-dessous :

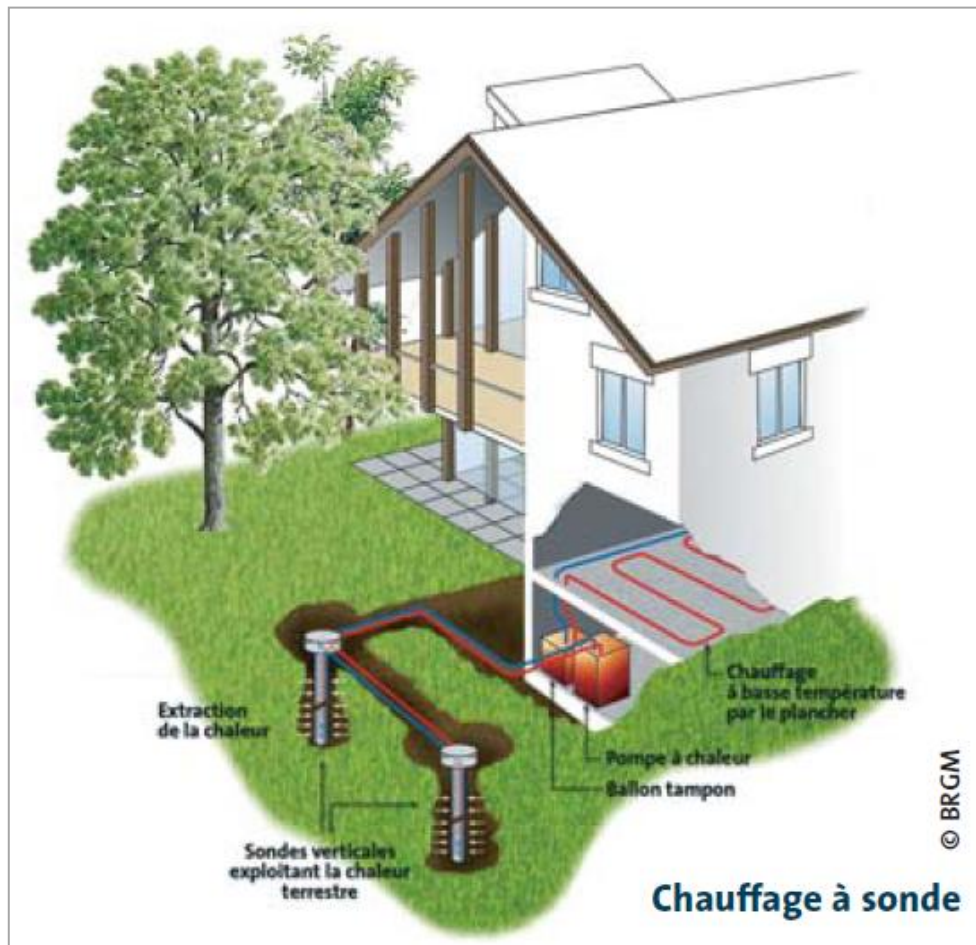


Figure 29 : Schéma de l'utilisation de la géothermie basse énergie
(Source : BRGM)

4.2. La géothermie profonde

Dans ce cas, les forages sont plus profonds. La profondeur de forage est en fonction de la température désirée et du gradient thermique local qui peut varier sensiblement d'un site à l'autre. La méthode utilisée pour les transferts thermiques est l'échange de température à contre-courant. Cette méthode ne nécessite pas de fluide caloporteur comme cela est le cas avec la géothermie peu profonde basse température.



La carte ci-dessous représente les températures dans le sous-sol Européen.

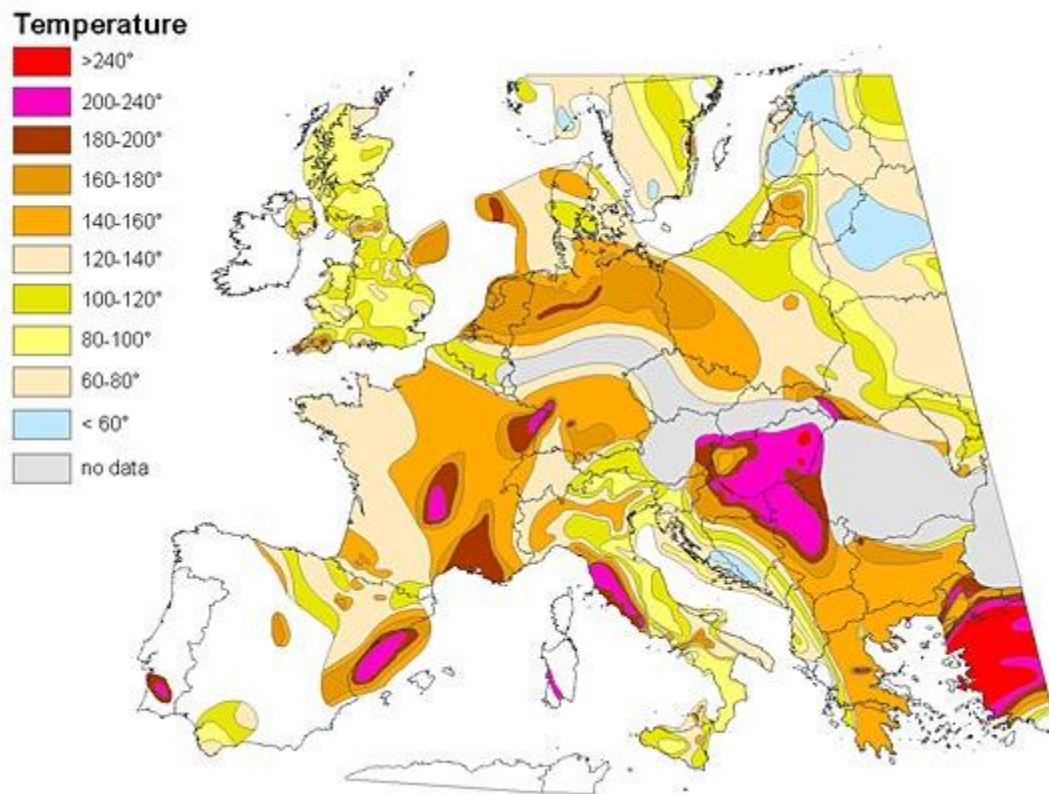


Figure 30: Carte des températures profondes probables (5000 m) en Europe
(Source : BRGM)

4.3. Les ressources disponibles au niveau de la ZAC de Mogneville

4.3.1. La géothermie très basse énergie

Au vu des terrains proposés pour les logements individuels de la ZAC de Mogneville, le recours à la géothermie très basse énergie est possible et adaptée. De manière générale, il est nécessaire de disposer d'une superficie d'une fois et demie à deux fois la surface habitable à chauffer.

D'après les documents du SDAGE Artois Picardie 2010 / 2015, la commune de Mogneville se trouve au droit de la masse d'eau souterraine de la nappe de l'Eocène du Valois.

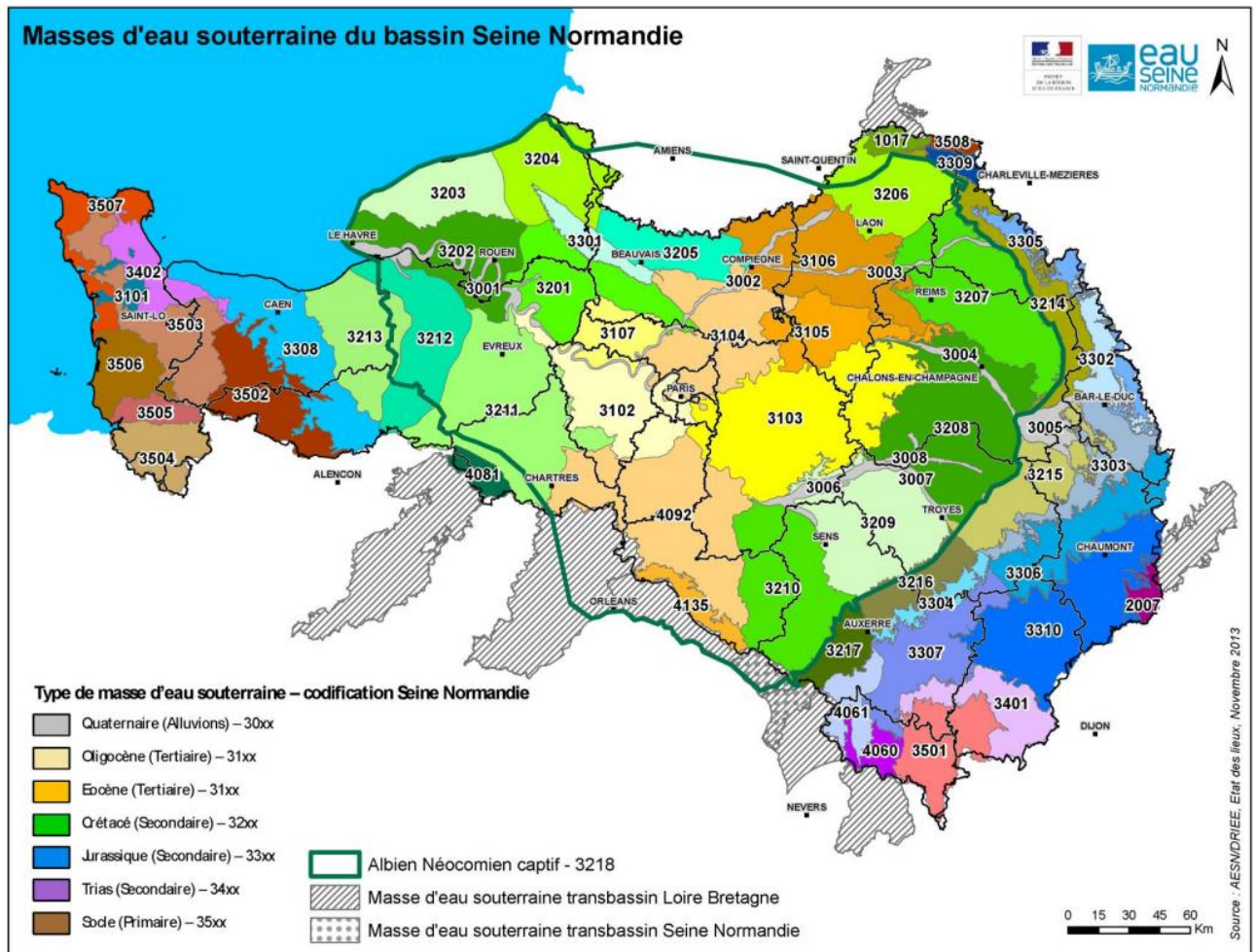


Figure 31: Masses d'eau souterraine
Source : Agence de l'Eau Seine-Normandie

Au niveau de Mogneville sont susceptibles d'être trouvées :

- Nappe phréatique. Dans les sables et graviers des alluvions anciennes de l'Oise et de ses affluents. des eaux généralement impropres à la consommation sont exploitées par des puits peu profonds pour l'arrosage des jardins.
- Nappe des sables thanétiens, Au Nord Est de l'axe du Bray. en raison de la situation synclinale et du toit qui est argileux, cette nappe est captive et en charge; elle est largement exploitée par forages artésiens. Le captage exige des précautions. par suite de la finesse des sables,
- Eaux de la craie. Elles sont exploitées, par puits, souvent sous les alluvions anciennes. dans la vallée de l'Oise, de l'Esches et de la Thève. donnant fréquemment des débits importants,

La nappe des sables est la plus couramment utilisée. La présence des sables permet d'envisager l'utilisation de la géothermie basse énergie.



- ix Le coefficient de performance des pompes à chaleur est compris entre 3.5 et 4.5 ce qui induit une dépendance environ 4 fois moins importante en électricité.
- ix Solution intéressante pour le refroidissement et le chauffage des bâtiments.

4.4.2. Les contraintes

- ix L'installation de ces dispositifs amène des contraintes de poids et d'écrasement particulièrement au niveau des zones de stationnement. Le dimensionnement, la localisation et l'installation doivent faire l'objet d'un soin particulier.
- ix La production de chaleur est efficace essentiellement pour couvrir le chauffage. Il ne couvrira pas les autres besoins.
- ix Les zones humides présentes dans les espaces libres ne doivent pas être impactées par les ouvrages.

4.5. Les atouts et les contraintes de la géothermie basse énergie

4.5.1. Les atouts :

- ix Il sera possible d'établir le même phasage pour l'installation des équipements de production d'énergie (forage + pompes à chaleur) et la construction des bâtiments.
- ix Le coût des forages seront maîtrisés puisque la nappe à atteindre est assez peu profonde.
- ix Solution intéressante également pour le refroidissement des bâtiments en plus du chauffage.

4.5.2. Les contraintes :

- ix La solution de géothermie ne pourra pas couvrir l'ensemble des besoins car il y a une nécessité de laisser 150 à 200 mètres entre chaque puits de forage.
- ix Le potentiel du meilleur aquifère est moyen pour l'ensemble de la zone
- ix Risque de pollution de la nappe lors des travaux d'installation.



5. LA METHANISATION

5.1. La définition de la méthanisation

La méthanisation est un traitement naturel de déchets organiques grâce à une fermentation en anaérobie par des bactéries. Ce traitement conduit à la production combinée de gaz convertible en énergie (Biogaz) et d'un digestat (fertilisant).

Le biogaz produit peut être utilisé directement pour le transformer en électricité ou en chaleur ou bien injecté au réseau de gaz naturel.

5.2. Les ressources locales

L'occupation des sols dans un périmètre d'environ 35km autour de Mogneville est une occupation à caractère agricole et à caractère rural. Les abords de la ZAC de Mogneville sont agricoles, de ce fait les possibilités d'obtenir des déchets organiques sont importantes pour alimenter un système de méthanisation.

Le tableau ci-après ainsi que la figure ci-dessous illustre les caractéristiques agricoles de la commune de Mogneville :

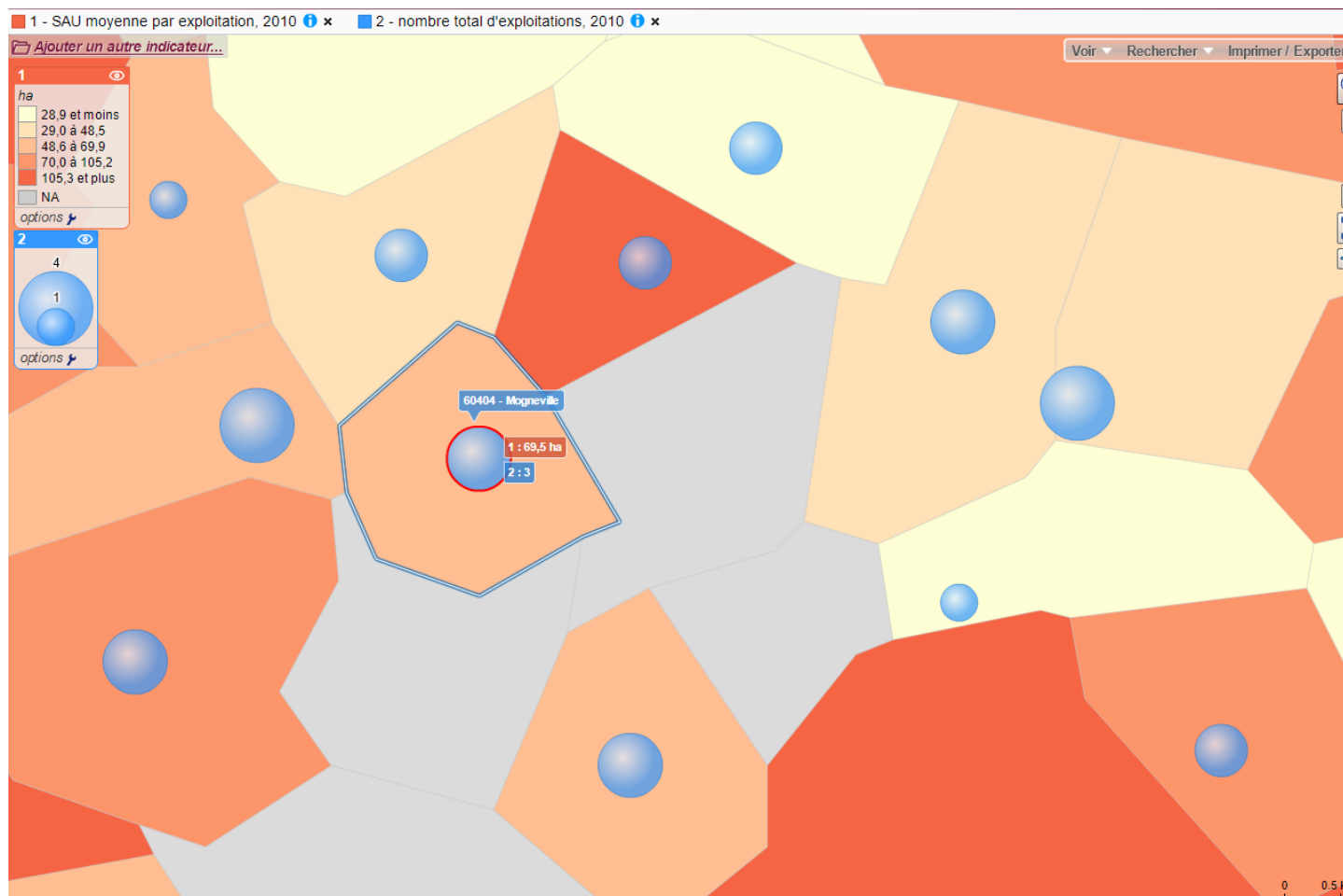


Figure 33: SAU et nombre d'exploitations sur la commune de Mogneville

Source : agreste



ZAC du MARAIS
Etude de faisabilité sur le potentiel
de développement des ENR



		Ensemble des exploitations		
		1988	2000	2010
Exploitation agricole	<i>nombre</i>	2	3	3
Travail	<i>unité de travail annuel</i>	2	2	2
Superficie agricole utilisée	<i>hectare</i>	85	167	208
Cheptel	<i>unité gros bétail alimentation totale</i>	9	56	100

Source : Ministère en charge de l'agriculture, Agreste, recensements agricoles

Orientation technico-économique de la commune en 2010	Cultures générales (autres grandes cu
Orientation technico-économique de la commune en 2000	Cultures générales (autres grandes cu

Source : Ministère en charge de l'agriculture, Agreste, recensements agricoles

		Ensemble des exploitations		
		1988	2000	2010
Superficie en terres labourables	<i>hectare</i>	s	146	180
Superficie en cultures permanentes	<i>hectare</i>	0	0	0
Superficie toujours en herbe	<i>hectare</i>	s	s	s

Source : Ministère en charge de l'agriculture, Agreste, recensements agricoles

Tableau 7 : Les chiffres clés de l'agriculture à Mogneville (Source : Agreste-recensement 2010)

Les agriculteurs locaux doivent alors être interrogés afin de savoir quelle utilisation ils ont de leurs différents déchets organiques. Puisque en effet, il est également possible de valoriser le digestat issu de la méthanisation pour en faire un fertilisant.

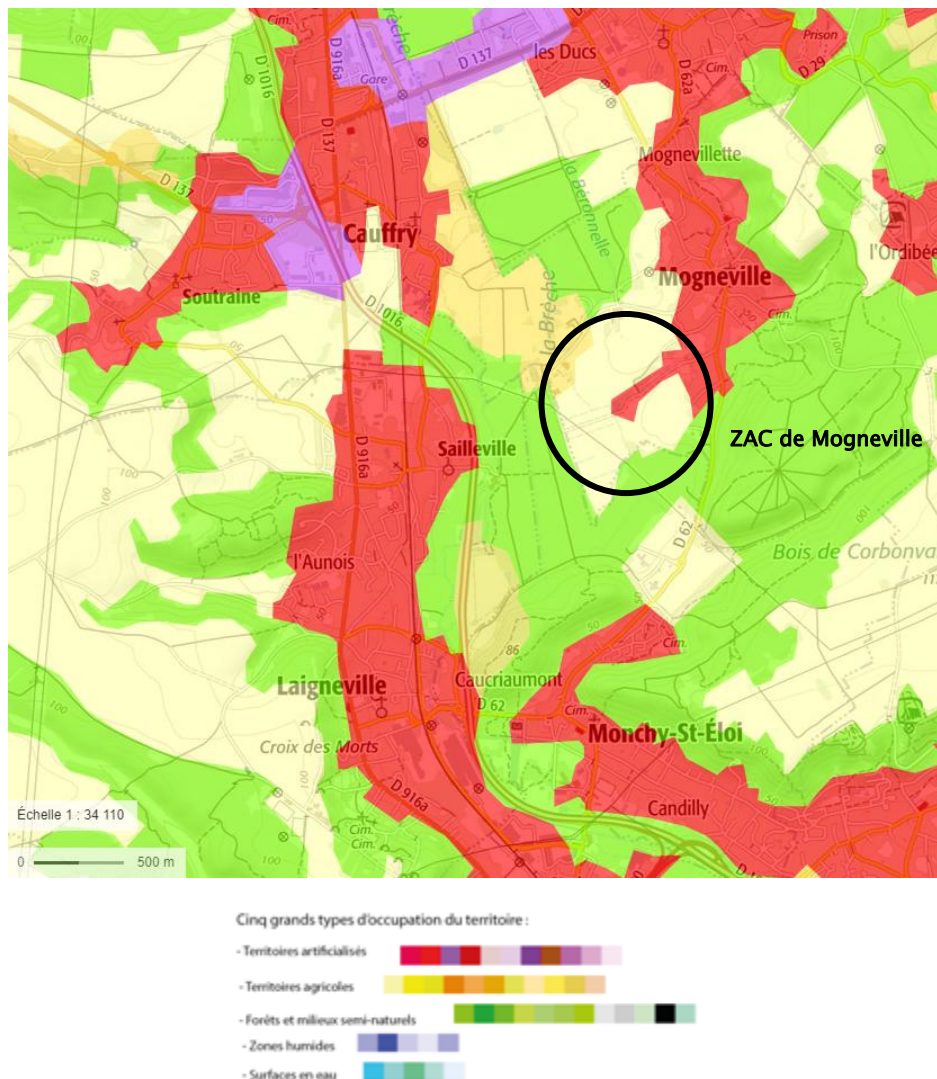


Figure 34: Cartographie de l'occupation des sols Corine Land Cover 2018
Source : geoportail

5.3. Les atouts et les contraintes

5.3.1. Les atouts

- ix Double objectif : valorisation énergétique par récupération de méthane et stabilisation des déchets organiques,
- ix Permet de traiter des déchets organiques provenant de sources différentes (agriculture, déchets verts communaux, déchets organiques industriels, déjections animales ...).

5.3.2. Les contraintes

- ix Déchets organiques potentiellement en faible quantité dans le secteur,
- ix Nuisance olfactive en amont des installations,
- ix Installations complexes, longues à mettre en place et pas adaptée à l'activité du site,
- ix Projet à entreprendre avec les agriculteurs locaux, il faut mettre en place une concertation autour de la création d'une telle installation.



6. LES RESEAUX DE CHALEUR

6.1. Notion de rentabilité

Avant de chercher les possibilités d'installer un réseau de chaleur, il est nécessaire de calculer la densité énergétique. Celle-ci doit être supérieure à 3 MWh/an/ml pour considérer que le réseau sera correctement amorti. L'ADEME subventionne les réseaux de chaleur à partir d'un seuil de densité énergétique de 1,5 MWh/an/ml. Il peut donc s'avérer intéressant de mener des investigations plus poussées pour calculer le retour sur investissement d'un aménagement pour des densités énergétiques comprises entre 1.5 et 3 MWh/an/ml.

La densité énergétique se calcule de la façon suivant :

$$D_{NRJ} = \text{Besoins énergétiques des bâtiments considérés} / \text{nombre de mètres linéaires de réseau}$$

Ainsi, plus les besoins énergétiques sont importants et l'étendue du réseau est réduite, plus la densité énergétique sera élevée.

6.2. Création d'un nouveau réseau de chaleur

L'aménagement de la ZAC de Mogneville est prévu d'être réalisé sur une superficie de 27,5 ha. Les données ci-dessous permettent d'une part de calculer le nombre de mètre linéaire de réseau.

Le tableau ci-dessous propose la densité énergétique de l'ensemble du réseau potentiellement réalisable.

Nombre de mètres linéaires de réseau (ml) estimation	Besoins énergétiques en chaud (MWh/an)	Densité énergétique (MWh/an/ml)
1000	1172	1,1

La densité énergétique est nettement inférieure au seuil proposé par l'ADEME de 1.5 MWh/an/ml. La densité énergétique est ainsi trop basse dans ce type d'aménagement basé sur des bâtiments isolés.

Ainsi, il n'apparaît pas comme pertinent de créer un réseau de chaleur sur le site de la ZAC de Mogneville, notamment à cause de la trop faible concentration des bâtiments sur le site.



6.3. Utilisation d'un réseau de chaleur existant

La ZAC de Mogneville n'est pas située à proximité d'un réseau de chaleur existant. Le plus proche se situe à Nogent-sur-Oise : le réseau de chaleur du Quartier des Obiers

Considérant la distance de près de 4,5 kilomètres entre le réseau des Obiers et la faible densité énergétique de la ZAC de Mogneville, il n'apparaît pas opportun d'envisager un raccordement aux réseaux de chaleur existants

6.4. Les atouts et les contraintes

6.4.1. Les atouts

- ix Pas de contrainte de voirie,
- ix TVA réduite (si fonctionnement du système de production de chaud à l'aide de minimum 50% d'énergies renouvelables),
- ix Diminution du coût de la chaleur du à l'effet d'échelle.

6.4.2. Les contraintes

- ix Faible densité énergétique car les bâtiments prévus sur le plan sont trop isolés et dispersés,
- ix Installation du réseau coûteux à anticiper dans les travaux,
- ix Pas de possibilité de se raccorder à un réseau de chaleur existant.



7. LES SOLUTIONS DITES INNOVANTES OU PARTIELLEMENT RENOUVELABLES

7.1. La récupération de chaleur sur les eaux usées

Il s'agit d'un système développé par Suez qui consiste en la récupération de chaleur sur les eaux usées.

Le service Degrés Bleus® Chaleur et Rafraîchissement permet de chauffer tout type de bâtiment consommateur de chaleur (piscines, maisons de retraite, hôpitaux, bureaux, logements...) à partir de la chaleur des réseaux d'assainissement. Cette technologie associe un échangeur de chaleur avec une pompe à chaleur et permet de chauffer plusieurs milliers de m².

Degrés Bleus® Chaleur et Rafraîchissement diminue jusqu'à 70 % la facture de chauffage en valorisant vos ressources locales d'énergie renouvelable.



Les avantages pour Mogneville

- Une diminution durable des dépenses énergétiques avec une réduction de 5% dès la première année (grâce au financement de l'ADEME « fonds chaleur »).
- Une plus grande autonomie énergétique pour le chauffage et le rafraîchissement.
- Une contribution à l'atteinte des objectifs du plan climat de votre collectivité : vous produisez une énergie verte qui permet de réduire de plusieurs centaines de tonnes vos émissions de CO₂.
- Une solution invisible qui préserve le cadre de vie.

Réchauffement climatique, hausse des dépenses énergétiques : 2 préoccupations majeures des français.

Une réduction des émissions de GES

Le Conseil Européen a fixé un triple objectif pour 2020, le «3x20»:

- 20 % d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en moins,
- 20 % d'économie d'énergie,
- 20 % d'énergie renouvelable.

Mais...

Malgré tous ces avantages, la technologie degré bleu n'est pour l'instant pas envisageable sur la ZAC de Mogneville. En effet, cette dernière nécessite un débit d'eau usée important mais aussi des canalisations ayant un diamètre suffisant, ce qui n'est pas le cas sur le site de la ZAC de Mogneville.



7.2. La récupération d'énergie dite fatale

L'expression "énergie fatale" désigne la quantité d'énergie inéluctablement présente ou piégée dans certains processus ou produits, qui parfois – au moins pour partie – peut être récupérée et/ou valorisée. Ce terme désigne aussi l'énergie qui serait perdue si on ne l'utilisait pas au moment où elle est disponible, par exemple : l'électricité issue des éoliennes, des panneaux solaires ou celle produite par les centrales hydrauliques au fil de l'eau.

Pour se faire, Ixsane a consulté les bases de données liées aux sources d'énergie fatale. Il apparaît que la majorité de ces sources est d'origine agro-alimentaires dans le département de l'Oise.

Après lecture de ce rapport, Ixsane a pu conclure qu'il n'y avait pas de potentiel identifié à proximité de la ZAC de Mogneville.

7.3. L'aérothermie

7.3.1. Présentation de la technologie

Les pompes à chaleur sont beaucoup moins impactées par les contraintes liées à la ressource (en l'occurrence l'air) et aux difficultés d'implantation des équipements. Aussi, ces équipements : pompes à chaleur A/A ou A/E, peuvent être implantés très facilement sur les maisons neuves.

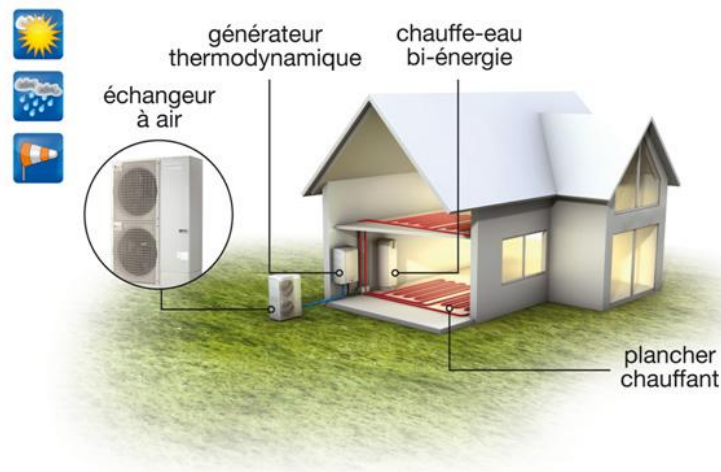
Sur les immeubles cette technologie est essentiellement utilisée pour la climatisation par le biais de système individuel. A ce titre, ce type d'équipement n'entre pas à proprement parlé en tant que source utilisant des énergies renouvelables. Il ne répond généralement pas à un besoin réel, mais à du confort qu'il est aujourd'hui possible de fournir par le biais de système de rafraîchissement qui consomme peu d'énergie (système par évaporation de l'eau) ou encore sur les immeubles neufs en respectant des règles de construction bioclimatique.

Toutefois, ces systèmes possèdent plusieurs désavantages :

- les appels de puissance liés au démarrage des pompes à chaleur peuvent être un problème dans le cadre de la gestion du réseau électrique. Ainsi, un client qui installerait une PAC dépourvue d'un démarrage progressif pour limiter l'appel de puissance, serait susceptible d'engendrer des chutes de tension sur le réseau qui nécessiterait un renforcement coûteux,
- le Coefficient de Performance (COP) qui représente la performance énergétique de la PAC fonctionnant en mode chauffage est donné pour une température extérieure de 7°C. Plus le milieu sera froid et plus l'efficacité énergétique de la PAC diminue. La pompe à chaleur consomme alors de l'électricité pour subvenir aux besoins de chaleur de l'habitation.
- un des modules de la pompe à chaleur est installé à l'extérieur de l'habitation, suivant les modèles, cela peut engendrer des nuisances sonores pour le voisinage. L'intégration architecturale de ce module peut, en outre, poser des problèmes dans des secteurs protégés au titre du patrimoine culturel.



Chauffage aérothermique



Source : pompe-chaaleur-33.com

7.3.2. Gisement net

Pour l'ensemble des bâtiments de la ZAC de Mogneville les besoins en chaud s'élèvent à 782 MWh/an de production d'énergie renouvelable (on ne prend que 2/3 de la production le 3ème tiers étant fourni par l'électricité du réseau).

Ainsi, considérant la typologie de la ZAC de Mogneville, en majorité constituée de bâtiments logistiques, le développement de l'aérothermie par PAC Air/Eau ou Air/Air est inenvisageable : les surfaces à couvrir sont trop importantes et mobiliserait des pompes trop importantes ce qui pourrait poser des problèmes de saturation sur le réseau local électrique et augmenter les émissions de CO₂ en mobilisant des moyens thermiques de production d'électricité de pointe.



CHAPITRE V : ETAPE 3 : LES ENERGIES RENOUVELABLES FAVORABLES



1. SYNTHÈSE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET PRÉSENTATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES PERTINENTES

Le chapitre IV a permis d'étudier toutes les énergies renouvelables et les réseaux de chaleur pouvant être utilisés lors de l'aménagement de la ZAC de Mogneville.

Le tableau ci-dessous reprend les atouts et les contraintes de chacune des énergies renouvelables considérées.

	Atouts	Contraintes
Solaire thermique et photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none">- Pas de contraintes liées à l'église classée de Mogneville- L'apport en production de chaud diminuera les besoins thermiques des bâtiments notamment pour la partie bureau- Solutions d'intégration des panneaux aux bâtiments multiples- Pour le photovoltaïque : le prix de revente de l'électricité est supérieur au prix d'achat.	<ul style="list-style-type: none">- Variabilité de la ressource au cours de l'année- Positionnement des bâtiments à étudier,- Faible ensoleillement dans l'Oise- Risque de masque solaire- Pour le photovoltaïque : Production d'électricité assez faible par rapport aux besoins
Le grand éolien	<ul style="list-style-type: none">- Site moyennement exposé aux vents donc moyennement propice au développement d'énergie éolienne,- Tarif de revente de l'électricité produite supérieur au prix d'achat de l'électricité.	<ul style="list-style-type: none">- Echelles de temps différentes pour le projet d'aménagement de la ZAC et le projet d'installation d'éoliennes- Éolienne de plus de 50 mètres doit faire l'objet d'une étude d'impact ainsi que d'une enquête publique- Zone défavorable- Nombreux acteurs entrant dans les prises de décision d'installation d'éoliennes- Nuisance visuelle et sonore à anticiper- Coût d'investissement important
Le micro-éolien	<ul style="list-style-type: none">- Site bien exposé aux vents avec une puissance adaptée au développement du micro éolien,- Bon complément de la production électrique- Le micro éolien s'intègre facilement dans le paysage.	<ul style="list-style-type: none">- Pas de revente de l'électricité produite à EDF- Gestion du stockage de l'électricité produite- Une hauteur de noyau de l'éolienne dépassant les 12 mètres doit faire l'objet d'un permis de construire- Des hauteurs de bâtiment ne permettent pas de profiter d'une optimisation de l'infrastructure énergétique
Biomasse	<ul style="list-style-type: none">- Ressource en bois non délocalisable donc génératrice d'emplois locaux- Coût de la ressource plus stable que les autres énergies (électricité et gaz)- TVA réduite- Possibilité de mutualiser les chaudières permettant ainsi de réaliser des économies d'échelle	<ul style="list-style-type: none">- Bilan environnemental mitigé pour les chaudières individuelles- Ressource non disponible- Nuisances sonores ponctuelles lors de la livraison du bois- Emprise au sol utilisée pour le stockage du bois



Géothermie de très basse énergie	<ul style="list-style-type: none"> – Energie fiable et stable dans le temps – Pas de rejet, donc pas de conduit d'évacuation – Bonne rapidité de chauffe – Favorise le confort d'été et d'hiver – Coefficient de performance des pompes à chaleur comprises entre 3.5 et 4.5 	<ul style="list-style-type: none"> – Attention à l'implantation et au coût. – La production de chaleur est efficace essentiellement pour le chauffage. Les besoins en production d'eau chaude sanitaire sont peu ou pas couverts – La surface de terrain à mobiliser pour l'installation est supérieure à 1.5 à 2 fois la surface habitable à chauffer, proportion nécessaire pour le fonctionnement de la géothermie très basse énergie.
Géothermie basse énergie	<ul style="list-style-type: none"> – Phasage possible entre l'installation d'équipements mutualisés et la construction des bâtiments, – Coûts maîtrisés car la nappe est peu profonde, – Solution également intéressante pour le rafraîchissement des bâtiments 	<ul style="list-style-type: none"> – La solution ne couvrira pas l'ensemble des besoins énergétiques (distance à respecter entre différents puits de pompage). – Zone au potentiel moyen – Risque de pollution de la nappe lors des travaux
Méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> – Déchets organiques disponibles en quantité moyenne dans le secteur. – Double objectif : valorisation énergétique et stabilisation des déchets – Valorisations de déchets organiques ayant diverses provenances. 	<ul style="list-style-type: none"> – Nuisance olfactive en amont des installations – Peu adapté à la typologie de l'activité – Projet à entreprendre avec les agriculteurs locaux.
Réseau de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> – Pas de contrainte de voirie – Effet d'échelle avec une augmentation de la densité énergétique – TVA réduite si chaleur produite à partir de 50% d'énergies renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> – Trop faible densité énergétique – Installation coûteuse du réseau – Pas de possibilité de bénéficier d'un raccordement à un réseau de chaleur existant

Tableau 8 : Synthèse des atouts et contraintes des différentes solutions d'énergies renouvelables et des réseaux de chaleur



La synthèse ci-dessus permet de comparer les atouts et contraintes de chacune des énergies renouvelables. Cette analyse pourra être présentée en réunion en présence des acteurs du projet afin d'identifier les énergies renouvelables les plus favorables à la ZAC de Mogneville.

Plusieurs échelles d'interventions ont été définies en y associant une ou plusieurs solutions en énergie renouvelables. Les solutions proposées dans les parties suivantes tiendront compte des besoins énergétiques à couvrir au moins partiellement pour la ZAC de Mogneville.

Outre la production d'Energies Renouvelables, il convient d'être particulièrement attentif à la consommation à la source afin de réduire la demande : la conception des bâtiments respectera en ce sens, la réglementation thermique en vigueur (RT 2012, RT 2020 à viser).

Considérant la typologie de la ZAC, les modes de production d'énergies valides et cohérents sont le solaire (thermique et photovoltaïque), la géothermie sur nappe (le micro-éolien pourront s'installer mais par démarche ponctuelle uniquement)



2. LE MIX-ENERGETIQUE

2.1. Equipements susceptible de couvrir les besoins énergétiques

La configuration de la ZAC de Mogneville est exclusivement dédiée à l'activité industrielle de type logistique. La surface totale de toiture représentant près de 75000 m².

Les bâtiments devront à minima répondre à la Réglementation Thermique 2012 engendrant une consommation inférieure à 50 kWh/m²/an.

Parmi les postes de consommation énergétique, l'éclairage est l'usage énergétique dominant avec 35 % de la consommation estimée, suivi par les énergies auxiliaires (19 %) et les besoins en chauffage (19 %).

Afin d'accompagner l'atteinte des objectifs de la RT 2012 et d'augmenter la part des énergies renouvelables de la ZAC de Mogneville, de nombreux équipements peuvent être mis en place. Cependant, au regard des postes d'émissions nous choisirons d'exposer les solutions suivantes :

- Géothermie de nappe
- Panneaux solaires thermiques et photovoltaïques

En effet, on constate que les besoins en fourniture énergétique se concentrent principalement sur l'électricité plus que le besoin en chaud.

Sauf indication contraire, l'ensemble des données utilisées provient de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

2.1.1. L'Utilisation de la géothermie sur pieux

La géothermie sur pieux (ou pieux énergétiques ou fondations thermoactives) est une variante de la géothermie sur sondes verticales. Elle utilise les pieux de fondations du bâtiment pour l'implantation des sondes verticales : les mêmes pieux servent d'éléments de fondation et d'échangeurs thermiques.

La géothermie sur pieux est adaptée aux bâtiments tertiaires nécessitant des fondations profondes sur pieux, et présentant à la fois des besoins en chaud et en froid du même ordre, de faibles besoins en puissance et une occupation continue.

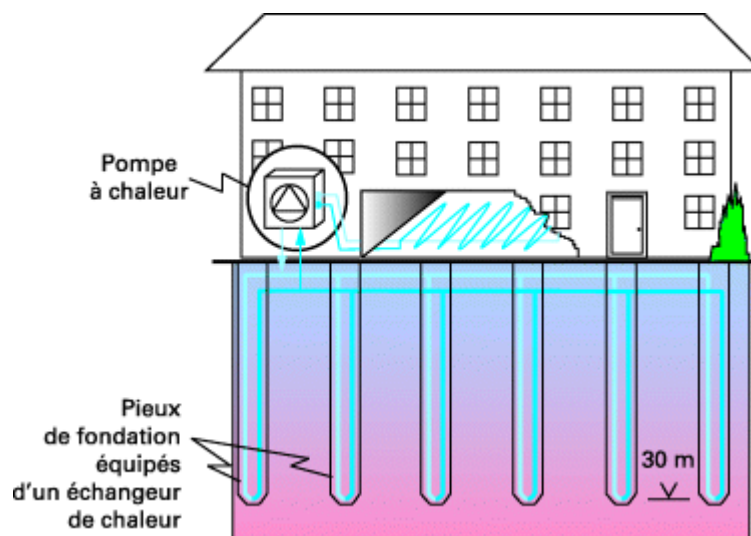


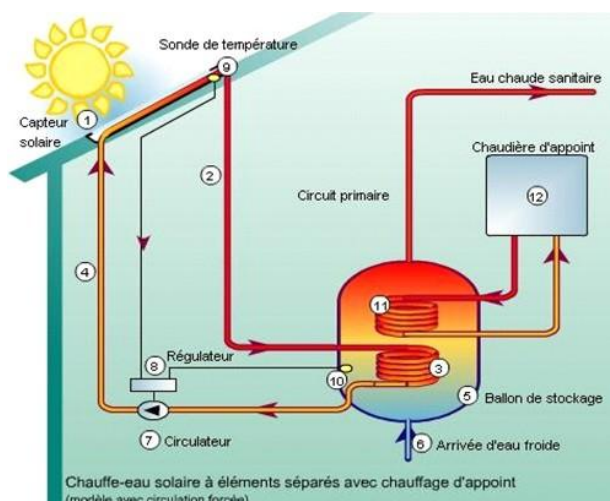
Figure 35: Fondation géothermique

Source : <http://geologia.e-monsite.com/>

2.1.2. L'Utilisation du solaire thermique

Différentes technologies existent mais la plus répandue est celle utilisant les capteurs plans. Les panneaux produisent de l'eau chaude qui circule grâce à un fluide caloporteur (eau glycolée) dans le réseau de chauffage ou pour la production d'eau chaude sanitaire.

En très large majorité le solaire thermique est utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire, car la production pour le chauffage induit une perte sensible de rentabilité due à l'inadéquation entre les plus larges portions d'ensoleillement l'été correspond aux besoins les plus faibles en chauffage. Cette inadéquation implique dès lors un surdimensionnement trop conséquent de l'installation (ou la mise en place d'un complément d'appoint à énergie traditionnelle) pour couvrir les besoins hivernaux.



Source : ADEME



2.1.3. L'Utilisation du solaire photovoltaïque

Les grandes surfaces de toiture des bâtiments à vocation logistique et industrielle sont généralement très adaptées à la valorisation du solaire photovoltaïque. Le photovoltaïque peut être valorisé pour la compensation des consommations d'énergie des bâtiments du site, à vocation tertiaire par exemple.

A noter que la rentabilité économique des installations est fortement remise en question par les derniers tarifs de rachats, qui sont en baisse depuis quelques années.

Installés en toiture, des panneaux solaires photovoltaïques captent la lumière du soleil. Sous l'effet de la lumière, le silicium, un matériau conducteur contenu dans chaque cellule, libère des électrons pour créer un courant électrique continu. Un onduleur transforme alors ce courant en courant alternatif compatible avec le réseau de distribution collectif. Tout ou partie de la production peut être réinjectée dans ce réseau, EDF ayant obligation de rachat de cette électricité à des tarifs de rachat définis par arrêté et variables en fonction du type d'intégration. Une partie de l'électricité produite peut également être autoconsommée directement par les bâtiments de la ZAC, ou pour l'éclairage des parties communes par exemple. On parle alors d'autoconsommation.

Précisons ici que les toitures seront a priori planes, ce qui est plutôt favorable.



Figure 36 : Toiture d'un entrepôt logistique recouvert de panneaux photovoltaïques

Source : actu-environnement



3. DEVELOPPEMENT DES SCENARIOS PERTINENTS

3.1. Scénario de base : équipement en géothermie sur pieux pour la production de chaud / froid

3.1.1. Principe de base

Ce scénario correspond à l'équipement de l'ensemble des logements de l'opération par des systèmes de géothermie sur pieux. Cette solution admet qu'en général il est possible d'extraire 65 à 80 kWh/m/an. En intégrant trente pieux à 2m de profondeur on obtient alors un potentiel de production de chaleur / rafraîchissement de 1950 MWh/an. Ce qui permettra de couvrir l'ensemble des besoins énergétiques en chaleur + froid. Compte-tenu de la très grande surface des bâtiments il sera assez aisé de couvrir l'ensemble des besoins en chaud des bâtiments (bureaux + entrepôt).

Certains points de vigilance et mesures préventives sont cependant à considérer pour une utilisation pérenne des fondations thermoactives.

Des risques liés à l'exploitation thermique des terrains

Une trop grande extraction de chaleur peut conduire au gel des terrains et donc à une perte de portance des pieux de fondation. Les risques sont plus graves pour les dalles thermoactives qui peuvent se soulever ou s'affaisser.

A l'inverse, une recharge thermique trop élevée des fondations thermoactives, lié à un refroidissement trop important du bâtiment, peut conduire à une élévation progressive de la température du sol.

Dans les deux cas, les effets sur les eaux souterraines peuvent être plutôt néfastes : modification des constantes d'équilibre des substances minérales, diminution ou augmentation de l'activité des germes anaérobies.

Des risques liés aux travaux de construction

Ces risques sont les mêmes que ceux identifiés pour la mise en œuvre d'ouvrages de profondeur, à savoir : un effet de barrière à l'écoulement des eaux souterraines liée à la construction de sous-sols en zone saturée (figure ci-dessous) ou la mauvaise qualité de l'eau d'un aquifère souillé par d'éventuels produits chimiques.

Principe de l'effet de barrage hydraulique

Des risques liés aux fuites de fluide caloporteur circulant dans le circuit de captage

Une fuite peut se produire lors du remplissage du circuit de captage ou lors de glissements de terrain.

Pour limiter les conséquences de ce risque de fuite, il est recommandé d'utiliser, comme fluide caloporteur, de l'eau complétée éventuellement d'un antigel de qualité "alimentaire".



Des mesures préventives

La prévention des éventuels impacts sur le milieu environnant passe par plusieurs mesures.

Ainsi, en phase de conception, il est indispensable de bien prendre en compte la nature hydrogéologique du terrain, non seulement pour le dimensionnement du système mais aussi pour éviter les effets de barrière des eaux souterraines ou de mise en relation de deux aquifères situés à des profondeurs différentes.

Un contrôle de la géologie du terrain durant l'exécution des fondations est aussi très recommandé afin de vérifier le système a priori. Ce premier niveau de vérification permet de réadapter le projet avant de causer tout dommage irréversible au terrain.

Enfin, la maintenance des fondations thermoactives ne doit pas être négligée. Leur contrôle régulier est à effectuer avec une vérification de l'étanchéité des circuits de captage et purges de ces circuits si nécessaire.

Toutes ces précautions conditionnent la viabilité d'un projet de construction de fondations thermoactives et doivent donc être suivies scrupuleusement.

Au final et dans des conditions de fonctionnement satisfaisantes, il est admis que cette solution permettra de couvrir une partie des 1953 MW/an nécessaire aux besoins de chauffage + rafraîchissement des bâtiments

Ce scénario permettrait d'approcher une production d'énergie annuelle de 1 950 000 kWh.

L'ensemble de l'installation sera toutefois à dimensionner plus précisément grâce à une étude détaillée

3.1.2. Evaluation économique

L'investissement pour une pompe à chaleur géothermie s'élève à 300 €/kW environ. Pour le forage de capteurs verticaux, l'investissement s'élève à 50 à 90 € par mètre foré. Ces valeurs sont cependant très variables en fonction des caractéristiques des sols.

3.2. Scénario de base : l'équipement solaire thermique

3.2.1. Principe de base

Ce scénario correspond à un taux d'équipement sur la ZAC de Mogneville d'une partie des besoins en eau chaude Sanitaire.

Le solaire thermique permet de générer des calories pour l'eau chaude sanitaire ou intégrer des systèmes de rafraîchissement par l'intermédiaire de capteurs. Ces systèmes captent environ 50% de l'énergie incidente : au nord de la France, 20% des besoins en chauffage et 50% des besoins en eau chaude sont susceptibles d'être réalisés par le solaire thermique. Cette source d'énergie peut fournir entre 400 et 500 kWh/an par m² de capteur (source : ADEME).



L'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires sont importantes : l'ADEME recommande une inclinaison comprise entre 30° et 60° et une orientation sud avec un écart de plus ou moins 20°. Les panneaux thermiques sont principalement utilisés pour la production de chaleur pour l'eau chaude sanitaire. La surface des panneaux est déterminée de manière à couvrir la moitié de la demande en eau chaude sanitaire, pour éviter la surchauffe des capteurs thermiques.

La superficie des capteurs solaires sera déterminée en fonction du climat et du nombre d'utilisateurs.

Bien entendu, plus les besoins en eau chaude sont importants, plus la surface de capteurs doit être grande.

Le tableau ci-dessous prend pour base de calcul une consommation journalière par personne de 50 à 60 litres d'eau chaude à 45 °C et une couverture des besoins par le solaire comprise entre 50 et 70 %. Le reste des besoins devra être couvert par un système d'appoint.

Équipements utiles en fonction du nombre d'occupants :

Nombre d'occupants	1 ou 2	3 ou 4	5 ou 6	7 ou 8
Volume du ballon solaire (pour un chauffe-eau solaire sans appoint)	100 à 150 l	100 à 250 l	250 à 350 l	350 à 500 l
Volume total du ballon (pour un chauffe-eau solaire avec appoint)	100 à 250 l	250 à 400 l	400 à 550 l	550 à 650 l
Zones climatiques	Surface des capteurs			
Zone 1	2 à 3	3 à 3,5	4 à 7	5 à 7

En partant sur un besoin de 372 MW/an pour l'eau chaude sanitaire. Il est possible de prévoir la mise en place d'environ 400 m² de capteurs solaires.

Cette surface permettra d'approcher une production d'énergie annuelle équivalente comprise 160 000 kWh et kWh, soit près de la moitié des besoins en ECS de l'installation

Cette solution, dans l'hypothèse d'une installation optimale dans l'inclinaison et l'orientation, permettrait de couvrir près de 3 % des besoins énergétiques totaux de la ZAC de Mogneville.



3.2.2. Calcul du temps de retour sur investissement

L'investissement pour une installation solaire thermique se doit d'être approfondie par une étude spécifique, notamment pour un dimensionnement adapté. Toutefois cette technologie est particulièrement éprouvée et le retour sur investissement est très rapide.

3.3. Scénario de base : équipement en solaire photovoltaïque

3.3.1. Principe de base

Ce scénario prévoit l'équipement de l'ensemble des toitures favorables de panneaux solaires pour la production d'électricité.

Les modules photovoltaïques sont installés sur un pan de toiture exposé, et sont « intégrés » à la structure d'un bâtiment neuf. La rémunération de ce type de système se fait :

- par les quotas qui permettent de vendre des « certificats-verts » ou des « garantie d'origine » aux organisations qui en ont besoin,
- par le rachat de l'électricité. Depuis l'arrêté du 4 mars 2011, le tarif d'achat change chaque trimestre en fonction notamment du nombre de demande de raccordement au réseau. Ces tarifs étant supérieurs aux prix de marché, les opérateurs soumis à l'obligation d'achat sont dédommagés du surcoût par une surtaxe appliquée à tous les kWh facturés.

Ces systèmes ne sont pas en soi « rentables » au niveau de la collectivité si l'on ne tient compte que des coûts financiers, l'électricité produite étant plus chère que celle produite par les autres systèmes de production électrique (y compris renouvelables), en raison des coûts élevés d'investissements dus au prix des modules photovoltaïques. Toutefois les baisses récentes des coûts en matière et d'installation permettent d'abaisser le seuil de rentabilité de ces systèmes.

A noter que les tarifs de rachat de l'électricité photovoltaïque dépendent de la puissance installée et chaque installation fait l'objet d'une négociation ou d'un appel d'offre.

En règle générale, une surface 25 à 35 m² de panneaux (équivalent à 3 kWc), est installée sur les habitations à destination de logement individuel. Attention ces données chiffrées restent très théoriques et ne prennent pas en compte l'inclinaison des toitures, leur orientation ni la présence éventuelle de masque, ...

En considérant une surface de toiture de 74 400 m² c'est ainsi potentiellement 7 440 kWc qui est potentiellement mobilisable. Evidemment il n'est pas concevable de couvrir l'intégralité des surfaces de toitures de panneaux. Mais en partant sur un ratio d'1/3 soit 25 000 m² on obtient une puissance installable de 2500 kWc

En restant sur la base de 2 500 kWc installée pour les bâtiments nous obtenons, à nos latitudes, selon Calsol, un productible annuel de 2 150 MWh (sur la base de 860 kWh / kWc.an). Ce qui, dans cette hypothèse permettrait de couvrir près de la moitié des besoins en électricité (éclairage + auxiliaire). De plus, les panneaux permettraient d'alimenter les bornes de recharge des véhicules électriques (réduction du problème éventuelle du stockage de l'électricité).



3.3.2. Calcul du temps de retour sur investissement

L'installation des panneaux solaires photovoltaïques constitue un investissement important. Pour aider à améliorer le rendement énergétique de votre habitation, le gouvernement propose plusieurs types d'aides à commencer par un crédit d'impôt pour les panneaux solaires photovoltaïques assez conséquent de 30 % dans une limite de 8000 euros pour une personne seule et 16000 euros pour un couple. De plus, l'Etat prélèvera moins de taxes afin de réduire l'investissement de départ des ménages pour ce type d'installation en abaissant la TVA à 5 %.

Les tarifs de rachats à fin novembre 2015 sont les suivants :

tarifs de vente du 1 / 10 / 15 au 31 /12 / 15	Puissance (kWc)	Tarifs (c€/kWh)
Intégration au bâti (IAB)	0-9	25,39
Intégration simplifiée au bâti (ISB)	0-36	14,41
	36-100	13,68
Non intégré au bâti ou IAB/ISB > 100 kWc	< 12000	6,12

Le productible attendu d'une installation de 3kWc à Mogneville est de 2 580 kWh / an.

Détails des coûts d'installation des panneaux

La pose de plus de 25000 m² de panneaux engendre un montant particulièrement important. Toutefois compte-tenu des phénomènes d'échelle, la négociation sur le prix des matières premières des économies de plusieurs centaines de milliers d'euros sont possibles.

Précisons en outre que le retour sur investissement se situe en moins de 10 ans.

Depuis l'entrée en vigueur de la loi de Finances le 1er janvier 2014, la pose de panneaux solaires photovoltaïques n'est désormais plus éligible aux avantages fiscaux offerts par le crédit d'impôt développement durable (CIDD)



4. CONCLUSIONS

Considérant la typologie de la ZAC de Mogneville (exclusivement composée de bâtiments logistiques), et l'application de la RT 2012, il apparaît que la mise en application de technologies d'énergies renouvelables, apporte des gains considérables en terme d'économie tant en terme d'électricité que d'énergies.

Il n'existe pas de solution unique et il apparaît que la robustesse du scénario réside dans le mix énergétique proposé qui permet de combiner la production de chaleur, d'eau chaude et d'électricité via des installations indépendantes ce qui renforce les capacités de production.

Dans tous les cas cette étude prospective nécessite d'être approfondie par des analyses spécifiques et doivent s'adapter aux contraintes constructives des terrains et du porteur de projet (non connues à ce stade). L'objectif est toutefois ici de sensibiliser et de démontrer que les solutions existent et peuvent être mise en œuvre.



CHAPITRE VI : ANNEXES



1. LES PRINCIPAUX LABELS EXISTANTS POUR LES CONSTRUCTIONS

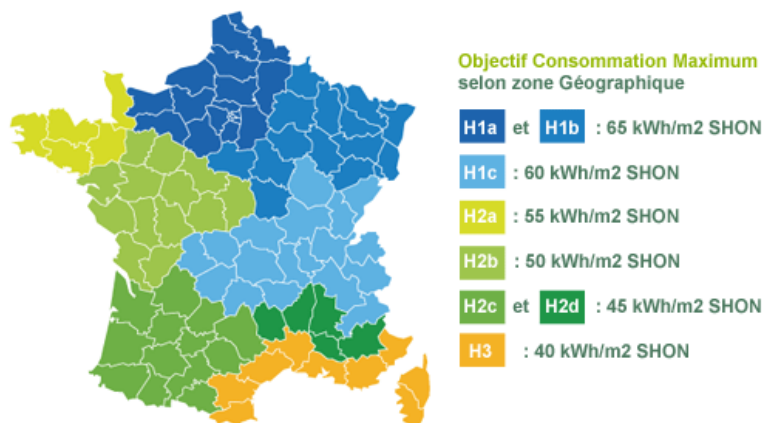
Dans le cadre d'une analyse des potentiels énergétiques, il est indispensable de bien identifier les sources et les facteurs de consommations d'énergie du bâti. Dans le cadre de la ZAC de Mogneville, seule la consommation de bâtiments neufs sera identifiée puisqu'aucune réhabilitation n'est prévue.



1.1. Bâtiment Basse consommation

Un Bâtiment Basse Consommation, selon la RT 2005, est un bâtiment dont la consommation énergétique nécessaire à son chauffage, son refroidissement, son éclairage et sa production d'eau chaude sanitaire est inférieure à 80% à la consommation réglementaire préconisée par la RT 2005.

En parallèle à la généralisation de l'appellation BBC, cette exigence énergétique a donné naissance à une norme, Bâtiment Basse Consommation (BBC 2005), créée par l'arrêté du 3 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique » et s'inspire notamment de la démarche suisse « Minergie ».



La norme fixe (pour les logements neufs) une exigence énergétique de 50 kWh_{ep}/(m²de surf planché/an)² à laquelle on lui ajoute un coefficient de rigueur climatique fonction de la zone climatique et de l'altitude. Pour les bâtiments tertiaires, la consommation de référence doit être calculée au cas par cas. Cette exigence est corrigée par un coefficient de « *rigueur climatique* », fonction de la zone climatique de la RT 2005.

Le département du Pas-de-Calais possède un objectif de consommation maximum établi à 65 kWh/m² Surf planché (car nous sommes en zone H1a).

² kWh_{ep} : kWh d'énergie primaire, telle que définie par la RT 2005



1.2. L'habitat passif

Un habitat est dit passif lorsque sa consommation énergétique rapportée à sa surface est très basse, cette consommation énergétique est compensée grâce aux apports solaires mais aussi grâce aux calories dépensées par les objets et les habitants de la maison. Ce concept est né au cours des années 1970, mais il s'est véritablement développé au cours des années 1990.

Ce type d'habitat s'est dans un premier temps développé en Allemagne, en Suisse. En France, le bâtiment passif en est à ses balbutiements, les performances de ce standard devrait, suite au Grenelle de l'environnement s'inscrire dans la future réglementation thermique RT 2020, mais le label Haute Performance Energétique s'en est inspiré, sans toutefois correspondre au standard passif Allemand ou Suisse.

La construction passive représente un investissement financier non négligeable, mais elle vise essentiellement à réduire les coûts de fonctionnement de la construction (les consommations énergétiques notamment). Trois critères définissent la maison passive :

- Un besoin en énergie de chauffage inférieur à 15 kWh/an/m² ;
- Une étanchéité à l'air correspondant à n50 < 0,6 h⁻¹ ;
- Une consommation totale d'énergie primaire de la maison inférieure à 120 kWh/an/m².

Le besoin en énergie finale ne doit pas dépasser 50 kWh/m²/an.

Afin de respecter l'ensemble de ces exigences, une attention particulière est accordée à l'isolation thermique de la construction, elle doit envelopper tout le bâtiment afin de limiter les ponts thermiques. La continuité de l'étanchéité à l'air doit également être soigneusement étudiée dès le stade de la conception. Un système de ventilation à double-flux avec récupération de chaleur installé dans une construction passive permet de gérer les flux d'air dans le bâtiment et de chauffer ou rafraîchir l'air intérieur. Pour valoriser le potentiel fourni par le soleil en hiver, au printemps et en automne, il est nécessaire de capter sa chaleur, la stocker et la restituer. L'énergie solaire est captée par les parties vitrées de la maison avant d'être stockée au cœur même de l'habitat par des matériaux à forte inertie.



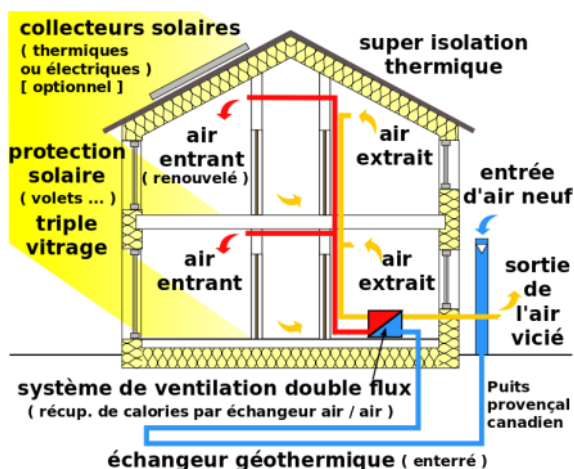
Il existe plusieurs labels dont les principaux sont énumérés ci-dessous :

1.3. Passivhaus



Le Passivhaus est un label allemand de performance énergétique dans les bâtiments.

Il est accordé aux logements neufs dont les besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²/an. La consommation totale, calculée en énergie primaire, prenant en compte le chauffage, la ventilation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires et les équipements électro-domestiques, doit être inférieure à 120 kWh/m²/an.



Il met également l'accent sur l'étanchéité à l'air du bâtiment ($n_{50} \leq 0,6$ vol/h). Cette étanchéité est en effet indispensable pour assurer un bon fonctionnement du système mécanique de ventilation (VMC), et ainsi pouvoir utiliser une ventilation double-flux avec récupération de chaleur.

En France, c'est l'association *La Maison Passive France* qui se charge de certifier les maisons passives répondant aux critères cités ci-dessus.

- **Minergie**



Minergie est une association suisse dont le but est de diminuer la consommation d'énergie d'un bâtiment en utilisant l'énergie de façon rationnelle et d'avoir recours aux énergies renouvelables.

Le label s'appuie sur les normes de constructions en vigueur et exige des valeurs limites de consommation d'énergie plus strictes.

Pour obtenir le certificat Minergie, un choix est à faire parmi cinq solutions standard imposées et acceptées pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire et se conformer à quelques conditions supplémentaires s'impose. Les cinq solutions standards sont:

- Pompe à chaleur avec sonde géothermique pour le chauffage et l'eau chaude (toute l'année) ;
- Chauffage au bois pour le chauffage et l'eau chaude en hiver, collecteurs solaires thermiques pour l'eau chaude en été ;
- Chauffage au bois automatique pour le chauffage et l'eau chaude (toute l'année), par exemple chauffage à pellets ;



- Utilisation des rejets thermiques (industrie, installations d'incinération des déchets et stations d'épuration des eaux) pour le chauffage et l'eau chaude (toute l'année comme source séparée) ;
- Pompe à chaleur air-eau (air extérieur) pour le chauffage et l'eau chaude (toute l'année).

1.4. La Réglementation Thermique 2012.



La Réglementation Thermique 2012 (RT2012) a pour objectif, de limiter les consommations énergétiques des bâtiments neufs qu'ils soient pour de l'habitation (résidentiel) ou pour tout autre usage (tertiaire). Cette réglementation est la suite logique du processus enclenché par la RT 2005. L'objectif de cette Réglementation Thermique est défini par la loi sur la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement. Cet objectif reprend le niveau de performance énergétique défini par le label BBC-Effinergie.

La réglementation thermique en vigueur sera, par conséquent, renforcée afin que toutes les constructions neuves présentent, en moyenne, une consommation d'énergie primaire (avant transformation et transport) inférieure à 50 kWh/m²/an contre 150 kWh/m²/an environ avec la RT2005.

– **Ce qui ne change pas par rapport à la RT 2005:**

Les exigences à respecter seront de deux types : des exigences de performances globales (consommation d'énergie et confort d'été) et des exigences minimales de moyens.

La RT 2012 s'articule toujours autour de cinq usages énergétiques : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...).

– **Ce qui change par rapport à la RT 2005 :**

Les **exigences de performance énergétique globales** seront uniquement exprimées en valeur absolue de consommation pour plus de clarté : niveau moyen très performant exigé, à 50 kWh/m²/an (et non plus en valeur relative par rapport à une consommation de référence recalculée en fonction du projet).

L'introduction d'une exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel. Cette exigence prendra en compte l'isolation thermique et permettra de promouvoir la **conception bioclimatique** d'un bâtiment



La suppression des exigences minimales n'ayant plus lieu d'être dans le nouveau cadre technique fixé

L'introduction de **nouvelles exigences minimales** traduisant des volontés publiques fortes : obligation de recours aux énergies renouvelables, obligation de traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur), obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

Ces changements et les exigences plus élevées qu'imposera la réglementation thermique 2012 de manière générale contribueront à l'atteinte des objectifs du Grenelle de l'environnement.



Figure 37: Les différentes dates d'entrée en application de la RT 2012

Remarque : c'est en s'appuyant sur cette norme que l'ensemble des dépenses énergétiques de la ZAC de Mogneville sont calculés car c'est à minima celle que l'ensemble des bâtiments devront respecter.



2. LES BATIMENTS A ENERGIE POSITIVE

Un bâtiment à énergie positive (parfois abrégé en « BEPOS ») est un bâtiment qui produit plus d'énergie (électricité, chaleur) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement. Cette différence de consommation est généralement considérée sur une période lissée d'un an. Si la période est très courte, on parle plutôt de bâtiment autonome (par exemple pour les maisons des dernières tranches de l'écoquartier EVA-Lanxmeer aux Pays-Bas qui ne sont « excédentaires » que neuf mois par an – l'électricité étant encore difficilement stockable sur plusieurs mois à l'échelle d'un quartier).

C'est généralement un bâtiment passif très performant et fortement équipé en moyens de production d'énergie par rapport à ses besoins en énergie. Les toits, murs, voire les fenêtres ou d'autres éléments (verrières de véranda ou balcons, murs d'enceinte, toiture de garage ou appentis, fondations, etc.) peuvent être mis à profit pour accumuler et restituer de la chaleur ou produire de l'électricité. Le caractère excédentaire en énergie (« positif ») est permis par des principes constructifs et bioclimatiques, mais aussi par le comportement des usagers (gestion efficiente des usages, des consommations de l'électroménager et de l'informatique, de la mobilité...). La quantité d'énergie produite sur le toit, murs, ombrières... doit au moins compenser la somme des consommations énergétiques moyennes annuelles sous le toit.

Selon l'ADEME (juin 2012), le retour d'expérience disponible pour une centaine de réalisations à énergie positive en France (65 % dans le tertiaire ; 29 % en maisons individuelles et 6 % en logements collectifs) construits à 55 % dans la moitié nord de la France), montre que la consommation de ces bâtiments est d'environ 50 kWh/m²/an (niveau équivalent à celui des bâtiments BBC (basse consommation classique), mais ces performances peuvent encore progresser et l'objectif 2020 de 3X20 est possible selon l'ADEME, notamment par la généralisation des Leds et d'un éclairage asservi à la détection de présence et des besoins.



ix Les principes de constructions

La conception d'un habitat à énergie positive reprend généralement les grands principes de la maison passive, en y ajoutant des éléments de productions d'énergie :

1. Isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité ;
2. Suppression des ponts thermiques et isolation par l'extérieur ;
3. Excellente étanchéité à l'air ;
4. Forte limitation des déperditions thermiques par renouvellement d'air via une ventilation double flux avec récupération de chaleur sur air vicié ;
5. Captation optimale de l'énergie solaire de manière passive ;
6. Protections solaires et dispositifs de rafraîchissement passifs ;
7. Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers ;
8. Équipement en moyens de captage ou production d'énergie (capteur photovoltaïque, capteur solaire thermique, aérogénérateur, pompe à chaleur sur nappe, freecooling par plancher rayonnant, rafraîchissement adiabatique, sondes géothermiques verticales, etc.)
9. Récupération et utilisation optimales des eaux pluviales.
10. Épuration naturelle par lagunage

L'énergie excédentaire peut être fournie aux bâtiments voisins, mais est généralement injectée sur des réseaux électriques ou de chaleur, privés ou publics.

ix Les immeubles à énergie positive

Le premier immeuble de logement à énergie positive de France, a été construit à Lyon dans l'écoquartier Lyon Confluence. En 2011, différents architectes proposent des solutions d'habitations (Architecteurs, Arteco...) et de bureaux (Architecteurs, Armoes, Natekko...) à énergie positive en France.

Les méthodes de construction passive et à énergie positive sont bien en place en Allemagne et Europe du Nord, mais les projets d'immeubles à énergie positive à vocation tertiaire sont encore rares et à développer. L'usage de l'énergie excédentaire pourrait aussi être optimisé et directement partagé avec les voisins plutôt que reversé dans le réseau général (notamment pour la chaleur, les réseaux de chaleur n'étant pas conçus pour recevoir de petites quantités de chaleur). Le concours « *Solar Decathlon* » lancé en 2007 par l'Energy Department des USA de maisons passives à énergie solaire imposait par exemple que la maison soit auto-alimentée en énergie, mais aussi qu'elle surproduise assez d'électricité pour alimenter les batteries d'un véhicule assez puissant pour assumer les déplacements quotidiens de ses habitants. Le défi a été relevé par une vingtaine d'équipes universitaires avec constructions faites sur les campus, transportées et exposées sous la forme d'un « village solaire », du 12 au 20 octobre 2007 à Washington DC. Une maison américaine hydrolyse de l'eau et stocke l'hydrogène produit pour alimenter une chaudière et/ou un véhicule.



En France, malgré un retard certain par rapport à ses voisins suisses ou du nord, on peut déjà citer :

- Le Siège social du Groupe JF Cesbron à Saint Sylvain d'Anjou (49), d'une surface de 2 900 m². Il est notamment équipé de 401 m² de panneaux photovoltaïques en toiture, en verrière et en façade sud, d'une ventilation double-flux avec ventilation nocturne et de deux pompes à chaleur thermodynamiques équipées de ventilateurs basse consommation. Sa consommation énergétique est inférieure aux exigences de la Réglementation Thermique 2012 avec 34 kWh m²/an, contre 50 kWh m²/an pour atteindre le niveau BBC (Bâtiment de Basse Consommation). Sa consommation totale est de 38 000 kWh/an contre une production de 47 000 kWh/an. La construction a suivi une démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) : respect des qualités naturelles du site pour l'insertion paysagère, maintien de la continuité des écosystèmes (arbres, haies et ruisseau préservés), par le choix des matériaux (structure béton pour une inertie thermique optimale et du bois pour habiller certaines façades). Le bâtiment est ouvert aux visites ;
- le nouveau bâtiment de l'Institut national de l'énergie solaire (INES) – Atelier Michel Rémon Architecte associé avec Frédéric Nicolas architecte en construction (2009) dans la technopole de Chambéry ; il intègre des « brise-soleil motorisés en façade Ouest, qui accompagneront le rythme du soleil, comme des tournesols ». Son chauffage bénéficie de 300 m² de capteurs solaires thermiques et d'une chaudière à bois. 400 m² de panneaux photovoltaïques produiront son électricité ;
- le Green Office (23 300 m² en *bioclimatique* fait par Bouygues Immobilier) à Meudon (92) présenté comme le « 1^{er} bâtiment tertiaire de grande ampleur à énergie positive en France », doté de 4 000 m² de panneaux photovoltaïques et d'une chaudière à cogénération biomasse ;
- le projet SOLARIS à Clamart, réalisé par SERCIB France, où environ 4 000 m² de panneaux photovoltaïques et 115 sondes géothermiques alimenteront 31 000 m² de bureaux ;
- en matière de HLM, des logements sociaux à énergie positive (1 435 m² en 17 appartements familiaux, 4 pièces pour la plupart, sur 6 niveaux à construire rue Guénol (Paris 11^e) ont été commandés pour 2011 par la Régie Immobilière de la Ville de Paris (RIVP) à l'agence Baudouin et Bergeron. Le toit sera intégralement source d'énergie (chaleur, électricité, lumière zénithale). Coût : 3.335.000 d'euros HT ;
- les nouveaux bâtiments de l'INPI à Courbevoie, créée par l'agence Natekko, remarquable pour son mélange de colombages et de verre ;
- la Halle Pajol, Paris 18^e, création d'un écoquartier, et de la plus grande centrale solaire de centre-ville de France ;
- les bâtiments du MIBI (Montpellier International Business Incubator) à Montpellier, avec plus de 700 m² de panneaux solaires photovoltaïques, une pompe à chaleur, une isolation renforcée, de larges entrées de lumière naturelle, et produisant chaque année 70 000 kWh ;
- l'immeuble de bureaux "Bonne Energie" dans l'écoquartier de Bonne à Grenoble.
- le groupe scolaire Malbosc à Montpellier.
- l'opération Villavenir+Atlantique de la Fédération Française du Bâtiment, à Nantes.



- l'Ecopôle de Reims, construit par Sanef à Ormes (Marne) pour accueillir les services d'exploitation de sa direction du réseau Est. Il bénéficie d'un chauffage par géothermie, d'une isolation renforcée, d'une ventilation double flux. 800 m² de panneaux photovoltaïques sont installés sur le toit, et produisent 240 000 kWh par an. Il est entouré d'un site paysager de 8 hectares comprenant un marais de récupération des eaux pluviales et une épuration par lagunage naturel.

À noter le projet Abalone Énergie, bâtiment tertiaire autonome à énergie positive qui vient de voir le jour à Saint-Herblain, près de Nantes. Le groupe Abalone, spécialiste des ressources humaines, vient de construire son siège social, visitable et reproductible par tous. C'est à ce jour le premier bâtiment autonome à énergie positive et sans rejet de gaz à effet de serre, à vocation de ne pas être raccordé au réseau électrique national, ceci grâce à son « propre » réseau énergétique, véritable bouquet d'innovations : trois éoliennes de quinze mètres, trois éoliennes de toit de trois mètres, solaire thermique et photovoltaïque, puits canadien, hydrogène, pile à combustible. L'originalité et l'innovation du projet seront l'utilisation de l'hydrogène et d'une pile à combustible afin de produire et de stocker de l'énergie en temps voulu pour être autonome à 100 % du réseau électrique national.

Pour la France, le plus ancien des projets significatifs est situé en Mayenne et abrite le siège de la société Isore Bâtiment. Il s'agit d'un bâtiment tertiaire à énergie positive qui a vu le jour en septembre 2007 avec le soutien financier de l'ADEME et de la Région Pays de la Loire. Il combine toutes les techniques connues et éprouvées : isolation épaisse par l'extérieur (200 mm en couches croisées) des parois verticales, isolation périmétrique, isolation renforcée du toit, puits canadien, système de régulation thermique pointée et production d'électricité photovoltaïque. En fonctionnement depuis trois ans, les résultats montrent que la production est conforme au niveau prévu, mais qu'en revanche la consommation est plus élevée du fait principalement des mois d'hiver où la température intérieure de confort prévue à 20 °C est trop faible pour le travail sédentaire dans des bureaux. Il apparaît donc que les études doivent être réalisées avec une température de confort de 22 °C en hiver. En définitive, le bâtiment consomme aujourd'hui 26 000 kWh par an et produit 23 000 kWh par an. Le futur siège de l'INPI, à Courbevoie, présente une originalité supplémentaire, il est en bois, à façades de verre et colombages apparents, et équipé d'un atrium végétalisé.



ix Prospective, Recherche et développement ;

- Un GIE « Enjeu énergie positive » vise à favoriser la « *diminution de la consommation énergétique des futurs immeubles et d'augmenter leur capacité à produire de l'énergie au moyen d'énergies renouvelables* » ;
- Un pôle novateur scientifique et de recherche, à vocation internationale, a été initié par l'École des Ponts ParisTech, le CSTB et Eparmarne du Ministère de l'Écologie (dans la cité Descartes à Champs-sur-Marne), dans le cadre du Pôle Ville de l'Université Paris-Est. Le laboratoire de ce pôle « *Descartes +* » sera ouvert à environ dix autres laboratoires et organismes spécialisés. Un *bâtiment capable de surproduire de l'énergie*, commandé par l'école nationale des ponts et chaussées est prévu. Son cahier des charges imposait une surproduction de 10 % d'énergie au moins. L'architecte annonce 30 % de surproduction d'énergie pour ce bâtiment qui devrait être fini début 2012. Sur 100 ans, cette « surproduction » devrait compenser l'énergie grise consommée par la production des matériaux et la construction du bâtiment selon Julien Haase ;
- Un autre enjeu, notamment identifié par Jeremy Rifkin avec son concept de 3ème révolution industrielle, est d'associer une domotique poussée à un réseau *Smart grid* (il parle d'un « *Internet de l'énergie* » pour orienter le surplus d'électricité produite vers le besoin le plus proche afin d'éviter les pertes en lignes ou liées au stockage/déstockage). Des véhicules électriques peuvent aussi servir de stockage tampon du surplus d'électricité produite. Vers 2010 apparaissent des outils logiciels et modèles 3D permettant d'idéalement positionner les panneaux solaires dans les villes, également utile pour prévoir l'ensoleillement de terrasses végétalisées, ainsi un « *cadastre solaire* » sera disponible pour tous les Parisiens en 2012
- Un des défis du XXIe siècle, et pour une construction durable, sera d'adapter au bâti ancien une partie des progrès permis par l'approche "à énergie positive", tout en la croisant à une approche "à biodiversité positive".