

RAPPORT

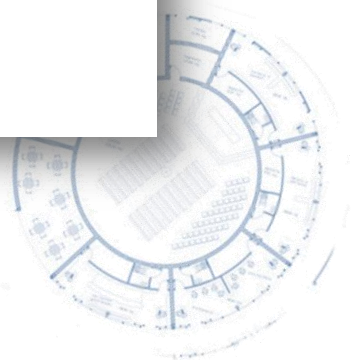
Etude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables

article L. 300-1 du Code de l'urbanisme

PARC D'ACTIVITES – LONG BUISSON III Communes d'Evreux, Angerville la Campagne et Guichainville

VREUX PORTES DE NORMANDIE Etude d'Impact : Quarante deux

février 2018
Version 1





Etude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables

PARC D'ACTIVITES – LONG BUISSON III
février 2018

Etude d'Impact : Quarante deux

Nom du document : 2018-02-06- Rapport ENR-EVREUX.docx

Date de création du document : mardi 6 février 2018

Auteur : fanny

<i>Date</i>	<i>Version</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Validation</i>
06/02/2017	V1	F. PERRIER	



SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	3
LEXIQUE.....	5
I. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE.....	6
II. INTRODUCTION.....	9
II.1. CONTEXTE DU PROJET	9
II.2. PRINCIPE ET MÉTHODE DE L'ÉTUDE	9
III. POLITIQUES PUBLIQUES LIÉES À L'ÉNERGIE	11
III.1. PROCESSUS DE LUTTE CONTRE LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE.....	11
III.2. ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE EN FRANCE.....	12
III.3. AUDIT ÉNERGETIQUE OBLIGATOIRE EN ENTREPRISE	15
III.4. OBLIGATION DE PRODUCTION D'ÉNERGIE RENOUVELABLE ET/OU UN SYSTÈME DE VÉGÉTALISATION EN TOITURE DES CENTRES COMMERCIAUX.....	15
III.5. CONTEXTE ÉNERGETIQUE RÉGIONAL	16
III.6. LE CONTEXTE TERRITORIAL ET COMMUNAL	19
IV. PRÉSENTATION DE L'OPÉRATION	21
IV.1. LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE	21
IV.2. PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE.....	22
IV.3. TOPOGRAPHIE.....	23
IV.4. VÉGÉTATION ET BATI EXISTANT	23
IV.5. SCHEMA D'AMÉNAGEMENT ÉTUDIÉ ET PROGRAMMATION	25
V. PHASE 1 : SOURCES D'ÉNERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES SUR LE SITE	26
V.1. ÉNERGIES FOSSILES.....	26
V.2. ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE RÉCUPÉRATION	27
V.3. POTENTIEL DE LA ZONE D'ÉTUDE VIS-À-VIS DES ÉNERGIES RENOUVELABLES	30
V.4. SYNTHÈSE DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LA ZONE.....	59
V.5. SYNTHÈSE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ÉNERGIES MOBILISABLES	60
VI. PHASE 2 : DÉTERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DU QUARTIER	61
VI.1. USAGES ÉNERGETIQUES ATTENDUS	61
VI.2. ESTIMATION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES BATIMENTS EN FIN D'OPÉRATION.....	63
VII. PHASE 3 : TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS DE LA ZONE PAR LES ENR	66
VII.1. PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ PAR MICRO-ÉOLIENNES	66
VII.2. PRODUCTION DE CHALEUR ET/OU D'ÉLECTRICITÉ PAR ÉNERGIE SOLAIRE	66
VII.3. PRODUCTION DE CHALEUR PAR BOIS ÉNERGIE	67
VII.4. SYNTHÈSE.....	68
VII.5. EXEMPLES D'INTÉGRATION D'ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR UN PARC D'ACTIVITÉS	69
VIII. PHASE 4 : ÉTUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES	70
VIII.1. PRÉSENTATION DES SCÉNARIOS.....	70
VIII.2. COMPARAISON DES CONSOMMATIONS EN ÉNERGIE FINALE.....	71
VIII.3. COMPARAISON DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	72
VIII.4. APPROCHE ÉCONOMIQUE	73
VIII.5. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES SCÉNARIOS D'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE	81

IX.	PHASE 5 : ETUDE D'OPPORTUNITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTE PAR LES ENR	82
IX.1.	NOTION DE DENSITE ENERGETIQUE POUR UN RESEAU DE CHALEUR	83
IX.2.	ETUDE D'OPPORTUNITE	84
X.	PRECONISATIONS POUR LE DEVELOPPEMENT D'ENERGIES RENOUVELABLES EN ZONE D'ACTIVITES ET OPTIMISATION ENERGETIQUES D'UNE ZONE D'ACTIVITES	87
X.1.	PRECONISATIONS EN FAVEUR DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	87
X.2.	PRECONISATIONS LIEES A LA MAITRISE DE L'ENERGIE	91
X.3.	POUR ALLER PLUS LOIN : PRECONISATIONS LIEES AUX ECONOMIES D'ENERGIES PROCESS	91
X.4.	ECOLOGIE INDUSTRIELLE	92
X.5.	QUELQUES EXEMPLES.....	96
XI.	PROSPECTIVE : PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES.....	99
XI.1.	PRINCIPE DE LA COMPENSATION CARBONE	99
XII.	L'ECLAIRAGE PUBLIC.....	102
XII.1.	ROLES DE L'ECLAIRAGE PUBLIC	102
XII.2.	ENJEUX POUR UN PROJET D'AMENAGEMENT.....	102
XII.3.	QUELQUES PRECONISATIONS	104
XII.4.	CONSOMMATION ENERGETIQUE ATTENDUE POUR L'ECLAIRAGE PUBLIC	107
XIII.	1^{ERE} APPROCHE : LES TRANSPORTS ET L'ENERGIE GRISES DES MATERIAUX.....	108
XIII.1.	LES TRANSPORTS.....	108
XIII.2.	ENERGIE GRISE DES MATERIAUX	111
	ANNEXES 1 : FICHES TECHNIQUES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES	112
	FICHE ENERGIE SOLAIRE GENERALITES.....	112
	FICHE ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE	116
	FICHE POMPES A CHALEUR	117
	FICHE ENERGIE EOLIENNE.....	119
	FICHE GEOTHERMIE	122
	FICHE : RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES	126
	FICHE REGLEMENTATION POUR L'INSTALLATION D'UNE PETITE CENTRALE HYDROELECTRIQUE.....	128
	FICHE BOIS ENERGIE : SOLUTIONS COLLECTIVES	129
	FICHE RESEAUX DE CHALEUR.....	134
	FICHE FOURNISSEURS D'ELECTRICITE VERTE	136
	ANNEXE 2 : REGLEMENTATION THERMIQUE 2012	137
	ANNEXE 3 : EMISSIONS DE CO₂	141
	ANNEXE 4 : ECLAIRAGE PUBLIC	142
	ANNEXE 5 : EXEMPLES D'OPTIMISATION ENERGETIQUES :	145
	ANNEXE 6 : HYPOTHESES RELATIVES AUX EMISSIONS POLLUANTES DES TRANSPORTS	149

LEXIQUE

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AMO	Assistance à maîtrise d'ouvrage
BBC	Bâtiment Basse Consommation (label de la RT 2005)
Bbio	Besoins bioclimatique (indicateur de la RT 2012)
BE	Bureau d'étude
BEPOS	Bâtiment à Energie Positive (qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme)
Cep	Consommation d'énergie primaire (indicateur de la RT 2012 en kWh/m² de SHON RT/an)
CET	Chauffe-eau Thermodynamique
COP	Coefficient de Performance
DPE	Diagnostic de performance énergétique
ECS	Eau chaude sanitaire
EIE	Espace Info Energie
Energie finale	Energie utilisable après les opérations d'extraction, de production, de transport etc.
Energie primaire	Energie disponible avant exploitation ou transformation
ENERPRIX	Outil développé par ICO, qui calcule l'évolution du prix de trois énergies en France : électricité, fioul domestique, gaz naturel.
ENR	Energies Nouvelles et Renouvelables ou ENergies Renouvelables
GES	Gaz à effet de serre
HPE	Haute Performance Energétique (label de la RT 2005)
HQE	Haute Qualité Environnementale
kWc	KiloWatt crête : indique la puissance de pointe atteinte par un panneau solaire photovoltaïque exposé à un rayonnement solaire maximal
kWh _{ep}	kiloWatt.heure d'énergie primaire
MIG	Maison Individuelle groupée
PAC	Pompe à Chaleur
Passif	Bâtiment très faiblement consommateur d'énergie
Passivhaus	référentiel de construction passive (besoins Chauffage < 15 kWh/m²/an)
PHPP	Logiciel de calcul thermique relatif au référentiel Passivhaus allemand
RCU	Réseau de chaleur Urbain
RT	Réglementation Thermique
RT 2005	Réglementation thermique précédente
RT 2012	Réglementation thermique en vigueur
SDP	Surface De Plancher
SHAB	Surface habitable
SHON	Surface hors œuvre nette
SHON RT	SHON considérée dans la réglementation thermique
STD	Simulation thermique dynamique
Teq CO ₂	Tonne équivalent CO ₂
THPE	Très Haute Performance Energétique (label de la RT 2005)

I. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

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

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

Energie	Potentiel du terrain	Conditions de mobilisation
Petit éolien	+	Etude précise des vents à réaliser en phase réalisation et après la construction des bâtiments
Grand éolien	-	Impossible à moins de 500 m d'une zone d'habitation, + servitude aérienne
Solaire	+++	Orientation Sud des bâtiments et conception bioclimatique Réaliser un modèle 3D pour évaluer précisément l'ensoleillement et notamment les ombres portées des bâtiments et de la végétation
Apports passifs	+++	Conception bioclimatique (maximiser les apports solaires en hiver, s'en protéger en été)
Solaire thermique	++	Panneaux solaires thermiques en toiture et/ou brises-soleil (étude approfondie à réaliser). Besoins d'eau chaude importants. Orientation sud des toitures ou toits terrasses
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité technico-économique et les possibilités de positionnement (en toiture, en brise-soleil, en ombrière de parking, sur des candélabres, ...) Orientation Sud des toitures ou toits terrasses
Géothermie	+	La réalisation d'un forage test et d'une étude de faisabilité est indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.
Récupération d'énergie sur les eaux usées		
En pied de bâtiment	++	-Bâtiment de taille significative + évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes
STEP	-	-Valorisation possible
Biogaz	-	Pas d'installation de production à proximité
Hydraulique (électricité)	-	Cours d'eau non exploitable
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale en cours de structuration
Récupération d'énergie	++	Potentiel à confirmer en fonction des activités installées sur le PA
Réseau de chaleur Evreux	++	Potentiel à confirmer par une étude de faisabilité

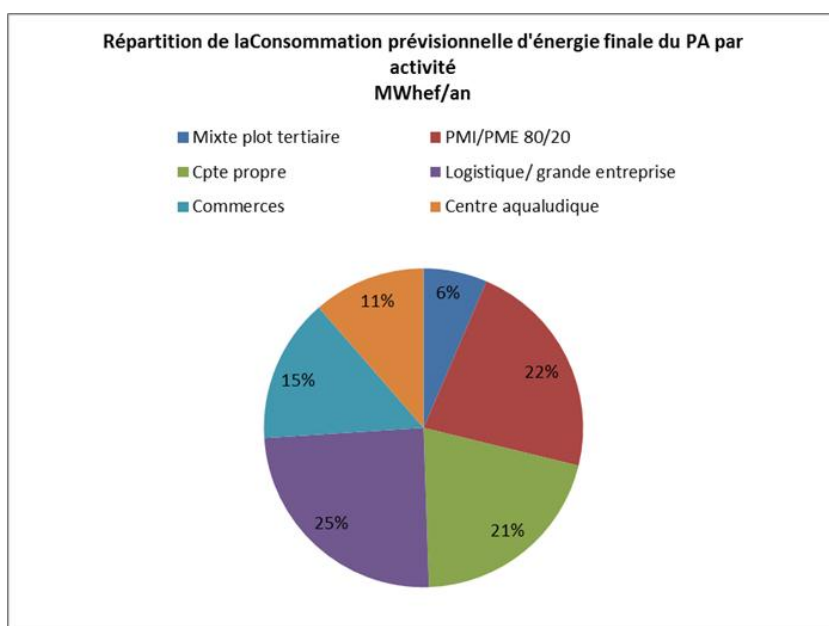
Figure 1 : Synthèse du potentiel du site vis-à-vis des énergies renouvelables

L'énergie solaire passive et active, l'énergie bois, la récupération d'énergie sur les eaux usées ou sur les process et le réseau de chaleur de la ville présentent un potentiel de développement.

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

Typologie des bâtiments	Tranche 1		SDP moyenne estimée (m²)	SDP totale PA(m²)
	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments estimé		
Mixte plot tertiaire	3,0	5	2 515	12 600
PMI/PME 80/20	8,3	9	2 899	26 100
Cpte propre	8,3	10	2 398	24 000
Logistique/ grande entreprise	10,0	4	9 472	37 900
Centre aqualudique	2,3	1	9 850	9 850
Commerces	10,2	3	9 442	28 350
Total	41,9	0	9 850	138 800

Les besoins en énergie du PA ont été évalués à environ **23 250 MWh/an**



Le taux de couverture des besoins en énergie par type d'énergie renouvelable a été estimé :

	Taux de couverture moyen des besoins par les énergies renouvelables		
Energie	Chaleur	Elec.	Total
Besoins	10 300	12 950	23 250
Solaire thermique	16 200	0	157%
Solaire photovoltaïque	0	6 200	0%
Bois granulés	10 300	0	100%
Bois plaquette	8 250	0	80%

L'impact du recours aux énergies renouvelables a été étudié à travers des scénarios d'approvisionnement en énergie. Les tableaux suivant proposent une synthèse qualitative des résultats obtenus :

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés.

Scénario étudié	Critère	Consommation en Energie finale maîtrisée	Impact sur l'effet de serre	Impact économique
S0 : Référence- gaz + électricité				
S1: Gaz + Solaire thermique 50%+ électricité				
S2: Gaz + électricité -- 25% PV				
S3: Bois + électricité				

Figure 2 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critères environnementaux et économiques-

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

Pour limiter les impacts, le scénario d'approvisionnement en énergie doit être adapté à l'usage et au bilan énergétique du bâtiment.

Le recours aux énergies renouvelables permettrait de réduire certains besoins énergétiques mais surtout les émissions de gaz à effet de serre. De plus, le recours aux énergies renouvelables, produites localement, permet de sécuriser l'approvisionnement et de mieux maîtriser le coût.

Le recours au solaire passif (bioclimatisme), au solaire actif (production de chaleur ou d'électricité), à la biomasse sont donc des solutions à privilégier.

L'étude d'opportunité de création de réseau de chaleur montre que plusieurs configurations de réseau de chaleur seraient pertinentes, notamment le raccordement du centre aqueduc, mais devront être confirmés lorsque les entreprises accueillies sur la zone seront connues. Le choix d'un réseau de chaleur vertueux, alimenté à plus de 50% par des énergies renouvelables est avantageux d'un point de vue économique et environnemental.

La mise en place d'une démarche d'écologie industrielle présente un intérêt économique et environnemental.

Le tableau suivant présente la synthèse des impacts estimés pour les 3 grands types de consommations énergétique :

	Consommation énergétique annuelle estimée MWh/an	Emissions de CO ₂ t/an
Bâtiments	16 900 à 23 400	1 300 à 3 040
Transport de personnes		350
Eclairage	21 à 56	3,8 à 10

Figure 3: Synthèse des impacts estimés d'un point de vue énergétique et effet de serre

II. INTRODUCTION

II.1. CONTEXTE DU PROJET

Evreux Portes de Normandie envisage le développement d'une opération d'aménagement à vocation économique dominante sur un site d'environ 60 hectares situé sur les communes d'Evreux, Guichainville et Angerville la Campagne. Cette opération devrait permettre la création d'une offre foncière nouvelle, tout en limitant les prélèvements fonciers, et en les contraignant à l'intérieur de la ceinture formée par la RN154 et la déviation sud-ouest d'Evreux. Elle assurera une complémentarité avec les espaces économiques existants situés à proximité.

II.2. PRINCIPE ET METHODE DE L'ETUDE

La première loi issue du Grenelle de l'Environnement adoptée par l'Assemblée Nationale le 29 juillet 2009 définit 13 domaines d'action visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Parmi ces domaines d'action, le recours aux énergies renouvelables est particulièrement mis en avant. L'article 8 de la Loi Grenelle 1 modifie notamment l'**article L128-4 du Code de l'Urbanisme** en précisant que :

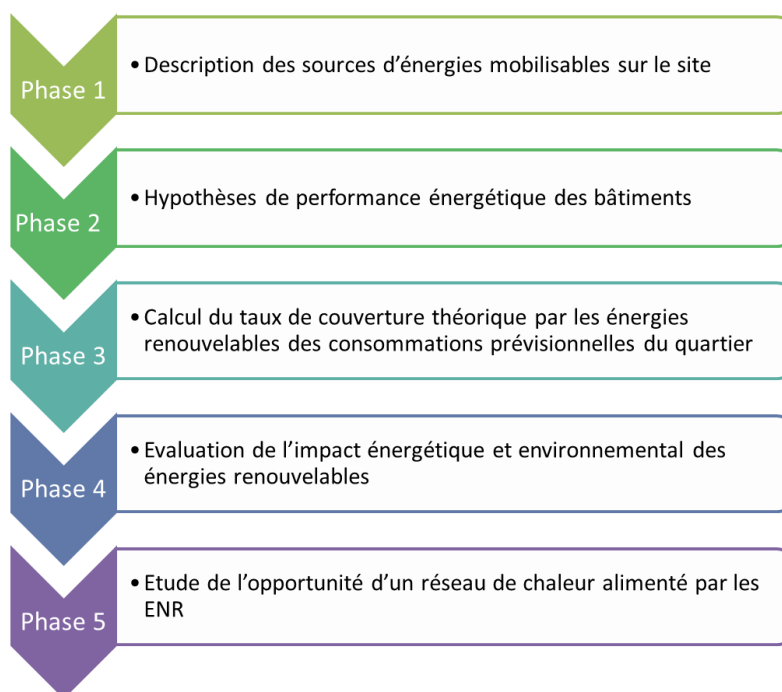
« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement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

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

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

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

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



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

III. POLITIQUES PUBLIQUES LIEES A L'ENERGIE

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

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

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

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

III.1.PROCESSUS DE LUTTE CONTRE LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

III.1.1. PROCESSUS INTERNATIONAL

Le **Protocole de Kyoto**, ratifié en 1997 est en vigueur depuis 2005. Il arrive à échéance en 2012. Il avait pour objectif de stabiliser les émissions de CO₂ au niveau de celles de 1990 à l'horizon 2010.

En décembre 2009 s'est tenue la **Conférence internationale de Copenhague** : 15^{ème} conférence annuelle des représentants des pays ayant ratifié la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique et 5^{ème} rencontre des États parties au protocole de Kyoto, elle devait être l'occasion de renégocier un accord international sur le climat prenant la suite du protocole de Kyoto. Elle a été considérée comme un échec partiel par beaucoup, car, bien qu'ayant abouti à une déclaration politique commune, elle n'a pas défini de cadre contraignant.

En 2015, la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques s'est tenue à **Paris**. Cette conférence marque une **étape décisive** dans la négociation du futur accord international qui entrera en vigueur en 2020.

Elle a aboutie, le **12 décembre 2015**, à un accord historique et universel pour le climat, approuvé à l'unanimité par les 196 délégations (195 États + l'Union Européenne), dont la signature est prévue le **22 Avril 2016**. L'Accord de Paris se fixe de maintenir l'augmentation de la température mondiale bien en **dessous de 2 degrés**, et, pour la première fois, de **tendre vers un maximum de 1,5 degré** afin de permettre la sauvegarde des États insulaires (les plus menacés par la montée des eaux), en prévoyant une clause de révision des engagements.

III.1.2. PROCESSUS EUROPEEN ET NATIONAL

Dans le cadre des accords de Kyoto, la communauté européenne a fixé l'objectif communautaire: **"3 X 20 en 2020"** :

- réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2020 par rapport à 1990 ;
- 20 % d'énergies renouvelables en Union Européenne en 2020 ;
- baisse de 20 % de la consommation d'énergie par rapport aux projections pour 2020.

Parallèlement, la **France s'est engagée à tenir le Facteur 4 : diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050**.

De plus, le Grenelle de l'Environnement a accéléré l'évolution des réglementations au niveau français, notamment celle de la réglementation thermique des bâtiments neufs et existants.

Le projet de **loi sur la transition énergétique**, en seconde lecture à l'Assemblée en Mai 2015, a été **adopté le 26 Mai**. De grands objectifs en matière énergétique ont été adoptés : **réduction de 50% de la part du nucléaire** dans la

production totale d'électricité à l'horizon 2025, **réduction de 50% la consommation énergétique finale** entre 2012 et 2050, une **baisse de 40% des émissions de gaz à effet de serre** sur la période 1990-2030, ou encore **augmentation de la part d'énergies renouvelables à 32%** dans la consommation d'ici à 15 ans.

III.1.3. PROCESSUS LOCAUX

Des processus locaux sont également à l'œuvre. De plus en plus de territoires engagent des Plans Climat Energie Territoriaux (PCET).

La région Bretagne a arrêté son Schéma Régional Climat Air Energie le 04 Novembre 2013. Le schéma de la Bretagne couvre la période 2013 - 2018. Il s'appuie sur deux scénarios : l'un, dit de référence, qui transpose au niveau régional des mesures issues du Grenelle de l'Environnement, et l'autre, dit scénario volontariste, qui se veut plus ambitieux. En se basant sur ces scénarios, le SRCAE de la Bretagne évalue un potentiel de réduction d'émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020 de 8 % dans le scénario de référence et de 17 % dans le scénario volontariste. La réduction des consommations d'énergie visée par le SRCAE est de 12 % pour le scénario de référence et de 26 % pour le scénario volontariste en 2020. Enfin, un ensemble d'objectifs est également fixé pour toutes les énergies renouvelables.

Enfin, certaines collectivités territoriales s'engagent de manière plus prononcée, en signant notamment la **Convention des Maires**. Il s'agit d'un engagement à **dépasser les objectifs de l'Union Européenne d'ici 2020**, à savoir réduire de 20% les émissions de CO₂ sur leurs territoires, **par une meilleure efficacité énergétique et l'utilisation et la production d'une énergie moins polluante.**



III.2. EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN FRANCE

Le Grenelle de l'environnement a accéléré l'évolution des réglementations thermiques.

La RT 2012 est en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2013.



Le niveau de performance énergétique des futurs bâtiments et la place des énergies renouvelables dans une opération d'aménagement sont fortement impactés par cette évolution.

Le niveau de performance énergétique de référence de la RT 2012 correspond, pour simplifier, au niveau du label BBC de la RT 2005. L'objectif annoncé étant d'atteindre le niveau de performance de bâtiments passifs et à énergie positive à horizon 2020. Cette évolution est rappelée sur le schéma ci-dessous :

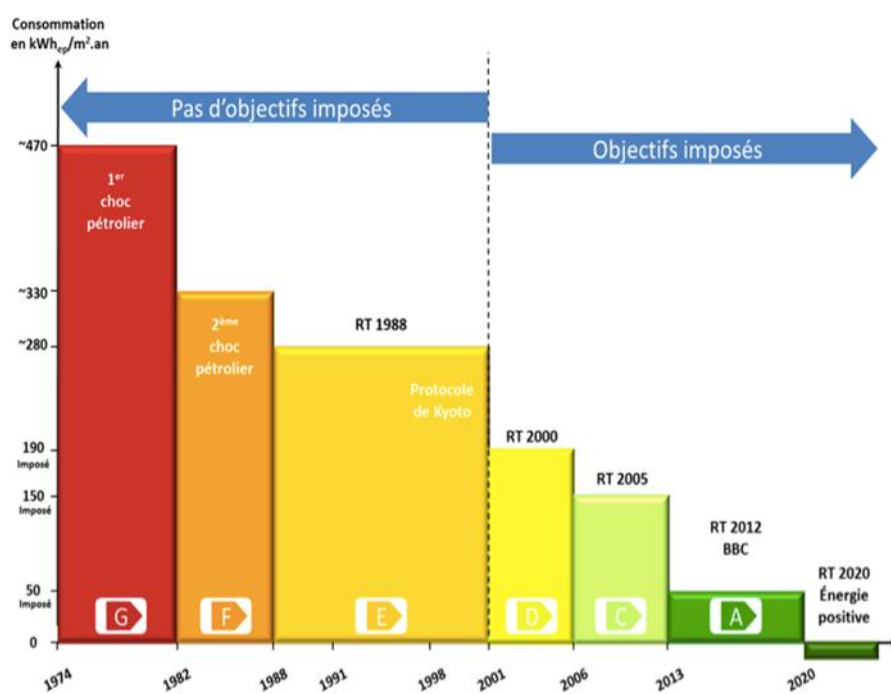


Figure 4: Evolution des performances exigées par les réglementations thermiques

Les exigences de performance sont les suivantes :

- **Efficacité énergétique minimale du bâti** (bioclimatisme, isolation, éclairage naturel)
- **Performance énergétique globale** (niveau maximum de consommation à ne pas dépasser)
- **Confort d'été (température maximale à ne pas dépasser)**
- **Exigences minimales** traduisant des volontés publiques fortes et notamment:
 - **obligation de recours aux énergies renouvelables** pour les maisons individuelles et accolées
 - obligation de traitement des ponts thermiques
 - obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

Par ailleurs, la **justification des performances énergétiques est également introduite dans la RT 2012** sous la forme d'attestations à fournir au dépôt de permis de construire et à l'achèvement des travaux.

A l'horizon 2018, la loi relative à la Transition Énergétique pour la Croissance Verte fixe l'objectif d'une réglementation environnementale ambitieuse pour les bâtiments neufs avec la prise en compte du poids carbone tout au long du cycle de vie, et à l'horizon 2020, la généralisation des bâtiments à énergie positive.

Le label E+C- préfigure de la future réglementation, Il est composé conjointement d'un niveau Énergie (évalué par l'indicateur « bilan BEPOS ») et d'un niveau Carbone (évalué par l'indicateur « Carbone »).

Cas particulier des bâtiments d'activité

La réglementation thermique ne s'applique pas :

- aux bâtiments et parties de bâtiment dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12 °C ;
- aux bâtiments ou parties de bâtiment destinés à rester ouverts sur l'extérieur en fonctionnement habituel ;
- aux bâtiments ou parties de bâtiment qui, en raison de contraintes spécifiques liées à leur usage, doivent garantir des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air, et nécessitant de ce fait des règles particulières ;
- aux bâtiments ou parties de bâtiment chauffés ou refroidis pour un usage dédié à un procédé industriel

De ce fait, certaines parties (ateliers, chaîne de production...) des bâtiments du futur Parc d'Activités ne seront pas soumis à cette réglementation.

III.3.AUDIT ENERGETIQUE OBLIGATOIRE EN ENTREPRISE

Le principe de l'audit énergétique obligatoire prévu par la directive européenne 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique, a été fixé par la loi n° 2013-619 du 16 juillet 2013.

La législation prévoit que le premier audit ou une certification de système de management de l'énergie doivent être établis au plus tard le 5 décembre 2015. L'audit doit ensuite être renouvelé tous les 4 ans.

Une période transitoire pour la transmission des justificatifs a néanmoins été instaurée : considérant les risques pour la qualité des audits et systèmes de management de l'énergie, l'essentiel est que les entreprises aient engagé dans les faits les audits énergétiques et systèmes de management de l'énergie avant le 5 décembre 2015.

Les entreprises engagées dans un audit énergétique au 5 décembre 2015 pourront transmettre leurs justificatifs d'ici le 30 juin 2016.

Les entreprises engagées dans un système de management de l'énergie et qui ont atteint au 5 décembre 2015 le stade de la revue énergétique (mesure relative au 4.4.3.a de la norme ISO 50001) pourront transmettre leur certificat ISO 50001 d'ici le 30 juin 2016.

Une entreprise est concernée par l'obligation de réaliser un audit énergétique si elle respecte l'une des conditions suivantes :

- Elle emploie plus de 250 salariés,
- Elle effectue un chiffre d'affaires hors taxe annuel de plus de 50 millions d'euros ou un total de bilan de plus de 43 millions d'euros.

Les entreprises certifiées ISO 50001 (système de management de l'énergie certifié) sont exemptées de cette obligation.

L'audit énergétique, réalisé par un auditeur interne ou externe, consiste en une analyse méthodique des flux et des consommations énergétiques d'un site, d'un bâtiment ou d'un organisme. L'objectif est de permettre aux entreprises d'identifier les domaines ou secteurs dans lesquels des économies d'énergie sont possibles et de proposer des solutions d'amélioration.

III.4.OBLIGATION DE PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE ET/OU UN SYSTEME DE VEGETALISATION EN TOITURE DES CENTRES COMMERCIAUX.

L'article 86 de la Loi Biodiversité parue au Journal Officiel le 8 août 2016 impose à partir du **1er mars 2017** la production d'énergie renouvelable et/ou un système de végétalisation en toiture des **centres commerciaux**.

Cette obligation vise la création, l'extension, la réouverture après 3 ans d'un magasin de commerce de détail d'une surface de vente **supérieure à 1000m²**.

Une Surface de vente s'entend par un espace dédié à la présentation des produits, la circulation des clients et aux achats. C'est donc toute la surface du commerce sauf réserve et locaux techniques.

Article 86 de la Loi Biodiversité :

I. – L'article L. 111-19 du code de l'urbanisme est complété par trois alinéas ainsi rédigés :

« Pour les projets mentionnés à l'article L. 752-1 du code de commerce (création, extension, réouverture après 3 ans d'un magasin de commerce de détail d'une surface de vente supérieure à 1000m²) est autorisée la construction de nouveaux bâtiments uniquement s'ils intègrent :

« 1° Sur tout ou partie de leurs toitures, et de façon non exclusive, soit des procédés de production d'énergies renouvelables, soit un système de végétalisation basé sur un mode cultural garantissant un haut degré d'efficacité thermique et d'isolation et favorisant la préservation et la reconquête de la biodiversité, soit d'autres dispositifs aboutissant au même résultat ;

« 2° Sur les aires de stationnement, des revêtements de surface, des aménagements hydrauliques ou des dispositifs végétalisés favorisant la perméabilité et l'infiltration des eaux pluviales ou leur évaporation et préservant les fonctions écologiques des sols. »

II. – Le présent article s'applique aux permis de construire dont la demande a été déposée à compter du 1er mars 2017.

III.5.CONTEXTE ENERGETIQUE REGIONAL

L'Observatoire Régional Énergie Climat Air de Normandie (ORECAN), publie les données énergie du territoire.

Les données aujourd'hui disponible sont issues d'études faites avant le redécoupage régional, les anciennes appellations ont donc été maintenues car ces données ne concernent qu'une partie de la nouvelle région formée par la fusion de la Basse-Normandie avec la Haute-Normandie le 1er janvier 2016.

La Haute-Normandie émet 5,6 % des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES) et consomme 3,9 % de la consommation d'énergie totale française. Ces chiffres sont à comparer au poids démographique et économique de la région : 2,9% de la population métropolitaine y vit et le PIB régional représente 2,6% du PIB national.

L'intensité énergétique, les émissions de GES et de polluants de la région sont particulièrement importantes comparées à la moyenne nationale, et ceci en raison de sa structure économique : l'industrie (dont l'énergie /raffinerie) y est très présente et représente à elle seule plus de la moitié de la consommation d'énergie.

En 2005, la consommation d'énergie en Haute-Normandie s'élève à 105 TWh_{ef} d'énergie finale :

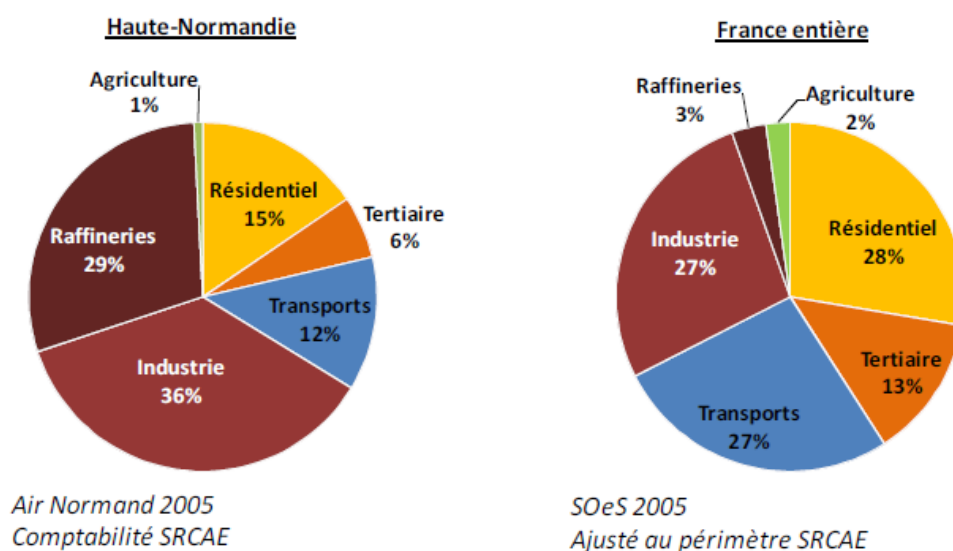


Figure 5: Consommation d'énergie finale de Haute Normandie par secteur (Source SRCAE)

L'industrie manufacturière (hors raffinerie) est le premier secteur de consommation régional (36%). De plus, en 2005, les trois raffineries de la région représentaient 29% des consommations d'énergie finale. Les consommations des bâtiments résidentiels et tertiaires (22,3TWh_{ef} - 21%) arrivent en 3^{ème} position, puis les transports (13,1 TWh_{ef} - 12%).

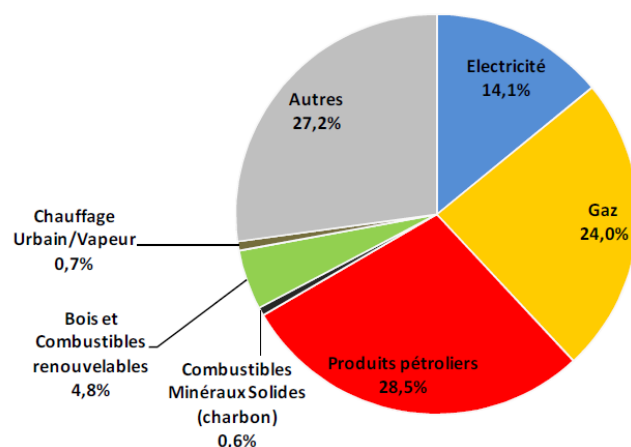


Figure 6: Type d'énergie finale consommée en 2005 (périmètre SRCAE)

La première source d'énergie est représentée par les produits pétroliers.

Les énergies renouvelables représentent **4,8 %** de l'énergie consommée

En 2005, la Haute-Normandie est la 3^{ème} région française de production d'électricité avec 61,4 TWh_{ef}, soit 11,1% de la production nationale. Seuls 26% de l'électricité produite dans la région y sont consommés.

La Haute-Normandie concentre 9% de la capacité installée de production électrique en France. Ce parc comprend les centrales nucléaires de Paluel et de Penly, mais aussi un important parc de production thermique à combustible fossile qui représente 25% de la capacité de production régionale, soit près de 2870 MW. La capacité importante du parc de production a conduit au développement d'un réseau de transport d'électricité conséquent, au regard de la superficie de la région.

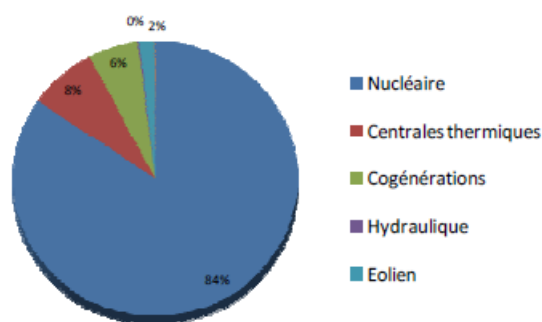


Figure 7: Production d'électricité par filière en haute Normandie (Source SRCAE)

La principale production d'énergie renouvelable de la région est la biomasse (bois principalement) qui produirait en 2013 respectivement 96 % de la chaleur renouvelable et 28% de l'électricité renouvelable. L'éolien devrait représenter 55% de la production régionale d'électricité renouvelable en 2013.

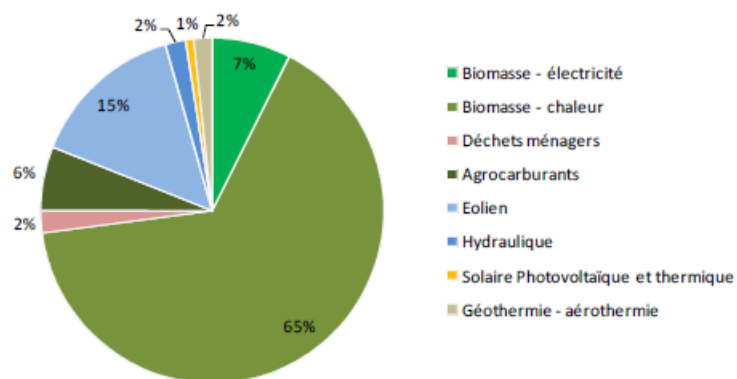


Figure 8: Répartition de la production d'énergie renouvelable par filière en 2009 (Source SRCAE)

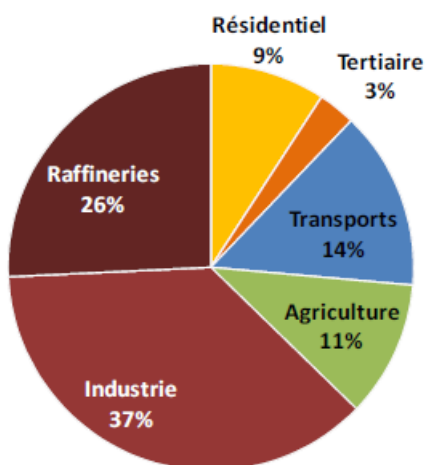


Figure 9: Répartition des émissions par secteur en 2005 - périmètre SRCAE)

Le premier secteur régional émetteur de gaz à effet de serre en Haute-Normandie est l'industrie (manufacturière et raffinage du pétrole) avec 63% des émissions, du fait de l'importance de ce secteur en région.

L'importance de l'industrie manufacturière et des raffineries a pour effet de placer la région Haute-Normandie comme 1ere région émettrice de GES en France, et 2nde en termes d'émissions de GES ramenées au PIB.

III.6.LE CONTEXTE TERRITORIAL ET COMMUNAL

III.6.1. CONTEXTE TERRITORIAL EVREUX PORTES DE NORMANDIE

EPN est une nouvelle collectivité depuis le 1^{er} janvier 2017 composée de l'ex Grand Evreux Agglomération (GEA) (37 communes) et de l'ex Communauté de Communes des Portes Normandes (CCPN) (25 communes).

- L'EPN est doté de document d'orientation Energie :
 - PCET : Le GEA et Ville Evreux ont engagé en 2012 l'élaboration de son Plan Climat Energie Territorial, en 2014. Le programme d'actions a été proposé sans être adopté.
 - PCAET : Elaboration à venir du plan Climat Air Energie Territorial sur le nouveau périmètre EPN
- Le GEA et la Ville Evreux ont missionné un bureau d'étude (EXPLICIT) pour réaliser des études Energies
 - des études de vulnérabilité aux impacts du changement climatiques
 - Schéma Directeur des ENR GEA
 - Rapport prospectives sur l'évolution des consommations d'énergie et des émissions de GES (horizons 2020-2030-2050)
- La nouvelle collectivité a recruté directement un Conseillé en Energie Partagé CEP depuis janvier 2017.

• Bâtiments

Les communes bénéficiant de la mission CEP ont engagé des travaux de rénovation sur leur patrimoine communal dont certaines sont dans la démarche bâtiment à énergie positive

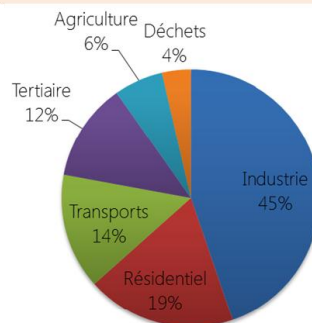
• Eclairage public

Beaucoup de communes du territoire de l'agglomération procède à l'extinction des candélabres la nuit et son labellisées au titre de ANPCEN (Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement)

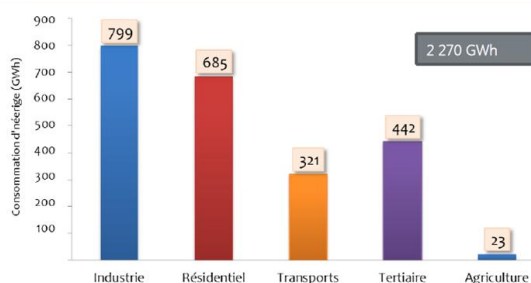
• Principaux lieux d'installation ENR du territoire

- Réseau de chaleur sur les quartiers de La Madeleine, Nétreville à Evreux
- Chaufferies bois hors réseau de chaleur sur le CHI Eure Seine ; base militaire Evreux
- Géothermie sur le CHS sur le quartier de Navarre à Evreux
- Méthanisation Boues de la Station d'Épuration de l'agglomération à Gravigny
- Installations de photovoltaïques intégrées au bâti sur les communes de l'ex-GEA représente une puissance totale d'environ 584 kWc (Kilowatt-crête)

Emission de gaz à effet de serre directes du GEA par secteur en 2013
Source Explicit



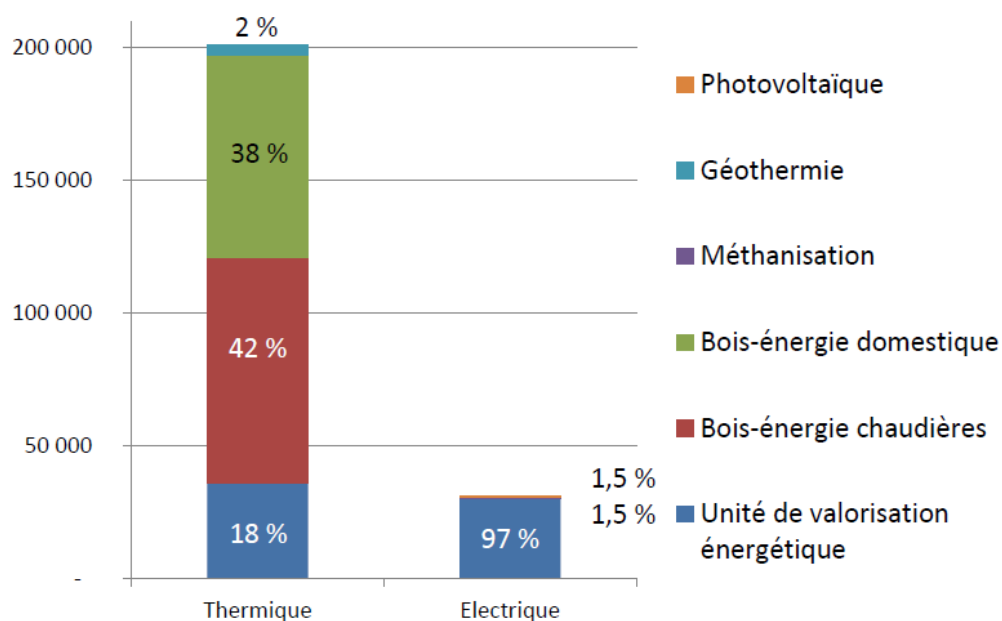
Consommation d'énergie finale du GEA par secteur en 2013
Source Explicit



III.6.2. SYNTHESE DES PRODUCTIONS ANNUELLES D'ENR SUR LE TERRITOIRE

GEA :

Figure 4 : Les productions annuelles d'énergie primaire du territoire (en MWh), les pourcentages correspondent à la part des énergies dans le sous-total respectivement thermique ou électrique.



Le bois est l'énergie renouvelable dont la production est la plus importante sur le territoire, suivi de l'unité de valorisation énergétique de la station d'épuration.

IV. PRESENTATION DE L'OPERATION

IV.1. LOCALISATION DU SITE D'ETUDE

Evreux est une commune située à l'Est du département de l'Eure :



Figure 10 : Localisation du secteur d'étude (Source : Etude de faisabilité pour l'aménagement de la zone d'activités)

IV.2. PERIMETRE D'ETUDE

La figure suivante présente le périmètre d'étude :



Figure 11 : Périmètre d'étude (Source : Quarante Deux)

IV.3. TOPOGRAPHIE

La figure suivante, décrit le relief du site :



Figure 12: Relief du périmètre d'étude (Source : topographic-map.com)

Le relief est peu marqué et donc favorable pour l'optimisation des apports solaires. Il faudra cependant prendre en compte les ombres portées des haies et bâtiment créés.

IV.4. VEGETATION ET BATI EXISTANT

La figure suivant décrit le paysage et le bâti existant :



Figure 13: Vue aérienne du site (Source: Géoportail)

Le site est constitué de tissu agricole, il ne présente pas de contrainte particulière pour l'optimisation des apports solaires (végétation ou bâtiments existants).

Le site est bordé de zones d'activités de part et d'autre, il pourrait être intéressant de développer une démarche d'Ecologie Industrielle.

IV.5. SCHEMA D'AMENAGEMENT ETUDIE ET PROGRAMMATION

Le projet a pour vocation l'accueil d'entreprises ayant des activités commerciales, des activités de type logistique ou grande surface commerciale, un centre aqualudique, des PMI/PME tertiaire ou artisanales.

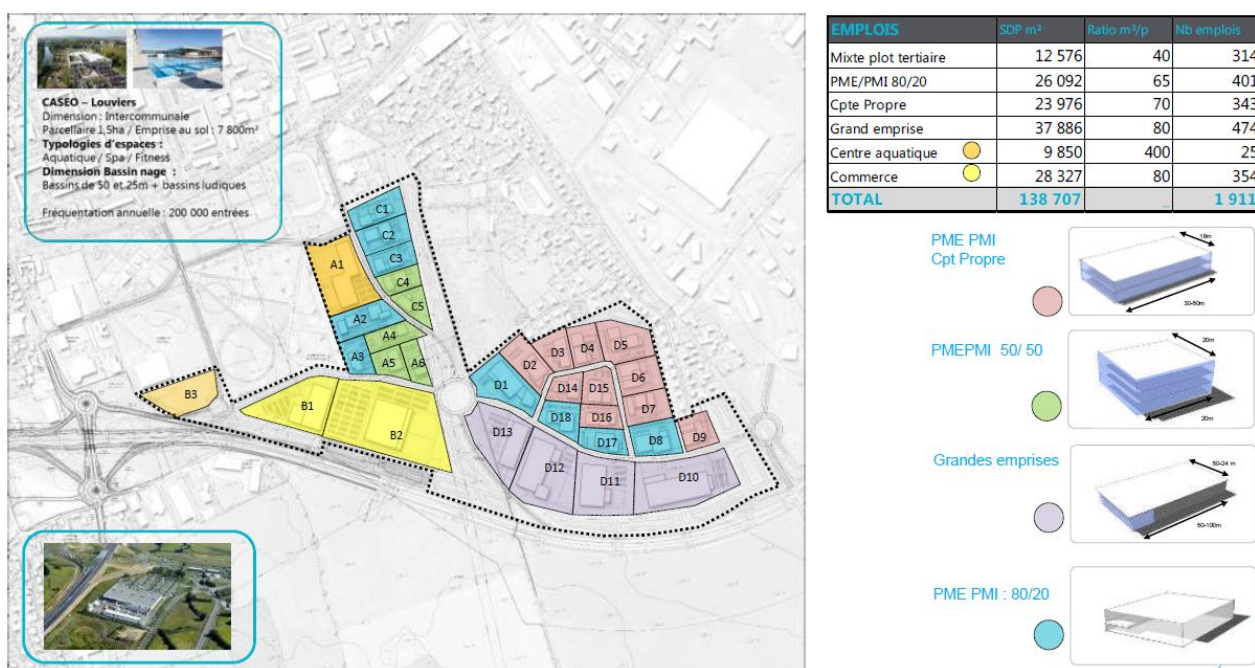


Figure 14: Esquisse d'aménagement

Le tableau suivant présente ces hypothèses en termes de SDP construite :

Typologie des bâtiments	Tranche 1		SDP moyenne estimée (m²)	SDP totale PA(m²)
	Superficie (ha)	Nombre de bâtiments estimé		
Mixte plot tertiaire	3,0	5	2 515	12 600
PMI/PME 80/20	8,3	9	2 899	26 100
Cpte propre	8,3	10	2 398	24 000
Logistique/ grande entreprise	10,0	4	9 472	37 900
Centre aqualudique	2,3	1	9 850	9 850
Commerces	10,2	3	9 442	28 350
Total	41,9	0	9 850	138 800

Figure 15: Hypothèses de programmation considérées pour l'étude

V. PHASE 1 : SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES SUR LE SITE

V.1. ENERGIES FOSSILES

Les choix énergétiques pourront intégrer les énergies suivantes :

V.1.1. L'ELECTRICITE

L'électricité est en réalité un vecteur d'énergie. En France, elle est produite à partir de ressources fossiles principalement (uranium, gaz, charbon, fioul...), c'est pourquoi nous la classons dans les énergies fossiles. Néanmoins, en 2011, 11% de l'électricité produite en France était d'origine renouvelable (hydraulique, éolien, photovoltaïque...).

Cette énergie, difficilement stockable, a l'avantage d'être simple à utiliser et très polyvalente.

En revanche, la Bretagne est éloignée des sources principales de production : elle ne produit en effet que 10% de son électricité (environ la moitié en hydraulique, un tiers à partir de centrales fioul et 20% en éolien). L'approvisionnement principal (environ les deux-tiers) provient des centrales nucléaires de Flamanville et Chinon, le dernier tiers de la centrale charbon/fioul de Cordemais. La Bretagne est donc une « péninsule électrique » où le risque de *black-out* est réel.

L'impact de l'électricité sur l'environnement est principalement lié au mauvais rendement de production de l'électricité. En effet, uniquement un tiers de l'énergie qui entre dans la centrale ressortira sous forme d'électricité. Dans la majorité des cas, les deux tiers restants sont perdus.

Ce mauvais rendement conduit l'électricité à être une grande consommatrice de ressources fossiles et donc une mauvaise élève dans l'approche écologique de l'énergie.

Il convient ainsi de réserver l'électricité aux usages spécifiques : éclairage, bureautique, électroménager etc...

V.1.2. LE GAZ NATUREL

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul. Sa combustion rejette cependant légèrement moins de CO₂ que le fioul à énergie produite équivalente. Le gaz naturel est acheminé par des canalisations terrestres ou sous forme liquéfiée par voie maritime. Le raccordement du territoire en fait une énergie facile d'accès, moins chère que le fioul.

Le site est desservi par le réseau gaz naturel.

Dans la suite de l'étude, l'énergie fossile de référence pour évaluer l'impact de la mobilisation des énergies renouvelables sera le gaz.

V.1.3. LE FIOUL

Le fioul a tendance à disparaître dans les installations neuves depuis maintenant plusieurs années. Initialement peu cher, il a connu ces dernières années des augmentations très importantes, directement indexées sur le cours du pétrole.

D'autre part, le fioul a un impact important sur le dérèglement climatique par ses rejets carbonés, et parfois soufrés. C'est également une source fossile qu'il serait nécessaire de préserver davantage pour des utilisations plus spécifiques (plastiques, textiles, etc...).

V.1.4. LE GAZ PROPANE EN BOUTEILLE OU EN CITERNE

Le gaz en bouteille (propane) ou en citerne peut également être utilisé lorsque le gaz naturel n'est pas disponible. Ce gaz est directement issu du pétrole et son utilisation constitue également un appauvrissement des ressources. Il est plus polluant que le gaz naturel mais moins que le fioul.

Dans le cas où les citernes ne sont pas enterrées, l'impact visuel des citernes de propane peut être particulièrement fort.

V.2. ENERGIES RENOUVELABLES ET DE RECUPERATION

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

Cette définition permet de classer dans cette catégorie de nombreux types d'énergie :

V.2.1. L'ÉNERGIE SOLAIRE

- **L'énergie solaire passive** : Le solaire passif est la moins chère et l'une des plus efficaces. Elle entre directement dans ce que l'on appelle communément l'approche bioclimatique : l'idée simple est d'orienter et d'ouvrir au maximum les façades principales du bâtiment au sud. Il convient cependant d'intégrer des protections solaires (casquettes solaires, volets) pour limiter les apports en mi-saison et en été afin d'éviter les surchauffes. Cette énergie est directement liée au plan masse de l'opération et à l'organisation des bâtiments sur chaque parcelle.
- **L'énergie solaire active** : L'énergie solaire dite « active » se décline sous la forme thermique (production d'eau chaude, chauffage) et photovoltaïque (production d'électricité). Ces deux types d'énergie pourront être utilisés sur le projet.

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

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

V.2.2. LA BIOMASSE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE)

La biomasse représente l'énergie issue d'organismes vivants. En général, lorsque l'on parle de biomasse en énergie, on parle de bois (bûches, granulés, plaquettes) ou de biogaz issu de la digestion anaérobie de composés biologiques (boues de station d'épuration, déchets verts, lisiers, etc.).

Il est également utile de rappeler que l'énergie issue de la biomasse est en fait une énergie solaire indirecte (le soleil permet de faire croître les plantes via la photosynthèse, plantes qui nourrissent les animaux, etc.).

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

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

Quelques difficultés peuvent cependant être mises en avant :

- **Manutention et approvisionnement** : il convient de choisir la technique la plus adaptée en fonction du futur usage. En effet, la solution plaquette est moins adaptée à des variations de puissance et demande un espace de stockage plus important que le granulé avec une véritable logistique d'approvisionnement à mettre en place pour les chaufferies de grande puissance.
- **Le traitement des fumées** : il est nécessaire de mettre en œuvre des chaudières performantes pour l'ensemble des installations afin de favoriser une bonne combustion et ainsi des rejets moins chargés. Les installations plus importantes devront disposer d'équipements spécifiques pour traiter les fumées.

V.2.3. L'ÉNERGIE ÉOLIENNE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ)

L'énergie éolienne est également une énergie liée indirectement au soleil. En effet, le mouvement des vents et donc l'énergie contenue dans les vents et récupérée par les éoliennes provient directement des différences de températures des zones de l'atmosphère et donc du soleil. Tant que la terre disposera d'une atmosphère et que le soleil l'éclairera, l'énergie éolienne pourra être utilisée, ce qui laisse encore un peu de temps à l'échelle de nos prévisions.

V.2.4. L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ)

L'énergie hydraulique a également pour origine le soleil, elle est en effet issue du cycle de l'eau (évaporation, précipitation). L'énergie hydraulique marémotrice n'est pas uniquement liée au soleil, les mouvements sont issus en partie de la force gravitationnelle de la lune.

V.2.5. LA GEOTHERMIE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ)

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

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

V.2.6. L'ÉNERGIE CONTENUE DANS LES EAUX GRISES

Les eaux usées sont souvent rejetées à une température bien supérieure à 10 °C, les calories contenues dans ces eaux peuvent être récupérées et utilisées pour préchauffer de l'eau ou un liquide caloporteur. Cette énergie dite de récupération est également renouvelable puisque alimentée par l'utilisation d'eau chaude.

V.3. POTENTIEL DE LA ZONE D'ETUDE VIS-A-VIS DES ENERGIES RENOUVELABLES

V.3.1. L'ENERGIE EOLIENNE

A. GISEMENT

SITUATION DE LA COMMUNE

La figure suivante montre la répartition annuelle des directions de vent sur la station Evreux-Fauville Base aérienne:

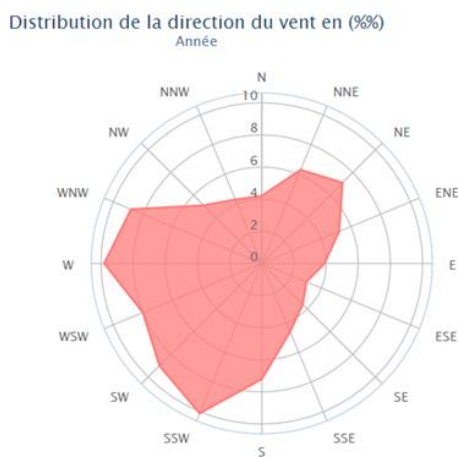


Figure 16: Rose des vents de Evreux-Fauville Base aérienne (source : windfinder.com)

Ainsi au cours d'une année les vents sont majoritairement orientés Ouest et Sud/Sud-Ouest.

Le tableau suivant présente les caractéristiques mensuelles des vents de 2000 à 2017 :

Mois de l'année	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Année
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direction du vent	↖	↖	↗	↗	↘	↘	↘	↘	↘	↖	↖	↖	↖
Probabilité du vent >= 4 Beaufort (%)	34	34	35	26	26	19	27	24	21	26	29	32	27
Vitesse du vent moyenne (kts)	10	10	9	8	9	8	9	8	8	8	9	9	8
Temp. de l'air moyenne (°C)	5	6	9	12	15	19	21	20	18	13	9	6	12

Figure 17: Statistiques des vents de Brest Bretagne Aéroport (Source: windfinder.com)

La moyenne annuelle de la vitesse de vent est de 8 nœuds soit environ 15 km/h.

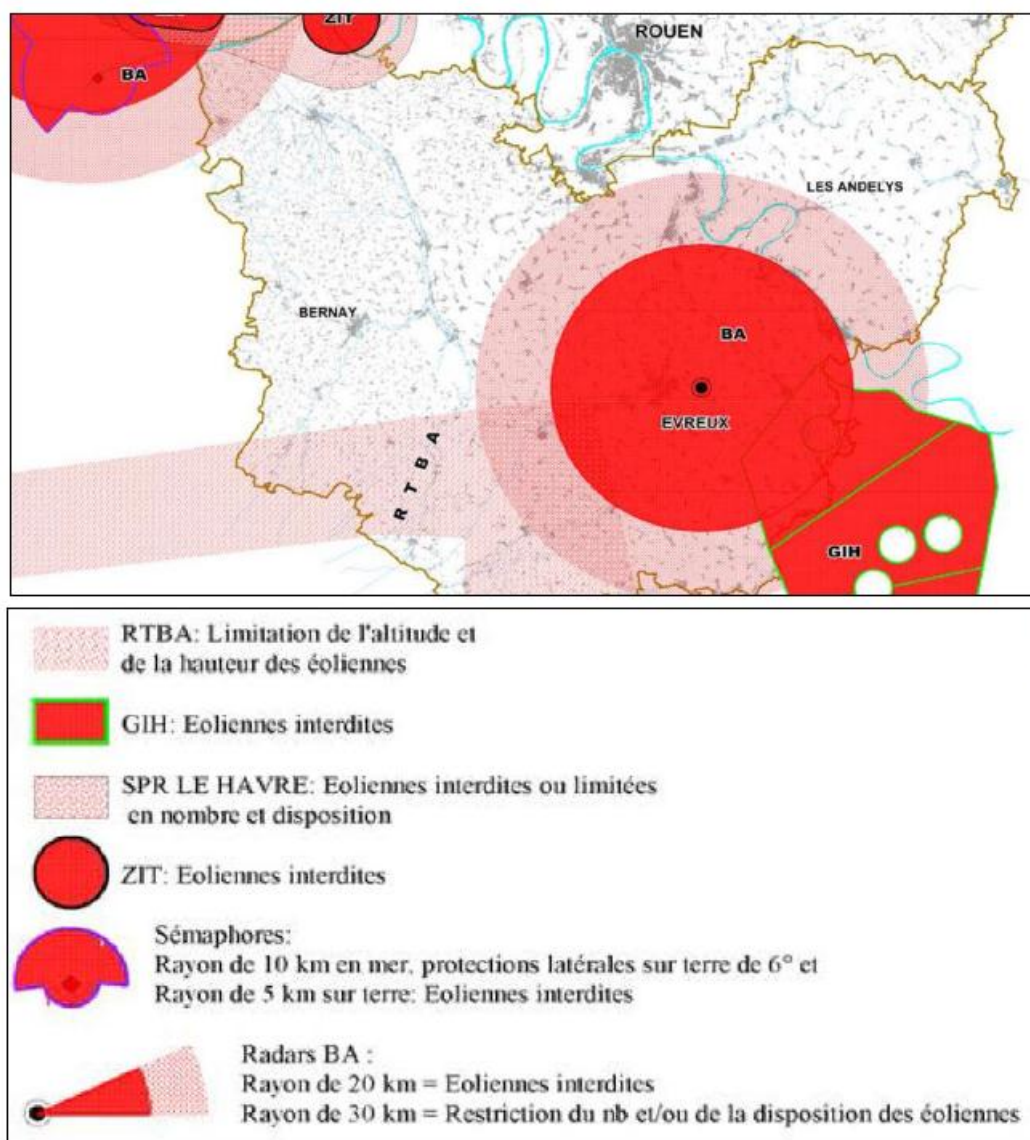


Figure 18 zones d'interdiction de l'éolien en Haute-Normandie (Source : Schéma éolien régional)

En raison des contraintes et interdictions résultant de la présence de la base aérienne 105 Evreux-Fauville « Commandant Viot », il n'est pas possible d'installer de grandes éoliennes sur le territoire du Grand Evreux Agglomération. Les générateurs habituels, représentant 2 MW de puissance, ne sont pas autorisés. Ceci résulte de l'interdiction d'implanter ce genre d'équipement à moins de 20 km d'une base aérienne militaire, ce qui est rédhibitoire pour l'ensemble du GEA. De plus, l'obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut et les restrictions dues au plafond aérien militaire réduisent à néant le potentiel de développement du grand éolien sur le site.

PETIT ÉOLIEN

Le petit éolien regroupe les installations de puissance inférieure à 36 kW.

La détermination du potentiel éolien de la zone demande une étude fine du vent, dont le résultat est intrinsèquement lié aux constructions alentours. Il ne sera pertinent de réaliser une telle étude que lorsque l'opération sera entièrement bâtie.

Le relief ne présente pas d'obstacle majeur au vent (Cf. Figure 12 p. 23), à la différence des futurs bâtiments et de la végétation (Cf. Figure 14 p.25. et Figure 13 p.23).

Le potentiel de développement du petit et moyen éolien sur la zone est lié :

- Physiquement à l'implantation des bâtiments qui influencera les trajectoires de vent. Une étude spécifique pourrait être réalisée en fin d'opération pour mettre en évidence un éventuel intérêt
- Economiquement à l'absence d'obligation de rachat de l'électricité produite
- Techniquement à l'efficacité des technologies : le petit éolien n'est aujourd'hui pas à maturité technique pour assurer une productivité suffisante au vu de l'investissement qu'il nécessite

L'impact paysager de ce type de solution n'est pas abordé dans cette étude mais devra l'être si cette solution est envisagée.

Si un emplacement devait être prédéfini il devrait plutôt se situer sur un point haut et dégagé du site ou en toiture de bâtiment.

La forte végétalisation du site est une contrainte pour la mise en place de petit éolien.

Les opérateurs souhaitant installer des petites éoliennes de moins de 12m pourront le faire sans demander de permis de construire, (obligatoire à plus de 12m de hauteur).

B. EXEMPLE EN ZONE INDUSTRIELLE



Le site de l'usine Sojasun du groupe Triballat, à Chateaubourg (35), est équipé d'une éolienne depuis 2011. Cette turbine Enercon de 0,8 mégawatt et de 87 mètres de haut, fournit 10 % de la consommation totale en électricité de l'usine bretonne.

C. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES SUR L'EOLIEN

Le grand éolien n'est pas envisageable sur la zone.

L'installation de petit et moyen éolien est techniquement possible mais la forte végétation du site laisse peu de possibilité pour en implanter. Des études spécifiques devront être menées si les porteurs de projet souhaitent avoir recours à cette source d'énergie.

V.3.2. L'ÉNERGIE SOLAIRE

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

- Apports solaires passifs pour limiter les besoins en chauffage
- Panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage
- Panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité

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

A. GISEMENT

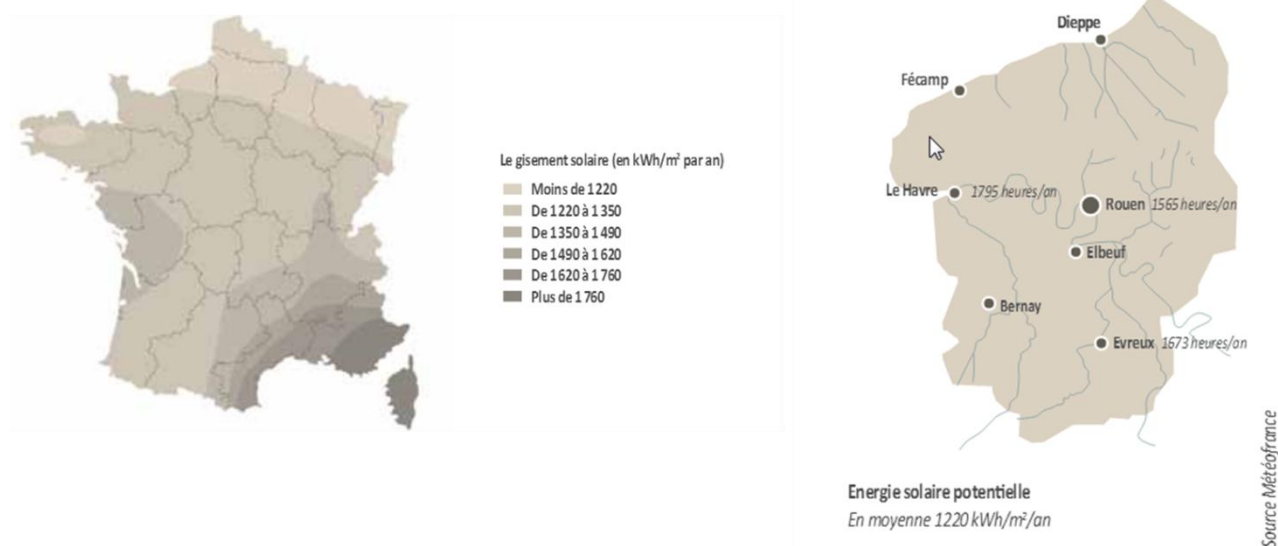


Figure 19: Gisement solaire (Source CAUE 76)

L'insolation annuelle de Evreux est d'environ **1 673 heures**. L'énergie reçue est d'environ **1 300 kWh/m²/an**.

[SUR LE SITE](#)

La topographie du site est relativement plane et ne présente pas d'obstacle pour l'optimisation solaire. Les bâtiments entre eux pourront créer des effets de masques en mi-saison.

B. INTERETS DE L'ENERGIE SOLAIRE SUR LA ZONE

ENJEUX VIS-A-VIS DE L'ENERGIE SOLAIRE

Les bâtiments d'un parc d'activités sont généralement **peu vitrés, sauf en ce qui concerne les espaces tertiaires**. Les préconisations concernant les apports solaires passifs sont alors moins prégnantes que pour des bâtiments à usage de logements, dans lesquels les apports solaires sont indispensables pour limiter les consommations énergétiques. De fait, les consommations énergétiques en industrie sont peu liées au climat mais aux process industriels eux-mêmes, sauf lorsqu'il ne s'agit que du chauffage des locaux.

Les enjeux vis-à-vis de l'énergie solaire en zone d'activités sont les suivants:

- Limiter les besoins de chauffage et de climatisation
- Limiter les besoins d'éclairage artificiel et éviter les risques d'éblouissement
- Utiliser l'énergie solaire active

C. CONDITIONS DE MOBILISATION DE L'ENERGIE SOLAIRE ACTIVE

L'énergie solaire active est mobilisable selon deux modalités : les panneaux solaires thermiques pour la production d'eau chaude et les panneaux solaires photovoltaïques pour la production d'électricité.

GENERALITES

L'orientation au sud permet de capter le maximum de rayonnement direct en hiver et mi-saison lorsque le soleil est bas sur l'horizon et qu'il y a des besoins en chauffage. Cette orientation permet également de limiter le rayonnement incident en mi-saison chaude et en été lorsque le soleil est haut dans le ciel et que sa course favorise le rayonnement à l'Est et à l'Ouest. Le schéma suivant illustre ces conditions d'ensoleillement.

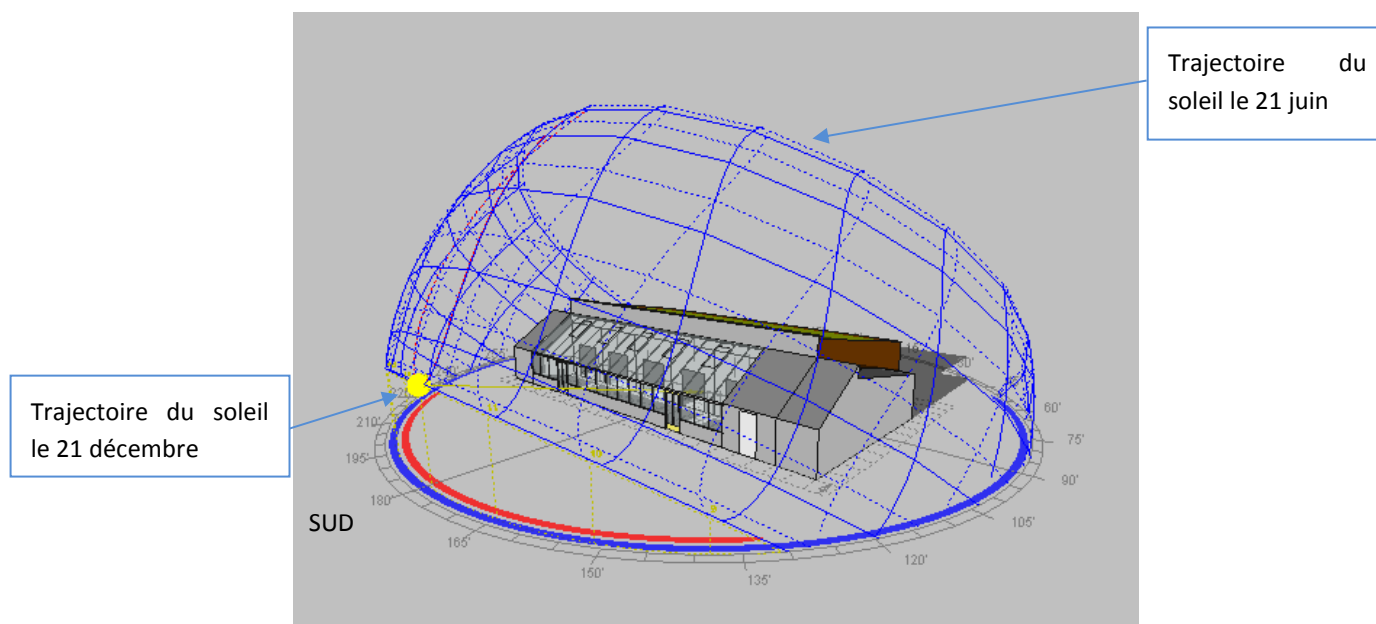


Figure 20 : Trajectoires annuelles du soleil pour une maison orientée au Sud

Cette démarche mise en œuvre à l'échelle du Plan Masse permet directement de favoriser l'implantation de capteurs solaires, qu'ils soient thermiques ou photovoltaïques.

Sur la base d'un accès au soleil en pied de bâtiment (pour bénéficier d'un maximum de soleil notamment en apport passif), le 21 décembre à 12h, l'angle libre au sud doit représenter 18°.

Sur une surface plane, cet angle impose ainsi un recul de 3.1 fois la hauteur des bâtiments situés juste au sud du bâtiment étudié.

Dans une optique uniquement axée sur l'accès au soleil pour la production d'énergie solaire thermique ou photovoltaïque, il convient donc de respecter ce recul pour optimiser la production.

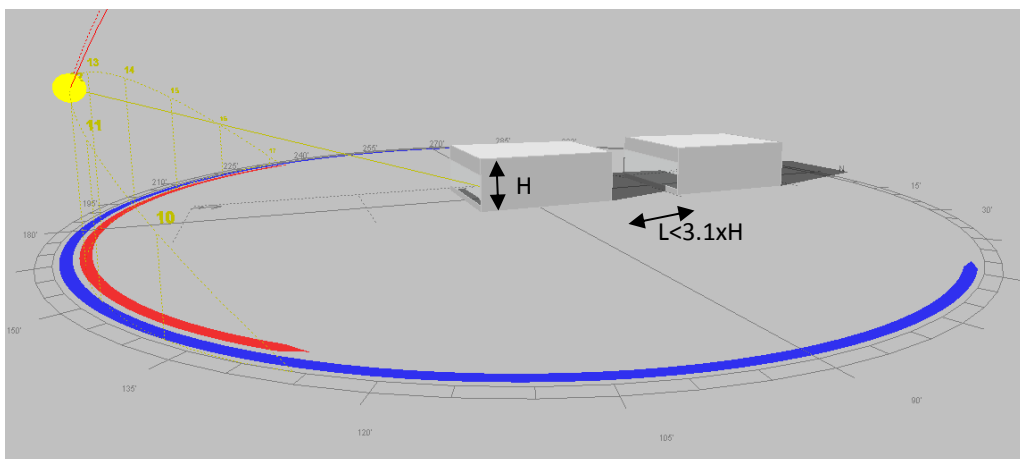


Figure 21 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L < 3.1 \times H$, le 21 décembre à 12h00

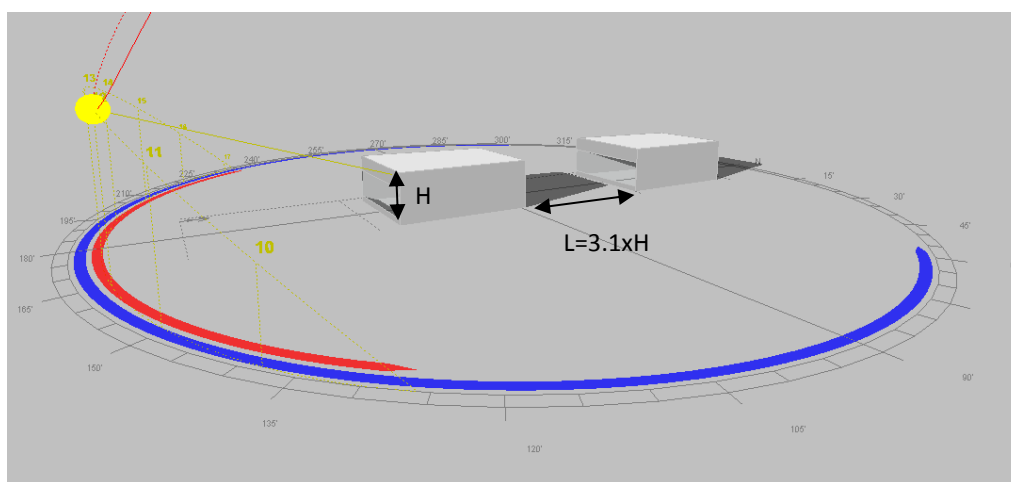


Figure 22 : Vue de deux bâtiments séparés d'une distance $L = 3.1 \times H$, le 21 décembre à 12h00

L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

L'énergie solaire photovoltaïque est une solution de production d'énergie électrique décentralisée qui peut être avantageusement étudiée lors de la construction de bâtiments neufs.

L'installation de panneaux photovoltaïques pourrait être envisagée afin de produire de l'énergie électrique localement et de revendre la production à EDF ou en autoconsommation. Aujourd'hui l'autoconsommation se développe et devient de plus en plus intéressante, notamment à cause de la baisse des tarifs de rachat.

Ce type de production décentralisée peut être aidé, il est donc intéressant d'en étudier l'opportunité. Cependant, afin de bénéficier d'un tarif de rachat optimal, il est nécessaire d'intégrer le générateur photovoltaïque au bâtiment : remplacement de bardage vertical, membrane d'étanchéité, casquettes solaires, etc. En effet, dans le cas d'une production à partir d'un système intégré, le tarif de rachat est majoré.

Plusieurs solutions pourraient être envisagées sur les bâtiments de la ZA, en fonction de la configuration et de l'architecture des constructions.

MEMBRANES D'ÉTANCHEITE PHOTOVOLTAÏQUES

Pour les bâtiments en toiture terrasse par exemple, il pourrait être envisagé d'intégrer des panneaux tout en assurant l'étanchéité des toitures. Des modules photovoltaïques sont directement intégrés, en usine, sur une membrane d'étanchéité, ainsi que l'ensemble des connectiques.

Pour une surface équivalente, ces modules sont moins performants (environ 80 W/m²) que des modules classiques mais le coût de ces solutions et l'intérêt technique de mutualiser l'étanchéité avec une production photovoltaïque rendent ce produit aujourd'hui adapté à certains projets.



Figure 23 : Exemple de membranes d'étanchéité installées sur un bâtiment industriel

PANNEAUX DE SILICIUM

La seconde solution repose sur des modules plus classiques à base de silicium polycristallin. Généralement adaptés pour la maison individuelle, ces systèmes peuvent être posés sur quasiment tous les types de support.

Les modules polycristallins offrent une puissance située autour de **130 W à 140 W par m²**. La performance de ces capteurs est donc supérieure à celle des membranes. En revanche, l'intégration dans les bâtiments nécessite des structures spécifiques plus difficiles et coûteuses à mettre en œuvre que les modules membranes.

Il existe des solutions d'intégration de panneaux photovoltaïques aux bacs acier



Figure 24 : Modules Photowatt

IMPACT ENERGETIQUE DES PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

Comme toutes les activités humaines, la production et la consommation d'énergie ont un impact sur l'environnement, plus ou moins important en ampleur, en localisation et en durée.

Bien qu'il n'y ait aucune sorte de pollution émise lors de la transformation de l'énergie solaire en énergie électrique, la fabrication, le fonctionnement et le traitement en fin de vie des systèmes photovoltaïques ont, comme n'importe quel produit industriel, un impact sur l'environnement.

Outre la transformation de matières premières plus ou moins spécifiques, la fabrication des modules nécessite une certaine consommation d'énergie ainsi que l'utilisation de produits chimiques toxiques employés d'ordinaire dans l'industrie électronique.

Arrivés en fin de vie après plusieurs dizaines d'années de fonctionnement, les modules peuvent être récupérés et démontés, les éléments qui les composent peuvent être recyclés et réutilisés, les déchets finaux ne représentant qu'une part minime de leurs composants.

Au total, l'impact environnemental du photovoltaïque est extrêmement limité en comparaison de la plupart des autres filières énergétiques.





Temps de retour énergétique d'un système photovoltaïque installé à Lyon en fonction de la technologie des modules	Monocristallin	Polycristallin	Ruban	Amorphe	CdTe
					
Nb de kWh pour produire 1 kWc	3 382	2 886	2 232	2 244	1 430
Temps de retour énergétique (Nb d'années)	3,1	2,6	2	2	1,3

Figure 5 : impact énergétique de modules photovoltaïques (source Rhône Alpes Energie)

PRECONISATIONS

L'orientation et l'inclinaison des panneaux conditionnent leur productivité. La figure ci-dessous montre l'incidence du positionnement des capteurs sur leur performance :

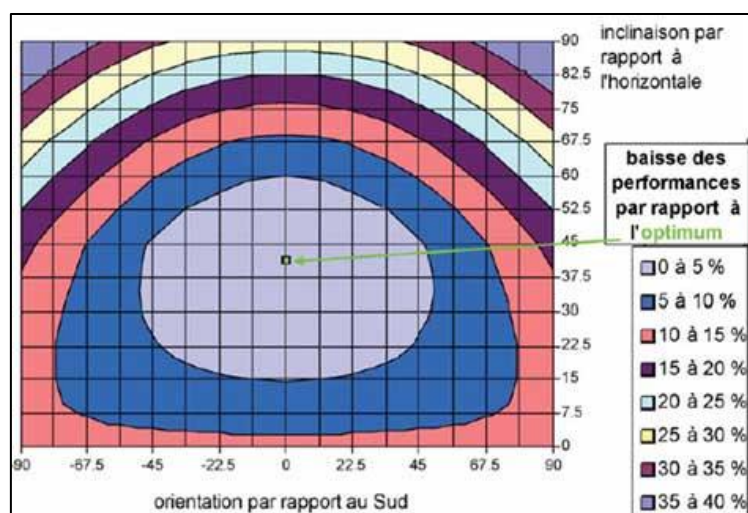


Figure 25: Perte de performance d'un capteur (Source Ines)

Ainsi, pour assurer une productivité maximale les panneaux devront être positionnés avec une orientation Sud/Ouest à Sud/Est (-45° à 45°) et un angle d'inclinaison compris entre 15 et 60° par rapport à l'horizontal.

L'installation ainsi que l'exploitation d'une centrale photovoltaïque peuvent être déléguées à un tiers qui prend en charge l'installation, la maintenance et bénéficie du contrat de rachat éventuellement en échange d'un loyer d'occupation de la toiture.

L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE

Le solaire thermique est généralement utilisé pour la production d'eau chaude. Il est important de rappeler que les systèmes solaires thermiques peuvent également participer à réduire de manière globale les besoins thermiques des bâtiments en produisant également une partie du chauffage ou de l'eau chaude de process.

Les locaux tertiaires et les commerces ont généralement de faibles besoins en eau chaude. Il n'est donc pas judicieux de le prévoir pour ces bâtiments.

En revanche, certaines activités, comme les stations de lavage, sont très consommatrices d'eau chaude et présentent donc un potentiel intéressant pour l'énergie solaire thermique.

Différentes technologies existent, le choix d'une technologie en particulier dépend de l'usage souhaité, notamment de la température d'eau chaude à atteindre.

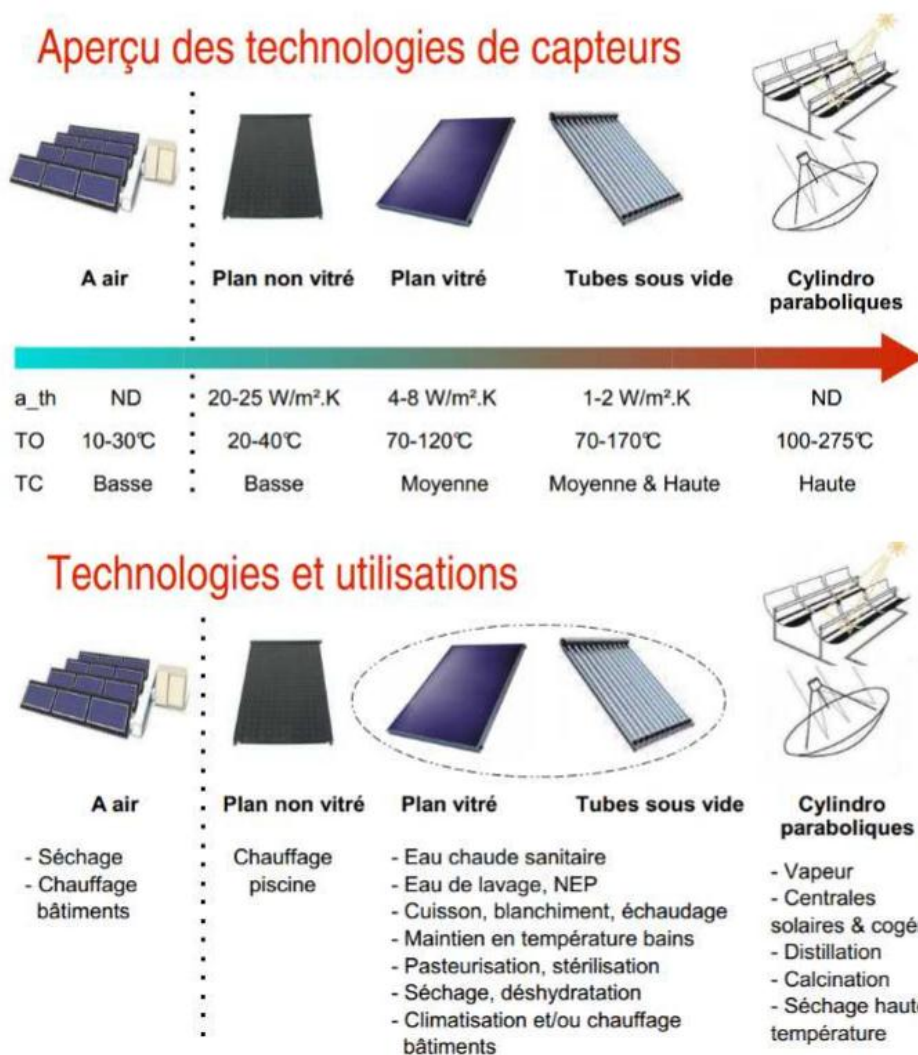


Figure 26 : Schémas récapitulatifs des différentes technologies et de leurs applications (Source : ThermiGas – FIRE 2012)

La possibilité d'exploiter l'énergie solaire thermique devra être étudiée pour les bâtiments gros consommateurs d'eau chaude.

De même que pour les panneaux solaires photovoltaïques, pour assurer une productivité maximale les panneaux devront être positionnés avec une orientation Sud/Ouest à Sud/Est (-45° à 45°) et un angle d'inclinaison compris entre 15 et 60° par rapport à l'horizontal.

D. EXEMPLES



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



Helixia et Leroy Merlin ont mis en service une centrale photovoltaïque de toiture sur une grande surface située au sud de Perpignan. L'installation, de plus de 845 kWc de puissance et produira annuellement environ 1,02 GWh d'électricité qui sera revendue à EDF.

Deux bâtiments de Chambéry Métropole accueillent, à Bissy, une installation photovoltaïque : la déchetterie et l'usine de dépollution des eaux. Avec respectivement 400 m² et 700 m², les installations photovoltaïques sur ces deux bâtiments produisent 200 MWh grâce à l'énergie solaire.



Cette plateforme logistique implantée sur la Zone d'Activités de Saint Cézaire à Nîmes dans le Gard (30), est équipée de 144 panneaux solaires photovoltaïques monocristallins en intégration totale. La surface réelle installée représente 183 m² de superficie. La production annuelle estimée est de l'ordre de 32 600 kWh. Toute la production est convertie et réintroduite au réseau électrique de France

E. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES SUR L'ÉNERGIE SOLAIRE

L'énergie solaire passive pourra être mobilisée, pour les locaux tertiaires, par l'optimisation du plan d'aménagement et la conception **bioclimatique** des bâtiments. Cela permettra également de réduire les besoins en éclairage artificiel.

La mobilisation de l'énergie solaire active est possible grâce à l'implantation de panneaux solaires photovoltaïques ou thermiques qu'il conviendra d'étudier précisément.

Le plan masse et notamment les limites de constructibilité peuvent être optimisées afin de limiter l'impact des ombres portées, notamment de la végétation très présente sur le site et de garantir un accès au soleil pour chaque bâtiment.

V.3.3. L'ENERGIE GEOTHERMIQUE

A. DEFINITION

La géothermie désigne les processus d'exploitation de l'énergie interne de la planète, pour produire de l'électricité et/ou de la chaleur.

Il existe différents types de géothermie que nous présentons en annexe.

L'énergie exploitée provient d'un différentiel de température entre un milieu émetteur – le sol à faible ou forte profondeur, une nappe phréatique - et le fluide frigorigène d'un circuit de pompe à chaleur. C'est ce ΔT que l'on cherche à maximiser en allant rechercher de l'énergie dans un milieu où la température est stable au cours de l'année.

B. SITUATION DE LA COMMUNE ET DU TERRAIN VIS-A-VIS DE LA CHALEUR TERRESTRE

La carte suivante présente une estimation des ressources géothermiques de l'Ouest de la France :

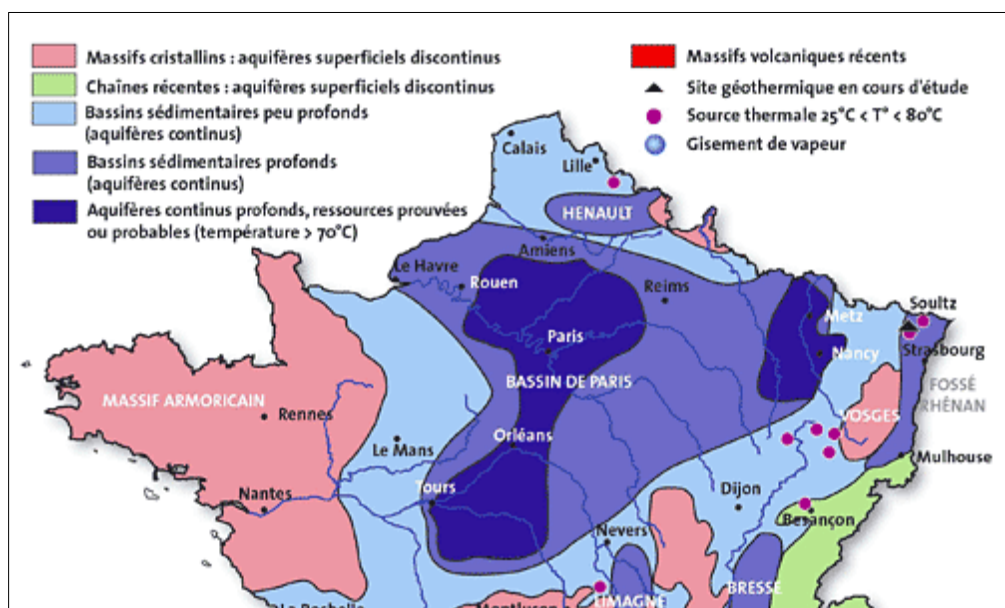


Figure 27: Extrait carte des ressources géothermiques en France (source BRGM)

En Haute-Normandie, on recense plusieurs aquifères (couche de terrain ou roche suffisamment poreuse et perméable pour contenir une nappe d'eau souterraine) favorables à l'exploitation de la géothermie sur nappe. Concernant le sous-sol, la région possède un potentiel géothermique très basse température équivalent à celui de la région parisienne notamment pour les nappes de la craie.

Ce potentiel est évalué à plus de 2 000 MW. Au moins la moitié de cette capacité concerne la craie qui couvre plus de 50 % du territoire.

Ce potentiel est évalué à plus de 2 000 MW. Au moins la moitié de cette capacité concerne la craie qui couvre plus de 50 % du territoire.

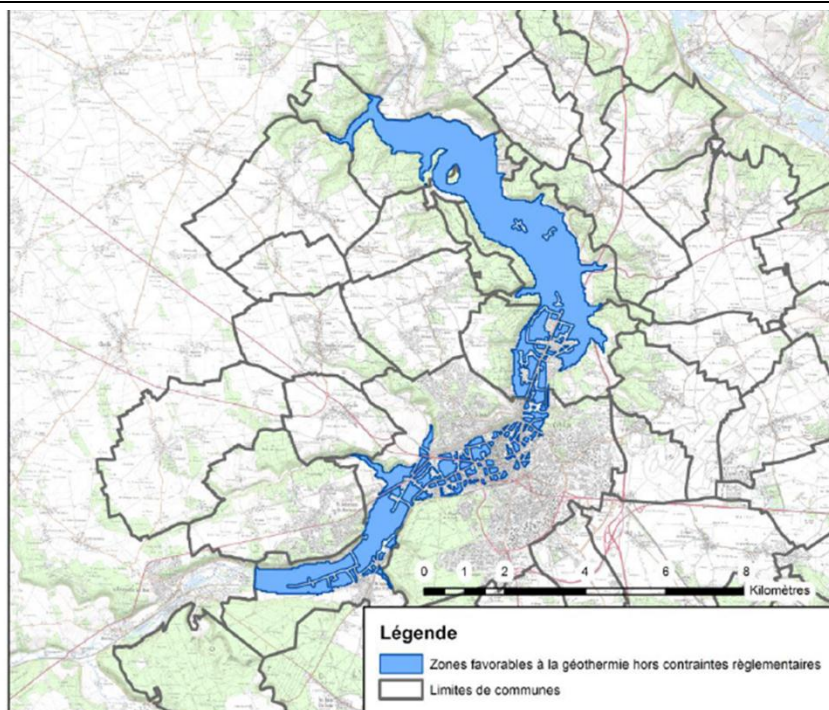


Figure 28: Carte des zones favorables pour l'équipement géothermique (Source Explicit)

Le site du PA de haut buisson ne se situe pas en zone favorable de développement de la géothermie.

Il est également possible d'apporter des précisions supplémentaires sur la nature du sol grâce aux informations mises à disposition via la plateforme infoterre.brgm.fr :



Figure 29: Dossiers sur le sous-sol (Source: BRGM)

En effet, la Banque du Sous-Sol (BSS) relève la présence de plusieurs forages à proximité du site.

Sur les six forages recensés à proximité du périmètre d'étude, aucun n'est dédié à l'exploitation de géothermies.

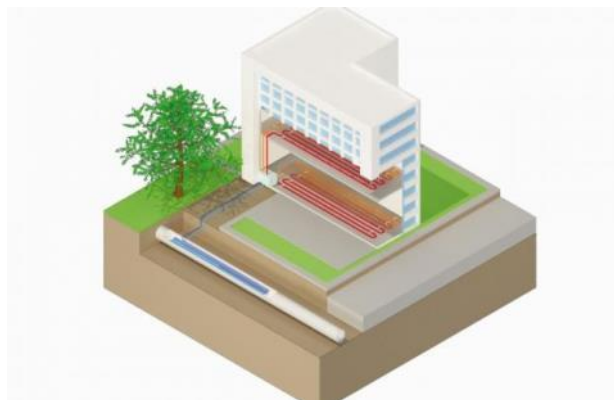
L'exploitation de la géothermie ne semble pas adaptée au site. Des forages test de réponse thermique pourront être réalisés pour confirmer ce résultat.

V.3.4. LA RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES

A. DEFINITIONS

Source et plus d'info : <http://www.geothermie-perspectives.fr/>

Les eaux usées, d'origine domestique, pluviale ou industrielle comprennent : les eaux ménagères ou eaux grises, les eaux vannes ou eaux noires (toilettes), les eaux d'arrosage (jardins), les eaux industrielles ainsi que les eaux pluviales. Leur température moyenne est d'environ 15°C ce qui en fait une source de chaleur intéressante à exploiter grâce à la mise en place d'une pompe à chaleur. Cette énergie a l'avantage de se situer à proximité de la demande, tout en ayant un impact très limité en termes d'émissions de CO₂. La récupération d'énergie sur les eaux usées est aussi appelée « **cloacothermie** ».



Il existe différentes techniques de récupération, détaillées en annexe.

B. AVANTAGES ET LIMITES DES DIFFERENTS SYSTEMES

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

Technologie	Avantages et contraintes	Potentiel
Dans les collecteurs	<ul style="list-style-type: none"> - S'installe dans le réseau public - Nécessite d'avoir de longues conduites droites et un gros diamètre - Doit vérifier les effets sur le fonctionnement du process de la STEP (abaissement de la T°) - Proximité des preneurs de chaleur 	- Potentiel de puissance entre 10 kW et 1 MW
dans les STEP	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de problème de refroidissement - Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur 	- Potentiel de puissance jusqu'à 20 MW
dans les stations de relevage	<ul style="list-style-type: none"> - Solution indépendante de la taille du collecteur - Système encore nouveau avec peu de retour d'expérience 	- Potentiel de puissance jusqu'à 2 MW
au pied des bâtiments	<ul style="list-style-type: none"> - Solution simple pour l'eau chaude sanitaire, mais qui ne convient pas pour un chauffage à distance - Solution individuelle, pour les bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie) 	- Potentiel de puissance entre 50 kW et 300 kW

Figure 30: Avantages et inconvénients des différents systèmes de récupération d'énergie sur les eaux usées

C. CONTRAINTES TECHNIQUES

Afin d'envisager une potentielle récupération d'énergie dans les eaux usées, le réseau devra remplir un certain nombre de conditions techniques :

- un diamètre de collecteur minimal (> 500 mm),
- un débit d'eaux usées minimal (15-20 l/s), et
- une distance bâtiment/collecteur maximale limite (< 200 m).

D. APPLICATION

L'étude du potentiel ENR du GEA met à jour un potentiel récupération d'énergie sur le nouveau Centre de Traitement des Eaux Usées de Gravigny et au niveau des collecteurs de l'ancienne station d'épuration.

L'étude conclue :

La puissance qui peut être récupérée sous forme de chaleur dans les eaux usées du territoire est comprise entre 1,4 et 2,9 MW pour le moment, avec une montée en puissance jusqu'à potentiellement 8,1 MW. Cette puissance peut être valorisée en deux endroits où des constructions neuves présentent une opportunité :

- Le nouveau parc d'activité des Surettes autour du CTEU de Gravigny
- Le quartier rue Faubourg Saint-Léger à proximité d'un collecteur de diamètre important

La production moyenne qui peut être espérée est de 25 500 MWh/an (avec l'augmentation du débit journalier de l'installation, elle pourrait monter à environ 71 000 MWh/an).

➔ Le potentiel d'énergie disponible est trop éloigné pour pouvoir alimenter le site du PA du Haut buisson

La récupération thermique sur les eaux usées reste théoriquement possible à l'échelle individuel, surtout dans le cas d'une utilisation importante d'eau chaude (exemple : station de lavage, agroalimentaire, etc.).

V.3.5. LE BIOGAZ

Le biogaz est une énergie renouvelable produite grâce à un procédé biologique : **la méthanisation**.

La méthanisation est un procédé biologique permettant de valoriser des matières organiques en produisant une énergie renouvelable, le biogaz, et un fertilisant, le digestat. En l'absence d'oxygène (digestion anaérobie), des bactéries dégradent partiellement la matière organique.

Source : www.aile.asso.fr

Les intérêts de la méthanisation sont multiples :

- ✓ Valoriser la matière organique fermentescible du territoire
- ✓ Produire une énergie renouvelable et locale
- ✓ Produire un fertilisant, le digestat, substituable aux engrais minéraux
- ✓ Recycler et restituer au sol la matière organique et les éléments fertilisants
- ✓ Réduire la production de gaz à effet de serre.

Le biogaz peut être valorisé en alimentant une unité de cogénération qui produira de l'électricité (35 à 40%) et de la chaleur renouvelable (45-50%).

Une ZA peut donc théoriquement être alimentée :

- ✓ Par du biogaz injecté (après épuration) dans le réseau de gaz naturel

- ✓ Par de la chaleur renouvelable issue de la cogénération via un réseau de chaleur

Un projet d'unité de méthanisation peut s'envisager à l'échelle d'une exploitation agricole ou à une échelle territoriale plus étendue. Le schéma suivant résume l'organisation d'une filière locale structurée de méthanisation :

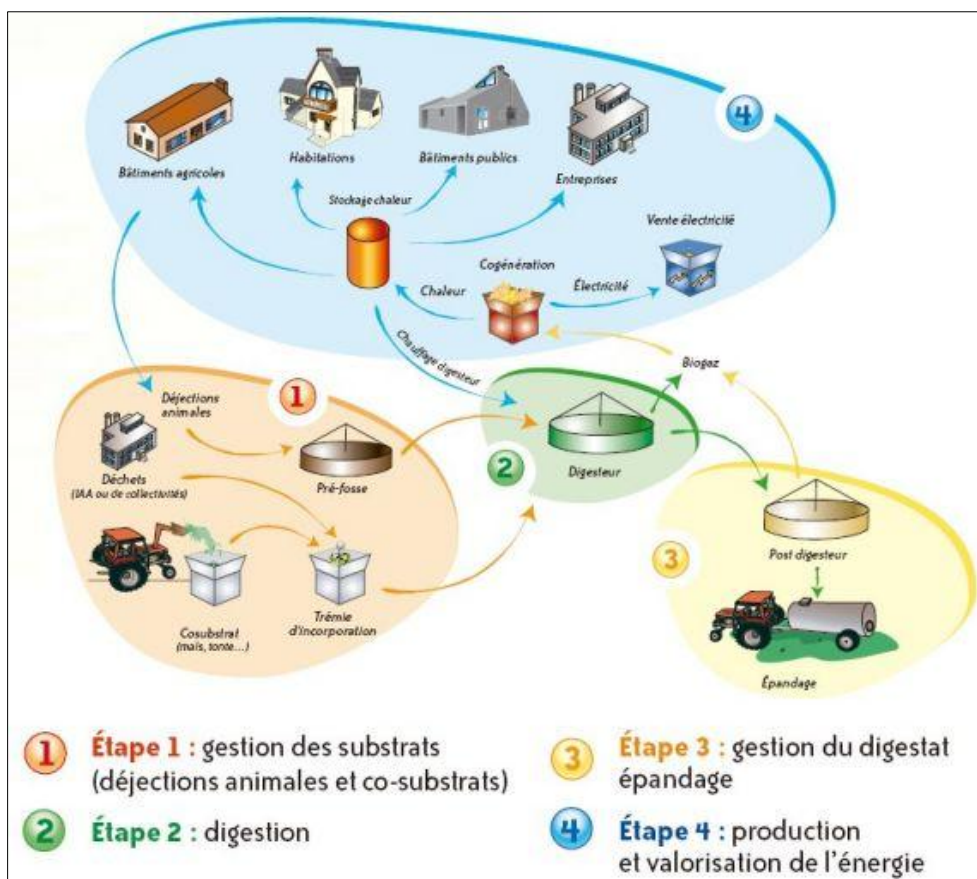


Figure 31 : schéma de principe d'une filière locale de méthanisation (source Aile)

La figure suivante présente les installations de valorisation méthanisation en Haute Normandie :



Figure 32: (Installation de valorisation du Biogaz en Haute Normandie)

Il existe une installation à Evreux, au niveau de la station d'épuration.

Le traitement des boues d'épuration a été mis en place. Le méthaniseur permet la production de biogaz et d'engrais agricoles. L'objectif est de produire à terme 675 000 m³ de biogaz par an (un ballon de stockage de 1 700 m³ est installé sur le site), transformés par cogénération :

- Un rendement électrique de 39 % est visé avec une turbine de 252 kW de puissance électrique, 500 MWh d'électricité devraient être produit et injecté sur le réseau électrique.
- La chaleur est autoconsommée pour le chauffage du digesteur et du digestat, elle n'est pas valorisée dans un bâtiment tiers.

Le biogaz produit est directement utilisé sur site et ne pourrait donc pas alimenter le PA.

Le site est desservi par le réseau gaz naturel qui pourra, si un projet de méthanisation avec injection émergeait à proximité, transporter du biogaz.

Aujourd'hui, cette solution n'apparaît pas pertinente pour cette Zone d'Activités Economiques.

V.3.6. L'ENERGIE HYDRAULIQUE

La production d'électricité à partir d'énergie hydraulique se décline en 2 types :

- l'hydro-électricité marine (Marées, courants marins, houle.) (Cf. Annexe)
- l'hydroélectricité issue des rivières (pente et débits des cours d'eau)

A. L'HYDROELECTRICITE MARINE

Avec près de 650 km de linéaires côtiers parcourus de vents forts, réguliers et longés par le puissant courant du Raz Blanchard, la Normandie dispose d'atouts naturels exceptionnels pour le développement des énergies marines renouvelables.

La région ainsi que de grands acteurs industriels sont engagés dans le développement des énergies renouvelables marines, plusieurs projets sont en cours ou à l'étude, notamment la réalisation de parc éoliens marins.

Le territoire du grand Evreux Agglomération ne se situe pas en zone côtière, le potentiel hydroélectrique marin est donc inexistant.

B. L'HYDROELECTRICITE ISSUE DES RIVIERES

Les deux facteurs essentiels qui conditionnent l'énergie mobilisable sont la hauteur de chute et le débit du cours d'eau. Ils dépendent du site et doivent faire l'objet d'études préalables pour déterminer le projet d'aménagement de centrale hydroélectrique.

SITUATION REGIONALE

La région dispose d'une puissance installée de 19 MW qui évolue très peu depuis de nombreuses années. Sa production nette d'électricité en 2012 était de 104 GWh, en légère hausse par rapport aux années précédentes.

La production hydraulique 2012 ne représente que 0,1% de la consommation régionale et 2% de la production régionale d'énergies renouvelables.

Le potentiel hydraulique haut-normand est faible en raison des contraintes sur les cours d'eau et du relief peu propice, et ne permet pas un développement fort de cette énergie.

Le SRCAE ne prévoit pas de projet supplémentaire étant donné le faible potentiel de la région. Un objectif qualifié de « très prudent » d'une production supplémentaire de 10 GWh/an (+10%) est fixé, obtenu par l'optimisation des rendements des équipements existants ou par la diffusion ponctuelle de la micro-hydraulique.

L'étude Schéma directeur des énergies renouvelables de l'agglomération du Grand Evreux, réalisée par le bureau d'études Explicit, conclue : « Le potentiel exploitable sur la rivière Iton est faible et difficile à mobiliser du fait des contraintes environnementales, en conséquence la filière hydroélectrique ne présente pas d'intérêt. »

De plus, au vu des objectifs européens de restauration du caractère naturel, en créant des conditions favorables au maintien ou retour des espèces vivant dans les cours d'eau, la construction d'un ouvrage hydroélectrique est largement compromise. En effet, un tel ouvrage ferait alors obstacle à la continuité écologique. Ainsi, l'essentiel du potentiel se trouve au niveau des ouvrages existants par optimisation ou suréquipement des installations existantes.

Enfin, l'investissement pour la mise en place d'une centrale hydroélectrique est très élevé (supérieur à 400 000 € HT hors génie civil), la rentabilité est remise en cause par la faiblesse de la puissance productible.

C. APPLICATION

Au vu des caractéristiques du cours d'eau et des objectifs de restauration de la continuité écologique et du niveau élevé d'investissement nécessaire à l'exploitation de l'énergie hydraulique, la zone d'étude ne présente pas de potentiel hydroélectrique.

V.3.7. L'ÉNERGIE BOIS

L'énergie bois est disponible sur le territoire sous différentes formes. Les conditions de mobilisations sont détaillées en ANNEXES 1 : FICHES TECHNIQUES sur les énergies renouvelables.

Le bureau d'étude Explicit répertorie les installations collectives bois-énergie du territoire, à partir de l'étude réalisée par l'association Biomasse Normandie *Etude d'opportunité pour le développement d'une filière bois-énergie sur le territoire du Grand Evreux Agglomération* de mars 2014.

En plus des installations alimentant le réseau de chaleur d'Evreux, ils existent 3 chaufferies collectives et industrielles situées sur le territoire d'Evreux : Centre Hospitalier Intercommunal Eure Seine, Base militaire d'Evreux et Normandie menuiserie.

A. RESSOURCE REGIONALE EN BOIS ENERGIE

Le gisement bois, en Haute et Basse Normandie, représente 4,5 millions de tonnes par an et 2/3 de ce potentiel sont actuellement consommés. La forêt s'étend sur 226 000 ha en Haute-Normandie, ce qui représente un taux de boisement de 18 dont 21 % dans l'Eure.

De plus, la Haute-Normandie compte environ 13 300 km de haies boisées.

Le volume de bois sur pied de la forêt haut-normande est de 42 millions de m³ (IGN 2013) (hors branches inférieures à 7 cm de diamètre. Il est composé à 85 % de feuillus et à 15 % de résineux.

Comme dans le reste du territoire national, la forêt publique représente un quart de la surface forestière, soit 63 700 ha. Dans l'Eure, la forêt privée occupe une place plus importante : 106 600 ha pour seulement 54 000 ha en Seine-Maritime (Source ONF-IFN).

Une étude relative au gisement de bois à l'échelle de la Haute et la Basse Normandie a été réalisée en 2010.

Le Plan pluriannuel régional de développement forestier de l'Eure et de la Seine-Maritime présente un bilan sur les gisements

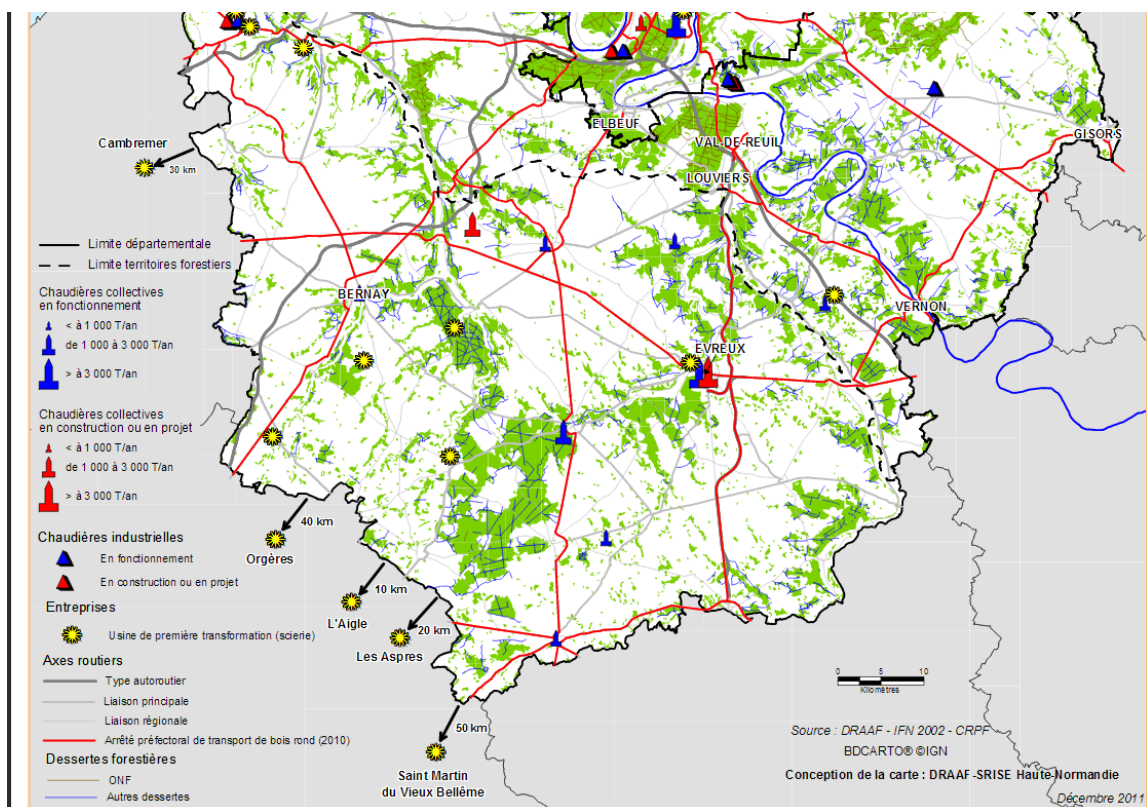
Le territoire **Sud Eure** a un bon potentiel de production forestière. De façon générale, les conditions y sont favorables : absence de pente, présence de plus grands massifs privés, qualité des chênes supérieures, forêts rurales. La productivité des peuplements peut y être améliorée.

Une vigilance sera nécessaire sur les conditions climatiques au sud-est et leurs évolutions.

La recherche de l'équilibre forêt gibier par tous les acteurs, en particulier dans les massifs à cerf est nécessaire. Elle va de pair avec une meilleure implication de tous les acteurs dans la gestion sylvicole dynamique. Le potentiel de mobilisation y est important dans des conditions économiques favorables.

Taux de boisement	19,4 %
Surface forestière de production	70 760 ha
dont forêt privée	67 970 ha
dont forêt publique	2 790 ha
Volume sur pied bois fort tige IFN 2002	9 856 000 m ³
dont feuillus	8 629 000 m ³
dont résineux	1 227 000 m ³
Production bois fort tige	6.1 m ³ /ha/an
	433 700 m ³ /an
Volume supplémentaire mobilisable	121 000 m³
soit % du total régional mobilisable	45 %





Au niveau régional le SRCAE fixe comme objectif à l'horizon 2020 :

- Pour le chauffage individuel au bois : de remplacer environ 60 000 équipements d'appoint de mauvais rendement par des systèmes labellisés « Flamme verte », soit une rotation annuelle d'environ 7 500 équipements (Orientation BAT 9).
- Pour le chauffage collectif : installation de 140 MW de chaufferies biomasse pour l'horizon 2020. Cet objectif est particulièrement ambitieux, et peut se traduire par :
 - 5 à 6 chaufferies d'une puissance de 3 000 kW par an ;
 - 13 à 16 chaufferies d'une puissance de 300 kW par an.
- Pour le chauffage industriel : installation de près de 150 MW de chaufferies industrielles sont fixés pour l'horizon 2020. Cet objectif, bien qu'élevé, reste quant à lui plus proche du rythme observé depuis ces dernières années, et peut se traduire par :
 - 2 à 3 cogénérations industrielles de 3 000 kW par an ;
 - 4 à 6 chaufferies industrielles de 3 000 kW par an ;

Un certain nombre de chaufferies industrielles bois sont en place sur le territoire Normand :



B. LES DECHETS VALORISABLES

Les déchets industriels banals bois (dib bois) sont intéressants économiquement car secs. Ne sont concernés que les bois dits de classe A, c'est-à-dire les broyats de palettes et caisseries. Les bois de classe B – bois peints, mélaminés – peuvent alimenter une chaufferie industrielle si un système de traitements des fumées adéquat est prévu.

Estimation du gisement :

On considère un pouvoir calorifique (PCI) équivalent à 4 400 kWh/tonne pour ces déchets.

Sur le territoire du GEA, Explicit évalue :

« Le gisement de bois de classe A et B est évalué à 1 700 t/an, soit l'équivalent de 6 400 MWh PCI par an (chiffre du SETOM). En prenant l'hypothèse de 9 % de ce bois qui peut être valorisé en chaufferie (chiffre DRAAF et ADEME), le gisement disponible est de 150 t/an. Le SETOM qui centralise également les déchets de bois des communautés de communes alentour, collecte de plus 490 t/an de bois qui peuvent être valorisés sur le territoire du GEA. »

C. GRANULES DE BOIS

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

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



D. LES CHAUFFERIES BOIS SOLUTIONS EN COLLECTIVITES ET INDUSTRIE

Les solutions collectives peuvent s'envisager de deux manières :

- **Chaufferie collective dédiée à un bâtiment**
Comme pour le chauffage collectif au fioul ou au gaz, il est possible d'installer une chaudière automatique (granulés ou plaquettes) pour desservir des besoins en chaleur et eau chaude sanitaire (bâtiments tertiaires, industries). **Une étude de faisabilité peut être imposée pour préciser l'intérêt de cette solution en fonction des besoins.**
- **Chaufferie alimentant un réseau de chaleur**
Ce cas de figure doit être étudié finement d'un point de vue technique, économique et juridique lorsque plusieurs clients sont raccordés au réseau. L'usage du bois déchiqueté est souvent plus pertinent économiquement.

Dans les deux cas, il est nécessaire de prévoir une chaufferie dédiée avec un silo de stockage dimensionné en fonction des besoins, un accès pour le camion de livraison. En termes de maintenance, le contrat de maintenance doit prévoir le passage régulier d'un agent pour le décentrage et l'entretien annuel de la chaufferie. La valorisation des cendres doit également être prévue.

Le principe de fonctionnement d'une chaufferie automatique, les conditions de stockage et de production du combustible et la gamme de puissance sont présentés en annexe.

E. RESSOURCES BOIS DU TERRITOIRE GEA

Les ressources disponibles sur le territoire ont été étudiées en détail par Biomasse Normandie dans le cadre de son étude de mars 2014 *Etude d'opportunité pour le développement d'une filière bois-énergie sur le territoire du Grand Évreux Agglomération*. Explicit reprend et illustre les résultats de cette étude :

« La ressource disponible sur le territoire est d'environ **85 000 MWh/an**, l'essentiel de cette ressource (90 %) est située en forêt, l'évaluation réalisée est probablement surestimée en raison du prélèvement de bois de chauffage qui est non déclaré et difficile à évaluer.

Dans le cadre d'un avis prudent sur cette évaluation et sur la part non évaluée du bois-bûche, Biomasse Normandie indique, que par rapport aux pratiques actuelles, on peut prévoir une mobilisation additionnelle 10 000 à 15 000 t/an (21 000 à 31 000 MWh/an). »

	Potentiel valorisable pour le chauffage (tonnes/an)	Fraction de la production disponible (en t/an)	Fraction de la production disponible (en MWh/an)
Forêts – hors peuplements pauvres	20 700	17 800	39 500
Forêts – peuplements pauvres	18 800	15 900	33 000
Haies	750	250	700
Peupleraies	80	30	75
Bosquets et arbres épars	2 700	1 800	900
Vergers	850	650	1 900
Jardins privés	2 900	970	4 260
Espaces verts publics	1 100	0	0
Sous-produits de l'industrie du bois	0	0	0
Bois collectés en déchèteries de classe A	150	150	570
Bois collectés en déchèteries de classe B	1550	1550	5 830
TOTAL	47 880	39 100	84 575

Figure 33: "Synthèse de la ressource primaire potentiellement mobilisable sur le GEA (Source Explicit d'après Biomasse Normandie)

Le bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et pourrait assurer une partie de la production de chaleur.

Le bois bûche n'est pas adapté aux zones d'activités, au contraire du bois granulés ou de la plaquette.

Quel que soit le combustible, il sera nécessaire de prévoir un volume de stockage suffisant est accessible pour la livraison.

F. EXEMPLE DE CHAUFFERIES INDUSTRIELLES :

CHAUFFERIES DEDIEES

- Depuis 2010, le site IKEA de Saint Quentin Fallavier(38) a mis en place une chaufferie biomasse lui permettant de couvrir 60% de ses besoins en énergie de chauffage. IKEA chauffe ses locaux à 15°. Avec un retour sur investissement de moins de 8 ans ce projet s'inscrit dans une stratégie intitulée «People and Planet Positive» (Objectif 2020 : 100% énergie renouvelable).
- La société ORTRANS (Groupe STVA) situé à Ambérieu en Bugey (01) a réalisé l'installation de 2 chaudières de 600 Kwh chacune et fonctionnant au bois. Economie globale de 350 TCO2/an et 120 T de fioul/an. Cet investissement a été **primé par un trophée d'argent de la logistique durable** au Salon SPILOG 2012.
- L'entreprise Drouin, spécialisée en caisserie et fabrication de contreplaqué, réutilise ses déchets bois pour se chauffer.



Ets Drouin (72) – 3.5 MW / Source : Atlanbois

- L'entreprise Potier, fabricante d'escaliers dans le Morbihan a investi dans trois séchoirs à bois traditionnels alimentés par une chaudière qui consomme leurs déchets de bois, chutes et sciures, pour sécher le bois en fonction de son utilisation finale.



Figure 34: Séchoir à bois de l'entreprise Potier (Source Potier)

- L'entreprise Gauthier Lamelle-collé est équipée depuis 2004 d'une chaudière de 1,5MW qui consomme 600t/an de bois
- A Herbignac, l'usine HCl, filiale du Groupe Eurial, est spécialisée dans la fabrication de mozzarella et le séchage des coproduits du lait. La chaufferie biomasse de 15 MW, mise en route en janvier 2013, fournit 80 % de la vapeur nécessaire au fonctionnement du site, soit 22 tonnes de vapeur / heure à 15 bars. La chaudière est alimentée en bois de recyclage et plaquettes forestières, elle consomme, 30.000 tonnes de bois déchiqueté / an et permet d'économiser 15.000 tonnes / an de CO₂.



Figure 35: chaufferie de l'entreprise HCl

RESEAU DE CHALEUR

Un réseau porté par le SVL de Bressuire (79) dessert de la petite industrie et du tertiaire depuis 1998, alimenté par le tri des déchets de bois issus des activités du Syndicat du Val de Loire.

NB : suite à la disparition d'une société qui consommait près de la moitié des besoins, un redimensionnement de la chaufferie a été nécessaire.

V.3.8. RECUPERATION D'ENERGIE

A. SUR LES PROCESS

En fonction des procédés industriels utilisés, il est possible de récupérer de l'énergie (chaleur fatale, groupes froids, etc.) pour alimenter une entreprise voisine ou un besoin au sein de l'entreprise.

Le potentiel d'énergie récupérée devra être étudié au cas par cas.

Il conviendra, lors de la commercialisation des parcelles, de mettre en relation et de positionner les potentiels producteurs de chaleur fatale avec les potentiels consommateurs. La mise en place d'un « service commun énergie » ou d'une Energy Manager sur la ZAC pourrait répondre à cette problématique.

EXEMPLE : RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES GROUPES FROIDS

Les machines frigorifiques fonctionnent grâce à un cycle thermodynamique : le refroidissement côté évaporateur produit simultanément de la chaleur côté condenseur.

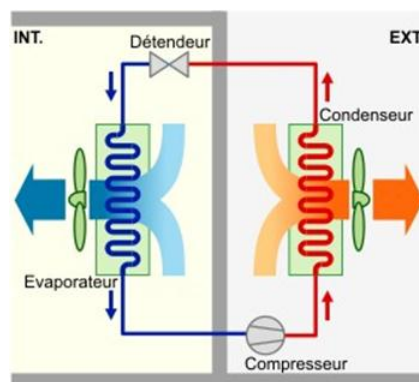


Figure 36: principe de la machine frigorifique

L'idée est donc de récupérer cette chaleur pour pré-chauffer de l'air ou de l'eau à une température moyenne pour assurer un bon rendement.

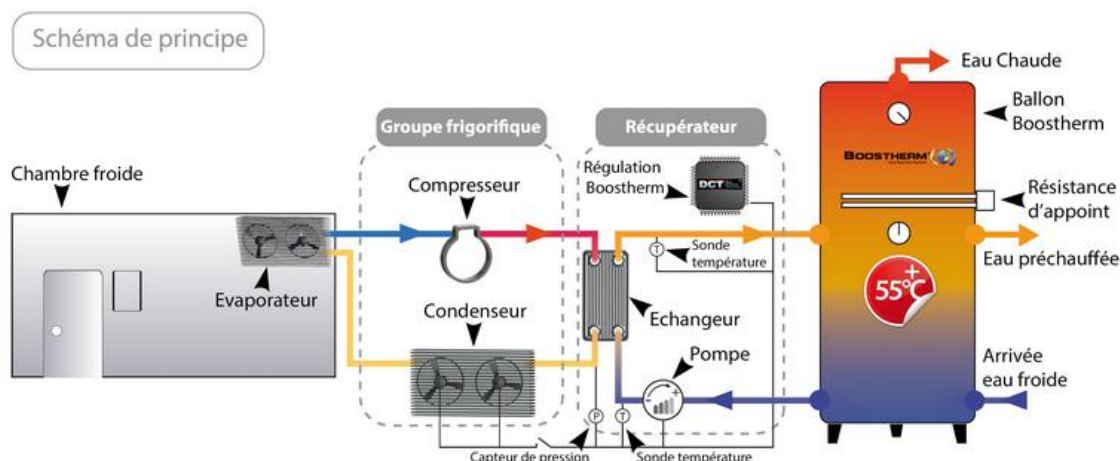


Figure 37: principe du dispositif (source Boosterm)

Grâce à un échangeur, la chaleur émise au condenseur est récupérée pour préchauffer l'eau d'un ballon qui dispose par ailleurs d'un appoint (hydraulique ou électrique).

B. SYSTEME DE VALORISATION DE L'AIR CHAUD SOUS LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES



Il existe également des systèmes de fixation qui permettent de récupérer la chaleur de l'air circulant sous les panneaux photovoltaïques. Cet air est ensuite utilisé en fonction des besoins dans le bâtiment ou le process (production d'eau chaude, séchage, etc.). Un dispositif aérodynamique permet d'aspirer l'air chaud et de l'amener à l'endroit souhaité dans le bâtiment, avec des caractéristiques de débit et de température programmables en fonction des besoins.

Figure 38: installation de récupération d'énergie sous panneaux PV (Source: EPC Solaire)

V.3.9. LE RESEAU DE CHALEUR DE LA VILLE D'EVREUX

La ville est équipée d'un réseau de chaleur alimenté par des énergies renouvelables :

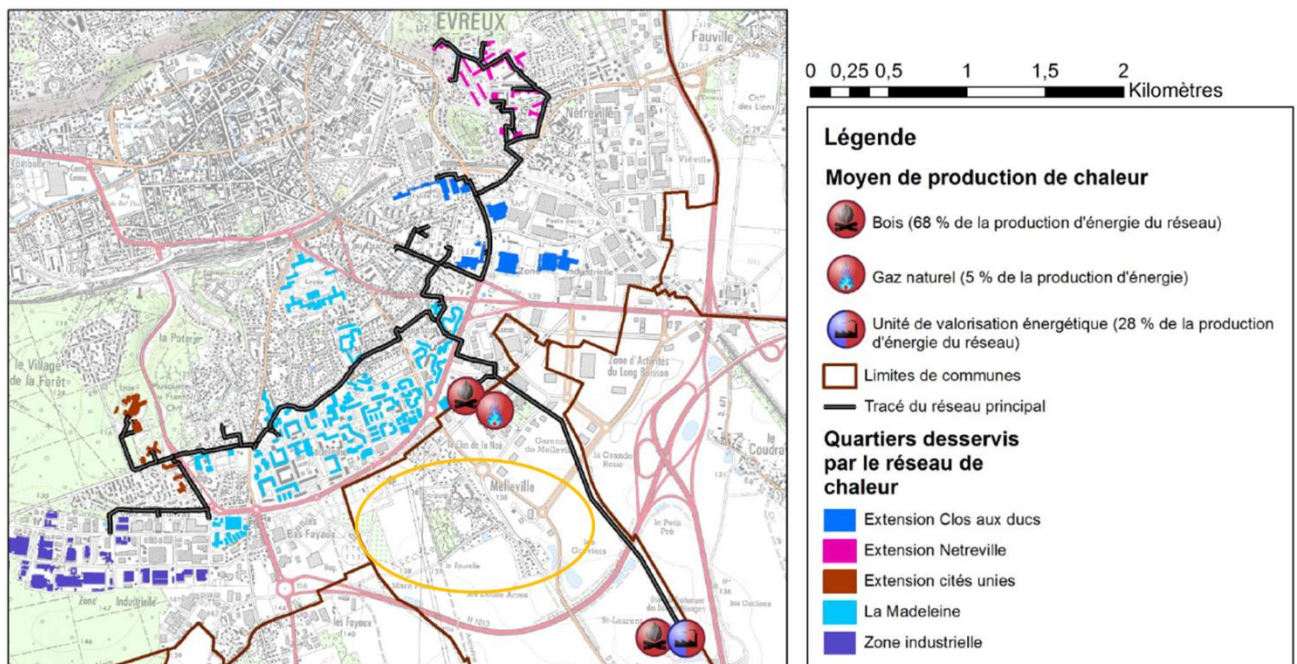


Figure 39: carte du réseau de chaleur de la ville d'Evreux (Source: Explicit, fond de carte IGN)

Le réseau de chaleur passe à proximité du site, il pourrait être pertinent de l'étendre pour alimenter les futurs bâtiments du PA Long Buisson 3, en particulier le pôle aqua-ludique, équipement qui aura de forts besoins en chaleur.

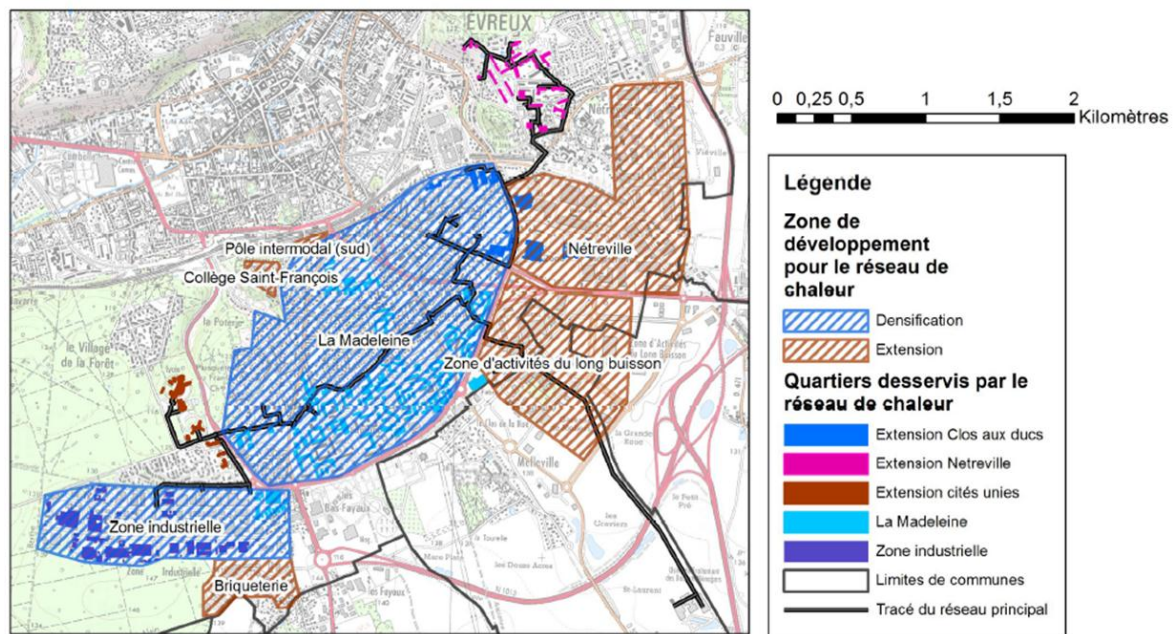


Figure 40: Zones de développement pour le réseau de chaleur (Source Explicit)

Une étude de faisabilité d'extension du réseau pour alimenter le futur pôle aqueduc et les bâtiments du PA Long Buisson III devra être programmée par le service gestionnaire pour confirmer l'intérêt et la faisabilité de l'extension.

V.4. SYNTHÈSE DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LA ZONE

Energie	Potentiel du terrain	Conditions de mobilisation
Petit éolien	+	Etude précise des vents à réaliser en phase réalisation et après la construction des bâtiments
Grand éolien	-	Impossible à moins de 500 m d'une zone d'habitation, + servitude aérienne
Solaire	+++	Orientation Sud des bâtiments et conception bioclimatique Réaliser un modèle 3D pour évaluer précisément l'ensoleillement et notamment les ombres portées des bâtiments et de la végétation
Apports passifs	+++	Conception bioclimatique (maximiser les apports solaires en hiver, s'en protéger en été)
Solaire thermique	++	Panneaux solaires thermiques en toiture et/ou brises-soleil (étude approfondie à réaliser). Besoins d'eau chaude importants. Orientation sud des toitures ou toits terrasses
Solaire photovoltaïque	+++	Panneaux photovoltaïques : prévoir une étude de faisabilité pour déterminer la faisabilité technico-économique et les possibilités de positionnement (en toiture, en brise-soleil, en ombrière de parking, sur des candélabres, ...) Orientation Sud des toitures ou toits terrasses
Géothermie		
sur sol	+	La réalisation d'un forage test et d'une étude de faisabilité est indispensable pour confirmer le potentiel et déterminer les modalités d'exploitation.
sur nappe	+	
Récupération d'énergie sur les eaux usées		
En pied de bâtiment	++	-Bâtiment de taille significative + évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes
STEP	-	-Valorisation possible
Biogaz	-	Pas d'installation de production à proximité
Hydraulique (électricité)	-	Cours d'eau non exploitable
Bois	+++	Prévoir stockage et approvisionnement Filière bois énergie régionale en cours de structuration
Récupération d'énergie	++	Potentiel à confirmer en fonction des activités installées sur le PA
Réseau de chaleur Evreux	++	Potentiel à confirmer par une étude de faisabilité

Figure 41 : Synthèse du potentiel du site vis-à-vis des énergies renouvelables

L'énergie solaire passive et active, l'énergie bois, la récupération d'énergie sur les eaux usées et la récupération d'énergie sur les process présentent un potentiel de développement. Les grandes lignes sur les conditions de mobilisation sont données en annexe.

V.5. SYNTHÈSE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ENERGIES MOBILISABLES

FORMES D'ENERGIE	ATOUTS/AVANTAGES	CONTRAINTES/INCONVENIENTS
ELECTRICITE	Disponibilité <i>A réserver aux usages spécifiques</i>	Coût élevé Faible rendement global, gestion des déchets nucléaires, contexte tendu en hiver en Bretagne
FIOUL	-	Très fort impact environnemental
PROPANE	Impact environnemental plus limité que le fioul	Positionnement des cuves ou réseau gaz
BOIS – ENR	Disponibilité de la ressource Filière créatrice d'emplois locaux Chaufferie mutualisée possible	Densité énergétique à valider pour la mise en œuvre de réseaux Niveau d'automatisation à adapter en fonction des utilisateurs Nécessité de mettre en place une logistique d'approvisionnement La qualité du combustible doit être maîtrisée afin d'éviter l'émission de substances polluantes
SOLAIRE – ENR	Site dégagé Energie gratuite Différentes technologies concernant le solaire photovoltaïque peuvent favoriser une intégration au bâti et au milieu urbain (verrières, façade, mobilier urbain, ...) Performante, la technologie du solaire thermique a atteint sa maturité. Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 25 ans. Le coût du solaire thermique est très abordable, c'est une énergie consommée sur place	Contrainte d'orientation Sud et nécessité d'une pente du site favorable Contraintes liées aux ombres portées (bâtiment et végétation) Conflit d'usage des toitures (occupation de surface importante par les panneaux solaires) Le coût peut être élevé pour le photovoltaïque Le photovoltaïque sera en général réinjecté sur le réseau, aussi le réseau local doit pouvoir accueillir la production des installations.
PETIT EOLIEN-ENR	Energie renouvelable Plusieurs formes de technologies existent et peuvent facilement s'intégrer au paysage urbain	Productivité faible, matériels non encore optimisés Nuisance sonores potentielles « Effet d'abris » du milieu urbain qui limite la productibilité
POMPE A CHALEUR SUR AIR	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (Air)	COP moyen annuel faible Appel de puissance électrique en hiver Nuisances sonores Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène
POMPE A CHALEUR SUR SONDES GEOTHERMIQUE	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (sol, eau)	Appel de puissance électrique en hiver Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène
GEOTHERMIE PROFONDE– ENR	Système performant Peu intégrer un bouquet énergétique en tête de réseau de chaleur	Coût élevé de mise en œuvre Pas adapté à des projets individuels
RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES	Energie de récupération Ressource disponible toute l'année Système simple	Ne fonctionne que simultanément à la demande Contraintes techniques : <ul style="list-style-type: none"> - débits d'eaux usées >10l/s - Diamètre collecteur >500 mm - Distance bâtiment-collecteur <200 m

Figure 42: Synthèse sur l'impact environnemental des énergies mobilisables

ENR : énergie renouvelable

VI. PHASE 2 : DETERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DU QUARTIER

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

Il s'agit donc :

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

VI.1. USAGES ENERGETIQUES ATTENDUS

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

- **L'énergie liée au fonctionnement des bâtiments**
- **L'éclairage public**
- **L'énergie consommée par les transports**
- **L'énergie grise mobilisée par la construction des bâtiments**

VI.1.1. LES USAGES LIES AUX BATIMENTS

Les bâtiments d'une zone d'activités ont des besoins énergétiques qui peuvent être décomposés en besoins de :

- Chaleur : chauffage, eau chaude, vapeur
- Froid : climatisation, chambre froide
- Electricité spécifique : éclairage, ventilateurs, circulateurs, pompes, machines-outils, moteurs etc.

Les bâtiments à usage d'activités ont des **besoins très spécifiques qui peuvent varier de 1 à 1000 en fonction de leurs activités**. Par ailleurs, la consommation énergétique des espaces tertiaires associés à ces activités (bureaux, salles de réunion, sanitaires) est tout à fait négligeable en proportion.

Cette étude va permettre de montrer ces disparités de besoins en fonction de la destination des bâtiments et de voir quels types d'énergies renouvelables pourraient être utilisées sur le site. En l'absence de descriptif précis des futures entreprises accueillies sur le site à ce stade de l'étude, **un exemple sera étudié pour montrer l'impact environnemental possible de ce parc d'activités et la place que pourront prendre les énergies renouvelables pour limiter cet impact.**

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

VI.1.2. LES AUTRES USAGES

A. L'ECLAIRAGE PUBLIC

Ce poste est supporté directement par les collectivités.

B. LES TRANSPORTS

Ces consommations d'énergie liées aux véhicules individuels et aux transports collectifs ont un impact important sur l'effet de serre qu'il convient d'évaluer.

C. L'ENERGIE GRISE

L'énergie grise peut être définie comme l'énergie fossile nécessaire à la fabrication et au transport des matériaux.

Dans le cadre de la réalisation d'une zone d'activités qui va nécessiter une forte mobilisation des métiers du bâtiment, il peut être intéressant d'encourager l'usage de matériaux à faible énergie grise et dont la mise en œuvre limite les risques sur la santé des ouvriers et des utilisateurs des bâtiments.

Par exemple : favoriser des solutions alternatives aux laines minérales pour l'isolation des bâtiments.

Dans un bâtiment très performant, la part de l'énergie grise dans le cycle de vie du bâtiment devient prépondérante par rapport à l'énergie consommée au cours de la vie du bâtiment.

La suite de l'étude n'intègrera pas l'énergie grise des matériaux mais ils sont importants à considérer dans l'optique d'une diminution globale de l'impact énergétique global de la future zone urbanisée

VI.2. ESTIMATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES BATIMENTS EN FIN D'OPERATION

La disparité des besoins énergétiques des activités intermédiaires ou de services est très importante. De fait, toute projection sur la consommation énergétique est irréaliste, tant l'écart entre les besoins de deux entreprises et donc deux procédés peut être grand.

Nous évaluons les besoins en énergie des bâtiments à partir de ratios issus de recherches bibliographiques (Ademe, Conclusions du Groupe de travail « Plan Bâtiment Grenelle ») et de notre expérience en diagnostic énergétique de bâtiments d'activités.

Le tableau suivant présente les hypothèses de besoins énergétiques que nous avons considérés :

	ratio kWh/m ² de SDP	dont chaleur	dont électricité
<i>PMI-PME et Compte propre</i>	200	50%	50%
<i>Logistique et grande entreprises</i>	150	30%	70%
<i>Tertiaire et Commerce</i>	60	60%	40%
<i>Centre aqua ludique</i>	270	60%	40%

Figure 43 : Hypothèses de ratios énergétiques dans l'exemple étudié

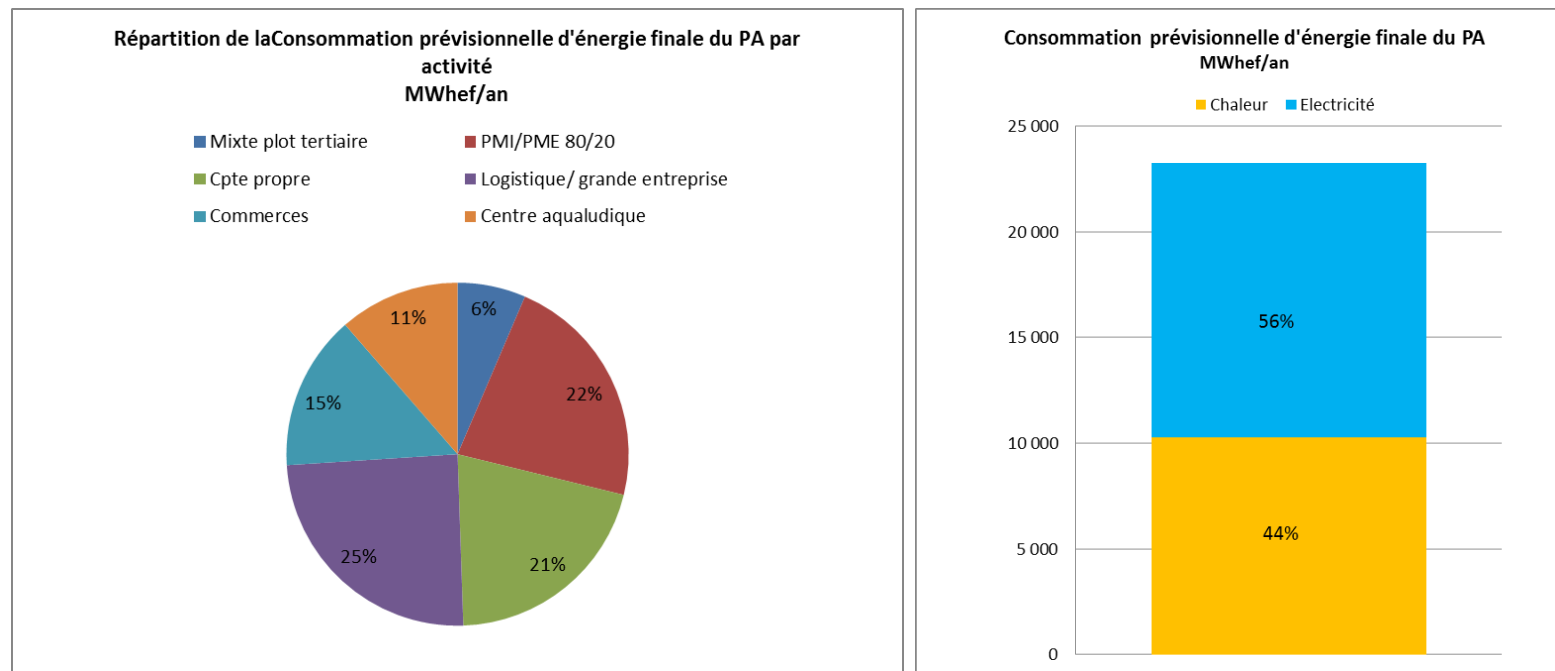
Sur la base des hypothèses de surface consacrée à chaque type d'activité, nous obtenons les estimations de consommations énergétiques du Parc d'Activités suivantes :

Consommations prévisionnelles en énergie finale (MWh/an)	Mixte plot tertiaire	PMI/PME 80/20	Cpte propre	Logistique/ grande entreprise	Commerces	Centre aqualudique	Total
SDP totale	12 600 m ²	26 100 m ²	24 000 m ²	37 900 m ²	28 350 m ²	9 850 m ²	100 600 m²
Chaleur	605	2 610	2 400	1 706	1 361	1 595	10 300
Electricité	907	2 610	2 400	3 980	2 041	1 032	12 950
Consommation totale Tranche 1 (MWh_{ef}/an)	1 500	5 200	4 800	5 700	3 400	2 650	23 250

Figure 44: Hypothèses de besoins énergétiques annuels par type d'activité

Ainsi, suivant nos hypothèses, la consommation d'énergie finale de l'opération s'élèverait à environ **23 250 MWh/an**.

Ces résultats sont également présentés sous forme de graphiques :



L'activité petite logistique et grande entreprises représente la part la plus importante (25%) dans le bilan énergétique du parc d'activités.

Le deuxième graphique met en évidence la répartition chaleur / électricité dans les consommations d'énergie. Les consommations d'électricité représentent la majorité de la consommation d'énergie à l'échelle du PA.

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

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

VII.1. PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR MICRO-EOLIENNES

Le relief du site ne présente pas d'obstacle majeur au vent à la différence de la végétation et des futurs bâtiments.

Ordre de grandeur :

La mise en place d'une petite éolienne permet de produire environ 5 600 kWh/an, pour un coût d'investissement de l'ordre de 15 000€ (hors Génie civil).

Les mâts doivent être espacés d'environ H+10 m (H : hauteur de l'éolienne, pâles incluses), soit pour une éolienne de 12m : 22m.

En zone construite, il est préférable de positionner des petites éoliennes en toiture pour minimiser les turbulences liées aux constructions.

Compte tenu de la configuration du projet et des surfaces de toiture, on considère qu'il serait possible d'en implanter environ 150, soit une **production annuelle totale potentielle de 850 MWh**.

VII.2. PRODUCTION DE CHALEUR ET/OU D'ELECTRICITE PAR ENERGIE SOLAIRE

La mise en place de panneaux solaires, thermiques ou photovoltaïques, est envisageable en toiture des bâtiments.

Pour cette estimation, on considère que tous les bâtiments ont une toiture Bac Acier inclinée à environ 3% et qu'en moyenne 1/3 de la surface de toiture peut recevoir des panneaux solaires thermiques ou 50% de la toiture peut recevoir des panneaux solaires photovoltaïques.

Par approximation, on considère que :

- 1/3 de la SDP totale du projet peut accueillir des panneaux solaires thermiques.
- 50% de la SDP totale du projet accueille des panneaux solaires photovoltaïques.

Ce qui correspond à :

- 46 270 m² de panneaux solaires thermiques ou 69 400 m² de panneaux solaires photovoltaïques pour l'ensemble du Parc d'activité.

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

Le tableau suivant donne la productibilité annuelle des différents types de technologies, issue du bilan des Appels à projet Solaire de l'Ademe en Bretagne :

Productibilité annuelle	Electricité (kWh/kWc)	Chaleur (kWh/m²)
Capteurs en toiture	1 025	350
Capteurs en brise soleil	1 000	350
Membrane en toiture	950	

Pour ces estimations, nous considérons que les emprises constructibles seront positionnées en fonction des ombres portées des haies de manière à éviter leur impact sur les toitures.

Vu l'inclinaison d'environ 3% des panneaux solaire photovoltaïques, on considère une baisse de performance de 12,5% (Cf. Figure 25) pour la production d'électricité.

VII.3. PRODUCTION DE CHALEUR PAR BOIS ENERGIE

Suivant la technologie utilisée et le type de combustible, la couverture des besoins varie.

En moyenne on peut considérer qu'une chaudière bois granulés correctement dimensionnée permet de couvrir 100% des besoins de chaleur d'un bâtiment et une chaudière bois plaquettes 80%. Il conviendra de vérifier la disponibilité du combustible sur le territoire par une étude d'approvisionnement.

VII.4. SYNTHESE

Le tableau suivant récapitule la quantité d'énergie productible et le taux de couverture induit pour les énergies renouvelables dont le potentiel de développement est intéressant ou quantifiable sur le site :

Energie	Technologie	Productible Moyen (MWh/an)		Taux de couverture moyen par les EnR		
		Chaleur	Electricité	Besoins de Chaleur	Besoins d'Electricité	Besoins totaux d'Energie
	Besoins	10 300	12 950			
Solaire	Panneaux solaires thermiques	16200	0	157%	0%	80%
	Panneaux solaire photovoltaïque	0	6200	0%	48%	31%
Bois	Chaudière bois granulés	10 300	0	100%	0%	51%
	Chaudière bois plaquette	8250	0	80%	0%	41%
Eolien	Micro-éoliennes	7350	0	71%	0%	36%

Figure 45: Taux de couverture des besoins possible par type d'EnR

La récupération d'énergie sur les eaux usées ou sur les process est une source pertinente qu'il conviendra d'envisager mais il n'est pas possible de déterminer une quantité d'énergie productible sans connaître les futures entreprises et les procédés qu'elles utiliseront.

VII.5. EXEMPLES D'INTEGRATION D'ENERGIES RENOUVELABLES SUR UN PARC D'ACTIVITES

Le tableau suivant présente un panorama des besoins énergétiques possibles sur un parc d'activités. Le recours possible aux énergies renouvelables est présenté en regard.

Besoins en énergie	exemple	Solaire thermique	Solaire passif (type solarwall®)	Solaire photovoltaïque (en compensation)	Chaudière biomasse/réseau de chaleur ENR	Co-génération	Pompes à chaleur efficaces (type absorption gaz)
Chauffage de locaux	locaux tertiaires et entrepôts	✓	✓		✓		
Besoins thermiques basse ou moyenne température	industries qui nécessitent par exemple des opérations de lavage : agroalimentaire, pharmacie, cosmétiques	✓			✓	✓	✓
Besoins thermiques haute température sous forme d'eau chaude ou de vapeur	agroalimentaire, pharmacie, plasturgie				✓	✓	
Besoins de froid	agroalimentaire, process spécifiques à froid, entrepôts frigorifiques			✓		✓	
Besoin d'électricité spécifique	Toutes activités : éclairage, machines-outils, air comprimé, moteurs, pompes, ventilateurs etc.			✓		✓	

Figure 46 : Panorama des besoins énergétiques possibles et énergies renouvelables utilisables

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

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

Plusieurs scénarios d'approvisionnement en énergie intégrant des énergies renouvelables sont comparés afin d'étudier l'impact énergétique et environnemental de la mobilisation des énergies renouvelables.

VIII.1. PRESENTATION DES SCENARIOS

Nous avons donc étudié 4 scénarios sur l'ensemble des bâtiments du PA. Le but est de « forcer le trait » en considérant que tous les bâtiments du PA ont le même scénario d'approvisionnement en énergie, ce qui ne sera évidemment pas le cas.

Le tableau suivant décrit les scénarios étudiés :

	Chaleur	Electricité spécifique
Scénario 0-Référence	gaz	électricité
Scénario 1 – solaire thermique + gaz	Solaire 50% appoint gaz	électricité
Scénario 2 –gaz+ 25% PV	gaz	Electricité dont 20% de couverture PV autoconsommée
Scénario 3 - biomasse	Bois plaquette	électricité

Le Scénario 1 – solaire thermique + gaz considère une couverture de 50% des besoins en chaleur par du solaire thermique.

Le Scénario 2 – 100% gaz + 25% PV considère une couverture de 25% des besoins en électricité par du solaire photovoltaïque autoconsommé (en considérant que les toitures sont recouvertes de panneaux photovoltaïques et que des ombrières de parking permettent d'atteindre 25% de couverture des besoins)

Le Scénario 3 - biomasse considère une couverture de 100% des besoins en chaleur par de la biomasse.

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

- Des consommations en énergie finale
- De l'impact environnemental (émissions de CO₂)

VIII.2. COMPARAISON DES CONSOMMATIONS EN ENERGIE FINALE

Le graphique suivant permet de comparer, pour chaque scénario, la consommation en énergie facturée attendue sur le site. Cette consommation d'énergie est modulée par rapport aux valeurs calculées en Phase 1 car ces scénarios d'approvisionnement en énergie intègrent de l'énergie gratuite (solaire), des notions de rendement de production ou d'appoint.

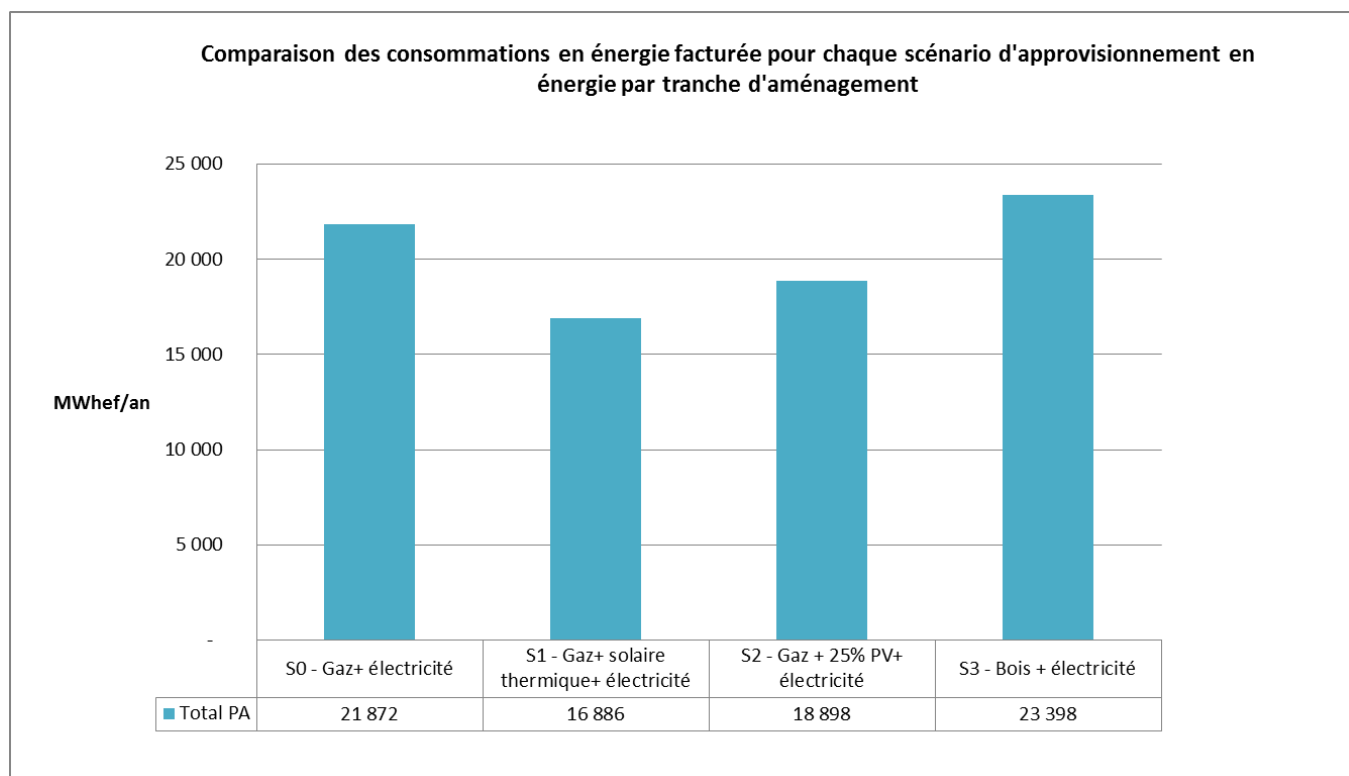


Figure 47 : Comparaison de la consommation d'énergie finale par scénario d'approvisionnement énergétique

Les scénarios les moins énergivores sont les scénarios *S1- Gaz+SolaireThermique+électricité* et *S2-Gaz + 25% solaire PV*: qui bénéficient de l'énergie gratuite du soleil pour la production d'eau chaude ou d'électricité. Le scénario *S3-Bois+électricité* est un peu plus énergivore du fait du rendement de chaudière moins élevé que pour les chaudières gaz à condensation.

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

VIII.3. COMPARAISON DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

L'impact sur l'effet de serre de l'opération peut être déterminé en calculant les quantités équivalentes de CO₂ (Cf. Annexe 5) émises par les bâtiments en fonction des énergies utilisées.

Les graphiques suivants comparent par usage et pour chaque scénario les émissions annuelles de CO₂ évaluées selon nos hypothèses:

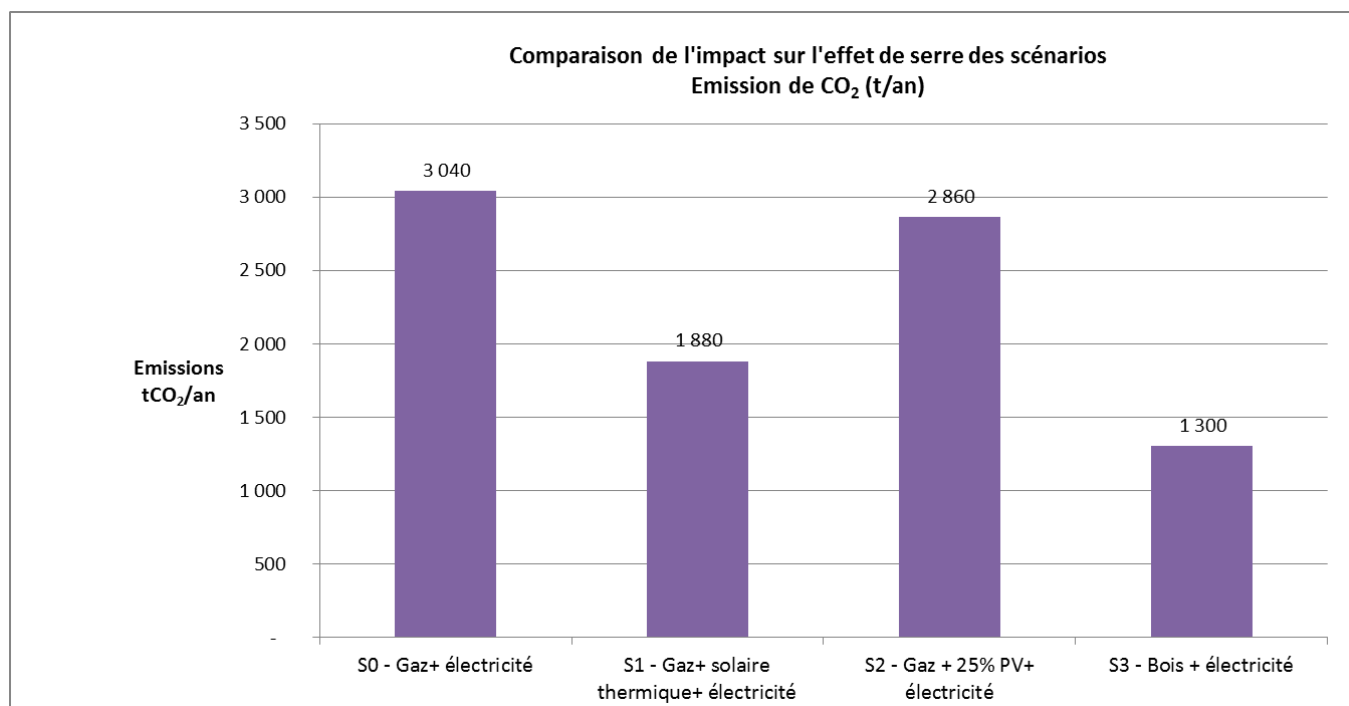


Figure 48: Comparaison des émissions de gaz à effet de serre des scénarios

Le scénario de référence S0 mobilisant le gaz émettrait **2600 tonnes de CO₂** par an pour l'ensemble du PA.

Le scénario 1 mobilisant l'énergie solaire thermique permet de diminuer de **38%** les émissions de CO₂. En effet, une partie du gaz est remplacé par de l'énergie gratuite (le soleil) et non émettrice de CO₂.

Le scénario S3 mobilisant le bois permet de diminuer de **53%** les émissions de CO₂. En effet, le bois a un effet neutre sur l'effet de serre, il stocke du carbone lors de sa croissance (photosynthèse).

Ainsi, le recours aux énergies renouvelables pour la production de chaleur permet de limiter les émissions de gaz à effet de serre.

VIII.4. APPROCHE ECONOMIQUE

Aujourd'hui les futures entreprises du parc d'activités ne sont pas connues, il est donc très délicat d'estimer les besoins énergétiques, tant ceux-ci varient en fonction du type d'activité. De même le coût annuel de chaque solution dépendra du type d'activité et donc des abonnements souscrits.

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

Hypothèses de coût de l'énergie prises en compte :

Le coût de l'énergie est déterminé en fonction du type d'énergie et du type d'activité à partir de l'outil ENERPRIX

	Mixte plot tertiaire	PMI/PME 80/20	Cpte propre	Logistique/ grande entreprise	Commerces	Centre aqualudique		Source
Electricité	0,140	0,124	0,124	0,140	0,140	0,11	€TTC/kWh	Enerprix
Bois Plaquettes	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	€TTC/kWh	Biomasse Normandie
Gaz	0,0487	0,0479	0,0479	0,0488	0,0487	0,044	€TTC/kWh	Enerprix

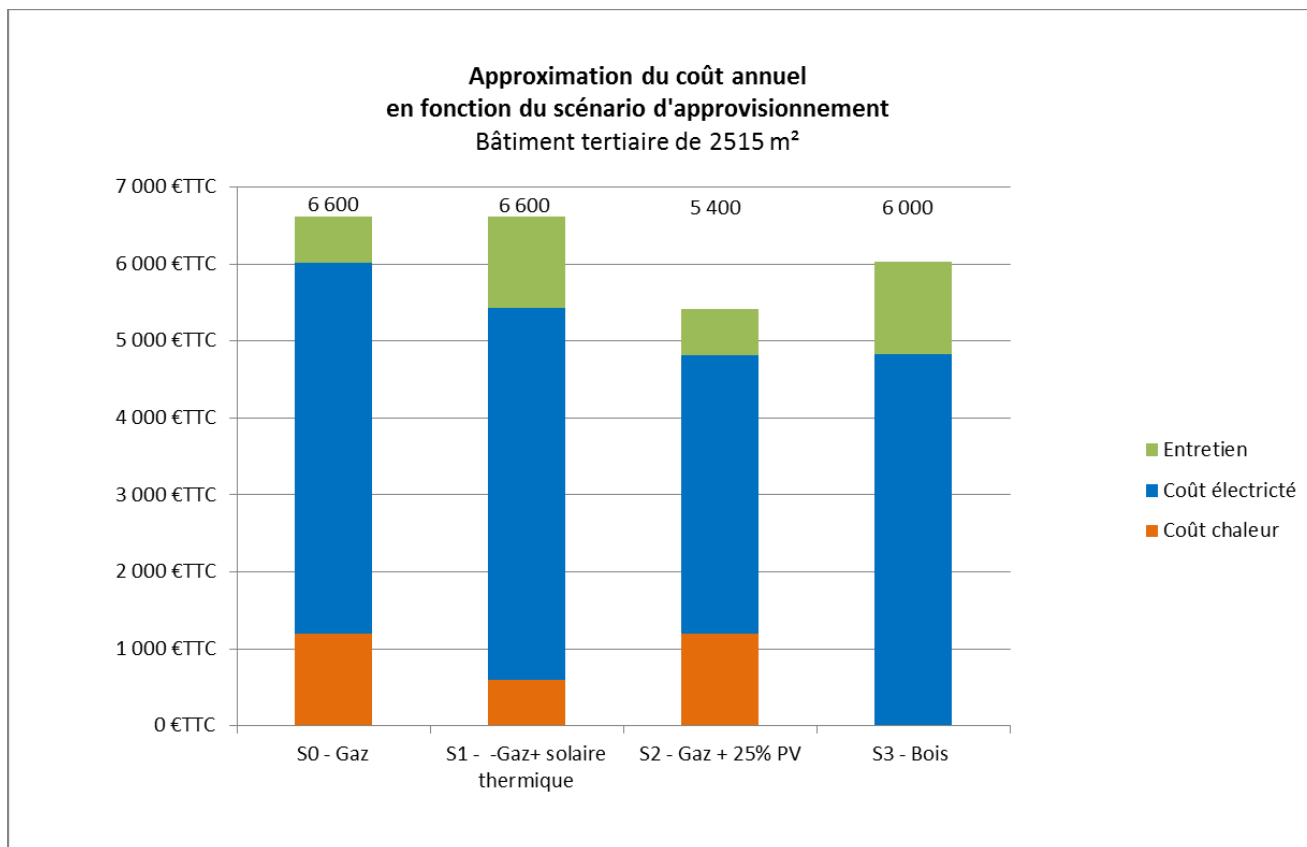
Hypothèse de taux d'inflation :

Taux d'inflation	
énergie fossile	6%
électricité	4%
bois	4%
maintenance	2%

En première approche nous considérons les installations photovoltaïques en autoconsommation. En effet, le tarif de rachat tant à diminuer et dépend de la puissance installé et de la date de raccordement, il n'est donc pas possible d'évaluer le tarif aujourd'hui.

VIII.4.1. ENTREPRISES TERTIAIRES

Le graphique suivant présente une approximation du coût annuel de fonctionnement pour une entreprise tertiaire de 2 515 m² :

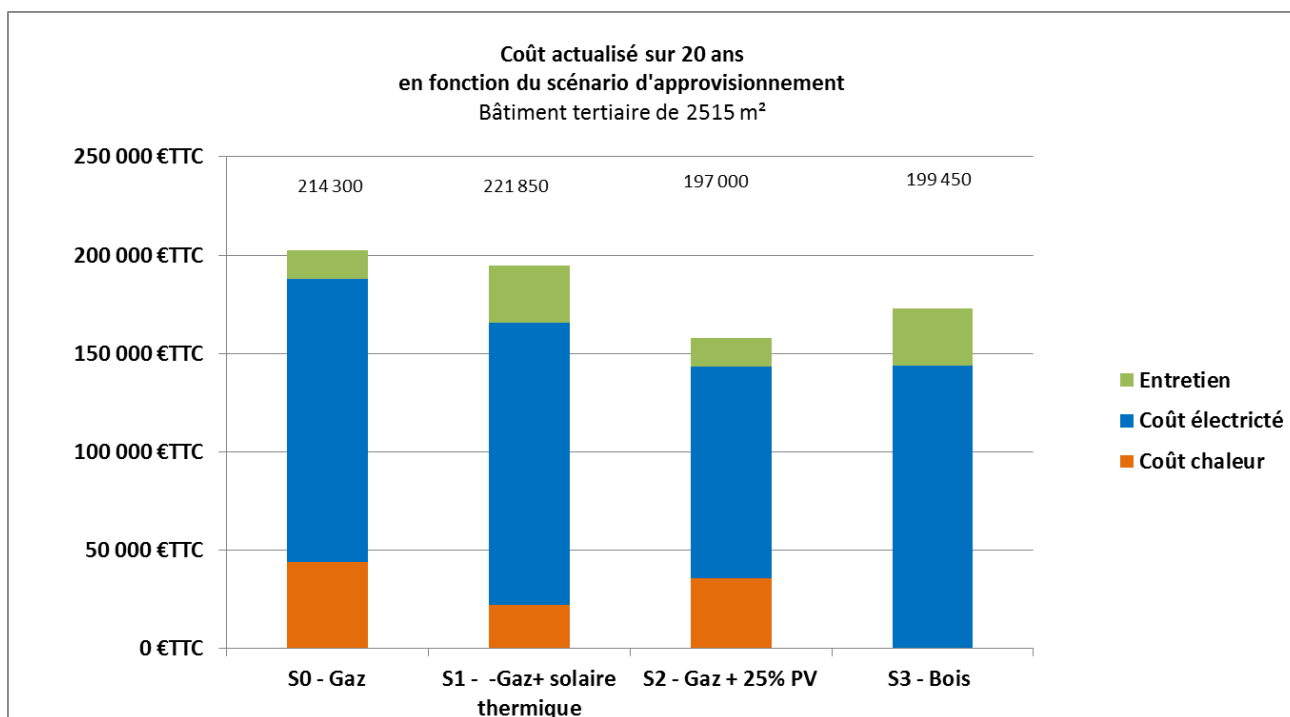


L'électricité représente la grande majorité des dépenses annuelles.

Selon ces hypothèses, le scénario le plus économique la première année serait le scénario 2 Gaz+25% PV.

Les coûts de maintenance sont difficilement évaluable, les opérations de maintenances pouvant être réalisées en interne.

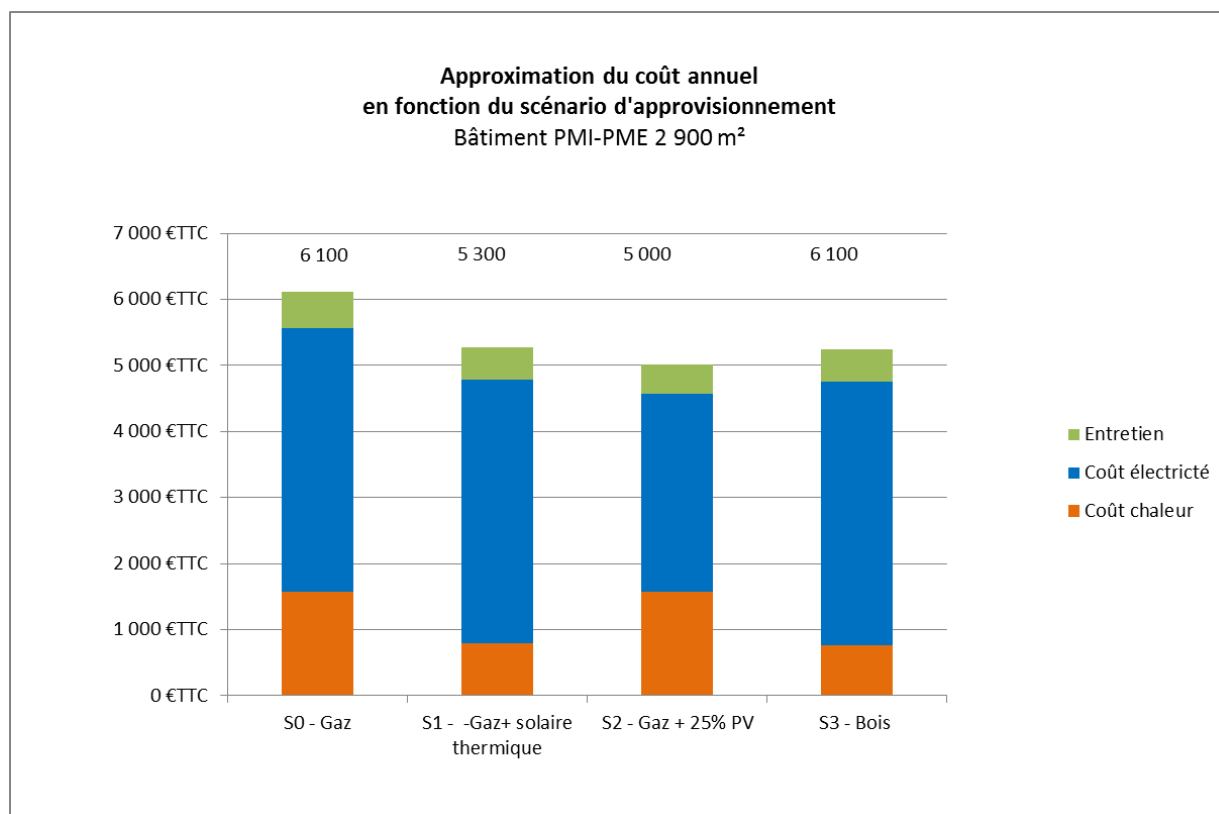
Le graphique suivant présente une approche en coût global sur 20 ans (en tenant compte de l'inflation du prix de l'énergie) :



Le coût global des scénarios S1-Gaz + solaire thermique, S2- Gaz+Solaire Photovoltaïques autoconsommé et S3- Bois rachat est plus faible que pour le scénario de référence 100% Gaz.

VIII.4.2. PMI-PME OU COMPTE PROPRE

Le graphique suivant présente une approximation du coût annuel de fonctionnement pour une entreprise PMI-PME ou Compte propre de 2 900 m² :

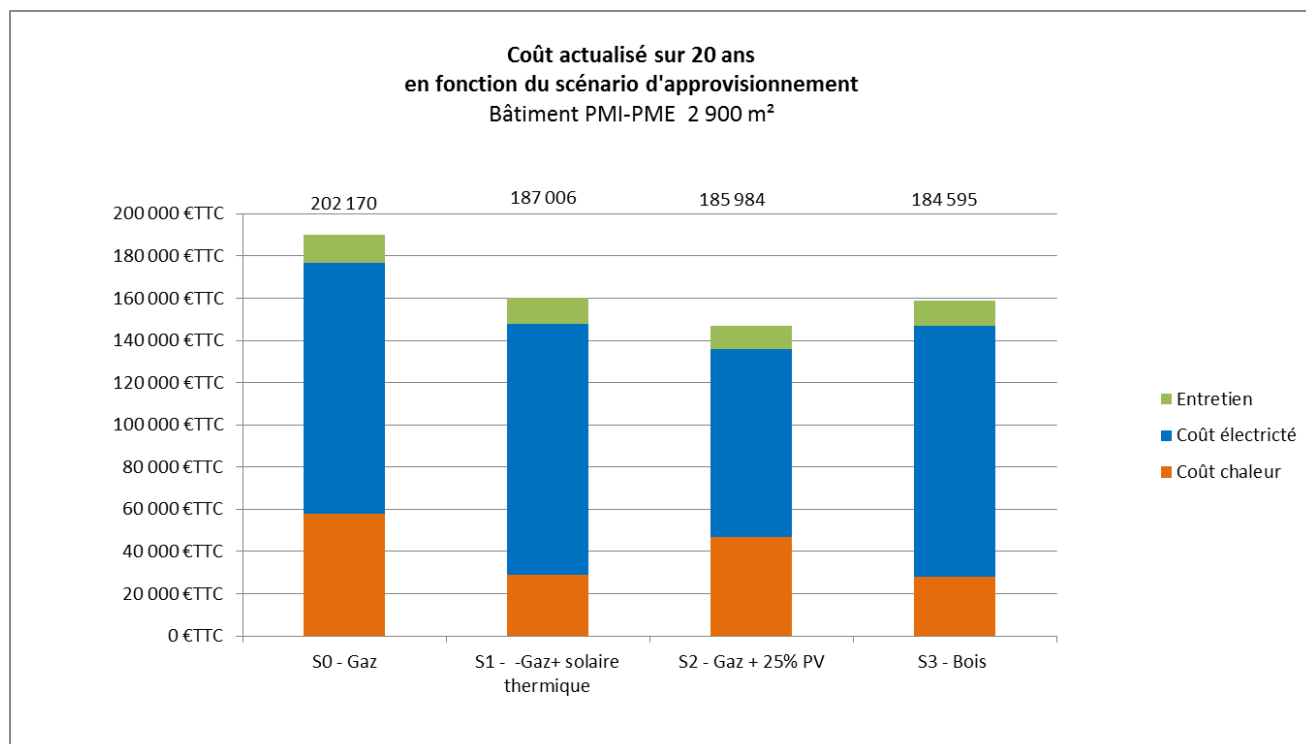


L'électricité (consommation + abonnement) représente la plus grande partie des dépenses annuelles.

Selon ces hypothèses le scénario le plus économique la première année serait le scénario 2-Gaz+PV autoconsommé, l'option rachat n'est pas intéressante.

Comme pour les entreprises de services, les coûts de maintenance sont difficilement évaluables, les opérations de maintenances pouvant être réalisées en interne.

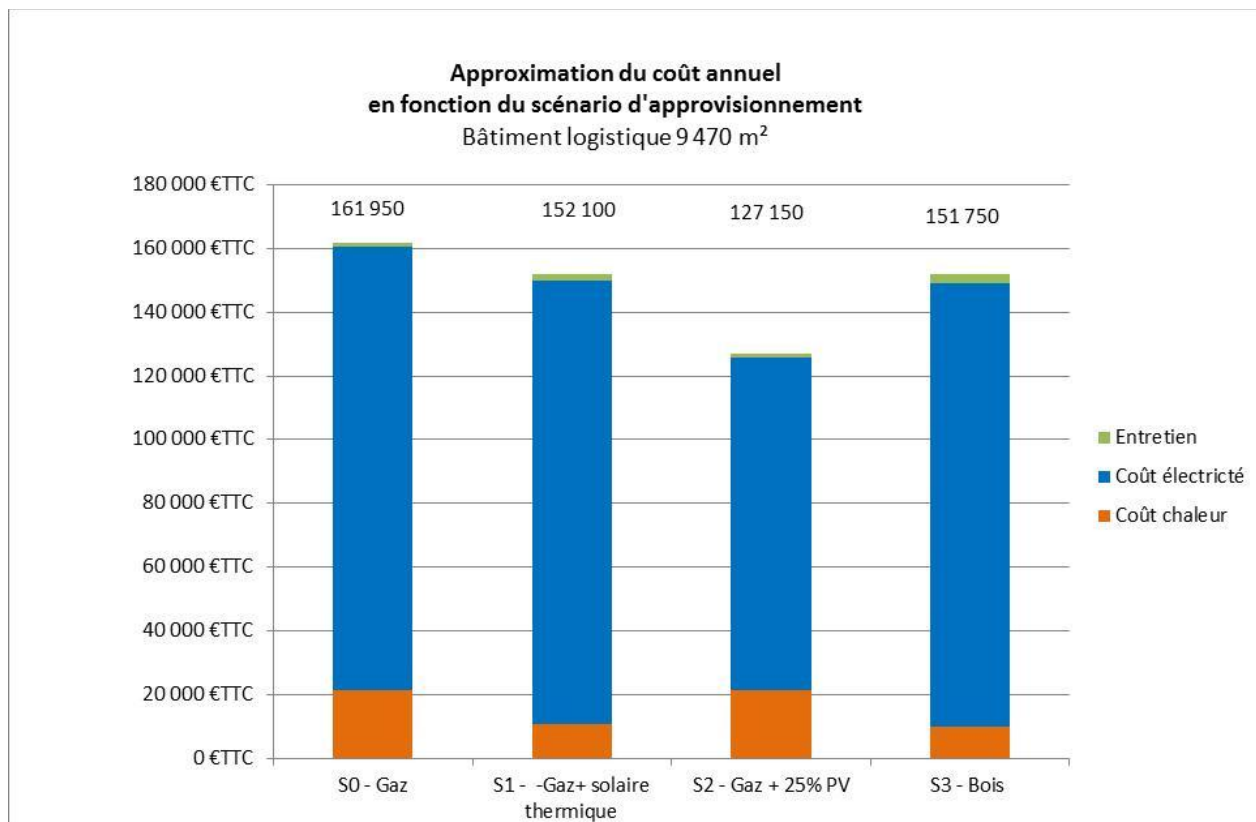
Le graphique suivant présente une approche en coût actualisé sur 20 ans :



Le coût global du scénario S2 gaz + PV autoconsommé est plus faible que pour les autres scénarios, il permet de limiter le coût de l'électricité.

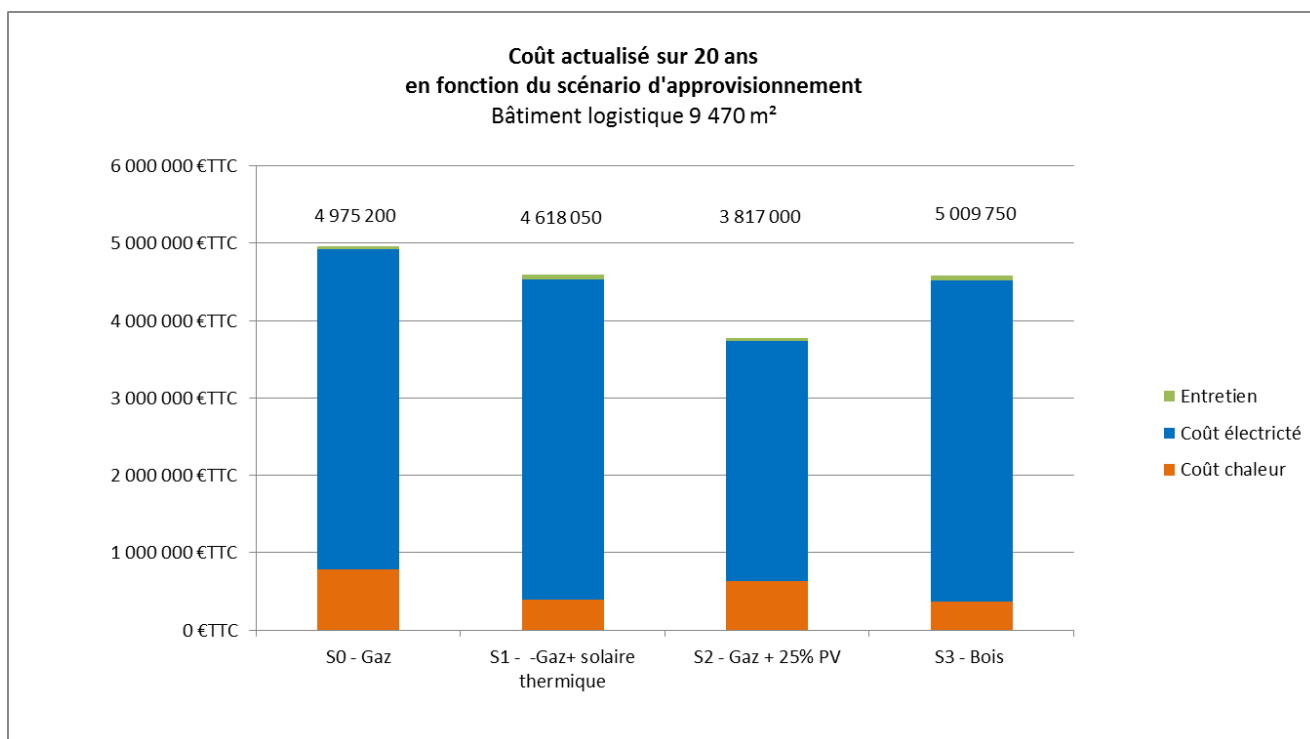
VIII.4.3. LOGISTIQUE OU GRANDE ENTREPRISE

Le graphique suivant présente une approximation du coût annuel de fonctionnement pour un bâtiment de logistique ou grande entreprise 9 470 m² :



Selon ces hypothèses les scénarios les plus économiques la première année seraient les scénarios S2-Gaz+solaire photovoltaïques.

Le graphique suivant présente une approche en coût actualisé sur 20 ans :

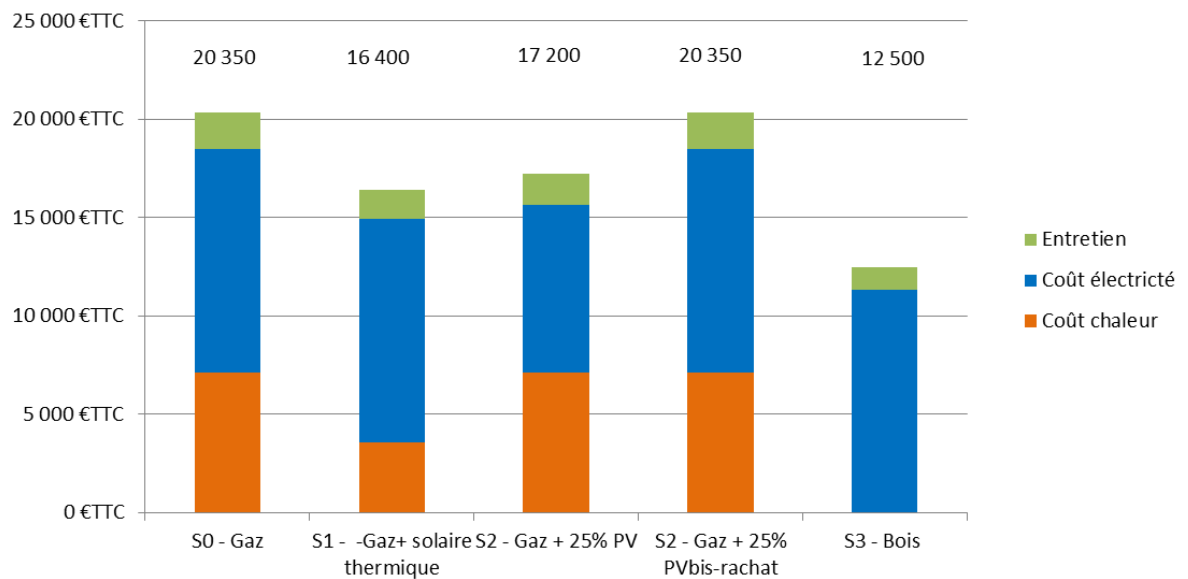


Le coût actualisé du scénario S2 Gaz+ solaire photovoltaïque autoconsommé est plus faible que pour les autres scénarios.

VIII.4.1. CENTRE AQUALUDIQUE

Le graphique suivant présente une approximation du coût annuel de fonctionnement pour le pôle aqualudique 9 850 m² :

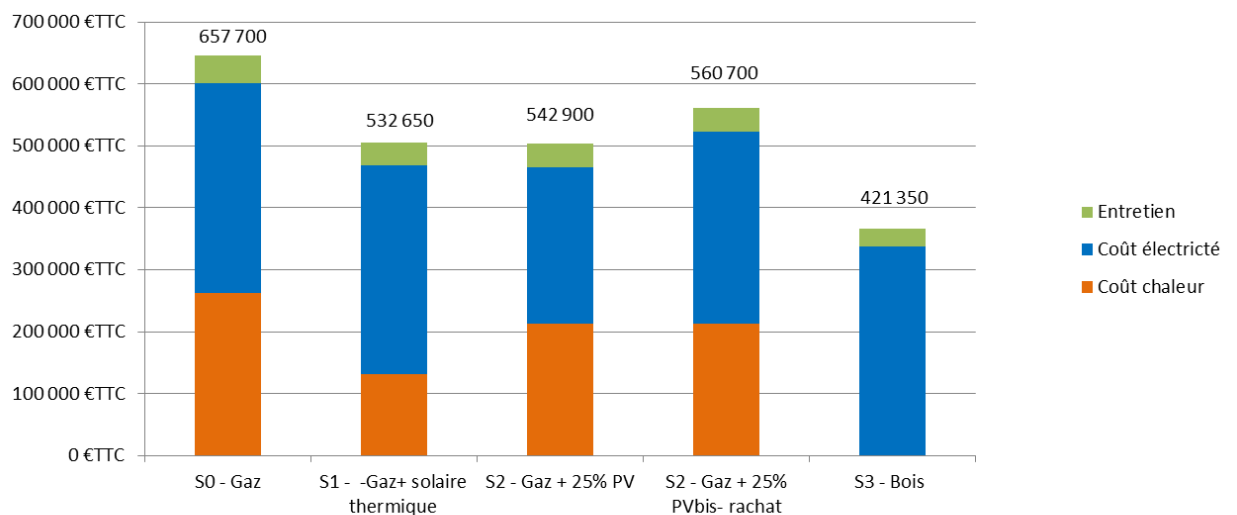
**Approximation du coût annuel
en fonction du scénario d'approvisionnement
centre aqualudique 9 850 m²**



Selon ces hypothèses les scénarios les plus économiques la première année seraient les scénarios S2-Gaz+solaire photovoltaïques.

Le graphique suivant présente une approche en coût actualisé sur 20 ans :

**Coût actualisé sur 20 ans
en fonction du scénario d'approvisionnement
Centre aqualudique 9 850 m²**



Le coût actualisé du scénario S1 Gaz+ solaire thermique est plus faible que pour les autres scénarios.

VIII.4.2. SYNTHÈSE DE L'APPROCHE ECONOMIQUE

Quelque-soit la part des besoins de chaleur l'électricité représente la plus grosse part des dépenses annuelles et actualisées. En effet, le coût du kWh électrique est bien supérieur à celui du gaz ou du bois. La production d'électricité sur site pour l'autoconsommation permet donc de limiter les factures et surtout de sécuriser l'approvisionnement en énergie de l'entreprise.

Cette production d'électricité peut se faire par des panneaux solaires photovoltaïques comme étudiés, mais aussi grâce à une unité de cogénération ou dans une moindre mesure grâce à du micro-éolien.

VIII.5. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES SCÉNARIOS D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

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

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés

Scénario étudié	Critère	Consommation en Energie finale maîtrisée	Impact sur l'effet de serre	Impact économique
S0 : Référence- gaz + électricité				
S1: Gaz + Solaire thermique 50%+ électricité				
S2: Gaz + électricité -- 25% PV				
S3: Bois + électricité				

Figure 49 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critères environnementaux et économiques- scénario 1

LEGENDE

Scénario

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

Ainsi, les scénarios S1-Gaz + Solaire thermique 50%+ électricité et S2- Gaz + Solaire PV autoconsommation présentent une réponse aux critères d'analyse plus favorable.

Pour chaque bâtiment une étude de faisabilité de l'approvisionnement en énergie permettra de s'orienter vers l'énergie la plus adaptée aux besoins (en fonction de l'usage et du bilan énergétique du bâtiment).

IX. PHASE 5 : ETUDE D'OPPORTUNITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTE PAR LES ENR

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

La ville d'Evreux possède un réseau de chaleur (Cf. Figure 39 et Figure 40 p. 57)

Le réseau de chaleur de la ville d'Evreux se déploie sur l'ensemble de la partie sud et sud-est de la ville, il dessert 13 000 équivalents logements. La gestion du réseau est déléguée par la ville à Dalkia, au travers de la société Thermevra.

Le Mix énergétique visé dans le cadre de la délégation est de :

- 77,8 % d'énergies renouvelables (récupération de chaleur sur l'Unité de Valorisation Energétique (UVE) et chaufferie biomasse) fournies par les installations du site ECOVAL du SETOM : un protocole de 90 000 MWh/an a été signé avec le SETOM.
- 17,7 % de bois-énergie de la nouvelle chaufferie biomasse installée route de Saint-André.
- 4,5 % de gaz naturel en appoint avec les anciennes installations de Dalkia (non renouvelable).

Le facteur d'émission actuel du réseau est donc de l'ordre de **0,036 keqCO₂/kWh**

Le réseau passe relativement près du site d'étude qui accueillera des bâtiments potentiellement très consommateurs de chaleur, en particulier le centre aqualudique. L'extension du réseau pour alimenter ce bâtiment semble donc pertinente.

Il est nécessaire d'engager une étude de faisabilité avec l'exploitant afin de déterminer la faisabilité d'une extension.

La fiche réseau de chaleur en annexe p. 134, rappelle la définition du réseau de chaleur, ses avantages et sa prise en compte dans le calcul thermique réglementaire (RT 2012).

L'aménagement du territoire, la mobilisation de ressources locales comme le bois énergie, la mise en place de filières économiques locales créatrices d'emploi de proximité et non délocalisables sont des facteurs décisionnels qui poussent de plus en plus de collectivités à développer des réseaux de chaleur, au-delà de l'optimisation énergétique.

Outre la mobilisation d'énergies renouvelables, un autre avantage technique peut être identifié : la mise en place d'un système centralisé évite la dispersion de générateurs de chaleur dont l'entretien, la fiabilité, et donc l'impact environnemental sont toujours moins maîtrisés qu'un système centralisé.

La mise en œuvre de systèmes centralisés permet également d'envisager plus sereinement une mutation énergétique.

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

- ✓ définir les zones où une étude de faisabilité technico-économique serait à mettre en œuvre pour confirmer l'opportunité identifiée ;
- ✓ définir d'éventuelles incitations ou obligations de mise en œuvre de l'énergie bois dans le règlement de l'opération

Note préliminaire :

L'analyse de densité énergétique est réalisée à partir d'Esquisses de travail permettant de positionner des bâtiments : ces esquisses doivent être considérées comme des exemples et non comme le plan arrêté du projet d'aménagement.

IX.1. NOTION DE DENSITE ENERGETIQUE POUR UN RESEAU DE CHALEUR

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

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

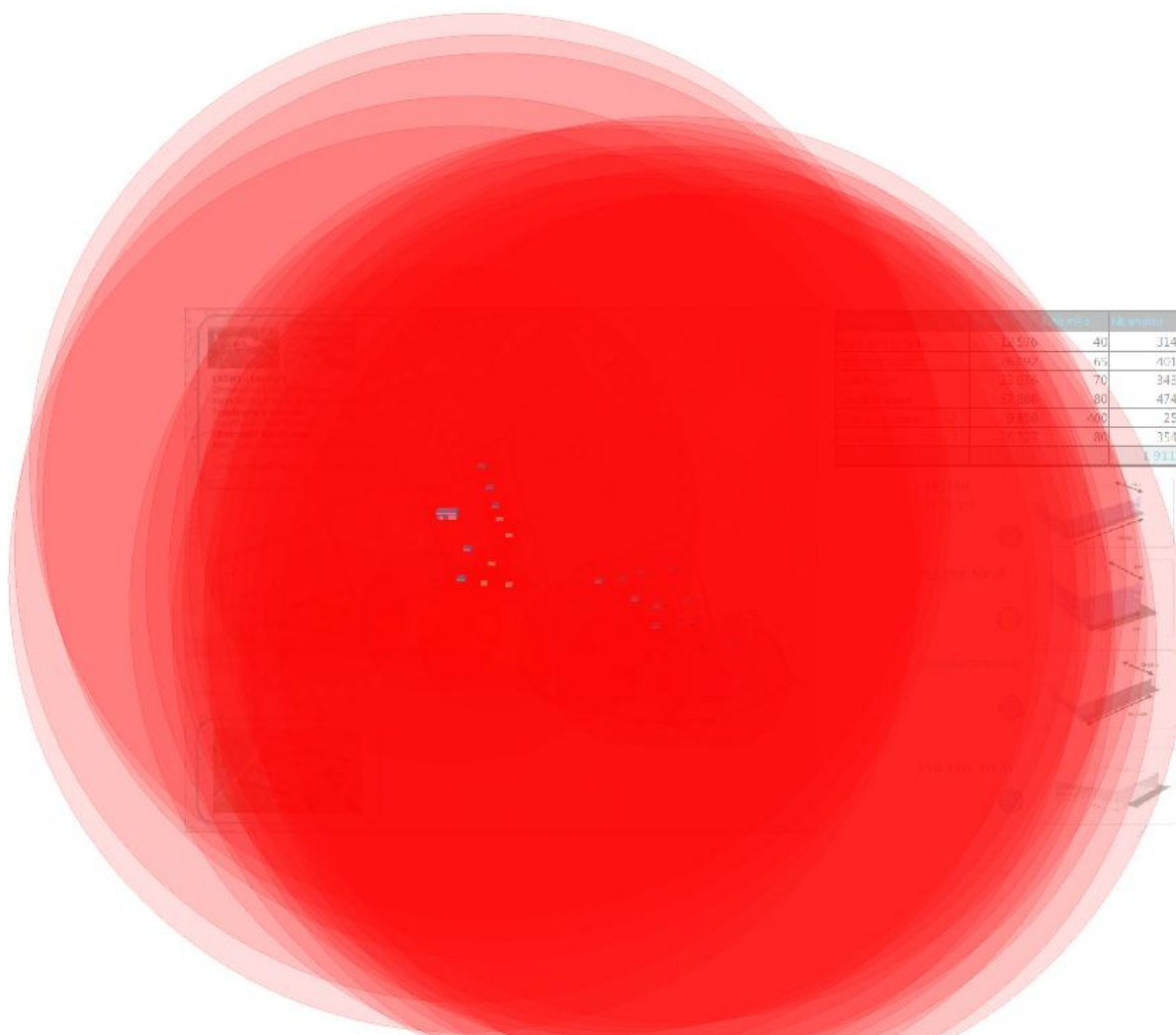
Le critère généralement admis pour évaluer en première approche l'intérêt d'un réseau de chaleur bois est le coefficient qui représente la quantité d'énergie transportée par un mètre de réseau sur une année, exprimé en kWh/ml de réseau de chaleur. En milieu rural, on considère généralement qu'un **réseau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

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

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

IX.2.1. ANALYSE QUALITATIVE :

La figure suivante représente la valeur seuil des 2 000 kWh/ml/an pour un exemple d'implantation de bâtiments. **Les bâtiments potentiellement « raccordables » au réseau sont ceux dont les cercles se chevauchent.**



Analyse qualitative de la densité énergétique à l'échelle du PA pour un exemple d'implantation

Figure 50: Analyse qualitative du critère de densité énergétique pour un exemple d'implantation par scénario de programmation

La figure montre une très forte densité énergétique à l'échelle de la zone, donc la possibilité de créer un réseau à l'échelle de la zone. Nous allons étudier cette opportunité plus précisément.

IX.2.2. ANALYSE QUANTITATIVE :

Nous calculons la densité énergétique de plusieurs configurations de réseaux envisageables :

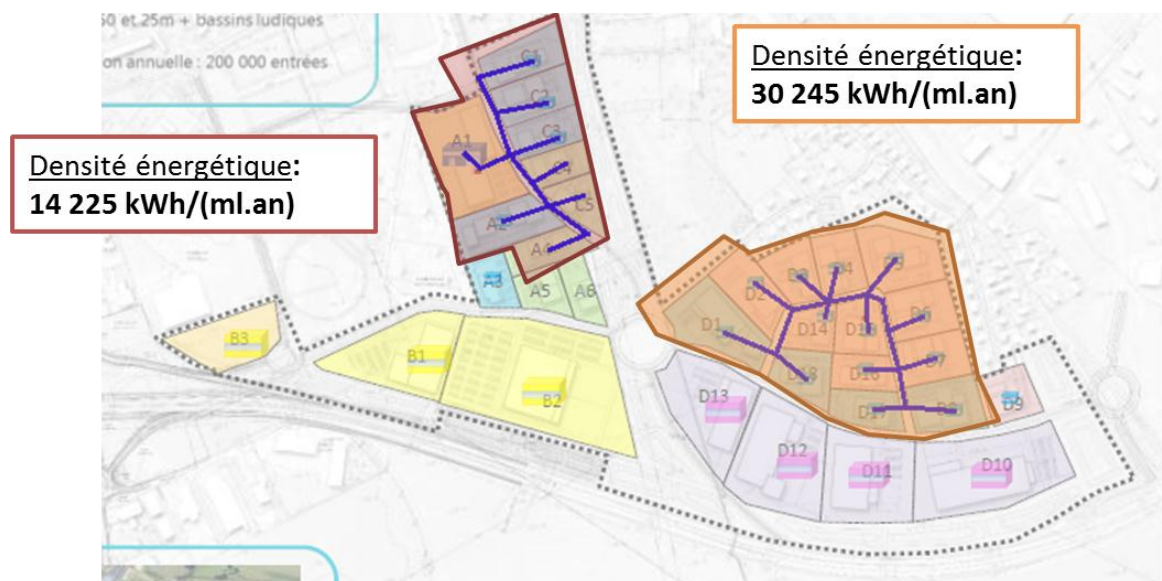


Figure 51: Analyse quantitative du critère de densité énergétique pour un exemple d'implantation

Les densités énergétiques calculées sont largement supérieures à la valeur seuil de 1 500 kWh/ml/an. Il existerait donc une opportunité de créer un réseau à l'échelle de cette zone.

IX.2.3. CONCLUSIONS DE L'ETUDE D'OPPORTUNITÉ

Le niveau de consommations énergétiques de chaleur élevé de certains bâtiments est un atout pour la création d'un réseau de chaleur qui permet d'obtenir une forte densité énergétique.

Une évaluation des critères économiques et environnementaux devra être menée avant de décider l'implantation d'un ou de réseau(x).

En général, il est difficile d'implanter un réseau de chaleur en zone d'activité. En effet, le phasage des travaux de viabilisation et donc de la mise en place de conduite d'un réseau de chaleur, ne coïncide pas avec le phasage d'implantation des entreprises qui peut s'étaler sur plusieurs années. Il est délicat de faire fonctionner ou de rentabiliser un réseau de chaleur sans que tous les utilisateurs finaux soient installés (voir connus). D'autre part, la pérennité d'un réseau est assurée si les besoins en chaleur sont garantis dans le temps. Hors le contexte économique actuel rend incertain la pérennité des activités.

La mise en place d'un réseau de chaleur reste possible aux conditions suivantes :

- Fort besoin de chaleur et demande homogène sur l'année ou une partie de l'année
- Futures entreprises connues avant le début des travaux et installation de ces entreprises concomitante ou conception de réseau permettant l'augmentation progressif de la quantité de chaleur distribuée (installation de chaudières en cascades...)
- Foncier disponible pour la construction de la chaufferie et de l'espace de stockage

A ce stade du projet, les hypothèses concernant les bâtiments sont trop imprécises pour garantir ces résultats. Une étude de faisabilité sur la création d'un réseau de chaleur pourra être menée lorsque les entreprises et donc les activités futures de la zone seront connues. Il sera alors opportun d'étudier plusieurs solutions de réseau de chaleur, notamment biomasse.

En revanche, le bâtiment du centre aqualudique ne présente pas les mêmes contraintes, son raccordement devra être étudié, notamment dans le cadre des futures extensions prévues.

X. PRECONISATIONS POUR LE DEVELOPPEMENT D'ENERGIES RENOUVELABLES EN ZONE D'ACTIVITES ET OPTIMISATION ENERGETIQUES D'UNE ZONE D'ACTIVITES

X.1. PRECONISATIONS EN FAVEUR DES ENERGIES RENOUVELABLES

Ce paragraphe propose quelques pistes de propositions pour développer l'utilisation des énergies renouvelable en zone d'activité.

X.1.1. ENGAGEMENT POLITIQUE ET FINANCIER

- Faire réaliser des forages et une étude de faisabilité géothermie
- Subventionner la réalisation d'études de faisabilité énergies renouvelables (solaire thermique, solaire photovoltaïques, récupération de chaleur...)
- Subventionner la mise en place de système ENR (photovoltaïques)
- Financer des entretiens conseil sur la performance énergétique et les ENR (en phase conception avant le dépôt du PC)
- Mettre en place des mesures incitatives pour le recours au ENR : surface constructible supplémentaire, diminuer le prix du foncier, etc.

X.1.2. COMPOSITION URBAINE

- Orientation Sud des parcelles
- Limites de constructibilité définies de manière à limiter les ombres portées (marges de recul entre bâtiments et végétation, etc.)
- Réserver du foncier pour la construction d'une chaufferie collective et le stockage de bois

X.1.3. ORIENTATIONS DU REGLEMENT

- Encourager/imposer la réalisation d'études de faisabilité pour le développement d'énergies renouvelables (solaire, bois, éolien, géothermie). Cette préconisation a l'avantage de ne pas imposer l'implantation d'ENR mais de favoriser la prise de conscience des possibilités et de l'intérêt de ces solutions.
- Imposer le recours à une énergie renouvelable
- Limiter de hauteur des bâtiments au Sud
- Encourager le recours à un fournisseur d'électricité verte

X.1.4. PRESCRIPTIONS ARCHITECTURALES

A. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DES BATIMENTS

LIMITER LES BESOINS DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION

L'optimisation architecturale des bâtiments grâce à la **conception bioclimatique** permet de diminuer les besoins en chauffage et climatisation et d'assurer le confort des occupants.

Avant de concevoir le bâtiment, une analyse de l'environnement et du climat est nécessaire pour connaître les atouts et contraintes du site. Ensuite, les besoins énergétiques de chaque local du futur bâtiment doivent être identifiés et confrontés avec les caractéristiques locales.

Les besoins de chauffage, hors process industriel, d'un bâtiment d'industrie sont généralement faibles et réduits aux locaux de bureau. En revanche, les locaux frigorifiques ont des besoins de froid élevés. D'autre part, les locaux dédiés au stockage ne nécessitent généralement pas de contrôle de la température.

La démarche d'optimisation architecturale peut être décrite en plusieurs étapes :

- 1- Classer les locaux en fonction de leur température de consigne
- 2- Organiser les locaux de sorte que :
 - les espaces ayant les besoins les plus élevés et à occupation continue soient situés et ouverts en façade sud pour bénéficier des apports solaires gratuits en hiver. Une orientation Sud-Ouest à Sud-Est reste pertinente.
 - les espaces frigorifiques soient situés en façade nord
- 3- Prévoir des protections solaires adaptées et des dispositifs pour évacuer la chaleur afin d'éviter le risque de surchauffe et donc les consommations énergétiques liées à la climatisation.

La réalisation d'une étude du bâtiment en simulation thermique dynamique permet d'optimiser les choix architecturaux et l'enveloppe.

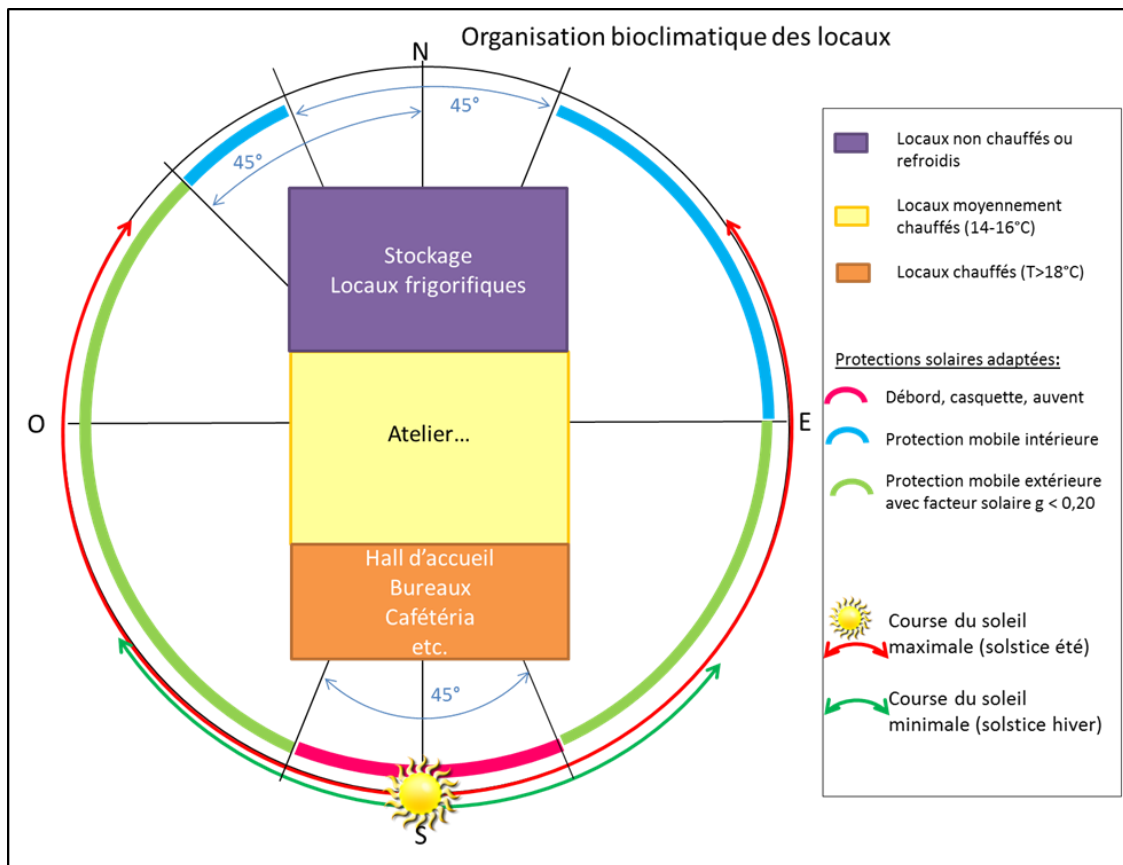


Figure 52: Organisation bioclimatique des locaux

L'annexe [FICHE Energie solaire généralités] présente un rappel sur les apports solaires.

LIMITER LES BESOINS D'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL ET ÉVITER LES RISQUES D'ÉBLOUISSEMENT

Certaines activités attendues sur la zone et en particulier celles de services aux entreprises ou les équipements peuvent être caractérisées par des besoins en électricité très élevés pour l'éclairage.

Pour limiter le recours à l'éclairage artificiel, il est nécessaire de prévoir des ouvertures et des dispositifs de second jour. Dans les locaux où l'activité est sensible à l'éblouissement des protections adaptées devront être mises en place (par exemple des stores intérieurs).



Figure 53: Lanterneau d'éclairage zénithal (Source : Ecofil)



Figure 54: Solatub (Source At Archthings)

Une étude du confort visuel, notamment la réalisation d'un calcul de FLJ (Facteur de Lumière Jour) pourra être menée pour dimensionner correctement les ouvertures et les protections contre l'éblouissement.

B. PRESCRIPTIONS

- Encourager/ imposer les toitures terrasses (quel que soit l'orientation du bâtiment, une toiture terrasse sera adaptée à l'implantation de panneaux solaires, au contraire d'une toiture shed mal orientée)
- Imposer le regroupement des installations techniques afin de laisser de la surface libre en toiture pour intégrer des panneaux solaires.
- Imposer la mise en place de panneaux solaires photovoltaïques
- Encourager/ imposer le recours à l'éclairage naturel
- Encourager/ imposer la réalisation d'une étude d'optimisation de l'éclairage naturel
- Encourager la démarche de conception en haute Qualité Environnementale (HQE) selon le référentiel Certivéa

X.2. PRECONISATIONS LIEES A LA MAITRISE DE L'ENERGIE

Aujourd'hui, il n'est pas possible de dissocier le recours aux énergies renouvelables de la performance énergétique.

Ce paragraphe détaille des préconisations et des recommandations pour l'optimisation énergétique d'une zone d'activités en s'appuyant sur des exemples précis de projets réalisés.

Un certain nombre de publications sont disponibles à ce sujet, des extraits sont présentés dans ce paragraphe.

Nous proposons un certain nombre de préconisations dont la mise en œuvre par Saint-Malo Agglomération va dépendre de la volonté de s'inscrire dans une démarche plus ou moins exigeante sur le volet énergétique :

Niveau
d'exigence

-

+



- Mise en place de **compteurs d'énergie** sur toutes les installations
- Imposer un **suivi des énergies consommées** sur le site : ce suivi doit pouvoir **positionner l'industrie par rapport à sa branche**
- Nommer un responsable énergie référent pour la collectivité dans chaque entreprise
- Information des entreprises sur les certificats d'économie d'énergie
- Demander la réalisation d'un Bilan carbone à chaque entreprise
- Impulser une démarche de **Symbiose industrielle** : démarche de concertation sur les besoins énergétiques des entreprises du site. (voir paragraphe C Ecologie industrielle)
- Mettre en place un Club des responsables énergies du PA pour les forcer à échanger
- Imposer qu'un **pourcentage des besoins en énergie** du PA soit réalisé grâce aux énergies renouvelables.

X.3. POUR ALLER PLUS LOIN : PRECONISATIONS LIEES AUX ECONOMIES D'ENERGIES PROCESS

L'ensemble des techniques présentées ci-dessus est adaptable au contexte d'activités industrielles et/ou artisanales ou de services.

Cependant, le niveau de consommation énergétique général des industries **conduira de manière privilégiée à travailler sur les économies d'énergie sur les process.**

Exemples sur les besoins en électricité : moteurs basse consommation, variation de vitesse sur l'air comprimé et sur les groupes frigorifiques, récupérateurs de chaleur sur les fumées de chaufferie, sur les effluents chauds, éclairage performants etc.

Exemple sur les besoins en chaleur :

- optimisation de la régulation des process, optimisation des réseaux (longueurs de tuyauterie, pertes de charges etc.) isolation des process etc.
- La récupération de chaleur sur les eaux usées peut également être une piste à explorer : système de type Power-Pipe™ sur les eaux grises, ou directement sur les canalisations d'EU. De même la récupération de chaleur sur les groupes froids peut être intéressante
- Optimisation de la maintenance et du suivi des consommations.

L'annexe 6 présente des solutions techniques d'optimisation énergétiques par type d'activité

Bibliographie :

Entreprises, optimisez vos consommations énergétiques, ADEME, 2003, 83p, ISBN 2-86817-713-1.

X.4. ECOLOGIE INDUSTRIELLE

Le projet Comethe propose des outils et méthodes pour la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle, disponibles sur le site <http://www.comethe.org>.

X.4.1. PRINCIPES ET ENJEUX

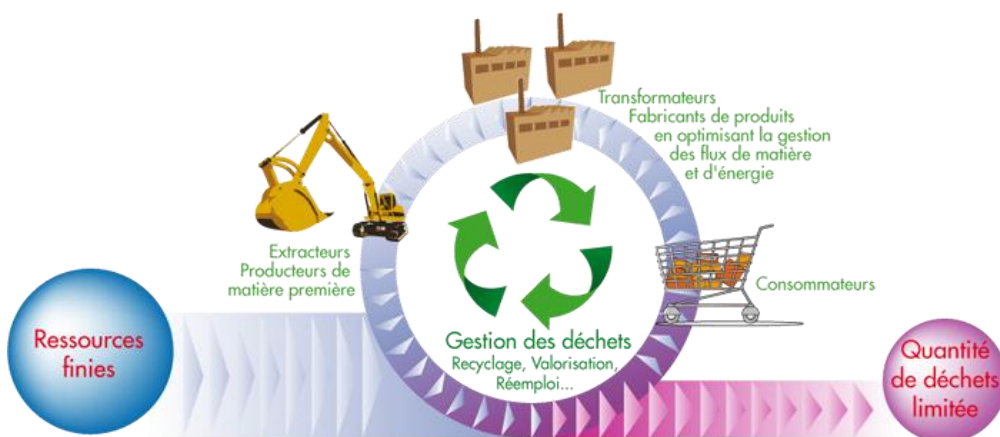
La démarche d'écologie industrielle pense le système industriel comme un cycle. Le système industriel est alors apparenté à un écosystème naturel - avec ses flux entrants et sortants de matière, d'énergie et d'information - dont le fonctionnement peut ainsi évoluer vers un mode durable et efficace ou rien ne se perd grâce à une étroite coopération des entreprises (échanges d'informations, transferts énergétiques et hydriques, réutilisation de déchets industriels dans le cycle de production, mutualisation des services ...).

A. FONCTIONNEMENT LINEAIRE DES SYSTEMES "INDUSTRIELS" CLASSIQUES



Intégrer une démarche d'écologie industrielle permet d'une part, d'optimiser la gestion des flux de matières et d'énergie à travers la mise en œuvre de synergies de substitution et de mutualisation de ces flux, et d'autre part, de limiter l'impact environnemental des activités en mettant en place des filières de recyclage, valorisation, réemploi, etc. de produits.

B. FONCTIONNEMENT CIRCULAIRE DES SYSTEMES ECO-INDUSTRIELS



Un des enjeux de l'écologie industrielle est donc l'augmentation de l'efficacité de l'utilisation des ressources afin d'aboutir à une **situation « gagnant – gagnant » pour l'économie et l'environnement.**

Quatre grands principes permettent de répondre à cet enjeu :

- Valoriser systématiquement les déchets : en leur réattribuant une valeur économique, il devient plus intéressant de les valoriser, à l'image des écosystèmes naturels à l'intérieur desquels les déchets, ou co-produits, des uns deviennent les ressources des autres.
- Minimiser les pertes par dissipation des produits tout au long de leurs cycles de vie (pesticides, solvants, etc.).
- Dématérialiser l'économie par la minimisation des flux totaux de matière, tout en assurant des services au moins équivalents (économie de fonctionnalité, etc.).
- Décarboniser l'énergie qui, depuis un siècle et demi, est principalement obtenue à partir d'hydrocarbures d'origine fossile (charbon, pétrole, gaz), responsables de nombreux problèmes tels que l'augmentation de l'effet de serre, les marées noires, etc.

X.4.2. INTERET D'UNE DEMARCHE D'ECOLOGIE INDUSTRIELLE SUR UNE ZONE D'ACTIVITES

A. POUR LES ENTREPRISES :

- Adopter une stratégie innovante avec une valeur ajoutée environnementale
- Améliorer l'éco-efficacité de l'entreprise
- Réaliser des économies d'échelle (mutualisations, partage d'équipements)
- Réduire les coûts d'approvisionnement en matières premières et de traitement des déchets
- Générer de nouveaux revenus par la vente de sous-produits (valorisation)
- Améliorer l'image de l'entreprise aux yeux des clients et des fournisseurs, des riverains, de la société civile

B. POUR LES COLLECTIVITES :

- Réduire la consommation de ressources naturelles, les pollutions et les nuisances
- Réhabiliter une zone d'activités en parc éco-industriel
- Améliorer l'attractivité et l'image de la zone d'activités et du territoire
- Dynamiser le développement économique du territoire
- Relocaliser les activités à proximité de ressources primaires ou secondaires nouvellement identifiées (éviter les délocalisations)
- Consolider le marché local de l'emploi et l'ancrage des entreprises sur le territoire

X.4.3. DEMARCHE

La création d'une zone d'activités facilite la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle. Un guide méthodologique sur la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle en zone d'activités, réalisé par l'Orée est téléchargeable à la page <http://www.oree.org/publications/guide-ecologie-industrielle.html>.

Ce guide détaille la démarche et la méthodologie de mise en œuvre sur des exemples d'expériences françaises et internationales.

La méthode peut être décomposée en 3 phases résumées ci-dessous.

A. LA PHASE PRELIMINAIRE

La phase préliminaire doit permettre à la fois d'évaluer mais aussi de mettre en évidence l'intérêt d'une Démarche d'Ecologie Industrielle pour le territoire et sa pertinence en terme stratégique pour les entreprises et les collectivités. En effet, l'engagement dans le projet passe nécessairement par une compréhension commune et une appropriation de la démarche par ces acteurs-clé. Concrètement, cette phase se structure autour de quatre grandes étapes : le lancement de la démarche, la réalisation d'une étude d'opportunité et de pré-diagnostic de la zone d'activités, la mise en œuvre d'un processus de concertation, l'engagement effectif des parties prenantes dans le projet (phases suivantes).

B. LA PHASE D'ETUDE ET DE CONCEPTION DU PROJET

Un diagnostic approfondi peut alors être initié, qui donnera lieu à une Analyse des Flux de Matière et d'Energie (AFME) visant à révéler le potentiel synergique du territoire. Les pistes de synergies identifiées feront ensuite l'objet d'études de faisabilité et d'impact sur la base de critères environnementaux, technico-économiques, réglementaires mais aussi sociaux. Forts de ces éléments, les décideurs pourront s'orienter vers un scénario de qualification ou de requalification du parc d'activités qui correspondra à leurs préférences. Cette phase, généralement qualifiée d'Avant-Projet, doit déboucher sur la mise au point de documents formalisant l'organisation et le déroulement du projet (Programme d'action, charte, cahiers des charges, business plan, etc.).

C. LA PHASE DE MISE EN ŒUVRE OPERATIONNELLE

La réalisation des aménagements et des actions est orchestrée par le(s) maître(s) d'œuvre, en relation avec le(s) maître(s) d'ouvrage. Elle commence par la réception du cahier des charges et se clôture par la livraison des ouvrages et/ou la mise en production des synergies de mutualisation et de substitution préalablement identifiées, et par conséquent les services et les équipements ou encore les activités d'interface nécessaires. L'essentiel est de faire en sorte que maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre s'entendent sur une méthode commune et sur leurs responsabilités respectives.

Le suivi de la démarche passe à la fois par l'évaluation des réalisations et par une animation dynamique. L'enjeu est de pérenniser dans le temps les actions collectives entreprises et de maintenir la mobilisation des acteurs. La perspective doit être celle d'une amélioration continue, en termes d'optimisation du bouclage des flux de matière et d'énergie et plus largement de gestion durable du parc d'activités, mais également en vue d'une diffusion de la démarche à l'échelle du territoire.

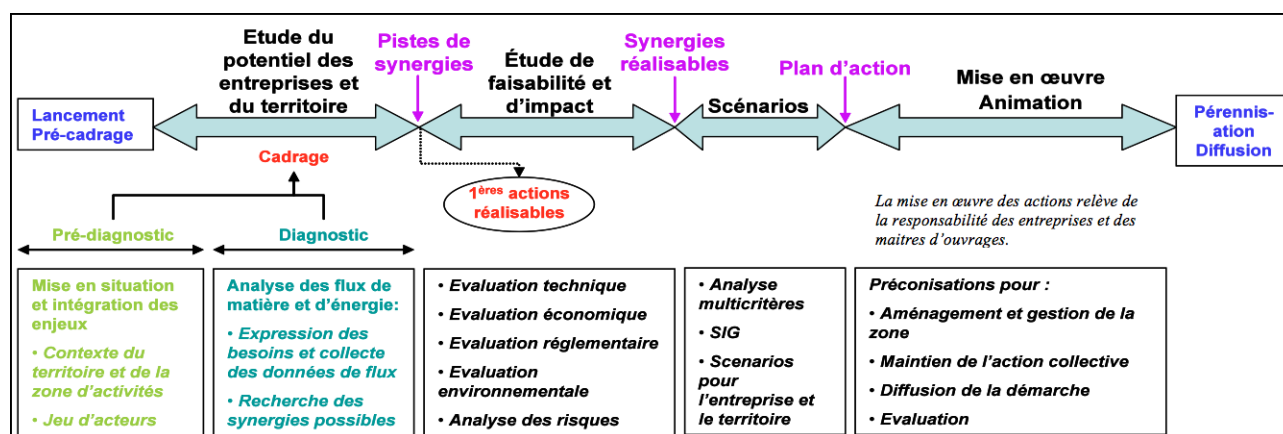


Figure 55: Les étapes de la mise en place d'une démarche d'écologie industrielle (Source Comethe)

X.5. QUELQUES EXEMPLES

A. OPTIMISATION DU BATIMENT

Le *Book éco-construction* édité par le réseau des CCI Bretonnes a pour objectif d'apporter une aide aux entreprises pour appliquer les principes du développement durable à un projet de construction ou de rénovation.

Ce Book est téléchargeable à la page <http://www.eco-construisons.org/Le-book-742-0-0-0.html>

Ci-dessous nous vous proposons des exemples tirés de ce book.

ENTREPRISE CERECO



L'entreprise **CERECO** à Domagné (35), spécialisée dans la production de céréales bio pour le petit déjeuner, a agrandi ses locaux en suivant une démarche d'éco-conception. Le bien être des salariés a été placé au cœur des réflexions.

- ➔ Mise en œuvre de matériaux écologiques respectueux de l'environnement (structure bois, isolation en laine de chanvre et laine de bois, briques alvéolaires)
- ➔ Eclairage naturel favorisé
- ➔ Production d'énergie renouvelable: panneaux solaires photovoltaïques en toiture



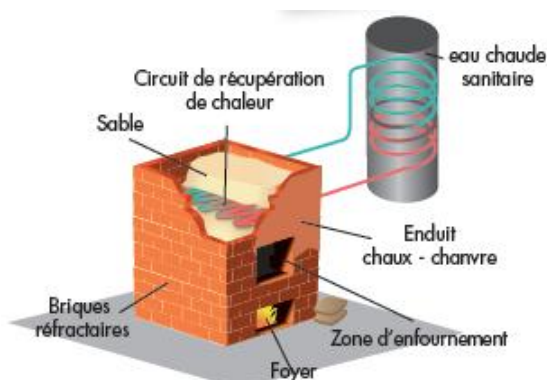
ENTREPRISE BARA GOEL TOAZ



Pour ses nouveaux locaux, la boulangerie BARA GOEL TOAZ à Saint-Thégonnec (29) a rénové un ancien hangar en suivant la démarche haute qualité environnementale.

Ainsi l'entreprise a installé un système de VMC Double Flux afin d'assurer la qualité de l'air intérieure et la récupération de chaleur sur l'air extrait. De plus, des panneaux photovoltaïques recouvrent le pan de toiture sud.

B. OPTIMISATION DES PROCEDES



La boulangerie BARA GOEL TOAZ a également fait le choix de fours performants (isolés et à haute efficacité) avec un système de récupération de chaleur sur ces fours pour produire l'eau chaude sanitaire.

C. ECOLOGIE INDUSTRIELLE

DUNKERQUE

Les zones industrielles de Petite Synthe et Grande Synthe sont des zones d'activités anciennes de plus de 40 ans. Elles comptent plus de 160 entreprises et génèrent plus de 6000 emplois. Dans les années 90, les entreprises se sont réunies en clubs pour tenter de gérer des problèmes communs. Les industriels ont rapidement vu l'intérêt d'une approche par l'écologie industrielle pour réduire les impacts environnementaux tout en améliorant la compétitivité du tissu industriel local grâce à des synergies entre sites.

En février 2001, une association de type loi 1901 est créée : ECOPAL (Ecologie et Economie Partenaires dans l'Action Locale).

La mission d'ECOPAL est de promouvoir l'écologie industrielle en rassemblant les industriels intéressés par le concept, avec la participation des institutionnels et de la société civile. Son ambition est de favoriser l'émergence de projets, même modestes, en identifiant des synergies potentielles entre industriels.

L'association ECOPAL aide un réseau de plus de 200 entreprises du bassin dunkerquois à la mise en place de synergies entre-elles (mutualisation des moyens pour les collectes des déchets, réutilisation de flux perdus, diagnostic des consommations d'énergie et d'eau, recherche de filières de valorisation de déchets, sensibilisation et information des entreprises sur les bonnes pratiques environnementales).

Les actions mises en place :

Action	Description	Intérêts
Collectes mutualisées de déchets	<ul style="list-style-type: none">- Papier / cartons,- Déchets Toxiques en Quantités Dispersées : piles, cartouches d'imprimantes, néons, huile, pots de peinture, etc...- Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques,- Archives confidentielles...	<i>Mutualisation des coûts de transport et de valorisation ;</i> <i>Tri des déchets en conformité avec la réglementation ;</i> <i>Mutualisation des déplacements des camions.</i>
Information aux entreprises	Service "Guichets verts" : Eclairage sur les doléances et les questions environnementales	<i>Trouver les réponses grâce aux retours d'expériences d'autres entreprises</i>
Echanges de flux entre entreprises	<ul style="list-style-type: none">- Inventaire des flux générés par les entreprises (matières, eau, énergie).- Identification des nouvelles opportunités d'échanges de flux entre entreprises (substitution, mutualisation).- Accompagnement de la mise en œuvre opérationnelle de ces synergies	<i>Favoriser les échanges entre entreprises.</i> <i>Optimiser les transports.</i> <i>Limiter le recours systématique aux matières premières.</i>
Formation et sensibilisation	Une formation animée par des industriels, pour les entreprises du territoire. 8 modules : Réglementation, eau, air, déchets, énergie, management de l'environnement, bruit et sol, visite d'entreprise	<i>Prise en charge dans le plan de formation des entreprises;</i> <i>Echanges entre les participants stagiaires sur leurs problématiques et leurs expériences</i>
Outils et diagnostics inter-entreprises	<ul style="list-style-type: none">• Transport / Mobilité :<ul style="list-style-type: none">- Conseils pour optimiser le transport de vos salariés,- Accompagnement pour la réalisation du Plan Déplacement de votre Entreprises (PDE)*.• Biodiversité / Gestion Différenciée des espaces	<i>Diagnostics subventionnés (selon conditions);</i> <i>Partage des vécus entre entreprises.</i>

	<p>verts :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conseils sur l'utilisation de techniques d'entretien et d'aménagement de vos espaces verts, respectueuses de l'environnement, - Accompagnement pour la rédaction de votre cahier des charges. <p>• Energie / Eau : diagnostic de votre performance :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accompagnement pour l'intervention de Bureau d'Etudes Techniques* 	
--	--	--

PAYS DE CENTRE OUEST BRETAGNE

Le Pays Centre Ouest Bretagne expérimente depuis 2006 la mise en place d'une démarche d'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT).

Une étude réalisée sur l'initiative d'Yprema en 2006 a permis de mettre en évidence que le territoire possède un potentiel très intéressant pour développer des synergies entre industriels en matière d'écologie industrielle et territoriale.

Soutenu par les Chambres de Commerce et d'Industrie et les Chambres d'Agriculture, et entouré de nombreux professionnels et techniciens, le Pays COB a alors lancé en 2007 un groupe de travail pour développer le projet.

La première initiative du groupe consiste en la mise en place de rencontres entre professionnels. Ces rencontres, débutées en 2008, sont un excellent moyen à la fois de partager des expériences réussies de valorisation de déchets sur le territoire mais également de développer des réseaux entre entreprises, industries, exploitants agricoles, institutions, etc.

VAL D'ILLE

La Communauté de Communes du Val d'Ille a initiée en 2014 une étude prospective pour accompagner la transition des Zones d'Activités de Cap Malo et de la Route du Meuble vers une Economie Circulaire à Impact Positif.

Ce projet a pour objectifs :

- d'identifier de nouveaux modèles économiques pour les entreprises : sécurisation de l'approvisionnement (substitution de matières premières, circuits courts...), optimisation du process (réseaux d'énergie, d'eau, de matière), gestion des déchets, développement de produits et services innovants ;
- développer les dynamiques de coopération et mutualisation entre les entreprises : mutualisation de la gestion des déchets, développement d'offres communes... ;
- s'appuyer sur cette démarche pour définir une identité forte pour le Pôle Route du Meuble-Cap Malo et en faire un facteur d'attractivité (clients, partenaires...).

XI. PROSPECTIVE : PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES

XI.1. PRINCIPE DE LA COMPENSATION CARBONE

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

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

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

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

Cette démarche peut s'envisager de deux manières :

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

XI.1.1. COMPENSATION CARBONE VOLONTAIRE

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

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

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

*Concrètement, la compensation consiste à **mesurer** les émissions de gaz à effet de serre générées par une activité (transport, chauffage, etc.) puis, après avoir cherché à **réduire** ces émissions, à **financer** un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone : énergie renouvelable, efficacité énergétique ou de reboisement, qui permettra de réduire, dans un autre lieu, un même volume de gaz à effet de serre. Le principe sous-jacent étant qu'une quantité donnée de CO₂ émise dans un endroit peut être « compensée » par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de CO₂ en un autre lieu. Ce principe de « **neutralité géographique** » est au cœur des mécanismes mis en place par le Protocole de Kyoto.*

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

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

XI.1.2. COMPENSATION CARBONE PAR DES ACTIONS LOCALES

Une piste complémentaire est d'envisager la mise en œuvre d'actions locales, permettant de prendre conscience du poids de mesures compensatoires locales telles que l'implantation de nouveaux boisements ou la mise en œuvre de capteurs photovoltaïques.

A. PREAMBULE

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

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

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

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

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

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

B. HYPOTHESES DE CALCUL

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

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

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

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

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

C. SIMULATION DE LA SURFACE BOISEE CORRESPONDANTE

Le graphique ci-dessous présente, pour chacun des deux scénarios, la surface boisée permettant de compenser les émissions annuelles de CO₂ générées par l'ensemble de l'opération.

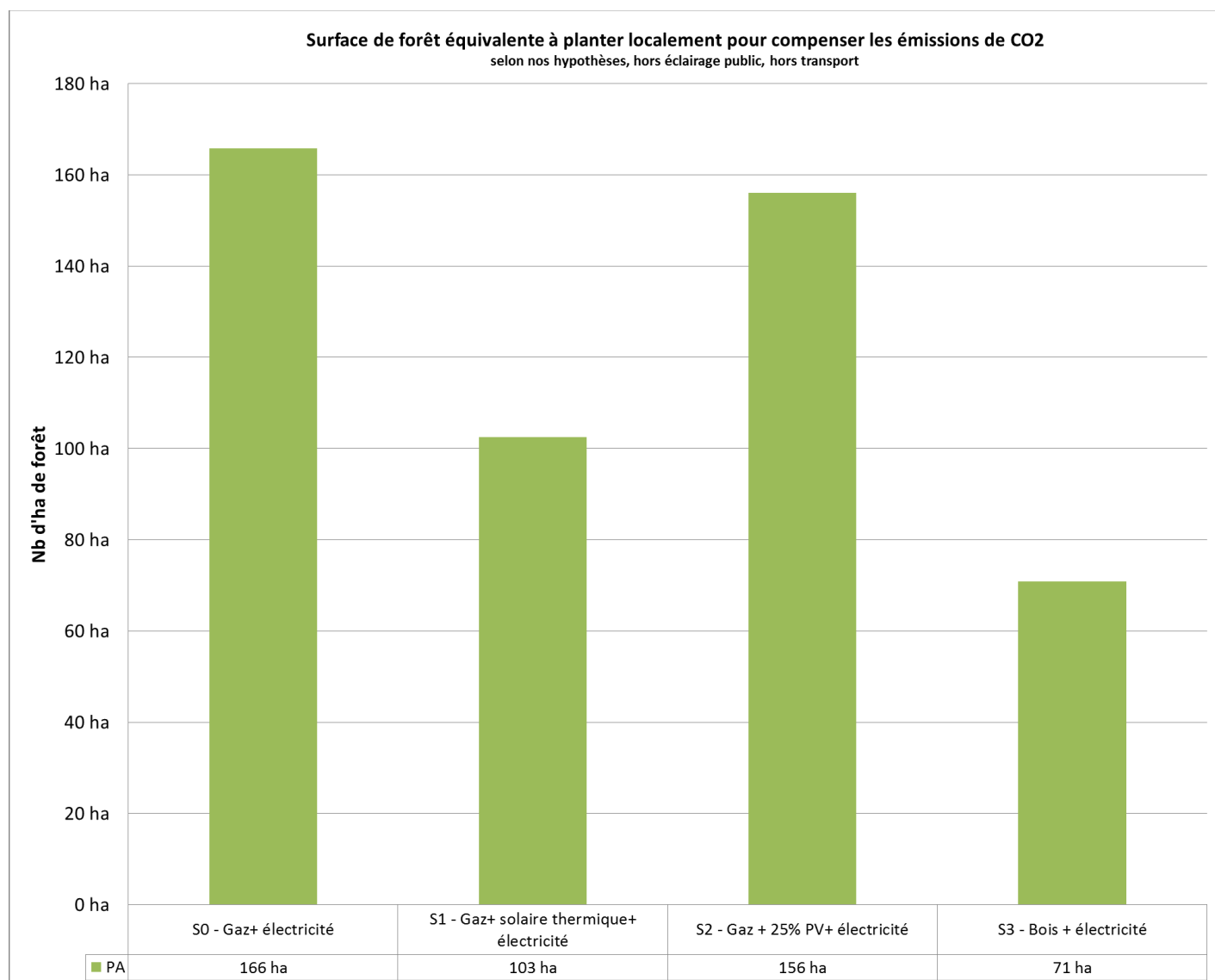


Figure 56 : Calcul de la surface boisée nécessaire en mesure compensatoire

Suivant le scénario d'approvisionnement en énergie, il faudrait entre **71 et 166 ha** de forêt pour compenser les émissions de dioxyde de carbone de l'opération, soit entre 1 et 3 fois la surface de la zone d'étude.

XII. L'ECLAIRAGE PUBLIC

XII.1. ROLES DE L'ECLAIRAGE PUBLIC

En milieu urbain, l'éclairage public a plusieurs rôles :

- paysager : perception de l'espace, continuité visuelle, esthétique, mise en valeur du patrimoine ;
- ambiance lumineuse ;
- guidage et confort visuel ;
- sécurité des piétons, des automobilistes, des cyclistes et des biens.

D'une manière plus générale, l'amélioration de la visibilité nocturne permet :

- de favoriser la sécurité des déplacements (piétons, cyclistes, véhicules à moteur) ;
- de diminuer l'éblouissement dû aux feux de véhicules ;
- d'améliorer l'estimation des distances ;
- de favoriser la sécurité des personnes et des biens ;
- de valoriser les espaces publics.

L'annexe 6 répertorie les textes qui régissent l'éclairage public ainsi que les grandeurs caractéristiques de l'éclairage et les différents types de lampe.

XII.2. ENJEUX POUR UN PROJET D'AMENAGEMENT

Quatre grands enjeux peuvent être dégagés pour l'éclairage public :

- Sécurité et confort des usagers ;
- Réduction des consommations électriques ;
- Préservation de l'environnement et du ciel nocturne ;
- Réduction de la facture énergétique.

En effet, l'utilisation excessive de la lumière artificielle pourra d'une part être importune (gêne visuelle à laquelle on ne peut se soustraire, halos lumineux, lumière intrusive dans les propriétés privées), d'autre part représenter une perte d'énergie que l'on peut facilement traduire en termes d'équivalents CO₂ consommés, et donc d'impact sur l'effet de serre.

L'éclairage public constitue un poste important dans le budget énergie d'une commune. En effet, selon l'ADEME, il représente, en moyenne :

- 48 % des kWh d'électricité consommés,
- 38 % de la facture totale d'électricité,
- 23 % de l'ensemble des dépenses énergétiques.

De plus, les charges de fonctionnement, de maintenance et d'entretien seront assurées par la collectivité.

Il importe donc d'anticiper les besoins et de réfléchir aux modalités d'éclairage public en amont de la création d'un nouveau quartier : cela contribuera également à limiter les coûts de fonctionnement pour les collectivités.

Faire le choix de matériels performants, respectueux de l'environnement (une consommation énergétique et un flux lumineux maîtrisés) tout en apportant le niveau de service attendu, est devenu un enjeu majeur pour les communes.

XII.3. QUELQUES PRECONISATIONS

La qualité d'éclairage dépend plus de l'homogénéité (uniformité) que du niveau d'éclairement. Ainsi, une mauvaise uniformité de l'éclairage entraîne de l'inconfort visuel (zones d'ombres, moindre éclairement).

Les préconisations qui suivent n'ont pas vocation à être exhaustives mais à donner des pistes de réflexion que l'aménageur devra intégrer à son projet urbain afin que l'impact environnemental de l'opération relatif à l'éclairage public (impact visuel et impact énergétique) soit le plus faible possible.

L'objectif est d'éclairer juste, en maîtrisant la consommation d'énergie et limitant la pollution lumineuse.

1. Etat des lieux

Clarifier les besoins en matière d'éclairage des rues. Toutes les voies ne doivent pas forcément être éclairées selon les mêmes modalités.

- Définir la nécessité d'éclairer ou non les différents types de voies ;
- Repérer les secteurs sensibles à la pollution lumineuse (fort impact sur la biodiversité) ;
- Hiérarchiser les voies en fonction du besoin d'éclairage ;
- Définir le niveau d'éclairement nécessaire par type de voie ;
- Définir les horaires d'allumage et/ou de réduction de puissance.

2. Points lumineux

Déterminer le nombre de points lumineux et la hauteur de mât, adaptés au classement des voies et au contexte urbain

Augmenter l'interdistance entre les mâts grâce à des optiques adaptées tout en conservant une bonne uniformité d'éclairage.

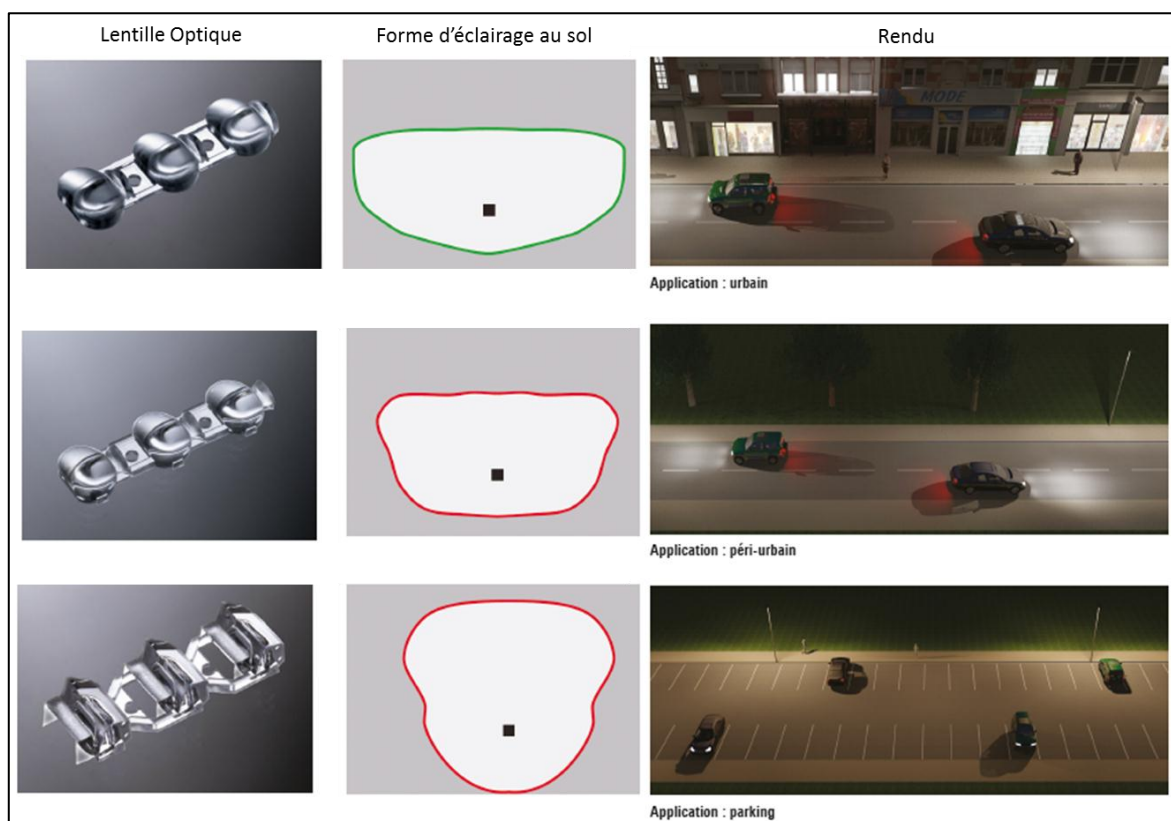


Figure 57: Exemple d'optiques (Source We-ef)

NB : le choix de l'optique permet également de limiter la lumière intrusive dans les propriétés privées.

3. Type de lampe

Choisir des lampes adaptées au besoin (Indice de rendu couleur, rendement, etc.). Utiliser des lampes basse consommation (à vapeur de sodium – de type Sodium HP ou d'autres lampes ayant un rendement d'éclairage aussi performant) ou des LED.

4. Luminaire

Utiliser des réflecteurs à haut rendement. Eviter toute émission lumineuse au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse).

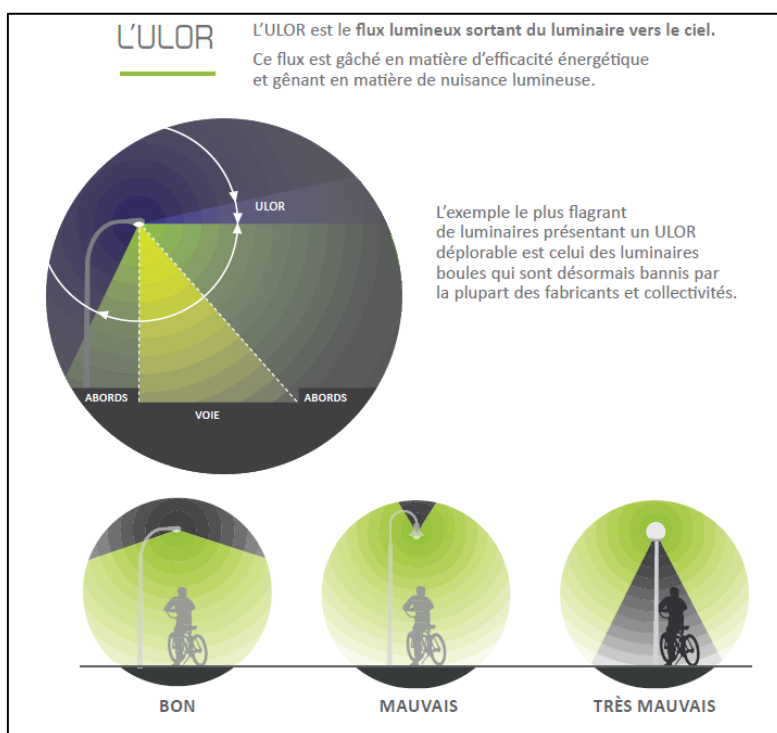


Figure 58: Illustration de l'ULOR (Source: Charte EP SDE35)

5. Lanternes

Choisir des type de lanterne qui facilite la maintenance (accessibilité) et préférer des lanternes recyclables

6. Ballasts d'allumage

Préférer les ballasts électroniques à longue durée de vie.

7. Puissance électrique spécifique

Définir des puissances limites en fonction de la largeur des rues et de leur importance, par exemple (à titre indicatif) :

- pour les rues d'une largeur de < 10 mètres : valeur cible: 2 W/m valeur limite : 3 W/m ;
- pour les rues d'une largeur de > 10 mètres : valeur cible: 4 W/m valeur limite: 6 W/m.

8. Heures de fonctionnement

Pose d'horloges astronomiques permettant l'extinction au cœur de la nuit (23h-6h) et l'allumage automatiques en fonction du lever et coucher du soleil.

Allumage le soir : quand la luminosité descend au-dessous de 40 lux pendant plus de 5 minutes.

Etude de dispositifs permettant la réduction de puissance de 22h-23h et 6h-7h : réduction de l'intensité lumineuse la nuit si une extinction n'est pas possible (variation de la puissance lumineuse ou extinction partielle).

9. Consommation d'énergie

Définir une valeur cible, par exemple : 8 kWh/m/an et une valeur limite haute, par exemple 12 kWh/m/an (kWh par mètre de rue et par an).

10. Electricité renouvelable

Couvrir avec de l'écocourant certifié une part à définir du besoin en électricité pour l'éclairage public.

Assurer avec des lampadaires solaires l'éclairage de rues non électrifiées ou difficilement électrifiables.

11. Etablir un plan de maintenance
12. Faire réaliser une étude d'éclairage

XII.4. CONSOMMATION ENERGETIQUE ATTENDUE POUR L'ECLAIRAGE PUBLIC

Deux hypothèses sont étudiées par rapport à l'éclairage public, la première avec un équipement de base, la seconde avec des systèmes à LED.

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

Equipement de base		
Linéaire de réseau d'éclairage public (ml)		
Voie principale	3960	
Voie secondaire	529	
Total	4 489	
Consommations estimées (kWh)		
Voie principale	52 050	
voie secondaire	3 500	
Total	55 500	
Emissions de CO2 (tCO2/an)		
Voie principale	9,37	94%
voie secondaire	0,63	6%
Total	10,0	

Systèmes LED		
Linéaire de réseau d'éclairage public (ml)		
Voie principale	3960	
Voie secondaire	529	
Total	4 489	
Consommations estimées (kWh)		
Voie principale	19 100	
voie secondaire	2 050	
Total	21 150	
Emissions de CO2 (tCO2/an)		
Voie principale	3,43	90%
voie secondaire	0,37	10%
Total	3,8	

Pour un linéaire total de **4 490 m** de voiries éclairées, la consommation énergétique prévisionnelle serait de **55 500 kWh/an** en équipement de base et **21 150 kWh/an** en LED. Ce qui correspond à un coût annuel estimé entre **3 200 et 8 300 € TTC** pour la collectivité. Les systèmes LED permettent une économie d'énergie de **63 %** par rapport à un équipement de base.

Les émissions annuelles de CO₂ estimées seraient de **10 t/an** en équipement de base et **3,8 t/an** en LED.

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

Pour plus d'informations :

Eclairons les villes : Accélérer le déploiement de l'éclairage innovant dans les villes européennes ; rapport de la commission Européenne téléchargeable sur le site <http://www.clusterlumiere.com>

XIII. 1^{ERE} APPROCHE : LES TRANSPORTS ET L'ENERGIE GRISES DES MATERIAUX

XIII.1. LES TRANSPORTS

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

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

L'aménagement d'une aire de covoiturage à proximité immédiate de projet serait un atout pour diminuer l'impact des transports.

XIII.1.1. POLLUTION LIEE AUX VEHICULES A MOTEUR

Les véhicules motorisés sont sources d'émissions polluantes telles que des gaz à effet de serre (CO₂, CO...), du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote, des hydrocarbures et des particules.

Ces émissions entraînent des effets nocifs sur la qualité de l'air (pollution, effet de serre) et sur la santé (maladies respiratoires, allergies etc.).

Les caractéristiques des principaux polluants et quelques-uns de leurs effets sur la santé sont décrit en annexe.

De plus, les transports motorisés sont responsables de nuisances sonores et de danger qu'il est également important de réduire pour le confort des futurs habitants et des riverains.

XIII.1.2. PROPOSITIONS POUR LIMITER L'IMPACT DES TRANSPORTS

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

- Favoriser les liaisons douces pour permettre un usage de la marche à pied et du vélo dans les trajets quotidiens ;
- Favoriser la desserte du quartier par les transports en commun : position des arrêts, fréquence de passage adaptée aux besoins quotidiens ;
- Favoriser le co-voiturage ou l'acquisition de véhicules partagés (Aire de covoiturage à proximité du site) ;
- Prévoir des aires de Pique-nique agréables et des services de restauration sur place ;
- Rapprocher les lieux d'habitat des lieux de travail ;
- Rapprocher les commerces et les services des lieux de travail ;
- Implanter les zones de stationnement collectif en périphérie du quartier de manière à limiter la circulation à l'intérieur du quartier.

Le transport des marchandises est un sujet sensible pour les entreprises. En effet, les politiques de flux tendu imposent la mise en place de solutions logistiques complexes.

Afin de limiter cet impact sans handicaper l'activité économique des entreprises, différentes actions peuvent être mises en place:

- optimisation de la signalétique pour éviter les déplacements et manœuvres inutiles,

- création de parking poids lourds avec des équipements adaptés pour éviter les pollutions accidentelles et les stationnements sauvages,
- gestion collective des transports : mutualisation des besoins en transport afin d'optimiser les transports sur la zone,
- aménagement de la voirie en fonction du trafic et de la nature des marchandises transportées pour éviter une usure prématurée de la voirie et pour bien appréhender les risques potentiels,
- s'engager à limiter les émissions de CO₂ lié au transport de marchandise par la signature de la charte « *Objectif CO₂, les transporteurs s'engagent* ».



Plus d'information sur le site : <http://www.objectifco2.fr>

XIII.1.3. EVALUATION DE L'IMPACT DES TRANSPORTS

Les hypothèses relatives aux émissions polluantes des véhicules particuliers sont détaillées en annexe

A. HYPOTHESES DE COMPOSITION DU PARC AUTOMOBILES DU FUTUR QUARTIER :

Hypothèses retenues - parc voitures			
Norme	Diesel	Essence	Total
EURO1	0,00%	0,00%	0,00%
EURO2	19,50%	11%	30,00%
EURO3	20,15%	11%	31,00%
EURO4	24,70%	13%	38,00%
EURO5	0,65%	0,35%	1,00%
EURO6	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	65,00%	35,00%	100 %

Figure 59: Hypothèse de composition du parc automobile de l'opération

B. HYPOTHESES RELATIVES AUX DISTANCES PARCOURUES

Le nombre d'emplois créés sur la zone est estimé à 1 911 équivalents temps plein. Nous considérons que 75% des salariés viennent en voiture personnelle au travail, soit 1 430 véhicules au total.

Hypothèses de distances parcourues :

- Trajets domicile / travail : 23 km/jour (moyenne départementale);
- Trajet déjeuné : nous ne considérons pas de trajet motorisé en supposant que les salariés déjeunent sur place

→ Soient au total 32 965 km parcourus chaque jour par le parc automobile des travailleurs de la zone.

C. ESTIMATION DES EMISSIONS ANNUELLES

Dans ces conditions, les émissions annuelles polluantes du parc automobile du quartier seraient les suivantes:

Polluant	Unité	Emissions
Oxydes d'azote (NO _x)	kg	2 300
Monoxyde de carbone (CO)	kg	12 720
Hydrocarbures (HC)	kg	430
HC + NO _x	kg	4 380
Particules (PM)	kg	430
Particules (P)*	kg	0
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	kg	3
Dioxyde de carbone CO ₂	t	1 850

Figure 60: Emissions annuelles polluantes du parc automobile de l'opération

Pour un nombre total de 1 430 véhicules particuliers, les émissions annuelles dues au transport de personnes seraient de 2 300 kg d'oxyde d'azote, 12 700 kg de monoxyde de carbone, 430 kg d'hydrocarbures, 4 380 kg de (particules et oxydes d'azotes), 430 kg de particules et 1 850 tonnes de CO₂.

XIII.2. ENERGIE GRISE DES MATERIAUX

L'énergie grise des matériaux représente l'énergie nécessaire à leur production, à leur transport, à leur mise en place et à leur recyclage ou destruction en fin de vie.

Les analyses de cycle de Vie (ACV) permettent de travailler sur ce paramètre. Ce chapitre a pour objectif de donner des pistes de réflexion au maître d'ouvrage pour favoriser l'usage de matériaux ou de procédés à faible énergie grise.

XIII.2.1. MATERIAUX DE VOIRIE

Il est difficile d'envisager de réduire l'énergie grise des matériaux de voirie puisque les solutions techniques font généralement appel à des liants :

- Hydrauliques, à base de ciment (nécessitant de la cuisson à haute température) ;
- Hydrocarbonés, issus du pétrole.

Deux stratégies complémentaires peuvent néanmoins être engagées :

- **Réduire les surfaces de voirie** : en réalisant des voiries plus étroites, en réduisant le linéaire tout en favorisant les cheminements piétons moins exigeants en termes de matériaux (profondeur, densité)
- **Opter pour le traitement en place** : ce procédé permet, grâce à l'adjonction de chaux et de ciment suivis d'un compactage et de nivelage, de donner au sol existant des caractéristiques de voirie « classique ». Ce procédé permet d'éviter de terrasser et d'apporter des matériaux de carrière : ainsi, les déplacements des engins de chantier sont considérablement réduits, et par voie de conséquence la consommation de carburant fossile du chantier est fortement diminuée. Les sols limoneux et argileux se prêtent particulièrement bien à ces procédés. Une étude de sol pourrait permettre de confirmer l'intérêt pour le site.

Ces solutions sont à mettre en lien avec les préconisations relatives à la perméabilité des revêtements de sol pour favoriser l'infiltration des eaux pluviales.

Par ailleurs, il existe des pavés drainant à base de coquilles de coquillage (crépide) mis au point par un consortium autour du projet de recherche VECOP intégrant l'ESITC.

Un projet de recherche autour d'un bio-bitume à base d'algues développé par la société AlgoSource Technologies est également en cours de recherche et développement et devrait être commercialisable d'ici 5 ans.

XIII.2.2. MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Les matériaux de construction à faible énergie grise ou bio-sourcés pourraient être privilégiés : cela implique la mise en place de prescriptions particulières dans le Cahier de Prescriptions architecturales, paysagères et environnementales. La provenance des matériaux peut également être un critère avec l'objectif de privilégier des matériaux locaux (nécessitant un moindre transport) ou d'éviter la déforestation des forêts primaires.

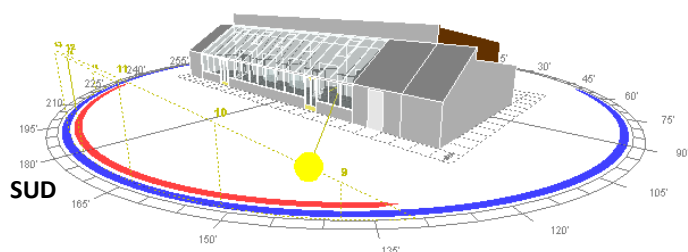
Il est possible de faire des choix objectifs grâce aux indications contenues dans les fiches FDES des matériaux disponibles sur la base de l'INIES (www.inies.fr).

ANNEXES 1 : FICHES TECHNIQUES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

FICHE ENERGIE SOLAIRE GENERALITES

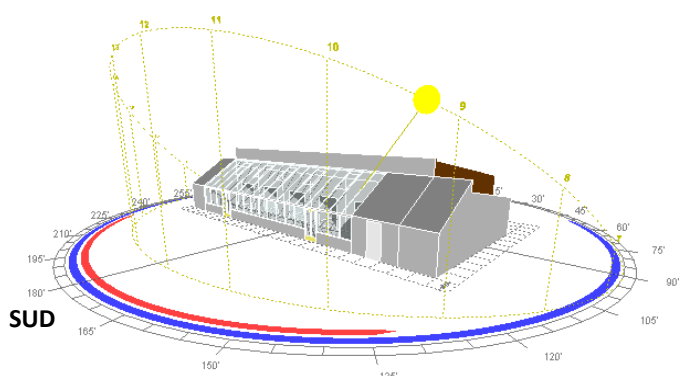
TRAJECTOIRE DU SOLEIL AU COURS DE L'ANNEE

La démarche d'optimisation des apports solaires nécessite la compréhension de la trajectoire du soleil dans le ciel, en fonction des saisons. Les figures suivantes illustrent 3 trajectoires correspondant à l'hiver à la mi-saison et l'été.



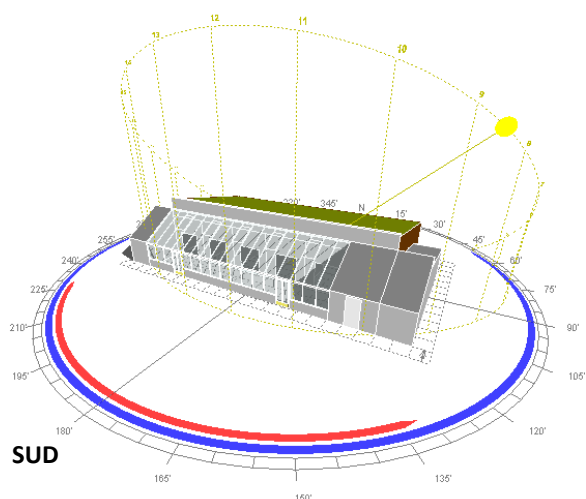
Hiver

Trajectoire courte et basse sur l'horizon.
Le soleil se lève au Sud-Est, se couche au sud-ouest



Mi-saison

Trajectoire longue et plus haute dans le ciel: le soleil se lève à l'Est, se couche à l'Ouest



Eté

Trajectoire longue et très haute dans le ciel: le soleil se lève au Nord-Est, se couche au Nord-Ouest.

CONSEQUENCES POUR LES APPORT SOLAIRES

Ces conséquences sont étudiées du point de vue d'un exemple très simple de bâtiment parallélépipédique, pour illustrer l'impact de l'orientation des façades principales sur les apports solaires dont va bénéficier le bâtiment.

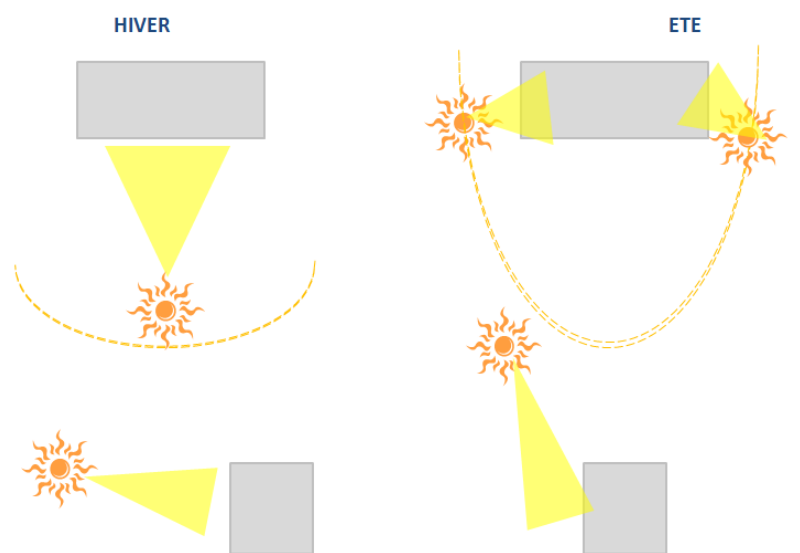
Il est évident que la réalité est toujours plus nuancée car l'architecte ne conçoit pas des bâtiments uniquement parallélépipédiques, ni orientés strictement Nord-Sud ou Est-Ouest.

Mais il est important de garder à l'esprit les grands principes présentés ci-dessous dès la phase de conception d'une opération d'aménagement.

BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES AU SUD

Les schémas ci-dessous montrent qu'avec des façades principales orientées au Sud :

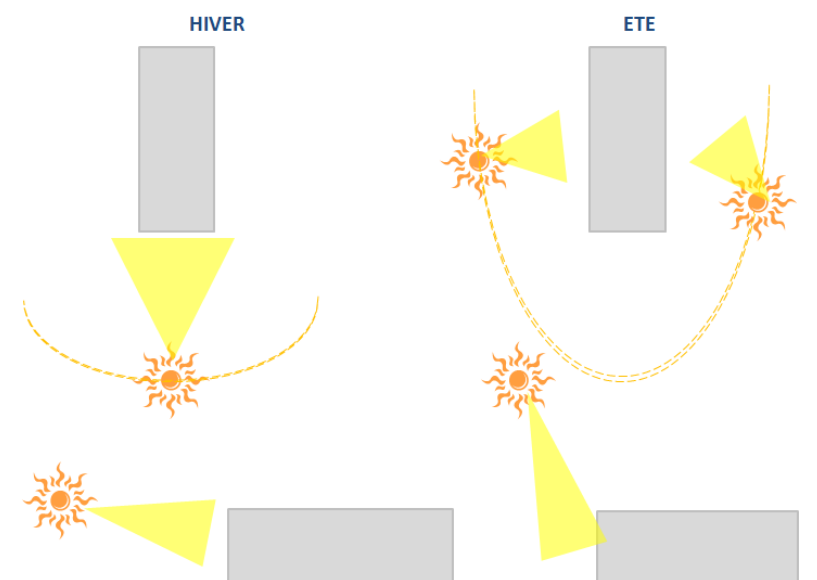
- en hiver : le bâtiment **profite d'apports solaires gratuits**, car le **soleil est bas sur l'horizon** avec un rayonnement incident proche de l'horizontal, qui pénètre donc facilement par les vitrages ;
- en été : **les apports solaires directs au Sud sont limités** car le soleil est très haut dans le ciel, une simple casquette horizontale permet de s'en protéger complètement ;
- en été : **le bâtiment évite les apports solaires trop importants par les façades Ouest et Est**, lorsque le développement de ces façades n'est pas trop important, ce qui limite les risques de surchauffe.



BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES EST OU OUEST

Les schémas ci-dessous montrent qu'avec des façades principales orientées à l'Est ou à l'Ouest :

- en hiver : le bâtiment ne profite pas d'apports solaires gratuits car **le rayonnement solaire provient d'un cadran Sud-Est à Sud-Ouest**, les façades principales ne sont donc pas impactées ;
- en été : le bâtiment bénéficie d'apports solaires importants le matin à l'est (de 6h à 12h) et l'après-midi à l'Ouest (de 14h à 21h) ce qui favorise les risque de surchauffes.



IMPACT DU RELIEF

Le relief a un impact fort sur les apports solaires. En effet, en terrain plat (pente=0%), l'optimisation des apports solaires devrait permettre, dans l'idéal, aux façades principales de bénéficier d'apports solaires gratuits en hiver, lorsque :

- le soleil est bas sur l'horizon ;
- les besoins en chauffage sont les plus importants.

Dans ces conditions, la hauteur angulaire du soleil, le 21 décembre à midi (solstice d'hiver) est de 18° . Aucun obstacle ne devrait donc se trouver dans le champ de cette hauteur angulaire pour éviter les masques et les ombres résultantes. *Sur une surface plane, cet angle impose ainsi un recul de 3.1 fois la hauteur des bâtiments situés juste au sud du bâtiment étudié.*

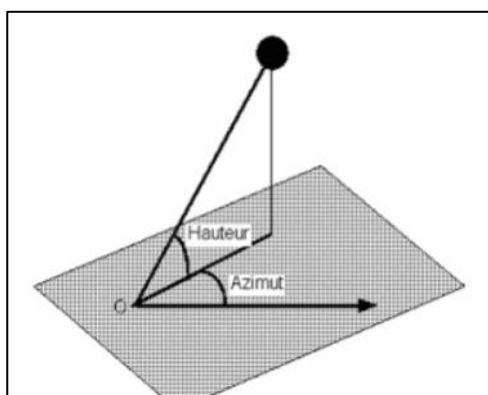


Figure 61: hauteur angulaire (source ENSTIB)

Sur un secteur accidenté, plus la pente est forte vers le Nord, plus les marges de recul devront augmenter. Le schéma suivant présente les paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul entre 2 bâtiments :

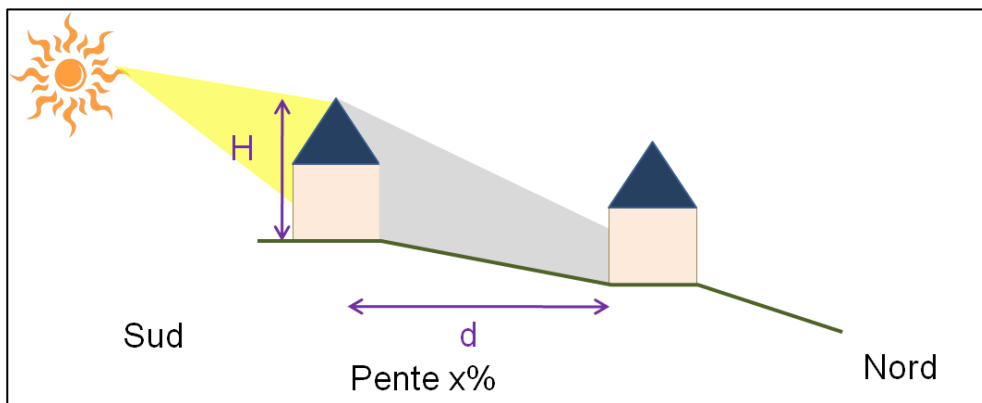


Figure 62: Paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul

Le tableau suivant présente un exemple de calcul de marge de recul entre un bâtiment de hauteur $H = 9$ m situé au Sud d'un bâtiment à créer pour des pentes allant de 0 à 6%. La ratio d/H peut être utilisé dans tous les cas de figure.

pente du terrain		ratio d/H		Avec $H = 9$ m	
6.0%	$d =$	4.33	xH	$d =$	39.0 m
5.5%	$d =$	4.24	xH	$d =$	38.2 m
5.0%	$d =$	4.15	xH	$d =$	37.4 m
4.5%	$d =$	4.05	xH	$d =$	36.5 m
4.0%	$d =$	3.96	xH	$d =$	35.6 m
3.5%	$d =$	3.86	xH	$d =$	34.7 m
3.0%	$d =$	3.76	xH	$d =$	33.8 m
2.0%	$d =$	3.54	xH	$d =$	31.9 m
0.0%	$d =$	3.08	xH	$d =$	27.7 m

Ces marges de recul ne peuvent pas toujours être mises en œuvre, car elles rentrent en interaction avec d'autres enjeux (densité, voirie, formes urbaines etc.). Cependant, plus elles seront optimisées, plus les bâtiments pourront profiter d'apports solaires gratuits.

FICHE ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE

A. RAPPEL SUR LE SOLAIRE THERMIQUE

L'énergie solaire est une énergie gratuite, abondante et renouvelable. C'est l'énergie renouvelable de prédilection pour la production d'eau chaude, notamment celle à basse température (<80°C).

Un rayonnement global d'environ 1500 kWh/m² « tombe » par an sur les départements de l'Ouest de la France, cela correspond à peu près à 150 litres de fioul par m².

Cette énergie arrive sous deux formes, le rayonnement direct provenant directement du soleil et le rayonnement diffus lorsque le ciel est nuageux. Le rayonnement diffus représente plus de la moitié du rayonnement annuel dans nos régions.

Une installation solaire thermique permet de récupérer environ 40 à 60% du rayonnement global provenant du soleil pour chauffer de l'eau, destinée à la production d'eau chaude ou à du chauffage.

Le schéma suivant présente une installation simplifiée de type solaire collectif pour la production d'eau chaude sanitaire.

Une installation solaire comprend les éléments suivants :

- un **réseau de capteurs solaires** qui permet de transférer l'énergie solaire au fluide qui le traverse au moyen de l'absorbeur ;
- le circuit primaire qui permet de transporter et de transférer l'énergie solaire vers l'eau à travers un échangeur externe ou interne ;
- le **ballon de stockage solaire** qui permet d'accumuler l'eau chaude pour une utilisation ultérieure ;
- une **source d'énergie d'appoint**, instantanée ou couplée à un stockage d'eau chaude ;
- différents organes en fonction des systèmes : circulateurs primaires et secondaires, régulateurs, sondes, etc.

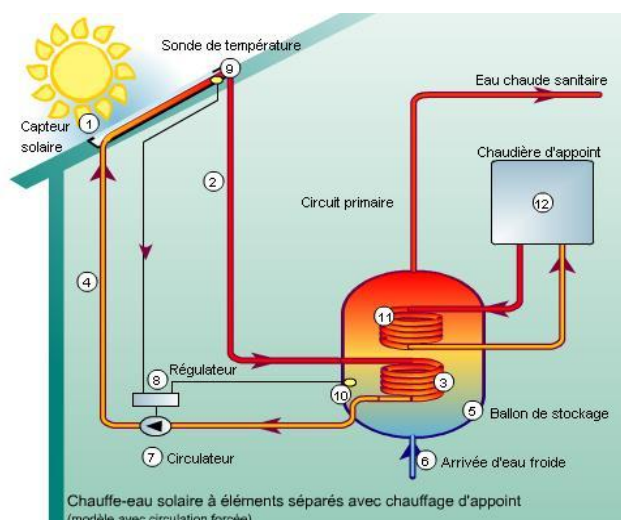


Figure 63 : principe de fonctionnement d'une installation solaire thermique

B. TYPES D'UTILISATION

L'énergie solaire thermique peut être utilisée dans l'Ouest de la France sans restriction particulière. Les établissements recevant des personnes âgées de type **EHPAD** sont de bons candidats à l'utilisation du solaire thermique car les **besoins en eau chaude sanitaire sont importants toute l'année**.

En revanche, les **locaux tertiaires** ont généralement de faibles besoins en eau chaude. Il n'est donc **pas judicieux de le prévoir pour ces bâtiments** (en dehors de commerces spécifiques avec des forts besoins d'eau chaude).

Le solaire thermique est généralement utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire. Il est important de rappeler que les systèmes solaires thermiques peuvent également participer à réduire de manière globale les besoins thermiques des bâtiments en produisant également une partie du chauffage.

FICHE POMPES A CHALEUR

Les pompes à chaleur sont souvent également considérées comme utilisant de l'énergie renouvelable. Ces équipements spécifiques utilisent en effet généralement de l'énergie solaire (« aérothermie », « géothermie » horizontales ou verticales) car elles puisent une partie de l'énergie de l'atmosphère ou du sol, eux-mêmes chauffés par le soleil. **En revanche, nous considérons que ces équipements ne peuvent être classés parmi les énergies renouvelables au même titre que les précédentes car :**

- les pompes à chaleur fonctionnent grâce à l'électricité, une énergie qui nécessite pour sa production environ 3 fois plus d'énergie fossile (gaz, uranium, fioul, etc.) ;
- le rendement de ces équipements (COP : coefficient de performance, ratio entre l'énergie produite et l'énergie utilisée) atteint pour le moment des niveaux généralement inférieurs à 3 (en moyenne annuelle). Un rapide calcul au regard du bilan de l'énergie électrique, permet ainsi de montrer que ces équipements, malgré l'utilisation technique d'énergie solaire, consomment autant d'énergie fossile qu'une chaudière traditionnelle ;
- leur fonctionnement nécessite l'usage d'un fluide frigorigène dont l'impact sur l'effet de serre est important (équivalent de 1300 à 1900 kg de CO₂ par kg de fluide frigorigène) : en effet, toutes les pompes à chaleur ont un taux de fuite qui va de 3% à 10% par an ;
- **les pompes à chaleur sont donc plutôt de bons systèmes de chauffage électrique. Elles deviendront des énergies renouvelables lorsque le COP dépassera en moyenne annuelle le rendement des centrales électriques actuelles et/ou lorsque l'énergie électrique utilisée sera d'origine renouvelable.**



Figure 64 : principe de fonctionnement des pompes à chaleur (source www.airclim-concept.com)

Il est important de noter que les pompes à chaleurs Air-Eau, couramment appelées « aérothermie », nécessitent l'implantation d'un groupe extérieur muni d'un ventilateur qui peut générer des **nuisances acoustiques non négligeables, surtout dans le cas d'un habitat dense.**

Enfin, il est important de préciser que l'installation massive de pompes à chaleur contribue à affaiblir le réseau de distribution d'électricité à cause des appels de puissance importants les jours de grand froid.

Extrait du Pacte électrique breton :

L'orientation des choix d'investissements et d'équipements

Les signataires s'engagent à assurer une information sur les avantages et inconvénients au regard du système électrique de l'équipement en pompes à chaleur ou en convecteurs aux fins de privilégier d'autres systèmes de chauffage moins consommateurs d'électricité. Les collectivités seront sollicitées pour moduler les critères d'attribution de leurs aides (éco-conditionnalité).

FICHE ENERGIE EOLIENNE

L'énergie éolienne est en fort développement en France depuis plusieurs années maintenant.

L'ensemble de l'électricité produite par les sites d'éoliennes est généralement revendu à EDF. En revanche, de par la nature même de l'électricité, elle profite principalement aux consommateurs proches du site éolien. Cette production décentralisée a ainsi plusieurs avantages :

- produire une partie de l'énergie électrique à partir d'énergies renouvelables et donc limiter le recours aux énergies fossiles ;
- limiter les pertes sur le réseau de transport et de distribution en assurant une production locale ;
- permettre aux utilisateurs proches de limiter leur impact sur l'environnement par l'utilisation de cette électricité ;
- participer à la vie locale et au rayonnement de la commune.

L'une des spécificités de l'énergie éolienne est son **caractère variable**, lié aux variations de l'intensité du vent.

A. GRAND EOLIEN

DEFINITION

On distingue les types d'éoliennes en fonction de leur puissance et de leur taille :

- le "moyen éolien", pour les machines entre 36 kW et 350 kW
- le "grand éolien" (puissance supérieure à 350 kW), pour lequel on utilise des machines à axe horizontal munies, dans la plupart des applications, d'un rotor tripale.

RESTRICTIONS

L'obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut et les restrictions dues au plafond aérien militaire réduisent à néant le potentiel de développement du grand éolien sur la plupart des projets d'aménagement. Le développement de tel projet se fait à l'échelle départementale voir régionale.



Figure 65: Source Schéma éolien terrestre en Bretagne

B. PETIT EOLIEN

DEFINITION

Selon l'Ademe, le « petit éolien » désigne les éoliennes dont la hauteur du mât est inférieure à 35 mètres et dont la puissance varie de 0,1 à 36 kW.

En France, le petit éolien reste peu développé : notamment car il n'y a pas d'obligation de rachat de l'électricité produite.



Figure 66: Source Synagri

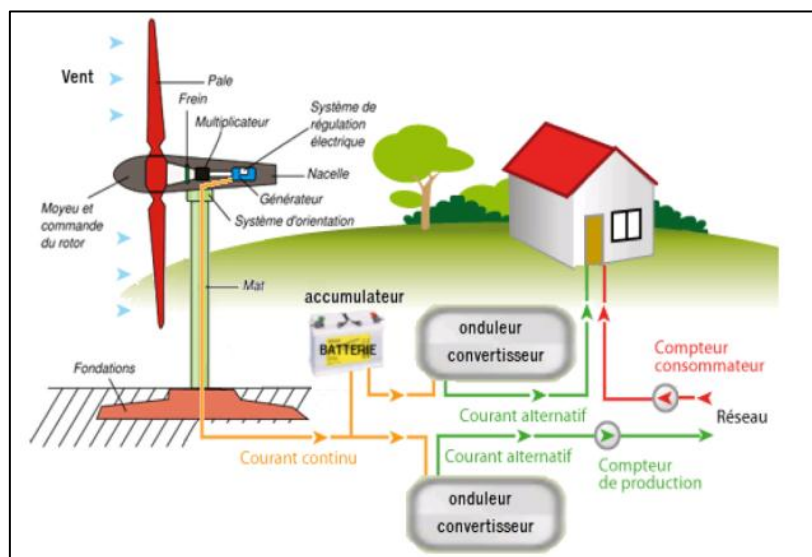


Figure 67: Schéma de principe d'une installation éolienne (Source: Fiche pratique DDTM35)

C. PRODUCTIBILITE

La figure suivante extraite de la fiche technique éolien réalisée par la DDTM 35 donne un ordre d'idée de l'énergie produite en fonction du type d'éolienne :

Type	Utilisation	Puissance (KW)	Hauteur (nacelle) (m)	Production annuelle (MWh)	Nombre de ménages (5 MWh/an)
Micro	Domestique	0,5 – 5	< 12m	1 – 10 ⚠	0.25 – 2 ⚠
Petite	Domestique/ agriculteurs	5 – 50	12 – 30	10 – 100 ⚠	2 – 20 ⚠
Moyenne	PME/Industrie	50 – 250	30 – 50	100 – 500 ⚠	20 – 100 ⚠
Grande	Production en masse	> 250	> 50	> 500 ⚠	> 100 ⚠
Valeurs pour les grandes éoliennes actuelles		1 000 KW (1 MW)	60–80	1 200–2 300	240–460
		2 000 kW (2 MW) (évolution 3MW)	80–120	2 900– 5 500	580–1 100

Données EDF Enbrin et DDTM35

⚠ : Les valeurs indicatives du tableau ci-dessus sont dans l'hypothèse de production de 1000 à 2000 heures/an de production. La viabilité économique de l'éolienne impose une production minimum de 1000 heures. Elles nécessitent une étude détaillée du site et de la recherche de l'éolienne la plus adaptée (type, puissance, hauteurs).

A. REGLEMENTATION

OCCUPATION DU SOL

Le tableau suivant présente les exigences et références réglementaires relatives à l'occupation du sol et aux obligations d'études d'impact.

Hauteur d'éolienne	Exigences réglementaire	Référence Réglementaire
< 12 m	Aucune exigence	Aucune
> 12 m	Permis de construire	Article R.421-2 du code de l'urbanisme
> 50 m	<p>Enquête publique</p> <p>Assujetties à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Elles doivent être situées à plus de 500 mètres des zones destinées à l'habitation ; ✓ Elles doivent se conformer à de nouvelles prescriptions réglementaires encadrant leur implantation et leur exploitation 	<p>Articles L. 553-2 et R. 122-9 du code de l'environnement</p> <p><i>Le décret de nomenclature et les arrêtés de prescription seront établis dans le cadre de la réglementation des installations classées (au plus tard le 12 juillet 2011).</i></p> <p><i>Sauf pour les installations dont la demande de permis de construire a été déposée avant la publication de la loi Grenelle 2 et pour celles constituées d'une éolienne dont la puissance est inférieure ou égale à 250 kilowatts et dont la hauteur est inférieure à 30 mètres.</i></p>
Parc éolien	<p>Evaluation préalable des conséquences sur l'environnement</p> <p>Les installations éoliennes doivent comporter plus de 5 mâts</p>	<p><i>Etude d'impact pour les éoliennes de plus de 50 mètres, notice d'impact pour les éoliennes de moins de 50 mètres.</i></p> <p><i>Sauf pour les installations dont la demande de permis de construire a été déposée avant la publication de la loi Grenelle 2 et pour celles constituées d'une éolienne dont la puissance est inférieure ou égale à 250 kilowatts et dont la hauteur est inférieure à 30 mètres.</i></p>

Figure 68: Exigences et références réglementaires relatives à l'éolien (Source : www.developpement-durable.gouv.fr)

SUPPRESSION DES ZONES DE DEVELOPPEMENT EOLIEN

La loi Brottes (n° 2013-312), promulguée par le Président de la République le 15 Avril 2013 prévoit plusieurs mesures de simplification :

- suppression des ZDE (Zones de Développement de l'Eolien) qui se superposaient avec les Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE),
- suppression de la règle des cinq mâts minimum,
- dérogation à la Loi Littoral pour les territoires ultramarins facilitant l'implantation de parcs éoliens en bord de mer,
- Enfin, le texte va permettre le raccordement à terre des énergies marines renouvelables qui, jusqu'alors, s'avérait complexe, voire impossible à réaliser.

Plus d'information : la DDTM 35 a réalisé une fiche pratique éolien téléchargeable sur le site suivant : <http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/petit-et-moyen-eolien-a2279.html>

LA GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE (TEMPERATURE INFÉRIEURE A 30°C)

Elle concerne les aquifères peu profonds d'une température inférieure à 30°C, température très basse, qui peut cependant être utilisée pour le chauffage et la climatisation si l'on adjoint une pompe à chaleur.

Elle concerne également la captation d'énergie solaire stockée dans sous-sol superficiel à l'aide de PAC sur sondes géothermiques.

Ce type de géothermie est exploitable en Bretagne, la nature du sol et la profondeur de l'aquifère influenceront l'efficacité du système mis en place.



Figure 69 © ADEME - BRGM

LA GEOTHERMIE BASSE ENERGIE (30 A 90°C)

Appelée également basse température ou basse enthalpie, elle consiste en l'extraction d'une eau à moins de 90°C dans des gisements situés entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur.

L'essentiel des réservoirs exploités se trouve dans les bassins sédimentaires de la planète car ces bassins recèlent généralement des roches poreuses (grès, conglomérats, sables) imprégnées d'eau.

Le niveau de chaleur est insuffisant pour produire de l'électricité mais parfait pour le chauffage des habitations et certaines applications industrielles.



Figure 70 : © ADEME - BRGM

LA GEOTHERMIE MOYENNE ENERGIE (90 A 150°C)

La géothermie de moyenne température ou moyenne enthalpie se présente sous forme d'eau chaude ou de vapeur humide à une température comprise entre 90 et 150°C.

Elle se retrouve dans les zones propices à la géothermie haute énergie, mais à une profondeur inférieure à 1 000 m.

Elle se situe également dans les bassins sédimentaires, à des profondeurs allant de 2 000 à 4 000 mètres.

Pour produire de l'électricité, une technologie nécessitant l'utilisation d'un fluide intermédiaire est nécessaire.

LA GEOTHERMIE HAUTE ENERGIE (TEMPERATURE SUPÉRIEURE A 150°C)

La géothermie haute enthalpie ou haute température concerne les fluides qui atteignent des températures supérieures à 150°C.

Les réservoirs, généralement localisés entre 1 500 et 3 000 mètres de profondeur, se situent dans des zones de gradient géothermal anormalement élevé.

Lorsqu'il existe un réservoir, le fluide peut être capté sous forme de vapeur sèche ou humide pour la production d'électricité.



Figure 71 : © ADEME - BRGM

LA GEOTHERMIE PROFONDE DES ROCHES CHAUDES FRACTURÉES (HOT DRY ROCK)

Elle s'apparente à la création artificielle d'un gisement géothermique dans un massif cristallin. A trois, quatre ou cinq kilomètres de profondeur, de l'eau est injectée sous pression dans la roche. Elle se réchauffe en circulant dans les failles et la vapeur qui s'en dégage est pompée jusqu'à un échangeur de chaleur permettant la production d'électricité. Plusieurs expérimentations de cette technique sont en cours dans le monde, notamment sur le site de Soultz-sous-Forêts en Alsace.

La figure suivante résume les différents types de géothermie présentés ci-dessus :

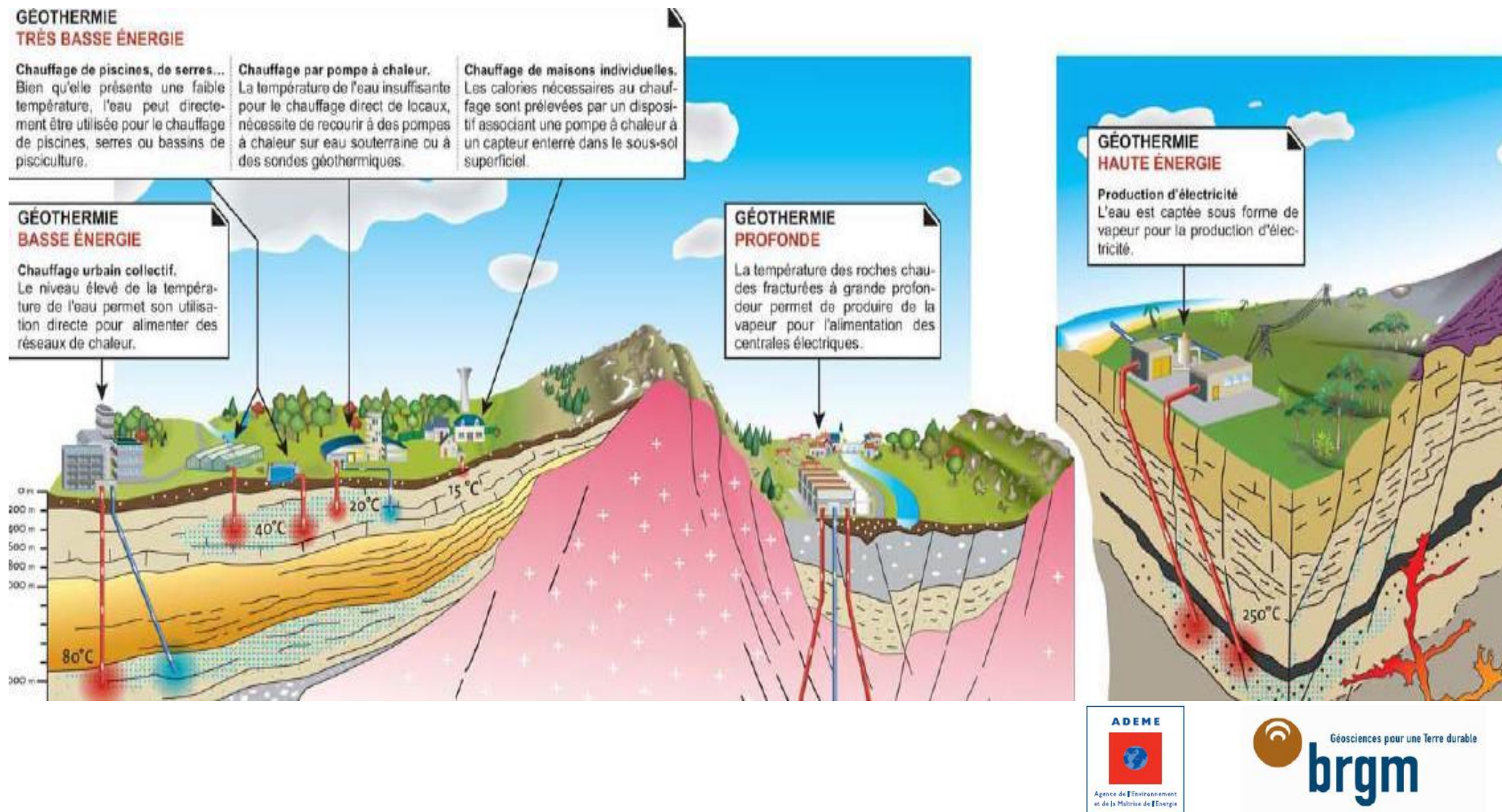
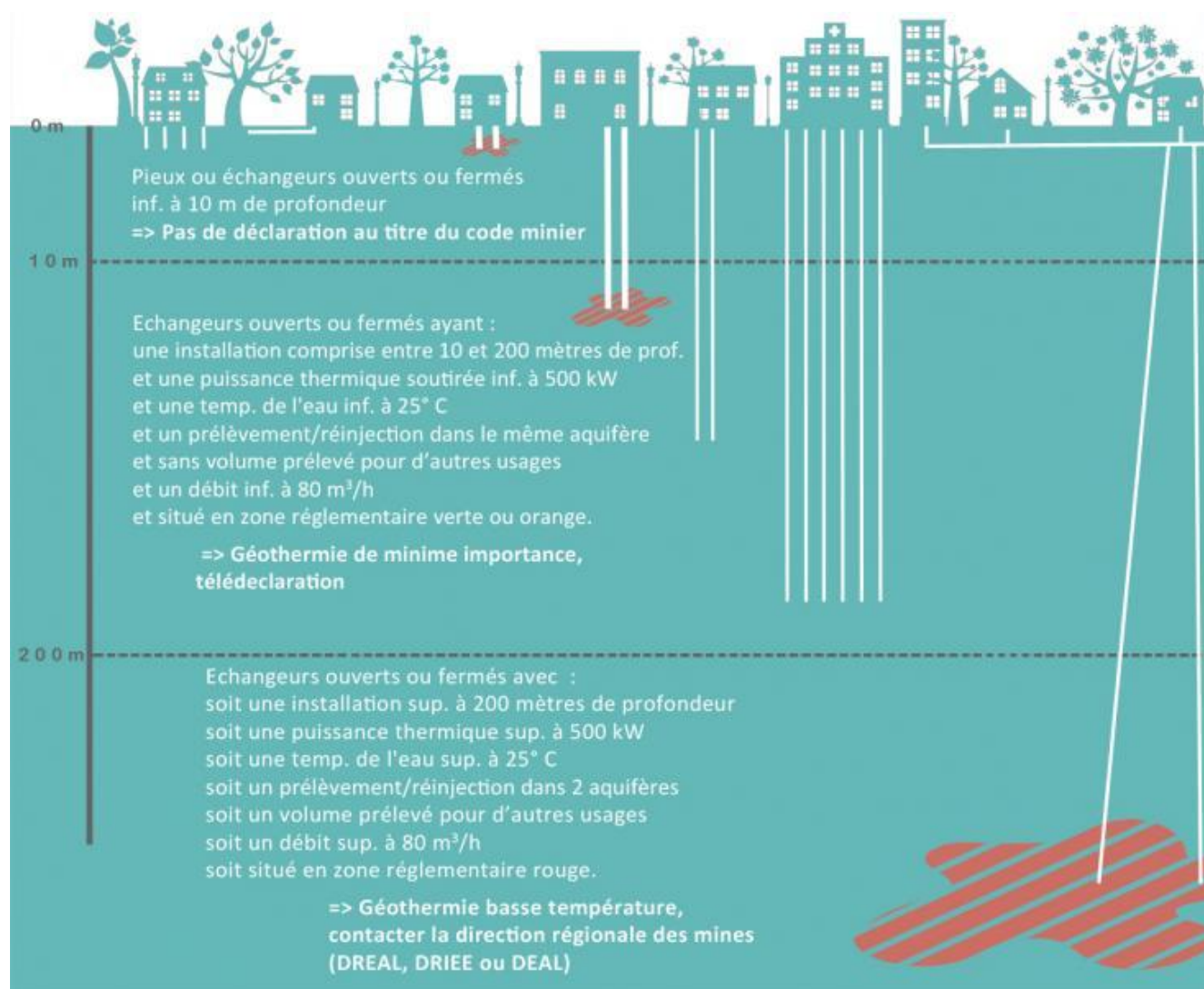


Figure 72 : Synthèse des techniques de géothermie © ADEME – BRGM

B. REGLEMENTATION

Le code minier, le code de la santé publique, le code général des collectivités territoriales peuvent régir les opérations de géothermie. La géothermie est régie par le code minier en vertu de son article L.112-2 (ancien article 3) qui donne une définition de la géothermie et du régime juridique qui lui est applicable. Ainsi, « les gîtes renfermés dans le sein de la terre dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et des vapeurs souterraines qu'ils contiennent », sont considérés comme des mines. Une substance minière appartient à l'Etat et non au propriétaire du sol. L'exploitation d'une ressource minière nécessite donc des autorisations accordées par l'Etat. Outre le code minier, les opérations de géothermie entrent dans le champ d'application du code de l'environnement pour les prélèvements et les réinjections en nappe, le code de la santé publique et le code général des collectivités territoriales qui peuvent s'appliquer dans certains cas particuliers.

Les opérations géothermiques peuvent être soumises à différents régimes d'autorisation ou de déclaration qui supposent le montage de dossiers administratifs plus ou moins approfondis selon les cas et des circuits d'approbation administratifs plus ou moins long. Les opérations de moins de 200 m de profondeur et de moins de 500 KW de puissance thermique sont considérées comme des opérations de minime importance et ne sont soumises qu'à déclaration. Dans les autres cas, elles sont soumises à autorisation. A cette réglementation nationale, s'appliquent des réglementations territorialisées et spécifiques. En effet, certaines portions du territoire, du fait de particularités naturelles, font l'objet de mesures de protection susceptibles d'impacter le dimensionnement d'un projet de géothermie, voire de l'interdire.



Source BRGM

Type de géothermie	Conditions générales	Régime administratif
Géothermie avec puits canadiens, géostructures thermiques ou corbeilles	Aucune	Code minier non applicable (*)
Géothermie avec des échangeurs thermiques fermés horizontaux (profondeur < 10 m)	Profondeur inférieure à 10 m	Code minier non applicable (*)
Echangeurs géothermiques ouverts	Profondeur < 10 m, puissance < 500 kW, température < 25 °C, débit < 80 m ³ /h et réinjection même nappe	Code minier non applicable (*)
	Profondeur > 10 m et < 200 m, puissance < 500 kW, température < 25 °C, débit < 80 m ³ /h, réinjection même nappe et en zone verte ou orange	Déclaration
	Profondeur > 200 m ou puissance > 500 kW ou température > 25 °C ou débit > 80 m ³ /h ou pas de réinjection en même nappe ou zone rouge	Autorisation instruite par les services de l'Etat
Echangeurs géothermiques fermés (capteurs verticaux) d'une profondeur de 10 à 200 m	Puissance < 500 kW et zone verte ou orange	Déclaration
	Puissance > 500 kW ou zone rouge	Autorisation instruite par les services de l'Etat
Echangeurs géothermiques d'une profondeur supérieure à 200 m	Profondeur > 200 m	Autorisation instruite par les services de l'Etat
Code minier non applicable (*)	Déclaration	Autorisation instruite par les services de l'Etat

(*) Pour ces forages de moins de 10 m de profondeur, d'autres réglementations peuvent s'appliquer, en particulier les dispositions du code de l'environnement (livre 2, titre 1^{er}, relatif à l'eau, aux milieux aquatiques et marins) et le code général des collectivités territoriales (CGCT) qui prévoit une information des Maires en cas de forage (pour les forages qui ne sont pas soumis à une procédure au titre du code de l'environnement).

Figure 73: Récapitulatif des procédures applicables aux différents types de géothermie utilisés

FICHE : RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES

Ils existent différentes techniques de récupération d'énergie sur les eaux usées :

Dans les collecteurs du réseau d'assainissement (ouvrages assurant la collecte et le transport des eaux usées : canalisations, conduites, ...)

Cette solution utilise la chaleur des effluents quel qu'en soit le type (eaux vannes et eaux grises), sans prétraitement nécessaire. Elle met en œuvre des échangeurs spécifiques qui sont :

- soit directement intégrés dans des canalisations neuves lors de leur fabrication,
- soit rapportés et posés en partie basse des canalisations d'eaux usées existantes ou construites spécifiquement.

Elle nécessite des collecteurs de taille adaptée, non coudés sur une longueur suffisante et disposant d'un débit d'eaux usées minimum d'environ 15 l/s. En fonctionnement, cette solution comporte des contraintes d'exploitation liées à l'encrassement des échangeurs par ensablement et formation de biofilm dans le collecteur et à une limitation de baisse de la température des eaux usées à 5 Kelvin maximum après passage dans l'échangeur, pour ne pas perturber le processus d'épuration en aval.

Ce système a l'avantage de pouvoir se situer proche des preneurs de chaleur. Couplé à une chaudière et une pompe à chaleur, un tel dispositif permet éventuellement d'alimenter un chauffage à distance.

Dans les stations d'épuration (STEP),

Cette solution utilise la chaleur eaux épurées (après traitement) et peut être mise en place dans l'enceinte de la STEP de capacité supérieure à 5000 équivalents logements, en amont du rejet des eaux épurées vers le milieu naturel. Elle peut théoriquement autoriser une liaison directe vers la pompe à chaleur et éviter ainsi la présence d'échangeur intermédiaire. La récupération de chaleur sur les eaux épurées en sortie de STEP peut être réalisée grâce à différents types d'installations et d'échangeurs : échangeurs à plaques, échangeurs multitubulaires (faisceau de tubes), échangeurs coaxiaux.

Dans les stations (ou postes) de relevage

La solution de récupération de chaleur des eaux usées au niveau des stations de pompage (ou postes de relevage) peut être aussi intéressante car ces stations sont situées en ville et donc proches des preneurs de chaleur. Le système utilise une fosse de relevage existante. Une partie des eaux usées est pompée de la fosse de la station de pompage avant STEP vers des échangeurs.

Au pied de bâtiments ayant une forte consommation d'eau (dans ce dernier cas, on parlera plutôt de récupération d'énergie thermique sur les eaux grises)

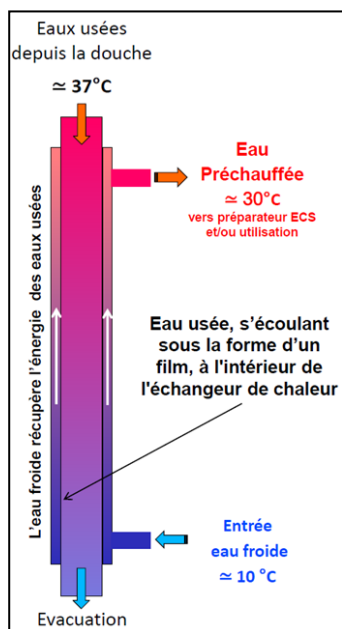
Cette solution nécessite obligatoirement une évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes. Elle peut permettre l'utilisation de matériel non spécifique aux eaux usées (échangeurs standards, PAC) et nécessite généralement des systèmes sophistiqués de filtrations et d'auto nettoyage des échangeurs sur eaux usées.

Cette solution capte la chaleur des eaux usées directement à la sortie de l'immeuble, grâce à un échangeur de chaleur installé dans une fosse dédiée à cette utilisation.

Les eaux usées arrivent dans une cuve centrale. Le filtre retient les plus grosses particules dans la cuve et une pompe déverse quotidiennement les résidus accumulés dans la cuve vers le collecteur. Le niveau d'eau dans la fosse est maintenu suffisamment haut pour qu'il y ait déversement du trop-plein dans le tube intermédiaire puis vers le collecteur.

Cette solution se différencie des autres précédemment citées car son domaine d'application privilégié est la production d'eau chaude sanitaire de l'immeuble. L'application au chauffage (et/ou à la climatisation) d'une installation de récupération de chaleur en sortie de bâtiments peut également être envisagée avec l'intégration au dispositif d'une pompe à chaleur.

Echangeur de chaleur sur l'eau des douches



Cette solution peut être mise en œuvre individuellement ou à l'échelle d'un bâtiment d'habitat collectif. Un échangeur de chaleur est posé directement sur la canalisation d'évacuation des eaux de douche et permet de récupérer environ 60% de la chaleur.

A. DROIT D'EAU

Avant d'engager des démarches pour une **petite centrale hydroélectrique**, il est nécessaire d'être détenteur du droit d'eau.

- Droit fondé en titre

Un droit d'usage de l'eau exonère d'une demande d'autorisation ou de renouvellement. Sur les cours d'eau domaniaux (appartenant à l'Etat) ce droit doit être acquis avant l'édit royal de Moulins de 1566. Sur les cours d'eau non domaniaux, ce droit doit être acquis avant l'abolition du régime féodal, le 4 août 1789. Il est impératif d'être en mesure d'apporter la preuve de ce droit.

- Absence de droit

Il est nécessaire de formuler une demande pour produire de l'électricité. L'installation d'une **petite centrale hydroélectrique** est soumise à la loi du 16 octobre 1919 relative à l'énergie hydraulique.

Selon la réglementation en vigueur, une **petite centrale hydroélectrique** dont la puissance maximale brute est inférieure à 4 500 kW nécessite une autorisation délivrée en préfecture. Cette autorisation est renouvelable une seule fois pour 30 ans.

Les projets de plus de 4 500 kW nécessitent une concession délivrée par le Conseil d'Etat. Le concessionnaire doit présenter sa demande de renouvellement onze ans au moins avant l'expiration de la concession.

B. DROIT DE L'ENVIRONNEMENT

L'installation d'une **petite centrale hydroélectrique** est soumise au respect de la législation sur l'eau détaillée dans le code de l'environnement et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006

- Une étude d'impact est nécessaire pour les centrales supérieures à 500 kW,
- Il est nécessaire de maintenir un débit minimum de 10% du débit moyen annuel pour la vie et la circulation des poissons,
- Il existe des contraintes potentielles liées aux zones Natura 2000, non présente sur le site, ou au (projet de) classement projeté ou en cours sur la rivière, ou à d'éventuelles servitudes.

C. ENQUETE PUBLIQUE

Une enquête publique est demandée pour les installations dont la puissance sera supérieure à 500 kW.

D. RACCORDEMENT AU RESEAU

Un dossier est à déposer en préfecture au titre de la demande de raccordement. La Loi du 10 février 2000 et ses arrêtés sur l'obligation d'achat pour centrale d'une puissance maximale brute inférieure à 12 MW, oblige EDF, ou les Entreprises Locales de Distributions (ELD) appelée également Distributeurs Non Nationalisés, à acheter l'électricité produite par certaines installations de production raccordées au réseau dont l'Etat souhaite encourager le développement.

FICHE BOIS ENERGIE : SOLUTIONS COLLECTIVES

Il s'agit de réaliser une chaufferie collective qui dessert un ou plusieurs bâtiments avec comptage de chaleur ou non (tout dépend des modalités de gestion du bâtiment) : **une étude de faisabilité peut être imposée pour préciser l'intérêt de cette solution.**

Il est dans ce cas nécessaire de prévoir une chaufferie dédiée avec un silo de stockage dimensionné en fonction des besoins, un accès pour le camion de livraison. En termes de maintenance, le contrat de maintenance doit prévoir le passage régulier d'un agent pour le déchargement et l'entretien annuel de la chaufferie. La valorisation des cendres doit également être prévue.

■ PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CHAUDIERES AUTOMATIQUES

Les chaudières automatiques à bois sont des générateurs de chaleur qui sont très différents des chaudières bûches traditionnelles. Elles utilisent du bois déchiqueté (ou des granulés de bois).

Le combustible est convoyé **automatiquement** dans le foyer grâce à un système de convoyage (vis sans fin ou tapis convoyeur), ce qui supprime complètement les manipulations quotidiennes de bois nécessaires avec une chaudière à bûches. La combustion est complètement maîtrisée grâce à la maîtrise des arrivées d'air comburant et de la quantité de combustible apportée au foyer. Le rendement atteint 80 à 90% ce qui a plusieurs conséquences : températures de fumée très basses (110°C), cendres très fines produites en faible quantité (1 à 2% en volume), peu de dégagements de poussières et de produits de combustion incomplète dans les fumées.

Le bois est stocké dans un silo attendant à la chaufferie, dimensionné en fonction de la consommation prévisionnelle de l'installation.

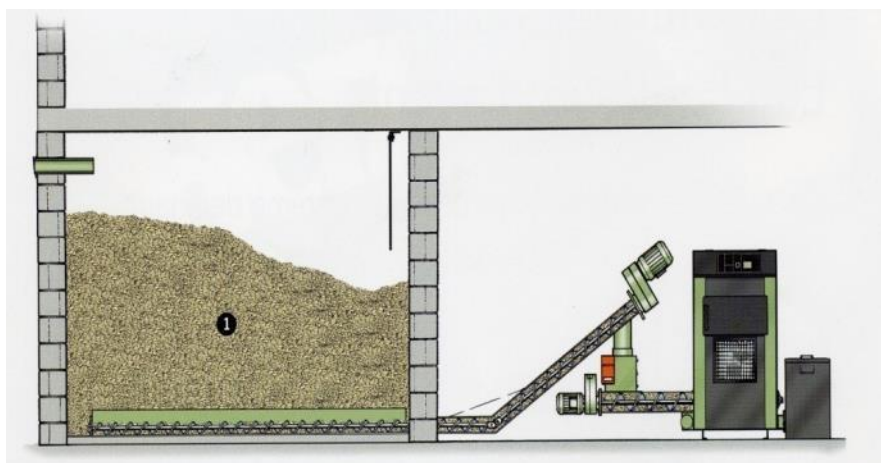


Schéma de principe d'une chaufferie bois.

■ COMBUSTIBLE

A. ORIGINE DU BOIS

Le **bois déchiqueté** consommé par les chaufferies bretonnes peut être d'origine industrielle ou agricole.

Le **bois déchiqueté d'origine industrielle** provient :

- de connexes d'industrie du bois
- de DIB¹ : palettes ou cageots en fin de vie
- de bois d'éclaircies forestières



Ces différentes ressources sont regroupées, mélangées et calibrées sur des plateformes de stockage et de conditionnement qui assurent l'approvisionnement des chaufferies.

Le **bois déchiqueté d'origine agricole** provient de la valorisation des branchages issus de l'entretien des haies et des talus : il est produit et vendu par des groupes d'agriculteurs structurés localement.

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

B. CONDITIONS DE PRODUCTION ET DE STOCKAGE

Quelle que soit l'origine du bois, le maître d'ouvrage devra être vigilant sur les caractéristiques techniques suivantes :

- **granulométrie** maximale tolérée par la chaudière ;
- **taux d'humidité** maximum toléré par la chaudière ;
- taux de **poussières** (ou taux de « fines ») ;
- absence de **terre ou de sable** (produit du mâchefer dans la chaudière) ;
- absence de **corps étrangers** (morceaux de métal, plastique ou autres d'origines diverses).

Ces caractéristiques étant variables en fonction des gammes de puissance et des constructeurs de chaudière, le maître d'ouvrage devra exiger un **engagement du fournisseur** sur la base de la qualité du bois préconisée par le constructeur de la chaudière.

Une attention particulière devra être portée à la **production de bois d'origine agricole** :

- **Chantier de déchiquetage** : éviter le déchiquetage de branches terreuses. La terre reste dans le bois déchiqueté et provoque la production de mâchefer. De la même manière, le déchiquetage de branches vertes avec feuilles provoque au séchage la production de poussière en grande quantité. Il est donc préférable de déchiqueter du bois d'hiver, sans feuilles ; ou de laisser sécher les feuilles avant le chantier de déchiquetage en cas d'abatage estival obligatoire (prairies humides).
- **Stockage du bois** : le bois déchiqueté doit être stocké sur dalle, sous hangar couvert et aéré, au moins 6 mois après déchiquetage, pour permettre le séchage. L'aération du hangar ne nécessite pas forcément de ventilation mécanique : des ouvertures latérales ou zénithales doivent permettre l'évacuation de la vapeur d'eau produite par la fermentation du bois.
- **Corps étrangers** : le lieu de stockage et la manutention du bois doivent permettre de limiter au maximum l'introduction accidentelle de corps étrangers (outils, pièces métalliques, ficelles etc.) susceptibles de bloquer les vis de convoyage du bois dans la chaudière.
- **Gestion des stocks** : le bois déchiqueté en hiver doit sécher 6 mois à 1 an. La production de l'année suivante devra être stockée séparément de manière à ne pas ré-humidifier de la plaquette sèche. Le hangar devra se prêter à ce type de gestion des stocks.

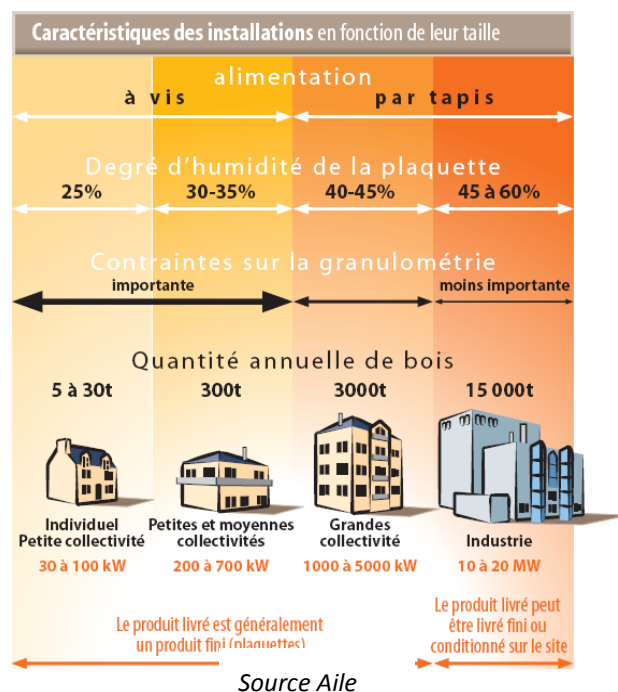
¹ DIB : déchets industriels banals

■ GAMME DE PUISSANCE

La gamme de puissance couverte par les chaudières automatiques est très étendue : de 20 kW (chauffage d'une maison), à plusieurs MW pour les usages industriels.

A chaque gamme de puissance correspond un système de convoyage de bois déchiqueté. Plus la puissance augmente, plus la granulométrie du bois peut être grossière et plus le taux d'humidité acceptable est élevé.

Le granulé est plus adapté aux chaudières de petites à moyennes puissances : de 8 kW à 300 kW lorsque plusieurs chaudières sont installées « en cascade ».



■ CHAUDIERES BOIS ET QUALITE DE L'AIR

Une note de synthèse ADEME-MEEDDAT "Le bois énergie et la qualité de l'air" a été rendue publique en mars 2009.

Principaux enseignements :

1-le bois énergie contribue pour une très faible part aux émissions nationales de dioxyde de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x) (2% environ) et contribue à hauteur de 10% environ aux émissions de dioxines et de poussières totales ;

2-le bois énergie contribue de manière significative aux émissions nationales de :

- composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) : 22%,
- de monoxyde de carbone (CO) : 31%,
- d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (77% pour la somme des 4 HAP),
- de particules : 27% pour les PM₁₀ et 40% pour particules les plus fines (PM_{2,5}).

En résumé, le bois-énergie ne constitue pas actuellement au niveau national et en termes de bilan d'émissions, une source majeure de pollution par le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les dioxines. Par contre sa contribution, en l'état actuel des technologies ou des pratiques, est notable vis-à-vis des poussières fines, des composés organiques volatils, du monoxyde de carbone, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et **en raison surtout de la combustion du bois en maison individuelle dans de mauvaises conditions**.

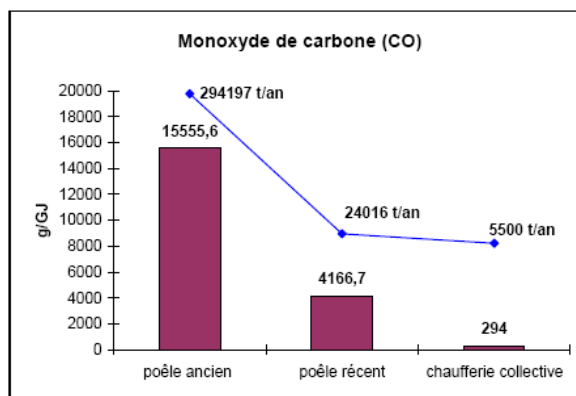
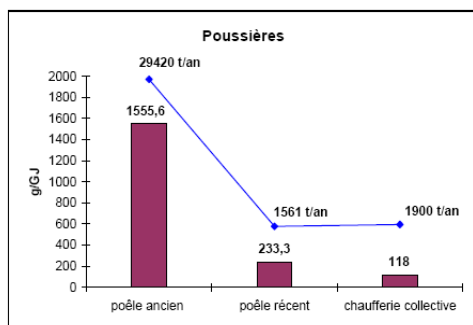
Le secteur domestique est responsable en grande partie des émissions de polluants atmosphériques liés à la combustion du bois :

- 81% du bois consommé en France l'est par le secteur domestique ;
- Le combustible utilisé est de qualité très variable ce qui impact considérablement la qualité de la combustion ;
- Le parc d'appareils de chauffage au bois est ancien et la combustion y est mal maîtrisée.

Les graphiques suivants (source note Ademe-MEEDDAT, 2009) illustrent les différences d'émissions de polluants entre des appareils anciens, des appareils récents et des chaufferies collectives, par unité d'énergie produite (pour 1 GJoule produit).

Comme le montre la figure 4, pour une même quantité d'énergie produite, les poêles anciens émettent environ 4 à 7 fois plus de polluants atmosphériques (poussières, CO) que les poêles récents et 13 à 53 fois plus que les chaufferies collectives (à noter que la tendance est similaire pour les autres polluants).

Figure 4. Facteurs d'émission de poussières et de monoxyde de carbone, corrigés du rendement (en g/GJ sortant) pour un poêle ancien, un poêle récent et une chaufferie collective (Sources : ADEME, 2005c et CITEPA, 2003)



Ainsi, la combustion du bois dans des appareils neufs et *a fortiori* dans des chaudières automatiques permet de réduire considérablement l'impact de la combustion sur la qualité de l'air.

■ PRINCIPE D'IMPLANTATION DU SILO

L'un des **points clé de la réussite d'une installation de chaufferie bois est l'implantation du silo d'approvisionnement en bois**. Ce silo doit être facilement accessible pour les livraisons de combustible : il doit permettre un remplissage aisé au moment de la livraison et dimensionné pour assurer une autonomie suffisante en chauffage.

La chaudière pourra être installée au même niveau que le silo. Si ce n'est pas le cas, un système de convoyage spécifique devra être prévu pour amener le combustible au niveau du corps de chauffe.

■ SILO POUR BOIS DECHIQUETE

La livraison de bois déchiqueté en vrac s'effectue grâce à des camions de livraison ou des attelages tracteurs remorque : ce type de livraison par bennage nécessite une **réflexion en amont sur l'accès à la parcelle et les manœuvres réalisables sur le site (rayon de courbure du véhicule)**.



Livraison par camion benne (source Aile)



Livraison par tracteur+remorque agricole (source Aile)

Si le site présente un dénivelé naturel, le silo pourra être conçu en aérien ou semi-enterré afin de limiter les frais de génie civil.

Dans le cas contraire, un silo enterré est incontournable (sauf dans le cas de chaudières de grosse puissance avec désilage par échelles carrossables).

Les silos doivent être étanches à l'eau et disposer d'un système d'aération du bois, souvent raccordé à la chaufferie

Le dispositif de fermeture du silo peut prendre plusieurs formes : trappes carrossables, trappe coulissante latéralement, trappe à ouverture verticale. Dans tous les cas, le dispositif devra être adapté aux dimensions du véhicule de livraison des plaquettes, et assurer la sécurité des intervenants autour de la livraison ainsi que l'étanchéité du silo.



Trappe coulissante



Trappe sur vérins hydrauliques
(source Compte.R)



Trappe coulissante latéralement

■ SILO POUR GRANULES

L'approvisionnement en granulés étant plus simple à assurer que l'approvisionnement en plaquettes, la conception des silos est plus facile. La livraison du granulé est réalisée par camion souffleur. Cet approvisionnement se fait en aérien grâce à l'utilisation d'un tuyau flexible de soufflage, raccordé au silo par un raccord pompier. De fait, la chaufferie et le silo peuvent être :

- de plain-pied avec raccord pompier à hauteur accessible ;
- en sous-sol, avec raccord pompier rapporté au niveau du Rdc.



Pièce de réserve avec alimentation par vis
(source ÖkoFEN)



Livraison par camion souffleur

■ DEFINITION

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

Cette définition technique doit être complétée par une définition juridique qui distingue deux types de réseaux :

- **Chaufferie dédiée** qui utilise un réseau pour distribuer de la chaleur à des bâtiments appartenant au même maître d'ouvrage :
ex1 : chaudière communale qui dessert les écoles publiques, la mairie, la cantine et la médiathèque.
- Le producteur de chaleur qui exploite la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de la chaleur (au moins 2 usagers distincts) : c'est le **réseau de chaleur au sens juridique**.
ex2 : réseau qui dessert les écoles, le collège, le lycée et son internat, des logements sociaux.

■ BOUQUET ENERGETIQUE

Les réseaux de chaleur ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre un « bouquet énergétique » en tête de réseau : il est donc possible de mobiliser différentes ressources énergétiques permettant de garantir une stabilité des prix, une sécurité d'approvisionnement et d'assurer une certaine flexibilité (saisonnnière notamment).

Les possibilités d'approvisionnement sont décrites dans le tableau suivant, surtout valable pour les « grands » réseaux urbains :

		Définition	Intérêt environnemental
Energies renouvelables et de récupération	Bois énergie	Valorisation par combustion de produits bois	Impact neutre sur l'effet de serre
	Biogaz	Produit à partir de matières organiques ou de digesteurs de stations d'épuration	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Chaleur issue de cogénération	Production simultanée de chaleur et d'électricité	Amélioration du rendement et réduction des émissions de CO ₂ par rapport à la production dissociée
	Géothermie profonde	Exploitations d'aquifères profonds, adaptée à de grosses installations, concentrées aujourd'hui dans le Bassin Parisien	Récupération de chaleur
	Usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)	Valorisation de la chaleur produite par la combustion des déchets	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Valorisation de chaleur fatale	Chaleur produite par un site, un process et non valorisée sur le site	Utilisation d'une ressource existante
Energies fossiles	Gaz naturel, fioul, charbon	Energies fossiles valorisées par combustion	Aucun en dehors de la cogénération Impact fort sur l'effet de serre

■ AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR

Les avantages des réseaux de chaleur sont de plusieurs types et résumés dans le tableau suivant :

Environnementaux	Réduction des émissions de polluants par la plus grande maîtrise de la combustion de systèmes centralisés et performants. Mobilisation des énergies renouvelables et notamment la biomasse : réduction de l'utilisation d'énergies fossiles et donc des émissions de gaz à effet de serre.
Optimisation énergétique	Les réseaux permettent d'utiliser de la chaleur non valorisée et optimisent donc le bilan énergétique de sites ou de quartiers
Service aux usagers	Distribution d'une chaleur dont le prix et la disponibilité sont attractifs par rapport à des systèmes indépendants peu maîtrisés ; exploitation centralisée indépendante des usagers.
Aménagement urbain	Dans le cadre d'aménagements de nouveaux quartiers ou de réhabilitations de quartiers existants, ce type d'installation apparaît comme un outil pertinent face à l'augmentation des prix des énergies fossiles et à la nécessaire démarche d'optimisation énergétique des territoires pour réduire l'impact environnemental et la dépendance liée aux énergies fossiles.

Figure 74 : Avantages des réseaux de chaleur

Les principales difficultés relèvent :

- de l'investissement : un investissement spécifique au réseau, à la chaufferie et au stockage du combustible ;
- de la difficulté du dimensionnement, notamment lié au phasage d'opérations sur un quartier neuf.

■ VALORISATION DES RESEAUX DE CHALEUR ENR DANS LA RT 2012

La RT 2012 valorise les réseaux de chaleur vertueux c'est-à-dire, entre autres, émettant peu de CO₂ par kWh distribué. Ces réseaux doivent pour ce faire mobiliser des énergies renouvelables et de récupération dans leur mix énergétique.

Le tableau suivant présente les coefficients applicables pour moduler le Cepmax en fonction du contenu CO₂ du réseau, dans le cas de bâtiments raccordés à un réseau de chaleur :

Contenu CO ₂ du réseau en g/kWh	<50	Entre 50 et 100	Entre 100 et 150	>150
Modulation du Cepmax	+30%	+20%	+10%	0%

Figure 75 : Modulations applicables au Cepmax en fonction du contenu CO₂ du réseau.

La conséquence directe est une modulation favorable de la limite haute de consommation d'énergie primaire pour les bâtiments raccordés à un réseau. Le tableau suivant présente un exemple de modulation :

	Cepmax	Cepmax avec bois énergie	Cep max modulé en fonction du contenu CO ₂ du réseau de chaleur			
			<50 g/kWh	Entre 50 et 100 g/kWh	Entre 100 et 150 g/kWh	>150 g/kWh
Bretagne						
Maisons individuelles	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs jusqu'au 31/12/2014	63.25	80.5	80.5	74.75	69	63.25

Figure 76 : Impact de la modulation du Cepmax pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur.

FICHE FOURNISSEURS D'ÉLECTRICITÉ VERTE

L'électricité verte désigne dans son sens courant une **électricité respectueuse de l'environnement**. On l'assimile souvent à l'électricité renouvelable, définie dans la directive électricité renouvelable 2001 comme l'électricité produite à partir de "**sources d'énergie non fossiles renouvelables**" :

- énergie éolienne ;
- solaire ;
- géothermique ;
- houlomotrice ;
- marémotrice et hydroélectrique ;
- biomasse : la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ;
- gaz de décharge ;
- gaz des stations d'épuration d'eaux usées ;
- biogaz.

L'Union européenne s'est engagée à ce que 21 % de sa consommation brute d'électricité soit produite à partir de sources renouvelables en 2010. Chaque état membre s'est vu attribuer des objectifs indicatifs ; il est de 21 % pour la France.

Différents systèmes permettent de soutenir l'électricité verte, ce sont principalement **les tarifs d'achat** (le producteur vend son électricité à un prix fixé à l'avance) et les **certificats verts** (obligation d'une part d'électricité verte dans le mix avec la création d'un marché). D'autres instruments viennent compléter ce marché : les appels d'offre, les incitations fiscales et le marché volontaire de l'électricité verte. Ce dernier concerne les consommateurs souhaitant une certaine quantité d'électricité verte dans le mix qu'ils reçoivent.

Pour y apporter des réponses, aider le consommateur à choisir et améliorer les offres vertes présentes sur le marché, **un label est en cours de création par le CLER et le WWF**. En France, la plupart des fournisseurs d'électricité proposent des offres vertes. **Le consommateur a ainsi la possibilité de faire le choix de consommer une électricité provenant de sources d'énergie renouvelables.**

Plusieurs de nos voisins ont d'avantage de recul sur ce type de produits car la libéralisation du marché de l'électricité est antérieure. Dans ces pays, des labels ont été créés pour indiquer au consommateur la qualité des offres vertes (Ok Power, Naturemade Star, etc...).

Ainsi dans une démarche volontariste de réduction du bilan carbone des consommations énergétiques du site, l'aménageur pourrait inciter les futurs usagers de l'électricité à consulter les différents fournisseurs d'électricité verte. Les fournisseurs proposent différents tarifs avec des taux d'électricité verte variant de 25 à 100 %.

Parmi les fournisseurs les plus connus nous trouvons : EDF, GDF-Suez, Poweo, Direct Energie ou Enercoop.

L'ensemble des fournisseurs d'énergie est référencé sur le site internet www.energie-info.fr



Issue de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement du 03/08/09 (Art.4), dite loi Grenelle1, la réglementation thermique 2012 fixe comme objectif de consommation énergétique une valeur maximale de 50kWh_{ep}/(m².an). Ce niveau, équivalent au niveau BBC actuel, permettra de diminuer par trois les consommations énergétiques par rapport à la réglementation thermique 2005. La performance énergétique du bâtiment sera également mesurée en fonction de son adéquation avec une conception bioclimatique. Le coefficient BBio et la température intérieure conventionnelle seront les outils

de mesure de cette exigence. Cette réglementation préfigure l'objectif du Grenelle de généraliser en 2020 la conception de bâtiments passifs.

■ LES NIVEAUX DE REFERENCE

Les exigences de performance énergétique portent sur les trois facteurs suivants :

- le coefficient **Cep** (coefficient de consommation en énergie primaire) qui doit être **inférieur au niveau imposé dans l'arrêté (Cepmax)**, à savoir **50 kWh_{ep}/(m².an)**, modulé en fonction de la localisation géographique, l'altitude, la surface moyenne, le type d'usage de bâtiment et les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées,
- le coefficient **Bbio** (coefficient prenant en compte la conception bioclimatique du bâtiment) qui doit être **inférieur au niveau imposé dans l'arrêté, à savoir 60** (valeur sans unité), modulé en fonction de la localisation géographique, l'altitude et la surface moyenne,
- la température intérieure conventionnelle qui doit être inférieure à une température intérieure conventionnelle de référence pour le projet.

L'intégration de l'impact des émissions de gaz à effet de serre dans le calcul du Cepmax offre une marge supplémentaire dans les cas suivants :

- les bâtiments à usages d'habitation équipés de production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire alimentée en bois énergie,
- tous les bâtiments raccordés à un réseau de chaleur et/ou de froid faiblement émetteur de CO₂.

■ EXIGENCES DE MOYENS

Les critères de performance énergétique nouvellement définis dans la réglementation thermique sont accompagnés **d'exigences de moyens**.

Les maisons individuelles ou accolées **devront obligatoirement avoir recours aux énergies renouvelables**. Plusieurs solutions sont possibles :

- un équipement de production d'eau chaude sanitaire solaire comprenant au moins 2m² de capteurs orientés au Sud et inclinés entre 20° et 60°,
- le raccordement à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une énergie renouvelable ou de récupération,
- une contribution des énergies renouvelables au Cep au moins supérieure à 5kWh_{ep}/(m².an),
- un équipement thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire ayant un COP supérieur à 2,
- le recours à une production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assuré par une chaudière à micro-cogénération respectant des rendements minimum.

Les valeurs maximales attendues de perméabilité à l'air pour les bâtiments à usage d'habitation seront celles imposées dans le cadre du label BBC Effinergie actuel.

Dans un objectif de diminution des consommations électriques, les bâtiments à usage d'habitation devront avoir un accès favorisé à la lumière naturelle. **La surface totale des baies devra être supérieure ou égale à 1/6 de la surface habitable.**

Tous les bâtiments seront équipés de sous-comptages énergétiques pour déterminer la répartition des consommations énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire, électricité) et permettre aux usagers de faire un suivi de leurs consommations énergétiques. Ces installations ont pour objectif de créer des conditions propices à la responsabilisation des usagers et aux économies d'énergie.

■ APPLICATION

La réglementation thermique 2012 entre en vigueur aux échéances suivantes :

- le 28 octobre 2011 pour les logements situés en zone ANRU et pour les bâtiments à usage de bureau, les bâtiments d'enseignement et les établissements d'accueil de la petite enfance,
- un an après la publication de l'arrêté, soit fin 2012, pour les autres bâtiments à usage autre que d'habitation,
- le 1^{er} janvier 2013 pour les autres bâtiments à usage d'habitation.

■ LA RT 2012 EN BATIMENTS D'ACTIVITES

CHAMPS D'APPLICATION

La réglementation thermique a pour objectif de limiter la consommation d'énergie des nouveaux bâtiments

La RT 2012 est applicable depuis le 1er janvier 2013 à tous les bâtiments répondant simultanément aux conditions suivantes :

- Bâtiment **chauffés ou refroidis** afin de garantir le **confort des occupants** dans des conditions fixées par convention
- Bâtiment ou partie de bâtiment à usage de **bureau et d'enseignement**, [...] **hôtels, restaurants, commerces**, [...], et bâtiments à usage **industriel et artisanal**.

La RT 2012 ne s'applique pas :

- aux constructions provisoires prévues pour une durée d'utilisation de moins de deux ans ;
- **aux bâtiments et parties de bâtiment dont la température normale d'utilisation est inférieure ou égale à 12 °C ;**
- aux bâtiments ou parties de bâtiment destinés à rester ouverts sur l'extérieur en fonctionnement habituel ;
- **aux bâtiments ou parties de bâtiment qui, en raison de contraintes spécifiques liées à leur usage, doivent garantir des conditions particulières de température, d'hygrométrie ou de qualité de l'air, et nécessitant de ce fait des règles particulières ;**
- **aux bâtiments ou parties de bâtiment chauffés ou refroidis pour un usage dédié à un procédé industriel ;**
- aux bâtiments agricoles ou d'élevage ;
- aux bâtiments servant de lieux de culte et utilisés pour des activités religieuses ;
- aux bâtiments situés dans les départements d'outre-mer.

➤ **Par défaut tout nouveau bâtiment est soumis à la RT2012 et certains locaux en sont exclus.**

Plus d'informations : www.rt-batiment.fr

LES OBLIGATIONS

COEFFICIENTS A RESPECTER

Bbio : Besoins bioclimatiques : traduit la **performance de l'enveloppe** au regard des besoins de chauffage, de climatisation et d'éclairage

Cep : **Consommation d'énergie primaire** : traduit la consommation d'énergie liée au chauffage, à la ventilation, à la production d'eau chaude sanitaire, aux auxiliaires (pompes, circulateurs...) et à l'éclairage. Sont exclus la consommation d'électricité spécifique (bureautique, HIFI, électroménager...).

Tic : **Température intérieure conventionnelle** : éviter les surchauffes en été

Pour que le projet soit réglementaire : **Bbio projet < Bbio max ; Cep projet < Cep max ; Tic projet < Tic max**

JUSTIFIER DES PERFORMANCES DU BATIMENT

L'attestation réglementaire RT 2012 fait partie des pièces obligatoires à joindre lors du dépôt de permis de construire.

Une attestation de conformité est également à déposer à l'achèvement des travaux.

LA STRATEGIE A SUIVRE

- 1- Appliquer les principes de la construction bioclimatique : optimiser les apports solaires (cf schéma ci-dessous)

Positionner les locaux nécessitant du chauffage au Sud, les locaux sans chauffage et frigorifiques au Nord.

Privilégier le recours à l'éclairage naturel en faisant attention à l'éblouissement.

- 2- Concevoir une enveloppe performante (limiter les besoins de chauffage, de climatisation, d'éclairage) : créer un bâtiment compact, isoler les parois et menuiseries, maîtriser l'étanchéité à l'air,
- 3- Recourir à des systèmes énergétiques performants (haut rendement).

PERMEABILITE A L'AIR

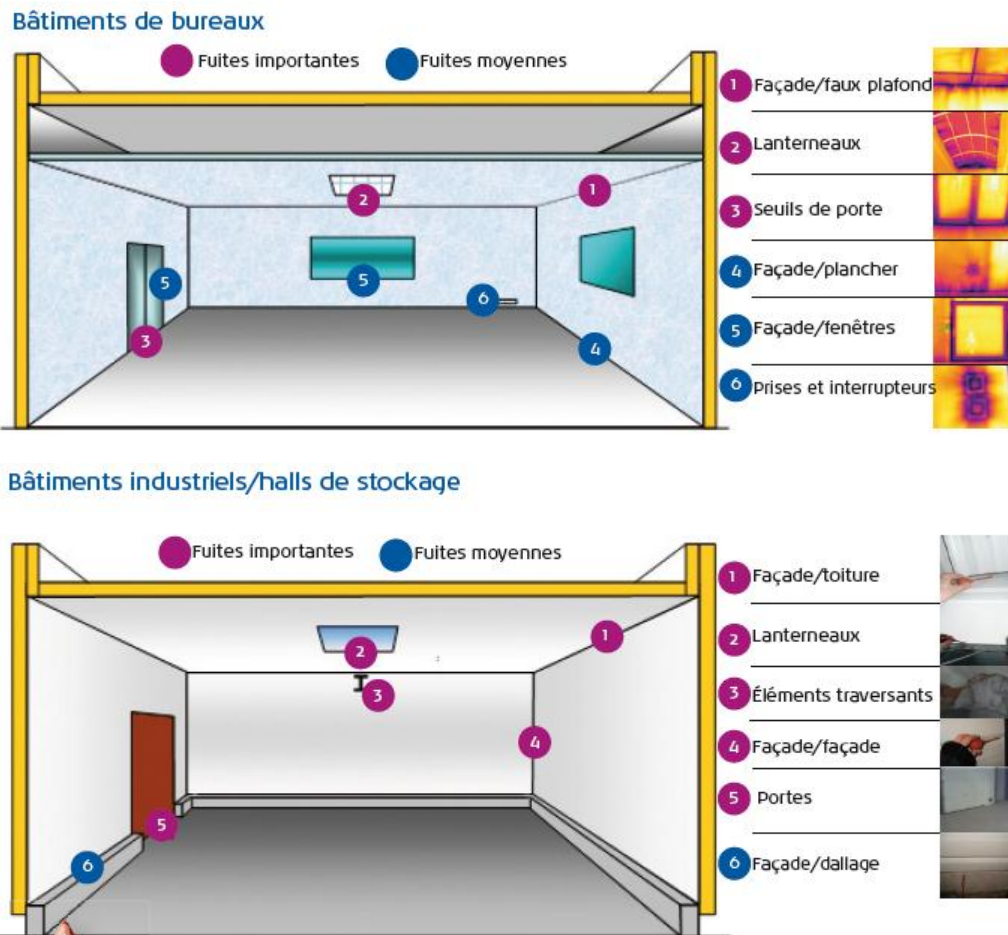
Pas d'obligation de résultat pour les bâtiments d'activité **MAIS** :

Maîtriser l'étanchéité à l'air du bâtiment permet :

- D'éviter les pertes d'énergie et réduire la consommation et le coût du chauffage
- D'optimiser le confort acoustique et thermique
- D'assurer le bon fonctionnement et la performance (rendement) des systèmes de ventilation.

Localisation des fuites d'air :

Le CTICM et ses partenaires ont réalisé des études, dans le cadre du projet de recherche Prebat-Acieco, de diagnostic des fuites d'air sur un échantillon de bâtiments tertiaires en acier (bureaux et halls industriels).



Source CTICM



Une bonne étanchéité à l'air ne peut être dissociée d'un bon **système de ventilation** pour assurer le renouvellement en air neuf des locaux.

Les systèmes de ventilation double flux permettent en outre de limiter les déperditions thermiques via la ventilation grâce à la récupération de chaleur sur l'air extrait.

Bibliographie : www.cticm.com/content/nos-recherches-1

ANNEXE 3 : EMISSIONS DE CO₂

Les coefficients utilisés sont issus de l'Arrêté du 15/09/06 relatif au Diagnostic de Performance Energétique et d'une publication de l'Ademe sur les émissions de gaz à effet de serre des kWh électriques en fonction de l'usage de l'électricité :

Facteurs de conversion des kilowattheures finaux en émission de gaz à effet de serre (kgCO ₂ /kWhPCI _{ef} ou tCO ₂ /MWhPCI _{ef})		
ENERGIE	CHAUFFAGE	PRODUCTION ECS
Bois, biomasse	0,013	0,013
Gaz naturel	0,234	0,234
Fioul domestique	0,3	0,3
Charbon	0,342	0,384
Gaz propane ou butane	0,274	0,274
Autres combustibles fossiles	0,32	0,32
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0	0
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,18	0,04

Figure 77: Extrait de l'annexe 4 de l'arrêté du 15 Septembre 2006 relatif au DPE

Emissions CO ₂ de l'électricité selon note Ademe 2005 (kgCO ₂ /kWhPCI _{ef} ou tCO ₂ /MWhPCI _{ef})	
Chauffage	0,18
Eclairage	0,1
Cuisson, lavage	0,06
autres usages résidentiels	0,04

Figure 78: Extrait de la note de cadrage sur le contenu en CO₂ du kWh électrique par usage en France (Source : Ademe 2005)

Nous avons considéré dans cette étude pour l'électricité un coefficient de 0,18 pour le chauffage, de 0,06 pour la cuisson et de 0,04 pour les autres usages.

ANNEXE 4 : ECLAIRAGE PUBLIC

A. LA REGLEMENTATION LIEE A L'ECLAIRAGE PUBLIC

Il n'y a pas d'obligation d'éclairer mais l'article L 2212-2 du Code Général des collectivités territoriales mentionne que : « la police municipale a pour objet d'assurer le bon ordre, la sûreté, la sécurité et la salubrité publics. Elle comprend notamment : tout ce qui intéresse la sûreté et la commodité du passage dans les rues, quais, places et voies publiques, ce qui comprend le nettoyage, l'éclairage, l'enlèvement des encombrants ».

Les textes suivant régissent l'éclairage public :

- NF EN 13 201 - Définir et valider les niveaux d'éclairement à maintenir dans l'espace public
- UTE C 17-260 relative aux installations d'éclairage extérieur et leur maintenance
- Décret n°2011-831 du 12 Juillet 2011 relatif à la prévention et à la limitation des nuisances lumineuses
- Arrêté du 25 janvier 2013 relatif à l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels afin de limiter les nuisances lumineuses et les consommations d'énergie.
- Arrêté du 1^{er} Août 2006 : fixe les dispositions relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public (ERP) et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création
- Circulaire du 30 Novembre 2007 pour les bâtiments neufs.
- Circulaire du 20 avril 2009 pour les bâtiments existants.

Attention : Dans les 2 articles la notion de "valeur d'éclairement minimale mesurée au sol en tout point" peut être interprétée par "niveau d'éclairement moyen à maintenir" avec une prise de mesure à partir de 25 cm du bord du cheminement. (Source : www.accessibilite.gouv.fr)

B. LES GRANDEURS CARACTERISTIQUES

Efficacité lumineuse : rapport entre la puissance électrique et la puissance lumineuse fournie (le flux lumineux) : elle s'exprime en lumen. Elle pourrait être qualifiée de rendement d'une lampe. Plus l'efficacité lumineuse d'une lampe est importante, plus celle-ci est économe en énergie.

Température de couleur : La température de couleur (exprimée en Kelvins (K)) représente la couleur de la lumière émise par une lampe; depuis les «teintes chaudes» comme si les objets étaient éclairés par le soleil couchant, jusqu'aux «teintes froides» où les bleus dominent.

Les lampes qui produisent une lumière «chaude» vont de 2500 à 3000 K, celles qui produisent une lumière «neutre» sont à environ 4500 K Au-delà, la lumière paraît plus «froide».

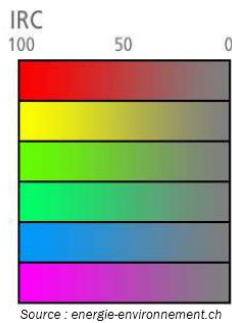
Indice de rendu couleur : noté IRC

(ou Ra) est la capacité d'une source de lumière à restituer les couleurs sans en modifier les teintes. La valeur maximale d'IRC est 100, elle correspond à un éclairage naturel. Les ampoules à filament et halogènes ont un IRC proche de 100.

Plus la valeur de l'IRC est faible plus les teintes des couleurs sont modifiées



Figure 79: Température de couleur (Source: SDE 35)



Lux : Le lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré. C'est de la lumière reçue.

Platine :
élément rigide, métallique ou isolant sur lequel sont fixés les accessoires nécessaires (ballast, amorceur,...) au fonctionnement des sources lumineuses.



Amorceur :

appareil qui, soit seul, soit en combinaison avec d'autres éléments du circuit, engendre des impulsions de tension destinées à amorcer les lampes à décharge.




Ballast :

dispositif interposé entre l'alimentation et une (ou plusieurs) source(s) lumineuse(s) et qui sert principalement à limiter le courant de la (ou des) lampe(s) à la valeur requise. Souvent ferromagnétique, le ballast électronique s'impose progressivement.

Starter :

dispositif d'amorçage destiné, en particulier, aux lampes tubulaires fluorescentes.

XIII.2.3. LES DIFFERENTS TYPES DE LAMPES

	Décharge basse pression	Décharge haute pression				Semi-conducteur
	FLUO COMPACT	IODURE METALLIQUES	COSMO	MERCURE	SODIUM	LED
Photo						
Efficacité lumineuse (Lm/W)	30-82	70-100	90-120	40-65	80-150	85-120
Température de couleur (K)	1 700-4 000	2 800-5 000	2 650	2 900-4 200	1 800-2 200	2 700-6 500
IRC	80-98	65-95	60-80	36-72	25-65	80-90
Remarque		lumière blanche de qualité		Interdit à partir d'Avril 2015 (Directive EUP 2005/32 CE Règlement 245/2009 CE)	à lumière jaune-orangé les plus fréquemment utilisées dans l'éclairage public français en raison de leur coût d'utilisation raisonnable et de leur efficacité lumineuse élevée	Durée de vie très longue et grande efficacité énergétique

ANNEXE 5 : EXEMPLES D'OPTIMISATION ENERGETIQUES :

Ces exemples sont extraits du guide **Fiches bonnes pratiques énergétiques en entreprise** publié par l'Ademe et disponible sur www2.ademe.fr

Application	optimisation	Entreprise
Conditionnement d'air, chauffage et climatisation des locaux	Diagnostic énergie d'un site industriel pour cibler les actions prioritaires	EADS Astrium Construction aéronautique / navale
	Optimisation d'une centrale de traitement d'air d'un bâtiment de santé	Polyclinique Bordeaux Nord Aquitaine Tertiaire et santé
	Récupération de chaleur sur air extrait dans l'industrie pharmaceutique	Sano! Winthrop Industrie Chimie et Pharmacie
Démarches globales	Régulation du refroidissement d'un site manufacturier	Michelin Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Amélioration de l'efficacité énergétique des utilités dans l'industrie agro-alimentaire	Salaison de la Touques Agro-alimentaire
	Actions globales d'économie d'énergie en papeterie	Sonoco Paper France Papier / Carton
Eclairage	Rénovation de l'éclairage chez un équipementier automobile	Robert Bosch Srance S.A.S. Construction mécanique et automobile
Four / Procédés thermiques	Installation d'un four verrier à oxycombustion, avec récupération de chaleur des fumées	AGC Glass Europe Verre
	Optimisation et récupération de chaleur d'un sécheur dans la chimie des engrais	Agriva Chimie et Pharmacie
	Installation d'un four à sole tournante équipé de brûleurs régénératifs en forge	Aubert & Duval Métallurgie et Travail des métaux
	Optimisation d'un four pour le séchage de matériaux textile	Du"ot Industrie Textile
	Méthanisation des effluents d'une fromagerie	Fromagerie Gaugry Agro-alimentaire
	Récupération de chaleur des fumées d'un four de fusion	Groupe KME Brass France Métallurgie et Travail des métaux
	Optimisation de la conduite de four en agro-alimentaire	LU Agro-alimentaire
	Optimisation de la logistique	Ferso-Bio Agro-alimentaire
Logistique / Transport		
Méthanisation	Production de biogaz par méthanisation	Gad S.A.S. Agro-alimentaire

	des boues d'abattoir	
	Méthanisation de déchets et valorisation du biogaz sur site agro-alimentaire	Mc Cain Agro-alimentaire
Optimisation / Modilcation de procédé	Mise en place d'un procédé innovant de compactage à sec d'argile	Arvel Argile de Velais Matériaux de construction et minéraux divers
	Installation de Variateurs Electroniques de Vitesse (VEV) sur des pompes en papeterie	Gascogne Paper Papier / Carton
	Réduction de la consommation des presses hydrauliques en plasturgie	Plastic Omnium Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Optimisation de la motorisation de sécheur et de mélangeurs en parachimie	Steiner Chimie et Pharmacie
Outils de gestion de l'énergie	Réduction des consommations d'énergie grâce au comptage en agro-alimentaire	Bonduelle Agro-alimentaire
	Actions globales d'économie d'énergie en industrie manufacturière	CamII Farr Construction mécanique et automobile
	Mise en place d'une gestion technique centralisée chez un équipementier	John Deere S.A.S. Construction mécanique et automobile
	Benchmark inter site des bonnes pratiques chez un équipementier automobile	Plastic Omnium Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Sensibilisation des salariés chez un équipementier automobile	Plastic Omnium Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Campagne de sensibilisation des collaborateurs d'un groupe chimique	SNPE Chimie et Pharmacie
Production et distribution de vapeur ou d'eau chaude	Amélioration de la production d'eau chaude et de vapeur dans l'industrie textile	CMT Finition Textile
	Amélioration de la production d'eau chaude par couplage d'un système à haute performance avec une récupération de chaleur en agro-alimentaire	Daucy Agro-alimentaire
	Amélioration du réseau de chaleur industriel en plasturgie	Emac Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Optimisation du réseau de chaleur industriel	Ferso-Bio Agro-alimentaire

	Mise en place d'une chaudière au bois dans une laiterie	Ingredia Agro-alimentaire
	Installation solaire thermique pour usage industriel en parachimie	Melvita Production Chimie et Pharmacie
	Mise en place d'une chaudière à végétaux dans une coopérative agricole	Oriacoop Agro-alimentaire
	Mise en place d'une pompe à chaleur et de récupérateurs de chaleur sur compresseurs chez un équipementier	Saft Construction électrique et électronique
	Récupération de chaleur des fumées d'une chaudière chez un équipementier	Saft Construction électrique et électronique
	Installation d'une chaufferie fonctionnant à la paille de céréales en serres agricoles	SCEA Legumenfrais Agro-alimentaire
Système d'air comprimé	Optimisation d'installations d'air comprimé en industrie pharmaceutique	Capsugel Chimie et Pharmacie
	Remplacement d'un compresseur d'air	Eternit Matériaux de construction et minéraux divers
	Amélioration de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé	Ferso-Bio Agro-alimentaire
	Amélioration de l'efficacité énergétique du système d'air comprimé et des procédés en plasturgie	Manuplast Industrie du caoutchouc et des plastiques
	Optimisation de l'efficacité énergétique des systèmes d'air comprimé chez un équipementier automobile	Robert Bosch France S.A.S. Construction mécanique et automobile
	Installation d'un compresseur à vitesse variable et détection de fuites chez un fabricant de meubles	Steelcase Industries diverses
Système frigorifique / Refroidissement	Installation de rafraichisseurs à évaporation directe dans des ateliers de production de carton	Cartonnages d'Auch Papier / Carton
	Centralisation de la production frigorifique chez un industriel	Essilor Industries diverses
	Investissement dans un système de froid performant en agro-alimentaire	Mabille S.A. Auterive Agro-alimentaire
	Réduction de la consommation énergétique d'un abattoir	SAIEMB / SBA Agro-alimentaire

ANNEXE 6 : HYPOTHESES RELATIVES AUX EMISSIONS POLLUANTES DES TRANSPORTS

Le tableau suivant décrit les caractéristiques des principaux polluants et quelques-uns de leurs effets sur la santé :

Polluant	Sources	Effets sur la santé
Le monoxyde de carbone (CO)	Le monoxyde de carbone résulte d'une combustion incomplète et rapide du carburant, notamment lors des arrêts dus aux embouteillages	anoxie (manque d'oxygène), troubles cardio-vasculaires, migraine, vertiges, troubles de la vision
Les oxydes d'azote (NOx)	Les oxydes d'azote sont issus de la réaction de l'oxygène et de l'azote de l'air sous l'effet de l'élévation de la température du moteur	irritations, diminution des défenses immunitaires et altération des fonctions pulmonaires
Les hydrocarbures (HC)	Les hydrocarbures proviennent d'une combustion incomplète du carburant et de l'huile du moteur	irritations oculaires, toux
Les particules fines	Les particules fines sont émises principalement par les moteurs diesel. Elles sont composées de carbone, d'hydrocarbures, de composés soufrés et de composés minéraux variés	irritations des bronches et des muqueuses nasales, problèmes respiratoires
Résidus de plomb	Les résidus de plomb sont liés à la présence d'additifs en plomb dans certains carburants	intoxications, anémie, troubles de la croissance, insuffisance rénale
Le dioxyde de soufre (SO₂)	Le dioxyde de soufre est émis par les moteurs diesel	altération des fonctions pulmonaires
L'ozone (O₃)	Il ne faut pas confondre l'ozone de la « couche d'ozone » et l'ozone de surface : l'ozone de surface est un polluant toxique qui se forme au sol. Il apparaît quand les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, issus des véhicules et des usines, se transforment sous l'action des rayons solaires et de la chaleur. L'ozone est l'un des principaux composants du smog qui est un brouillard jaunâtre causée par un cocktail de polluants atmosphériques (ozone + particules fines). L'ozone peut se retrouver jusqu'à 800 km de son point d'origine et est donc un des principaux « produits » exportés dans le monde (sic) ! L'ozone apparaît lors de la réaction de certains des polluants sous l'effet du rayonnement solaire	migraine, irritations oculaires, altération des fonctions pulmonaires, toux

Figure 80 : Description des principaux polluants dus aux véhicules à moteur (source : www.encyclo-ecolo.com)

Pour évaluer les émissions polluantes des transports dans le futur quartier, nous partons des normes Euro qui fixent des limites d'émissions en fonction du type de véhicule et du carburant utilisé.

Depuis 1993, les normes Euro fixent successivement des seuils d'émission de plus en plus contraignants.

Récapitulatif des normes EURO pour les véhicules Diesel en mg/km								
Norme	Oxydes d'azote (NO _x)	Monoxyde de carbone (CO)	Hydrocarbures (HC)	HC + NO _x	Particules (PM)	Particules (P)*	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Dioxyde de carbone CO ₂
Euro 1		2720		970	140			175500
Euro 2		1000		900	100			168500
Euro 3	500	640		560	50			154200
Euro 4	250	500		300	25			142750
Euro 5	180	500		230	5			127000
Euro 6	80	500		170	5			110000

(*) Uniquement pour les voitures à essence à injection directe fonctionnant en mélange pauvre (combustion stratifiée).

(**) Nombre de particules. Une valeur limite doit être définie au plus tard pour la date d'entrée en vigueur de la norme Euro 6.

(***) Les normes euro ne fixent pas de valeur pour les émissions de CO₂, celles-ci sont estimées à partir de la publication «Véhicules particuliers vendus en France » édition 2012 de l'Ademe.

Figure 81 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Diesels

Récapitulatif des normes EURO pour les véhicules Essence en mg/km								
Norme	Oxydes d'azote (NO _x)	Monoxyde de carbone (CO)	Hydrocarbures (HC)	HC + NO _x	Particules (PM)	Particules (P)**	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Dioxyde de carbone CO ₂
Euro 1		2720						175500
Euro 2		2200						168500
Euro 3	150	2200	200					154200
Euro 4	80	1000	100					142750
Euro 5	60	1000	100		5		68	127000
Euro 6	60	1000	100		5		68	110000

Figure 82 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Essence

Le rapport Chiffres Clés 2011 de l'Observatoire Régional des Transports en Bretagne (ORTB) indique la composition du parc automobile Breton :

...l'âge	Bretagne	...la source d'énergie	Bretagne
< 4 ans	18,8%	Essence	34,9%
4 + 5 ans	13,3%	Gazole	64,6%
6 + 7 ans	13,7%	Bicarburant - GPL	0,5%
8 à 10 ans	22,3%	Electricité	0,0%
11 à 15 ans	31,9%	Non dét.	0,0%
Total	100,0%	Total	100,0%

Figure 83: Extrait du Rapport chiffres clés 2011 ORTB

En fonction, de l'âge du véhicule (donc de sa date de mise en circulation) il est possible de retrouver la norme Euro qui s'appliquait à l'époque et d'en déduire les taux d'émission de polluants en estimant qu'ils sont égaux aux valeurs limites de la norme EURO.