

## Chapitre 7

### Dossier d'incidence Natura 2 000

### I. Cadre de l'étude

Au regard de l'article L414-4 du Code de l'Environnement, les « programmes ou projets d'activités, de travaux, d'aménagements, d'ouvrages ou d'installations [...], lorsqu'ils sont susceptibles d'affecter de manière significative un site Natura 2000, individuellement ou en raison de leurs effets cumulés, doivent faire l'objet d'une évaluation de leurs incidences au regard des objectifs de conservation du site » dénommée « Evaluation des incidences Natura 2000 ».

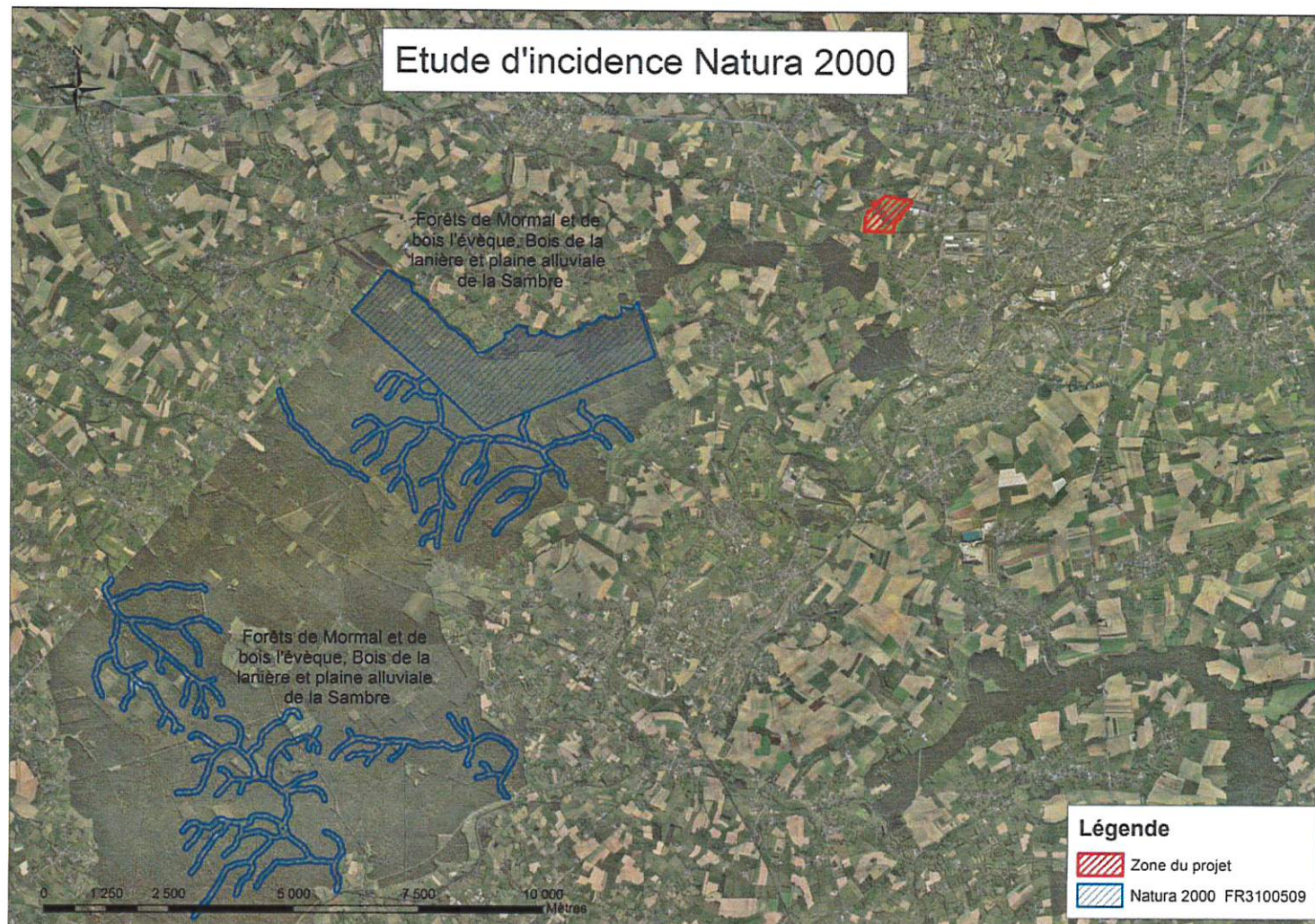
Les articles R414-19 et R414-20 (modifié par le décret n°2010-365 du 9 avril 2010) relatif à l'évaluation des incidences Natura 2000 dressent les listes nationales et locales des documents de planification, programmes ou projets ainsi que des manifestations et interventions qui doivent faire l'objet d'une évaluation des incidences sur un ou plusieurs sites Natura 2000.

Le présent rapport est construit sur la base des prescriptions définies dans le texte de loi précédemment cité et s'intéresse à l'élargissement d'un parc d'activités de Grévaux-Les-Guides au sein de la commune de Feignies. Ce projet se situe à moins de dix kilomètres du site Natura 2000 le plus proche, le site FR3100509 « Forêts de Mormal et de bois l'Evêque, bois de la Lanière et plaine alluviale de la Sambre », il est soumis au régime d'évaluation des incidences (Article L.414-4 du Code de l'Environnement) dans la mesure où des effets sont prévisibles sur ces sites.

L'évaluation des incidences du projet sur le site FR3100509 s'appuie sur les éléments disponibles auprès de la structure animatrice du site, l'Office national des forêts (ONF), ainsi que dans le rapport d'expertise écologique réalisé lors de l'étude d'impact (Agence Gilles NOYON, juillet 2011). Les conclusions, à savoir les éventuelles incidences et les mesures compensatoires, sont intégrées au présent dossier.

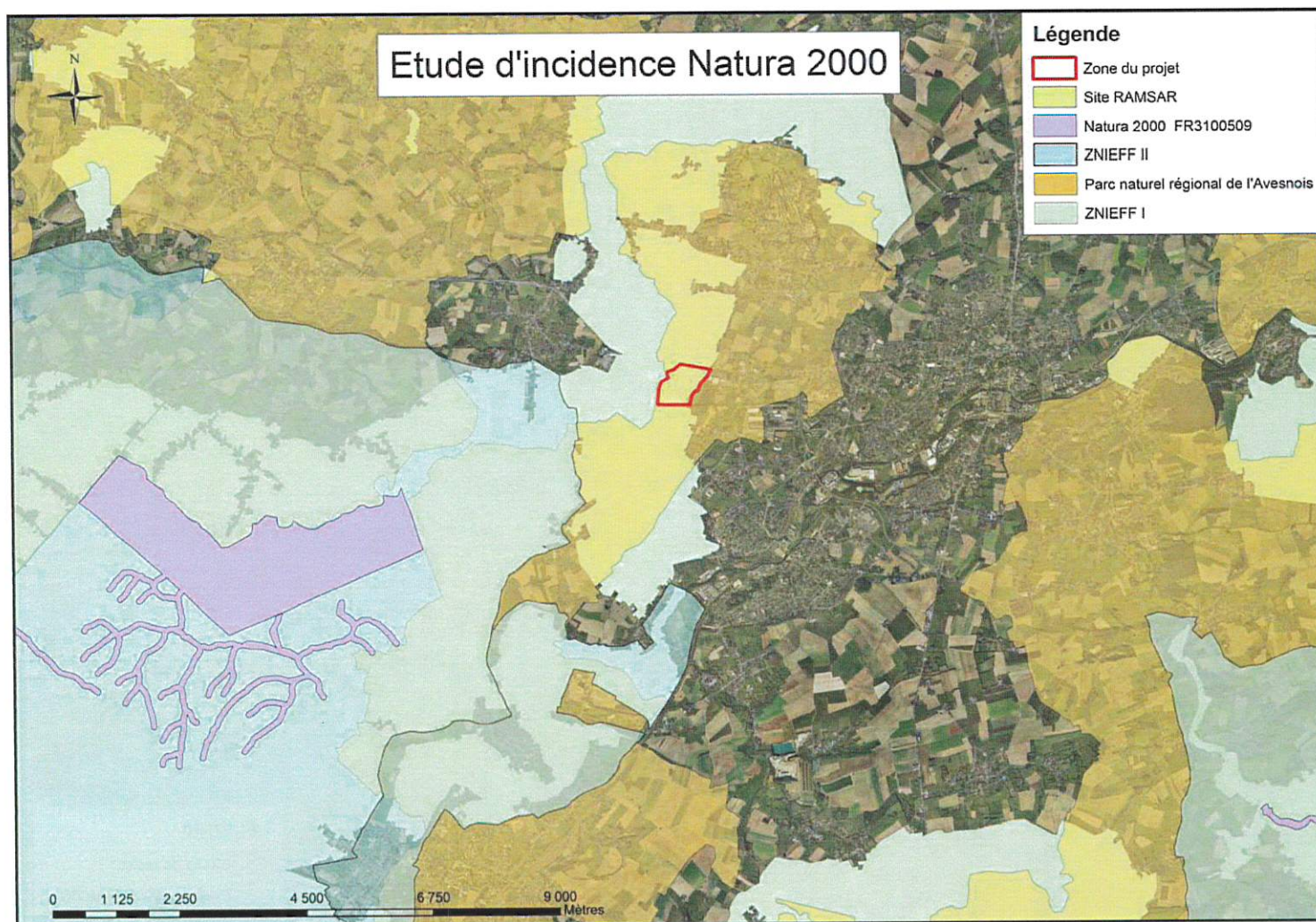
<u>Site concerné</u> :	Natura 2000 FR3100509 « Forêts de Mormal et de bois l'Evêque, bois de la Lanière et plaine alluviale de la Sambre »
<u>Localisation</u> :	Feignies et La Longueville (59)
<u>Projet</u> :	Extension du parc d'activités de GREVAUX-LES-GUIDES
<u>Maître d'ouvrage</u> :	Agglomération Maubeuge – Val de Sambre
<u>Propriétaires</u> :	Propriétaires privées





Périmètre du projet et du périmètre du site Natura 2000





Périmètre du projet et du périmètre du site Natura 2000 et autres zones de protection



## II. Présentation du site Natura 2000 concerné et du projet

### A. Description générale du site FR3100509

Le site « Forêts de Mormal et de bois l'Evêque, bois de la Lanière et plaine alluviale de la Sambre » s'étend sur une surface de 987 ha. Il s'agit d'un site recouvert notamment par des forêts caducifoliées et constitue le plus vaste massif forestier d'un seul tenant de la région Nord-Pas-de-Calais aux confins des territoires biogéographiques atlantiques/subatlantiques et subcontinentaux/continentaux, la vallée de la Sambre constituant une importante limite chronologique.

L'intérêt de ce site est notamment lié aux conditions climatiques particulières régnant sur ce secteur, à savoir un climat charnière entre les domaines subatlantique et subcontinental, situation rendant d'ailleurs dans certains cas la caractérisation phytosociologique des habitats « naturels » observés difficile. En forêt domaniale de Mormal, la présence de nappes perchées dans un contexte géologique neutrocline à acidocline, couplé à ce particularisme climatique, explique que les végétations forestières du plateau apparaissent très originales pour le Nord de la France.

Ce vaste complexe sylvaire s'avère également particulièrement remarquable pour ses vallons forestiers hébergeant une grande diversité d'habitats liée aux variations des substrats géologiques (végétations neutrophiles à acidoclines), les forêts alluviales résiduelles des niveaux topographiques inondables moyens (*Alno glutinosae-Ulmion minoris*) étant particulièrement représentatives et constituant un chevelu extrêmement dense soulignant la complexité du réseau hydrographique de ce massif forestier.

#### Vulnérabilité

La préservation du fonctionnement hydrologique naturel des ruisseaux est une condition indispensable au maintien de la qualité et de la diversité des "forêts alluviales résiduelles".

De même, une gestion extensive adaptée des ourlets intra et périforestiers serait souhaitable pour éviter leur dégradation trophique (fauche par gyrobroyage fortement déconseillée).

De manière plus générale, une gestion forestière intégrée est à envisager sur le secteur proposé voire l'abandon de toute gestion sylvicole à titre expérimental (option envisagée dans le Nord-Pas-de-Calais par l'Office national des forêts, à réfléchir en fonction des contraintes et des types d'habitats).

Le projet d'élargissement de la zone d'activités ne va pas cependant entraîner une perturbation directe sur le site Natura 2000 du fait de la relative distance qui les séparent. Néanmoins, il est important de prendre en compte la notion de déplacement des espèces, de corridors écologiques, qui pourraient être impactés. Ces aspects seront détaillés dans les paragraphes suivants sur la base des connaissances actuelles sur le patrimoine naturel.

### 1. Habitats naturels de l'ensemble du site

Différents types d'habitats, dont l'état de conservation a été jugé satisfaisant, ont été recensés sur le site et relèvent de la Directive Habitats.

Les habitats des systèmes forestiers peuvent être segmentés en trois ensembles, à savoir les secteurs de plateaux et reliefs, les vallons forestiers et les ourlets infraforestiers.

#### a. Plateaux et reliefs

Tout d'abord, concernant les plateaux et reliefs, on note la présence d'une Hêtraie-Chênaie pédonculée méso-acidiphile à mésophile à Millet diffus et Laïche à pilules, observables au niveau des limons de plateau épais, décalcifiés.

Code Natura 2000 : 9120 / Code Corine : 41.121

Ensuite, une Hêtraie-Chênaie pédonculée submontagnarde neutro-acidocline à Millet diffus et Laïche espacée est également présente. Il s'agit probablement d'un habitat lié à des limons de plateau soumis à des conditions microclimatiques particulières (hygrométrie atmosphérique élevée).

Code Natura 2000 : 9130 / Code Corine : 41.131

Enfin, on trouve une Hêtraie-chênaie pédonculée neutrocline « médioeuropéenne » à Aspérule odorante qui semble n'apparaître que localement à la faveur de conditions stationnelles particulières.

Code Natura 2000 : 9130 / Code Corine : 41.131

#### b. Vallons forestiers

On retrouve dans ce secteur une Chênaie pédonculée-Charmaie à Stellaire holostée (« *Stellario holostae-Quercetum roboris* », à préciser/confirmer sur le plan de la nomenclature phytosociologique). Celle-ci occupe les niveaux les moins inondés des vallons, sur des sols légèrement acides.

Code Natura 2000 : 9160 / Code Corine : 41.24

Une Frênaie à Primevère élevée (« *Primulo elatioris-Quercetum roboris* ») à préciser/confirmer sur le plan de la nomenclature phytosociologique se trouve également sur le secteur. Le niveau topographique est le même que précédemment, mais sur des sols basiques. Cette communauté présente une grande variabilité écologique et floristique en forêt de Mormal et pourrait constituer des types forestiers différents dont le rang syntaxonomique reste à préciser.

Il a effectivement été relevé une variante type à Primevère élevée, une variante à Prêle des forêts (*Equisetum sylvaticum*), une variante à Prêle d'hiver (*Equisetum hyemale*), une variation à Mercuriale perenne (subass. *mercurialetosum* du *Primulo-Carpinetum*) et enfin une variation à Hellebore verte (*Helleborus viridis* subsp. *occidentalis*).

Code Natura 2000 : 9160 / Code Corine : 41.24

Une Aulnaie glutineuse-Frênaie à Stellaire des bois (*Stellario nemorae-Alnetum glutinosae*) est aussi présente. Elle caractérise les marges des ruisseaux assez larges, dans les zones les plus humides sur sols très légèrement acides.

Code Natura 2000 : 91E0 / Code Corine : 44.3

Enfin, on trouve au sein des vallons forestiers une Aulnaie glutineuse-Frênaie à Dorine à feuilles opposées et Laïche espacée (« *Carici remotae-Fraxinetum excelsioris* », à préciser/confirmer sur le plan de la nomenclature phytosociologique) sur le même niveau topographique que précédemment mais au niveau de ruisseaux plus étroits.

Là encore, cette communauté présente de nombreuses variations en forêt de Mormal : variante à Cardamine amère (*Cardamine amara*), variante à Laïche maigre (*Carex strigosa*), variante à Balsamine des bois (*Impatiens noli-tangere*), certaines correspondant à des sous-associations déjà décrites par NOIRFALISE.

Code Natura 2000 : 91E0 / Code Corine : 44.3

#### c. Ourlets infraforestiers

On retrouve sur le site un Ourlet à Compagnon rouge et Myosotis des forêts (*Silene dioicae-Myosotidetum sylvaticae*), avec une végétation caractéristique des bernes et layons frais légèrement ombragés.

Code Natura 2000 : 6431 / Code Corine : 37.7

De plus, un Ourlet à Gaillet gratteron et Balsamine des bois (*Galio aparines-Impatientetum noli-tangere*) est également présent, la végétation étant cette fois-ci typique bernes et layons humides ombragés.

Code Natura 2000 : 6431 / Code Corine : 37.7

## 2. Habitats anthropiques de l'ensemble du site

Les différents ouvrages présents sur le site Natura 2000 sont également à prendre en compte, véritable lieu d'accueil pour de nombreuses espèces, notamment les chiroptères.

### a. Les blockhaus

Quatre blockhaus sont connus au sein du périmètre :

- Blockhaus Laie des fuges, parcelle 142
- Blockhaus Laie des fuges, parcelle 136
- Blockhaus d'Obies, parcelle 139-140
- Blockhaus Jacqueline, parcelle 126

Deux de ces blockhaus ont déjà été aménagés et suivis par la CMNF et par le Parc naturel régional de l'Avesnois.

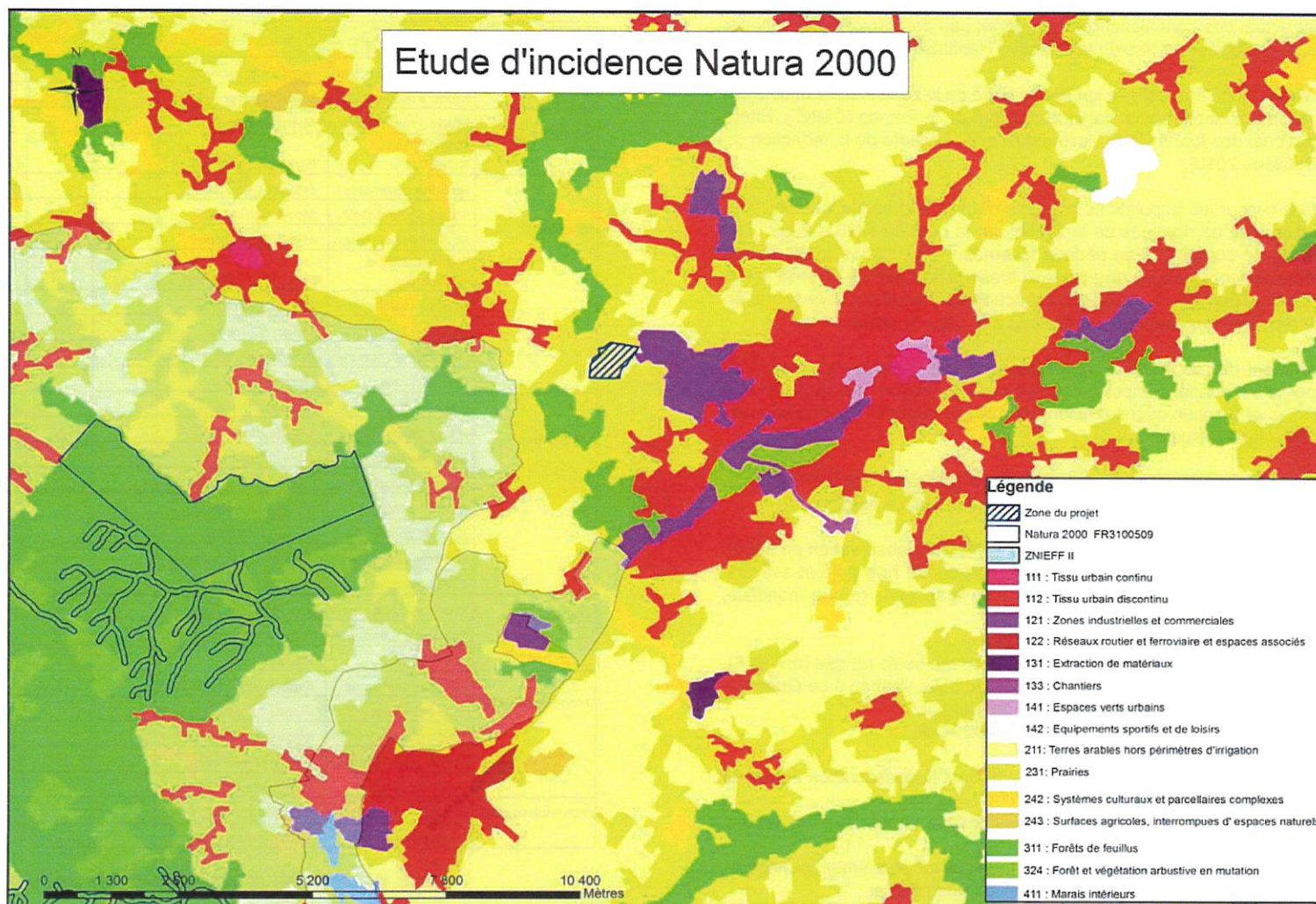
### b. Les ponts

Dix-huit ponts sont référencés sur le périmètre Natura 2000, suivant le long des chevelus hydrographiques. Assez anciens, et constitués de nombreux interstices, ce sont des milieux privilégiés pour une flore et une faune particulière et relativement rare.

Superficie des habitats Natura 2000	% couv.	SR(1)
Hêtraies du <i>Asperulo-Fagetum</i>	80 %	C
Chênaies pédonculées ou chênaies-charmaies sub-atlantiques et méditerranéennes du <i>Carpinion betuli</i>	5 %	C
Hêtraies acidophiles atlantiques à sous-bois à <i>Ilex</i> et parfois à <i>Taxus</i> ( <i>Quercion robori-petraeae</i> ou <i>Ilici-Fagenion</i> )	2 %	C
Forêts alluviales à <i>Alnus glutinosa</i> et <i>Fraxinus excelsior</i> ( <i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i> )*	1 %	C
Mégaphorbiaies hygrophiles d'ourlets planitiaires et des étages montagnard à alpin		C

(1) Superficie relative : superficie du site couverte par le type d'habitat naturel par rapport à la superficie totale couverte par ce type d'habitat naturel sur le territoire national (en %). A=site remarquable pour cet habitat (15 à 100%); B=site très important pour cet habitat (2 à 15%); C=site important pour cet habitat (inférieur à 2%).





Occupation des sols du périmètre du projet



### 3. Faune et flore présente sur l'ensemble du site

Concernant les cortèges floristiques, une réactualisation des données est actuellement menée par la DREAL Nord-Pas-de-Calais l'état actuel des connaissances ne permet pas de pouvoir se prononcer sur l'éventuelle présence d'espèces protégées au titre de la Directive Habitats/Faune/Flore.

Au niveau faunistiques, l'unique étude ayant été réalisée sur le périmètre de la zone Natura 2000 a été l'inventaire des chiroptères par la Coordination mammalogique du Nord de la France (CMNF). Effectuée pour le compte de l'Office national des forêts (ONF), elle rentre dans le cadre de la rédaction du document d'objectifs (Cohez & Dutilleul, 2010).

Une première approche a été de recenser les populations connues dans le site ou sur des secteurs proches (rayon de 5 km) grâce à la base de données de la CMNF sur la période 1996 – 2009. Ces données sont pour la plupart issues de comptages en période hivernale ("Hibernation"). Les autres observations émanent soit d'inventaires ponctuels au détecteur d'ultrasons (donnée de "Transit"), soit de visites de sites en période estivale ("Estivage"). Jusqu'alors, aucune donnée de chauve-souris en chasse sur ce secteur n'avait été recueillie (voir tableau de résultats à la page suivante).

Les espèces recensées ne fréquentent pas de manière systématique le site, mais leurs aires d'activités peuvent en englober une portion. Il est donc important de les prendre en considération dans ce dossier. L'important nombre de sites et d'observations d'hibernation laisse supposer la présence de nombreuses colonies aux abords de l'aire d'étude.

Parmi ces espèces, deux sont inscrites dans l'annexe II dans la directive Habitats – Faune – Flore : le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*) et le Murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*).

Seul le Murin de Bechstein était déjà connu sur le périmètre Natura 2000 (1ère observation en 2000). Il a été observé à plusieurs reprises en forêt domaniale de Mormal en période hivernale et estivale. Il se réfugie sous les ponts forestiers et dans les anciens blockhaus de la seconde guerre mondiale, lesquels sont situés en partie sur le périmètre.

Quant au Murin à oreilles échancrées, il n'a été observé jusqu'alors qu'à une seule reprise (en 2005). Il a été recensé en hibernation, dans les anciennes fortifications de la citadelle Vauban à Le Quesnoy. Cet édifice est situé à environ 4 km à l'Ouest de la forêt domaniale de Mormal.

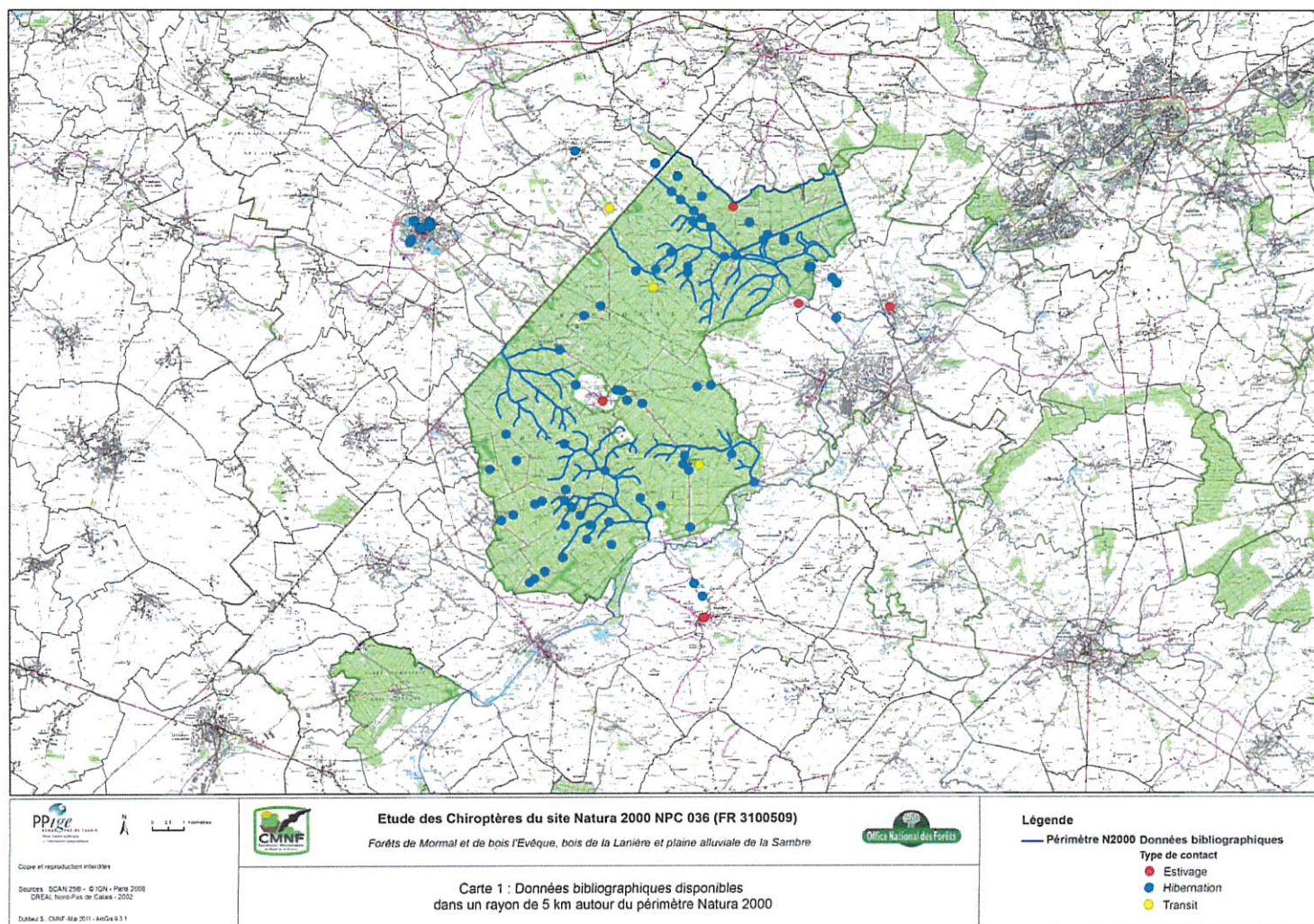
Le statut de ces espèces est évalué au niveau européen, par l'intermédiaire de :

- La directive Habitats-Faune-Flore (1992) annexe II et IV :
  - o Annexe II : espèces animales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation en Zone Spéciale de Conservation.
  - o Annexe IV qui répertorie les espèces d'intérêt communautaire nécessitant une protection stricte.
- La convention de Bern, annexe II (B2), qui fixe les espèces faunistiques strictement protégées, et annexe III (B3) qui fixe les espèces protégées dont l'exploitation est réglementée.
- La convention de Bonn, annexe II (b2), qui liste les espèces migratrices se trouvant dans un état de conservation défavorable et nécessitant l'adoption de mesures de conservation et de gestion appropriée.

Commune	Nom vernaculaire	Nom scientifique	En chasse	Estivage	Hibernation	Transit	Directive H-F-F
AULNOYE-AYMERIES	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		IV
BERLAIMONT	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		Iv
GOMMEGNIES	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		Iv
	Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>				X	Iv
LE QUESNOY	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>			X		IV
	<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>			<b>X</b>		<b>II</b>
	Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>			X		IV
	<b>Murin à oreilles échancrées</b>	<b><i>Myotis emarginatus</i></b>			<b>X</b>		<b>II</b>
	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		IV
	Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>			X		IV
	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>			X		IV
LOCQUIGNOL	Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>			X		IV
	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>		X		X	IV
	<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>II</b>
	Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>			X		IV
	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		IV
	Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>			X		IV
	Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>				X	IV
	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		X	X		IV
MAROILLES	Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		X	X		IV
	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		IV
	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		X			IV
	Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		X			IV
PONT-SUR-SAMBRE	Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>		X			IV
	<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>			<b>X</b>		<b>II</b>
	Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>			X		IV
	Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>			X		IV
PONT-SUR-SAMBRE	Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>			X		IV
	Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>			X		IV
	Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>			X		IV

Etude des chiroptères du site Natura 2000 NPC 036 (FR 3100506)





Chiroptères du site Natura 2000 NPC 036



Liste des espèces rencontrées à l'hiver 2009-2010 sur le massif domanial de Mormal

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Directive H-F-F	Blockhaus	Cave	Pont	Autre
<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>	<b>II</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	IV	X		X	
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	IV	X	X	X	
Murin à moustaches / Brandt	<i>Myotis mystacinus-brandtii</i>	IV			X	
Murin à moustaches / Brandt / Alcatheé	<i>Myotis mystacinus-brandtii-alcatheae</i>	IV	X	X	X	
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	IV	X	X	X	
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV				X
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	IV	X	X	X	

Source : Cohez & Dutilleul, 2010. Etude des chiroptères du site Natura 2000 NPC 036 (FR 3100506).

Six espèces ont pu être identifiées de manière certaine et deux groupes d'espèces ont été constitués en raison de la non-différenciation possible des espèces. (cf. tableau ci-dessous). Soulignons qu'une seule espèce d'intérêt communautaire a été rencontrée lors de ces inventaires : le Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*). Hormis la Pipistrelle commune, observée dans les linteaux de fenêtre de l'ancienne maison de garde barrière (parcelle 1047), toutes les autres espèces utilisent les ponts et les blockhaus pour passer l'hiver.

Liste des espèces rencontrées et de leur méthode d'identification

Nom vernaculaire	Nom scientifique	A vue	Capture	D.U	Directive H-F-F
<b>Grand Murin</b>	<b><i>Myotis myotis</i></b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>II</b>
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>		X	X	IV
<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>II</b>
<b>Murin de Brandt</b>	<b><i>Myotis brandtii</i></b>		<b>X</b>		<b>IV</b>
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>		X	X	IV
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>		X	X	IV
<b>Noctule commune</b>	<b><i>Nyctalus noctula</i></b>			<b>X</b>	<b>IV</b>
<b>Noctule de Leisler</b>	<b><i>Nyctalus leisleri</i></b>		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>IV</b>
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>		X		IV
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>		X	X	IV
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		X	X	IV
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>			X	IV
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>			X	IV

Source : Cohez & Dutilleul, 2010. Etude des chiroptères du site Natura 2000 NPC 036 (FR 3100506).

Liste des espèces rencontrées en fonction du biorythme.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Chasse	Estivage	Transit	Directive H-F-F
<b>Grand Murin</b>	<b><i>Myotis myotis</i></b>	<b>X</b>			<b>II</b>
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>	X	X	X	IV
<b>Murin de Bechstein</b>	<b><i>Myotis bechsteinii</i></b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>II</b>
<b>Murin de Brandt</b>	<b><i>Myotis brandtii</i></b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>IV</b>
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	X		X	IV
Murin de Natterer	<i>Myotis nattereri</i>	X	X	X	IV
<b>Noctule commune</b>	<b><i>Nyctalus noctula</i></b>			<b>X</b>	<b>IV</b>
<b>Noctule de Leisler</b>	<b><i>Nyctalus leisleri</i></b>	<b>X</b>			<b>IV</b>
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	X			IV
Oreillard roux	<i>Plecotus auritus</i>	X	X	X	IV
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	X		X	IV
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	X			IV
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	X		X	IV

Source : Cohez & Dutilleul, 2010. Etude des chiroptères du site Natura 2000 NPC 036 (FR 3100506).

Ce sont donc 13 espèces de Chiroptères qui ont été inventoriées sur le site Natura 2000 NPC 036, grâce à différentes méthodes de prospections. Les chauves-souris, étant très mobiles, peuvent parcourir tout le territoire et généralement en sortir. L'ensemble des ruisseaux qui parcourent la forêt jouent un rôle prépondérant pour les Chiroptères, notamment en termes de terrains de chasse et de zones d'abreuvoir lors des chaudes périodes estivales.

La grande disponibilité en gîtes favorables à l'hibernation, permet aux chauves-souris du massif et des alentours, de trouver un refuge adéquat pour passer les six mois de mauvaise saison. L'ensemble des blockhaus, caves et ponts forestiers en pierre, constitue un véritable réseau de gîtes qu'il ne faut en aucun cas dissocier. C'est justement leur regroupement qui rend le massif attractif en hiver. Plusieurs gîtes arboricoles ont été mis en évidence durant l'étude. Deux grandes catégories de gîtes arboricoles peuvent être retenues : les gîtes type "cavités" (loges de pics) et ceux type "fente" (fissure et/ou écorce décollée).

Le premier type est le fait de l'action mécanique des Pics qui forent leur loge dans les arbres. Le second résulte soit de l'action mécanique du vent, du gel, de la foudre, d'un abattage mal dirigé, de la dégradation naturelle... Il est donc possible de rencontrer des arbres gîtes sains, dépérissants ou morts.

Deux espèces de la directive « Habitats-Faune-Flore » (Annexe II) ont été identifiées en période d'activité, au détecteur d'ultrasons et en capture : Le Grand Murin et le Murin de Bechstein. Par ailleurs, notons que trois espèces d'intérêt patrimonial pour le Nord-Pas de Calais ont été identifiées au détecteur d'ultrasons et/ou en capture. Il s'agit : du Murin de Brandt, de la Noctule commune et de la Noctule de Leisler.

Présentation des espèces :

Le Grand Murin (*Myotis myotis*).

Code Natura 2000 : 1324 – Statut régional : Assez rare.

Caractères écologiques : C'est une espèce forestière mais qui fréquente aussi des milieux mixtes coupés de haies, de prairies et de bois. Le milieu de chasse idéal est constitué de vieilles forêts feuillues où subsistent de larges zones dépourvues de sous-étage.

Contexte Européen et National : Le Grand Murin est une espèce Ouest Eurasienne. En Europe, elle est présente au Sud de la Péninsule Ibérique à la Turquie et trouve sa limite nord de répartition en Pologne, aux Pays-Bas et à l'extrémité nord de la France. Ses populations se sont effondrées depuis un siècle. Vers la fin des années 1980, le recul des populations s'arrête enfin.

Contexte Régional : Le Grand Murin est essentiellement présent dans la région de Montreuil et Hesdin. C'est là que se sont établies les deux seules colonies de parturition connues. La proximité de forêts au sous-sol dégagé, ainsi qu'un complexe de prairies pâturées, permettent le maintien de cette espèce dans ces secteurs. Présent aussi dans l'Avesnois, le Grand Murin y est surtout observé en période de transit. Nous manquons toutefois de connaissances pour cette espèce dans ce secteur pourtant très favorable. Une diminution du nombre d'individus en reproduction est constatée depuis quelques années. La cause du déclin est encore inconnue.

L'observation du Grand Murin en forêt de Mormal constitue une première pour la région. Cette grande chauve-souris (40 cm d'envergure) a été capturée à une seule reprise sur massif, au niveau de l'étang David et a également été contactée au détecteur d'ultrasons au nord de la forêt (Route Attorne, parcelle 123-125).



Cependant il n'existe aucune preuve de reproduction de l'espèce sur ce secteur, puisque seul un mâle adulte a été capturé. Afin de connaître une partie de l'étendue du territoire de chasse occupé par l'espèce, l'individu capturé a fait l'objet d'un suivi par radiopistage.

#### Murin de Bechstein (*Myotis bechsteinii*).

Code Natura 2000 : 1323 - Statut régional : Assez rare.

Caractères écologiques : Le murin de Bechstein semble privilégier les forêts de feuillus âgés (100 à 120 ans). Il a une préférence pour les sous-bois denses, parcourus de ruisseaux, mares ou étangs dans lesquelles il exploite l'ensemble des proies disponibles sur ou au-dessus du feuillage. Il doit trouver de nombreuses cavités arboricoles sur son territoire de chasse, afin de pouvoir se reposer au cours de la nuit et y établir ses colonies de mises bas.

Contexte Européen et National : L'espèce présente une assez large répartition européenne où il occupe essentiellement les massifs anciens de feuillus. Cependant, il est rarement abondant et en déclin au Nord de sa répartition (Pays-Bas notamment).

Contexte Régional : Le Murin de Bechstein, espèce forestière, affectionne les forêts de feuillus au feuillage dense. C'est une des raisons pour laquelle il est majoritairement observé dans l'Avesnois. L'extrême difficulté à le trouver en hiver ou en été ne permet pas de réaliser à ce jour une cartographie précise de l'espèce. Sa présence dans les forêts du Pas-de-Calais est sans doute possible (forêt domaniale d'Hesdin ?). Une « population » semble subsister dans la vallée de la Canche. L'avesnois constitue actuellement le bastion de l'espèce.

Le Murin de Bechstein a été contacté sur l'ensemble du secteur d'étude. Il y est présent au Nord et au Sud, à la fois en hibernation, dans les blockhaus ou sous les ponts et en période estivale pour chasser et s'y reproduire. Par ailleurs, les blockhaus sont aussi fréquentés en été par des individus solitaires pour leur repos nocturne ou diurne. En activité de chasse, durant la période de suivi, l'espèce utilisait fréquemment les ruisseaux et leurs abords. Elle chasse également aux abords des étangs (étang David, étang de l'Ecaillon et étang de Gommegnies) et dans le houpier dense des feuillus lorsque le sous-étage est absent (cas des hêtraies).

Plusieurs femelles allaitantes ont été capturées, ce qui constitue la première preuve de reproduction de l'espèce en région. Quatre d'entre elles ont fait l'objet d'un suivi par radiopistage dans différents secteurs de la forêt ce qui a permis d'identifier plusieurs arbres gîtes et terrains de chasse.

#### Murin de Brandt (*Myotis brandtii*).

Statut régional : Très rare.

Caractères écologiques : Le murin de Brandt est considéré comme une espèce liée aux habitats forestiers dont la présence de l'eau prédomine. Toutefois, sa faible abondance générale ne permet pas de connaître précisément son écologie sur l'ensemble de son aire de répartition.

Contexte Européen et National : Espèce eurasiatique à tendance septentrionale, sa répartition est morcelée vers le Sud de son aire de répartition. Elle est partiellement présente en France selon les derniers inventaires. Globalement, cette chauve-souris reste peu abondante en Europe.

Contexte Régional : En hiver, son identification visuelle étant compliquée, il est très difficile de le distinguer à 100 % du Murin à moustaches.

De nombreuses observations sont enregistrées en tant que « Murin à museau noir » et ne permettent donc pas de connaître avec précision sa répartition à cette période. Prouver sa présence estivale à l'aide d'un détecteur à ultrasons est difficile (comme la plupart des murins). Les seules données régionales pour cette espèce sont issues de captures (seule façon de le distinguer avec discernement). Pour ces raisons, l'espèce est fortement méconnue en région et son réel statut ne peut être encore déterminé.

L'espèce a été observée sur le Massif de Mormal. Cela constitue une première (de façon certaine) pour le département du Nord. En effet, sa morphologie proche du Murin à moustaches ne permet pas de l'identifier avec discernement en période hivernale (observations regroupées en Murin à moustaches/Brandt). Plusieurs individus de ce groupe ont été observés sous les ponts forestiers.

Plusieurs individus (1 mâle et plusieurs femelles) ont été régulièrement capturés sur les ruisseaux encore en eau. Espèce fortement méconnue en France et dans le Nord-Pas de Calais, deux femelles ont fait l'objet d'un suivi par radiopistage, dans le but d'apporter quelques éléments supplémentaires sur son écologie. Dans le gîte principal, 89 individus ont été comptés en sortie de gîte. L'écoute au détecteur d'ultrasons a mis en évidence la présence mixte avec de la Pipistrelle commune.

#### Noctule commune (*Nyctalus noctula*).

Statut régional : Assez rare.

Caractères écologiques : C'est une espèce forestière qui s'est adaptée aux zones urbaines. Sa présence est liée à la proximité de l'eau. Elle chasse aux niveaux de massifs forestiers, de prairies, étangs...

Contexte Européen et National : L'espèce est bien répandue sur toute l'Europe occidentale. Elle est présente sur toute la zone francophone mais montre des disparités de densité, notamment dans l'Ouest et le Sud de la France.

Contexte Régional : La Noctule commune est avant tout une chauve-souris arboricole. Elle a besoin de ce fait d'espaces boisés, mais toujours situés à proximité d'une zone humide. Son observation en période estivale est principalement effectuée au-dessus des canaux, étangs ou lacs ainsi que près des grandes entités forestières (région de St-Omer, vallée de la Sensée et surtout l'Avesnois). Aucune chauve-souris de cette espèce n'a été observée en hiver. Son caractère migrateur et sylvicole en est la principale explication. La répartition de cette espèce en période de reproduction paraît très localisée. Aucune colonie de reproduction n'est connue à ce jour.

Même si les habitats et gîtes de l'espèce sont présents sur le massif domaniale de Mormal, aucun individu de l'espèce n'a été observé en période estivale. A ce jour, nous n'avons toujours pas de preuve de reproduction de l'espèce, et à l'échelle régionale et à l'échelle de la forêt de Mormal. Tous les contacts de Noctule commune ont été obtenus en période de transit printanier et automnal, lors des migrations. Cette grande chauve-souris, aux émissions ultrasonores typiques et facilement détectables semble absente du massif en période de reproduction. Cette même observation avait été constatée lors de la précédente étude sur les massifs forestiers de Desvres et Boulogne (Dutilleul, 2010).

En phase de transit, cette espèce de haut vol ne requiert aucunes exigences particulières, si ce n'est en automne, de cavités arboricoles. En effet, ces gîtes sont utilisés à cette période comme poste de chant pour les mâles, qui attireront les femelles afin de pouvoir s'accoupler. Aucun secteur préférentiel pour l'espèce n'a été identifié sur l'ensemble de la forêt.



Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*).Statut régional : Rare.

Caractères écologiques : C'est une espèce forestière qui s'est adaptée aux zones urbaines. Sa présence est liée à la proximité de l'eau. Comme la Noctule commune, elle chasse aux niveaux de massifs forestiers, de prairies humides, étangs...

Contexte Européen et National : Ses populations peuvent être localement abondantes comme en Irlande, elles sont toutefois considérées jusqu'à trois fois moins denses que la Noctule commune. En France, ses populations ne sont pas homogènes non plus. Assez rare au Nord-ouest, elles augmentent au Sud-est.

Contexte Régional : L'espèce est peu, voire pas étudiée dans le Nord – Pas de Calais, ce qui expliquerait le faible nombre d'observations. Toutefois, dans un pays proche comme les Pays-Bas, où une attention particulière a été portée sur cette espèce, les prospections ont révélé une très faible abondance (in Arthur & Lemaire, 2005). Elle est d'ailleurs considérée comme peu fréquente en Europe (Arthur & Lemaire, 2005). Comme *N. noctula*, *N. leisleri* est migratrice et sylvoicole ce qui ne facilite pas son observation. La Noctule de Leisler est davantage liée aux zones humides en comparaison à la Noctule commune. Les seules données régionales de noctules de Leisler sont localisées autour des zones de marais (marais de St-Omer et de Wissant), des vallées alluviales (vallée de la Sensée), ainsi que dans les forêts de l'Avesnois.

Espèce encore inconnue sur le massif de Mormal auparavant, sa présence a été avérée pour la première fois au cours de l'étude, en période estivale. En activité de chasse, elle fréquente essentiellement les étangs du massif (étang David, étang de l'Ecaillon et étang de Gommegnies), la canopée, les lisières et lampadaires, ainsi que les prairies de fauche et humides des alentours. De manière ponctuelle, elle utilise les gouilles d'eau suffisamment dégagées pour venir s'abreuver. Les captures de plusieurs femelles gestantes et allaitantes apportent la première preuve de reproduction de l'espèce au niveau régional. De ce fait, deux individus ont été équipés afin d'identifier les gîtes de mise bas et d'étudier une partie de leurs terrains de chasse. Dix-sept individus ont pu être comptés en sortie de gîte.

## B. Autres statuts de protections et inventaires en faveur de l'environnement sur ou à proximité du périmètre du projet.

### 1. Les zones naturelles d'intérêt écologique floristique et faunistique (ZNIEFF).

Les ZNIEFF sont des périmètres définissant des milieux avec un intérêt écologique fort. Elles ne possèdent pas de pouvoir réglementaire toutefois mais doivent être prises en compte lors des projets. Elles sont de deux types. Les zones de type I sont de superficie généralement limitée, caractérisées par leur intérêt biologique remarquable alors que les zones de type II sont des grands ensembles naturels riches et peu menacés, ou offrant des potentialités biologiques importantes.

#### ZNIEFF 310013363 - BOIS DE LA HAUTE LANIERE, BOIS HOYAUX ET BOIS DU FAY

Le périmètre du projet d'extension est compris sur cette ZNIEFF de type I d'une superficie de 2868 ha. Oscillant entre 128 m dans la vallée de la Sambre et 163 m au niveau du bois de Fay, ce territoire assez vallonné propose un milieu adéquat à des séquences de végétation caractéristiques de nombreux gradients écologiques.

Un cortège d'espèces peu communes est répertorié (116 espèces végétales). Parmi celles-ci, sept sont protégées, dont une au niveau national : la Gagée à spathes (*Gagea spathacea*), présente dans le Bois de la Haute Lanrière et dans le bois du Petit Fayt. La diversité des structures forestières et la proximité de la forêt de Mormal confèrent à cet ensemble une richesse faunistique d'autant plus qu'il s'inscrit dans une mosaïque de prairies bocagères.

On y retrouve 10 espèces d'oiseaux inscrites aux annexes de la directive Oiseaux et se reproduisant sur le site.

Cette ZNIEFF accueille également le triton crêté (*Triturus cristatus*), localisé au bois Hoyaux. Inscrit en annexe II de la directive Habitat faune flore, il est rare dans la région ce qui confère dans la région Nord – Pas-de-Calais une importance particulière en terme de conservation.

Il faut également ajouter quatre espèces piscicoles : le chabot (*Cottus gobio*), la lamproie de Planer (*Lampetra planeri*), la loche d'étang (*Misgurnus fossilis*) et la loche de rivière (*Cobitis taenia*) qui sont inscrits dans l'annexe II de cette même annexe.

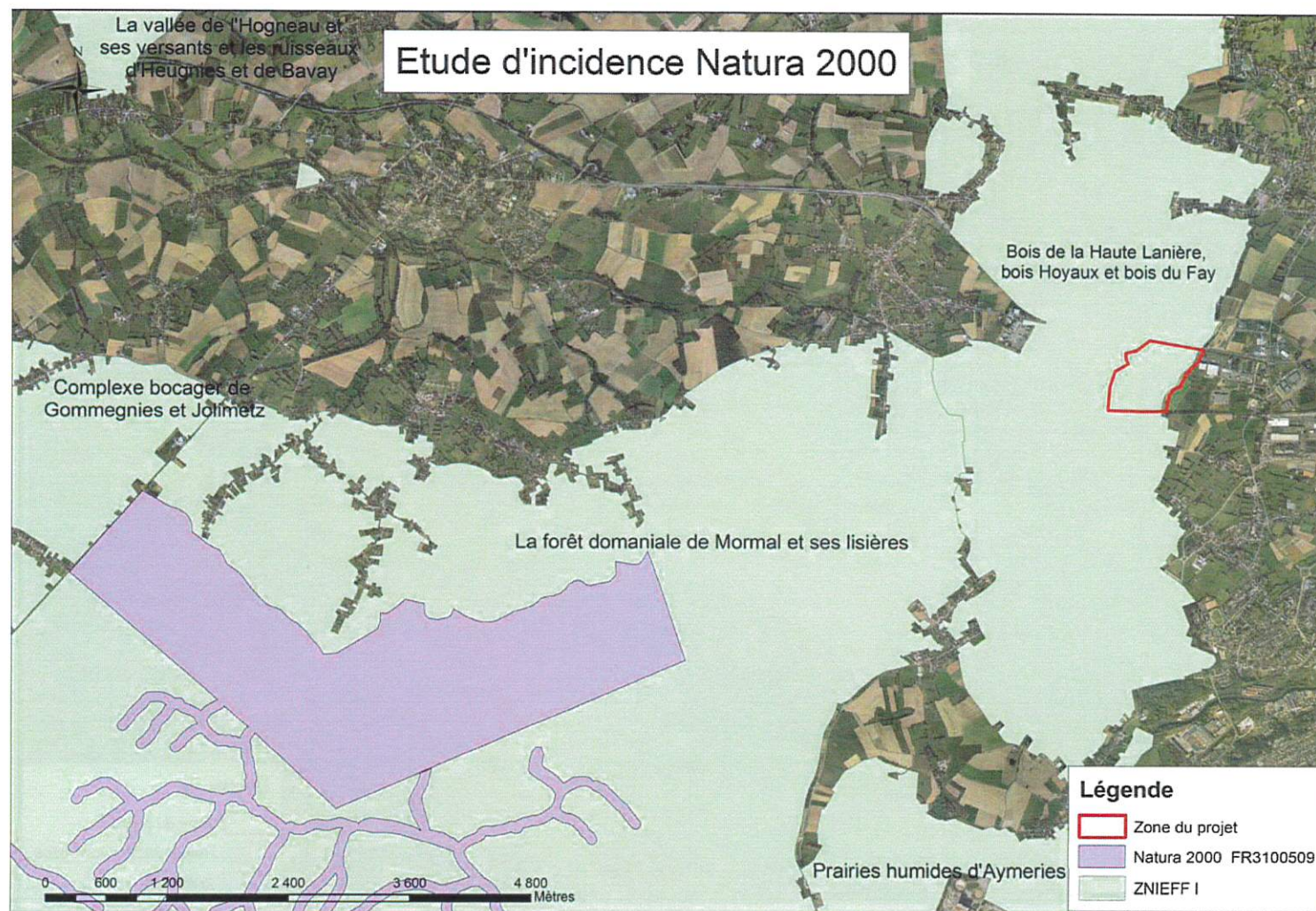
#### ZNIEFF 310014130 - PRAIRIES HUMIDES DE ROUSIES

A proximité du site du projet se trouve la ZNIEFF de type I « Prairies humides de Rousies » qui a une superficie de 54 ha et est principalement constituée de mégaphorbiaies. On y trouve 14 espèces végétales propres à ces milieux particuliers et 44 espèces d'oiseaux (se reproduisant sur le site ou juste de passage lors des migrations). On peut notamment citer le Grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*) ou le Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*).

#### ZNIEFF 310013702 - COMPLEXE ECOLOGIQUE DE LA FORET DE MORMAL ET DES ZONES BO-CAGERES ASSOCIEES.

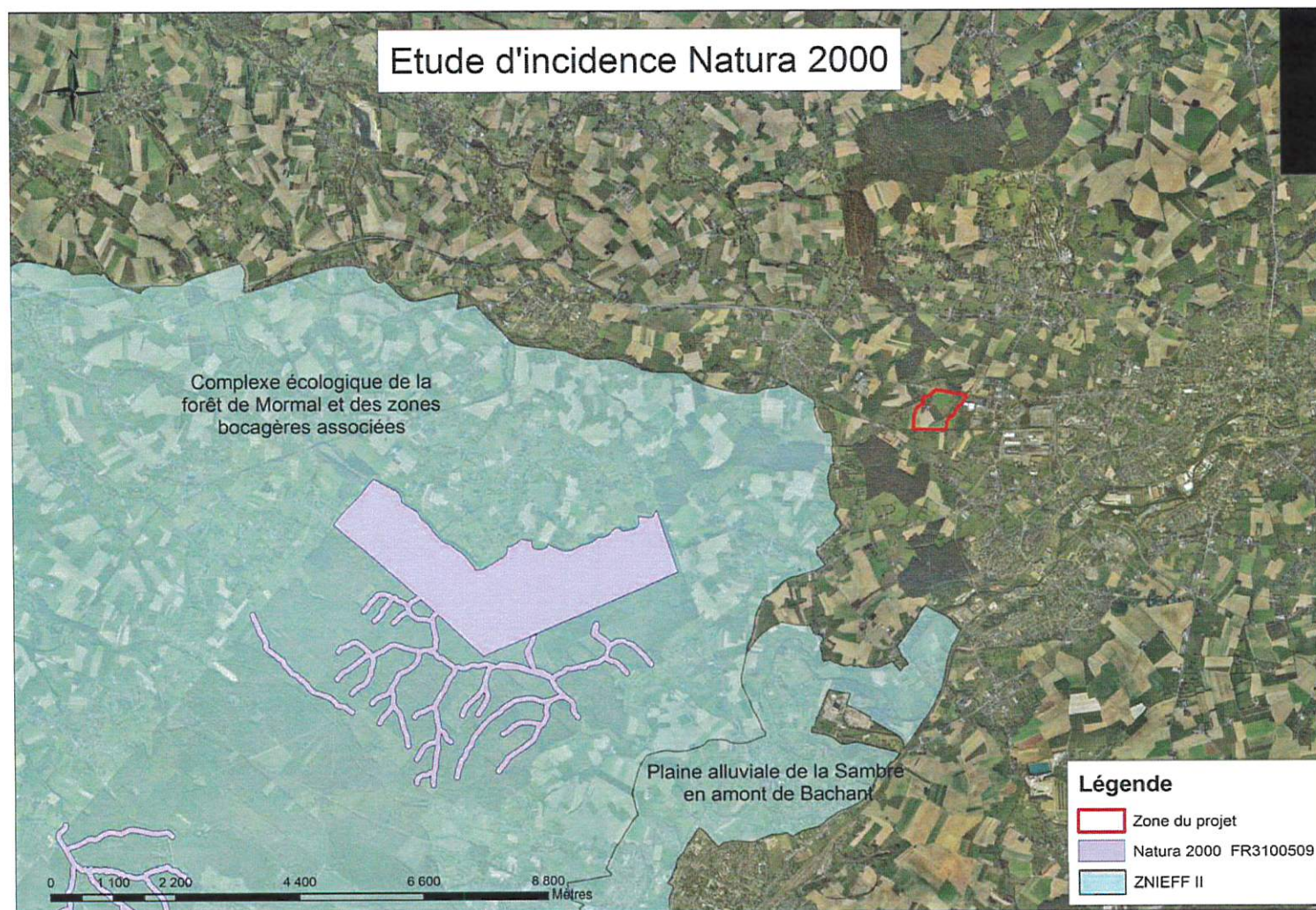
Plus large que la zone Natura 2000 du même nom, cette ZNIEFF de type 2 vise à préserver des habitats particuliers. A l'heure actuelle, aucune donnée naturaliste n'est disponible auprès de la DREAL Nord – Pas de Calais.





Périmètre du projet et des sites ZNIEFF I proches





Périmètre du projet et des sites ZNIEFF II proches



## 2. Autres protections réglementaires.

Arrêté de protection de biotope « Bois Delhay, des Ecoliers, de la Porquerie, du Petit et du Grand Plantis, de la Basse et de la Haute Lanière » (voir carte en page suivante).

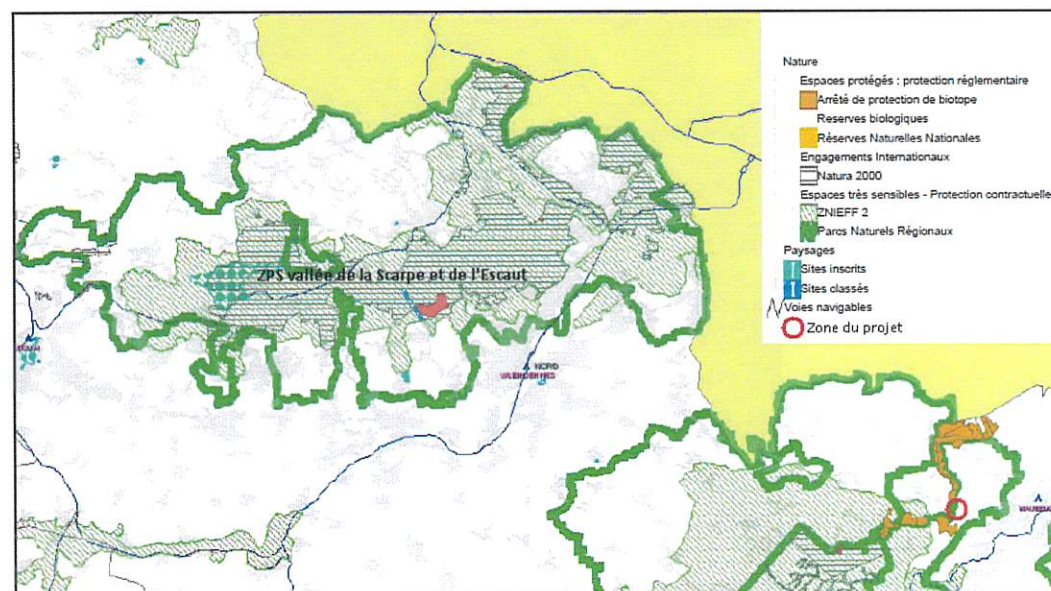
Faisant le lien entre le site Natura 2000 de la forêt de Mormal et le site d'étude, cette zone a pour but de conserver un habitat favorable à de nombreuses espèces rares et protégées. Il s'agit des habitats : boisements du Querco-Fagetea, du Carci remotae-Fraxinetum, bordures de petites rivières du Pruno-Fraxinetum, sous-bois et strate herbacée de taillis du Stellario-Carpinetum.

On compte une espèce protégée nationalement : la Gagée à Spathe (*Gagea spathacea*), et 3 espèces protégées au niveau régional : la Dorine à feuilles alternes (*Chrysosplenium alternifolium*), la Stellaire des bois (*Stellaria nemorum*) et la Laiche allongée (*Carex elongata*).

### Zone de Protection Spéciale (ZPS) : Vallée de la Scarpe et de l'Escaut FR3112005

La ZPS Vallée de la Scarpe et de l'Escaut, distante d'une cinquantaine de kilomètres du site du projet, se situe dans le département du Nord et plus précisément dans le Valenciennois. Elle comprend un certain nombre de communes couvrant 5% de sa surface, mais la plus importante est certainement Marchiennes.

Elle est également bordée par un important tissu urbain essentiellement situé près de sa partie Sud-ouest, constitué des communes de Valenciennes, Anzin et Bruay-sur-l'Escaut, et par Saint-Amand-les-Eaux, dans sa partie Nord. Par ailleurs, elle s'étend jusqu'à la frontière belge et rejoint le réseau forestier de Belgique.

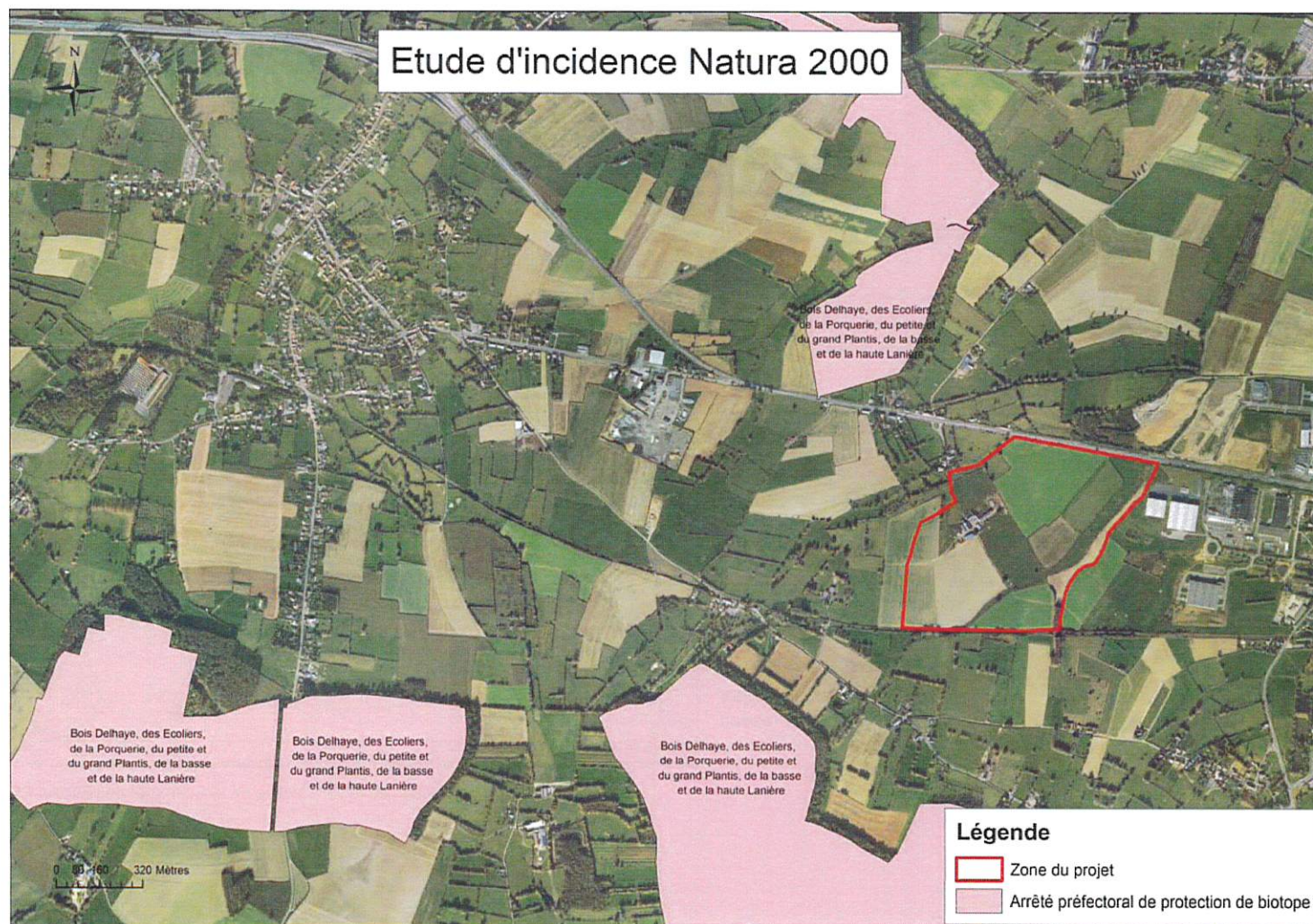


Tous droits réservés.

Document imprimé le 10 Mai 2012, serveur Camen v1.6, <http://camen.developpement-durable.gouv.fr>, Service: DREAL Nord- Pas- de- Calais.

Localisation de la ZPS Vallée de la Scarpe et de l'Escaut FR3112005





Périmètre du projet et des sites d'Arrêté préfectoral de protection de biotope proches

Composition générale de la ZPS :

Type de milieu	Couverture
Forêts caducifoliées	95%
Autres terres (Zones urbanisées, industrielles, Routes, Décharges, Mines...)	5%

Cette zone de protection spéciale, d'une superficie de 13 028 ha, est constituée dans sa majorité par de la forêt caducifoliée à hauteur de 50% et par des prairies et des terres cultivées (30%). On y trouve également, mais de manière moins importante ( $\geq$  à 5%), des zones d'eau douce des marais et des tourbières, des forêts artificielles et de résineux, ainsi que des zones urbanisées.

Ce site présente un dense réseau de cours d'eau, de milieux humides et forestiers parmi lesquels on trouve des éléments à caractère xérique (terrils). Ces milieux sont riches d'une faune et d'une flore reconnue d'intérêt écologique et patrimonial sur les plans européen, national et régional. Ce site a été identifié en 1992 comme zone humide d'intérêt national fortement menacée.

Avec les prairies humides et les terrils, la forêt domaniale est une composante essentielle de la Plaine de la Scarpe et de l'Escaut. On y trouve l'ensemble des milieux humides : tourbières, marais, étangs, forêts, prairies accueillant une avifaune abondante et riche. Un chapelet d'étangs d'effondrement minier ponctue le territoire (Amaury, Chabaud-Latour, Rieulay...) et attire plus de 200 espèces d'oiseaux.

Le caractère humide du périmètre proposé conditionne la conservation des espèces d'oiseaux visés à l'annexe 1 ; le site est caractérisé par sa forte densité démographique et soumis à une multiplicité de pressions humaines : développement de l'urbanisation, de zones d'activités, drainage agricole, creusement de mares de chasse, recalibrage de canaux et dépôts de boues de curage sur certains terrains, aménagements hydrauliques (la gestion hydraulique par casiers a été fortement développée).

Parmi les espèces présentes sur ce site, un certain nombre d'espèces d'oiseaux fait partie de l'Annexe I de la directive Oiseaux. Il est donc nécessaire de vérifier si d'éventuels impacts peuvent survenir suite à la réalisation du projet, sur l'état de conservation de ces espèces et ainsi prendre les mesures nécessaires pour les compenser.

Il faut également considérer les aménagements qui peuvent être réalisés afin de favoriser ces espèces, pour la plus part menacées.



### Les bâtiments sont placés à titre indicatif



### LE PLAN DE COMPOSITION DU PARC D'ACTIVITÉS DE LA MARLIÈRE

Le plan de composition du Parc d'activités de la Marlière s'articule sur différents concepts permettant un accompagnement paysager de grande qualité :

1 - Un traitement paysager fort de la façade sur la RD 649 ; ce traitement permettra de diminuer de manière significative l'impact visuel des nouveaux bâtiments du Parc d'activités et de créer un « effet vitrine » pour cette porte d'entrée de l'agglomération de Maubeuge.

2 - Le traitement paysager soigné des lisières et des interfaces : création de « zones tampons arborées », notamment en interface avec la voie ferrée au Sud, la façade Est avec les Longenelles Sud et l'interface avec l'habitat rural en façade Ouest.

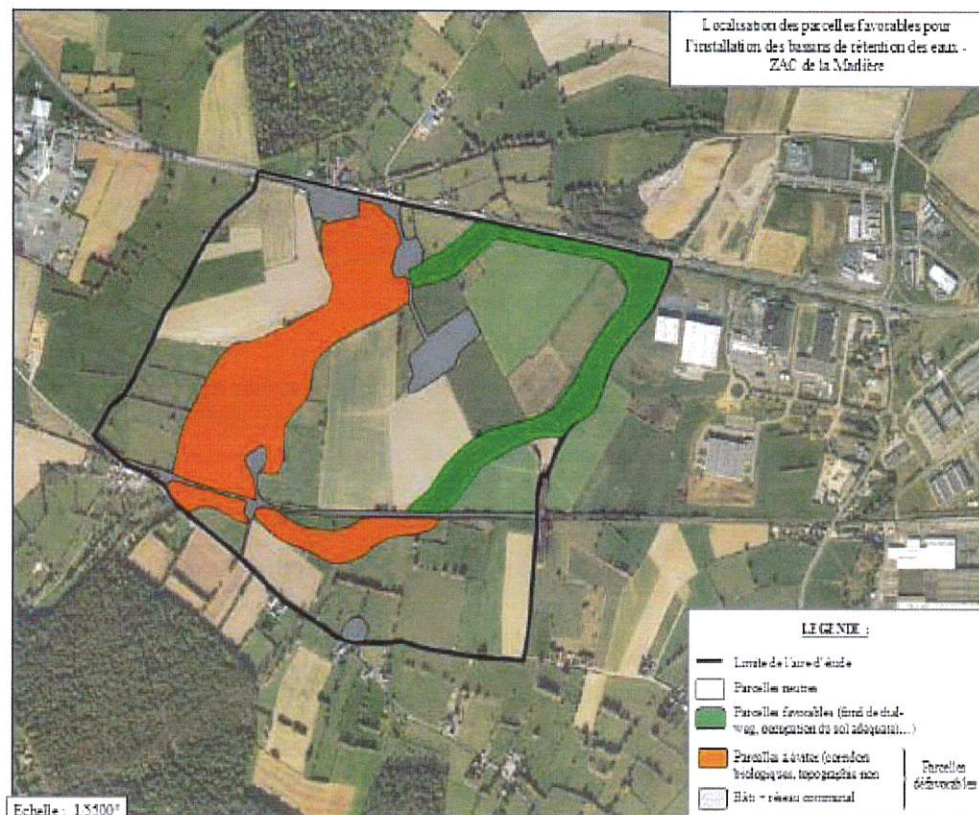
3 - La préservation d'une coulée verte et bleue en façade Est du projet, intégrant le ruisseau de la Marlière et parcouru par une liaison douce connectée aux cheminements extérieurs.

4 - La mise en place de haies bocagères en limites parcellaires et dans le corridor vert préservé.

5 - La création de noues paysagères et de bassins tampons paysagers pour une gestion alternative des eaux pluviales

Le paysagement de l'intérieur du Parc d'activités comprenant l'accompagnement paysager des voies de circulation, des giratoires, des points d'informations/orientation, des bassins..., seront autant d'éléments servant de supports à la composition d'un paysage permettant l'intégration optimisée du parc d'activités.





Localisation des parcelles favorables pour l'installation des bassins de rétention des eaux

### C. Le patrimoine naturel sur le périmètre du projet et ses abords

Les éléments suivants sont tirés du volet écologique (Agence NOYON, 2011) de l'étude d'impact, ayant consisté en une étude écologique menée à une échelle plus large que l'emprise stricte du projet, permettant d'appréhender des espaces sensibles ou pouvant être fragilisés par le projet.

#### Les systèmes prairiaux et bocagers

Reliant la forêt de Mormal et le bois des Lanières, le réseau de haies est un enjeu majeur pour le déplacement de nombreuses espèces liées à l'écosystème forestier. L'intérêt écologique d'une haie ne se détermine pas aux essences qui la composent, ni à son ancienneté. Toutes les haies sont des composants essentiels du milieu bocager.

Ce n'est pas la haie en tant que telle qui est importante mais le maillage qu'elle forme. Plus un paysage de bocage présente une forte connectivité des haies, plus la biodiversité sera importante.

Sur le périmètre du projet, se trouvent de nombreuses haies hautes et basses, clôturant pâtures et cultures. Elles sont constituées en grande majorité d'aubépine.

Un tronçon routier coupe une partie du périmètre et donc le corridor écologique. Parmi les haies, on retrouve la présence d'importants arbres têtards et d'arbres de haut jet (principalement du charme et du frêne). Ce type d'habitat est favorable pour une espèce emblématique de l'Avesnois, la Chouette chevêche (*Athene noctua*).

La plupart des espèces subissent un pâturage par des bovins ou des chevaux. La végétation herbacée est donc adaptée au piétinement. En limite Est du périmètre d'étude se trouve en bordure d'une peupleraie une zone prairiale non pâturée dans laquelle se retrouvent l'Achillée sternutatoire (*Achillea ptarmica*), plante protégée au niveau régional, le rhinanthé (*Rhinanthus minor*), plante assez rare (AR) et l'Epipactis à larges feuilles (*Epipactis helleborine*).

#### Les mares

Lors de l'état initial, il a pu être répertorié 12 mares sur l'ensemble du périmètre du projet en 2006. Malheureusement quelques mares se sont partiellement ou complètement atterries. Notamment dû à la nature du sol qui peut localement gêner certains écoulements, et par l'abandon du pâturage. L'une d'elles, inventoriée à proximité du ruisseau de la Marlière révèle la présence de *Veronica scutellata* (Véronique à écuissons).

Cette plante quasi menacée (statut NT) est protégée au niveau régional. Sur la zone industrielle, des retenues d'eau artificielles ont été aménagées afin de créer des « zones tampons » pour les eaux de ruissellement provenant principalement des surfaces imperméabilisées. Ces espaces peuvent aussi être des moyens de traiter certains types de pollution (ex : bassin de décantation pour les hydrocarbures et métaux lourds provenant des eaux de ruissellement). Ce type d'aménagement est toutefois circonscrit à la zone industrielle et n'est pas présent dans les parties les plus rurales.

Le ruisseau de la Marlière traverse le périmètre de l'étude du Sud au Nord. Une végétation herbacée typique des milieux humides s'y développe, peu d'arbres le bordent. Cependant, la Glycérie aquatique (*Glyceria maxima*) a tendance à envahir certains tronçons.



### Les zones de culture

Les inventaires réalisés lors de l'étude d'impact le long des bords des champs ne laissent apparaître aucune plante à valeur patrimoniale. Une grande majorité de plantes nitrophiles est présente : ortie, chardon, gaillet gratteron. Les cultures sont rarement entourées par des haies. Dans les rares cas où elles sont présentes, elles sont constituées d'aubépine et de sureau principalement.

### Les oiseaux

Les relevés ornithologiques mettent en évidence la présence de 48 espèces, dont 42 nicheurs. Parmi elles 31 profitent de l'arrêté du 17 avril 1981 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire. Sur la zone d'extension de Grévaux-les-Guide, la présence d'environ 2/3 des oiseaux nicheurs est liée aux zones bocagères existantes.

La stratification des haies joue ici un rôle important. Les haies hautes seront plus favorables que les haies basses taillées même si celles-ci abritent également certaines espèces. De fait, la diversification des haies et leur mode de gestion entraîneront une diversification des espèces nicheuses ou liées à la haie à des fins de nourrissage. La présence d'arbres de haut jet, ou encore d'arbres têtards au sein d'une haie favorisera quant à elle les oiseaux cavernicoles. On peut résumer l'intérêt des haies pour l'avifaune selon le tableau suivant :

COMPARTIMENT DE LA HAIE	NICHE SEULEMENT	NICHE ET SE NOURRIT	SE NOURRIT SEULEMENT
CANOÉE	Cornille noire Buse variable Faucon crécerelle Grive draine	Pigeon ramier Verdier d'Europe	Mésange bleue Pinson des arbres
TRONCS- CAVITES	Chouette chevêche Mésange charbonnière Moineau friquet	Pic vert Pic épeiche Sittelle torchepot	Grimpereau des jardins
STRATE ARBUSTIVE	Tourterelle des bois Mésange à longue queue	Fauvette babillarde Bouvreuil pivoine Verdier d'Europe Fauvette à tête noire Fauvette des jardins	Grive draine Grive mauvis (hivernants) Grive litorne (hivernants)
OURLET		Bruant jaune Traquet pâle Linotte mélodieuse	Chardonneret élégant Verdier d'Europe Pinson des arbres

*Intérêts des haies pour l'avifaune*

### Les rhopalocères

Onze espèces de rhopalocères ont été mises en évidence. S'il n'existe pas à l'heure actuelle de liste de rareté officielle, ni de liste de protection, la présence de certaines espèces est spécifique aux habitats présents.

### Les libellules

Quatre espèces de libellules ont été relevées sur le site. L'état de dégradation de la plupart des milieux humides, le caractère temporaire ou envasé de certaines mares est un élément peu propice à

l'existence d'une grande diversité d'espèces de libellules. Les quatre espèces sont bien représentées en Avesnois, elles fréquentent essentiellement les eaux stagnantes.

Parmi elles, on retrouve des espèces colonisatrices ou pionnières tel que *Libellula depressa* ou *Ischnura elegans* capables d'occuper une grande variété des milieux. *Ischnura elegans* supporte relativement bien la pollution. *Pyrrosoma nymphula* est l'une des premières espèces à apparaître au printemps, elle fréquente à l'état adulte la végétation des bords de cours d'eau. *Coenagrion puella* est également une espèce répandue.

### Les mammifères

Dans le bois du Petit Planti ont été observés plusieurs lièvres. Il semblerait donc logique que l'on en retrouve sur le site. Quelques individus écrasés ont été aperçus. Le hérisson a également été observé.

### Les amphibiens

Parmi les 4 espèces d'amphibiens relevées, deux espèces profitent de l'article 1 de l'arrêté du 22 juillet 1993. La destruction est de ce fait interdite pour le Triton alpestre (*Triturus alpestris*) et le Crapaud commun (*Bufo bufo*). L'ensemble des espèces est ici menacé sur le site par l'état de dégradation des milieux humides.

### Les invertébrés d'eau douce

Sur les 11 mares présentes, 6 ont été inventoriées. Bien qu'en voie d'atterrissement, celles-ci abritent une faune non négligeable. L'étude des macroinvertébrés d'eau douce démontre la présence d'espèces caractéristiques d'une eau mésotrophe à eutrophe. Elles sont relativement polluorésistantes. Cela témoigne de l'état de dégradation des mares et de la qualité médiocre de l'eau.



### III. Analyse des incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes du projet sur les habitats et espèces susceptibles d'être impactés

L'objectif de ce paragraphe sera notamment dans l'étude d'incidences d'analyser les effets notables, temporaires ou permanents, que les travaux, ouvrages ou aménagements peuvent avoir par eux-mêmes ou en combinaison avec d'autres programmes ou projets, sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du site.

Si les effets sont notables ou dommageables, pendant ou après la réalisation, sur l'état de conservation des habitats et des espèces, il conviendra d'indiquer les mesures de nature à supprimer ou réduire ces effets.

Si les effets notables/dommageables persistent :

- Expliquer pourquoi c'est la seule solution satisfaisante.
- Indiquer les mesures visant à compenser les effets.

#### A. Incidences du projet sur les habitats d'intérêt communautaire

Les incidences directes du projet de type destruction ou altération d'habitats d'intérêt communautaire sont exclues, étant donné que l'emprise stricto sensu du projet a exclu en postulat les périmètres désignés au titre de Natura 2000. Néanmoins une attention particulière doit être apportée à l'impact du projet sur l'intégrité des corridors écologiques reliant le site (communes de Feignies et de La Longueville) au site Natura 2000. De même, la préservation des couloirs de migration est à considérer parmi les impacts potentiels du projet.

#### B. Incidences du projet sur les espèces de chiroptères d'intérêt communautaire

Les 13 espèces de chiroptères listées précédemment sont présentes en hibernation et durant la période estivale sur le site Natura 2000 « Forêt de Mormal et de bois l'évêque, bois de la lanrière et plaine alluviale de la Sambre ». L'analyse des incidences concerne donc essentiellement les effets du projet sur les possibilités d'hibernation et de chasse des chiroptères.

Concernant les gîtes d'hibernation, ils devront être localisés avant le début de chaque opération de travaux, et devront être préservés en appliquant une protection stricte.

Le dérangement mécanique et sonore est une incidence plus importante pour les populations de chiroptères. En effet, une activité trop importante sur une longue durée sur le site de l'extension peut faire fuir et stopper toute possibilité d'extension des populations en dehors des boisements.

Il faut également ajouter à cela la pollution lumineuse, beaucoup plus intense lors des travaux, de l'installation d'infrastructures et de fréquentation du site. La présence d'une luminosité trop intense est un frein à l'activité des chiroptères, espèces lucifuges. Il est démontré que les colonies quittent les lieux éclairés et qu'elles déplacent leurs horaires de sorties nocturnes.

Par ailleurs, le ruissellement des eaux de pluies conduira à l'aménagement de bassins de stockage. Ces bassins créés, sous réserve du respect d'un certain nombre de préconisations, pourraient attirer les chiroptères en chasse, ceux-ci pouvant en effet y trouver un certain nombre de proies et s'inscrire pleinement dans une chaîne alimentaire qui limitera les espèces indésirables comme le moustique.

La destruction de haies et de pâtures engendrée par l'implantation des bâtis et des voiries limitera le territoire de chasse des espèces chassant en terrain découvert (ex : Séroline commune (*Eptesicus serotinus*), espèce typique du bocage est dépendante de ces milieux pour trouver sa nourriture.

L'implantation d'un réseau de bâti est à prendre en compte car, sous réserve du respect d'un certain nombre de règles, les nouveaux bâtiments pourraient intégrer des gîtes favorables aux chiroptères (fissures, toitures, etc.)

#### C. Incidences du projet sur les corridors écologiques

Notre analyse s'est basée sur le Schéma régional de cohérence écologique à partir duquel une carte beaucoup plus précise a pu être réalisée.

La zone de projet est située à proximité d'un corridor forestier de grande importance. Ce corridor relie le bois des Basses Lanières jusqu'à la forêt de Mormal. Il est composé d'un ensemble de boisements continus de plus ou moins grandes tailles (mosaïque de bosquets, de haies, et de bois).

Le réseau de haies permet de connecter les différents boisements. A proximité de la zone de projet (à l'ouest), ce réseau est assez dense. Sur la partie est du corridor reliant le bois Hoyaux et le bois du petit planté, le nombre et la diversité des haies est moins élevé que sur la partie ouest. Outre la préservation de l'existant, le projet pourrait être l'occasion de renforcer ce maillage. Quant aux haies qui seront supprimées elles devront être replantées à proximité avec des essences locales.

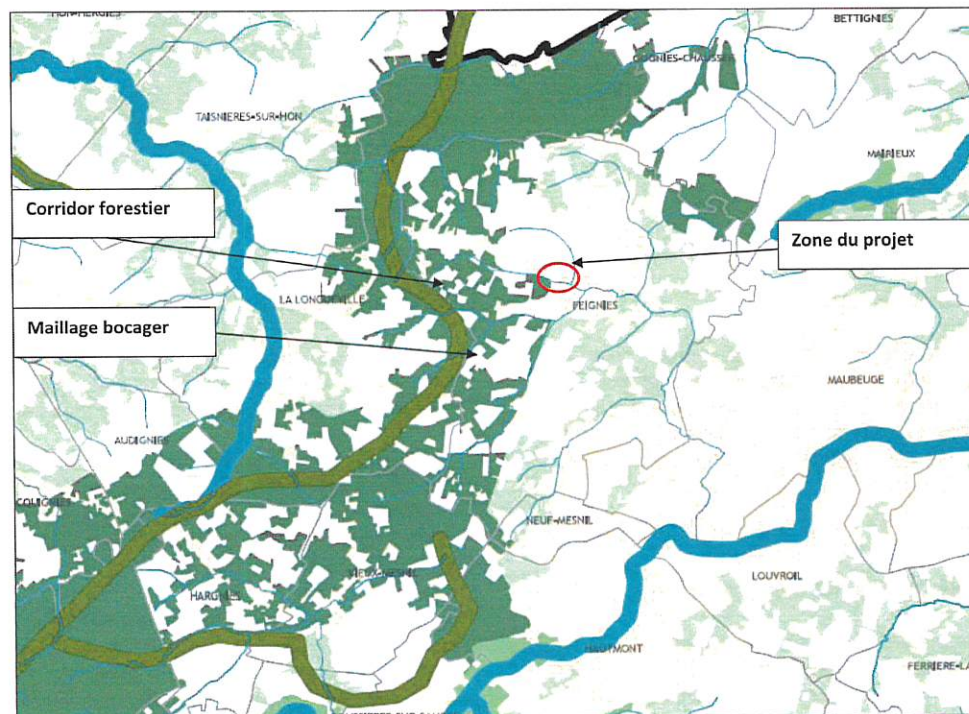
Le corridor aquatique inscrit au SRCE le plus proche est celui de la Sambre, qui se situe à quelques kilomètres plus au sud. Le site est d'ailleurs situé dans le bassin versant de la Sambre. Cependant un corridor aquatique est présent sur la zone, il s'agit de celui du ruisseau de la marlière, qui est composé du ruisseau en lui-même et des quelques zones humides annexes à proximité (mares, prairie humide et étangs).

Ces zones sont de faibles surfaces et assez dispersées. La localisation des bassins de rétention décrite dans le projet est idéale puisqu'elle permettra de renforcer ce corridor. Les eaux de ruissellements chargées en hydrocarbures ont un impact sur la qualité de l'eau, d'autant plus que le ruisseau présente un débit faible.

Les bassins de rétention à macrophytes et les haies permettront de limiter cet impact en ralentissant ces ruissellements mais également en favorisant l'épuration de l'eau. Le réseau de mares présent sera fortement impacté, ce qui induira une diminution de l'aire de dispersion du triton crêté.

Par ailleurs, le projet n'empiète sur aucun des cœurs de nature (réservoirs de biodiversité) du territoire.

Extrait du SRCE Nord - Pas de Calais

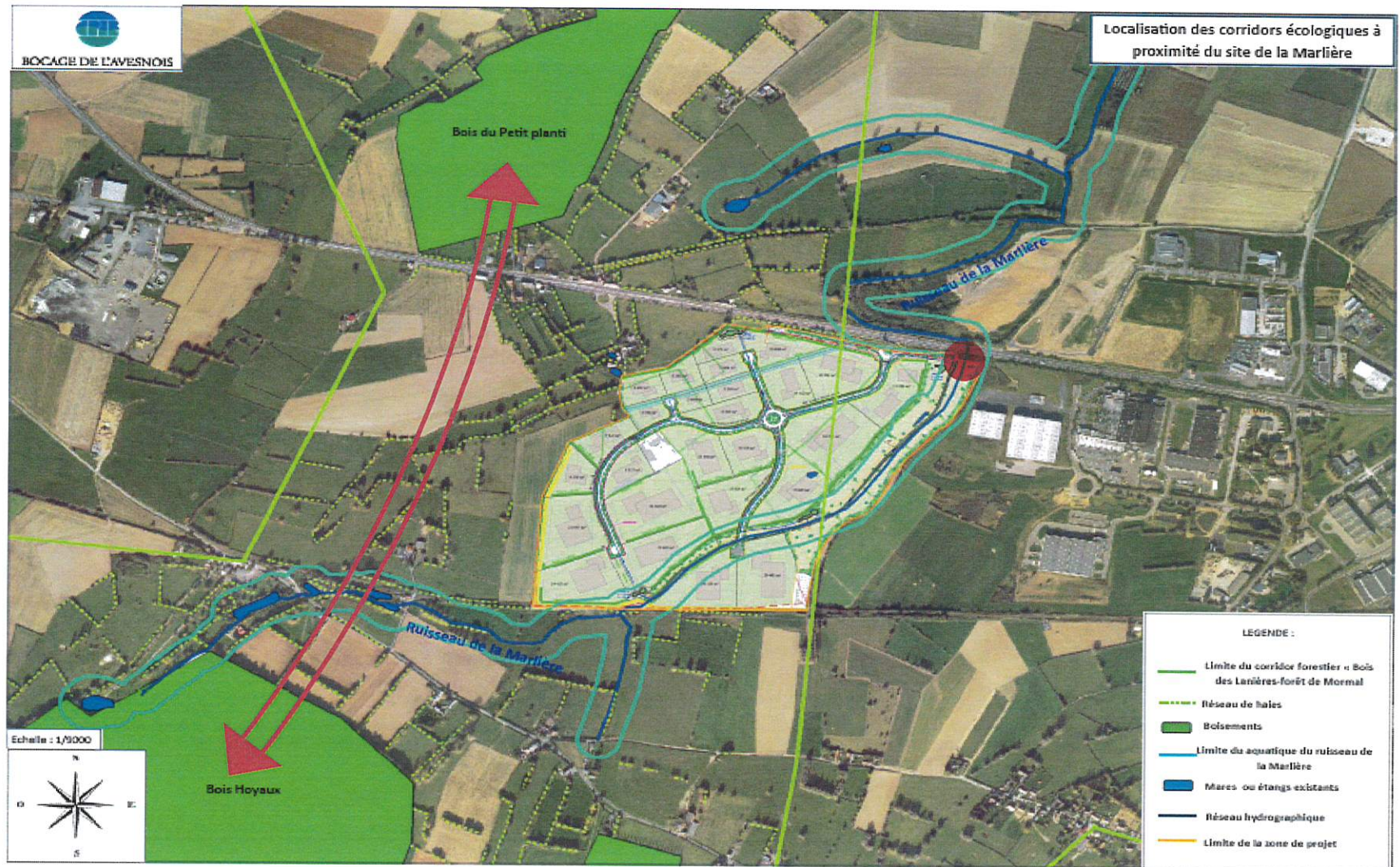


#### D. Incidences sur l'avifaune présents sur la ZPS FR3112005

Parmi les quelques 200 espèces d'oiseaux répertoriées dans le périmètre de la ZPS, 17 espèces font partie des oiseaux visés par l'Annexe I de la directive oiseaux, et 16 autres sont considérées comme espèces d'importance patrimoniale.

Ces espèces, ainsi que leur statut de conservation en région et au niveau national, sont répertoriées dans le tableau suivant. Il récapitule également brièvement les habitats privilégiés par ces espèces, leur mode de vie et leur observation ou non autour de la zone du projet. Il précise enfin si le projet peut les impacter.





Le maillage bocager existant facilite et permet le passage de la grande faune (cervidés, sangliers aperçus par la population locale) à l'ouest du projet. Ce passage existant, situé en dehors de la zone d'activités, sera préservé.



Busage existant de la Marlière sous la RD 649, permettant le passage de la faune des milieux aquatiques. Ce passage sera conforté par la mise en place de collecteur de part et d'autre de l'ouvrage, dirigeant ainsi cette faune vers le busage de la Marlière (voir mesures relatives aux incidences sur la faune)



Vue sur la Marlière depuis la RD 649



Nom latin	Nom vernaculaire	Statut NPdC	Statut Fr	Habitat naturel	Mode de vie en région	Présence en Avesnois	Impact du projet sur l'espèce
<i>Alcedo atthis</i> *	Martin pêcheur d'Europe		LC	Ripisylve des cours d'eau lents à berges sableuses	Présence continue	Commun	Aucun
<i>Asio flammeus</i> *	Hibou des marais		VU	Landes, friches, buissons dans les prés, marais et tourbières	Présence continue en Flandre, hivernant dans le reste de la région	Inconnue	Aucun
<i>Botaurus stellaris</i> *	Butor étoilé	EN	VU	Zone humide à grande roselière (2ha)	Présence continue	Oui, faible et localisée	Aucun
<i>Caprimulgus europaeus</i> *	Engoulevent d'Europe		LC	Boisement jeune et ouvert, sur sols perméables en milieu chaud	Présence estivale	Oui, faible et localisée	Aucun
<i>Circus aeruginosus</i> *	Busard des roseaux		VU	Zone humide à grande roselière	Présence estivale	Oui, peu commun (Pantegnies)	Aucun
<i>Dendrocopos medius</i> *	Pic mar		LC	Vieille forêt de feuillus, à vieux chênes, charmes et ormes	Présence continue	Oui, localisée en forêt de Mormal et frontière belge à l'Est	Possible
<i>Dryocopus martius</i> *	Pic noir		LC	Forêts mixtes de haute futaie	Présence continue	Oui, assez commun forêt de Mormal et frontière belge à l'Est	Possible
<i>Falco peregrinus</i> *	Faucon pèlerin	EN	LC	Falaise, corniche	Présence continue	Oui, assez rare	Aucun
<i>Ixobrychus minutus</i> *	Blongios nain	EN	NT	Roselières, étangs et fossés inondés à végétation dense	Présence estivale	Oui, localisée au nord-ouest et au sud-est	Aucun
<i>Lanius collurio</i> *	Pie-grièche écorcheur	VU	LC	Milieu ouvert, campagne, landes et prés avec haies et arbustes et lisières forestières	Présence estivale	Oui localisée dans la moitié sud de l'Avesnois	Aucun
<i>Larus melanocephalus</i> *	Mouette mélanocéphale			Lagunes, lacs, étangs	Présence estivale	Inconnue	Aucun

Oiseaux présents dans la ZPS Vallée de la Scarpe et de l'Escaut



<i>Lullula arborea</i> *	Alouette lulu	VU	LC	Boisements clairs à secteurs pierreux ou sablonneux, parsemés de champs	Présence estivale	Oui, rare et localisée, au nord de l'Avesnois	Aucun
<i>Luscinia svecica</i> *	Gorge bleue à miroir		LC	Bois de saules et de trembles Zones humides boisées et cours d'eau à buissons, roseaux et aulnes	Présence estivale	Oui, peu commune dans l'Avesnois, mais présente autour du site d'étude	Aucun
<i>Nycticorax nycticorax</i> *	Bihoreau gris			Marais, étangs et cours d'eau pourvus d'arbres	Présence estivale	De passage	Aucun
<i>Pernis apivorus</i> *	Bondrée apivore		LC	Forêt avec clairières, champs avec bosquet, zones humides	Présence estivale	Oui, peu commun dans l'Avesnois	Aucun
<i>Porzana porzana</i> *	Marouette ponctuée	EN	DD	Marais à carex et prairies steppiques humides (évite les roselières denses)	Présence estivale	Oui, rare et localisée au sud de la région	Aucun
<i>Sterna hirundo</i> *	Sterne pierregarin		LC	Côtes, archipels et rives des eaux intérieures	Présence estivale	Inconnue	Aucun
<i>Chlidonias niger</i>	Guifette noire		VU	Marais peu profond	Présence estivale	Inconnue	Aucun
<i>Pandion haliaetus</i>	Balbusard pêcheur		VU	Côtes, lacs et étangs	Présence estivale, surtout en période migratoire	Inconnue	Aucun
<i>Haematopus ostralegus</i>	Huîtrier pie		LC	Côtes basses et prairies et champs alentours	Présence continue	Inconnue	Aucun
<i>Locustella luscinioides</i>	Locustelle luscinoïde	VU	EN	Grandes roselières hautes et jonchaies	Présence estivale	Inconnue	Aucun
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Phragmite des joncs	VU	LC	Zones humides à végétation dense, roseaux, saules, buissons...	Présence estivale	Oui, peu commune, surtout centre de l'Avesnois	Aucun
<i>Tringa totanus</i>	Chevalier gambette		LC	Prairie humide et marais, sur	Présence estivale et en	Inconnue	Aucun



				les côtes et dans les terres	période migratoire		
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Rousserolle turdoïde	EN	VU	Grandes roselières hautes et denses	Présence estivale	Rare et localisée	Aucun
<i>Rallus aquaticus</i>	Râle d'eau	VU	DD	Roselières denses des étangs et baies peu profondes	Présence continue	Oui, peu commun	Aucun
<i>Philomachus pugnax</i>	Combattant varié		NA	Prairies côtières humides	Présence estivale et en période migratoire	Inconnue	Aucun
<i>Cettia cetti</i>	Bouscarle de Cetti	VU	LC	Végétation dense au bord de zones humides (généralement roselières bordées de saules, buissons)	Présence continue	Rare et localisée	Aucun
<i>Egretta garzetta</i>	Aigrette garzette	R	LC	Lacs marécageux, rivières et lagunes peu profondes	Présence hivernale	inconnue	Aucun
<i>Egretta alba</i>	Grande aigrette			Lacs marécageux pourvus de roselières, de buissons et d'arbres	Présence hivernale	Inconnue	Aucun
<i>Tringa glareola</i>	Chevalier sylvain		LC	Prairies humides	En période migratoire	Inconnue	Aucun
<i>Mergus albellus</i>	Harle piette			Lacs et cours d'eau	Période hivernale	Inconnue	Aucun
<i>Lanius excubitor</i>	Pie-grièche grise	EN	EN	Milieux ouvert, plutôt sec, avec buissons et postes d'affût	Présence continue	Oui, assez rare, uniquement en Avesnois	Aucun
<i>Remiz pendulinus</i>	Remiz penduline	EN	EN	Rideaux de feuillus à branches fines, en bordure des cours d'eau et des lacs	Présence en période migratoire	Inconnue	Aucun

\*Oiseaux figurant à l'annexe I de la directive oiseau

Sources : Guide ornithologique des oiseaux d'Europe, Afrique du Nord et Moyen-Orient, Delachaux-Niestlé, édition 2010.  
Les oiseaux de la région Nord-Pas-de-Calais, effectifs et distribution des espèces, Groupe ornithologique du Nord



## D. Bilan

## 1. A. Etude des incidences sur les chiroptères

## Bilan des impacts sur les populations de chiroptères

Code natura 2000	Habitat/espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Incidences en phase de travaux	Incidences en phase de fonctionnement	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Incidence		Type d'effet		Bilan sur le degré d'importance de l'effet					Remarques
						Directe	Indirecte	Temporaire	Permanent	Effet notable		Effet moindre			
										-	+	-	0	+	
Espèces d'intérêt communautaire présentes en site Natura 2000															
1324 ; 1323	Chiroptères :  Grand Murin, Murin de Bechstein	Eclairage du site	X (si travail nocturne ou éclairage pour la sécurité du chantier)	X	Pollution lumineuse potentiellement dérangeante pour les chiroptères	X		X	X			X			Peut faire l'objet de mesures de suppression
		Fréquentation du site	X	X	Dérangement, augmentation des risques de réveil et potentiel déplacement des populations	X		X	X	X					Peut faire l'objet de mesures d'atténuation
		Conversion d'usage des terrains		X	Diminution de la ressource alimentaire	X			X					X	Par rapport à la situation précédente (milieu cultivé), diminution des quantités de produits phytosanitaires employés et augmentation des zones de pelouses naturelles abritant un cortège d'insectes supérieur à celui trouvé en milieu agricole
		Utilisation de produits phytosanitaires		X	Diminution de la ressource alimentaire	X			X					X	Par rapport à la situation précédente (milieu cultivé), diminution des quantités de produits phytosanitaires employés et augmentation des zones de pelouses naturelles abritant un cortège d'insectes supérieur à celui trouvé en milieu agricole
		Création de bassins de stockage des eaux de ruissellement		X	Augmentation de la ressource alimentaire	X			X					X	Sous conditions d'un aménagement de portée écologique des bassins
		Construction de bâtiments		X	Nouveaux gîtes potentiels	X			X			X		X	Selon modalités d'aménagement et de gestion
			X		Dérangement	X		X					X		Peut faire l'objet de mesures d'atténuation



## 2. Etude des impacts sur les corridors écologiques

Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Incidences en phase de travaux	Incidences en phase de fonctionnement	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Incidence		Type d'effet		Bilan sur le degré d'importance de l'effet					Remarques
				Directe	Indirecte	Temporaire	Permanent	Effet notable		Effet moindre			
								-	+	-	0	+	
Corridor forestier Bois des Lanières-Mormal													
Modification du réseau de haies		x	Fragmentation du maillage. Destruction de zones d'habitats ou de ressources alimentaires	X		x			x				Le maillage bocager est en danger dans cette partie de l'Avesnois.
Plantation et semis d'espèces végétales		x	Risque de banalisation du cortège végétal avec l'apport d'espèces exogènes	X			x	x					Peut faire l'objet de mesures d'atténuation.
Suppression d'arbres isolés ou de bosquets	x	x	Destruction d'habitats (nids...), dérangement de la faune.	X			x	x					Il est important de garder les arbres patrimoniaux (espèce rare, localisation stratégique ou vieux arbres).
Création de bandes et massifs boisés		x	Influence positive en termes de corridors écologiques		x		x					x	Renforcement du corridor après croissance des individus et selon le choix des espèces.
Hausse de la fréquentation du site		x	Risques de pollution potentiellement plus élevés	x			X (sauf si présence poubelles)	x					Phénomène imprévisible, mais proportionnel à la hausse de la fréquentation de la zone.



Imperméabilisation des surfaces			Risque de fragilisation des échanges de faune, voire tendance à l'isolement de certaines zones par baisse du brassage génétique au niveau floristique		x		x			x			Risque limité du fait d'une pollinisation liée à des espèces volantes
<b>Corridor aquatique de la vallée de la Sambre</b>													
Imperméabilisation des surfaces et traitements phytosanitaires		x	Diminution de la qualité de l'eau du ruisseau de la Marlière (eau de ruissellement)		x		x			x			
Création de bassins de rétentions et de noues	x	x	Création possible d'habitats favorables et augmentation possible de la ressource alimentaire	x			x	x					Selon modalités d'aménagement et de gestion
Suppression de certaines dépressions humides	x	x	Destruction de points d'eaux potentiellement intéressants pour la faune hygrophile	x		x			x				
Apport de terre et autres matériaux	x	x	Apports de banques de graines associées, voire d'espèces invasives		x		x	x					Les espèces invasives se développant au bord des cours d'eau la renouée du japon, la renouée de Sakhaline et la balsamine de l'himalaya



## 3. Etude des impacts sur les oiseaux présents au sein de la ZPS

	Types de travaux	Incidence en phase de travaux	Incidence en phase de fonctionnement	Facteur de détérioration/évolution potentielle	Incidence		Types d'effets		Bilan sur le degré d'importance de l'effet					Remarques
					Directe	Indirecte	Temporaire	Permanent	Effet notable		Effet moindre			
									-	+	-	0	+	
Oiseaux exploitant les milieux bocagers	Conversion d'usage des terrains		X	Influence positive sur la ressource alimentaire	X			X			X			Par la création de zones refuges après une phase de cicatrisation
	Création de zones refuges ouvertes		X	Augmentation des surfaces de pelouses naturelles		X		X					X	Par rapport à la situation précédente (milieu cultivé), diminution des quantités de produits phytosanitaires employés et augmentation des zones de pelouses naturelles abritant un cortège d'insectes supérieur à celui trouvé en milieu agricole.
	Fréquentation du site	X	X	Risques de dérangement		X	X		X					L'effet est variable selon les espèces, selon les périodes.
	Modification du réseau de haies		X	Dégradation, voire destruction de nids	X		X			X				Le maillage bocager est en danger dans cette partie de l'Avesnois.
Oiseaux exploitant les milieux humides	Création de bassins d'accumulation des eaux pluviales	x	x	Création de points d'eau	x			x	x					Bien aménagés, les bassins de rétention constituent des lieux de repos plutôt intéressants, et même des sources de nourriture pour certains oiseaux (bergeronnette).
	Gestion intensive des berges du ruisseau de la Marlière		x	Limitation des potentialités écologique du ruisseau		x	x		x					L'objectif est de favoriser la continuité écologique du cours d'eau et préserver la qualité de l'eau.
	Suppression de certaines mares	x	x	Destruction de points d'eaux	x		x		x					Les mares, comme toutes les zones humides attirent un grand nombre d'espèces.



#### IV. Mesures pour supprimer ou réduire les incidences dommageables du projet sur l'état de conservation du site

##### A. Mesures relatives aux incidences du projet sur les habitats d'intérêt communautaire

###### Le SIC « Forêt de Mormal, bois l'évêque, bois des Lanières et plaine alluviale de la Sambre »

Globalement, le projet distant d'environ 9 km de ce site n'aura pas d'impacts directs sur les habitats forestiers ainsi que les espèces qui leur sont strictement inféodées. Cependant, le projet d'aménagement demandera un apport de matériaux rapportés pour réaliser des remblais. Une attention particulière devra être portée, afin de préserver la flore locale, sur l'origine des terres utilisées qui risquent de se composer de graines concurrentes et d'espèces invasives.

Par ailleurs, il est nécessaire d'étudier l'impact du projet sur les corridors écologiques reliant les deux sites et sur les chiroptères puisque de nombreuses espèces patrimoniales sont présentes. Certaines espèces peuvent effectuer de longs déplacements (migration post/pré nuptiale, recherche de nourriture...) et donc fréquenter la zone du projet. Les paragraphes suivants présentent des propositions permettant de supprimer ou de réduire ces incidences.

##### B. Mesures relatives aux incidences du projet sur les espèces de chiroptères d'intérêt communautaire

La présence de ces espèces sur le site Natura 2000 nous montre que la zone de la Marlière peut être l'objet de chasses ou d'hibernations ponctuelles des chiroptères (ayant un champ d'activités de plusieurs kilomètres). Il est donc primordial de les intégrer dans ce dossier d'incidence.

D'après les études allemandes sur les arbres gîtes en forêt (Meschde & Heller, 2003), il ressort que 60 à 70 % d'entre eux sont des cavités de pics. Dès lors, il est évident que le maintien des populations de Chiroptères en forêt passe par celui des populations de pics. En raison de la taille de leurs loges et des parcelles exploitées, le Pic mar paraît être le plus propice pour les chauves-souris, quand celui-ci est présent. Les cavités de Pic épeiche ou de Pic vert sont également intéressantes, alors que celles du Pic noir, en raison de leur trop grande taille, ne semblent pas favorables pour les Chiroptères (tampon thermique moins intéressant, cavités souvent réoccupées par des Chouettes hulottes, ou martres). Cela ne signifie pas que les arbres à Pic noir ne doivent pas être maintenus.

Les gîtes les plus souvent utilisés sont des arbres à cavités, vivants, dominants et dont la cavité considérée est directement en lien avec un feuillage proche (pas d'arbres isolés). **Pour garantir une offre suffisante en gîtes arboricoles, le maintien au sein des haies d'arbres souffreteux et/ou à cavités (chandelles, arbres à pics, arbres à décollement d'écorce, arbres foudroyés...) est une nécessité.** Le marquage et le maintien d'arbres morts n'est donc pas suffisant.

Suivant les espèces de Chiroptères considérées, le nombre de gîte à conserver est plus ou moins important (de 2 à 50 gîtes pour une colonie). Comme plusieurs espèces occupent le massif et vivent en syntopie, une offre supérieure en gîte est nécessaire. De plus, toutes les cavités de pics ne sont pas forcément utilisables par les Chiroptères. En effet, les loges récentes présentent peu de développement à l'intérieur, notamment dans le haut de la cavité, lieu où se logent les chauves-souris. D'après des travaux allemands, il est estimé qu'une proportion de 75 % des loges de pics ne peut être utilisée. Si l'on considère en plus la concurrence inter-chiroptères et celle Chiroptères/autres taxons occupants (insectes par exemple), l'offre doit être encore supérieure.

S'agissant du maintien de leur terrain de chasse, une gestion différenciée des parcelles et des haies avec des essences variées et adaptées, accroît les potentialités d'accueil pour les chauves-souris. A ce titre, on veillera à maintenir suffisamment de pieds d'essences secondaires ou à faible intérêt économique. Cela concerne notamment les fruitiers comme le Sorbier des oiseleurs, le Merisier, mais aussi, les Saules, le Peuplier tremble et les Tilleuls. Ces essences feuillues mellifères sont nécessaires au cycle de certains insectes qui peuvent constituer des proies pour les Chiroptères. Leur renforcement peut se faire lors de travaux de plantations.

**Il convient également de maintenir des espaces ouverts naturels. Une zone dégagée d'au moins 10 m sera maintenue autour des pièces d'eau existantes.** Le réseau hydrographique principal et annexe doit conserver sa fonctionnalité. Au besoin, certaines mares, comblées, pourront être curées et ré-ouvertes. A défaut, il serait opportun de prévoir les réserves foncières permettant d'en créer.

Ces zones devront être éloignées des routes et parking, et une bande non fauchée maintenue sur les berges. Au vue du plan d'aménagement, des « recoins » sont visibles et ne seront probablement non aménagés, il est donc judicieux d'y placer des mares. La création de bassins de rétention d'eau sera également favorable aux chiroptères puisqu'ils attireront un certain nombre de proies comme le moustique et représenteront ainsi des réservoirs de nourriture.

L'éclairage des bâtiments est également un point important, car il peut limiter la présence de certaines espèces durant la nuit. Les installations lumineuses devront prendre en compte cette problématique, et proposer certains dispositifs permettant de limiter la diffusion lumineuse et la durée d'éclairage (ex : éclairage dirigé vers le bas, détecteur de présence, positionnement stratégique des points lumineux, etc.).

Les parkings éclairés devront être éloignés de toute zone susceptible d'accueillir une colonie de chiroptères. Cette réflexion s'inscrit par ailleurs dans le développement durable du parc d'activités et par conséquent dans la volonté d'y appliquer la démarche PALME.

Lors de l'implantation des bâtiments, il serait souhaitable d'y intégrer en amont une possibilité d'accueil des colonies de chiroptères liés aux habitats urbains ou semi-urbains. Pour cela, il existe de nombreux dispositifs plus ou moins complexes. Leur installation sera d'autant plus facile si elle est réalisée en amont des travaux.

On peut citer notamment la chiroptière (ouverture en forme de trémie, pratiquée dans la toiture, ouverture de 40 cm de large et de hauteur variant de 6 à 15 cm) ou d'une chatière (bouche d'aération insérée dans le toit, permettant aux espèces d'accéder aux combles, privilégier les ouvertures les plus larges). Il est important d'intégrer plusieurs critères : exposition, orientation, hauteur, etc. A l'extérieur ou à l'intérieur, il est également possible d'intégrer des gîtes artificiels pouvant accueillir certaines espèces (brique creuse, nichoir d'angle, gîte en bardages, gîte sur poutres, gîte vertical).

Il conviendra d'utiliser du bois de charpente non traité afin d'éviter tout risque d'intoxication et de veiller à limiter le dérangement et l'accès. Ces aménagements devront être réfléchis en concertation avec la Coordination Mammalogique de Nord de la France (CMNF) et en lien avec les plages horaires d'activités des différentes entreprises (un fonctionnement de nuit des machines peut entraîner un dérangement qui empêcherait toute possibilité de colonisation).



Sur le site il est prévu de conserver l'ancienne ferme Riche, ce bâtiment ancien peut être une opportunité pour insérer au mieux le projet dans une démarche de sauvegarde de la biodiversité. En effet, cette bâtisse présente déjà un potentiel d'accueil et quelques aménagements relativement modestes suffiraient à en faire un gîte des plus favorables à toutes les espèces présentes sur le site Natura 2000.

### C. Mesures relatives aux incidences du projet sur les corridors écologiques

Même s'il n'impacte pas directement la zone Natura 2000, ce projet aura néanmoins une incidence sur les corridors existants entre la forêt de Mormal et le bois des Lanières. Les corridors écologiques devront être maintenus, et le lien entre le site Natura 2000 et le site de l'étude non rompu. Pour cela il convient de sauvegarder le réseau de haies présent, ou dans le cas de destruction obligatoire, de replanter un linéaire équivalent composé d'espèces locales. Des « îlots » devront être ponctuellement placés sur les zones les moins anthropisées afin de recréer des puits de dispersion pour les espèces ayant besoin de ces milieux. Chaque îlot devra être connecté par un linéaire de haie. Le schéma ci-dessous présente une liste d'essences locales à privilégier. Les haies doivent être plantées en quinconce, avec une largeur de 2 m entre chaque ligne et une distance d'environ 1 m entre chaque plant.

#### Proposition d'essences locales (Plan de gestion différenciée des espaces verts des sites d'assainissement de l'Agglomération Maubeuge Val de Sambre, CPIE Bocage de l'Avesnois, 2010)



Des espaces verts, gérés de manière différenciée, devront être intégrés dès la phase de conception afin de limiter l'impact écologique de l'arrivée des nouvelles installations. Ces espaces verts seront traités sans produits phytosanitaires et feront l'objet d'un fauchage tardif. Ils représenteront de véritables zones refuges et serviront de zones tampons pour permettre une transition douce entre les espaces anthropisés et les corridors écologiques.

Par ailleurs, les plantations suite à l'aménagement de la zone devront privilégier l'expression de la flore locale. Elles devront se composer d'essences indigènes non horticoles qui garantiront la pérennité des plants et leur utilité pour la faune locale (nourriture, reproduction...). D'après le schéma d'aménagement, des plantations sont prévues le long des aménagements de voiries. Il convient également d'envisager des plantations à l'intérieur des parcelles elles-mêmes afin de limiter l'empreinte écologique de chaque entreprise.

La plantation d'arbres fruitiers pourra être envisagée, soit dispersés sur la zone, ou regroupés afin de recréer un verger (à placer à l'opposé du réseau routier et de la 2x2 voies). Cette opération pourra se faire en partenariat avec le Conservatoire botanique de Bailleul et le Parc naturel régional de l'Avesnois, afin d'utiliser d'anciennes espèces locales. Ces arbres permettront de consolider la présence et la nidification dans le secteur de l'avifaune déjà répertoriée lors de l'étude d'impact.

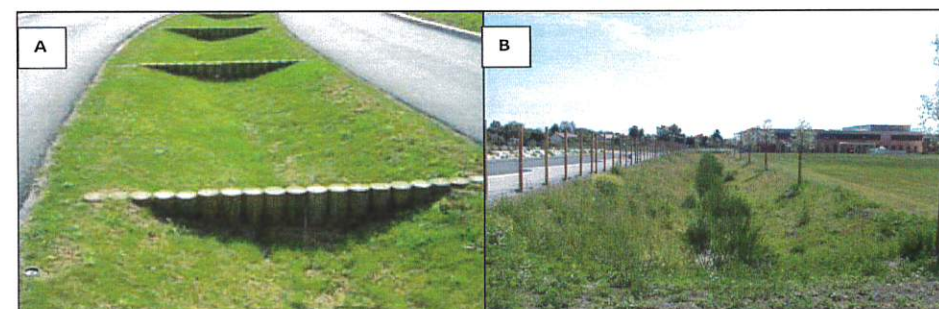
Les surfaces imperméables (toitures, macadam, parking, etc...) devront être les plus limitées possibles. Des toitures et des parkings végétalisés pourront être envisagés lors des aménagements. En fonction de l'évacuation des eaux de ruissellement, il conviendra de conserver une bande enherbée autour du ruisseau de la Marlière et de tous les points d'eau afin d'épurer les eaux arrivantes avant leur contact avec le milieu naturel (eaux souvent riches en hydrocarbures). La mise en place de dispositifs débourbeurs, déshuileurs et séparateur d'hydrocarbures sera certainement nécessaire pour renforcer l'épuration de ces eaux de ruissellements.

La conservation des mares existantes est essentielle pour la préservation des corridors hydrographiques avec le site Natura 2000 et le bois des Lanières. Un réseau de mares dense est primordial pour le maintien de populations d'amphibiens sur un secteur, et notamment le triton crêté. En cas de destruction inévitable, il pourrait être nécessaire de créer de nouvelles mares pour maintenir les liaisons écologiques. Toutefois, en fonction de leur localisation et de leur aménagement, l'intégration écologique des bassins de rétention des eaux qui seront créés pourrait permettre de contribuer au maintien du corridor hydrographique du site du projet. Les bassins devront par exemple présenter des bords sinueux, une pente douce, des berges végétalisées...

### Les réserves foncières

Des réserves foncières de largeur différente devront être créées pour la création des réseaux de noues et de haies :

- Pour les noues, 3 à 4 mètres : largeur de la noue (2 à 3m) + 1 m de chaque côté
- Pour les haies, 3 mètres de largeur : Largeur de la haie (1m) + 1m de chaque côté





#### A. Noue très peu favorable à la biodiversité.

La tonte est régulière et il n'y pas de réserve foncière. L'absence de végétation ne ralentit pas l'écoulement des eaux, et peut donc contribuer à l'augmentation du risque d'inondation par ruissellement dû à la possibilité de colmatage du fond. La vie sauvage ne peut pas profiter de la noue et de ses abords. Il y a en plus un risque de colmatage du fond.

#### B. Noue idéale

La largeur de la noue permet le développement spontané de la flore sauvage qui fournira abri et nourriture à de nombreuses espèces animales. De plus, le rôle hydraulique est pérennisé.

Comme vu précédemment, pour les haies il est conseillé de placer une réserve foncière de 3 mètres. Cette largeur permettra le développement des différentes essences de la haie et de l'ourlet (bande herbacée au pied de la haie). Ce dernier devra être fauché tardivement. La haie devra être taillée si besoin uniquement en automne, période bénéfique pour les arbustes et surtout où la taille ne dérange pas la faune sauvage. Les réserves foncières sont très importantes pour les populations de triton et en particulier du triton crêté. Les noues et les haies devront être gérées de façon à maintenir les connectivités écologiques entre chaque mare qui sera créée dans le cadre du projet d'aménagement



La présence de noues sur le schéma d'aménagement présage une diversification du réseau hydrographique, en fournissant un maillage de fossé retenant ponctuellement l'eau. Afin de conserver de l'eau peu polluée, il faudra cependant veiller à maintenir dans une réserve foncière une zone herbacée gérée en fauche tardive (veuillez à ce que les dates de fauche ne coïncide pas avec les périodes de migration du triton crêté, à savoir entre février et juin – juillet. Les berges devront être laissées naturelles et la pente réduite. Cela représente la première étape de l'épuration de l'eau avant son arrivée dans les bassins de rétention. Le linéaire conséquent de noues présenté sur le schéma devra être conservé et leur morphologie adaptée au mieux pour filtrer l'eau et accueillir la biodiversité.

L'existence d'une population locale de triton crêté repose en général sur la disponibilité d'un réseau de mares suffisamment dense et interconnecté (optimum : 4 à 8 mares au km<sup>2</sup>), ainsi que des formations arborées (haies, fourrés) suffisamment proches des mares. La proximité d'une route à proximité est un facteur défavorable pour son implantation (minimum : 20 véhicules par heure en période nocturne). Pour préserver cette espèce protégée et inscrite en annexe II de la directive Habitat Faune Flore, il est nécessaire, soit de conserver ce maillage de mares ou, dans le cas d'une destruction des habitats existants, de recréer de nouvelles mares. La solution la plus simple est d'imposer un « corridor » de mares via les réserves foncières afin de permettre la connexion entre le bois Hoyaux et le bois des lanières. Sur la carte ci-dessous est présentée une proposition de schéma d'implantation des mares et de leurs réserves foncières.





Schéma d'implantation possible des réserves foncières et mares pour le site de la Marlière



Schéma d'implantation de réserves foncières





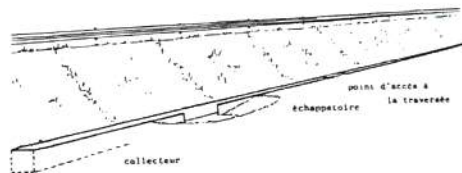
Passage à batraciens

Le busage existant sous la RD 649 fait office de passage pour la faune des milieux aquatiques. La mise en place d'un collecteur de part et d'autre de l'ouvrage permettra de diriger cette faune de l'autre côté de la RD. Des mares d'appel d'environ 100 m<sup>2</sup> par unité, seront également créées des part et d'autre de la Marlière.

Passages à batraciens

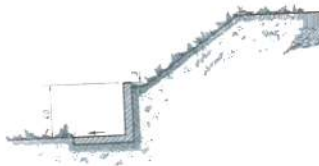
Exemple de passage à batraciens

Exemple de collecteur dirigeant les batraciens vers les buses



Système de collecteurs par cornière en «L», hauteur de 60 cm (SETRA, 2005)

Coupe transversale des collecteurs (SETRA, 2005)

**C. Mesures relatives aux incidences sur l'avifaune de la ZPS FR3112005**

- Aménagements réduisant ou supprimant les impacts réels  
Comme vu précédemment, la majorité des espèces d'oiseaux présente sur la ZPS de la vallée de la Scarpe et de l'Escaut, ne semble pas être impactée par le projet. Cependant, quelques espèces peuvent subir un dérangement important à prendre en compte.

Pic mar et Pic noir : Compte tenu des exigences en termes d'habitats et de la faible capacité de dispersion de ces espèces, (généralement de l'ordre de 9 km maximum, ce qui correspond à la distance séparant la forêt de Mormal, où l'espèce est présente, du bois de la Lanière), les infrastructures peuvent faire obstacle à la migration des individus entre ces 2 massifs forestiers et ainsi participer à l'isolement génétique de ces populations.

De plus, ces espèces n'aiment pas survoler les zones ouvertes trop anthropisées ne possédant pas une densité de grands arbres suffisamment élevés (Plan d'action Pic mar).

Favoriser le maintien et le développement de grands arbres tels que le chêne et le hêtre, particulièrement appréciés par ces espèces, le long du corridor bocager, peut minimiser la gêne occasionnée et faciliter le transit de ces espèces.

- Propositions d'aménagements favorables à l'avifaune.

La création de bassins de rétention peut être favorable à l'installation ou tout au moins à la présence et/ou au déplacement d'un certain nombre d'espèces d'oiseaux présents sur la ZPS, dans la mesure où leur aménagement le permet.

La végétalisation des berges et l'aménagement de roselières sur le pourtour de certains bassins sont intéressants à plusieurs niveaux. Cela offre un abri potentiel pour 5 espèces d'oiseaux listées précédemment (Gorge bleue à miroir, Locustelle luscinoïde, Phragmite des joncs, Rousserole turdoïde et Bouscarle de Cetti), ainsi qu'une réserve de nourriture pour ces oiseaux, mais aussi pour d'autres groupes faunistiques tels que les chiroptères. Ces végétaux assurent également une certaine filtration de l'eau et une stabilisation des berges. De plus, profiler les rives des bassins par des bords sinueux et des pentes douces, augmentera la diversité des habitats et donc de la faune et de la flore, et donnera un aspect plus naturel à ces structures.

Un certain nombre d'oiseaux listés précédemment et possédant un statut de conservation défavorable, sont des espèces inféodées aux milieux humides, telles que la Rousserole turdoïde et la Rémiz penduline. Des aménagements favorables à ces espèces peuvent être réalisés au niveau du lit de la Marlière. La Rémiz penduline affectionne les cours d'eau à ripisylve composée de saules, d'aulnes et d'ormes, mais évite les roselières, alors que la Rousserole turdoïde se contente de faible surface de roselière aux bords des cours d'eau. En créant une certaine hétérogénéité d'habitats au niveau de la ripisylve, par une gestion appropriée (favorisation d'hélophytes et entretien/restauration de la ripisylve), ces 2 espèces en déclin, ainsi que d'autre (par ex. le Martin-pêcheur), peuvent trouver habitat ou refuge.

Pour finir, la création de zones tampon notamment par la mise en œuvre d'une gestion différenciée des espaces verts permettra aussi de maintenir la présence de la petite faune (insectes, micromammifères...), et créer ainsi de véritable réservoir de nourriture pour les espèces se nourrissant dans les milieux ouverts en période hivernale.



## D. Bilan

## 1. Mesure en faveur des chiroptères

Habitat/ espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Remarques	Mesures proposées pour réduire ou supprimer les incidences négatives	Persistance de l'effet négatif
<b>Espèces d'intérêt communautaire présentes en site Natura 2000</b>					
<b>Chiroptères : Grand murin, Murin de Bechstein</b>	Eclairage du site	Pollution lumineuse potentiellement dérangante pour les chiroptères	Peut faire l'objet de mesures de suppression	- Système de détecteurs de présence et éclairage dirigé vers le bas - Durée d'éclairage à ajuster (définition de périodes de noir complet "trame noire") - Eviter l'éclairage direct à proximité des gîtes potentiellement favorables à une utilisation par les chiroptères (arbres têtards)	
	Fréquentation du site	Dérangement, augmentation des risques de réveil et déplacement des colonies	Peut faire l'objet de mesures d'atténuation	- Bâtiments et voiries à intégrer pour s'éloigner des gîtes d'hibernation - Communication à prévoir sur le site et sensibilisation (installation de gîtes)	Persistant
	Conversion d'usage des terrains	Influence négative sur la ressource alimentaire	Par rapport à la situation précédente (pâtures), diminution du cortège d'insectes présents	- Etude puis suivi des populations d'insectes exploitant le site (état zéro pendant l'utilisation traditionnelles puis différentes phases d'observation : suite aux travaux, un an, 2 ans, 4 ans après travaux)	
	Utilisation de produits phytosanitaires	Réduction de la quantité d'insectes et intoxication des chiroptères	Absence / faible représentation des cortèges d'insectes sur les espaces verts traités	- Réflexion pour une gestion écologique des espaces verts, avec définition d'un plan de gestion reposant sur des objectifs de la gestion différenciée - Maintien de zones tampons vis-à-vis des habitats favorables d'intérêt - Mise en place de différents aménagements écologiques : création de zones refuges ouvertes, création de bandes et massifs boisés, aménagement écologique des bassins de rétention des eaux de pluies	
	Création de haies et massifs boisés	Influence positive en termes de corridors écologiques	Renforcement des corridors présents	- Choix des espèces (essences locales) en prenant en compte les espèces initialement présentes - Conception visant la structuration en plusieurs strates, avec gestion ultérieure assurant une fonctionnalité optimale (haies libres, haies brise-vent...)	
	Aménagement de bassins de stockage des eaux de ruissellement	Augmentation de la ressource alimentaire	Sous conditions d'un aménagement de portée écologique des bassins	- Préconisations d'aménagements favorables à l'expression de la flore locale (et donc à terme de la faune) : zones plus oligotrophes à favoriser, berges en pente douce, banquettes... Favoriser le développement d'une flore spontanée plutôt que les plantations et semis	
	Construction d'aménagements dans les bâtiments	Nouveaux gîtes potentiels	Selon modalités d'aménagement et de gestion	- Mise en place d'un programme de pose de gîtes (chauves-souris) ou d'aménagement des combles	



## 2. Mesures en faveur des corridors écologiques

Habitat/ espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Remarques	Mesures proposées pour réduire ou supprimer les incidences négatives	Persistance de l'effet négatif
Corridor forestier Mormal- Bois des Lanières	Modification du réseau de haies	Fragmentation du maillage. Destruction de zones d'habitats ou de ressources alimentaires	Les haies doivent être plantées le long des noues et en bas de pente afin de limiter les phénomènes de ruissellement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supprimer le moins possible de haies.</li> <li>- Les travaux devront être réalisés en dehors des périodes de nidification (février à mars)</li> <li>- Les essences utilisées pour recréer des haies doivent être locales</li> </ul>	
	Suppression d'arbres isolés ou de bosquets	Destruction d'habitats (nids...), dérangement de la faune.	La suppression d'arbres devra être au maximum compensée par la plantation de nouvelles zones boisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les arbres têtards devront être gardés au maximum. Ils abritent une faune remarquable et sont emblématiques de l'Avesnois</li> </ul>	
	Création de bandes et massifs boisés	Influence positive en termes de corridors écologiques	Des corridors peuvent être recréés si les boisements sont bien positionnés (alignements)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des espèces (essences locales) en prenant en compte les considérations exprimées précédemment</li> <li>- Conception visant la structuration en plusieurs strates, avec gestion ultérieure assurant une fonctionnalité optimale (haies libres hauts-jets...)</li> </ul>	
	Hausse de la fréquentation du site	Risques de pollution potentiellement plus élevé	Phénomène imprévisible, mais proportionnel à la hausse de la fréquentation des plages	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place de programmes de ramassage manuel des déchets non organiques visibles</li> <li>- Mise en place de poubelles</li> </ul>	Persistant
	Plantation et semis d'espèces végétales	Risque de banalisation du cortège végétal avec l'apport d'espèces exogènes	Peut faire l'objet de mesures d'atténuation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favoriser l'expression de la flore locale dans le cadre des travaux, en particulier en travaillant sur le stockage de terres décapées et réutilisation sous forme de modelés pour éviter une banalisation des sites d'intérêt</li> </ul>	Persistant



			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérage préalable des terres éventuellement emportées visant à exclure tout transfert de terres présentant des stations d'espèces invasives (ex : Renouée du Japon)</li> <li>- Définition d'une palette végétale reposant sur une majorité d'espèces locales et d'origine locale ou biogéographiquement compatibles dans le cadre de l'aménagement du golf et du nouveau quartier ; exclusion impérative de toute espèce protégée ou d'espèce invasive de la palette et sélection préférentielle d'espèces peu productives, non compétitives.</li> </ul>	
Imperméabilisation de surfaces	Risque de fragilisation des échanges de faune entre entités du site Natura 2000, voire tendance à l'isolement de certaines zones par baisse du brassage génétique au niveau floristique	Risque limité du fait d'une pollinisation liée à des espèces volantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des matériaux privilégiant ponctuellement des zones potentielles de transfert de faune : aménagement de passages avec semis enherbé sur fonds stables et roulants</li> <li>- Maintien de bandes tampons d'au moins 10 m sur les habitats d'intérêt</li> </ul>	

Habitat/espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Remarques	Mesures proposées pour réduire ou supprimer les incidences négatives	Persistance de l'effet négatif
Corridor aquatique de la vallée de la Sambre	Imperméabilisation des surfaces et traitements phytosanitaires	Diminution de la qualité de l'eau du ruisseau de la Marlière (eau de ruissellement)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des matériaux privilégiant ponctuellement des zones potentielles de transfert de faune : aménagement de passages avec semis enherbé sur fonds stables et roulants</li> <li>- Maintien de bandes tampons d'au moins 10 m sur les habitats d'intérêt</li> </ul>	
	Apport de terre et autres matériaux	Apports de banques de graines associées et potentiellement d'espèces invasives	Peut faire l'objet de mesures d'atténuation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle impératif de l'origine des terres de remblais, des modelés.</li> <li>- Favoriser l'emploi de terres à forte concentration en calcaires et peu riches sur le plan organique en évitant tout apport de terre végétale dans les zones refuges.</li> <li>- Utilisation de substrats sableux à favoriser.</li> <li>- Régulation voire élimination des stations de Renouée du Japon déjà existantes sur le site lors des travaux.</li> <li>- Veiller pour une intervention rapide en cas de développement de nouvelles stations d'espèces invasives.</li> <li>- Aires de stockage des matériaux apportés disposées à distance respectable des habitats d'intérêt communautaire sur la base du plan défini.</li> <li>- Valorisation des déchets verts produits sur site en excluant toute zone de dépôt ou aire de compostage des zones d'intérêt écologique.</li> </ul>	
	Suppression de certaines dépressions humides	Destruction de points d'eaux potentiellement intéressants pour la faune hygrophile		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Éviter de niveler la microtopographie du sol</li> <li>- Réaliser une fauche tardive sur les pelouses plus basses (où se développent les juncs et les carex par exemple)</li> <li>- Intégrer des réserves foncières pour créer de nouvelles mares</li> </ul>	
	Création de bassins de rétentions et de noues	Augmentation de la ressource alimentaire	Sous conditions d'un aménagement de portée écologique des bassins	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préconisations d'aménagements favorables à l'expression de la flore locale (et donc à terme de la faune) : zones de décantation / épuration des eaux, zones plus oligotrophes à favoriser, berges en pente douce, banquettes... Favoriser le développement d'une flore spontanée plutôt que les plantations et semis</li> <li>- Trouver un équilibre entre le maintien de l'efficacité hydraulique et écologique des noues en fonction des zones à enjeux</li> </ul>	

## 3. Mesures en faveur des oiseaux de la ZPS

Habitat/ espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Remarques	Mesures proposées pour réduire ou supprimer les incidences négatives	Persistance de l'effet négatif
<b>Habitats d'intérêt communautaire situés sur la ZPS Vallée de la Scarpe et de l'Escaut</b>					
<b>Oiseaux exploitant les milieux bocagers et forestiers</b>	Conversion d'usage des terrains	Influence positive sur la ressource alimentaire	Par la création de zones refuges après une phase de cicatrisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Création de zones tampons et préservation et aménagement de corridors biologiques pour assurer le maintien de la fonctionnalité écologique du secteur</li> <li>- Calage de la période des travaux en fonction des cycles biologiques des groupes faunistiques exploitant les milieux cultivés c'est-à-dire excluant la période de mars à juillet,</li> <li>- Dispositifs et actions favorisant la fuite des individus fragiles lors de la phase de travaux : passage préalable à tout remaniement de terres afin de s'assurer de la non-utilisation de différents secteurs pour la nidification</li> <li>- Contrôle impératif de l'origine des terres apportées lors des travaux, au cas ou celles-ci contiendraient des graines ou fragment d'espèces exogènes potentiellement invasives.</li> </ul>	
	Création de zones refuges ouvertes	Augmentation des surfaces de pelouses naturelles	Par rapport à la situation précédente (milieu cultivé), diminution des quantités de produits phytosanitaires employés et augmentation des zones de pelouses naturelles abritant un cortège d'insectes supérieur à celui trouvé en milieu agricole	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude sur les choix techniques de gestion des espaces refuges : enclos pour un pâturage extensif et/ou fauches adaptées aux différentes situations rencontrées (la fauche tardive ne doit pas être retenue comme une action systématique car elle ne répond pas nécessairement aux exigences de la flore locale)</li> <li>- Les zones les plus excentrées et non fréquentées pourront suivre un développement naturel sans intervention, tant qu'elles n'entre pas en contradiction avec les usages du site</li> </ul>	



	Fréquentation du site	Risques de dérangement Augmentation potentielle de la pollution (déchets)	L'effet est variable selon les espèces, selon les périodes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interprétation, sensibilisation des différents publics à la richesse écologique du site et à la problématique des espèces d'oiseaux d'intérêt communautaire nichant à proximité de leur lieu de résidence et de ses abords par le biais de différents outils de communication (panneaux, pédagogiques, plaquette, encart dans les publicités et autres supports développés) : la stratégie de communication doit intégrer des messages de préservation de la biodiversité.</li> <li>- Veiller à la présence d'un nombre suffisant de poubelle aux endroits les plus pertinents (fréquentation, restauration rapide...) et mise en place de programmes de ramassage des déchets non organiques.</li> </ul>	
	Modification du réseau de haies	Dégradation, voire destruction de nids	Le maillage bocager est en danger dans cette partie de l'Avesnois	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préconisations d'aménagements favorables à l'expression de la flore locale (et donc à terme de la faune)</li> <li>- Les haies de remplacement devront être composées par une grande diversité d'essences champêtres locales et présenter le plus possible les différentes strates de végétation</li> </ul>	
<b>Oiseaux exploitant les milieux humides</b>	Créations de bassins de rétention	Création de points d'eau	Bien aménagés, les bassins de rétention constituent des lieux de repos plutôt intéressants, et même des sources de nourriture pour certains oiseaux (bergeronnette...)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévoir un entretien des bassins en dehors des périodes sensibles pour les espèces les exploitant pour leur alimentation et/ou leur nidification.</li> <li>- Préconisations d'aménagements favorables à l'expression de la flore locale (et donc à terme de la faune) : zones de décantation / épuration des eaux, zones plus oligotrophes à favoriser, berges en pente douce, banquettes... Favoriser le développement d'une flore spontanée plutôt que les plantations et semis.</li> <li>- Travail sur les berges (pentes douces, berges irrégulières...) et la gestion du niveau d'eau en fonction des cycles vitaux des espèces exploitant le bassin, pour permettre l'accueil des limicoles pour l'alimentation.</li> <li>- Favoriser une certaine quantité de cordons d'hélophytes, pour permettre l'accueil d'espèces d'oiseaux menacés vivant dans ces milieux.</li> </ul>	
	Gestion intensive des berges du ruisseau de la Marlière	Limitation des potentialités écologique du ruisseau	L'objectif est de favoriser la continuité écologique du cours d'eau et préserver la qualité de l'eau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévoir un entretien du lit en dehors des périodes sensibles pour les espèces les exploitant pour leur alimentation et/ou leur nidification.</li> <li>- Favoriser le maintien du plus grand nombre d'habitat possible, pour rendre ce corridor utilisable par le plus d'espèce.</li> </ul>	
	Suppression de mares	Destruction de points d'eaux (milieu de vie et zone d'alimentation)	Les mares, comme toutes les zones humides attirent un grand nombre d'espèces	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentrer les efforts pour améliorer l'état écologique des marres restantes (reprofilage des berges, élimination de végétaux invasifs, curage ...), voire les agrandir, ainsi que sur les aménagements favorables à la biodiversité au niveau des bassins de rétentions.</li> </ul>	

4. Mesures en faveur du triton crêté (*Triturus cristatus*)

Habitat/ espèces	Type de travaux, opérations, facteurs d'influence	Facteur de détérioration / évolution potentielle	Remarques	Mesures proposées pour réduire ou supprimer les incidences négatives	Persistance de l'effet négatif
Triton crêté	Modification du réseau de haies	Fragmentation du maillage. Destruction de zones d'habitats ou de ressources alimentaires	Les haies doivent être plantées le long des noues et en bas de pente afin de limiter les phénomènes de ruissellement	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Supprimer le moins possible de haies.</li> <li>- Les essences utilisées pour recréer des haies doivent être locales</li> </ul>	
	Suppression de bosquets	Destruction d'habitats (gîtes d'hivernation), dérangement de la faune.	La suppression d'arbres devra être au maximum compensée par la plantation de nouvelles zones boisées	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les boisements devront être conservés le plus souvent possible</li> </ul>	
	Création de bandes et massifs boisés	Influence positive en termes de corridors écologiques	Des corridors peuvent être recréés si les boisements sont bien positionnés (alignements)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix des espèces (essences locales) en prenant en compte les considérations exprimées précédemment</li> <li>- Conception visant la structuration en plusieurs strates, avec gestion ultérieure assurant une fonctionnalité optimale (haies libres hauts-jets...)</li> </ul>	
	Remblaiement des mares présentes	Diminution des liens pour la trame bleue	Liens étroits entre le rapprochement des mares et la dispersion du triton crêté	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conserver les mares existantes</li> <li>- Création de réserves foncières (cf. carte)</li> <li>- Création de nouvelles mares dans les réserves foncières</li> </ul>	



## V. Conclusion

La présente étude d'incidences analyse les effets potentiels du projet de la Marlière sur les sites Natura 2000 FR3100509 « Forêt de Mormal, bois l'évêque, bois des lanières et plaine alluviale de la Sambre » et le site FR3112005 « Vallée de la Scarpe et de l'Escaut ».

Cette étude repose sur les éléments disponibles sur le portail Natura 2000, ainsi que sur une partie des données naturalistes (chiroptères) du Document d'objectifs en application pour le site FR3100509 « Forêt de Mormal, bois l'évêque, bois des lanières et plaine alluviale de la Sambre », et le volet écologique de l'étude d'impact pilotée par l'Agence Noyon.

Le projet n'aura que peu d'impact sur la faune. L'analyse s'est portée sur les chiroptères du site Natura 2000 le plus proche à savoir le site FR3100509 « Forêt de Mormal, bois l'évêque, bois des lanières et plaine alluviale de la Sambre ». Ces espèces, en particulier les plus mobiles, peuvent fréquenter la zone de projet.

L'autre groupe étudié est l'avifaune. Cette analyse s'est portée sur la ZPS la plus proche, à savoir le site FR3112005 « Vallée de la Scarpe et de l'Escaut ». L'incidence sur ces populations d'oiseaux est relativement faible, étant donné la grande distance (50 km), d'autant plus que le site n'est pas situé dans un couloir de migration important et qu'aucune zone humide de taille importante n'est présente à proximité. Cependant, deux espèces peuvent potentiellement subir des impacts, le Pic mar et le Pic noir. Pour les protéger, il conviendrait de préserver les vieux chênes et hêtres sur la partie ouest du projet (le long du corridor forestier). Les autres mesures de compensation pour protéger l'ensemble de ces espèces sont présentées dans ce rapport.

Il faut ajouter à cela la présence du triton crêté sur le bois Hoyaux, voisin du site de la Marlière. Cette espèce dépendante d'un réseau dense de mares prairiales de bonne qualité et ne pourra pas envisager une dispersion de sa population et une connection avec une autre méta-population, ce qui entraînera à long terme un déclin, si les mares ne sont pas conservées ou réimplantées dans le cadre de réserves foncières convenablement aménagées.

L'analyse de ces éléments de réflexion montre l'existence d'incidences généralement considérées comme faibles du projet sur les habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les mesures proposées dans le présent document permettent le plus souvent de limiter, voire d'annuler certains des effets engendrés par le projet. Sous certains aspects, le projet s'avère même bénéfique, en créant de nouveaux espaces potentiellement attractifs pour la faune locale (mares...). Les incidences négatives subsistantes sont surtout liées à la probable hausse de fréquentation du site et de ses alentours qui peut causer un dérangement pour la faune, mais également la fragmentation du réseau de haies et de mares qu'il conviendra de limiter et de compenser. Une implantation en accord avec son environnement et réfléchi en amont peut redonner au site une nouvelle dimension écologique, en apportant une biodiversité positive.

Les engagements mériteront d'être inscrits durablement pour une application sans faille garantissant le respect de la présente analyse. A cette fin, l'inscription du projet dans la démarche PALME (Parcs d'activités labellisés pour la maîtrise de l'environnement) déjà appliquée sur le parc d'activités de Grévaux-Les-Guides est vivement recommandée.

## Chapitre 8

# Le potentiel de développement en énergies renouvelables



## BESOINS ENERGETIQUES

### Le projet d'aménagement retenu

Le projet retenu, le parti d'aménagement d'une superficie d'environ 45 hectares, fut celui présentant un compromis entre le moins de contrainte vis-à-vis des sensibilités du territoire.

Un découpage d'environ 25 parcelles a été projeté, pour une surface cessible de 32ha.

La surface approximative d'espaces publics est alors d'environ 13ha, dont une forte part d'espaces naturels le long de la Marlière.

La parcelle la plus étendue représente une surface de 2,7ha et la plus petite représente 0,4ha<sup>2</sup>

### Nature des activités

La zone accueillera des bâtiments d'activités. A ce stade, il n'est pas possible de se prononcer sur la nature des activités envisagées puisque celles-ci dépendront de la commercialisation au fil de l'eau des parcelles. Pour rappel, cette surface est le prolongement du parc d'activités de Grévaux les Guides sur lequel des activités très diverses sont implantées : industrie automobile, agro alimentaire...

Une hypothèse retenue par la CAMVS serait toutefois la suivante :

- 1/3 de petite industrie
- 1/3 PME
- 1/3 tertiaire, hôtellerie, services...

### Quantification des besoins énergétiques

#### Méthodologie

Les clés d'entrées pour évaluer les futurs besoins énergétiques d'une zone d'activités peuvent être les suivantes :

- Méthode 1 : la connaissance des consommations énergétiques d'un nombre représentatif d'activités similaires à celles qui seront développées sur le parc d'activités (= consommation moyenne réelle)
- Méthode 2 : la connaissance des seuils maximaux de consommation énergétique par bâtiment pour le parc d'activités (=consommation maximale théorique hors procédés industriels).

La première méthode est la plus pertinente, néanmoins elle est difficile à évaluer dans la mesure où nous ne connaissons pas les activités précises qui seront développées, ni même la répartition entre les bureaux, les bâtiments d'activités et les bâtiments d'entrepôt. Les bâtiments d'activités avec des zones d'entrepôt devraient être prépondérants.

La seconde méthode est une méthode qui permet un degré plutôt élevé de précision mais qui ne prend pas en compte les procédés industriels, et qui part ailleurs ne comprend pas non plus en compte tous les bâtiments. Il est en effet utile de rappeler que la RT2012 (qui sera la réglementation thermique de référence à partir du 28 octobre 2011 pour les bureaux et courant 2012 pour les autres bâtiments tertiaires) ne s'applique pas<sup>2</sup> :

- « 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 situés dans les départements d'outre-mer.

Il convient d'ajouter également que certaines consommations énergétiques, principalement électriques, sont écartées de la méthodologie de calcul de la RT 2012 : c'est ainsi le cas des machines bureautiques, de la ventilation des parkings, des ascenseurs...

Nous ne pourrions faire l'économie d'une marge d'incertitude importante sur l'évaluation des besoins énergétiques de la zone. La démarche qui sera ici employée consistera néanmoins à choisir la première méthode, compte tenu du poids prépondérant des bâtiments industriels par rapport aux bureaux tertiaires.

Le nombre d'emplois par hectare sur une zone d'activités et d'entrepôts varie entre 20 et 50 emplois par hectares, 40 emplois/ha ont été retenus dans les Dossiers Loi sur l'Eau et l'étude d'impact. En fonction de cette hypothèse et du découpage parcellaire proposé, nous aboutissons à une hypothèse d'entreprises de moins de 50 salariés (et un total d'environ 1120 emplois sur les 28ha).

Les chiffres repères peuvent donc être extraits du site du Service des études et des statistiques industrielles (Sessi).

Consommation annuelle	Par entreprise (données SESSI 2007*)	total / 25 parcelles
Combustibles	923ktep	23 075ktep
Electricité	773ktep	19 325ktep

\* : [http://www.insee.fr/sessi/enquetes/eacei/nrj2007\\_2\\_taille.htm](http://www.insee.fr/sessi/enquetes/eacei/nrj2007_2_taille.htm)

<sup>2</sup>Article 1 de l'arrêté du 26 octobre 2010

## ADEQUATION DES BESOINS DU PARC D'ACTIVITES AVEC LES POSSIBILITES DES ENERGIES RENOUVELABLES

Compte tenu des incertitudes en jeu, il n'est guère raisonnable de pousser plus loin les prévisions du parc d'activités par type de besoin (chauffage, froid, éclairage...).

Nous nous contentons ici de donner les correspondances entre les types de besoins<sup>3</sup> énergétiques et les principales énergies renouvelables<sup>4</sup> :

VALORISATION ENERGETIQUE POSSIBLE PAR TYPE D'ENERGIE								
	Valorisation	Exemples	Eolien	Biomasse « thermochimique »	Biomasse « biochimique »	Photovoltaïque	Solaire thermique	PAC géothermique
Parcelle	Thermique	Chauffage	non	oui	oui	non	oui	oui
		Climatisation	non	oui	oui	non	oui	oui
		Eau-chaude sanitaire	non	oui	oui	non	oui	oui
		Procédés industriels chaleur	non	oui	oui	non	oui	oui
		Procédés industriels froid	non	oui	oui	non	oui	oui
	Electrique	Eclairage intérieur	oui	non	oui	oui	non	non
		Eclairage extérieur	oui	non	oui	oui	non	non
		Ventilation	oui	non	oui	oui	non	non
		Bureautique	oui	non	oui	oui	non	non
		Chauffage	oui	non	oui	non	non	non
		Eau-chaude sanitaire	oui	non	oui	non	non	non
		Procédés industriels	oui	non	oui	non	non	non
		Climatisation	oui	non	oui	non	non	non
		Signalétique	oui	non	oui	oui	non	non
		Enseignes	oui	non	oui	oui	non	non
		Arrosage, pompage	oui	non	oui	oui	non	non
		Revente au réseau	oui	oui	oui	oui	non	non
Espace collectif	Electrique	Eclairage public	oui	oui	oui	oui	non	non
		Signalétique	oui	oui	oui	oui	non	non
		Arrosage automatique	oui	oui	oui	oui	non	non
		Revente au réseau	oui	oui	oui	oui	non	non

Les chapitres suivants dressent la liste des différentes énergies renouvelables à étudier conformément à l'article L.128-4 du Code de l'Urbanisme. Ils sont regroupés dans cinq grands chapitres :

- l'énergie éolienne (I.),
- l'énergie liée au rayonnement solaire direct (II.),
- l'énergie liée à la biomasse (III.),
- les énergies géothermiques, aérothermiques et hydrothermiques (IV.),
- et enfin un point spécifique lié aux réseaux de chaleur (V).

Une conclusion générale conclut le présent rapport en proposant une hiérarchie des énergies pouvant être développées sur le site d'étude, et en proposant quelques préconisations pour l'aménagement de la zone d'activités.

<sup>3</sup>« Les énergies renouvelables dans les zones d'activités ARDENE IDF 2006 »

<sup>4</sup>Pour la partie parcelle/électrique, l'énergie éolienne en autoconsommation peut participer aux besoins de consommation électrique, mais cet usage reste néanmoins souvent marginale.



## ETUDE DE POTENTIALITE DE L'ENERGIE EOLIENNE

### GENERALITES SUR L'EOLIEN

#### Eléments de vocabulaire :

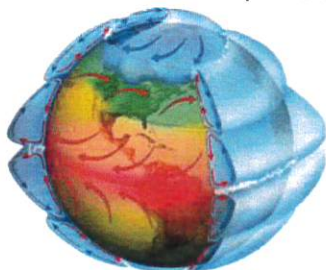
Dans le cadre de cette étude, le grand éolien désignera tout aérogénérateur avec une hauteur de mât supérieure à 50 mètres, le moyen éolien tout aérogénérateur avec une hauteur de mât comprise entre 12 et 50 mètres, et enfin le petit éolien tout aérogénérateur avec une hauteur de mât inférieure à 12 mètres.

L'éolien de grande puissance désignera tout aérogénérateur d'une puissance nominale supérieure à 350kW, l'éolien de petite puissance désignera tout aérogénérateur d'une puissance nominale inférieure à 36kW, l'éolien de moyenne puissance désignant l'échelon intermédiaire.

#### L'énergie éolienne

##### Le vent

Le flux de rayonnement solaire réchauffe de manière inégale l'atmosphère terrestre, du fait de la rotondité de notre planète. Ce différentiel thermique génère des déplacements de masse d'air sous forme de cellules convectives, à l'origine du phénomène de vent. L'écoulement effectif de l'air dépend par la suite de multiples paramètres qu'ils soient à échelle globale (rotation de la Terre et force de Coriolis...) ou à échelle locale (obstacles ou conductivités thermiques rencontrés en surface...).

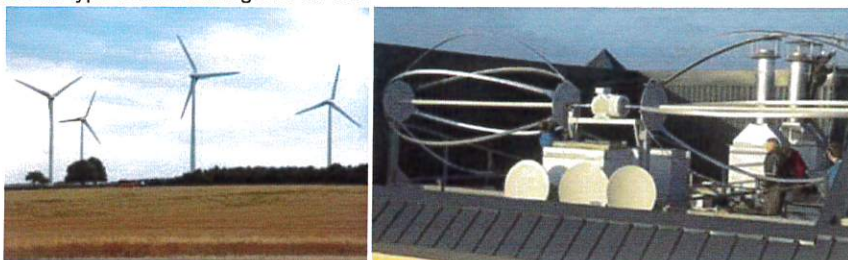


La circulation des vents à l'échelle planétaire

#### Les éoliennes

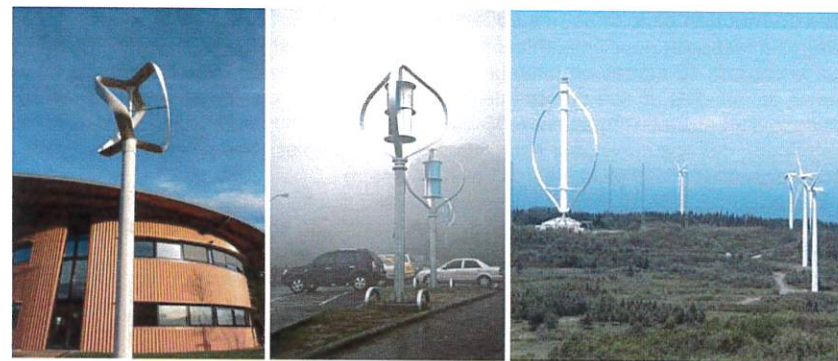
Les éoliennes sont des aérogénérateurs qui permettent de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. On peut les classer en deux catégories :

- les éoliennes à axe horizontal. La forme classique consiste en un grand mât sur lequel est perchée une nacelle. Cette dernière est munie d'une hélice et comprend en son sein un multiplicateur et une génératrice. Il existe bien entendu d'autres conceptions d'éoliennes à axe horizontal, telles que les éoliennes de type Darrieus intégrées au bâti.



Eoliennes à axe horizontal de type classique (à gauche) et de type Darrieus (à droite)

- les éoliennes à axe vertical. Leurs principales représentantes sont les éoliennes à trainée différentielle de type Savonius ou à pales tournantes de type rotor Darrieus. Par rapport aux éoliennes à axe horizontal, elles offrent l'avantage d'être peu bruyantes et de mieux s'adapter aux turbulences en milieu urbain. Leur efficacité énergétique ainsi que leur rentabilité économique sont en revanche globalement moindres. Elles ont été développées en un nombre d'exemplaires plutôt restreints ce qui induit un risque technologique potentiel.



Eoliennes à axe vertical de marque Pramac Starck (gauche), Savonius hélicoïdal (centre) et de type Darrieus (droite)

#### Principe général de fonctionnement

L'énergie cinétique du vent est transmise mécaniquement à l'hélice. Elle est ensuite transformée électriquement par la génératrice. L'électricité produite est systématiquement envoyée au réseau électrique pour les grandes installations éoliennes. Néanmoins, lorsqu'un site se trouve en position isolée avec un coût prohibitif de raccordement, ou lorsque l'on envisage des petites éoliennes, il devient intéressant de consommer directement l'électricité produite sur place.

#### Incidence de la filière éolienne sur l'environnement

Le vent est une ressource inépuisable à l'échelle humaine puisqu'elle découle indirectement de l'activité solaire. En théorie, le vent est capable de satisfaire l'ensemble des besoins énergétiques liés à l'activité humaine : une étude américaine démontre qu'en quadrillant<sup>5</sup> la Terre d'éoliennes (de puissance nominale de 2,5 MW fonctionnant à 20% de leur capacité), on pourrait subvenir par 5 fois à la demande mondiale énergétique et par 40 fois à la demande mondiale électrique<sup>6</sup>.

Le temps de retour énergétique en énergie grise est de 3 et 7 mois suivant les modèles alors que la durée de vie moyenne d'une éolienne se monte à une vingtaine d'années<sup>7</sup>.

Le bilan carbone d'une éolienne tout au long de son cycle de vie est correct par rapport aux autres formes d'énergies renouvelables. La majorité des émissions de gaz à effet de serre est imputable à la fabrication des éoliennes, à leur acheminement sur site et au coulis de la chape sur laquelle elles reposent en cas d'implantation sur sol.

Une éolienne est enfin majoritairement composée de matériaux recyclables. Le démantèlement et la remise en l'état du site sont faciles à mettre en œuvre.

<sup>5</sup> A raison d'une éolienne terrestre tous les 0,28 km<sup>2</sup> hors des terres non densément peuplées ni recouvertes de glace ou forêts, et une éolienne off-shore tous les 0,616 km<sup>2</sup> dans une bande de moins de 92,6 km des côtes.

<sup>6</sup> Global potential for wind-generated electricity par Xi Lua, Michael B. McElroy et Juha Kiviluoma, novembre 2008.

<sup>7</sup> Énergie consommée pour la fabrication, l'installation, la maintenance et le recyclage.

<sup>8</sup> Énergie consommée pour la fabrication, l'installation, la maintenance et le recyclage.



## ANALYSE DES CONTRAINTES PREALABLES A L'IMPLANTATION D'EOLIENNES

Conformément à l'article L.553-4 du Code de l'Environnement, la région Nord-Pas de Calais a réalisé en 2003 son schéma régional éolien qui dresse l'inventaire des gisements disponibles et des principales contraintes d'implantation.

### Contraintes en fonction de la taille des éoliennes retenues

Les procédures à respecter pour l'implantation d'une éolienne varient en fonction de leur taille :

- sous le seuil de 12 mètres en hauteur de mât, un permis de construire n'est pas nécessaire. Cette absence de formalité au titre du code de l'urbanisme n'exclut pas le porteur du projet du respect des dispositions d'urbanisme (règlement POS ou PLU), des servitudes (sites classés, périmètre monument historique), des lois en vigueur (loi « littoral » par exemple) et de se conformer à la rédaction d'une notice d'impact (R 122-9 du Code de l'Environnement) ;
- au-dessus du seuil de 12 mètres en hauteur de mât, les implantations d'éoliennes sont soumises à permis de construire avec notice d'impact. La délivrance du permis par le préfet intervient après avis de divers organismes (DREAL, Météo France, DGAC, RAM, SDAP, ANFr...) ;
- au-dessus du seuil de 50 mètres en hauteur du mât, l'étude d'impact et l'enquête publique deviennent obligatoires.

### Inventaires des contraintes à l'implantation d'éoliennes sur zone

#### Contraintes liées au transport routier ou ferroviaire

Dans le département du Nord, la distance à respecter par rapport aux routes correspond à la hauteur de mât de l'éolienne à laquelle s'ajoute la demi-hauteur du rotor, soit la hauteur de l'éolienne pâle comprise.

D'autres spécifications s'appliquent aux voies ferroviaires, ce qui est le cas étant donné que le site est bordée par une voie ferrée au sud.

#### Contraintes liées au transport aérien

En milieu urbanisé, seul le petit voire le moyen éolien sont éligibles, ce qui limite les servitudes liées au transport aérien. Les demandes de renseignements s'effectuent formellement par courrier auprès de la Direction Générale de l'Aviation Civile. Compte tenu des délais de réponse de la DGAC au regard de la durée de la présente étude, cette démarche ne sera pas menée.

En matière de transport aérien militaire, les demandes officielles s'effectuent formellement par courrier auprès de la Région Aérienne Militaire (RAM). De la même manière, compte tenu des délais de réponse de la RAM au regard de la durée de la présente étude, cette démarche ne sera pas menée.

#### Contraintes liées aux infrastructures et réseaux radioélectriques

Certains organismes possèdent des infrastructures radioélectriques qui peuvent pâtir de la présence des éoliennes situées à proximité des sources d'émission ou dans le couloir des faisceaux de transmission.

Météo France possède ainsi son réseau spécifique, ARAMIS, dont l'unité de réception la plus proche se situe à plus de 100 kilomètres du site d'études, très au-dessus des seuils critiques préconisés par l'ANFr.

La gendarmerie possède également son propre réseau RUBIS. Une demande doit être effectuée auprès de la Région Aérienne Militaire pour connaître les éventuelles contraintes. Compte tenu des délais de réponse, une telle demande n'a pu être entreprise dans le cadre de la présente étude.

En ce qui concerne les servitudes liées aux réseaux répertoriés par l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR), le site n'est pas concerné.

#### Contraintes liées aux richesses écologiques

Le site d'études est inclus selon la base CARMEN du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des Transports et du Logement dans une zone de protection naturelle ZNIEFF1 tel que mentionné dans l'étude d'impact.

### Contraintes liées au bruit

La réglementation qui s'applique dans le cadre d'un projet d'implantation de moyennes ou de grandes éoliennes est celle qui régit les bruits de voisinage. Les textes et normes applicables sont :

- le décret 95-408 du 18/04/1995 ;
- la circulaire du 27/02/1996 relative à la lutte contre les bruits de voisinage ;
- la norme NFS 31-010 sur les conditions de mesure ;
- la norme ISO 9613-2 sur les calculs de dispersion du bruit dans l'environnement.

Les valeurs admises de l'émergence sont de 5 dB(A) en période diurne (7h à 22h) et de 3 dB(A) en période nocturne (22h à 7h).

Il n'existe en revanche pas de réglementation spécifique pour le petit éolien. Les interprétations et les exigences des services administratifs sont variables (étude acoustique, compatibilité avec les documents d'urbanisme, applicabilité des Zones de Développement de l'Eolien, ...) et seront à discuter au cas par cas, notamment en fonction des modèles de machines.

### Contraintes liées aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

La DRIRE recense les sites soumis à déclaration ou autorisation. Les ICPE sur la commune sont les suivantes :

- MENISSEZ, pour le stockage de matériaux inflammables notamment, se trouve sur la zone industrielle de GREVAUX ;
- VESUVIUS, pour la prévention de la légionellose, est située à proximité du bourg ;
- INTERFIT, au sein de la zone de GREVAUX à la fois sur MAUBEUGE et FEIGNIES, pour la prévention de la légionellose,
- MCA, concernant la réduction d'effluents, est situé dans la zone de GREVAUX ;
- SOMANU, à MAUBEUGE, pour des rejets d'effluents radioactifs ;
- Usine d'Incineration des Ordures Ménagères, concernée pour les rejets de dioxine

### Contraintes liées aux paysages

Le site n'est pas compris dans un périmètre de protection particulier du paysage. Toutefois, il est compris dans le périmètre du Parc Naturel Régional de l'Avesnois.

Extrait de la charte correspondante . :

Orientation 8 : Aménager et valoriser le territoire dans le respect de l'environnement et des patrimoines

Mesure 17 : Améliorer la prise en compte de l'environnement, des paysages et des patrimoines dans la conception et la gestion des projets d'aménagement publics et privés

... > Contenu

... • Accompagner la création de Zone de développement de l'éolien (ZDE) en respectant le Schéma territorial éolien de l'Avesnois...

> Inscription territoriale de la mesure :

... Les zones de développement de l'éolien et les permis de construire de parcs éoliens seront étudiés en fonction du Schéma territorial éolien, figurant sur la carte ci-après.

> Gouvernance et engagements des signataires

... L'Etat s'engage à :

... prendre en compte le Schéma Territorial Eolien (STE), ainsi que l'actualisation des connaissances, notamment en matière de milieux naturels, pour l'instruction des dossiers de zones de développement de l'éolien et les permis de construire des parcs éoliens.

Les EPCI et les communes s'engagent à :

prendre en compte le Schéma Territorial Eolien (STE) ainsi que l'actualisation des connaissances, notamment en matière de milieux naturels, pour l'établissement de dossiers de zones de développement de l'éolien (ZDE),

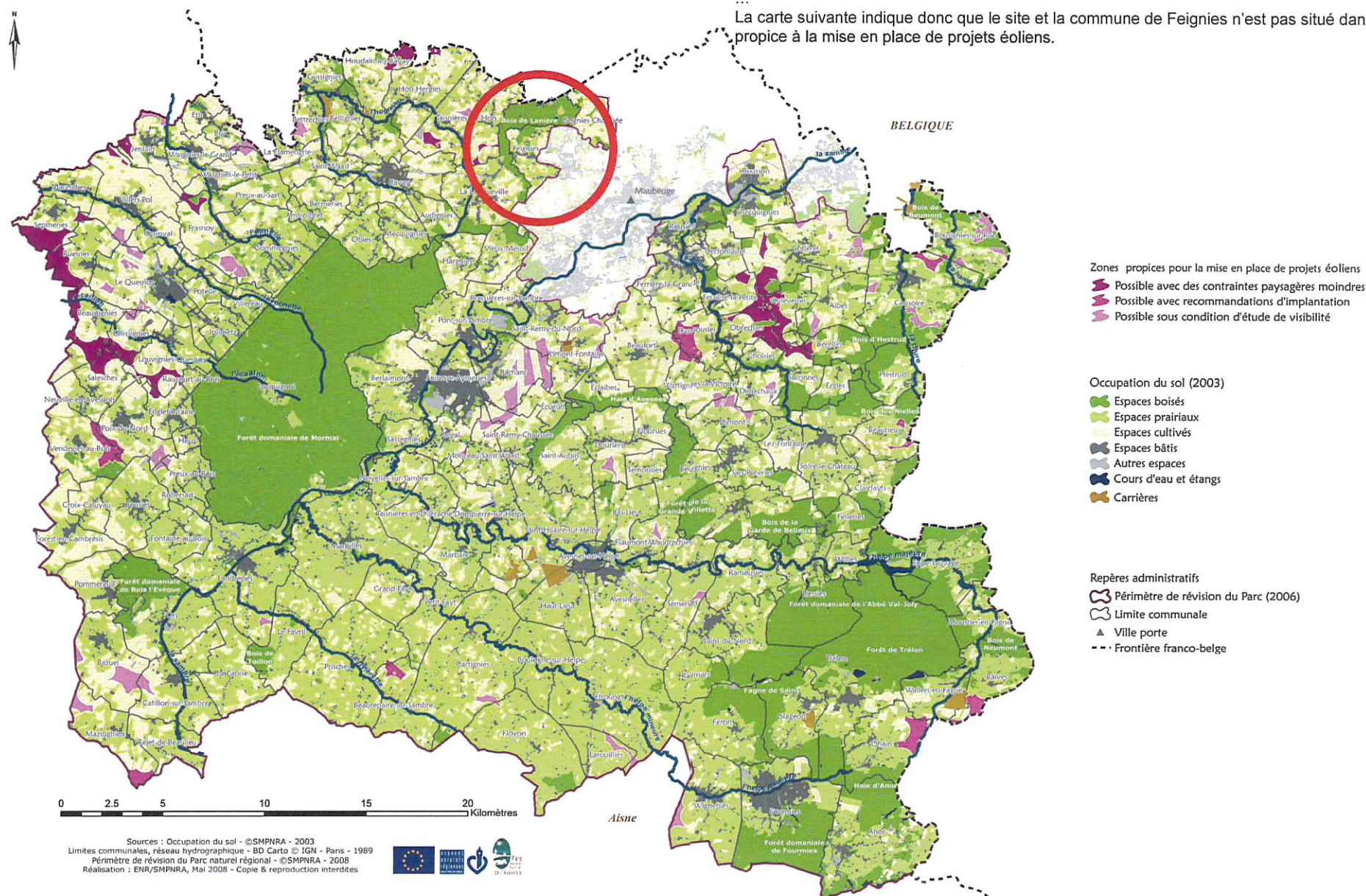
> Rôle du syndicat mixte du Parc

\* Source : <http://www.nordpasdecals.fr/pnr/projetavesnois.asp>



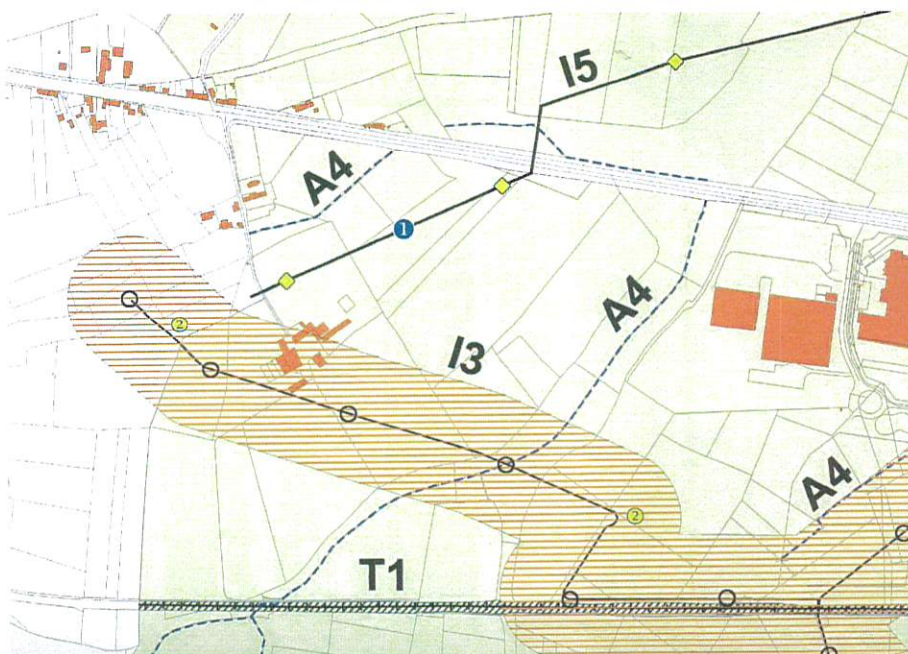
... • accompagner les communes et EPCI à prendre en compte le Schéma Territorial Éolien,  
 • faire évoluer le schéma territorial éolien en fonction de l'amélioration des connaissances, notamment en matière de milieux naturels,

... La carte suivante indique donc que le site et la commune de Feignies n'est pas situé dans un secteur propice à la mise en place de projets éoliens.

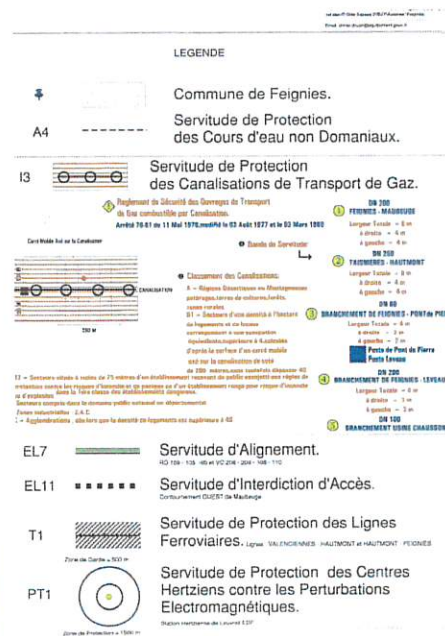




Le site est impacté par le passage de canalisations tel que mentionné ci-dessous.



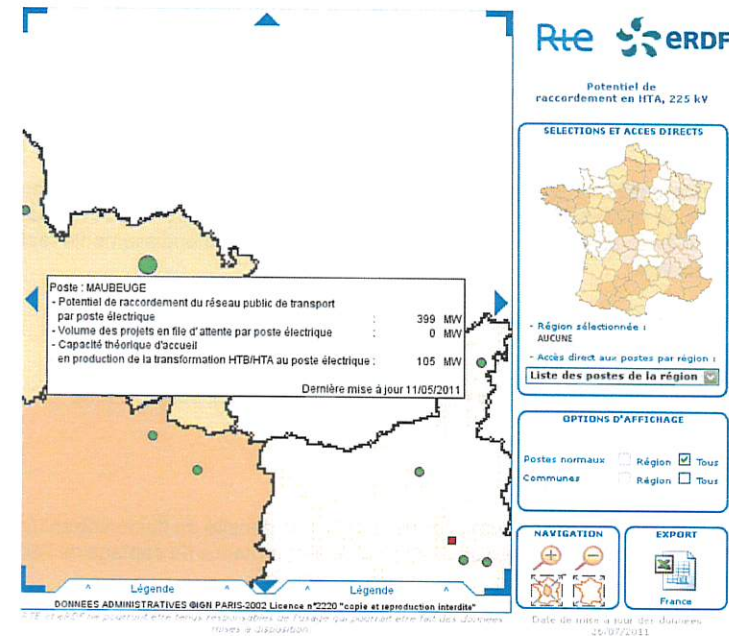
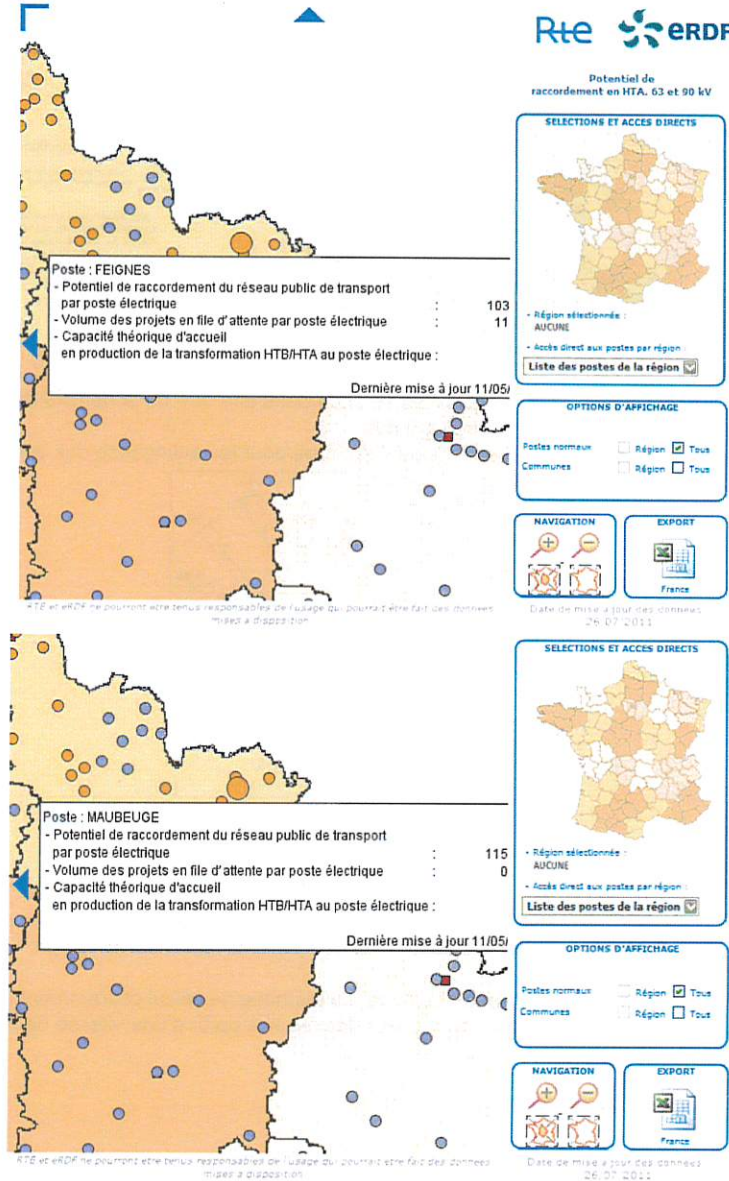
- Les dispositions applicables à chacune de ces servitudes sont reprises en annexes de l'étude d'impact.





### Contraintes de raccordement au réseau électrique

La consultation des capacités d'accueil des postes électriques (site RTE ) ne montre de difficulté de saturation du réseau.



Toutes les données de capacité théorique d'accueil pour les postes source ne sont pas indiquées, mais quoiqu'il en soit, les puissances en jeu pour le parc d'activités sont marginales.

### Synthèse des conclusions des contraintes préalables à l'implantation d'éoliennes sur site

En première analyse, l'inventaire des contraintes techniques et réglementaires à l'implantation d'éoliennes sur le site étudié fait apparaître plusieurs bémols :

- les servitudes des axes de transports et les contraintes de distance par rapport aux bâtiments, à la voie ferrée et aux canalisations en place ;
- la servitude de ZNIEFF1
- Le Schéma territorial éolien du PNR qui n'indique pas de possibilité de développement de projet éolien sur le site.

Ces contraintes écartent le grand éolien de la présente étude. Néanmoins, rien n'empêche l'implantation d'éoliennes de petite voire de moyenne taille sur cette portion de territoire. Des petites éoliennes intégrées au bâti sont également envisageables, toutefois il s'agit de rester prudent sur la tenue de ces machines à long terme qui reste sujette à caution pour certains modèles (vibrations sur parois des bâtiments, tenue des composants...).

<sup>9</sup> Source : [http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients\\_producteurs/services\\_clients/potentiel\\_raccordement.jsp](http://clients.rte-france.com/lang/fr/clients_producteurs/services_clients/potentiel_raccordement.jsp)

## ANALYSE DU POTENTIEL DE PRODUCTION

Cette partie a pour but d'estimer en première approximation le potentiel de production envisageable sur le parc d'activités de la Marlière à partir des gisements éoliens sur site. Ce travail est assujéti à une marge d'incertitude sensible et ne saurait se substituer à des approfondissements réalisés par un bureau d'études spécialisé.

### Simulation sur le potentiel de développement

#### Eléments introductifs

La puissance maximum ( $P_{\max}$ ) pouvant être captée par l'éolienne s'écrit sous la forme :

$$P_{\max} = \frac{1}{2} \cdot S \cdot \rho \cdot C_p \cdot V_{\text{entrée}}^3$$

où  $S$  est la surface balayée par les pales de l'éolienne ( $m^2$ ),  $\rho$  la densité du fluide entrant ( $g/m^3$ ),  $V_{\text{entrée}}$  la vitesse d'entrée du fluide (m/s) et  $C_p$  est un coefficient de performance de captage de l'éolienne dont la valeur est inférieure à  $\frac{16}{27}$  (limite de Betz) et qui correspond à :

$$C_p = \frac{1}{2} \cdot \left(1 + \frac{V_{\text{sortie}}}{V_{\text{entrée}}}\right) \cdot \left(1 - \frac{V_{\text{sortie}}^2}{V_{\text{entrée}}^2}\right)$$

$V_{\text{sortie}}$  correspondant à la vitesse du fluide en sortie d'éolienne.

Ainsi, la puissance maximale que pourra fournir une éolienne dépend de quatre paramètres :

- la surface balayée par les pales ;
- la densité du flux d'air ;
- le coefficient de performance de captage ;
- la vitesse d'entrée de ce flux ;

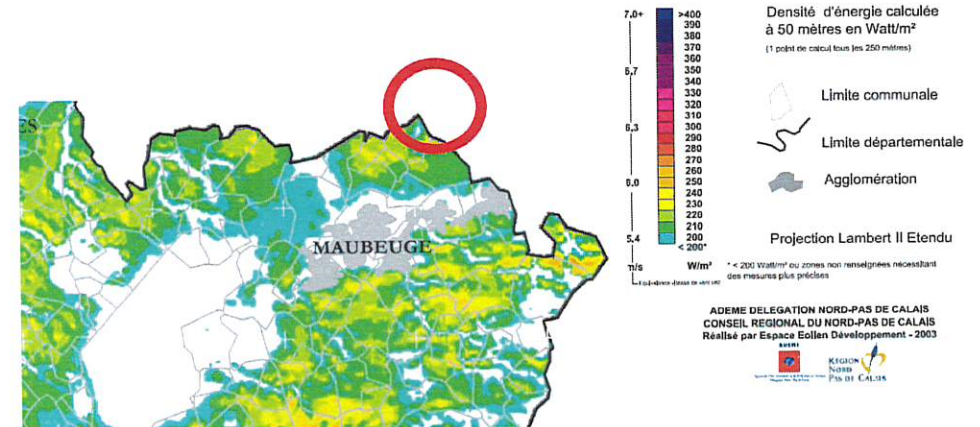
Les trois premiers paramètres étant presque invariants pour un type d'éolienne donné, c'est la vitesse d'entrée du flux d'air qui constitue le paramètre décisif, d'autant qu'il est porté au cube.

#### Régime de vents

Une campagne de mesure à long terme par le biais d'appareils de mesure (anémomètres,...) permet de caractériser de façon fiable le régime des vents locaux. Toutefois, cette collecte est inenvisageable pour cette étude. Il reste toutefois possible d'estimer ce potentiel en ordre de grandeur par des travaux préexistants.

La première clef d'entrée provient de la carte du potentiel éolien réalisée par la région Nord-Pas de Calais en 2003<sup>10</sup>. Ce travail intègre déjà l'orographie, la rugosité et les données historiques des vents locaux. La hauteur de calcul est de 50 mètres pour un pas moyen de 250 mètres.

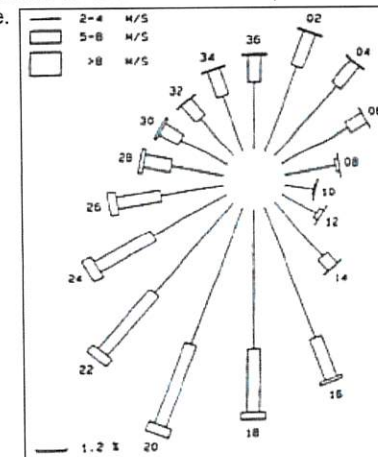
<sup>10</sup> En application du I de l'article 6 de la loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité.



Carte des gisements éoliens dans le secteur de la zone étudiée

En première approximation, le parc d'activités se situe dans une aire où la densité de puissance des vents est autour de  $200 W/m^2$ , soit environ  $5,5 m/s$ .

La deuxième clef d'entrée concerne un tableau d'archives pour la contingence des vents sur la station météorologique de Maubeuge.



Rose des vents pour la station météorologique de référence Maubeuge

La vitesse du vent décroît en fonction de l'altitude. La méthode de calcul couramment utilisée consiste à déterminer la vitesse de vent pour une hauteur désirée  $H$  à partir d'une vitesse de référence, selon la formule :

$$\frac{v(H)}{v(H_0)} = \left( \frac{\ln\left(\frac{H}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H_0}{z_0}\right)} \right)$$

où

$H_0$  est la hauteur servant de référence pour les mesures de vent (m)

$H$  est la hauteur désirée du moyeu de l'éolienne (m)



$z_0$  est la longueur de rugosité météorologique (m)

$v$  est la vitesse du vent (m/s)

On peut ainsi connaître les vitesses de vent à différentes hauteurs. Considérant l'hypothèse à 5,5 m/s avec une longueur de rugosité faible de 0,05 mètre compte tenu de la typologie du site, nous aboutissons au tableau suivant :

Hauteur de mât (m)	Vitesse du vent moyen m/s ( $I=0,2$ m)
50	5,5
40	5,32
30	5,09
20	4,77
10	4,21

Nous opterons donc pour une vitesse de vent moyenne de 4,21 m/s sur le site d'étude.

#### Emplacement des éoliennes

Le meilleur emplacement pour les éoliennes se situe dans les couloirs sud-ouest/nord-est (vents dominants) les moins impactés par les obstacles.

La densité de puissance éolienne sur la zone d'études est actuellement homogène. Une étude plus avancée sera nécessaire lorsque les premiers bâtiments et infrastructures sortiront de terre. A ce stade, nous considérerons que la densité de puissance éolienne sur zone est homogène.

En tout état de cause, que l'on se situe dans le cas d'éoliennes intégrées ou non au bâti, il est préférable que les rotors émergent à la hauteur la plus élevée possible et restent peu impactés par les obstacles périphériques.

#### Simulation de la production énergétique

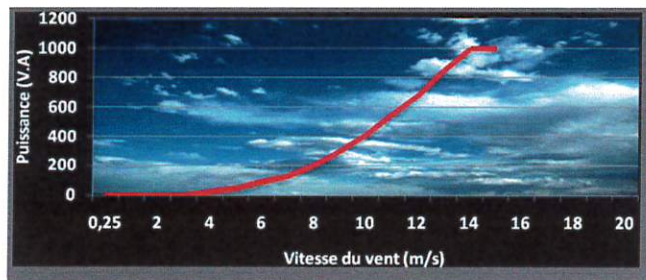
Les premières conclusions de ce volet éolien nous orientent vers une possible implantation de petites éoliennes, que ce soit sur la toiture des bâtiments ou à même le sol. La gamme de puissance des machines inférieures à 12 mètres s'étend de 1 kW à 20 kW.

Les graphiques ci-dessous illustrent la courbe de puissance instantanée de divers modèles éoliens actuellement en vente sur le marché pour le petit voire le moyen éolien qui pourrait être envisagé sur le site d'étude. Ces courbes proviennent d'essais en laboratoires et il conviendrait donc d'ajouter un léger facteur d'incertitude pour des calculs de production énergétique. Néanmoins, le but consiste davantage ici à estimer des ordres de grandeur que des valeurs très précises, et nous pourrions négliger cet aspect.

#### Exemples de petites éoliennes à axe vertical au sol



Modèle X1  
Puissance nominale à 15 m/s : 1 kVA  
Production moyenne annuelle à 6 m/s : 1301 kWh  
Hauteur conseillée à 12 (ou 18) mètres  
Bruit : 42 Dba



Modèle X2  
Puissance nominale à 47 km/h : 6 kVA  
Production moyenne annuelle à 6 m/s : 8 000 kWh  
Hauteur conseillée à 12 (ou 18) mètres  
Bruit : 42 dBA



Modèle X3  
Puissance nominale à 47 km/h : 20 KVA  
Production moyenne annuelle à 6 m/s : 30 000 kWh  
Hauteur conseillée à 12 (ou 30) mètres  
Bruit : 46 dBA



#### Le cas des éoliennes à axe horizontal au sol



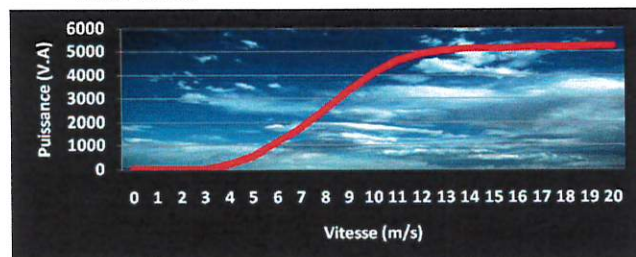
Modèle X4  
Puissance nominale à 47 km/h : 2,4 KVA  
Production moyenne annuelle à 6 m/s : 5 000 kWh  
Hauteur conseillée à 12 mètres  
Bruit : 45 dBA







Modèle X5  
Puissance nominale à 47 km/h : 5 KVA  
Production moyenne annuelle à 6 m/s : 9 000 kWh  
Hauteur conseillée à 12 (ou 15) mètres  
Bruit : 45 dBA



#### Le cas des éoliennes intégrées au bâti



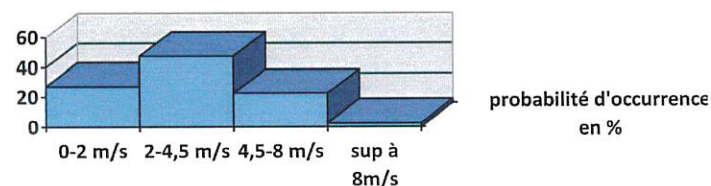
Modèle X6  
Puissance nominale 2,2 KVA  
Production moyenne annuelle à 5,5 m/s : 2 000 kWh  
Hauteur conseillée à 10 mètres  
Bruit : inférieur à 35 dBA

Le fabricant n'indique pas la courbe de puissance de ce modèle, mais annonce une production moyenne de 2000 kWh pour des vents de classes 3 (entre 5,1 et 5,6 m/s) pour une hauteur de 33 pieds soit environ 10 mètres.

#### Distribution des vents sur zone pour la simulation de la production

La distribution des vitesses de vent sur la station météorologique de Maubeuge est illustrée par le graphique ci-dessous :

Vitesse des vents	0-2m/s	2-4.5m/s	4.5-8m/s	Sup à 8m/s
Probabilité d'occurrence	27.2%	47.5%	22.6%	2.7%



Nous pouvons donc retenir une vitesse moyenne des vents d'environ 3.5m/s

#### Simulation de la production énergétique

Si l'on considère la distribution des vents similaires sur Maubeuge et Feignies, selon le type d'éolienne choisi, il sera possible d'émettre des hypothèses de production.

Toutefois, l'estimation de la production d'électricité pour une petite éolienne s'avère en pratique plus difficile à prévoir que celle d'une grande éolienne, dans la mesure où les turbulences liées aux obstacles à proximité jouent un rôle majeur. Ces paramètres sont également importants à considérer pour limiter l'usure du matériel.

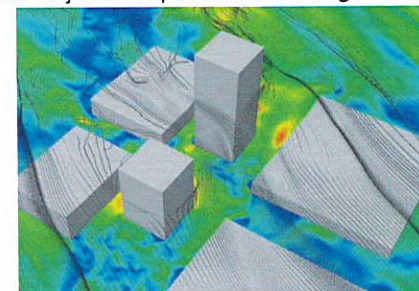


Illustration de simulation des turbulences autour des bâtiments (source : SIMBA)

Ce rapport ne comprend pas de modélisation des turbulences liées aux bâtiments faute de connaissance précise de l'aménagement et dans la mesure où ce calcul demande des outils techniques plus pointus dépassant le cadre défini dans cette étude de faisabilité.

Des programmes tels WINEUR montrent qu'une éolienne sur toiture doit être placée au milieu du toit d'un bâtiment à une hauteur supérieure à 35% voir 50% de la hauteur du bâtiment pour éviter les phénomènes liés à la turbulence : pour un bâtiment faisant environ 50 mètres de haut, la hauteur minimale de moyeu devrait être de 20 à 25 mètres.

En théorie, si l'on considère que chaque entreprise installe 4 éoliennes sur sa parcelle que ce soit sur le bâtiment directement ou au sol, nous voyons que nous pouvons envisager de multiplier les productions par 15 ou 30 (nombre de parcelles des scénarios d'aménagement), nous aboutissons en fonction des modèles retenus à des capacités de production de l'ordre de 30 MWh/an à 300 MWh/an. Ces chiffres pourraient même être plus importants si l'on multiplie le nombre d'éoliennes implantées.

#### ANALYSE DE FAISABILITE ECONOMIQUE

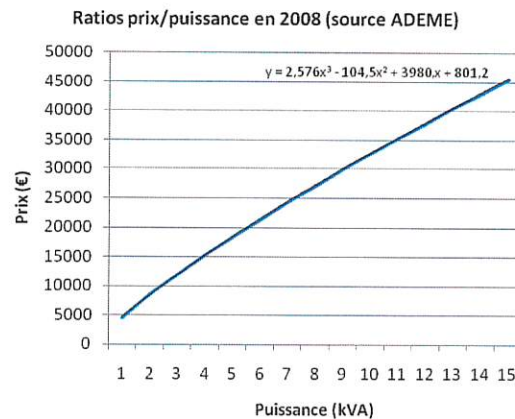
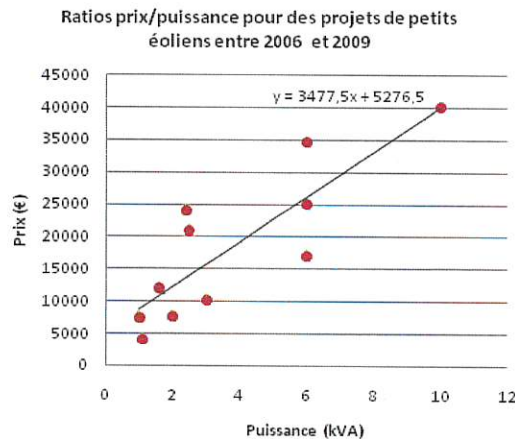
##### Coût moyen d'investissement

Le coût moyen d'investissement pour des parcs de grandes éoliennes se monte actuellement à environ 1000€/kW<sup>11</sup>. Ce ratio baisse progressivement grâce au développement de ce type de technologie.

Le petit éolien n'a pas encore bénéficié d'une telle industrialisation, et le coût au kW reste donc plus élevé. Il se monte en moyenne de 3 000 à 5 000 €/kW incluant le coût du matériel, de la pose et du raccordement. Les deux graphiques suivants illustrent le ratio du prix sur la puissance installée : le premier est issu de retours d'expériences d'installations de petites éoliennes clés en main réalisées entre 2006 et 2009 ; le second graphique en provenance de l'ADEME montre les mêmes paramètres avec les tendances actuelles, et a le mérite d'introduire une légère dégressivité au fur et à mesure que la puissance installée augmente.

<sup>11</sup> Données ADEME





Dans le détail, les coûts d'investissement se subdivisent en plusieurs postes :

- les coûts liés à l'achat du matériel. Le coût d'une éolienne est très variable en fonction du constructeur, de la puissance ou de la typologie de la machine. A l'heure actuelle, les éoliennes à axe horizontal restent globalement un peu moins chères que les éoliennes à axe vertical et connaissent également de meilleurs rendements énergétiques. Le coût de la machine est le poste le plus important et représente entre 60 et 80 % des coûts d'investissement.
- les coûts liés à l'installation et à la pose. Le coût d'installation moyen tourne autour de 2000€/kW avec une nette dégressivité en fonction de la puissance installée. Ces coûts incluent le redresseur et système de contrôle, l'équipement électrique, le coût d'installation ainsi que des coûts additionnels lors d'une installation sur le toit (grue, échafaudage, travaux de génie civil sur le toit). Certains constructeurs prennent en charge l'installation de l'éolienne sur le toit d'un bâtiment. Autrement, il faut faire appel à une entreprise de bâtiment ou de travaux publics.
- les coûts liés au raccordement électrique. La démarche est assez longue et peut faire augmenter significativement le coût d'investissement de départ. Le coût forfaitaire s'élève à 1 000 €/kW installé pour des puissances inférieures à 36 kW.

- les coûts liés à la maintenance et à l'exploitation. Ces derniers restent faibles en comparaison des autres postes. Il faut prendre en compte l'hypothèse d'un changement de l'onduleur après dix ans de fonctionnement, auquel s'ajoute le coût des assurances, ce qui implique des coûts de maintenance entre 100 et 200 € par an en moyenne.

Le coût de l'emprunt d'argent peut enfin s'y ajouter, toutefois ce paramètre ne dépend pas de la machine sélectionnée.

Si l'on applique les tendances des courbes ratio/puissance installées au panel d'éoliennes retenues, les coûts d'investissement qui s'appliqueraient sont :

Puissance nominale (kW)	Coût d'investissement théorique (€)
1	4679
6	21472
20	59127
2,4	9787
5	18409

### Subventions, aides et bénéfices

Les Zones de Développement de l'Eolien (ZDE) ont été mises en place conformément à la loi du 13 juillet 2005 et donnent le bénéfice du régime de l'obligation d'achat d'électricité produite <sup>12</sup> aux éoliennes qui y sont implantées, quelles que soient leur taille et leur puissance.

Une ZDE est instituée par arrêté préfectoral, mais ne peut être créée qu'à la demande des communes ou EPCI qui en émet le souhait. Une ZDE est définie par son périmètre ainsi qu'une puissance électrique minimale et maximale à l'intérieur de ce périmètre.

Pour rappel, cette zone est en dehors des zones de projet potentiel, au regard de la définition des zones de développement éolien sur le PNR de l'Avesnois.

Depuis mars 2008 néanmoins, des sociétés privées partenaires d'EDF en tant que "responsable d'équilibre" pour le RTE (Réseau de Transport de l'Electricité, filiale d'EDF) peuvent racheter la production des éoliennes situées hors des Zones de Développement Eolien et la réinjecter dans le réseau. Le prix de rachat dans ces conditions reste pourtant très bas autour de 6 c€/kWh <sup>13</sup>. Le tarif proposé est donc très inférieur au prix public de fourniture d'électricité (11,25 c€ TTC le kWh en heures pleines) et souvent inférieur de moitié au prix de rachat de l'électricité produite par les éoliennes industrielles situées en ZDE.

Dans le cas où le raccordement n'est pas possible ou pas rentable, l'implantation d'éoliennes reste possible par le biais d'une autoconsommation.

### Estimation des temps de retour sur investissement

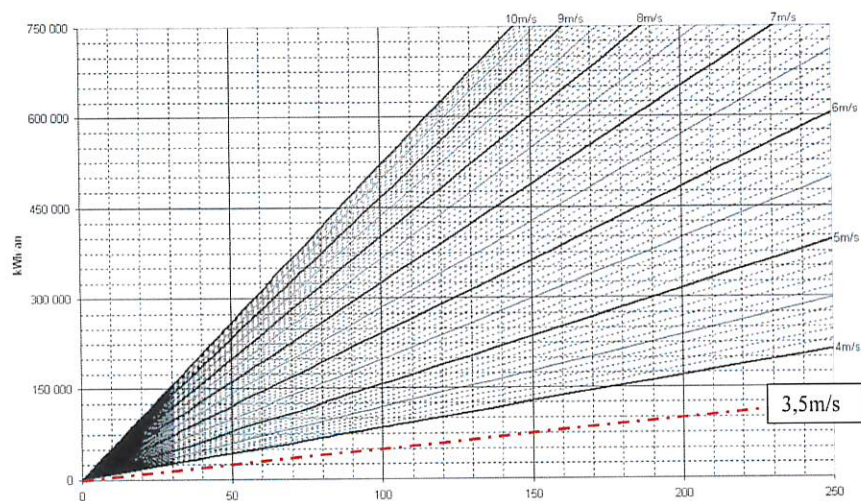
Le coût du kWh produit varie en fonction de paramètres multiples et particulièrement en fonction de la vitesse moyenne du vent sur le site considéré.

Selon un abaque de production pour des éoliennes de gamme de 1 à 250kW, il est possible de voir que la production avec des vents de moyenne de 3.5m/s est très faible :

<sup>12</sup>Aux tarifs fixés par l'Etat

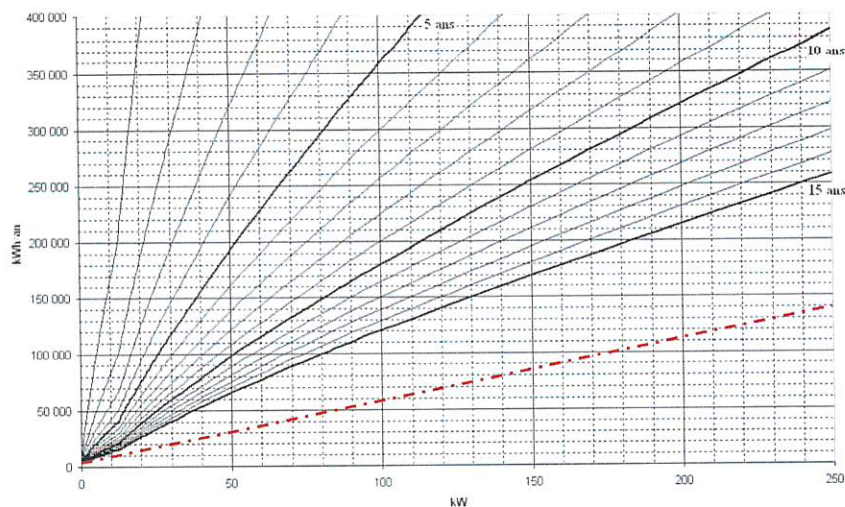
<sup>13</sup>Prix indexé sur le prix de gros Powernext





Abaque de production gamme de puissance 1 à 250 kW (Source : ADEME Poitou Charentes)

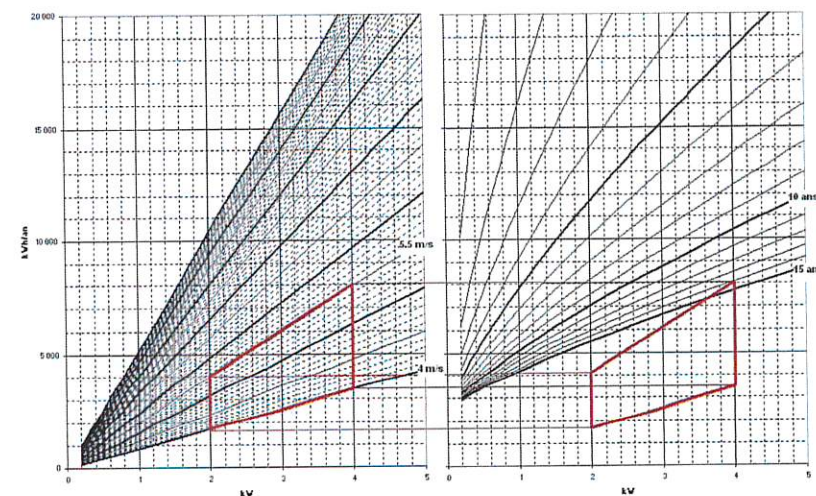
La rentabilité du projet est donc d'autant plus faible : selon cette courbe, la rentabilité de projet serait plutôt autour d'une vingtaine d'années.



Abaque rentabilité gamme 1 à 250 kW (Source : ADEME Poitou Charentes), tenant compte des investissements nécessaires, crédits d'impôts potentiels, tarif d'achat et cout de maintenance.

Il faut noter que ces courbes datant de 2006 prévoyaient un tarif d'achat à 8.32c€/kWh. La revente de l'électricité produite vers le réseau électrique à 6c€/kWh apparaît d'autant moins rentable. Mais même en partant d'un scénario optimiste d'une économie sur le prix d'achat de l'électricité vendue par EDF (dans l'hypothèse d'une autoconsommation), et d'une vitesse de vent moyen de 3,5 m/s sur le secteur du parc d'activités, les temps de retour sur investissement<sup>14</sup> hors subvention pour les modèles sélectionnés sont faibles.

L'hypothèse d'utilisation d'éolien plus petit est là aussi faiblement rentable : nous voyons qu'en deçà de 4m/s la rentabilité est faible.



Etude de rentabilité 2 à 4 kW, (Source : ADEME Poitou Charentes)

La durée de vie moyenne d'une éolienne étant de 20 ans, l'investissement dans de petites éoliennes sur le parc d'activités est peu intéressant.

#### Conclusion :

L'énergie éolienne n'est pas actuellement une énergie très opportune à l'échelle de la ZA. Cela tient à deux composantes :

- les contraintes et servitudes sur zone impliquent une implantation d'éoliennes relativement proches du sol, ce qui limite inexorablement le potentiel d'énergie exploitable.
- le coût d'investissement initial pour le petit éolien reste encore important.

Néanmoins, les coûts de production baissent et le prix de l'énergie est amené à s'accroître : il est probable que d'ici quelques années, les petites éoliennes deviennent rentables.

<sup>14</sup>  $TRI = \frac{\text{coût final pour une installation} - \text{subventions}}{\text{années} \times (\text{production énergétique} \times \text{tarif de rachat} - \text{frais annuels})}$



## ETUDE DE FAISABILITE DES ENERGIES SOLAIRES THERMIQUE ET PHOTOVOLTAÏQUE

## INTRODUCTION

## L'énergie solaire

Bilan radiatif

L'énergie émise par le Soleil est la clé de voûte de la majorité des énergies renouvelables, à l'exception de l'énergie géothermique (énergie interne de la Terre) et marémotrice (attraction gravitationnelle entre la Terre et la Lune).

Chaque année, 754 millions de TWh en provenance du Soleil irradient la Terre, ce qui équivaut à 7700 fois l'énergie finale consommée par l'humanité. Ce flux d'énergie est inépuisable à l'échelle humaine puisque notre étoile rayonnera encore pendant 5 milliards d'années environ.

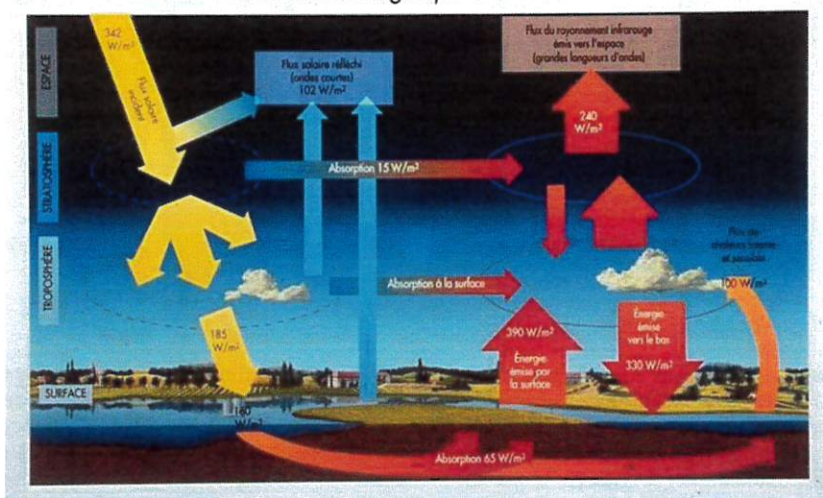
*Le bilan énergétique de la Terre*

Schéma de principe du rayonnement solaire (source CNES)

Exploitations de l'énergie solaire

Il existe deux façons d'exploiter l'énergie du Soleil :

- l'une passive grâce aux principes de l'architecture climatique comme cela a été évoqué succinctement dans la première partie de cette étude.
- l'autre active grâce à des solutions technologiques permettant de la capter, de la transformer voire de la stocker, et qui seront traités dans ce chapitre. Il s'agit notamment des procédés d'énergie solaire photovoltaïque et thermique. Nous aborderons ici l'énergie solaire photovoltaïque pour la seule production d'électricité, et l'énergie solaire thermique pour la seule production de chaleur.

<sup>15</sup>Au niveau de la mer

<sup>16</sup>Sur la base de 8,43 Gtep avancé par l'Agence Mondiale de l'Energie en 2007

<sup>17</sup>Il est volontairement exclu de l'étude les systèmes à concentration solaire produisant de l'électricité à partir de chaleur, cette technique n'étant pas utilisée en France (hormis quelques expérimentations en centres de recherche).

## L'énergie solaire photovoltaïque

Le principe de l'énergie solaire photovoltaïque consiste à transformer en électricité la plus grande partie possible du flux de photons en provenance de notre étoile. L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par Antoine Becquerel lorsqu'il constata qu'un semi-conducteur produit un courant continu dès lors qu'il se trouve exposé à un flux de rayonnement solaire.

Le constituant de base de l'énergie photovoltaïque s'appelle une cellule, qui est elle-même composée de deux couches de semi-conducteurs et d'un réseau métallique collectant le courant électrique. Pour augmenter la tension, les cellules sont assemblées en série entre deux plaques protectrices, ce qui définit un module.

## Constituants des cellules

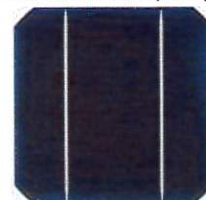
Le matériau le plus employé pour fabriquer les cellules photovoltaïques reste toujours le silicium. Il présente en effet l'avantage d'être profus dans l'écorce terrestre et d'offrir de bons rendements énergétiques. La difficulté réside en revanche dans la production d'un matériau hautement homogène puisqu'elle implique des procédés de fabrication énergivores.

On distingue 3 grandes familles de silicium, en fonction de la pureté et l'épaisseur du minéral :

- les cellules en silicium monocristallin sont constituées d'un cristal unique encapsulé dans une enveloppe en plastique. Cette technologie est idéale pour une composante directe importante du rayonnement solaire. Le rendement moyen est compris entre 15 et 19 % et un coefficient de température de  $-(0,4 \pm 0,05) \%/^{\circ}C$ . La durée de vie des cellules avoisine 30 ans dont 80% de puissance est garantie au bout de 20 ans d'utilisation. Le recyclage en fin de vie est substantiel dans la mesure où le taux peut atteindre 95%.

- les cellules en silicium polycristallin sont constituées de plusieurs cristaux assemblés. Cette technologie est intéressante pour une composante directe importante du rayonnement solaire. Le rendement moyen se situe à  $13(\pm 2)\%$  avec un coefficient de température de  $-(0,5 \pm 0,05) \%/^{\circ}C$ . La durée de vie des cellules avoisine 30 ans dont 80% de puissance est garantie au bout de 20 ans d'utilisation. Le recyclage en fin de vie est substantiel puisque le taux peut atteindre 95%.

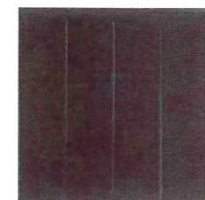
- les cellules en silicium amorphe sont constituées d'une couche mince de silicium sur un substrat de verre. Ceci permet de réduire la quantité de matière première utilisée et donc les coûts de fabrication. Cette technologie présente une durée de vie de l'ordre de l'ordre 20 à 25 ans, pour un rendement de  $7(\pm 2)\%$  et un coefficient de température de  $-(0,27 \pm 0,05) \%/^{\circ}C$ . Le silicium amorphe est particulièrement adapté pour les sites où la composante d'ensoleillement est majoritairement diffuse. Le recyclage en fin de vie est substantiel puisque le taux peut atteindre 95%.



Cellule monocristalline



Cellule polycristalline



Cellule amorphe

Par ailleurs, des technologies à base de métaux rares en couche mince se développent et trouvent des débouchés commerciaux. Il s'agit du CIS (Cuivre Indium Sélénium) et plus encore du CdTe (Tellure de Cadmium) atteignant des niveaux de performance et de coût intéressants. L'approvisionnement de ces procédés technologiques pour des petits projets reste en revanche difficile.

Avantages et inconvénients environnementaux de l'énergie photovoltaïque

Comme évoqué précédemment, l'énergie solaire est inépuisable à l'échelle humaine et plusieurs milliers de fois supérieure aux consommations énergétiques actuelles. Le photovoltaïque permet souvent de limiter les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux énergies fossiles, mais son efficacité en ce domaine dépend de nombreux paramètres tels que le lieu et les procédés de fabrication des modules.



Les améliorations continues au niveau des procédés de fabrication ont permis de réduire la quantité d'énergie pour la fabrication d'un panneau solaire. Désormais, en fonction de l'emplacement où il est situé, le temps de retour en énergie grise est assuré au bout de 2 à 3 ans en France.

Le taux de recyclage des modules photovoltaïques est élevé (verre, silicium), bien que certains éléments puissent être formulés au niveau de certains composants métalliques (plomb, cadmium dans les modules au silicium, toxicité potentielle significative des cellules CdTe). En cas de non raccordement au réseau (cf. infra), le recours aux batteries implique l'ajout au système de matériaux possiblement impactant pour l'environnement.

#### Raccordement au réseau électrique

Un système photovoltaïque peut être ou non raccordé au réseau public d'électricité.

Dans l'affirmative, un onduleur convertit le courant continu produit par les modules en un courant alternatif monophasé ou triphasé destiné à être compatible avec les normes du réseau électrique. En pratique, la solution la plus intéressante économiquement en France consiste à acheter l'électricité à un fournisseur classique et de lui revendre l'intégralité de sa production électrique sans consommation sur site. Ceci est rendu possible grâce à l'obligation d'achat de l'électricité produite par EDF à des tarifs encore bien supérieurs au prix d'achat de l'électricité du réseau public pour la consommation. Néanmoins, cette option n'est pas obligatoire.

Dans la négative, l'électricité est consommée sur place. Cela nécessite donc obligatoirement un stockage grâce à l'utilisation de batteries. Ces dernières impliquent un investissement non négligeable tant en terme d'achat que d'entretien. Pour des sites isolés, ce surcoût reste acceptable en comparaison du montant qu'il aurait fallu déboursier pour une extension du réseau public.

#### L'énergie solaire thermique

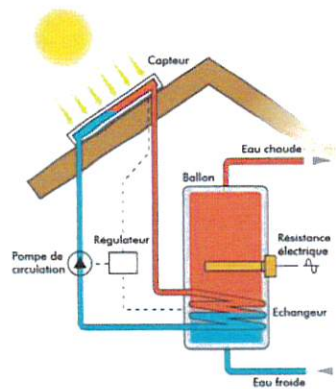


Schéma d'un système solaire thermique avec double échangeur de chaleur

Le principe de l'énergie solaire thermique consiste à transformer l'énergie reçue par le soleil en chaleur. Cette technique permet de produire de la chaleur pour le chauffage domestique (Système Solaire Combiné - SSC), l'Eau Chaude Sanitaire (ECS), la climatisation et pour certains procédés industriels. Elle est donc bien adaptée aux exigences multiples d'un parc d'activités.

Les systèmes thermiques solaires doivent être complétés d'un autre système d'appoint pour garantir la fourniture d'énergie lors des périodes de faible ensoleillement.

Il existe un grand nombre de variantes en systèmes solaires thermiques, selon la surface de captage choisie, le volume du stockage, le type d'appoint souhaité, etc. Chaque cas est à évaluer de façon précise par un professionnel, selon les possibilités d'installation au niveau de chaque bâtiment.

Un système solaire thermique se compose de trois parties : une zone de captage, une zone de transfert et enfin une zone de stockage.

<sup>18</sup>Energie consommée pour la fabrication, l'installation, la maintenance et le recyclage.

#### Zone de captage de l'énergie solaire

La récupération de l'énergie solaire est assurée par un capteur solaire. Celui-ci reçoit le flux de rayonnement au niveau d'un absorbeur qui monte progressivement en température. L'absorbeur est traversé par des conduits qui contiennent un fluide caloporteur, généralement de l'eau avec glycol pour éviter la formation de gel qui endommagerait le système.

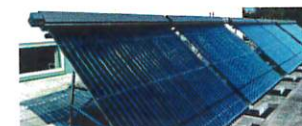
Plusieurs types de capteurs existent :

- le capteur plan se présente sous forme de coffre rigide et vitré au sein duquel une plaque et des tubes métalliques noirs (absorbeur) reçoivent le rayonnement solaire. Une couche d'isolant assure au système une bonne efficacité. L'eau froide rentre par le haut du capteur et traverse le capteur en faisant un U. Elle monte progressivement en température, réchauffée par l'absorbeur qui s'échauffe sous les rayons du soleil, puis elle ressort en haut du tube. L'intérêt de ce type de capteur est sa fiabilité et sa robustesse, qui lui assure une durée de vie de l'ordre de 15 ans. Le processus de fabrication est industrialisé à grande échelle et permet de réduire considérablement la quantité d'énergie liée à leur fabrication. Les capteurs plans sont les capteurs solaires les plus répandus en Europe, ce qui en fait le produit le plus mature à l'heure actuelle. Depuis de nombreuses années les recherches sur ces systèmes ont permis d'optimiser leur fabrication et d'augmenter leur rendement.



Exemple d'installation collective avec des capteurs plans (source : Tecsol)

- les capteurs à tubes sous vide : ils sont composés d'une série de tubes transparents en verre, dans lesquels un absorbeur capte le rayonnement solaire et un échangeur permet le transfert de l'énergie thermique. Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur et ce dernier reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement. Ainsi, on peut réaliser des capteurs solaires performants sans une isolation thermique rapportée ou un coffre de protection. Ils sont particulièrement recommandés lorsque les températures de consigne dépassent 70°C, comme cela peut être le cas pour des applications industrielles. Par rapport aux capteurs plans, les capteurs sous vide présentent l'avantage de procurer de meilleurs rendements (pas de pertes par convection), de mieux résister au gel et d'être plus efficace sous les climats nuageux (rayonnement diffus). En revanche, ils restent plus onéreux et leur installation peut s'avérer plus compliquée par des professionnels qui manquent d'expérience.



Exemple d'installation collective avec des capteurs sous vide (source ESTIF)

les capteurs non vitrés : ils sont généralement utilisés pour le chauffage de piscines, car ils ne peuvent pas monter à forte température, et sont donc adaptés à tout type d'utilisation pour des faibles variations de températures entre source chaude et froide (<20 °C). Leur utilisation peut également être associée au préchauffage de l'eau sanitaire.





Capteur solaire non vitré en caoutchouc synthétique (EPDM)

#### Zone de transfert de l'énergie solaire

Le transfert de l'énergie est assuré généralement par une pompe de circulation dont le débit réglé permet au fluide de transmettre la chaleur via un échangeur.

Dans le cas de systèmes combinés avec chauffage, des émetteurs de basse température (radiateurs ou planchers chauffants) qui contiennent le fluide caloporteur restituent la chaleur aux pièces à chauffer.

#### Zone de stockage de l'énergie solaire

Le stockage de l'énergie s'effectue dans un ballon d'eau chaude isolé thermiquement. Un local technique peut être nécessaire pour recevoir les équipements, notamment le ballon de stockage dont le volume peut être important.

#### La climatisation solaire

La climatisation solaire est une technique en début de diffusion en France malgré son impact très positif pour l'environnement. Le coût initial à l'investissement reste élevé (3 500 €/kW pour des installations pouvant aller jusqu'à 1000kW), mais l'ADEME a lancé un programme EMERGENCE destiné à favoriser le décollage de ce procédé très prometteur.

Compte tenu du remplissage à long terme du futur parc d'activités, il peut être intéressant de la décrire dans la présente étude.

La climatisation solaire permet une adéquation idéale entre la production et les besoins. La production de froid à partir de capteurs solaires est réalisée grâce à un système de réfrigération à absorption ou à adsorption. Ce système produit du froid à partir de l'eau chaude fournie par des capteurs solaires thermiques sous vide.

#### Avantages environnementaux du solaire thermique

Comme évoqué précédemment, l'énergie solaire est inépuisable à l'échelle humaine et plusieurs milliers de fois supérieure aux consommations énergétiques actuelles. Le solaire thermique permet souvent de limiter les émissions de gaz à effet de serre par rapport aux énergies fossiles, mais son efficacité en ce domaine dépend de nombreux paramètres tels que le lieu et les procédés de fabrication, et le choix de l'énergie d'appoint.

La durée de vie d'une installation solaire thermique est de 20 ans si elle est correctement suivie avec un entretien annuel réalisé par un professionnel. Le taux de recyclage des panneaux solaires thermiques est élevé dans la mesure où ils font entrer en jeu des matériaux tels que le verre, l'acier, l'aluminium, le cuivre, etc.

Enfin, l'énergie grise dépensée pour les panneaux solaires thermiques est très rapidement compensée grâce aux économies réalisées. Selon l'HESPUL, un panneau met moins d'un an à produire l'énergie qui aura été nécessaire à sa fabrication.

### **ANALYSE DES CONTRAINTES PREALABLES**

#### **Contraintes à l'installation de panneaux solaires photovoltaïques**

##### Contraintes réglementaires

L'intégration de procédés visant à récupérer l'énergie solaire n'entraîne pas de contraintes réglementaires notables.

<sup>10</sup>Energie nécessaire à la conception, fabrication, maintenance et fin de vie d'une installation.

On se référera au lien suivant pour disposer de l'ensemble de la réglementation au sujet du photovoltaïque en France : <http://www.photovoltaique.info/Textes-reglementaires.html>

Un grand nombre de procédures administratives doit être mené à bien pour exploiter la centrale. Ci-dessous les étapes sont présentées pour un projet d'une puissance comprise entre 36 et 250 kWc :

Déclaration préalable	L'arrêté de non opposition permet le dépôt de la demande de raccordement (PDR).
Demande de raccordement à ERDF	Elle sera réalisée auprès du gestionnaire du réseau public de distribution après décision ferme et définitive de réaliser le projet (critères techniques verrouillés).
Obtention de la proposition de raccordement (PDR)	Elle présente la solution de raccordement de l'installation et les coûts associés. La réception du récépissé mentionnant la complétude du dossier bloque le tarif d'achat applicable au projet.
Convention de raccordement (CR)	La convention de raccordement est signée après le versement du premier acompte de la PDR et représente le contrat de raccordement.
Convention d'exploitation (CE)	La convention d'exploitation définit les modalités de fonctionnement entre le producteur et le gestionnaire de réseau public d'électricité pendant la durée du contrat.
Accord de rattachement au périmètre d'équilibre (ARPE)	L'ARPE désigne l'organisme responsable du périmètre d'équilibre du réseau public. Cet organisme est souvent EDF.
Contrat d'accès au réseau de distribution en injection (CARD I)	Le CARD I est le contrat passé entre ERDF et le producteur.
Mise en service	La mise en service ne peut être effectuée uniquement après la signature par les deux parties de la CE, de la CR, du CARD I. Il faut également que le deuxième acompte de la PDR soit versé et obtenir la conformité du CONSUEL.
Contrat d'achat	Le contrat d'achat est rédigé et signé entre EDF et le producteur après la mise en service de l'installation.

Pour une puissance comprise entre 250 et 4500 kWc, il est nécessaire d'effectuer une demande de déclaration d'exploiter que l'on adresse à la DIDEME et la demande d'un certificat ouvrant droit à l'obligation d'achat, auprès de la DREAL concernée par le site de production. Au-delà de 4500 kWc, l'autorisation d'exploiter devient obligatoire avec récépissé de dépôt de déclaration préalable du permis de construire.

Il convient également de veiller à respecter les dispositions des POS et des PLU particulièrement en ce qui concerne l'article « aspect des constructions », qui dans certains cas impose une couleur de toiture, et à obtenir en sites sensibles (périmètres des monuments classés, sites inscrits....) l'accord de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF).

#### Contraintes techniques liées au raccordement

Pour une puissance installée inférieure à 250 kVA, la livraison de l'électricité produite est réalisée en basse tension.

Pour un générateur de puissance supérieure à 250 kVA, la livraison est en haute tension ; elle nécessite la mise en place d'un transformateur privé élévateur de tension. Cette opération ajoute un surcoût non négligeable qui entraîne souvent l'installation de générateurs de puissance juste inférieure à 250 kVA ou bien supérieure (de l'ordre de 400 kVA au minimum), de sorte à gommer ce surcoût par l'effet d'économie d'échelle.

#### Contraintes techniques d'éligibilité aux tarifs de rachat pour le photovoltaïque

En France, les orientations actuelles favorisent l'intégration au bâtiment des unités de productions photovoltaïques à travers de fortes incitations sur les tarifs de rachat de l'électricité.



Les équipements de production d'électricité éligibles à la prime d'intégration au bâti doivent répondre aux deux conditions prévues à l'annexe 2 de l'arrêté du 4 mars 2011 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant l'énergie radiative du soleil telles que visées au 3° de l'article 2 du décret n° 2000-1196 du 6 décembre 2000 :

**« CRITÈRES D'INTÉGRATION AU BÂTI ET CRITÈRE D'INTÉGRATION SIMPLIFIÉE AU BÂTI**

1. Une installation photovoltaïque respecte les critères d'intégration au bâti si et seulement si elle remplit toutes les conditions suivantes :

1.1. Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment clos (sur toutes les faces latérales) et couvert, assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. L'installation photovoltaïque est installée dans le plan de la toiture au sens défini à l'annexe 5 du présent arrêté.

1.2. Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et le couvert, et assure la fonction d'étanchéité. Après installation, le démontage du module photovoltaïque ou du film photovoltaïque ne peut se faire sans nuire à la fonction d'étanchéité assurée par le système photovoltaïque ou rendre le bâtiment impropre à l'usage.

1.3. Pour les systèmes photovoltaïques composés de modules rigides, les modules constituent l'élément principal d'étanchéité du système.

1.4. Pour les systèmes photovoltaïques composés de films souples, l'assemblage est effectué en usine ou sur site. L'assemblage sur site est effectué dans le cadre d'un contrat de travaux unique ;

2. Par exception aux dispositions du paragraphe 1, une installation photovoltaïque respecte les critères d'intégration au bâti lorsqu'elle remplit toutes les conditions suivantes :

2.1. Le système photovoltaïque est installé sur un bâtiment clos (sur toutes les faces latérales) et couvert, assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités.

2.2. Le système photovoltaïque remplit au moins l'une des fonctions suivantes :

2.2.1. Allège ;

2.2.2. Bardage ;

2.2.3. Brise-soleil ;

2.2.4. Garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ;

2.2.5. Mur-rideau.

3. Une installation photovoltaïque respecte les critères d'intégration simplifiée au bâti si et seulement si elle remplit toutes les conditions suivantes :

3.1. Le système photovoltaïque est installé sur la toiture d'un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités. Il est parallèle au plan de ladite toiture.

3.2. Le système photovoltaïque remplace des éléments du bâtiment qui assurent le clos et couvert, et assure la fonction d'étanchéité.

4. Par exception aux dispositions du paragraphe 3, une installation photovoltaïque respecte les critères d'intégration simplifiée au bâti lorsqu'elle remplit l'ensemble des conditions suivantes :

4.1. Le système photovoltaïque est installé sur un bâtiment assurant la protection des personnes, des animaux, des biens ou des activités.

4.2. Le système photovoltaïque remplit au moins l'une des fonctions suivantes :

4.1.1. Allège ;

4.1.2. Bardage ;

4.1.3. Brise-soleil ;

4.1.4. Garde-corps de fenêtre, de balcon ou de terrasse ;

4.1.5. Mur-rideau.

5. Par exception aux dispositions du paragraphe 3, une installation photovoltaïque respecte les critères d'intégration simplifiée au bâti lorsqu'elle remplit l'ensemble des conditions suivantes :

5.1. L'installation photovoltaïque est continue et recouvre au moins l'ensemble du plancher haut du bâtiment donnant sur l'extérieur ainsi que les acrotères, à l'exception des parties où le recouvrement est techniquement impossible (présence de locaux techniques ou d'équipements techniques de chauffage ventilation et conditionnement d'air) ;

5.2. A l'exception des parties où le recouvrement est techniquement impossible, l'installation photovoltaïque protège l'ensemble du bâtiment du soleil et est étanche à l'eau ;

5.3. L'installation photovoltaïque permet l'accès aux équipements et locaux techniques et à la maintenance de l'étanchéité.

6. Le producteur fournit à l'acheteur une attestation sur l'honneur de l'installateur du système photovoltaïque certifiant que :

- l'intégration au bâti ou l'intégration simplifiée au bâti a été réalisée dans le respect des règles d'éligibilité citées ci-dessus ;

- les ouvrages exécutés pour incorporer l'installation photovoltaïque dans le bâtiment ont été conçus et réalisés de manière à satisfaire l'ensemble des exigences auxquelles ils sont soumis, notamment les règles de conception et de réalisation visées par les normes NF DTU, des règles professionnelles ou des évaluations techniques (avis technique, dossier technique d'application, agrément technique européen, appréciation technique expérimentale, Pass'Innovation, enquête de technique nouvelle), ou toutes autres règles équivalentes d'autres pays membres de l'Espace économique européen.

Le producteur tient ces attestations ainsi que les justificatifs correspondants à la disposition du préfet.

»

Les précisions suivantes permettent de mieux se figurer les dispositifs d'intégration ou d'intégration simplifiée au bâti.

• les toitures, ardoises, ou tuiles conçues industriellement avec ou sans support : l'équipement comporte des cellules PV, un câblage électrique, un support assurant la résistance mécanique, un composant assurant l'étanchéité et un système d'accroche.



Exemples de toitures considérées comme intégrées au bâtiment

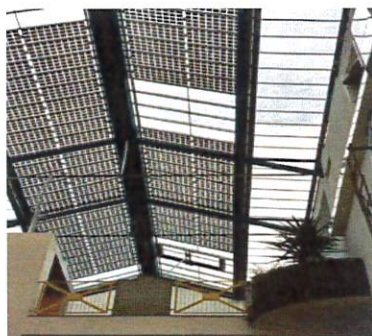
• le brise soleil : le dispositif doit être rapporté extérieurement sur une façade, en avant de baies vitrées de façon à les protéger de la lumière directe du soleil.





*Exemple de brise soleil considéré comme intégré au bâtiment*

- l'allège : les équipements se substituant à la partie du mur située entre le plancher et l'appui d'une baie.
- la verrière sans protection arrière : des modules semi-transparents permettant de laisser passer la lumière peuvent faire office de verrière, et se substituer aux parois vitrées.



*Exemple de verrières éligibles*

- le garde-corps de fenêtre, balcon ou terrasse : ce sont les ouvrages à hauteur d'appui ayant pour rôle de protéger contre les risques de chute.
- le bardage : tout équipement fixé mécaniquement pour le revêtement extérieur d'une façade du bâtiment.
- le mur rideau : c'est une façade légère ne participant pas à la stabilité de l'édifice et dont au moins une des parois a une masse faible.
- Globalement, les équipements montés sur une structure métallique de type console ne sont pas considérés comme de l'intégration au bâti. Les systèmes montés en surimposition sur une toiture terrasse ou sur un toit ne sont donc pas éligibles, comme l'illustrent les deux photos ci-dessous.



*Exemples d'installations considérées comme non intégrées au bâti*

L'implantation de tels systèmes est possible néanmoins le tarif d'achat sera simplement moins élevé.

#### Contraintes à l'implantation de panneaux solaires thermiques

##### Contraintes réglementaires

Les capteurs peuvent être à l'origine d'une nuisance visuelle, et leur installation est donc réglementée. La pose de panneaux solaires est possible en site protégé, à condition de ne pas avoir un impact visuel trop important et d'être soumis à l'Architecte des Bâtiments de France. Le Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine (SDAP) a rédigé des fiches pratiques pour que la pose de panneaux solaires engendre un impact visuel minimal.

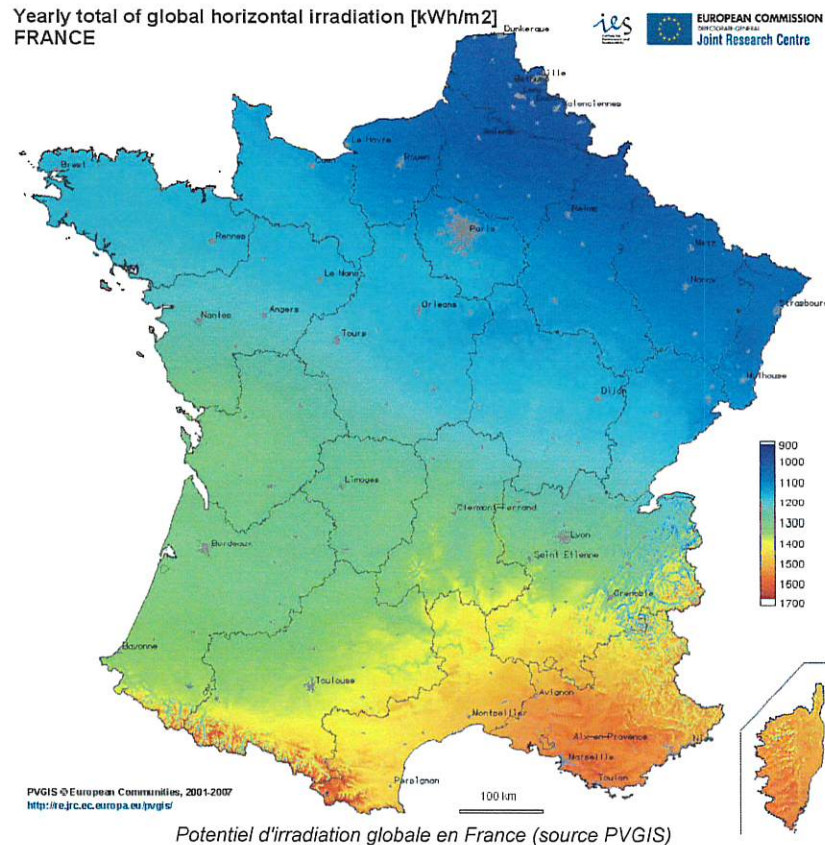


## ANALYSE DU POTENTIEL DE PRODUCTION

## Potentiel d'irradiation solaire

## Valeurs d'ensoleillement au niveau français

Les écarts d'irradiation solaire sont relativement conséquents entre le nord et le sud de la France. Le département du Nord se situe logiquement plutôt en bas de classement.



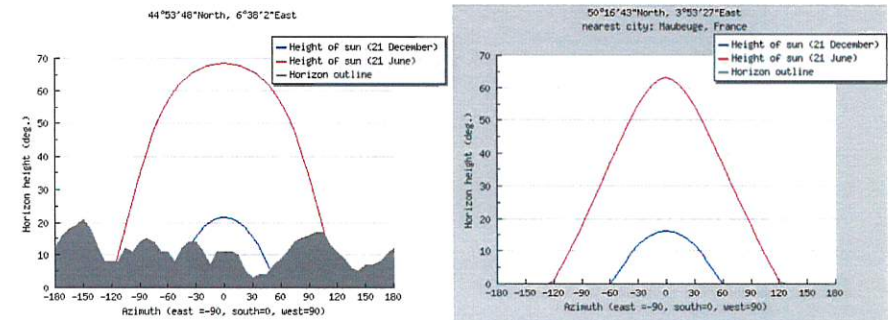
Pour une aire géographique donnée, l'estimation globale du rayonnement solaire est relativement aisée car elle dépend de paramètres qui varient peu (la latitude et l'altitude du site, et surtout les conditions climatiques enregistrées sur le long terme).

Pour un point géographique précis, l'estimation du rayonnement solaire se complique potentiellement compte tenu des pertes dues aux ombrages des obstacles alentours. L'ensemble de ces ombrages est appelé masque géographique. Or, ce masque peut porter atteinte significativement à la production énergétique totale, surtout si l'ondeur est commun à l'ensemble du système photovoltaïque.

On parlera dans cette étude de masque géographique lointain, la perte d'ensoleillement due au relief, et de masque proche, la perte d'ensoleillement due aux obstacles avoisinants (bâtiments, arbres...).

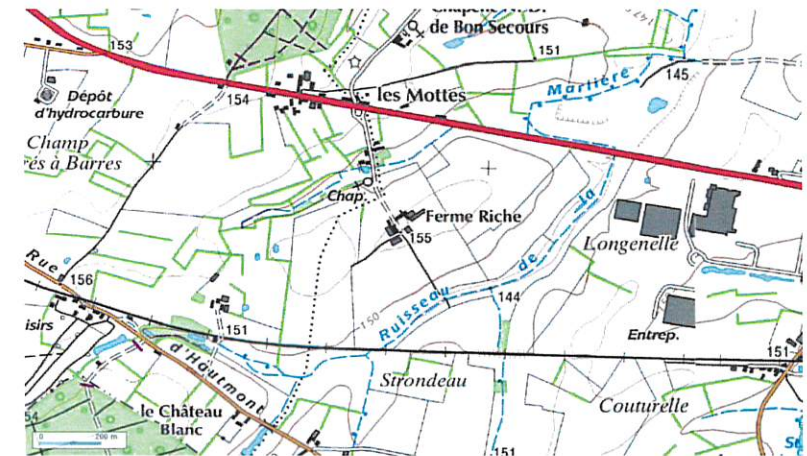
## Evaluation du masque géographique lointain

Les deux graphiques ci-dessous donnent matière à comparaison entre un site au relief très accidenté (gauche) et le parc d'activités de la Marlière (droite).



Comparaison entre le masque d'une région au relief accidenté (gauche) et le masque pour le site de la ZA de la Marlière, relativement plat (droite)

Les courbes en rouge et bleu décrivent la course du Soleil aux solstices d'été et d'hiver. La surface grisée correspond quant à elle au masque géographique lointain. Elle est donc marginale pour le parc d'activités puisque la topographie du secteur est relativement plane : une légère butte est présente au centre site, mais la déclivité maximale d'environ 8 mètres reste marginale.



En première approximation, on pourra considérer que le masque géographique lointain sur le site d'étude est faible.

## Evaluation du masque proche

Il est impossible d'évaluer le masque proche dans la mesure où le projet d'aménagement ne définit à ce stade qu'un premier découpage parcellaire. L'emplacement, la taille et la disposition des futurs bâtiments constituent des paramètres inconnus.



Le masque proche devrait néanmoins être peu impactant compte tenu de la hauteur relativement restreinte des infrastructures dans une zone d'activités. (Cf. souvent moins de 20 mètres). Si le choix de panneaux ou capteurs solaires était retenu, les professionnels de l'installation choisiraient par ailleurs un emplacement optimal pour éviter ces pertes d'ensoleillement.

#### Données d'irradiation brute

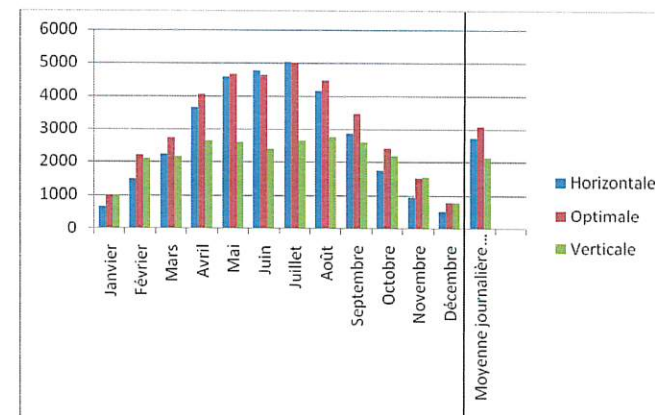
Le masque ne constitue donc pas un facteur limitant majeur, et sera intégré dans une catégorie « pertes diverses » de 10% lors des simulations (poussières, incertitudes climatiques, masque).

Les valeurs moyennes journalières brutes de rayonnement pour le site de Bourbourg sont regroupées dans le tableau ci-dessous <sup>20</sup> :

Mois	Irradiation globale				
	Horizontale	Optimum 34°	Verticale	Inclinaison optimale	Diffus / global
	Wh/m2jour	Wh/m2jour	Wh/m2jour	Degré	
Janvier	671	1003	1002	62	0,75
Février	1483	2199	2106	59	0,62
Mars	2236	2731	2148	44	0,64
Avril	3647	4052	2671	32	0,56
Mai	4590	4649	2606	19	0,57
Juin	4766	4626	2402	12	0,59
Juillet	5015	4989	2660	16	0,54
Août	4164	4467	2751	27	0,55
Septembre	2876	3477	2607	41	0,56
Octobre	1746	2423	2174	54	0,60
Novembre	950	1498	1529	64	0,67
Décembre	515	780	792	63	0,77
Moyenne journalière annuelle	2728	3078	2119	34	0,58

Le tableau présente plusieurs valeurs d'irradiation globale pour des inclinaisons horizontales, verticales et optimales (34°). Nous disposons également de la répartition mensuelle entre l'irradiation diffuse et globale (D/G). Ce rapport varie entre 0,54 et 0,75 pour une façade plein sud, ce qui signifie qu'en moyenne 58 % de l'énergie solaire annuelle est reçue sous forme diffuse.

<sup>20</sup> Source PVGIS European Communities – CMSAF



#### Production d'énergie solaire photovoltaïque

##### Simulation de la production

La simulation de la production d'énergie solaire photovoltaïque reposera dans cette étude sur deux exemples issus des technologies à base de silicium, le polycristallin <sup>21</sup> et l'amorphe <sup>22</sup>, compte tenu d'un rendement intéressant pour la première et d'un coût d'investissement initial bas pour la seconde.

Les cellules en CdTe présentent certes de très bons ratios rendement/prix pour les latitudes élevées, mais elles seront écartées de cette étude compte tenu de la difficulté d'approvisionnement actuel pour des petits projets. Ce constat reste malgré tout temporaire.

Le tableau ci-dessous montre la productivité possible (exprimée en kWh/kWc) d'une centrale solaire photovoltaïque installée dans l'aire rémoise, pour des inclinaisons optimales (36°), intermédiaires (15°) et horizontales, avec un azimut plein sud. Une hypothèse d'un rendement d'onduleur de 95% et de pertes diverses de -10% (poussières, masque géographique...) a été appliquée.

Mois	Inclinaison					
	Optimale (36°)		Intermédiaire (15°)		Horizontal (0°)	
	Polycristallin	Amorphe	Polycristallin	Amorphe	Polycristallin	Amorphe
Janvier	43	43	33	32	24	23
Février	62	61	51	50	40	39
Mars	96	96	87	86	75	74
Avril	124	125	120	121	112	112
Mai	140	144	145	149	142	144
Juin	135	139	143	147	142	146
Juillet	138	143	145	150	143	147
Août	132	137	132	137	125	129
Septembre	98	101	91	94	82	83
Octobre	74	75	63	63	51	51
Novembre	45	45	35	35	26	26
Décembre	30	29	23	22	17	16
Total annuel (kWh/kWc)	1117	1138	1068	1085	978	988
Total annuel (kWh/m²)	139,6	81,3	133,5	77,5	122,3	70,6

<sup>21</sup> Les modèles utilisés pour cette simulation polycristallin sont des SHARP NE-L5E3H avec 1 kWc équivalent à 8 m².

<sup>22</sup> Les modèles utilisés pour cette simulation amorphe couche mince sont des Q-cells SN2-125.0W avec 1kWc équivalent à 14 m².



Ces valeurs indicatives restent conditionnées par de nombreuses incertitudes, comme l'inclinaison de la structure porteuse des panneaux, la technologie photovoltaïque retenue, le rendement des onduleurs, la qualité intrinsèque de l'installation, les marges d'erreur liées aux données d'irradiation sur site...

### Potentiel de production solaire thermique

Les systèmes potentiellement éligibles pour la zone d'activités sont nombreux, et varient en fonction des besoins. Hors technologies de climatisation solaire, le tableau suivant spécifie la correspondance entre les besoins et le type de capteur installé :

Besoins	Type de capteur
Préchauffage de l'eau	Capteurs non vitrés
Eau chaude sanitaire (ECS)	Capteurs plans
ECS + chauffage	Capteurs plans
Processus industriels à température moyenne (<70°C)	Capteurs plan
Processus industriels à température moyenne (<70°C)	Tubes sous vide
Climatisation	Tubes sous vide

Les activités développées sur le parc d'activités pourraient nécessiter des températures élevées/basses et le recours à des systèmes de tubes sous vide. Néanmoins, faute d'information à ce sujet, nous partons sur une simulation standard avec des capteurs plans.

### Retour d'expériences

Il est possible d'obtenir auprès de l'ADEME des retours d'expériences d'installations solaires thermiques installées dans les régions Nord-Pas de Calais et Picardie, pour des bâtiments équivalents à une maison standard pour particulier :

	Production (kWh/m²)	Surface (m²)	Taux couverture (%)
CES collectif	472	39,6	50
	502	24	55
	511	17,6	60
	639	20,6	42
	318	19,8	54
	472	8,8	55
CES individuel	272	5,5	60
	568	4,4	75
	454	4,4	65
	568	4,4	75
SS combiné	550	10	50

Les systèmes sélectionnés permettent de produire en moyenne 500 kWh/m² pour un taux de couverture moyen allant de 40% à 60 %, voire 75% pour les CES individuels.

### Simulation de la production

Le logiciel SOLO2000 (développé par l'entreprise TECSOL) permet pour un cas de référence de déterminer la couverture énergétique possible pour une eau chauffée à 55°C.

Le logiciel indique qu'une pose de 22 m² de capteurs solaires avec un ballon de 500L en intérieur permet de couvrir en moyenne environ la moitié des besoins, ce qui confirme les tendances des retours d'expérience cités précédemment. La fourchette de 300 à 400 kWh par m² de panneaux et par an est réaliste quand on se projette sur plusieurs hypothèses (en fonction de l'emplacement du ballon, des marques du système, du calorifugeage, de l'orientation des panneaux, etc.).

Il faudrait en toute logique prendre en compte le creux des week-ends qui feront baisser la productivité de l'installation. Il est également intéressant de noter que plus la surface de capteurs installée est importante, plus la couverture solaire augmente (qui représente le pourcentage d'énergie fournie par l'installation par rapport à la consommation totale). En revanche, plus la surface augmente, et plus la productivité au m² diminue. On perd donc en efficacité lorsque l'on veut atteindre une trop forte couverture solaire. Au-delà de 60%, la productivité chute très rapidement.

Enfin, si l'on souhaite optimiser la production d'énergie thermique lorsque l'on en a le plus besoin, c'est-à-dire en hiver, il peut être judicieux d'appliquer une inclinaison optimale correspondant à la latitude du lieu, soit une inclinaison de 51°.

### Application au chauffage des bâtiments

Le solaire thermique peut permettre de répondre aux besoins d'eau chaude des entreprises sur la zone d'activités, mais également de répondre à une partie des besoins en chauffage.

Bien calculée, une installation de chauffage solaire permet de couvrir en moyenne au moins un quart et jusqu'à deux tiers des besoins de chauffage classique. Ces pourcentages varient significativement en fonction du mode de chauffage de l'entreprise, de l'organisation des réseaux de chaleur dans le bâtiment, et des équipements qui sont installés.

Les performances varient considérablement en fonction de nombreux paramètres, néanmoins l'ADEME donne pour le Nord un retour d'expérience suivant :

Localisation	Surface à chauffer	Surface de capteur	Économie réalisée
Lille	150m²	13m²	30% / 6400kWh

Les besoins en eau chaude sanitaire ne sont pas très élevés a priori sur une zone d'activités (hors besoin en eau chaude pour les procédés industriels). Des capteurs solaires peuvent donc permettre de produire plus de la moitié des besoins.

### Simulation de la production totale

#### 28.5ha

Si l'on prend une hypothèse d'emprise au sol des bâtiments d'un tiers de la surface totale, soit environ 85 500m² avec une production minimale de 300 kWh/m²/an, on constate qu'en théorie on pourrait récupérer 26GWh/an sur le parc d'activités : cette simulation est irréaliste mais prouve que le solaire thermique peut en théorie assurer une grande partie des besoins en énergie de la zone.

## ANALYSE DE FAISABILITE ECONOMIQUE

### Coût d'investissement

#### Solaire photovoltaïque

Une centrale solaire implique un investissement important de départ mais des coûts marginaux en maintenance et en entretien. Le prix d'une installation photovoltaïque est conditionné principalement à la technologie employée, à la taille du projet, et à la capacité de négociation d'un porteur de projet, selon la quantité globale qu'il est en mesure de commander à son fournisseur.

Le coût des panneaux hors pose et raccordement pour des volumes assez significatifs se montent à environ 2,5(±1)€/Wc pour du monocristallin, 1,8(±0,3) €/Wc pour du polycristallin, 1,5 (±0,3) €/Wc pour du silicium amorphe.

Il est toutefois préférable de parler en investissement pose incluse, qui comprend également le matériel annexe (onduleurs, câblages). Les tarifs dans la moitié nord de la France pour une centrale photovoltaïque en 2010 varient en fonction de la taille et de la technologie du système, et s'il est ou non intégré au bâtiment. En ordre d'idée, les coûts pour le silicium intégré au bâti reviennent à :

- 4 à 5 €/Wc pour des systèmes de petite puissance (< 36 kWc) en polycristallin ;
- 5 à 6 €/Wc pour des systèmes de petite puissance (< 36 kWc) en monocristallin ;
- 4 €/Wc pour des systèmes de petite puissance (< 36 kWc) en amorphe ;

En terme de dégressivité par puissance installée, si l'on prend pour base 4€/Wc pour des projets inférieurs à 36kWc, le tarif tombe à environ 3,7€/Wc pour des puissances de 100 à 200 kWc et jusqu'à 3,5€/Wc pour des puissances encore supérieures.

Il existe également des produits fabriqués en Asie globalement moins onéreux (-20c€/Wc en moyenne).

Les coûts de raccordements sont quant à eux extrêmement variables en fonction de la taille du projet et surtout de la distance au point de raccordement envisagé.



Enfin, les coûts d'exploitation sont quant à eux très faibles et regroupent :

- les frais d'assurance : négociation à avoir avec l'assureur du bâtiment pour déterminer s'il peut couvrir la centrale et à quel coût.
  - l'accès au réseau : ce coût à payer à ERDF est minime, de l'ordre de 50€ HT/an pour des projets inférieurs à 36 kWc et d'environ 550€ HT/an pour des projets compris entre 36 et 250 kWc.
  - la maintenance : il n'existe aujourd'hui pas de recommandations générales en maintenance préventive, si ce n'est pour le nettoyage des modules et une visite annuelle de l'installation. Les équipements sont garantis sur des longues durées et il est recommandé de souscrire les extensions proposées à 20 ans, notamment pour les onduleurs. Le suivi de l'installation peut être fait à distance et dans le cas où l'installateur ait proposé une garantie de résultat solaire, c'est lui qui devra s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. Les systèmes photovoltaïques sont extrêmement fiables : aucune pièce mécanique n'est en mouvement, les matériaux employés (verre, aluminium) résistent aux pires conditions climatiques (notamment à la grêle). La durée de vie d'un capteur photovoltaïque de l'ordre de 25 ans, et on estime actuellement la garantie de production à 80% après 20 ans pour la plupart des panneaux solaires de bonne qualité.
- Avec l'augmentation de la production mondiale et l'amélioration des pratiques de fabrication, les coûts des panneaux baissent progressivement, de l'ordre de 5% par an depuis une dizaine d'années.

### Solaire thermique

Les coûts d'investissement les plus avantageux pour le solaire thermique concernent les capteurs non vitrés. Toutefois, cette étude a posé comme hypothèse des capteurs plans qui présentent un rendement énergétique plus intéressant.

Le prix pour les systèmes de capteurs plan dépend de nombreux paramètres. Toutefois, nous pouvons avancer les chiffres suivants :

- pour l'implantation de simples CESI (Chauffe Eau Solaire Individuels) de quelques mètres carrés, le coût varie entre 900 à 1500 €/m<sup>2</sup>.
- dans le cas de systèmes d'eau chaude collective de 20 à 40 m<sup>2</sup> de capteurs solaires installés, le prix varie en moyenne entre de 800 à 1200 €/m<sup>2</sup>.
- pour des systèmes de grande dimension de plus de 50 m<sup>2</sup>, le coût peut descendre en dessous de 700 €/m<sup>2</sup>.

Le coût moyen est donc de 900 €/m<sup>2</sup> installé pour un système utilisant des capteurs plans classiques.

### Rachat, aides et subventions disponibles

Les entreprises sont relativement tenues à l'écart des dispositifs de soutien au développement des énergies renouvelables par rapport aux particuliers, qui peuvent bénéficier d'aides importantes. Il existe en revanche les tarifs d'achat de l'électricité pour le photovoltaïque qui restent intéressants bien qu'en baisse constante depuis plusieurs mois.

### Solaire photovoltaïque

Bien qu'il soit possible d'utiliser toute ou partie de la production d'électricité issue de la centrale photovoltaïque pour ses besoins personnels, le contexte législatif actuel oblige EDF à acheter l'électricité produite par des installations d'énergies renouvelables (éoliennes, solaire photovoltaïque, etc.) à un tarif fixe pendant une durée de 20 ans. Pour le photovoltaïque, il est beaucoup plus intéressant de revendre l'électricité de sa production et de continuer à utiliser l'électricité du réseau EDF pour la consommation.

Le contexte réglementaire est en très rapide évolution depuis 2010 avec de significatives baisses de tarifs d'achat. L'année s'est terminée sur un moratoire de trois mois sur les raccordements des installations photovoltaïques décidé par le gouvernement français afin de faire le point sur les orientations prises et d'apporter des correctifs à certaines difficultés (contexte tendu pour les finances publiques, aides trop ciblées au profit des panneaux étrangers et notamment chinois, bilan carbone et analyse de cycle de vie critiquable).

A la date de rédaction de cette étude, les nouvelles règles qui semblent sur le point d'être adoptées sont les suivantes (sous réserve de la parution effective des textes) :

#### • Pour de l'intégration au bâtiment

Si la puissance installée est supérieure à 9 kWc, plusieurs conditions doivent être au préalable remplies : fourniture d'une attestation bancaire, obligation de recyclage à partir du 1er janvier 2012, obligation de fourniture d'un bilan carbone ou d'éléments d'analyse de cycle de vie d'ici juillet 2011.

Si la puissance installée est inférieure à 100 kWc, alors le tarif d'achat est révisé chaque trimestre en fonction du nombre de dossiers déposés de demande de raccordement. Les premiers tarifs seraient ceux indiqués dans le tableau ci-dessous.

Type d'installation			Tarif d'achat initial prévu dans le nouveau dispositif
Résidentiel	Intégration au bâti	[0-9kW]	46,4 c€/kWh
		[9-36kW]	40,6 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36 kW]	30,35 c€/kWh
		[36-100 kW]	28,85 c€/kWh
Enseignement ou santé	Intégration au bâti	[0-9kW]	40,6 c€/kWh
		[9-36kW]	40,6 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[0-36kW]	30,35 c€/kWh
		[36-100kW]	28,85 c€/kWh
Autres bâtiments	Intégration au bâti	[0-9kW]	35,2 c€/kWh
		[0-36kW]	30,35 c€/kWh
	Intégration simplifiée au bâti	[36-100kW]	28,85 c€/kWh

Si la puissance est comprise entre 100 kWc et 250 kWc, alors il n'existe pas de tarif d'achat défini, et l'on procéderait à un système « par appel d'offres simplifié ». Ce mécanisme consisterait à répondre à un cahier des charges standard, élaboré avec les acteurs de la filière et prévoyant notamment des exigences environnementales. Les offres répondant à ce cahier des charges seront sélectionnées uniquement sur le critère prix du kWh.

#### • Pour les autres installations

Les très grandes toitures (plus de 2 500 m<sup>2</sup> de panneaux) et les centrales au sol résulteront d'appels d'offres annuels comprenant un ensemble de critères (prix, environnement, innovation...).

Les quotas alloués seraient définis de la sorte :

Catégorie	Installations éligibles	Cible annuelle	Outil de régulation
1. Toitures résidentielles	Installations sur bâtiments résidentiels, intégrées au bâti, de petite puissance (<9kWc et <36kWc)	[100-100] MW	Tarif révisé chaque trimestre
2. Toitures non résidentielles	A. Installations sur bâtiments non résidentiels, intégrées au bâti, de petite puissance (<36kWc)	[80-100] MW	Tarif révisé chaque trimestre
	B. Installations sur bâtiments, intégrées simplifiées au bâti, de petite et grande puissance (36 à 100 kWc)		Tarif révisé chaque trimestre
	C. Installations sur bâtiments, intégrées simplifiées au bâti, de petite et grande puissance (100 à 250 kWc)	[100-150] MW	Appel d'offres simplifié
	D. Installations sur bâtiments, intégrées simplifiées au bâti, de grande puissance (>250 kWc)	[0-20] MW	Appel d'offres
3. Centrales au sol	Installations au sol	[150-200] MW	Appel d'offres



A noter que jusqu'à présent, les tarifs pour contrat d'achat signé sont revalorisés chaque année selon un coefficient  $L^{23}$  non affecté par la dégressivité annuelle.

#### Solaire thermique

Les aides financières actualisées pour le solaire thermique peuvent être obtenues grâce au point info-énergie de Maubeuge.

ADIL du Nord - CIH de Maubeuge, 1 Rue de Normandie 59600 Maubeuge ; Tél. : 0 825 34 12 63

#### Estimation du temps de retour sur investissement

##### Solaire photovoltaïque

Comme mentionné précédemment, les coûts d'investissement ainsi que les performances des systèmes photovoltaïques et plus encore les tarifs de rachats de l'électricité produite évoluent très rapidement. Se projeter à moyen terme pour évaluer les perspectives de rentabilité d'un projet photovoltaïque s'avère donc être un exercice hasardeux.

Pour la technologie en silicium polycristallin prise en compte dans cette étude, nous aboutissons aux temps de retour sur investissement suivants pour des hypothèses de 4 et 5€/Wc tout compris (mais sans prise en compte d'aides et subventions) :

		Polycristallin = 4€/Wc		
		Optimale (37°)	Intermédiaire (15°)	Horizontal (0°)
Total annuel (kWh/Wc)		1,12	1,07	0,98
Total annuel (kWh/m²)		139,6	133,5	122,3
Wc/m²		125	125	125
Tarif de rachat (€/kWh)	0,3035	11,80 ans	12,34 ans	13,47 ans
	0,2885	12,41 ans	12,98 ans	14,17 ans
	0,26	13,78 ans	14,41 ans	15,72 ans
	0,24	14,92 ans	15,61 ans	17,03 ans
	0,22	16,28 ans	17,02 ans	18,58 ans
	0,2	17,91 ans	18,73 ans	20,44 ans
	0,18	19,90 ans	20,81 ans	22,71 ans
	0,16	22,39 ans	23,41 ans	25,55 ans
	0,14	25,58 ans	26,75 ans	29,20 ans
	0,12	29,85 ans	31,21 ans	34,07 ans
	0,1	35,82 ans	37,45 ans	40,88 ans

<sup>23</sup>  $L = 0,8 + 0,1 (ICH_{Trev-TS}/ICH_{Trev-TSo}) + 0,1 (FM0ABE0000/FM0ABE0000o)$ , où :

-  $ICH_{Trev-TS}$  est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre précédant la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat de l'indice du coût horaire du travail révisé (tous salariés) dans les industries mécaniques et électriques ;

-  $FM0ABE0000$  est la dernière valeur définitive connue au 1er novembre précédant la date anniversaire de la prise d'effet du contrat d'achat de l'indice des prix à la production de l'industrie française pour le marché français – ensemble de l'industrie – A10 BE – prix départ usine ;

-  $ICH_{Trev-TSo}$  et  $FM0ABE0000o$  sont les dernières valeurs définitives connues à la date de prise d'effet du contrat d'achat.

		Polycristallin = 5€/Wc		
		Optimale (37°)	Intermédiaire (15°)	Horizontal (0°)
Total annuel (kWh/Wc)		1,12	1,14	1,07
Total annuel (kWh/m²)		139,6	133,5	122,3
Wc/m²		124,64	117,10	114,29
Tarif de rachat (€/kWh)	0,3035	14,75 ans	15,43 ans	16,84 ans
	0,2885	15,52 ans	16,23 ans	17,71 ans
	0,26	17,22 ans	18,01 ans	19,66 ans
	0,24	18,65 ans	19,51 ans	21,29 ans
	0,22	20,35 ans	21,28 ans	23,23 ans
	0,2	22,39 ans	23,41 ans	25,55 ans
	0,18	24,87 ans	26,01 ans	28,39 ans
	0,16	27,98 ans	29,26 ans	31,94 ans
	0,14	31,98 ans	33,44 ans	36,50 ans
	0,12	37,31 ans	39,01 ans	42,59 ans
	0,1	44,77 ans	46,82 ans	51,10 ans

Pour la technologie en silicium amorphe prise en compte dans cette étude, nous aboutissons aux temps de retour sur investissement suivants pour une hypothèse de 4€/Wc tout compris (mais sans prise en compte d'aides et subvention) :

		Amorphe = 4€/Wc		
		Optimale (37°)	Intermédiaire (15°)	Horizontal (0°)
Total annuel (kWh/Wc)		1,14	1,09	0,99
Total annuel (kWh/m²)		81,3	77,5	70,6
Wc/m²		71,43	71,43	71,43
Tarif de rachat (€/kWh)	0,3035	11,58 ans	12,15 ans	13,33 ans
	0,2885	12,18 ans	12,78 ans	14,03 ans
	0,26	13,52 ans	14,18 ans	15,57 ans
	0,24	14,64 ans	15,36 ans	16,86 ans
	0,22	15,97 ans	16,76 ans	18,40 ans
	0,2	17,57 ans	18,43 ans	20,23 ans
	0,18	19,52 ans	20,48 ans	22,48 ans
	0,16	21,96 ans	23,04 ans	25,29 ans
	0,14	25,10 ans	26,33 ans	28,91 ans
	0,12	29,29 ans	30,72 ans	33,72 ans
	0,1	35,14 ans	36,87 ans	40,47 ans

On constate donc que les temps de retour sur investissement par rapport aux prix actuels constatés sur le marché et les tarifs de rachat de la filière tournent autour de 12 à 15 ans pour peu que la disposition du panneau photovoltaïque s'approche des conditions optimales.

Si l'on y inclut des aides, les temps de retour sur investissement peuvent alors baisser sous la barre des dix ans.



Les facteurs d'incertitude sont nombreux (raccordement au poste de transformation, évolution des tarifs d'investissement et de rachat de l'électricité), néanmoins cette partie montre que la photovoltaïque est une option tout à fait éligible sur le parc d'activités.

#### Solaire thermique

En première approximation, si l'on prend en compte le ratio de 900 €/m<sup>2</sup> de capteurs installés, avec une production dans le cas de référence de 10 415 kWh et 22,2 m<sup>2</sup> de capteurs installés qui fonctionnerait pendant 20 ans, nous aboutissons à un coût moyen de 0,09€/kWh sans subvention.

Ce montant est conforme aux chiffres de l'ADEME qui table pour le solaire thermique à un coût global compris entre 0,07 et 0,12€/kWh.

Pour le système de référence considéré, pour un prix de l'électricité de 11,25 c€/kWh, le temps de retour sur investissement se monte à 15 ans.

Le solaire thermique pourrait toutefois devenir vite particulièrement intéressant compte tenu de la tendance haussière des prix de l'énergie dans le futur, tant au niveau de l'électricité que du chauffage.

#### **Conclusion :**

Les énergies solaires photovoltaïque et thermique sont des énergies très opportunes à l'échelle du parc d'activités.

Pour la filière photovoltaïque, malgré le manque de visibilité et les évolutions des tarifs de rachat de l'électricité, les fondamentaux à long terme restent bons dans la mesure où les rendements des panneaux et les coûts associés à la production devraient poursuivre leur évolution dans le bon sens.

Pour la filière thermique, les perspectives sont intéressantes. Il convient néanmoins de souligner l'importance d'un bon dimensionnement et de la pose d'un matériel efficace, compte tenu des bilans mitigés rencontrés parfois dans les retours d'expérience de certaines installations.



## ETUDE DE FAISABILITE DE L'ENERGIE ISSUE DE LA BIOMASSE

## INTRODUCTION

Selon l'article 19 de la loi du 3 août 2009<sup>24</sup>, cette partie doit aborder les énergies issues « de la biomasse, du gaz de décharge, du gaz de station d'épuration d'eaux usées et du biogaz ». Il est précisé que la biomasse est « la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales issues de la terre et de la mer, de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers ». Dans ce chapitre, la valorisation des ressources locales sera privilégiée, tant pour limiter les émissions de gaz à effet de serre que pour participer au développement économique local.

## La biomasse énergétique

## Captation de l'énergie solaire par la biomasse

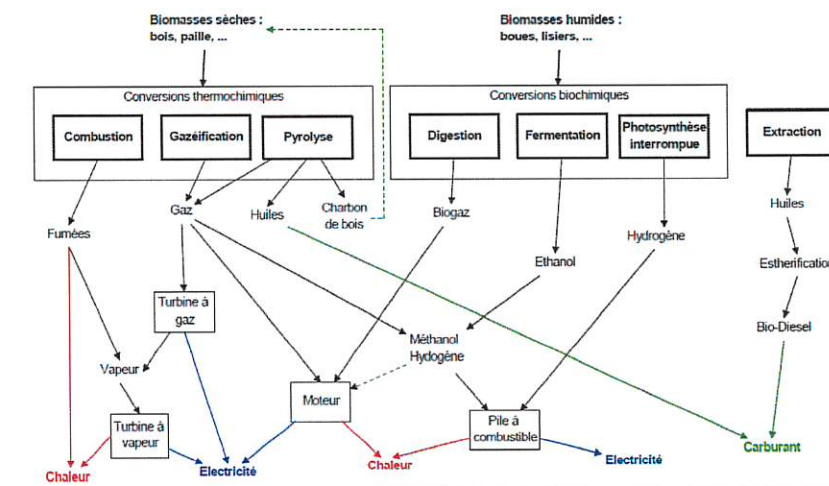
La biomasse est issue directement ou indirectement de la photosynthèse chlorophyllienne, dont la réaction de base s'écrit de manière simplifiée suivante :



La matière organique qu'elle soit végétale, animale ou fongique peut ainsi restituer l'énergie emmagasinée grâce à différents modes de valorisation comme la combustion, la pyrolyse, la gazéification, la fermentation... Il devient alors possible d'exploiter cette énergie sous forme mécanique, thermique ou électrique. Si une cogénération est envisagée, les rendements énergétiques s'en trouvent bien entendu améliorés.

Typologie	Exemples	Mode de valorisation	Procédés de valorisation
Biomasse sèche ligneuse	Bois, résidus verts, bagasse de canne à sucre, fourrage, paille...	Conversion thermochimique	Combustion, pyrolyse, gazéification...
Biomasse humide à glucide	Céréales, betteraves sucrières, canne à sucre...	Conversion biochimique	Digestion, fermentation, distillation
Biomasse humide oléagineuse	Colza, palmier à huile,...	Conversion biochimique	Extraction pour biocarburant

Le schéma ci-dessous <sup>25</sup> illustre les différentes modalités de valorisation énergétique de la biomasse qu'elle soit sèche ou humide :



Dans cette étude, nous nous concentrerons sur les modes de valorisation suivants :

- la combustion, la gazéification et à la pyrolyse de la biomasse sèche
- la digestion et fermentation de la biomasse humide.

Les autres techniques ne seront pas abordées compte tenu d'un état de l'art peu avancé (pile à combustible) ou de difficulté voire de la non pertinence d'une mise en œuvre à l'échelle d'un parc d'activités de quelques hectares (extraction pour carburant).

## Filières d'approvisionnement des substrats énergétiques étudiés

L'Agence Internationale de l'Energie estime que la biomasse énergétique pourrait générer potentiellement 44Gtep/an sans déstabiliser l'équilibre écologique planétaire. Ce chiffre est à mettre en perspective de la consommation mondiale d'énergie finale en 2008 qui atteignait 8,43 Gtep. Le gisement s'avère donc colossal.

Les trois grands secteurs qui fournissent une biomasse ou un biogaz valorisables énergétiquement sont :

- la sylviculture qui produit du bois ligneux que l'on trouve sous forme de bûches, de granulés, de sciures ou de plaquettes. Ces matériaux sont principalement utilisés pour le chauffage et présentent un très bon rendement énergétique. Un stère de bûche permet ainsi de restituer 1500 à 2000 kWh. En France métropolitaine, la biomasse forestière couvre une superficie de 15 millions d'hectares et permet de produire 10 Mtep/an.
- l'agriculture. Le potentiel exploitable concerne les déchets liés à l'élevage comme le lisier et le purin (estimés à 250 Mt/an en France), les sous-produits agricoles comme la paille ou les tiges (estimés à 55Mt/an) et enfin les cultures énergétiques comme le Miscanthus, le sorgho ou la Switchgrass, les plantes alcooligènes comme la betterave, le blé, le maïs ou oléagineuses comme le colza, le soja ou le tournesol.
- les résidus ménagers et industriels. Ils proviennent majoritairement de la filière agroalimentaire (43 Mt/an de résidus organiques en France). Les déchets organiques ménagers représentent quant à eux entre 5 et 12 Mt/an/habitant. Les boues d'épuration produites par les stations de traitement des eaux usées fournissent 850 Kt/an de matière sèche en France. Enfin, certains secteurs comme la papeterie, le textile ou la chimie offrent un potentiel non négligeable mais plus spécifique à tel ou tel département.

<sup>24</sup> Loi relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (1)

<sup>25</sup> Extrait du projet BEPITA, Conversion de la biomasse, H. Jeanmart et P. Tchouate, UCL



## Procédés thermochimiques de valorisation (biomasse sèche)

### Procédés par combustion

La combustion correspond à l'oxydation complète du combustible en présence d'un excès de dioxygène. Les opérateurs de combustion varient des simples poêles à bois individuels aux chaudières de grosse capacité (jusqu'à 20 MWth et plus), en passant par les chaudières de petite et moyenne puissance (jusqu'à 1 MWth).

- les systèmes basiques de type poêles à bois individuels ou les foyers qui relèvent d'une combustion conventionnelle avec simple diffusion de la chaleur à proximité de la source ;
- les systèmes plus sophistiqués qui contrôlent le mélange d'air et de biocombustible pour maximiser le rendement et minimiser les émissions, et distribuent la chaleur vers le lieu où elle est requise. Plusieurs systèmes de chauffage à la biomasse comprennent un mécanisme d'alimentation automatique en biocombustible.
- les systèmes de grande taille destinés à l'industrie ou aux réseaux de chauffage urbains, la chaleur est transmise par un fluide caloporteur, souvent de l'eau. Celle-ci est envoyée vers une turbine ou un moteur à vapeur pour la production d'énergie mécanique, thermique ou électrique. Le combustible est stocké dans un silo de plusieurs mètres cube, généralement enterré pour une meilleure intégration dans le paysage. L'autonomie du silo varie d'une semaine pour les grosses chaufferies collectives à plusieurs mois pour les chaufferies individuelles. La chaudière est alimentée via un tapis roulant pour le combustible grossier type écorces, ou par une vis sans fin pour du combustible homogène type plaquettes. Les cendres du foyer sont récupérées et versées dans un conteneur à vider une fois par semaine en général. Des filtres permettent un dépoussiérage efficace des fumées. La régulation électronique permet de réguler la puissance, l'alimentation, la combustion, le décendrage et l'extraction des fumées<sup>26</sup>.

### Procédés par gazéification et pyrolyse

La gazéification de la biomasse solide est la décomposition thermique par pyrolyse de la matière organique en présence de dioxygène ou d'air à une température de 600° à 1000° C. Celle-ci se déroule dans un réacteur spécifique, le gazogène. Ce processus permet de séparer complètement un biogaz des cendres. Ce gaz après filtration et épuration est brûlé dans un moteur à combustion interne pour la production d'énergie mécanique ou d'électricité. Les principaux substrats pour cette production sont les effluents agricoles, les déchets issus des ménages, de l'industrie agroalimentaire et des boues urbaines, et enfin les cultures énergétiques.

La pyrolyse est la décomposition thermique de la matière carbonée sous vide ou sous atmosphère inerte (absence d'air ou air fortement réduit). Elle conduit à la production d'un solide, le charbon de bois ou le charbon végétal, d'un liquide, l'huile pyrolytique, et d'un gaz combustible. La conduite de la pyrolyse peut être orientée vers la maximisation de la production de charbon (on parle alors volontiers de carbonisation) ou d'huile pyrolytique (distillation ou pyrolyse flash). Une variante de la pyrolyse, la thermolyse, est développée actuellement pour le traitement des déchets organiques ménagers ou des biomasses contaminées.

## Procédés biochimiques de valorisation (biomasse humide)

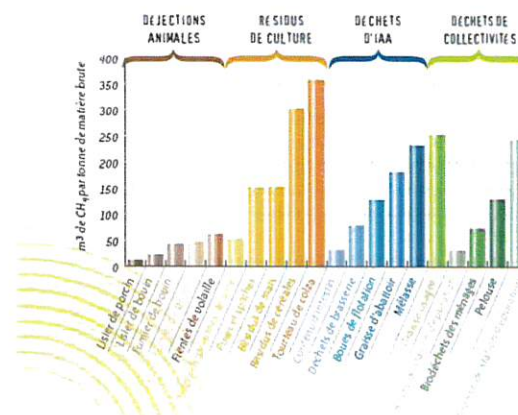
### Fermentation méthanique et alcoolique

Si la pyrolyse et la biomasse permettent également de valoriser la biomasse humide, il est énergétiquement plus intéressant de recourir pour cette voie à la fermentation du substrat.

La fermentation méthanique anaérobie consiste à regrouper la biomasse humide (déchets organiques verts humides, déchets ménagers, effluents d'élevage ou d'agro-industrie) et de les traiter dans un digesteur dans lequel se déroule, comme son nom l'indique, la digestion de la matière organique. On distingue différentes technologies - procédés continus ou discontinus, digesteurs à deux phases - qui produisent un gaz riche en méthane et à haute valeur calorifique. Ce biogaz est brûlé en chaudière pour la production de chaleur ou dans un moteur à combustion interne pour la production d'électricité ; il est également possible de combiner chaleur et électricité (cogénération) à partir d'une installation de méthanisation.

Le résidu est appelé « digestat » et comporte une importante teneur en azote minéral qui peut être réutilisé comme amendement organique sous conditions (métaux, contaminants) en épandage agricole.

Une des difficultés de la méthanisation vient du fait que le contenu en méthane pouvant être extrait de la matière organique varie significativement :



Contenu en méthane de différents produits organiques, source : SOLAGRO

### Avantages et inconvénients de la biomasse/biogaz pour l'environnement

L'exploitation énergétique de la biomasse présente de nombreux avantages. Dans la mesure où la biosphère se perpétue continuellement, cette forme d'énergie est considérée comme renouvelable et neutre en carbone, au contraire des combustibles fossiles dominants encore à l'heure actuelle.

L'utilisation des déchets organiques permet de trouver des débouchés économiques porteurs (développement de l'emploi local, limite des dépenses d'investissement dans les filières de tri et de recyclage). Les procédés liés à la valorisation du biogaz permettent de limiter les nuisances olfactives et les émissions d'ammoniac.

Quelques inconvénients méritent toutefois d'être soulignés.

La combustion de la biomasse amène des rejets de monoxyde de carbone voire d'autres particules fines et de goudron qu'il est nécessaire de contrôler. En outre, la valorisation énergétique par le biogaz provoque une acidification de l'air et une eutrophisation des eaux par apport d'azote et de phosphore.

Enfin, le risque d'approvisionnement en matière première est toujours susceptible de survenir en cas de pression de la demande ou de baisse soudaine de l'offre après un aléa conjoncturel (tempête,...).

Dans tout les cas, il convient d'exploiter les ressources à un rythme de production qui ne mette pas en péril la fertilité des sols, la biodiversité ou la production alimentaire mondiale, faute de quoi cette forme d'énergie perd son caractère renouvelable.

## ANALYSE DES CONTRAINTES

### Contraintes liées à la biomasse

#### Contraintes réglementaires

En matière de combustion de la biomasse, les principaux textes réglementaires sont :

- l'arrêté du 23 juin 1978 : installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, de bureaux ou recevant du public.
- l'arrêté du 25 juillet 1997 relatif aux prescriptions générales applicables aux ICPE soumises à déclaration sous la rubrique 2910 (dernière modification : arrêté du 4 juillet 2007).
- l'arrêté du 20 juin 2002 et du 30 juillet 2003 relatif aux chaudières présentes dans une installation nouvelle ou modifiée et dans une installation existante d'une puissance supérieure à 20 MW (dernière modification : arrêté du 13 juillet 2004 / arrêté du 31 octobre 2007).

Par ailleurs, en tant que matériau combustible, le stockage de bois rentre dans le cadre d'une ICPE si le volume stocké excède 1000 m³ (rubrique 1530). Dans ce cas, si le volume est compris entre 1000 et 20 000 m³, le régime est celui de la déclaration. Si le volume excède 20 000 m³, le régime est celui de l'autorisation.

<sup>26</sup>www.travaux-habitat.fr



En matière d'incinération de bois-déchets, on citera<sup>27</sup> notamment que « seuls les déchets et sous produits de bois non souillés peuvent être utilisés pour la valorisation énergétique dans des chaufferies à bois. Les déchets ou sous produits de bois peuvent être valorisés énergiquement au sein même de l'entreprise qui les produit. Les économies réalisées peuvent amortir l'achat d'une chaudière à bois (qui peut être combinée à un autre mode de chauffage).

Ainsi, il convient de distinguer le bois « propre », c'est-à-dire ni revêtu ni traité, et le « bois souillé », issu notamment de l'industrie de l'ameublement ou du bâtiment, susceptible de contenir des produits toxiques, tels que des composés organo-halogénés ou des métaux, qui doit être considéré comme un déchet.

Les prescriptions imposées à l'exploitant visant à prévenir les pollutions sont encadrées par différents arrêtés ministériels dont le préfet peut compléter les dispositions si les conditions locales spécifiques à l'installation le justifient.

Même lorsqu'il s'agit de bois propre, répondant à la définition communautaire de la biomasse, la combustion est source d'émissions de polluants atmosphériques, tels que les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures aromatiques polycycliques et les particules. Il apparaît indispensable que cette pollution soit maîtrisée, en particulier par la mise en œuvre le cas échéant de systèmes de dépollution des fumées. L'utilisation de bois comme combustible dans des chaudières dédiées, d'une puissance suffisante pour justifier économiquement la mise en œuvre de ces systèmes de dépollution des fumées, ne pose pas de problèmes particuliers.

Lorsqu'il s'agit de déchets de bois susceptibles de contenir des métaux toxiques ou des composés halogénés en raison de la mise en œuvre d'un traitement ou de la pose d'un revêtement, la rubrique 167c de la nomenclature des installations classées est pertinente. Les prescriptions techniques de l'arrêté ministériel du 10 octobre 1996 relatives aux installations d'incinération et de co-incinération de déchets industriels spéciaux doivent être respectées.

En d'autres termes les déchets de bois non traités peuvent être recyclés (broyage), valorisés en chaudière, et peuvent être traités ou incinérés en usines d'incinération de déchets non dangereux selon les filières d'élimination des déchets non dangereux. Leur mise en décharge est interdite ».

## Contraintes liées au biogaz

### Textes réglementaires

Différentes dispositions réglementaires s'appliquent à chacune des principales étapes du processus de valorisation : l'importation des déchets valorisables, l'activité intrinsèque de méthanisation et l'exportation énergétique. En matière d'importation des déchets valorisables, la réglementation provient du Code de l'Environnement avec la nomenclature ICPE. Le décret 2009-1341 du 29 octobre 2009 a créé la nomenclature « traitement biologique des déchets ». Le décret du 26 juillet 2010 y apporte quelques modifications, avec l'ajout du régime de l'enregistrement et l'ajout des effluents bruts agroalimentaires dans les matières susceptibles de relever de la rubrique 2781-1.

En matière d'activité intrinsèque de méthanisation, un régime d'autorisation est prévu en dehors du cas de méthanisation de moins de 30 tonnes de matière végétale brute, d'effluents d'élevage, de matières stercoraires ou de déchets végétaux de l'industrie agroalimentaire (rubrique ICPE 2781). Les arrêtés de déclaration et autorisation en novembre 2009 (complément de l'annexe déclaration publié le 12/12/2009 dans le BO du MEEDDM) indiquent des prescriptions applicables immédiatement aux nouvelles installations et aux installations existantes faisant l'objet d'une modification notable. L'arrêté d'enregistrement du 12 août 2010 donne les prescriptions applicables immédiatement aux nouvelles installations ; pour les installations existantes, la limite de teneur du biogaz en H<sub>2</sub>S est fixée à 300 ppm en sortie d'installation à compter du 21 août 2011.

La combustion ou l'élimination du biogaz non valorisées relève de la nomenclature 2910 B ou C de la nomenclature ICPE (P<sub>th</sub> > 100 kW). La combustion du biogaz issu d'une installation classée en 2781-1 relève de la rubrique 2910C, il convient donc de déclarer si le biogaz provient d'une installation soumise à déclaration. La torchère est obligatoire si aucune autre solution d'élimination ou de valorisation n'a pu être mise en place.

Le stockage du biogaz relève de la rubrique 1411 de la nomenclature ICPE (« gazomètres et réservoir de gaz comprimés renfermant des gaz inflammables » au-delà d'une tonne).

En matière d'exportation énergétique, l'arrêté du 10 juillet 2006 du ministère de l'économie, des finances et de l'industrie avait fixé les conditions d'achat d'électricité produite par les installations de biogaz. Les procédures pour le raccordement au réseau EDF et la signature d'un contrat d'achat ont été précisées et approuvées par les parties intéressées.

L'ANSES a émis en octobre 2008 un avis favorable à l'injection de biogaz dans le réseau général, bien après le feu vert de la directive européenne à ce sujet en 2003.

Pour chaque demande d'injection de biogaz, l'opérateur de réseau doit étudier le projet sous un certain nombre d'aspects impactant le réseau, afin de déterminer si l'injection est techniquement possible et économiquement viable :

- qualité du gaz et odorisation ;
- pression et capacité du réseau à absorber le débit de biométhane pendant les périodes creuses ;
- contrôle de l'injection (et des non conformités) ;
- comptage ;
- éléments économiques liés à la taille de l'unité et à la distance au réseau.

Les coûts d'achat de l'énergie produite à partir de méthanisation évoluent récemment depuis la parution du décret du 19 février 2011 promis dans la loi de modernisation agricole (LMA) de juillet 2010. Ce décret permet de connaître les nouveaux tarifs d'achat d'électricité et d'injection au réseau du biogaz et donne un fondement légal à l'activité de production du biogaz par des exploitants méthaniseurs.

Pour la production de chaleur, la vente de chaleur à un tiers privé n'est encadrée par aucun texte de loi. Il semble cependant nécessaire d'envisager des contrats sous seing privé avec actes notariés. La vente de chaleur à une collectivité publique ou à un réseau de chaleur peut faire appel à deux types de relations contractuelles selon le cas : le Code des marchés publics ou un contrat privé (guide ADEME)<sup>28</sup>.

Pour la cogénération, la réglementation résulte de celles de la vente d'électricité et de la production de chaleur.

Enfin, le digestat fait l'objet de deux statuts différents :

- le statut de produit (amendement organique, engrais) s'il respecte la norme NFU relative à la teneur en azote minéralisée grâce à une phase de maturation par compostage ;
- le statut de déchet dans le cas contraire dont la responsabilité du suivi relève du producteur. Il peut être utilisé pour l'épandage dans certains cas.

### Demande d'autorisation d'exploitation (DDAE)

Le déroulement de la procédure pour l'installation d'une unité de méthanisation<sup>29</sup> est le suivant :

- Dépôt du permis de construire (notification de dépôt de PC indispensable au dossier)
- Choix du moteur de cogénération (Fiches constructeur nécessaires pour l'étude)
- Constitution du dossier de demande de raccordement électrique EDF :
  - o Courrier décrivant le projet ;
  - o Fiche de collecte complétée ;
  - o Plan du projet et plan cadastral avec indication du point de livraison en BT (PDL) ;
  - o Notification du dépôt de PC ;
- Envoi du dossier complet au contact régional.

Plusieurs études technico-économiques peuvent être réalisées par ERDF :

- étude de faisabilité ;
- étude technique détaillée (chiffage définitif) ;
- proposition technique et financière définitive (si autorisation de construire).

Une étude dure 3 mois et est valable 3 mois. Le lancement des travaux nécessite un accord écrit du demandeur et le versement d'un acompte. Suite à l'étude et à la signature du contrat, la durée moyenne de réalisation des travaux de raccordement est de 6 à 8 semaines.

La procédure de raccordement électrique EDF (montage du dossier, proposition technique, négociation du contrat, réalisation des travaux et démarrage de la production électrique) dure en moyenne 8 mois.

<sup>27</sup> Schéma des énergies renouvelables du département des Ardennes



## ANALYSE DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT

### Etude des gisements mobilisables

#### Gisements régionaux et nationaux

La détermination des gisements en biomasse s'avère complexe pour trois raisons :

- les types de gisements sont assez variés (produits sylvicoles, agricoles, ménagers, industriels...).
- le périmètre des recherches est relativement étendu puisqu'il reste possible d'acheminer la biomasse bien que cela détériore le bilan énergétique et climatique global.
- les connaissances restent parfois floues faute d'études par secteur ou faute d'une bonne organisation des filières professionnelles.

Les études sont répertoriées sur le site suivant : <http://www.gisement-biomasse.fr/resultat.php>

Sur la partie bois-énergie qui est la plus couramment utilisée, on peut citer l'étude nationale de l'IFN, FBCA et Solagro a été réalisée pour l'ADEME en 2009 sur la biomasse forestière, populicole et bocagère disponible pour l'énergie en 2020. Les données suivantes illustrent les quantités de gisement bruts supplémentaires mobilisables en ressources bois énergie pour la région Nord-Pas de Calais (la production brute des usages actuels a été retranchée) :

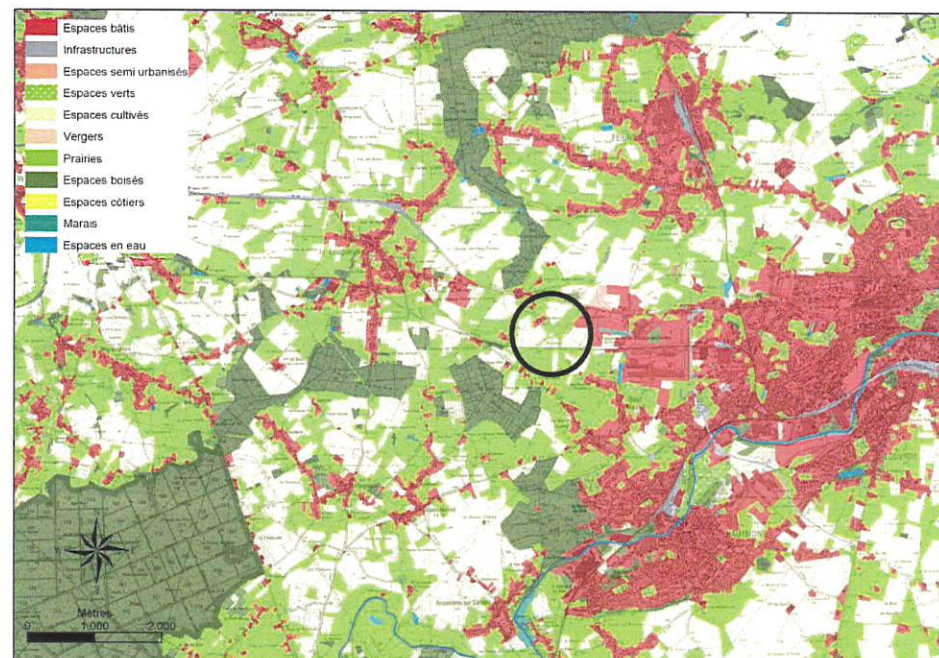
Type de ressource	Quantité (t/an)	Remarques
Ressource forestière	55 000 t/an	
Elagage (urbain et rural)	240 000 t/an	
Connexes de scieries	40 000 t/an	déjà captés et valorisés
Bois de rebut	2 000 t/an	
Entreprise de la seconde transformation	30 000 t/an	
Ressource en paille	220 000 t/an	

Compte tenu du potentiel de développement de cette forme d'énergie et de la demande actuelle, la situation des gisements de cette forme d'énergie est tout à fait positive.

#### Gisement directement mobilisable à proximité de la zone d'étude

La cartographie de l'occupation du site et de ses abords confirme que les gisements forestiers (en vert foncé) sont importants à proximité de la zone. La zone est aussi concernée par les gisements agricoles de cultures annuelles (en beige clair) et de prairies (matière organique liée à l'élevage).

A noter aussi que le PNR de l'Avesnois travaille dans la valorisation énergétique du bocage, qui sera d'ailleurs une composante paysagère forte du projet d'aménagement.



Occupation du sol simplifiée (réalisation Agence NOYON, source des couches : SIGALE NPDC, Scan25IGN)

Si la région Nord-Pas de Calais possède un ratio biomasse disponible sur nombre d'habitants moins favorable qu'ailleurs, en revanche la filière est bien structurée avec notamment des plateformes où s'approvisionnent des grands fournisseurs locaux.

L'acheminement de la ressource est un critère important dans le bilan énergétique global : il peut être envisageable de favoriser à proximité du site un travail avec les agriculteurs éleveurs, les forestiers et les entreprises générant des déchets fermentescibles sur la zone de Grévaux-les-Guides.



## PARC D'ACTIVITES DE GREVAUX-LES-GUIDES – ZA de « La Marlière »



## ANALYSE DE FAISABILITE ECONOMIQUE

### Analyse économique par les principes de valorisation thermochimique

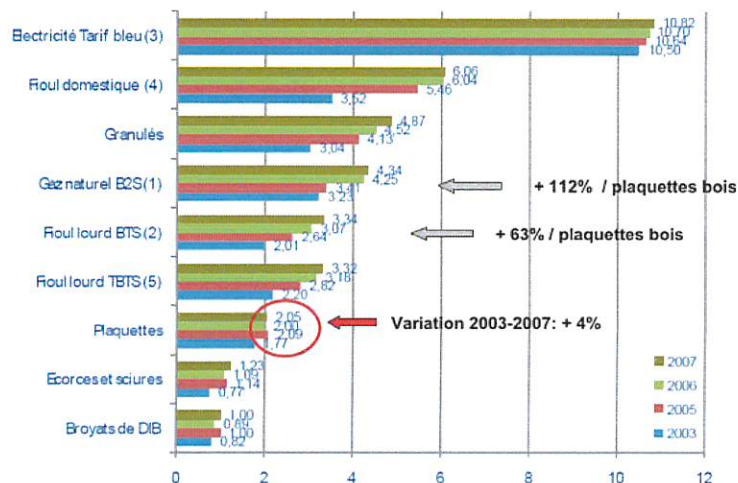
#### Coûts d'investissement

Globalement, les coûts initiaux d'investissement des systèmes à biomasse sont plus élevés que les coûts d'investissement des systèmes conventionnels à combustibles fossiles. Toutefois, à long terme, ils peuvent être plus rentables surtout si le prix des énergies fossiles s'accroît rapidement. Or, cela ne manquera pas d'arriver au cours des prochaines années compte tenu de leur raréfaction et de la hausse continue de la demande.

Les coûts d'investissement comprennent souvent trois postes :

- le coût de l'unité de production de chaleur et des tuyaux d'acheminement. Pour des petites unités de production suffisantes pour alimenter un ménage, les prix moyens tournent autour de 10k€ pour une chaudière à bois bûches, 13k€ pour une chaudière bois-granulés et 20k€ pour une chaudière bois déchiqueté. Pour des installations de plus grandes puissances, l'ARENE cite des prix de 380 à 535 €/HT/kW (chaufferies de 100 à 500 kW), de 275 à 425 €/HT/kW (chaufferies de 500kW à 1MW) et de 230 à 305 €/HT/kW si la puissance est supérieure à 1 MW.
- le coût des études, de la pose et de l'entretien. A nouveau, les prix varient grandement en fonction de la taille considérée d'installation.
- le coût du combustible : en moyenne les produits dérivés du bois sont deux à trois fois moins chers que des énergies fossiles telles que le gaz ou le fioul. Leur cours est surtout peu sensible aux fluctuations au contraire de ceux du pétrole. Le graphique suivant donne une illustration de quelques prix par rapport aux combustibles fossiles :

Comparaison du prix des combustibles pour les collectivités locales  
(c€ TTC / kWh PCI livrés)



Source : Itebe pour 2003, Phoros pour 2005 et BASIC pour 2006 et 2007.

#### Rachat, aides et subventions disponibles

Les projets des collectivités locales ou des entreprises et la mise en place de réseaux d'approvisionnement biomasse peuvent être financés en partie par l'ADEME. Les réseaux de chaleur d'origine renouvelable peuvent bénéficier d'une TVA à 5,5 %. Il n'existe en revanche pas d'aides spécifiques au fonctionnement concernant le bois énergie comme moyen de chauffage.

Un contact avec les instances locales de l'Energie permettra de connaître en temps voulu les mécanismes d'aides et de subventions qui s'appliquent aux projets de chaudière à biomasse.

En matière de réseau de chaleur, il est enfin utile de rappeler l'existence du Fonds Chaleur qui n'est d'ailleurs pas propre à la biomasse. Il est destiné à l'habitat collectif, aux collectivités et à toutes les entreprises (agriculture, industrie, tertiaire). La gestion de ce fonds a été confiée à l'ADEME et s'est vue dotée d'une enveloppe d'un milliard d'euros sur 3 ans (2009-2011).

#### Temps de retour sur investissement

La détermination des temps de retour sur investissement est un exercice difficile compte tenu du manque d'information sur le projet d'aménagement et sur les besoins énergétiques des entreprises qui s'implanteront sur zone. La plupart des projets utilisant la combustion ou la méthanisation à partir de ressources renouvelables sont rentables et ont un temps de retour sur investissement positif par rapport à la durée de vie de l'installation.

L'enjeu se pose souvent sur l'importance du surcoût à l'investissement, mais cette question entraîne des réponses au cas par cas, et il n'est guère raisonnable de se prononcer à ce stade.

#### Conclusion :

Les procédés thermochimiques sont tout à fait éligibles, efficaces et rentables sur la zone d'activités.

Les procédés biochimiques (méthanisation des effluents et des rejets de l'industrie agroalimentaire) sont également éligibles sur la zone d'étude. L'hypothèse d'une valorisation énergétique des effluents est d'autant plus intéressante qu'il est probable que la quantité de rejets organiques d'un certain nombre d'entreprises de la zone de Grevaux Les Guides soit relativement importante en quantité et continue dans le temps.

Il est aussi possible de travailler avec le SMIAA et les agriculteurs afin d'envisager un projet commun.



## ETUDE DE FAISABILITE DES ENERGIES GEO / HYDRO / AEROTHERMIQUES

## INTRODUCTION

## Définition de la géothermie, de l'hydrothermie et de l'aérothermie

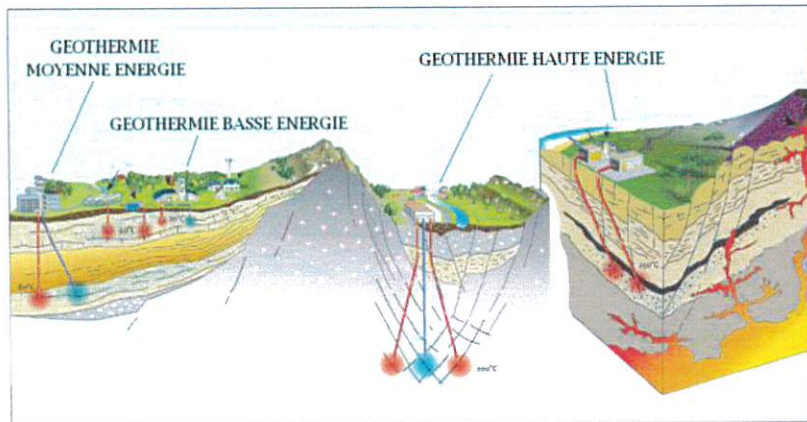
Définition de la géothermie

L'énergie géothermique désigne l'énergie stockée dans le sous-sol terrestre.

En France, la température s'accroît en fonction de la profondeur à raison moyenne de 3,3°C tous les 100 mètres. Ces gradients géothermiques s'expliquent par le flux d'énergie (60mW/m<sup>2</sup>) en provenance des couches internes terrestres. A faible profondeur, l'influence du rayonnement solaire prime néanmoins sur la diffusion thermique en provenance du centre de la Terre.

Nous n'aborderons dans cette étude que la première catégorie de géothermie :

- la géothermie des basses énergies (source inférieure à 30°C) ;
- la géothermie des moyennes énergies (source comprise entre 30 et 150°C) ;
- la géothermie des hautes énergies (source supérieure à 150°C).

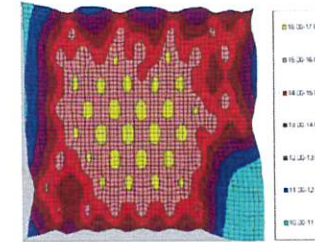


Typologie des différentes géothermies (source image : BRGM)

Description sommaire des procédés géothermiques aux basses énergies

Les pompes à chaleur géothermiques (PACg) permettent les transferts thermiques entre le sol et les pièces à chauffer/refroidir. Elles se composent :

- d'un circuit amont de capteurs où s'opèrent les échanges thermodynamiques avec le sol (source froide). Il s'agit de longs tuyaux en circuit fermé remplis d'un fluide caloporteur et d'un mélange d'anti-gel (type eau et glycol).
- d'un circuit interne comprenant un couple évaporateur/condenseur et un couple compresseur/détendeur.
- d'un circuit aval qui se matérialise par des émetteurs de chaleur dans le bâtiment (source chaude).



Thermographie du sous-sol après implantation de 17 sondes géothermiques

Définition de l'aérothermie

L'aérothermie repose sur le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur, mais les calories prélevées proviennent de l'air. Une PAC aérothermique (PACa) est éligible pour participer au chauffage et au refroidissement d'un bâtiment bien qu'un appoint soit absolument obligatoire. Elle fonctionne même par température négative : néanmoins, compte tenu de la conductivité thermique plus forte de l'air extérieur par rapport à celle des sols, le COP d'une PAC aérothermique est souvent moins bon qu'une PAC géothermique.

L'avantage est que ce système est simple à mettre en œuvre, et qu'il peut être couplé à une ventilation mécanique contrôlée. En revanche, il convient d'intégrer dans le bâtiment un réseau de gaines de soufflage, et l'aérothermie n'assure pas la totalité du chauffage. L'aérothermie ne permet pas de fournir en énergie pour l'eau-chaude sanitaire, et demande systématiquement un appoint.

La directive européenne énergie renouvelable 2009/28/CE réintroduit les PACa dans le champ des énergies renouvelables.

Définition de l'hydrothermie

L'hydrothermie repose sur le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur, mais les calories prélevées proviennent de l'eau. Dans cette étude, nous incluons donc dans le champ de l'hydrothermie les procédés qui récupèrent les calories des nappes phréatiques et des cours d'eau.

Lorsque les échanges thermodynamiques s'opèrent avec l'aquifère, on recourt à de longs tuyaux en circuit ouvert dans lesquels circulent l'eau de l'aquifère, qui transmet ensuite la chaleur à une autre boucle en circuit fermé via un échangeur intermédiaire. En sortie de l'échangeur intermédiaire, l'eau est injectée dans le même aquifère grâce à un second puits appelé puits d'injection.

Performance énergétique des pompes à chaleur

Une pompe à chaleur a besoin pour fonctionner d'une consommation d'électricité auxiliaire. On parle donc de coefficient de performance (COP) et non de rendement pour rendre compte du rapport entre l'énergie calorifique restituée sur l'énergie électrique consommée.

Dans des conditions standards de fonctionnement, les PAC géothermiques présentent par exemple des COP compris de 3 à 4. En instantané, le COP varie cependant constamment selon les paramètres réels d'utilisation, et selon le rapport entre température de la source froide et température de la source chaude.

La puissance d'une pompe à chaleur s'avère suffisante pour chauffer (ou refroidir pour une PAC réversible) une maison ou un petit édifice commercial. Cependant, plusieurs pompes à chaleur sont nécessaires pour chauffer de plus grands édifices.

Les retours d'expérience prouvent qu'en moyenne les PAC permettent de réaliser des économies de consommation de chauffage de 30 à 70% et de climatisation de 20 à 50%.

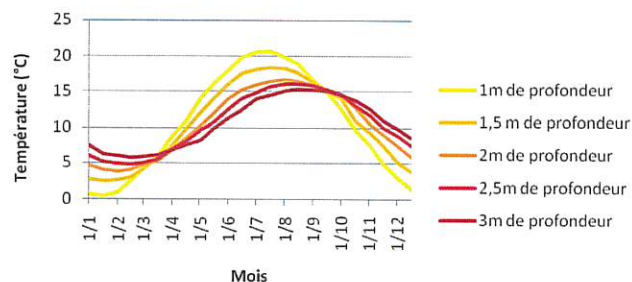


### Avantage et inconvénient des pompes à chaleur géo-, hydro- et aérothermiques pour l'environnement

Ces procédés présentent de nombreux avantages, dans la mesure où les calories de l'air, du sol et de l'eau, qui proviennent du rayonnement du Soleil et de l'énergie issue du centre de la Terre, sont disponibles pendant plusieurs milliards d'années.

Par ailleurs, ces procédés permettent une production et consommation in situ ce qui limite les pertes dues aux transports et les nuisances. Au niveau climatique, le recours à ces formes d'énergie est le plus souvent vertueux puisque seul l'appoint est potentiellement émetteur de gaz à effet de serre.

Enfin, contrairement aux énergies solaires et éoliennes par exemple, ces énergies (notamment géothermique et hydrothermique) présentent l'avantage d'être relativement continues dans le temps. Ceci s'explique par la faible conductivité thermique des sols, comme l'illustre le graphique ci-dessous :



Dans la rubrique des inconvénients, on peut citer le fait que certaines PAC contiennent un fluide frigorigène ayant un impact potentiel négatif sur l'environnement. Un traitement spécifique lors du démantèlement s'imposera donc en fin de vie de l'équipement. Le risque de contamination des nappes entre elles suite aux forages est enfin possible, ce qui nécessite la mise en place de règles draconiennes. Ces points sont abordés dans la partie réglementaire au chapitre V.2.

Enfin, quand l'appoint est important et que les COP ne sont pas élevés, le caractère renouvelable de l'énergie fournie par les PAC est contestable.

### ANALYSE DES CONTRAINTES

#### Contraintes techniques d'implantation sur site

##### Captage horizontal

Dans le cas des capteurs horizontaux, les paramètres de dimensionnement à prendre en compte concernent :

- le rayonnement solaire ;
- le climat ;
- la profondeur d'enfouissement de la boucle : l'enjeu pour les capteurs horizontaux consiste à trouver un compromis entre une faible profondeur d'enfouissement pour permettre une régénération des sols par le rayonnement solaire, et une profondeur suffisante pour éviter les contraintes de gel en hiver. Les règles à respecter sont donc les suivantes :

o un enfouissement des tubes entre 1 et 1,5 mètre, en boucles distantes d'au moins 40 centimètres entre elles.

o une distance minimum d'éloignement de 1,5 mètre pour les réseaux enterrés électriques, de 2 mètres pour les arbres, et de 3 mètres pour les autres ouvrages (puits, fondations, fosses septiques...). La cohabitation avec les pelouses, massifs de fleurs ou buissons est possible ;

- les caractéristiques du sol (diffusivité, humidité, etc.) : une perméabilité du sol au dessus du capteur et une absence de réseau d'eau (risque de gel). En cas de sol très argileux, il est préférable d'installer les capteurs sur des remblais. Par ailleurs, pour les besoins en refroidissement, l'humidité du sol est un paramètre à ne pas

négliger puisque le sol est alors chauffé par les capteurs : si le sol est argileux ou qu'il n'est pas suffisamment humide, il existe un risque de dessèchement en période estivale avec la formation d'espaces entre le sol et les tubes. Au final, la chaleur que l'on peut espérer extraire du sol varie entre 10 et 40 W.m<sup>-2</sup>. Toutefois, en cas de périodes froides longues et intenses, il est nécessaire de tabler sur une quantité d'énergie à récupérer au-delà de 50 kW.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> à 0 à 70 kW.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>.

- les caractéristiques de l'échangeur.

A ces contraintes de dimensionnement, d'autres contraintes de pose s'ajoutent :

- la surface disponible en espace sans construction ou terrassement ;
- la chronologie de pose : il est plus facile d'excaver un terrain avant ou pendant la construction d'un nouveau bâtiment qu'a posteriori. Cela ne pose pas de difficulté particulière pour le projet étudié ;
- les compétences de l'installateur dans la mesure où le dimensionnement du système est primordial.

##### Captage vertical sur sol et aquifère

Les capteurs verticaux, en puisant plus profondément dans le sol, sont plus efficaces énergétiquement que les capteurs horizontaux. Le mode de captage vertical constitue par ailleurs un palliatif lorsque les capteurs horizontaux ne peuvent pas être installés (substrat rocheux, ...).

La géothermie verticale présente l'avantage d'être peu consommatrice en foncier par rapport à la géothermie horizontale, il n'existe donc pas de contraintes spatiales pour le projet étudié. En revanche, les contraintes techniques sont plus nombreuses : il faut ainsi s'assurer que l'on ne creuse pas dans un système karstique ou sur socle, et il faut s'assurer que l'on ne contamine pas les nappes. Les deux premiers points sont exclus sur le secteur d'études.

#### Contraintes réglementaires pour la géothermie et l'hydrothermie

##### Code de l'Environnement

En cas de captage sur aquifère, une première distinction doit être opérée suivant la quantité d'eau captée par le procédé géothermique. L'article R214-5 du Code de l'Environnement spécifie qu'« est assimilé à un usage domestique de l'eau tout prélèvement inférieur ou égal à 1 000 m<sup>3</sup> d'eau par an, qu'il soit effectué par une personne physique ou une personne morale et qu'il le soit au moyen d'une seule installation ou de plusieurs ».

Si le prélèvement est inférieur à 1000 m<sup>3</sup>/an, il n'est pas prévu de régime d'autorisation ou de déclaration.

Si le prélèvement est supérieur à 1000 m<sup>3</sup>/an, l'article 214-1 du Code de l'Environnement s'applique :

« 1.1.1.0 : Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau sont soumis à DECLARATION ;

1.1.2.0 : Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :

1° supérieur ou égal à 200 000 m<sup>3</sup>/an : soumis à AUTORISATION ;

2° supérieur à 10 000 m<sup>3</sup>/an mais inférieur à 200 000 m<sup>3</sup>/an : soumis à DECLARATION.

Ces seuils sont abaissés dans le cas de zone où des mesures permanentes de répartition quantitatives ont été instituées : zone de répartition des eaux conformément à la rubrique 1.3.1.0 :

• capacité supérieure ou égale à 8 m<sup>3</sup>/heure : soumis à AUTORISATION.

• pour les autres cas : soumis à DECLARATION. [...]

5.1.1.0. Réinjection dans une même nappe des eaux prélevées pour la géothermie, l'exhaure des mines et carrières ou lors des travaux de génie civil, la capacité totale de réinjection étant :

1° Supérieure ou égale à 80 m<sup>3</sup> / h : soumis à DECLARATION.

2° Supérieure à 8 m<sup>3</sup> / h, mais inférieure à 80 m<sup>3</sup> / h : soumis à DECLARATION.

5.1.2.0. Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques : soumis à AUTORISATION. »

Les déclarations et les demandes d'autorisation sont à effectuer en préfecture conformément aux articles R214-6 à 56. Une autorisation minière vaut autorisation au titre du Code de l'Environnement (décret n°2006-649). Il existe enfin trois arrêtés du 11 septembre 2003 (selon la catégorie de déclaration ou d'autorisation) pris en application des articles R.211-1 et suivants du Code de l'Environnement.



Code général des collectivités territoriales

Tout particulier utilisant ou souhaitant réaliser un ouvrage de prélèvement d'eau souterraine (puits ou forage) à des fins d'usage domestique doit déclarer cet ouvrage ou son projet en mairie, conformément au décret n°2008-652 du 2 juillet 2008 et à l'arrêté du 17 décembre 2008).

Code minier

Selon l'article 131 du Code minier, « toute personne exécutant un sondage, un ouvrage souterrain, un travail de fouille, quel qu'en soit l'objet, dont la profondeur dépasse dix mètres au-dessous de la surface du sol, doit être en mesure de justifier que déclaration en a été faite à l'ingénieur en chef des mines ».

Par ailleurs, les gîtes géothermiques sont divisés en trois catégories (article 3) :

- gîtes à haute température (supérieur à 150°C),
- gîtes à basse température (inférieur à 150°C),
- gîtes de minime importance.

Les gîtes à basse température relèvent des articles 98 à 103 du Code minier : l'obtention d'un permis de recherche ou d'exploitation minière doit être délivrée par le Préfet.

Enfin, les gîtes géothermiques dits de « minime importance » concernent les forages inférieurs à 100 mètres pour un débit calorifique inférieur à 200 thermies/h par rapport à une température de référence de 20°C. Ils sont exemptés de réglementation minière conformément à l'article 17 du décret n° 78-498 du 28 mars 1978.

**ANALYSE DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT****Gisement exploitable par géothermie, hydrothermie et aérothermie**Données d'entrées climatiques

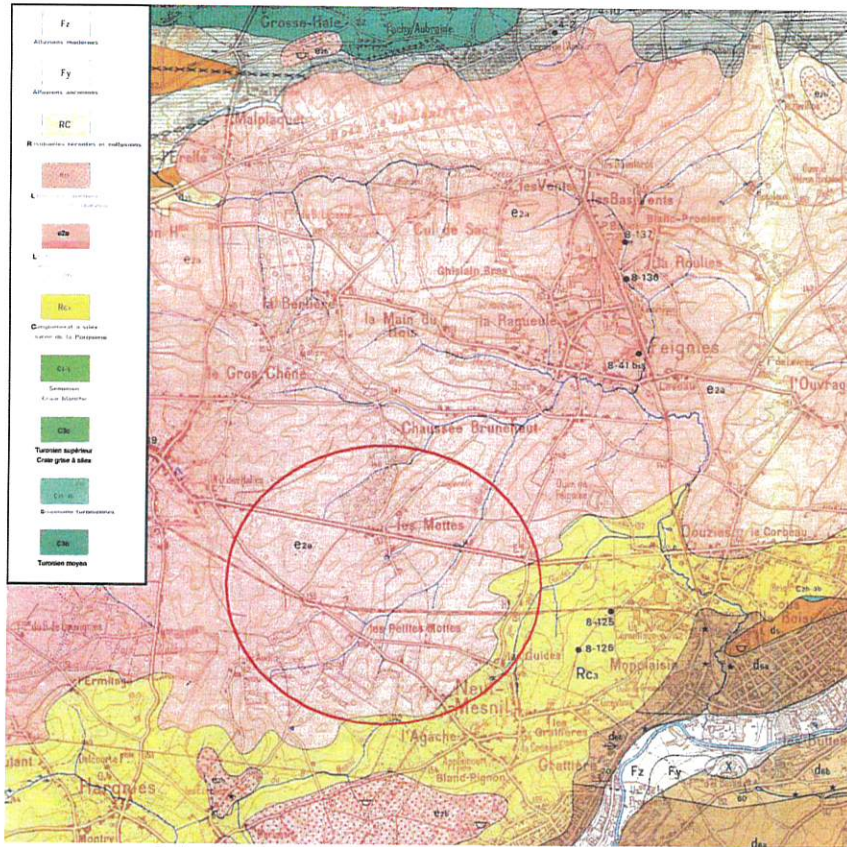
Les données climatiques sont définies dans la première partie de l'étude et sont rappelées ici pour mémoire :

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Date	La température la plus élevée (°C)												
	Records établis sur la période du 01-02-1987 au 07-05-2007												
	14.9	18.3	21.8	27.5	30.6	32.4	35.9	37.2	30.8	26.1	21.8	16.0	37.2
	14-1996	20-1990	24-2003	15-2007	12-1998	17-2002	19-2006	12-2003	20-2003	12-1990	12-1996	07-2000	2008
	Température maximale (moyenne en °C)												
Tx >= 30°C	6.7	7.6	11.2	14.4	18.9	20.6	23.5	24.2	19.8	15.2	9.5	6.8	14.9
	Température moyenne (moyenne en °C)												
	4.3	4.7	7.5	9.7	13.8	15.8	18.4	18.7	15.4	11.5	6.7	4.5	10.9
	Température minimale (moyenne en °C)												
	1.8	1.7	3.8	5.1	8.6	10.9	13.2	13.2	11.0	7.8	3.8	2.2	6.9
Date	La température la plus basse (°C)												
	Records établis sur la période du 01-02-1987 au 07-05-2007												
	-13.2	-12.8	-8.0	-4.9	-0.9	1.1	5.4	5.9	2.1	-6.2	-10.1	-11.6	-13.2
	01-1997	07-1991	04-2006	06-2003	06-1996	02-2006	07-1996	26-1998	22-1997	24-2003	23-1998	29-1996	1997
	Nombre moyen de jours avec												
Tx >= 30°C	-	-	-	-	0.1	0.9	2.9	2.9	-	-	-	-	6.7
Tx >= 25°C	-	-	-	0.3	4.4	5.5	10.7	12.8	2.9	0.1	-	-	36.7
Tx <= 0°C	1.5	1.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.6	1.6	4.9
Tn <= 0°C	9.8	8.6	4.9	2.4	0.1	-	-	-	-	1.0	6.0	9.7	42.4
Tn <= -5°C	2.1	1.6	0.2	-	-	-	-	-	-	0.1	0.9	1.8	6.9
Tn <= -10°C	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.7
Tn : Température minimale, Tx : Température maximale													
Date	La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm)												
	Records établis sur la période du 01-04-1987 au 07-05-2007												
	31.6	24.4	34.0	21.4	37.4	50.8	51.2	44.8	22.4	38.2	51.0	28.4	51.2
	27-2002	12-2002	07-1989	26-2003	08-2006	04-2002	02-1996	29-1996	26-1991	07-1987	09-1988	20-1993	1996
	Hauteur de précipitations (moyenne en mm)												
Rx >= 1 mm	51.0	43.0	46.9	43.2	50.5	64.9	70.5	56.0	55.3	63.5	62.1	65.9	672.8
Rx >= 5 mm	Nombre moyen de jours avec												
Rx >= 10 mm	10.5	9.4	10.2	9.9	9.4	10.8	10.1	7.9	9.6	10.5	11.5	11.6	121.3
	3.5	3.3	3.0	2.7	3.5	4.1	4.8	3.9	3.8	4.1	4.5	4.7	45.9
	1.2	0.4	0.7	1.2	1.0	1.8	2.3	1.7	1.5	1.7	1.3	2.0	16.7
Rx : Hauteur quotidienne de précipitations													
	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)													
	424.9	378.9	325.2	248.9	139.5	80.4	30.9	27.2	85.4	202.7	339.8	418.4	2700.2
Rayonnement global (moyenne en J/cm²)													
Données non disponibles													
Durée d'insolation (moyenne en heures)													
Données non disponibles													
Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation													
Données non disponibles													
Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm)													
Données non disponibles													



Données d'entrées géologiques

La consultation de la carte géologique sur le secteur du Quesnoy indique que le site étudié repose sur des couches de sables : Les sables glauconieux du landénien inférieur (e2a). De faciès marin, cet étage comprend des sables fins quartzux et glauconieux de 30 m environ. Plus à l'est, l'épaisseur est de 4 à 5 m.



Carte géologique de LE QUESNOY – 1/50000ème (Source : BRGM).

L'étude géotechnique réalisée par le bureau d'études SEF en juillet 2010 présente une coupe générale de type :

- formation remaniée de surface (terre végétale sur 30 à 40 cm)
- horizons de recouvrement d'âge Pleistocène (limons) : silt sableux à sablo-argileux. (de 2 à 6 m). Les teneurs en eau de ces limons sont modérées en tête à assez élevées en profondeur, en particulier avec la tendance plus argileuse :  
silt sableux à sablo-argileux  $19,1 < W\% < 27,7$   
silt argilo-sableux  $28,8 < W\% < 31,7$
- formations d'âge Landénien, dépôts argileux puis sableux, trouvées à partir de 2.5 à 6m. Les teneurs en eau naturelle sont assez élevées :  $28,6 < W\% < 35,5$ . Les horizons sablonneux ont une teneur en eau modérée :  $W = 22,4\%$
- Substratum marno-crayeux du Turonien, trouvé à partir de 5 à 8.5m. Ces horizons ont une teneur en eau de l'ordre de 25%.

Données d'entrée hydrogéologiques

Niveau de la nappe :

Dans les piézomètres mis en place, le niveau de la nappe a été relevé, le 14 juin 2010, aux profondeurs suivantes :

zone	pied de versant Nord		pied de versant Sud	
sondages	S1	S3	PR12	S16
profondeur de la nappe/TN	2,6 m	2,5 m	3,2 m	3,2 m

On peut également faire état des niveaux d'eau suivants au droit des autres carottages, en soulignant bien le fait que ces observations instantanées ne correspondent pas à des niveaux d'eau stabilisés.

sondages	S2	S14	S15
profondeur/TN du niveau d'eau	3,5 m	3,5 m	3,5 m

Il faut remarquer que des niveaux d'eau n'ont été mis en évidence qu'en pieds des versants.

Cette nappe doit être sujette à des fluctuations saisonnières assez sensibles.

Le suivi des piézomètres, tel que programmé, permettra de préciser les amplitudes de ces fluctuations.

Source : Etude géotechnique réalisée par le bureau d'études SEF en juillet 2010

En ce qui concerne l'opportunité de la géothermie sur nappe, une étude devrait être menée afin de déterminer le débit et la salinité de la nappe.

Potentiel de production par captage horizontal

Au vu des contraintes pour la pose des capteurs horizontaux et de la nature du sol (cf. paragraphes précédents), nous pouvons conclure que la géothermie horizontale est éligible sur le site d'étude.

En matière de dimensionnement, les analyses ne sont pas évidentes compte tenu du nombre de paramètres d'incertitudes (surface disponible pour la pose, type d'échangeur, etc.).

Les formules de calcul qui s'appliquent pour connaître les longueurs nécessaires de tuyaux sont pour les besoins en refroidissement (1) et en chauffage (2) :

$$L = \frac{Q_{ref} \left( \frac{EER+1}{EER} \right) (R_{sol} - R_{tuyauxFCP})}{T_{max\text{ entrée fluide}} - T_{max\text{ sol}}} \quad (1)$$

$$L = \frac{Q_{ch} \left( \frac{COP-1}{COP} \right) (R_{sol} - R_{tuyauxFCP})}{T_{min\text{ sol}} - T_{min\text{ entrée du fluide}}} \quad (2)$$

Si nous prenons : Température maximale d'entrée du fluide:  $T_{max\text{ entrée}} = 28^\circ\text{C}$  Température minimale du sol:  $T_{min\text{ sol}} = -1^\circ\text{C}$  Température maximale du sol:  $T_{max\text{ sol}} = 15^\circ\text{C}$  Température moyenne du sol en profondeur:  $T_{sol} = 9^\circ\text{C}$  Température du sol en surface:  $T_{sol} = 15^\circ\text{C}$  Durée annuelle de fonctionnement à pleine charge: 1200 heures, nous pouvons estimer qu'entre 32 à 55 mètres de capteurs sont nécessaires pour une puissance d'un kilowatt.

Potentiel de production par captage vertical sur matrice sol

Les retours d'expérience de plusieurs installateurs convergent vers une possibilité de puissance supérieure à 30W par mètre de forage pour des argiles humides. Ainsi, deux forages de 100 mètres peuvent permettre de fournir environ entre 6 et 10kW de puissance.



Type de terrain	Puissance spécifique extraite	
Valeurs générales indicatives	1 800 h/an	2 400 h/an
Sous-sols pauvres (sédiments secs)	25 W/m	20 W/m
Sous-sols normalement rocheux et sédiments saturés en eau	60 W/m	50 W/m
Roches consolidées à conductivité thermique élevée	84 W/m	70 W/m
Roches spécifiques		
Graviers et sables secs	< 25 W/m	< 20 W/m
Graviers et sables saturés en eau	65 à 80 W/m	55 à 65 W/m
<b>Argile humide</b>	<b>35 à 50 W/m</b>	<b>30 à 40 W/m</b>
Calcaire massif	55 à 70 W/m	45 à 60 W/m
Grès	65 à 80 W/m	55 à 65 W/m
Granite	65 à 85 W/m	55 à 70 W/m
Basalte	40 à 65 W/m	35 à 55 W/m
Gneiss	70 à 85 W/m	60 à 70 W/m

En termes de production, le rendement énergétique sur la zone est donc intéressant. Les difficultés sont d'ordre financier avec un coût de forage important comme cela sera détaillé ultérieurement.

#### Potentiel de production par captage vertical sur aquifère

Comme vu ci-dessus, seule une étude plus approfondie par un bureau d'études spécialisé en géothermie pourra néanmoins confirmer ou non l'intérêt d'utiliser la nappe.

#### Gisement exploitable par hydrothermie sur cours d'eau

Le site est entouré de deux cours d'eau mais à faible débit. Cette piste n'est donc pas opportune.

#### Gisement exploitable par aérothermie

Les pompes à chaleur aérothermiques sont peu intéressantes lorsque la température de l'air varie très fortement au cours de l'année et descend bas en hiver. En dessous de 3°C, leurs performances sont nettement diminuées. C'est pourquoi ces systèmes sont généralement conseillés dans des zones à climat doux.

Les conditions climatiques de l'Avesnois se prêtent donc assez peu à une exploitation par aérothermie.

#### Synthèse

Les études de dimensionnement ne restent pas possibles pour l'instant dans la mesure où il est nécessaire au préalable de mieux appréhender les besoins énergétiques du site (simple chauffage d'eau chaude sanitaire, procédés industriels).

Le tableau suivant permet de récapituler les avantages et les inconvénients des différents procédés de pompes à chaleur.

	PAC sol/sol	PAC eau/eau	PAC air/eau	PAC air/air
<b>ECS</b>	possible	possible	préchauffage ou production possible	non possible
<b>Appoint</b>	non nécessaire	non nécessaire	intégré au système, plus ou moins sollicité	toujours nécessaire
<b>Avantages</b>	simple coût limité adapté aux climats rigoureux	adapté aux climats rigoureux peu de fluide frigorigène adaptation à un réseau de chauffage central existant	simple coût limité peu de fluide frigorigène adaptation possible à un réseau de chauffage central	simple peut être couplé avec une VMC (ventilation mécanique contrôlée)
<b>Inconvénients</b>	quantité de fluide frigorigène nécessite une solide expérience de l'installateur PAC sol/sol : technologie de plancher spécifique	plus coûteux	nécessite l'utilisation de modèles très performants pour des climats rigoureux niveau de bruit à vérifier	nécessite le passage d'un réseau de gaines de soufflage n'assure pas la totalité du chauffage



## ANALYSE ECONOMIQUE

## Analyse des coûts

Coûts d'investissement

En matière de pompes à chaleur géothermique, l'investissement initial est onéreux. Les capteurs au sol verticaux sont plus chers à installer que les capteurs horizontaux, mais nécessitent relativement moins de tuyaux à cause de la stabilité des températures du sol, et présentent des rendements meilleurs.

Il faut ainsi compter en moyenne 8500€ pour une pompe sol/sol avec captage horizontal assurant le chauffage de 100m<sup>2</sup> bien isolés. Ce montant passe à 15 000€ environ si le sondage est vertical.

Si l'installation nécessite un forage (capteurs verticaux – utilisation d'un aquifère), il faut tenir compte de son coût, qui peut être très élevé. Hors système de PAC, il faut compter 90 € par mètre foré en terrain sédimentaire, et 50 € par mètre en terrain cristallin. Ainsi, un forage de 100 m en terrain sédimentaire représente un coût de 9000 €.

Pour une géothermie sur nappe, les forages sont moins chers, mais il faudra rajouter une pompe à eau immergée et un 2e forage pour les rejets.

Les systèmes d'échangeur avec un aquifère ne sont cependant pas utilisés lorsque la nappe phréatique est particulièrement profonde puisque la puissance de pompage requise rend alors le système très coûteux.

	PAC sol/sol	PAC eau/eau	PAC air/eau	PAC air/air
<b>Investissement</b>	70 à 100€ TTC/m <sup>2</sup> chauffé (hors ECS et rafraîchissement) en horizontal 140 à 180 € TTC/m <sup>2</sup> chauffé en captage vertical	85€ à 135€ /m <sup>2</sup> TTC (rafraîchissement)	65 à 90€ / m <sup>2</sup> TTC (chauffé et rafraîchi)	60 à 90€ / m <sup>2</sup> TTC (chauffé et rafraîchi)

Coûts de maintenance et d'entretien

Les coûts d'entretien sont faibles. Selon le BRGM et l'ADEME, il faut compter 2,3 à 3,5 € par m<sup>2</sup> et par an quelle que soit la typologie des capteurs. D'autres retours d'expériences d'installateurs font état d'un coût de 300€ pour 100m<sup>2</sup> chauffés, ce qui paraît cohérent avec les ratios du BRGM et de l'ADEME.

	PAC sol/sol	PAC eau/eau	PAC air/eau	PAC air/air
<b>Fonctionnement</b>	2,3 à 3,5 € TTC/m <sup>2</sup> .an	2,3 à 3,5 € TTC/m <sup>2</sup> .an	2,5 à 3,7€ TTC/m <sup>2</sup> .an	2,5 à 3,7€ TTC/m <sup>2</sup> .an

## Temps de retour sur investissement

Pour les capteurs verticaux, le coût initial du forage influe grandement sur le temps de retour sur investissement et il est préférable d'effectuer des calculs au cas par cas. En cas d'installation correcte et proche d'un gisement intéressant, les temps de retour sur investissement sont néanmoins intéressants, sous les 10 ans.

Le temps de retour sur investissement est d'environ 8 à 10 ans pour les capteurs horizontaux sur le site d'étude.

## Conclusion :

Certains potentiels énergétiques peuvent être exploités pour le chauffage ou le rafraîchissement des bâtiments de la ZA. C'est notamment le cas :

- de la géothermie par sonde verticale qui est éligible avec des productions énergétiques significatives mais un coût d'investissement initial important.
- de la géothermie par captage horizontal qui est également éligible mais cette donnée est à vérifier
- la géothermie sur nappe dont l'opportunité est à vérifier

En revanche, il est préférable d'écarter les procédés suivants :

- l'hydrothermie sur cours d'eau, au regard des débits des cours d'eau attenants,
- l'aérothermie qui est éligible mais ne permet pas de production énergétique significative.

Les solutions les plus intéressantes sont pour la plupart des solutions d'appoint : elles sont guère compatibles avec les besoins continus et importants en froid souhaités par des industries. Cela dépendra donc des entreprises qui prendront place.



## ETUDE DE FAISABILITE POUR LES ENERGIES DE RECUPERATION ET POUR LA MISE EN PLACE D'UN RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID

### INTRODUCTION

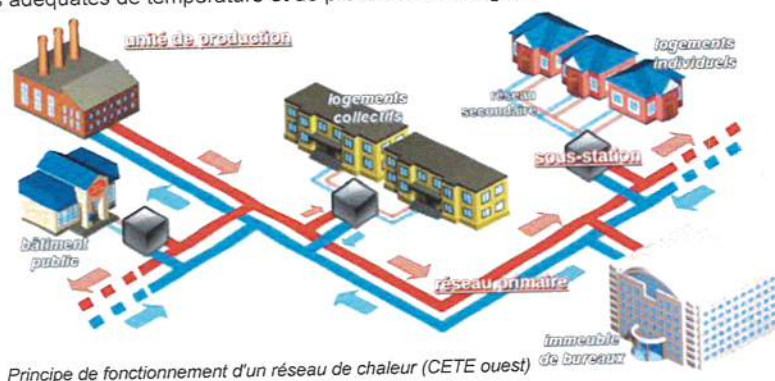
L'article 128-4 du Code de l'Urbanisme demande l'étude de « l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération ».

### Définition

#### Réseau de chaleur ou de froid

Un réseau de chaleur ou de froid se compose de trois ensembles :

- une unité de production de chaleur/froid à partir d'énergies fossiles (fioul, gaz...) d'énergies renouvelables (biomasse, géothermie)...
- un réseau primaire de canalisations qui transporte la chaleur ou le froid ;
- des postes de livraison ou sous-stations qui recueillent le chaleur/froid avant de le distribuer aux conditions adéquates de température et de pression aux usagers.



Principe de fonctionnement d'un réseau de chaleur (CETE ouest)

#### Energie de récupération

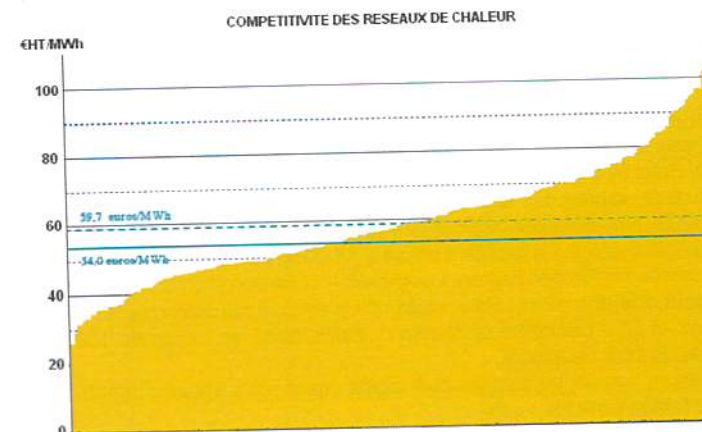
L'énergie de récupération est l'énergie thermique qui peut être remployée à partir de procédés industriels (énergie résiduelle) ou à partir de la décomposition de certaines matières organiques (eaux usées notamment).

#### Avantage pour l'environnement et l'économie

La plupart des réseaux de chaleur ont recours, au moins pour partie, aux énergies fossiles, notamment au gaz. Néanmoins, les nouveaux réseaux de chaleur proposent de plus en plus systématiquement dans le mix énergétique part en énergie renouvelable, le plus souvent à base de biomasse ou de géothermie, en gardant une part d'énergie fossile pour l'appoint en cas de pic de la demande.

La mutualisation et la centralisation de la production d'énergie permet souvent de réaliser des gains d'échelles importants, de diminuer les rejets atmosphériques et d'augmenter une part de risque par l'absence d'installations de combustion dans les bâtiments desservis.

Sur le plan économique, les réseaux de chaleur sont globalement compétitifs grâce aux gains d'échelle qu'ils entraînent. Le graphique suivant donne une illustration de cette compétitivité<sup>35</sup> :



Comparatif du coût de revient au kWh de réseaux de chaleur

#### CONTEXTE REGLEMENTAIRE

L'article 85 de la loi dite du Grenelle 2 instaure une évolution en matière de réseaux de chaleur et de froid par rapport à la loi n° 80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur. Une collectivité territoriale peut classer un réseau de distribution de chaleur et de froid existant ou à créer, situé sur son territoire, sous certaines conditions :

- si le réseau est alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération ;
- si un comptage des quantités d'énergie livrées par point de livraison est assuré ;
- si l'équilibre financier de l'opération pendant la période d'amortissement des installations est assuré au vu des besoins à satisfaire, de la pérennité de la ressource en énergie renouvelable ou de récupération, et compte tenu des conditions tarifaires prévisibles.

Selon le CERTU, « le classement est prononcé par délibération de la collectivité ou du groupement de collectivités pour une durée déterminée qui ne peut excéder 30 ans. Le classement est abrogé par délibération lorsque l'une des 2 premières conditions précédemment énumérées n'est plus respectée. La décision de classement précise la zone de desserte du réseau et définit sur tout ou partie de la zone de desserte du réseau un ou plusieurs périmètres de développement prioritaire. Ces périmètres doivent être compatibles avec les dispositions des documents d'urbanisme en vigueur. « Les réseaux existants doivent faire l'objet d'un audit énergétique examinant les possibilités d'amélioration de leur efficacité énergétique.

Au sein des périmètres de développement prioritaire, toute installation d'un bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants excédant un niveau de puissance de 30 kW entraîne l'obligation de se raccorder au réseau concerné, sauf dérogation accordée par la collectivité ou le groupement de collectivités. Cette dérogation ne peut être accordée que lorsque les installations visées ne peuvent être raccordées au réseau dans des conditions techniques ou économiques satisfaisantes ou dans le délai nécessaire pour assurer la satisfaction des besoins des usagers. Un décret du Conseil d'État précisera notamment le ou les seuils des décisions de dérogation à l'obligation de raccordement, ainsi que les notions de bâtiment neuf ou faisant l'objet de travaux de rénovation importants. »

Si le réseau énergétique n'est pas classé, l'aménageur peut préconiser le raccordement dans le cadre d'un cahier des charges de cession de terrain ou d'une charte de qualité environnementale.

<sup>35</sup> Source : ADEME, Yann Oremus - enquête annuelle SNCU 2006 sur 231 réseaux



#### A.1 FAISABILITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR OU DE FROID SUR SITE

Le déploiement d'un réseau de chaleur ou de froid sur site est conditionné par trois paramètres :

- L'existence de besoins énergétiques importants et connus ;
- L'existence de gisements énergétiques suffisants et pérennes ;
- L'existence de marges de manoeuvre financières.

##### A.1.1 Existence de besoins énergétiques sur zone

La première partie de l'étude a permis de quantifier en première approche les besoins énergétiques pour la future ZA dans des hypothèses de remplissage maximum.

Cette évaluation reste très approximative compte tenu des nombreuses incertitudes en jeu.

Il est difficile de conclure qu'il existe des besoins énergétiques suffisants pour installer un réseau de chaleur et de froid sur zone.

Ce type de réseau fonctionne souvent à plein régime avec des unités d'appoint en cas de pic de consommation. La difficulté revient donc à dimensionner de façon optimale le réseau : or, cette donnée est compliquée par le fait que le remplissage de la zone se fait au fil de l'eau. Il sera donc intéressant de faire venir en premier lieu les entreprises les plus énergivores et de dimensionner en fonction de leurs besoins énergétiques le réseau potentiel, en travaillant aussi avec les entreprises en place et notamment sur le secteur Longenelles sud et nord.

##### A.1.2 Existence de gisements énergétiques suffisants et pérennes

Les chapitres précédents tendent à montrer qu'il existe des gisements suffisants en biomasse pour alimenter un réseau. En revanche, les énergies éoliennes et géothermiques sont peu (voir pas) éligibles.

L'énergie solaire ne paraît pas non plus éligible, bien qu'à l'avenir on puisse envisager des réseaux de chaleur à partir de cette énergie.

Lors de l'élaboration de l'étude, nous n'avons pas eu connaissance des besoins énergétiques des entreprises alentours. Un contact devra être pris avec ces entreprises afin d'estimer si des émissions de chaleur seraient récupérables pour un tel réseau.

##### A.1.3 Existence de marges de manoeuvre financières et montage

Ce point n'est pas connu dans le cadre de cette étude.

#### A.2 FAISABILITE DU RACCORDEMENT A UN RESEAU DE CHALEUR / FROID EXISTANT A PROXIMITE

Un contact devra être pris avec les entreprises alentours afin d'estimer si des émissions de chaleur seraient récupérables pour un tel réseau.

#### Conclusion :

Il serait intéressant de se pencher sur la possibilité de réalisation d'une unité de production en disposant de sources énergétiques multiples, avec production conjointe de chaud, de froid et d'électricité. Cela dépendra bien sûr du type d'entreprise qui prendra place.



## 8.1 - Conclusion

Le tableau ci-dessus récapitule les potentiels de développement énergétique des différentes énergies renouvelables étudiées.

	CONTRAINTES TECHNIQUES ET REGLEMENTAIRES	GISEMENT ENERGETIQUE	CAPACITE DE PRODUCTION	TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT	SYNTHESE
PETIT EOLIEN	+	-	-	-	-
MOYEN EOLIEN	-	-	-	+	-
GRAND EOLIEN	0				0
PHOTOVOLTAIQUE TOITURE	++	+/-	+	+	+
PHOTOVOLTAIQUE SOL	0				0
SOLAIRE THERMIQUE (donc climatisation)	++	+/-	++	+/-	+
THERMOCHIMIQUE (COMBUSTION)	+	+/-	+	+	+
BIOCHIMIQUE (METHANISATION)	+/-	++	++	+	+
GEOthermie HORIZONTALE	++	+/-	+/-	+	+
GEOthermie VERTICAL SOL	+/-	+?	+?	+/-	+?
GEOthermie VERTICAL EAU/(hydrothermie nappe)	+/-	+?	+/- ?	+	+/- ?
AEROTHERMIE	++	-	0	+	-
HYDROTHERMIE	0				0
ENERGIE DE RECUPERATION PROCEDES INDUSTRIELS	+/-	?	?	?	?

- Le petit et moyen éolien peut représenter une source énergétique, toutefois, ce secteur est relativement peu venteux, c'est pourquoi il apparaît plus opportun d'étudier en priorité d'autres sources énergétiques.
- Le grand éolien n'est pas envisageable au regard du schéma éolien territorial
- Le photovoltaïque sur toiture apparaît potentiellement intéressant, notamment au regard des grandes surfaces de bâtiments qui seraient créées
- Le photovoltaïque au sol apparaît peu opportun au regard du projet et donc de l'occupation du sol souhaitée
- Le solaire thermique apparaît aussi intéressant à partir du moment où il se situe en toiture
- Le thermochimique apparaît potentiellement intéressant au regard du secteur boisé et bocager et du réseau d'acteurs en place sur ce territoire.
- Le biochimique apparaît aussi une source énergétique assez intéressante au regard des caractéristiques du territoire : la forte part d'élevage fait de l'Avesnois un secteur propice à la méthanisation des fumiers, valorisés énergétiquement après méthanisation, sans perdre de potentiel agronomique. D'autres déchets verts du territoire peuvent largement compléter ces fumiers.
- La géothermie horizontale est une opportunité mais reste toutefois dépendante des entreprises qui viendraient s'installer car elles sont bien souvent demandeuses d'aménagements de surface.
- L'opportunité de la géothermie verticale et de l'hydrothermie sur nappe restent dépendantes des opportunités énergétiques du sous sol, non connues à ce jour.
- L'aérothermie apparaît peu appropriée dans ce secteur assez frais en hiver.
- L'hydrothermie n'est pas possible au regard des faibles débits des cours d'eau attenants.
- La récupération d'énergie de procédés industriels proches sera à étudier en fonction du potentiel.

Enfin, l'opportunité d'un réseau de chaleur ou réseau de froid dépendra des entreprises qui s'implanteront.

RESEAU DE FROID	?
RESEAU DE CHALEUR	?

POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT		
++	TRES BON	
+	CORRECT	
+/-	MOYEN	
0	MAUVAIS	
	NON ETUDIE	



## Chapitre 9

# Méthodes d'évaluation

Cette étude d'impact a été réalisée en 2011, puis reprise pour partie en 2017 suite à des compléments écologiques et une modification légère du schéma d'aménagement.



## 9.1 Etat initial du site

### Le milieu physique

### Géologie, hydrogéologie, hydrologie et topographie

Cette partie a été traitée essentiellement à partir des données cartographiques existantes.

- Carte IGN, Série Bleue, 1 : 25 000, MAUBEUGE, 2706 E.
- Carte BRGM, Carte Géologique, 1 : 50 000, LE QUESNOY.
- Carte Hydrogéologie, AEAP, [http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php3?id\\_article=1141](http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php3?id_article=1141) le 1 mars 2005.
- Carte hydrographie, AEAP, <http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/ANNUAIRE-Sambre.pdf> le 1 mars 2005.
- Carte climatologique, Atelier de cartographie de la Région NPDC, juin 2000.
- Carte relief, Atelier de cartographie de la Région NPDC, janvier 2000.

De plus, concernant la ressource en eau, le site Internet de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie fournit les données existantes relatives aux aquifères.

Le diagnostic de l'ancienne décharge de la SERTIRU permet d'obtenir des données sur les polluants et éléments traces métalliques présents dans la MARLIÈRE.

Les visites et prospections de terrain ont permis de confronter les premières analyses cartographiques au territoire et d'obtenir des renseignements sur la qualité des cours d'eau lorsque les données n'existaient pas à l'échelle d'étude.

Ce volet a aussi été traité dans le dossier Loi sur l'Eau auquel renvoie cette étude d'impact.

### L'hydraulique

L'alimentation en eau potable est assurée par la société Eau et Force sur la zone de GREVAUX LES GUIDES. Ils ont pu nous transmettre les plans de réseaux existants.

Concernant les réseaux d'eaux usées et eaux pluviales, la compétence étant attribuée au Syndicat Intercommunal du Val Sambre, ce dernier a fourni les données relatives au réseau.

Ce volet a aussi été traité dans le dossier Loi sur l'Eau auquel renvoie cette étude d'impact.

### Le milieu naturel

Le CPIE Nord Nature Bavaisis était chargé de réaliser l'étude faune/flore composante de l'étude d'impact dans sa thématique Milieu Naturel. Une campagne de terrain a été menée sur une année courante (du printemps 2005 à l'hiver 2006) de manière à avoir un état des lieux du milieu naturel selon les différentes saisons.

Dans une zone particulièrement sensible, cette méthode permet de relever, de manière quasi exhaustive, les richesses naturelles du site.

### Inventaire des mares

Le repérage des mares s'est réalisé en deux temps :

- Une première recherche cartographique (carte IGN au 25000ème) met en évidence sur l'ensemble du périmètre d'étude un réseau de mares prairiales bocagères. Dix mares y sont recensées.

- Dans un second temps, la vérification sur le terrain a permis d'affirmer ou d'infirmer leur existence. Seules deux mares mentionnées sur la carte ont été retrouvées. Cependant les recherches de terrain ont mis en évidence la présence de neuf autres mares non référencées sur les cartes. Les mares ont été localisées par GPS. Sur les 11 mares présentes, la faune de six d'entre elles a ensuite été inventoriée à l'aide d'un trouleau.

### Etude de l'avifaune

Deux méthodes ont été réalisées :

- la méthode dite des « indices ponctuels d'abondance » IPA a consisté à écouter et observer à plusieurs reprises en des points repérés sur carte pendant vingt minutes l'avifaune présente.
- Des relevés plus approfondis ont ensuite été réalisés par grand type d'habitat.

Inventaire des papillons diurnes (ou rhopalocères) et des libellules (odonates)

Les rhopalocères ont été inventoriés lors de parcours aléatoires ciblés par grand type d'habitat. Les plus favorables ont été inventoriés en priorité (prairie de fauche, ourlet de haies, dépressions humides fleuries, friches et zones non pâturées), puis les zones moins propices (zones de monoculture, zones surpâturées). Les libellules ont été prospectées d'une manière analogue.

### Reprise par le bureau d'études ALFA en 2016/2017

Le calendrier ci-dessous dresse le bilan de la nature des relevés effectués groupe par groupe.

	04/10/2016	10/03/2017	20/04/2017	26/05/2017
Habitats naturels	x	x		x
Flore	x		x	x
Oiseaux nicheurs			x	x
Oiseaux hivernants		x		
Oiseaux migrateurs	x	x	x	
Entomofaune	x		x	x
Amphibiens (reproduction / chasse) et reptiles	x	x	x	x

Protocoles mis en œuvre

Les relevés des différents groupes ont fait l'objet de la mise en place de protocoles : Oiseaux nicheurs; Oiseaux migrateurs; Oiseaux hivernants; Reptiles; Amphibiens - chasse; Amphibiens – reproduction; insectes indicateurs.

Les autres groupes n'ont pas fait l'objet de protocoles spécifiques.

### Le paysage

Outre les travaux réalisés de la DIREN et du Conseil Général du Nord identifiant les grands paysages du Nord, une analyse de terrain a permis d'avoir une approche plus précise du paysage aversnois et des éléments composant l'aire d'étude.

- Carte des Grands paysages régionaux, DIREN NPDC.
- Carte des Entités paysagères du Nord, Conseil Général du Nord, Trame Verte Politique du paysage.

### Le milieu humain

### Urbanisme et projets de territoires

La Charte du Pays Sambre Avesnois présente une synthèse des projets de territoire et des EPCI existants sur le territoire d'étude.

Le volet Urbanisme réglementaire a été traité à partir des PLU des communes de FEIGNIES et LA LONGUEVILLE.



L'identification des risques naturels ou industriels est faite à partir des bases de données du BRGM pour les inondations et retrait-gonflement d'argile.  
Quant aux risques industriels, ils sont identifiés à partir de la base de données du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable : PRIM.net.  
Les sites SEVESO ainsi que les sols pollués sont des données fournies par les services de la DRI-RE.

La Charte PALME, réalisée par la Communauté d'agglomération de MAUBEUGE Val de Sambre, pour le parc d'activités existant présente les efforts d'intégration environnementale qui doivent prendre forme sur le site.

### Architecture – Patrimoine – Archéologie

Les données archéologiques proviennent du

- Musée de Bavay ;
- et du Dictionnaire du Nord et du Pas-de-Calais.

Les sites classés ou inscrits monuments historiques proviennent de la base de données du Ministère de la Culture : Mérimée.

Concernant les nouvelles règles liées à l'archéologie préventive, une étude de législation comparée du Sénat reprend les principaux éléments nouveaux dans la réglementation liée au patrimoine archéologique.

L'analyse du tissu urbain et l'identification du petit patrimoine sont issues de relevés de terrain.

### Zones de protection

Le site Internet de la DIREN regroupe par commune les sites protégés ou sur lesquels s'appliquent des périmètres réglementaires (ZNIEFF, ZICO, ZPS, Zone Natura 2000....

### Equipements

La Charte du Pays Sambre Avesnois présente un panorama complet des activités et équipements sur le territoire.

### Les flux

La DDE a fourni les données de comptage relatives aux routes nationales.  
Le conseil régional est compétent pour les comptages relatifs aux autres voies.

L'INSEE, à travers ses recensements, possède aussi des données relatives aux trajets pendulaires des personnes.

Le Plan de Déplacement Urbains présente un diagnostic intéressant des mobilités sur l'aire d'étude et des orientations à favoriser.

### Réseaux

Concernant les deux principales canalisations de gaz et d'azote, Gaz de France et Air Liquide ont fourni les cartes avec les tracés et les recommandations à respecter pour toute urbanisation dans ces zones.

Si ces documents permettent un repérage général et une évaluation des mesures à prendre en compte, il est nécessaire d'effectuer un piquetage après repérage pour tous travaux sur la zone.

### Population

Les données relatives au recensement de la population ainsi que les données associées proviennent toutes du site de l'INSEE et en grande partie du dernier recensement national de 1999. De plus, la fiche « Diagnostics de territoires » de 2003 sur le « Pays Sambre Avesnois » fournit des données de synthèse du territoire.

La fiche « Profils Nord-Pas-de-Calais » de 2000, et reprenant plus précisément à l'échelle du territoire les données du recensement de 1999, constituait un document de référence à l'échelle régionale.

Concernant l'empreinte écologique, indicateur relativement récent et encore peu utilisé pour l'évaluation d'impact de projets, il provient de l'Atlas Régional du Développement Durable Nord-Pas-de-Calais. Au-delà d'une appréciation au cas par cas sur des projets, il permet d'identifier des grandes tendances ayant un lourd impact environnemental.

### Activités économiques

Cette partie regroupe des données de documents déjà cités établissant des synthèses sur le tissu économique local (Charte de Pays...).

### Environnement sonore et qualité de l'air

Concernant les nuisances sonores, elles sont estimées à partir des arrêtés de classement des infrastructures de transport.

L'étude réalisée par le CETE concernant le contournement routier ouest et nord de MAUBEUGE contient des données relatives à la fois aux nuisances acoustiques de la RD649 et à la pollution atmosphérique.

Les données des émissions de polluants atmosphériques proviennent de l'agence ATMO NPDC qui possède des données de mesures quotidiennes sur les polluants qui composent l'indice ATMO mais aussi sur d'autres polluants non intégrés dans l'indice ATMO lorsqu'un contrôle spécifique est mis en place (benzène...).

Des données de synthèse sur la région et l'aire urbaine de MAUBEUGE sont tirées de :

- l'Atlas du Développement Durable du NPDC ;
- du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération ;
- de documents de synthèse de l'ADEME ;
- sur le site de l'association de contrôle Airparif.

Le logiciel IMPACT de l'ADEME n'a pu être exploité au regard de l'incertitude de type de trafic généré par les activités non encore identifiées.



## 9.2 Analyses des variantes et présentation du projet retenu

Les partis d'aménagements présentaient tous à peu près autant avantages que d'inconvénients. Le choix en peut donc se faire sur le projet présentant le plus d'avantages, ce serait faire fit de l'état initial et de l'analyse faisant paraître les secteurs avec les plus forts enjeux.

Le projet sélectionné, présente donc des impacts aussi mais c'est celui qui **permet de moins toucher les secteurs sensibles identifiées.**

## 9.3 Analyse des impacts et mesures réductrices et compensatrices

La principale limite de l'étude d'impact d'une zone d'activités est probablement la difficulté d'avoir une approche sur l'évolution de la zone à moyen terme : nature des activités, trafics réels induits,...

Les mesures de suppression d'impacts, probablement parmi les plus importantes, sont toutefois les plus applicables puisqu'elles concernent l'organisation de l'extension du parc d'activités.

Les mesures réductrices et compensatrices ne peuvent rester que d'ordre général sur l'organisation de la zone. L'activité, mais aussi l'emprise et la taille des entreprises, impliqueront des mesures spécifiques ou non les concernant selon la réglementation (ICPE...).

La Charte PALME constitue toutefois un outil devant permettre aux nouvelles entreprises de s'inscrire dans la logique et la volonté de développement économique de la CAMVS.



## 9.4 Bibliographie et sources

### Cartes

- Carte IGN, Série Bleue, 1 : 25 000, MAUBEUGE, 2706 E.
- Carte BRGM, Carte Géologique, 1 : 50 000, LE QUESNOY.
- Carte Hydrogéologie, AEAP, [http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php3?id\\_article=1141](http://www.eau-artois-picardie.fr/article.php3?id_article=1141) le 1 mars 2005.
- Carte hydrographie, AEAP, <http://www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/ANNUAIRE-Sambre.pdf> le 1 mars 2005.
- Carte climatologique, Atelier de cartographie de la Région NPDC, juin 2000.
- Carte relief, Atelier de cartographie de la Région NPDC, janvier 2000.
- Carte du PNR de l'Avesnois, CD-Rom Mémento porteur de projet.
- Carte des Grands paysages régionaux, DIREN NPDC.
- Carte des Entités paysagères du Nord, Conseil Général du Nord, Trame Verte Politique du paysage.

### Sites et documents Internet

- <http://www.eau-artois-picardie.fr>, le site de l'AEAP.
- <http://www.legifrance.gouv.fr>, le site du service public de l'accès au droit français.
- <http://www.nord-pas-de-calais.ecologie.gouv.fr/v4/scripts/index.asp>, le site de référence en matière d'information environnementale régionale.
- [www.oiseaux.net](http://www.oiseaux.net), site ornithologique.
- [http://www.insee.fr/fr/home/home\\_page.asp](http://www.insee.fr/fr/home/home_page.asp), le site de la statistique nationale.
- <http://www.airparif.asso.fr>, le site de l'association de contrôle de qualité de l'air.
- [www.debatpublic.fr](http://www.debatpublic.fr), le site de la Commission Nationale du Débat Public chargée d'organiser les consultations en amont des grands projets d'aménagement.
- <http://www.senat.fr/lc/lc138/lc1380.html#toc0>, note de synthèse comparative sur l'archéologie préventive.

### Base de données

- <http://www.culture.gouv.fr/documentation/merimee/accueil.htm>, la base de données Mérimée est réalisée par le ministère de la Culture et de la Communication - direction de l'Architecture et du Patrimoine.
- [http://www.culture.gouv.fr/culture/dapa/espacesproteges/espproteges/pabor\\_list15.html](http://www.culture.gouv.fr/culture/dapa/espacesproteges/espproteges/pabor_list15.html), la liste des ZPPAUP.
- <http://www.prim.net>, les risques identifiés par commune par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
- <http://basol.environnement.gouv.fr>, la liste des sites et sols pollués en France.
- <http://www.nord-pas-de-calais.drre.gouv.fr>, la liste des arrêtés préfectoraux encadrant le fonctionnement des ICPE du Pas-de-Calais.
- Liste des Monuments Historiques dans le Pas-de-Calais, CAUE.

### Ouvrages, études et textes réglementaires

- « Dictionnaire du Nord et du Pas-de-Calais », Pays et Terre de France, Larousse, 895 pages, 2001.
- « Atlas Régional du Développement Durable du Nord-Pas-de-Calais », Editions de l'Aube, 122 pages, 2004.
- « Aménagement d'une région urbaine, le Nord-Pas-de-Calais », OREAM, 422 pages, 1971.
- Charte de Pays Sambre Avesnois.
- « Pays Sambre Avesnois », Fiche « Diagnostics de territoire » de l'INSEE NPDC, 15 pages, septembre 2003.
- « Profils » Nord-Pas-de-Calais, INSEE, 2000, 4 pages.
- « Diagnostic d'une ancienne décharge – Site de FEIGNIES », ETRS, 50 pages, 2004.
- Plan Départemental des Itinéraires de Promenade et de Randonnée.
- Plan de Déplacements Urbains du Val de Sambre.
- Etudes atmosphériques et acoustiques du CETE Nord Picardie sur le contournement ouest et nord de MAUBEUGE.
- Arrêté préfectoral portant sur le classement des infrastructures de transports terrestres et l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit, Communes de l'arrondissement d'Avesnes-sur-Helpe.
- ASHER J., WARREN M., FOX R., HARDING P., JEFFCOATE G. et S. The Millennium Atlas of Butterflies in Britain and Ireland. New York. Oxford University Press, 2001. 433 p.
- CARTER D.J et HARGREAVES B. Guide des chenilles d'Europe. Delachaux et Niestlé, 2ème trimestre 2001. 316p.
- Centre régional de phytosociologie agréé conservatoire botanique national de Bailleul. Plantes protégées et menacées de la région Nord/Pas-de-Calais. Conservatoire régional de phytosociologie. 434 p.
- CONSTANT, P., EYBERT, M.C. et MAHEO R., 1976. Avifaune reproductrice du bocage de l'ouest. In I.N.R.A., C.N.R.S., E.N.S.A. et Université de Rennes. Les bocages : histoire, écologie, économie. Rennes, p. 327-331.
- FOURNIER A. [coord.], 2000. Les Mammifères de la Région Nord/Pas-de-Calais – Distribution et écologie des espèces sauvages et introduites : période 1978-1999. Le Héron, 33 n°spécial, 192 p.
- FRANCOIS Patrick. Les Rhopalocères du Nord/Pas-de-Calais (Observations 2000-2002) in bulletin du Cercle des Lépidoptéristes de Belgique XXXII/2-3-4. p. 46 à 73.
- JURTIJA G, 1993. Libellules d'Europe Europe centrale et méridionale. Milan. Delachaux et Niestlé, 194 p.
- LAFRANCHIS Tristan. Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. Collection Parthénopée, éditions Biotopie, Mèze (France). 448 p.
- LEGAYE N., WALOT T. et MELIN E., 2002. Nature et entreprises : mode d'emploi. Ministère de la Région Wallonne, Namur, 66 p.
- MNHN, RNF, Ministère de l'Environnement. Statut de la faune de France métropolitaine – statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques. Paris. MNHN, 1997. 225p.
- TOMBAL J.-C (coord), 1996. Les oiseaux de la Région Nord-Pas-de-Calais. Effectifs et distribution des espèces nicheurs : période 1985-1995. Héron, 29 : 1-336
- WENDLER Arne et Nüß Johann-Hendrik. Libellules Guide d'identification des libellules de France, d'Europe septentrionale et centrale. Société Française d'Odonatologie. Bois-d'Arcy, France. 133 p.



## Administrations, entreprises, organismes et collectivités territoriales contactés

### Administrations

- DDE Pas-de-calais, pour les comptages routiers de routes nationales.
- CETE pour l'étude Contournement Nord de MAUBEUGE.

### Entreprises et organismes divers

- ATMO Nord-Pas-de-Calais, pour la qualité et de l'air et l'indice ATMO.
- Syndicat Intercommunal du Val de Sambre pour les réseaux eaux usées.
- Eau et Force pour le réseau AEP.
- Gaz de France, pour les canalisations.
- Air Liquide, pour les canalisations.

### Collectivités territoriales et EPCI

- Conseil Général Nord pour les comptages routiers de routes départementales.
- CAMVS, pour le PDU.
- Mairie de FEIGNIES, pour le POS.
- Mairie de LA LONGUEVILLE, pour le POS.
- Mairie de VIEUX-MESNIL, pour le POS.

## Bibliographie, dossier Etude Incidences

- Agence Noyon, 2011. Volet écologique de l'Etude d'impact du projet de la Marlière
- AVEMAV, Editions Pharténopé, 2003 - Les amphibiens de France, de Belgique et du Luxembourg
- Conseil régional Nord Pas de Calais, 2009 - Schéma régional de cohérence écologique de la région Nord-Pas-de-Calais
- Conservatoire Botanique National de Bailleuil, 2010 - Inventaire de la flore vasculaire du Nord Pas de Calais
- Coordination mammalogique du Nord de la France, 2011 - Etude des chiroptères de la forêt de Mor-mal
- Coordination mammalogique du Nord de la France - Site internet  
CPIE Bocage de l'Avesnois, 2010 - Plan de gestion différenciée des espaces verts des sites d'assai-nissement de l'agglomération Maubeuge Val de Sambre
- Gestion.différenciée.org – site internet  
Groupe ornithologique du Nord, 1995 - Effectifs et distribution des espèces nicheuses
- Inventaire national du patrimoine naturel, Site internet - Présentation des espèces et descriptif des sites Natura 2000 concernés par l'étude
- MESCHEDE A. et HELLER K.-G., 2003 - Ecologie et protection des chauves-souris en milieu fores-tier.
- Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004 - Guide méthodologique pour l'évaluation des incidences des projets et programmes d'infrastructures et d'aménagement sur les sites natura 2000 (Ministère de l'écologie et du développement durable, 2004)