

# **Secteur urbanisable de la Plesse et de la Chauffeterie (Betton, Ille-et-Vilaine). Réalisation des études préalables et de création de ZAC. Analyse de la biodiversité du site : état initial, impacts, mesures d'évitement et de réduction d'impacts.**

Décembre 2015



**FOUILLET PHILIPPE - Études Faunistiques et Écologiques**

3, Impasse Kerjean - 29600 MORLAIX - ☎ & Fax : 02.98.88.74.36 06.70.63.73.16

[philippe.fouillet@orange.fr](mailto:philippe.fouillet@orange.fr) <http://www.fouillet-ecologie.com/>



**Secteur urbanisable de la Plesse et de la Chauffeterie  
(Betton, Ile-et-Vilaine).  
Réalisation des études préalables et de création de ZAC.  
Analyse de la biodiversité du site : état initial, impacts,  
mesures d'évitement et de réduction d'impacts.**

Décembre 2015

**Sommaire**

<b>1. Méthodes d'étude de la biodiversité.....</b>	<b>1</b>
1.1. Analyse de la flore et des habitats naturels. ....	1
1.2. Étude de la faune.....	2
<b>2. Relation du site avec les aires protégées voisines et la trame verte et bleue. ....</b>	<b>6</b>
<b>3. Analyse de la flore et des habitats naturels. ....</b>	<b>9</b>
3.1. Analyse de la flore.....	9
3.2. Analyse des habitats.....	24
<b>4. Analyse de la faune du site.....</b>	<b>26</b>
4.1. Les mammifères. ....	26
4.2. L'avifaune. ....	27
4.3. Les reptiles et les batraciens.....	31
4.4. Les insectes et les autres invertébrés. ....	32
<b>5. Synthèse des enjeux et sensibilités floristique et faunistiques du site.....</b>	<b>40</b>
<b>6. Analyse des impacts potentiels du projet d'urbanisation sur la conservation     de la biodiversité locale. ....</b>	<b>42</b>
<b>7. Présentation des mesures d'évitement et de réduction d'impacts. ....</b>	<b>43</b>
7.1. Mesures d'évitement d'impacts.....	43
7.2. Mesures de réduction d'impacts. ....	46
7.3. Suivis et prescriptions de conseils de gestion écologique des espaces verts. ....	49

# Secteur urbanisable de la Plesse et de la Chauffeterie (Betton, Ille-et-Vilaine). Réalisation des études préalables et de création de ZAC.

## Analyse de la biodiversité du site : état initial, impacts, mesures d'évitement et de réduction d'impacts.

Fouillet Philippe - Études Faunistiques et Écologiques – Décembre 2015

### 1. Méthodes d'étude de la biodiversité.

La zone d'étude (voir **Figure 1** et **Figure 2**Figure 3) correspond à un ensemble de parcelles agricoles (pâtures et cultures) contenant des haies arborées ou arbustives et encadrées par des zones urbanisées de la ville de Betton (au sud, au nord et à l'ouest) et par la déviation de la Route départementale D 175 à l'est. La biodiversité de la zone a été étudiée entre le mois d'octobre 2014 et le mois de septembre 2015.

#### 1.1. Analyse de la flore et des habitats naturels.

L'analyse de la flore correspond à la recherche systématique de toutes les espèces présentes sur la zone d'étude. L'étude a pris en compte toutes les espèces visibles successivement entre l'automne et l'été suivant (plantes vasculaires sauvages ou plantées en zones naturelles).

Les espèces ont été nommées et déterminées à partir de flores fiables (flore du Massif Armoricaïn<sup>1</sup>, flores généralistes<sup>2 3 4 5</sup> et flores anglaises spécialisées<sup>6 7</sup>). Les niveaux de rareté des espèces présentes ont été appréciés à partir des données de l'Atlas de la Flore d'Ille-et-Vilaine<sup>8</sup> et de celle d'un ouvrage de synthèse<sup>9</sup> (listant les espèces protégées nationalement ou régionalement ou celles inscrites sur la liste rouge des plantes menacées du Massif Armoricaïn). L'étude implique la recherche, en priorité, des éventuelles populations d'espèces remarquables (patrimoniales) afin (si présentes) de les cartographier précisément et d'évaluer les états de conservation de leurs populations locales.

La liste exhaustive des plantes observées est présentée au niveau du **Tableau 4** ; les espèces y sont listées par familles botaniques et en fonction des différentes parties de la zone d'étude (colonnes) et avec indication du statut régional des espèces (niveau de rareté et présence d'espèces invasives).

---

<sup>1</sup> ABBAYES, H. DES, CLAUSTRES G., CORILLION, R. & DUPONT, P., 1971. *Flore et végétation du Massif Armoricaïn, Tome 1 : La flore vasculaire*. P.U.B. Saint-Brieuc, 1226 pages.

<sup>2</sup> TISON J-M & de FOUCAULT B. 2014. *Flora Gallica. Flore de France*. Société Botanique de France et Biotope Éditions, 1196 pages.

<sup>3</sup> BLAMEY M. & GREY-WILSON C., 2003. *La flore d'Europe occidentale*. Flammarion éditeurs, 544 pages.

<sup>4</sup> DANTON PH. & BAFFRAY M., 1995. *Inventaire des plantes protégées de France*. Nathan, Paris, 294 p.

<sup>5</sup> JAUZEIN P., 2011. *Flore des champs cultivés* (2 ème édition). Éditions Quae éditeur, 898 p.

<sup>6</sup> COPE T. & GRAY A., 2009. *Grasses of the British Isles*. B.S.B.I. Handbook N° 13, Paul Ashton editor, 608 pages.

<sup>7</sup> POLAND J. & CLEMENT E., 2009. *The vegetative key to the British flora*. John Poland editor, 526 pages.

<sup>8</sup> DIARD L., 2005. *Atlas de la flore d'Ille-et-Vilaine - Flore vasculaire*. Éditions Siloë, Nantes, Laval, 670 pages.

<sup>9</sup> ANNEZO N., MAGNANON S. & MALENGREAU D., 1998. *Bilan régional de la flore Bretonne*. Édition Biotope, Mèze, 137 pages.

Les habitats naturels ou semi-naturels présents sont analysés selon le référentiel Européen « **Corine Biotopes** »<sup>10</sup> et la version française de la **typologie EUNIS**<sup>11</sup>.

## 1.2. Étude de la faune.

L'**étude de la faune** implique la recherche des espèces sauvages protégées, patrimoniales ou plus ou moins communes présentes sur les divers milieux constituant la zone d'étude. Cet inventaire de la faune implique l'utilisation de méthodes d'analyses diverses, adaptées aux particularités biologiques des différents groupes d'espèces :

- **Étude des mammifères terrestres** : étude par observations directes d'individus (espèces diurnes ou crépusculaires), recherche d'éventuels cadavres sur et autour du site ou recherche de toutes traces caractéristiques (crottes, empreintes, débris de nourriture, terriers, gîtes, pistes, coulées et autres indices).
- **Étude des chauves-souris (chiroptères)** : l'étude de ces espèces correspond, d'une part, à l'analyse des émissions ultrasonores des individus chassant sur la zone d'étude au crépuscule et en début de nuit. Ici il a été utilisé un détecteur Pettersson D 240x permettant l'enregistrement, en expansion de temps, des vocalisations pour des analyses sonores et graphiques ultérieures sur ordinateur<sup>12</sup>. Ces prospections correspondent à la réalisation de parcours crépusculaires et nocturnes suivant les habitats les plus favorables à la chasse et au transit (haies arborées, lisières, zones humides). D'autre part, il est possible de rechercher d'éventuels gîtes dans les arbres favorables (creux ou avec cavités ou fissures) ou des bâtiments de la zone d'étude.
- **Étude de l'avifaune (oiseaux)** : L'analyse du peuplement nicheur du site correspond à la recherche des espèces présentes entre début mars et fin juillet dans les différents habitats par observations visuelles directes ou par écoute des chants de parade. Il est pris en compte divers indices prouvant la reproduction de manière possible, probable ou certaine (chants de parade réguliers, présences de couples, construction de nids, observation de nids ou de jeunes, transports de nourriture vers les nids, nourrissages de jeunes non volant, etc.. ; voir le **Tableau 2** récapitulant les comportements pouvant être pris en compte et les indices associés et le **Tableau 1** présentant la fiche de terrain utilisée).

**Tableau 1 : Détails de la fiche de terrain utilisée pour les points d'écoute et d'observation de l'avifaune.**

Station :	GPS :	Date :	Heure :	Météo :		
	Chanteur cantonné correspondant à un territoire de reproduction (1)	Autres preuves de reproduction : Cp P Ba A Be F J N (1)	Ind. isolé (0.5)	Cris (0.5)	Troupe (0.5)	Total
Espèce 1						
Espèce 2						

**Légende :** **Cp** : couple    **P** : parade    **Ba** : bâtisseur    **A** : alarme    **Be** : becquée    **F** : groupe familiale  
**J** : juvénile    **N** : nid observé.    **(1)** : correspond à l'observation d'un couple nicheur différencié (multiplié par le nombre de couples détectables sur chaque zone)    **(0.5)** : correspond à l'observation d'espèce sans preuve de nidification locale.

<sup>10</sup> **RAMEAU J-C., BISSARDON M & GUIBAL L., 1997.** CORINE Biotopes : Version originale. Type d'habitats français. ENGREF Nancy et Atelier Technique des Espaces Naturels éditeurs, 175 pages.

<sup>11</sup> **LOUVEL J., GAUDILLAT V. & PONCET L., 2013.** EUNIS, European Nature Information System, Système d'information européen sur la nature. Classification des habitats. Traduction française. Habitats terrestres et d'eau douce. MNHN-DIREV-SPN, MEDDE, Paris, 289 p.

<sup>12</sup> **BARATAUD M., 2012.** Écologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Collection inventaire & biodiversité, Biotopes, Muséum national d'histoire naturelle. 344 p.



**Tableau 2 : Présentation des indices de nidifications pouvant être pris en compte.**

Comportements	Probabilité de nidification	Indices
<b>Niveau A</b>	<b>Simple présence</b>	
Espèce observée en période de nidification.		<b>A</b>
<b>Niveau B</b>	<b>Nidification possible</b>	
Espèce observée en période de nidification dans un habitat favorable.		<b>B 1</b>
Chant (ou autre manifestation vocale associée à la reproduction) en période de reproduction.		<b>B 2</b>
<b>Niveau C</b>	<b>Nidification probable</b>	
Couple(s) dans un habitat favorable en période de reproduction.		<b>C 3</b>
Territoire permanent attesté par des comportements territoriaux à plusieurs dates en un lieu donné.		<b>C 4</b>
Parades ou vols nuptiaux, accouplements.		<b>C 5</b>
Visite d'un site de nid probable (cavité,...).		<b>C 6</b>
Adultes agités ou inquiets (alarme,...).		<b>C 7</b>
Plaque incubatrice (sur un oiseau tenu en mains).		<b>C 8</b>
Construction de nid (ou forage de cavité).		<b>C 9</b>
<b>Niveau D</b>	<b>Nidification certaine</b>	
Manœuvre de dissuasion ou de diversion (aile cassée).		<b>D 10</b>
Nid utilisé (ou coquilles).		<b>D 11</b>
Juvéniles récemment envolés (espèces nidicoles) ou en duvet (espèces nidifuges).		<b>D 12</b>
Adultes dans un site (y entrant ou en sortant) dans des conditions indiquant l'existence d'un nid occupé (cas des nids élevés ou en cavité dont le contenu ne peut être vu) ou adultes sur un nid couvant ou abritant des poussins.		<b>D 13</b>
Transport d'aliments pour les jeunes ou de sacs fécaux par des adultes.		<b>D 14</b>
Nid contenant des œufs.		<b>D 15</b>
Nid contenant des jeunes (vus ou entendus).		<b>D 16</b>

**Tableau 3 : Présentation de la méthode des Indices Ponctuels d'Abondance (I.P.A.) :**

**La méthode des Indices Ponctuels d'Abondance** a été élaborée et décrite par Blondel, Ferry et Frochot en 1970 (BLONDEL & al., 1970 ; BOUTELOUP et al., 2004 ; M.E.D.D. & ADEME, 2004 ; L.P.O., 2004 ; ANDRE, 2005). Cette méthode consiste, aux cours de deux sessions distinctes de comptage, à noter l'ensemble des oiseaux observés et / ou entendus durant 20 minutes à partir d'un point fixe du territoire. Tous les contacts auditifs ou visuels avec les oiseaux sont notés sans limitation de distance. Ils sont reportés sur une fiche prévue à cet effet à l'aide d'une codification permettant de différencier tous les individus et le type de contact (chant, cris, mâle, femelle, couple...). Chaque individu ne devra être compté qu'une fois. Les observations effectuées sont conventionnellement traduites en couples nicheurs selon l'équivalence suivante : un oiseau vu ou entendu criant = 0,5 couples ; un mâle chantant ou paradant = 1 couple ; un oiseau bâtissant = 1 couple ; un groupe familial, un nid occupé, un nourrissage, une becquée = 1 couple.

À la fin de chaque session de dénombrement, le nombre d'espèces et d'individus de chacune d'elles est totalisé en nombre de couples.

L'Indice Ponctuel d'Abondance s'obtient en ne conservant que la plus forte des 2 valeurs obtenues pour chaque espèce pour l'une ou l'autre des 2 sessions de dénombrement. Ainsi, si lors du premier comptage, 5 couples de Mésanges charbonnières ont été notés et 2.5 couples lors du second, l'IPA de cette espèce pour la station et l'année considérée sera égal à 5.

En pratique, le premier passage doit être réalisé entre le 25 mars et le 30 avril, le second entre le 8 mai et le 20 juin. Les observations doivent être réalisées très tôt le matin, dans les 3 à 4 heures après le lever du soleil et dans des conditions météorologiques favorables (proscrire froid, vent fort, forte pluie, brouillard).

Les éléments obtenus avec cette méthode ne donnent pas une représentation densitaire du peuplement en place mais plutôt un indice permettant des comparaisons ultérieures. Le peuplement enregistré est en effet déformé, les espèces aux chants discrets ne sont en effet contactées que sur quelques mètres ou dizaines de mètres alors que les espèces aux chants puissants (coucou par exemple) ou celles volant en hauteur peuvent être prises en compte sur de grandes distances (plusieurs centaines de mètres).

La comparaison des populations nicheuses des différents habitats et secteurs représentatifs du site d'étude a été effectuée en utilisant la méthode des **I.P.A.** ou **Indices Ponctuels d'Abondance** (voir encadré explicatif **Tableau 3**). Il a été défini huit stations d'observation sur le site (voir **Tableau 5** et **Figure 5**) qui ont été analysées deux fois 20 minutes au cours de deux périodes matinales du printemps 2015 (en avril et en juin ; voir les dates et détails des stations dans le chapitre présentant l'avifaune du site). À chaque comptage il est noté toutes les espèces visibles ainsi que leurs indices de reproduction (voir la fiche de terrain utilisée **Tableau 1**) ce qui permet de caractériser le peuplement nicheur de chacune des zones et donc des différents habitats du site.

Ces observations ont été complétées par des prospections complémentaires sur l'ensemble du site et à d'autres moments de la journée (en particulier au crépuscule afin de mettre en évidence les éventuelles présences d'espèces nocturnes).

Les oiseaux ont aussi été répertoriés, sur le site, au cours de l'ensemble du cycle annuel, en particulier automne (octobre) et hiver (décembre et mars) fin d'analyser l'intérêt de la zone pour les espèces migratrices et hivernantes.

- **Étude des Reptiles** : étude par recherches visuelles des individus dans des zones favorables, en particulier le long de talus et haies bien exposés.
- **Étude des Batraciens** : étude par recherches visuelles des adultes sur tout le site et des éventuelles zones de reproduction au niveau des zones inondables (sur le site il y a juste quelques fossés temporairement en eau) ; les déplacements des individus, en particulier entre la zone d'étude et les éventuelles zones favorables environnantes sont aussi analysés si possible.
- **Étude des Insectes protégés et patrimoniaux** : étude en priorité, par recherches visuelles, des espèces protégées susceptibles de coloniser le site (ici uniquement des gros coléoptères saproxylophages liés aux vieux arbres) et prise en compte des représentants de différents groupes susceptibles de comprendre des espèces patrimoniales aux répartitions assez bien connues régionalement et déterminables assez facilement : libellules, papillons diurnes (adultes et chenilles), orthoptères (espèces aussi perceptibles par leurs vocalisations), autres gros coléoptères (par exemple Lucane cerf-volant), hyménoptères butineurs (par exemple bourdons et abeilles sauvages) et autres espèces patrimoniales (les espèces reconnaissables sur place sont déterminées à vue ou relâchées après détermination, celles non protégées nécessitant des observations à la loupe binoculaire étant conservées).
- **Mollusques gastéropodes (escargots)** : prise en compte (recherches visuelles de jour et au crépuscule) des espèces présentes, en particulier les espèces patrimoniales.

Les espèces sont nommées et déterminées à partir de référentiels actualisés (<http://www.faunaeur.org/>) et de faunes récentes. Les déterminations de ces espèces impliquent la consultation de nombreux ouvrages de déterminations : différents guides naturalistes par groupes d'espèces, ouvrages de la faune de France pour les insectes, ainsi que des disques présentant les vocalisations des mammifères<sup>13</sup>, des oiseaux<sup>14</sup>, des batraciens<sup>15 16</sup> et des orthoptères<sup>17</sup>, et d'autres ouvrages spécialisés (traces et empreintes<sup>18</sup>).

---

<sup>13</sup> **ROCHÉ J-C & JOLLIVET B., 2002.** Guide sonore des mammifères d'Europe. Guide sonore CEBA (2CD).

<sup>14</sup> **ROCHÉ J-C & CHEVEREAU J., 2001.** Guide sonore des oiseaux d'Europe et du Maghreb. Guide sonore CEBA (10 CD).

<sup>15</sup> **ROCHÉ J., 1997.** Au pays des Grenouilles. Un guide sonore des grenouilles et crapauds d'Europe de l'Ouest. Disque compact, Sittelle éditeur.

<sup>16</sup> **DEROUSSEN F., 2012.** Chants des grenouilles rainettes et crapauds de France. CD NaturOphonia.

Les niveaux de raretés locales ou régionales des espèces peuvent être analysés à partir de synthèses régionales<sup>19</sup> et d'atlas récents publiés (mammifères<sup>20</sup>, oiseaux<sup>21</sup>, longicornes<sup>22</sup>, batraciens et reptiles<sup>23</sup>, libellules, papillons diurnes), d'atlas de Bretagne en cours de réalisation (consultations de versions provisoires sur sites Web de Bretagne Vivante pour les libellules, orthoptères et papillons<sup>24</sup>) ou d'atlas et analyses nationales<sup>25 26 27</sup>

L'ensemble des espèces animales répertoriées sont indiquées dans le **Tableau 10** présentant les espèces par groupes faunistiques et avec indication de leurs localisations sur le site et de leurs statuts (espèces protégées ou patrimoniales ou communes) ; les localisations des oiseaux protégés nicheurs sont indiquées au niveau de la **Figure 5** et celles des autres espèces protégées au niveau de la **Figure 6**.

L'étude globale faune flore a été effectuée au cours de différentes périodes entre l'automne 2014 et l'été 2015 : le 24 octobre 2014, le 26 décembre 2014, le 12 mars 2015, le 10 avril, le 28 mai, le 19 juin et le 15 juillet.

- 
- <sup>17</sup> **BONNET F-R., 2009.** Guide sonore des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale. Delachaux et Niestlé éditeurs, Lausanne, Paris.
- <sup>18</sup> **CHAZEL L. et DA ROS M., 2002.** L'encyclopédie des traces d'animaux d'Europe. Delachaux et Niestlé éditeurs, Lonay (Suisse), Paris, 384 pages.
- <sup>19</sup> **Liste rouge et responsabilité biologique régionales pour la faune de Bretagne :** <http://www.observatoire-biodiversite-bretagne.fr/content/view/full/79848>
- <sup>20</sup> **Groupe Mammalogique Breton, 2015.** Atlas des mammifères de Bretagne. Éditions Locus Solus, 303 p.
- <sup>21</sup> **GOB (coord.), 2012.** Atlas des oiseaux nicheurs de Bretagne. Groupe Ornithologique Breton, Bretagne-Vivante SEPMB, LPO 44, Groupe d'études Ornithologiques des Côtes-d'Armor. Delachaux et Niestlé, 512 p.
- <sup>22</sup> **GOVERNEUR X. et GUERARD P., 2011.** Les longicornes armoricains. Atlas des coléoptères *Cerambycidae* des départements du Massif Armorica. Invertébrés Armoricains, les cahiers du GRETIA, 7, 224 p.
- <sup>23</sup> **LE GARFF B. (Coord.), 2014.** Atlas des amphibiens et des reptiles de Bretagne et de Loire-Atlantique. *Penn ar Bed*, N° 216 - 218. 200 p.
- <sup>24</sup> <http://www.bretagne-vivante.org/content/category/127/167/>
- <sup>25</sup> **GRAND D. & BOUDOT J-P., 2006.** Les libellules de France, Belgique et Luxembourg. Biotopie, Mèze (Collection Parthénopie), 480 pages.
- <sup>26</sup> **LAFRANCHIS T., 2010.** Papillons d'Europe. Guide et clés de détermination des papillons de jour. DIATHEO éditeur, Paris, 379 pages.
- <sup>27</sup> **LAFRANCHIS T., 2000.** Les papillons de jours de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles. Collection Parthénopie, éditions Biotopie, Mèze (France). 448 pages.
- <sup>28</sup> **VOISIN J.-F. (coord.), 2003.** Atlas des Orthoptères et des Mantides de France. Patrimoines Naturels, 60 Paris, MNHN.
- <sup>29</sup> **LESCURE J. & MASSARY de J-C. (coords), 2012.** Atlas des Amphibiens et Reptiles de France. Biotopie, Mèze ; Museum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires & biodiversité), 272 p.
- <sup>30</sup> **ROCAMORA G. & YEATMAN-BERTHELOT D., 1999.** Oiseaux menacés et à surveiller en France. Listes rouges et recherche de priorités. Populations. Tendances. Menaces. Conservation. Société d'Études Ornithologiques de France - Ligue pour la Protection des Oiseaux. Paris, 560 pages.
- <sup>31</sup> **Bilan du programme STOC pour la France :** site web <http://vigienature.mnhn.fr>

## 2. Relation du site avec les aires protégées voisines et la trame verte et bleue.

Le site et ces abords immédiats n'appartiennent à aucune aire protégée pour sa biodiversité.

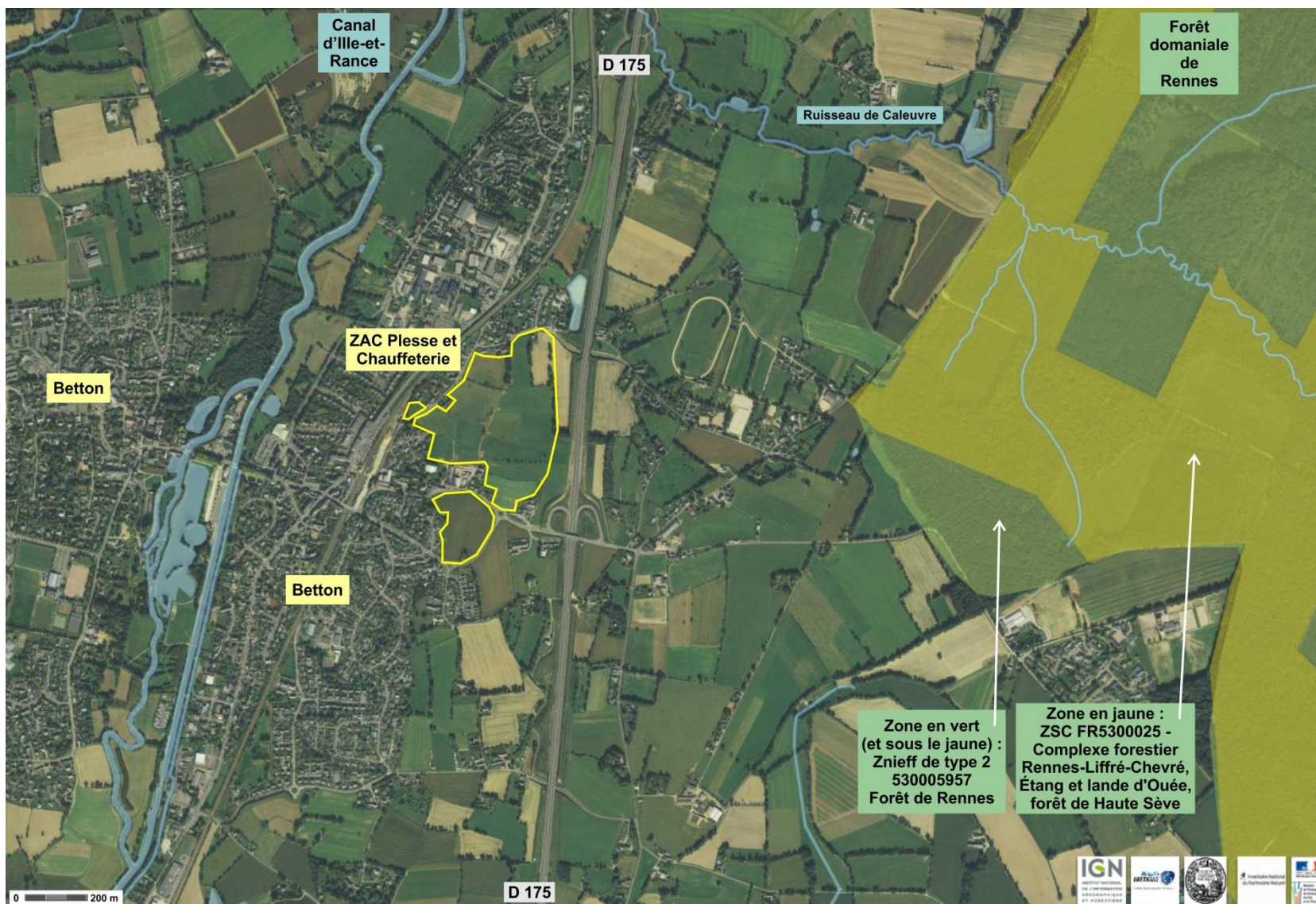
La zone Natura 2000 la plus proche correspond au site Natura 2000 **ZSC FR5300025 - Complexe forestier Rennes-Liffré-Chevré, Étang et lande d'Ouée, forêt de Haute Sève**. C'est ici l'extrémité ouest de la Forêt domaniale de Rennes qui est située à environ 950 mètres à l'Est de la partie Est de la ZAC (voir **Figure 1**).

La forêt de Rennes est de plus une ZNIEFF de type 2 (mêmes limite et distance que la zone Natura 2000).

La zone de la ZAC ne fait pas partie d'une trame verte remarquable. C'est une zone de pâture banalisée et de cultures intensives sur une ancienne zone bocagère assez fortement réduite (restes de chemins creux et de talus arborés dans la moitié nord ; voir **Figure 2**). Les haies arborées situées dans la partie nord de la zone sont relativement isolées (par une zone urbanisée au nord, par une route à quatre voies à l'Est (RD 175). Néanmoins un trame bocagère (coté Est de la RD 175) partielle et assez urbanisée correspond à une mise en relation entre le bocage résiduel du site et la lisière Ouest de la forêt de Rennes.

La zone de la ZAC ne contient pas de cours ou de plans d'eau à l'exception de fossés de bordure de route sur la marge nord et ouest. Ils sont asséchés en période estivale et non reliés à un autre réseau. Un plan d'eau artificiel est présent au nord du site (bassin de réception des eaux pluviales de la RD 175). La zone est déconnectée de la trame bleue locale (canal d'Ille-et-Rance, ruisseau de Caleuvre provenant de la Forêt de Rennes).





**Figure 1 : Position du site d'étude par rapport aux aires protégées les plus proches : Zone Natura 2000 ZSC FR5300025 - Complexe forestier Rennes-Liffré-Chevré, Étang et lande d'Ouée, forêt de Haute Sève (ici zones en jaune de l'extrémité ouest de la forêt domaniale de Rennes) et par rapport à la trame verte et bleu (Photo aérienne de fond Géoportail).**







### 3. Analyse de la flore et des habitats naturels.

#### 3.1. Analyse de la flore.

Cent soixante-cinq espèces sont signalées dans le **Tableau 4** (espèces du site et de ces bordures). Il n'a été trouvé aucune espèce protégée<sup>32</sup> ou inscrite sur la liste rouge des espèces menacées du Massif Armoricain<sup>33</sup>.

Le Tableau 4, présente la liste de l'ensemble des espèces inventoriées et comprend 10 colonnes correspondant à 10 types de zones ou d'habitats du site (voir leurs localisations sur la **Figure 3** et leurs caractéristiques à la fin du **Tableau 4**).

Les deux tiers du site correspondent à une série de **parcelles pâturées** par des bovins (parcelles 28, 33, 34, 35, 40, 41, 1 et 2 ; voir **Photo 14** et **Photo 15**). Ce sont des prairies herbacées mésophiles très homogènes et à la végétation très peu diversifiée d'espèces communes (moins de 40 espèces, voir colonne 4 du **Tableau 4**).

**Les zones de cultures** et leurs marges en friches contiennent une série d'espèces différentes des pâtures mais aussi très communes sur les sols remués.

Au nord la **parcelle 99 (Photo 16 à Photo 19)** est une zone de maïs en 2015 avec une flore réduite sauf sur sa marge nord (talus herbacé) (colonne 1 du **Tableau 4**).

**La culture (céréale) des parcelles 175, 220 et 221**, reste de même assez pauvre en espèces, cependant les céréales sont plus favorables à la biodiversité végétale avec la présence d'espèce comme le Grand coquelicot (colonne 3 du **Tableau 4**). Les marges sud et nord de cet ensemble de parcelles sont des zones de friches herbacées agricoles assez riches (présence d'un talus herbacé bas au sud, voir **Photo 6**, et bordure en friche du rond-point au sud, voir **Photo 5**).

**La zone de culture sud, en maïs en 2015 (parcelles 56, 131, 167 et 171 ; voir Photo 1 à Photo 3)**, est aussi très pauvre en espèces (colonne 2 du **Tableau 4**). Les marges de la zone cultivée (talus entre la culture et le bord de route) est par contre une zone plus riche en plantes herbacées diverses (y compris de très jeunes arbres, bouleaux, peupliers et pins).

**La structure bocagère du site** comprend diverses haies avec talus ou alignements d'arbres plus ou moins isolés (visiblement un ancien bocage assez fortement remembré). Les seules haies arborées bien conservées sont celles présentes dans le quart nord du site (quatre principales structures sont présentes au nord du site mais elles ne contiennent que des plantes communes ; voir colonne 5 du **Tableau 4**).

**Haie entre les parcelles 35 et 99** : haie arborée correspondant à un alignement (incomplet vers le sud) de grands chênes pédonculés (voir **Photo 18** et **Photo 19**). Sur la moitié nord, il y a 13 grands chênes (15 à 18 mètres de hauteur) et un châtaignier sur un talus réduit (40 à 50 cm) et une flore au sol simplifiée (roncier, digitale, genêt ; voir **Photo 19**). La moitié sud comprend 4 chênes moyens isolés (10 à 12 mètres de hauteur) sur un talus herbacé de 20 centimètres (voir **Photo 18**).

**Haie entre les parcelles 35 et 40** : haie arborée haute correspondant à un chemin creux (deux mètres de profondeur, talus de 50 cm) entouré par deux talus arborés (surtout de chênes pédonculés de 15 à 18 mètres de hauteur et sous-bois varié de houx, noisetiers, etc. ; voir **Photo 20 à Photo 22**). Du côté ouest sont présents 13 chênes d'environ 15 mètres

---

<sup>32</sup> **Arrêté du 20 janvier 1982** fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national. Version consolidée au 24 février 2007 ; **Arrêté du 23 mai 2013** portant modification de l'arrêté du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national ; **Arrêté du 23 juillet 1987** fixant la liste des espèces végétales protégées en Bretagne.

<sup>33</sup> **ANNEZO N., MAGNANON S. & MALENGREAU D., 1998.** Bilan régional de la flore Bretonne. Édition Biotope, Mèze, 137 pages.

et, du côté Est, 9 chênes aussi de 15 à 18 mètres ainsi que 6 autres chênes de 10 à 12 mètres.

Le sous-bois du chemin creux contient peu d'espèces remarquables (chemin creux en partie comblé par des branchages et autres débris végétaux provenant des jardins environnants). On note la présence d'espèces communes des talus comme la Violette de Rivin, le Fusain d'Europe, le Géranium herbe-à-Robert, le Conopode dénudé et la Jacinthe des bois). Les talus ensoleillés (côté ouest) sont colonisés par des espèces plus thermophiles (Jasione des montagnes, Millepertuis couché).

**Haie entre les parcelles 40 et 41** : haie arborée et arbustive d'orientation est-ouest sur talus de herbeux (0,5 à 1 m. de hauteur) comprenant de grands arbres variés (16 arbres dont 8 ragosses ; voir **Photo 23** à **Photo 26**) : chênes pédonculé ragosses (10 à 15 m.), châtaigniers et tilleuls, merisiers (tous d'environ 12 m.) séparés par des arbustes divers (houx, sureaux, noisetiers, aubépines, ajoncs d'Europe, ronciers) avec divers troncs morts sur pied et des souches avec lierres et pieds de Digitales)

**Haie marginal Est (bordure Est des parcelles 99, 33 et 34)** : haie arborée haute (chênes et châtaigniers de 15 à 20 mètres, hêtres, merisiers, alisier torminal, de 10 à 15 mètres) avec nombreux arbustes à la base (houx, noisetiers, troènes) sur talus de 1 mètre (voir **Photo 11** et **Photo 12**). Il s'agit d'un ancien chemin creux (1,8 mètres de profondeur) partiellement comblé et avec un coté détruit. Au sud il est en continuité avec un bosquet arboré (chênes) proche de la RD 175 (lisière avec Troène et Scrofulaire scorodaine ; voir colonne 6 du **Tableau 4**).

La partie nord de la même haie (Est parcelle 99) ne comprenant que des arbres (chênes) plus ou moins isolés avec de grands ronciers (11 chênes de 15 à 20 m de hauteur ; voir **Photo 16**).

Les autres alignements d'arbres du site ne comprennent pas de talus ou de restes de chemins creux, ce sont des alignements d'arbres lâches ou des talus herbacés en friche basses ou pâturés.

**Haie entre les parcelles 34 et 99** : haie basse (talus de 50 cm.) de ronciers, de fougères-aigles et d'arbustes communs (sureau, jeune merisier, noisetier, houx) avec quelques chênes et un grand châtaignier mort (voir **Photo 17**).

**Haie entre les parcelles 1 et 2** : haie d'arbres et arbustes isolés (une vingtaine ; voir **Photo 8**) et pâturés (houx, nombreux jeunes châtaigniers, noisetiers, Alisier torminal, Aubépine, églantier) avec de nombreuses souches et de nombreux pieds de Digitale à l'extrémité ouest (voir **Photo 9**) avec un petit talus lié à une différence de niveau de 50 cm entre la parcelle 2 et la parcelle 1 plus basse). Un Alisier torminal isolé avec tronc fendu et cavités est présent en bordure Est (voir **Photo 10** et **Photo 11**).

**Haie entre les parcelles 2 et 221** : talus herbacée de 50 cm de hauteur pour un 1 mètre de large, recouvert d'une friche herbacée dense sans arbustes mais avec quelques souches (voir **Photo 6** et **Photo 7**). Quelques espèces peu communes sur le site sont présentes sur cette zone (Potentille faux fraisier, Luzule champêtre, Millepertuis couché ; voir colonne 7 du **Tableau 4**).

**Le chemin central et la bordure entre les parcelles (pâturé) 28 et 41** comprend onze chênes isolés (6 entre 28 et 41), le chemin central est encadré par deux petits talus herbacés (30 cm) avec une végétation banalisée (voir **Photo 13**). La bordure ouest de la parcelle 41 contient de même 8 chênes de tailles moyennes (10 mètres).

**La parcelle 163**, en bordure de la zone de culture sud (Avenue de la Haye Renaud), est une zone de forme triangulaire en friche au centre (grand ronciers ; voir **Photo 4**) et bordé par des arbustes et arbres (châtaigniers, noisetiers, chênes ; voir aussi ; voir **Photo 1** à **Photo 3**). Un noyer (planté) est présent au centre et la végétation reste très réduite (ronciers, graminées communes). La bordure arborée contient quelques plantes typiques



des sous-bois de grandes haies arborées (structures disparues), par exemple de jeunes houx et le Fragon piquant (ou Fragon Petit houx) ; voir colonne 10 du **Tableau 4**).

**Les parcelles 80 et 43**, correspondent à une friche herbacée peu humide avec, en bordure ouest, un petit massif lâche de roseaux (voir **Photo 30** et colonne 9 du **Tableau 4**). Ceux-ci sont vraisemblablement liés à la présence, le long des voies ferrées à l'ouest, d'un fossé en eau. Ce fossé est essentiellement caché par des arbustes denses (ronciers, Cornouiller sanguin, Saules, Laurier-Cerise, Gesse à larges feuilles) qui masquent aussi la présence d'une végétation hygrophile herbacée plus complète (Fougère mâle, Salicaire commune, Cirse des marais, Épilobe hirsute et Roseau commun).

**Les fossés bordant les parcelles 35, 40, 41 et 28** (coté route) sont des structures contenant une végétation particulière d'espèces hygrophiles, totalement absentes des autres zones du site.

Le fossé situé en bordure de la parcelle 35 est inondé en fin d'hiver et au printemps et jusqu'en juin (maximum de 20 centimètres d'eau, réduit à une litière herbacée inondée en juin avec disparition de l'eau libre ; voir **Photo 27** et **Photo 28**). Les plantes hygrophiles présentes sont des espèces communes (Cardamine des prés, Lotier des marais, Œnanthe safranée, Gaillet des marais, Menthe odorante, Scrofulaire aquatique, Pulicaire dysentérique, Laîche pendante).

Le fossé bordant la parcelle 40 est de même inondé de mars à juin mais seulement sur moins de 10 centimètres hors période pluvieuse. Le fossé bordant la parcelle 41 reste inondé sur quelques centimètres seulement en mars et en avril tout comme celui bordant la parcelle 28 (voir **Photo 29**) (ces divers fossés enherbés avec très peu de plantes hygrophiles).

**Globalement les espèces végétales présentes sur le site sont des espèces communes des haies bocagères, des cultures et des petites zones humides. La sensibilité floristique du site et de ces abords reste donc très réduite (présence uniquement d'espèces communes).**

**Planche 1 : Photographies du site (partie sud).**



**Photo 1 : Vue de la parcelle 167 en octobre 2014 (vers la parcelle en friche 163) (IPA 1).**



**Photo 2 : Vue de la parcelle 167 en juin 2015 vers la bordure arborée de la friche de la parcelle 163 (IPA 1).**



**Photo 3 : Vue de la parcelle 131 depuis la bordure arborée sud de la parcelle 163.**



**Photo 4 : Intérieur de la parcelle en friche 163 (ronciers, arbustes et un noyer à droite).**



**Photo 5 : Vue des parcelles 175 et 221 depuis le rond-point sud (juin 2015) (IPA 2).**



**Photo 6 : Bordure nord de la parcelle 221 en juin (talus herbacé bas).**



**Planche 2 : Photographies du site (pâtures centrales).**



**Photo 7 : Vue de la limite (haie basse) entre les parcelles 221 au sud (gauche) et 2 (pâture au nord à droite).**



**Photo 8 : Vue du talus arbustif intermittent entre les pâtures 1 et 2.**



**Photo 9 : Formation à Digitalis et souches à l'extrémité sud-ouest de la parcelle 1.**



**Photo 10 : Vue vers l'est de la parcelle 1 (pâture) avec un alisier torminal isolé au fond.**



**Photo 11 : Parcelle 1 est, Alisier torminal isolé et bordure arborée des parcelles 33 et 34 au fond (IPA 8).**



**Photo 12 : Haie arborée (ancien chemin creux) des bordures Est des parcelles 33 et 34 (IPA 8).**



**Planche 3 : Photographies du site (pâture centrales et pâtures et cultures nord).**



**Photo 13 : Vue de la parcelle 28 depuis le chemin agricole central.**



**Photo 14 : Vue (vers le nord) depuis le centre de la parcelle pâturée 33.**



**Photo 15 : Vue (depuis la parcelle 35) de la parcelle 34 et de la marge Est arborée des parcelles 33 et 34 (IPA 7).**



**Photo 16 : Vus de la parcelle 99 et de la haie arborée intermittente qui la limite vers l'Est (IPA 7).**




**Photo 17 : Vue de la parcelle 99 depuis sa limite sud (haie arbustive avec arbre mort).**



**Photo 18 : Vue de la parcelle 99 vers le sud.**



**Planche 4 : Photographies du site (pâtures, haies arborées et cultures nord).**

	
<p><b>Photo 19 : Vue de la haie arborée entre les parcelles 99 et 35 (sur la moitié nord de la limite) (IPA 5).</b></p>	<p><b>Photo 20 : Vue du chemin creux arboré séparant les parcelles 35 et 40 (moitié nord depuis la p. 35).</b></p>
	
<p><b>Photo 21 : Vue du chemin creux arboré séparant les parcelles 35 et 40 (moitié sud depuis la p. 35) (IPA 6).</b></p>	<p><b>Photo 22 : Vue de l'intérieur du chemin creux entre les parcelles 35 et 40 (IPA 6).</b></p>
	
<p><b>Photo 23 : Vue (depuis la parcelle 40) de la haie arborée entre les parcelles 40 et 41 (moitié Est).</b></p>	<p><b>Photo 24 : Vue (depuis la parcelle 40) de la haie arborée entre les parcelles 40 et 41 (moitié ouest).</b></p>



**Planche 5 : Photographies du site (pâtures, bords de route et friche de la moitié nord-ouest du site).**



**Photo 25 : Vue de la haie arborée et arbustive entre les parcelles 40 et 41.**



**Photo 26 : Vue de la parcelle 41 (et face sud de la haie entre 40 et 41) (IPA 4).**



**Photo 27 : Fossé inondé (bord de route) au nord de la parcelle 35 (vue vers l'Est).**



**Photo 28 : Fossé au nord de la parcelle 35 (vue vers le sud).**

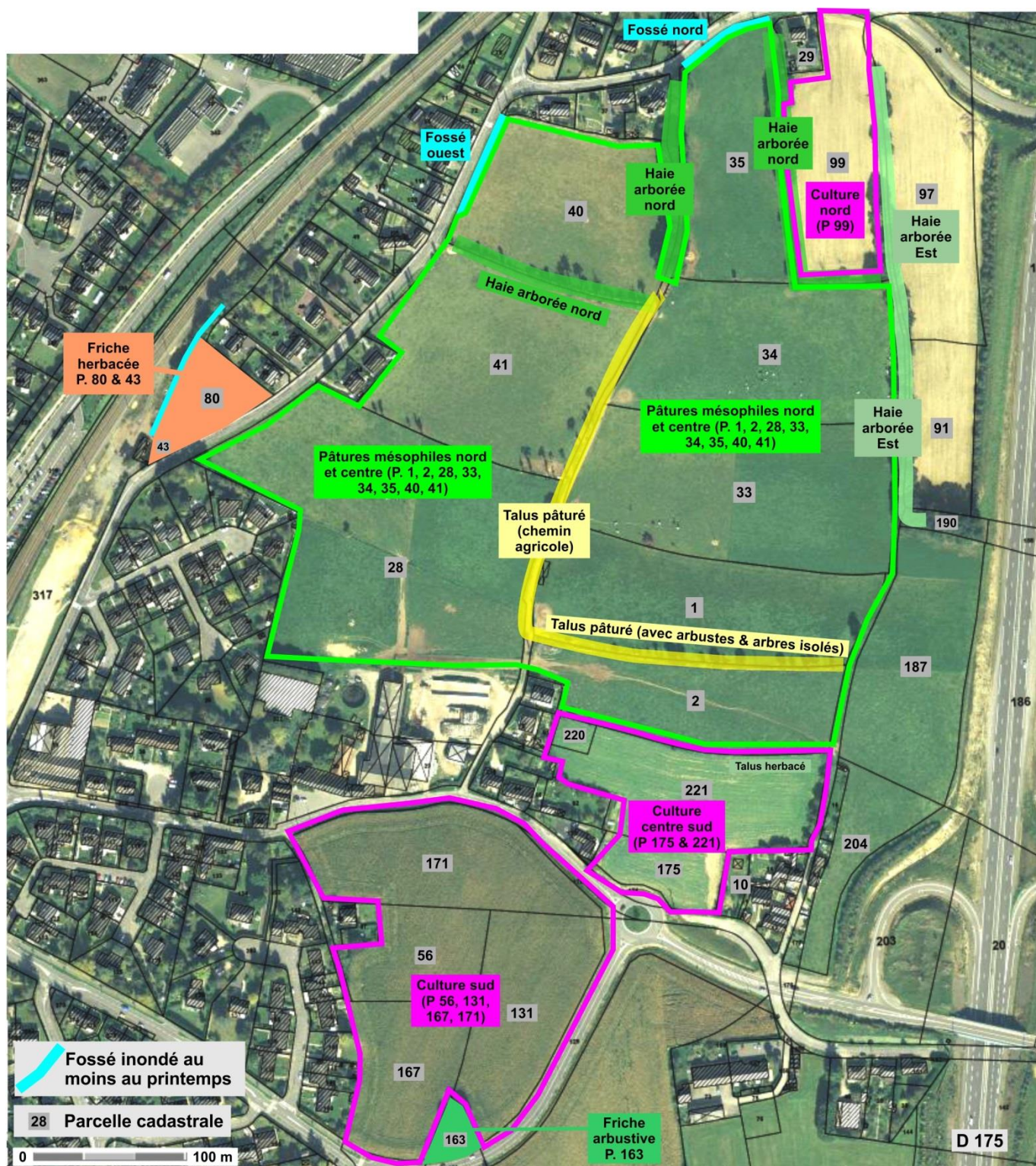


**Photo 29 : Vue de la parcelle 28 depuis sa bordure ouest (et fossé de bord de route) (IPA 3).**



**Photo 30 : Vue de la parcelle 80 (friche herbacée et haie en bordure ouest) (IPA 3).**





**Figure 3 : Localisation des zones correspondant aux dix colonnes du Tableau 4 de présentation de la flore du site et localisation des photographies des planches 1 à 6 (Photo aérienne de fond Géoportail).**

**Zones différenciées (colonnes 1 à 10 du Tableau 4) : Culture nord, Culture sud, Culture centre sud, Pâtures (mésophiles) nord et centre, Haies arborées nord, Haie arborée Est, Talus & chemin pâturés, Fossés nord et ouest, Friche parcelles 80 & 43 et Friche parcelle 163.**

**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
<b>Ptéridophytes</b>													
Ptéridacées	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Fougère aigle					X	X				X	C
Dryopteridacées	<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott	Fougère mâle									X		C
Polypodiacées	<i>Polypodium</i> sp.	Polypode commun					X						C
<b>Gymnospermes</b>													
Pinacées	<i>Pinus</i> sp.	Pin (juvénile)										X	Ex Pl.
<b>Angiospermes Dicotylédones</b>													
Salicacées	<i>Salix atrocinerea</i> Brotero	Saule noir cendré S roux	X	X						X	X	X	C
	<i>Populus tremula</i> L.	Peuplier tremble									X	X	C
	<i>Populus</i> sp.	Peuplier										x	Ex Pl.
Bétulacées	<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	Bouleau pubescent		X						X	X	X	C
	<i>Betula pendula</i> Roth	Bouleau verruqueux								X		X	C
Corylacées	<i>Corylus avellana</i> L.	Noisetier					X	X				X	C
Fagacées	<i>Fagus sylvatica</i> L.	Hêtre						X					C
	<i>Castanea sativa</i> Mill.	Châtaignier					X	X	X			X	C
	<i>Quercus robur</i> L. subsp. <i>robur</i>	Chêne pédonculé			X		X	X	X		X	X	C
Juglandacées	<i>Juglans regia</i> L.	Noyer					X					X	Ex Pl.
Urticacées	<i>Urtica dioica</i> L.	Grande ortie	X		X		X	X	X	X	X	X	C
Polygonacées	<i>Polygonum gr. aviculare</i> L.	Renouée des oiseaux							X				C
	<i>Polygonum maculosa</i> Gray (= <i>P. persicaria</i> L.)	Renouée persicaire								X			C
	<i>Rumex acetosa</i> L. subsp. <i>acetosa</i>	Oseille des prés Gd Oseille	X			X	X	X		X	X		C
	<i>Rumex crispus</i> L.	Patience crépue	X			X	X			X		X	C
	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Patience agglomérée						X					C
Amaranthacées	<i>Amaranthus</i> sp.	Amarante							X				Ex Inv
Chénopodiacées	<i>Chenopodium album</i> L.	Chénopode blanc				X			X				C
Caryophyllacées	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill. ssp. <i>media</i>	Mouron des oiseaux				X	X	X	X	X		X	C
	<i>Stellaria holostea</i> L.	Stellaire holostée	X	X	X	X	X	X	X	X			C
	<i>Cerastium fontanum</i> Baumg. ssp. <i>vulgare</i> (Hartm.) Greuter & Burdet	Céraiste commun	X						X				C
	<i>Spergula arvensis</i> L.	Spergule des champs		X									C
	<i>Silene latifolia</i> Poir. subsp. <i>Alba</i> (Mill.) Greuter & Burdet	Compagnon blanc						X		X			C
Renonculacées	<i>Ranunculus repens</i> L.	Renoncule rampante	X		X	X	X	X	X	X		X	C
	<i>Ranunculus acris</i> L. subsp. <i>acris</i>	Renoncule âcre				X	X			X	X		C
	<i>Ranunculus ficaria</i> L.	Renoncule ficaire		X	X		X	X			X	X	C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C : Esp. indigène commune</b>	<b>L : Esp indigène. localisée</b>		<b>Ex Inv. : Exotique invasive</b>		<b>Ex Pl. : Exotique plantée</b>		<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>				



**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
Papavéracées	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Grand coquelicot		X	X			X				X	C
	<i>Chelidonium majus</i> L.	Grande Chélidoine			X		X		X				C
Fumariacées	<i>Fumaria muralis</i> Sond. ex W.D.J.Koch subsp. <i>boraiei</i> (Jord.) Pugsley	Fumeterre des murailles	X				X	X	X				C
Brassicacées (Crucifères)	<i>Cardamine pratensis</i> L.	Cardamine des près								X			C
	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	Cardamine des bois				X		X					C
	<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Cardamine hirsute	X			X							C
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Bourse à Pasteur			X	X	X		X				C
	<i>Brassica napus</i> L.	Colza Navet	X					X					Ex Pl.
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Moutarde des champs	X										C
Rosacées	<i>Rubus agr. fruticosus</i> auct. non L.	Ronce commune			X		X	X	X	X	X	X	C
	<i>Rosa canina</i> L.	Rosier des chiens églantier							X				C
	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Räuschel	Potentille érigée tormentille											C
	<i>Potentilla reptans</i> L.	Potentille rampante	X						X	X	X		C
	<i>Potentilla sterilis</i> (L.) Garcke	Potentille faux fraisier							X				C
	<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Pommier sauvage						X					C
	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	Alisier torminal						X	X				C
	<i>Crataegus monogyna</i> L.	Aubépine monogyne					X	X	X				C
	<i>Prunus spinosa</i> L.	Prunellier						X					C
	<i>Prunus avium</i> L.	Merisier					X	X	X				C
	<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Laurier-Cerise									X		Ex Inv
	<i>Cytisus scoparius</i> (L.) Link	Genêt à balais		X	X		X	X	X			X	C
Fabacées (Papilionacées) (Légumineuses)	<i>Ulex europaeus</i> (L.)	Ajonc d'Europe					X	X		X	X	X	C
	<i>Vicia cracca</i> L.	Vesce à épis								X			C
	<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreber	Vesce à quatre graines	X									X	C
	<i>Vicia sativa</i> L.	Vesce cultivée			X					X	X	X	C
	<i>Lathyrus latifolius</i> L.	Gesse à larges feuilles									X		C
	<i>Medicago lupulina</i> L.	Luzerne lupuline								X		X	C
	<i>Medicago sativa</i> L.	Luzerne cultivée											C
	<i>Trifolium repens</i> L.	Trèfle blanc		X	X	X							C
	<i>Lotus corniculatus</i> L. subsp. <i>corniculatus</i>	Lotier corniculé										X	C
	<i>Lotus uliginosus</i> Schkuhr = <i>Lotus pedunculatus</i> Cav.	Lotier des marais								X	X		C
	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Pain de coucou					X						C
Géraniacées	<i>Geranium molle</i> L.	Géranium mou		X						X			C
	<i>Geranium dissectum</i> L.	Géranium découpé	X		X		X	X	X	X	X	X	C
	<i>Geranium robertianum</i> L.	Géranium herbe-à-Robert					X			X	X		C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C : Esp. indigène commune</b>	<b>L : Esp indigène. localisée</b>	<b>Ex Inv. : Exotique invasive</b>	<b>Ex Pl. : Exotique plantée</b>	<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>							

**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
Euphorbiacées	<i>Mercurialis annua</i> L.	Mercuriale annuelle	X							X			C
	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbe réveille-matin	X	X						X			C
	<i>Euphorbia peplus</i> L.	Euphorbe des jardins	X										C
	<i>Euphorbia lathyris</i> L.	Euphorbe épurge								X	X		C
Acéracées	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Érable sycomore						X				X	C
Aquifoliacées	<i>Ilex aquifolium</i> L.	Houx			X		X	X				X	C
Célastracées	<i>Euonymus europaeus</i> L.	Fusain d'Europe					X						C
Malvacées	<i>Malva moschata</i> L.	Mauve musquée						X					C
	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.	Tilleul à grandes feuilles					X						Ex Pl.
Hypéricacées	<i>Hypericum humifusum</i> L.	Millepertuis couché					X	X	X				C
	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Millepertuis perforé					X			X	X	X	C
Violacées	<i>Viola arvensis</i> Murray	Pensée des champs	X										C
	<i>Viola riviniana</i> Reichenb.	Violette de Rivin					X	X					C
Cucurbitacées	<i>Bryonia cretica</i> ssp. <i>dioica</i> (Jacq.) Tutin (= <i>Bryonia dioica</i> Jacq.)	Bryone dioïque			X								C
Lythracées	<i>Lythrum salicaria</i> L.	Salicaire commune								X	X		C
Onagracées	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Épilobe hirsute velu								X	X		C
	<i>Epilobium</i> agr. <i>tetragonum-obscurum</i>	Épilobe à quatre angles Épilobe à feuilles sombres	X							X			C
Cornacées	<i>Cornus sanguinea</i> L.	Cornouiller sanguin									X	X	C
Araliacées	<i>Hedera helix</i> L.	Lierre			X		X	X	X		X	X	C
Apiacées (Ombellifères)	<i>Conopodium majus</i> (Gouan) Loret	Conopode dénudé			X		X	X				X	C
	<i>Heracleum sphondylium</i> L.	Berce commune sphondyle	X		X		X	X		X	X		C
	<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>carota</i>	Carotte sauvage		X	X	X	X		X		X	X	C
	<i>Oenanthe crocata</i> L.	Oenanthe safranée								X			C
Primulacées	<i>Primula veris</i> L. subsp. <i>veris</i>	Primevère officinale	X	X	X							X	C
	<i>Anagallis arvensis</i> L. subsp. <i>arvensis</i>	Mouron des champs rouge	X	X				X		X			C
Oléacées	<i>Ligustrum vulgare</i> L.	Troène commun						X					C
Gentianacées	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn. subsp. <i>erythraea</i>	Erythrée petite-centaurée								X			C
Rubiacées	<i>Galium palustre</i> L.	Gaillet des marais								X			C
	<i>Galium mollugo</i> L.	Caille lait blanc mollugine		X			X				X	X	C
	<i>Galium aparine</i> L.	Gaillet gratteron	X	X	X		X	X	X	X	X	X	C
Convolvulacées	<i>Calystegia sepium</i> subsp. <i>sepium</i> (L.) R. Br.	Liseron des haies			X					X		X	C
Borraginacées	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	Myosotis des champs			X	X		X					C
Lamiacées (Labiées)	<i>Ajuga reptans</i> L.	Bugle rampant								X			C
	<i>Teucrium scorodonia</i> L.	Germandrée scorodaine			X	X	X	X	X			X	C
	<i>Lamium purpureum</i> L.	Lamier pourpre			X	X	X		X	X	X		C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C :</b> Esp. indigène commune	<b>L :</b> Esp indigène. localisée	<b>Ex Inv. :</b> Exotique invasive	<b>Ex Pl. :</b> Exotique plantée	<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>							

**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
Lamiacées (Labiées) (suite)	<i>Stachys sylvatica</i> L.	Épiaire des bois									X		C
	<i>Prunella vulgaris</i> L.	Brunelle commune	X			X	X						C
	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	Menthe odorante ou menthe à feuilles rondes								X			C
Solanacées	<i>Solanum nigrum</i> L.	Morelle noire				X			X				C
Hydrophyllacées	<i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth.	Phacélie à feuilles de tanaïs	X										Ex Pl.
Scrofulariacées	<i>Scrofularia scorodonia</i> L.	Scrofulaire scorodaine						X					C
	<i>Scrofularia auriculata</i> L.	Scrofulaire aquatique								X			C
	<i>Linaria repens</i> (L.) Miller	Linaire rampante	X				X	X					C
	<i>Kickxia elatine</i> (L.) Dumort. subsp. <i>elatine</i>	Linaire élatine	X		X								C
	<i>Digitalis purpurea</i> L.	Digitale pourpre	X	X	X		X	X	X			X	C
	<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Véronique Petit-Chêne	X			X	X						C
	<i>Veronica arvensis</i> L.	Véronique des champs	X		X								C
	<i>Veronica persica</i> Poiret	Véronique de Perse				X	X	X					C
Plantaginacées	<i>Plantago major</i> L. subsp. <i>major</i>	Plantain majeur	X	X	X	X				X		X	C
	<i>Plantago lanceolata</i> L. subsp. <i>lanceolata</i>	Plantain lancéolé	X	X	X	X	X		X	X	X	X	C
Caprifoliacées	<i>Sambucus nigra</i> L.	Sureau noir					X		X		X	X	C
	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	Chèvrefeuille des bois			X		X	X					C
Valérianiacées	<i>Valerianella carinata</i> Loisel.	Mâche carénée					X					X	C
Campanulacées	<i>Campanula rapunculus</i> L.	Campanule raiponce		X								X	C
	<i>Jasione montana</i> L.	Jasione des montagnes					X	X					C
Astéracées (Composée)	<i>Bellis perennis</i> L.	Pâquerette	X	X		X	X		X	X			C
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	Vergerette du Canada	X	X	X							X	Ex Inv.
	<i>Pulicaria dysenterica</i> (L.) Bernh.	Pulicaire dysentérique								X	X		C
	<i>Achillea millefolium</i> L.	Achillée millefeuille		X		X			X	X	X	X	C
	<i>Tripleurospermum inodorum</i> Sch.Bip. [1844, Tanacet., 32] <i>Matricaria perforata</i> Mérat	Matricaire perforée	X					X		X		X	C
	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam.	Grande Marguerite		X						X	X	X	C
	<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh.	Bardane à petites têtes						X					C
	<i>Senecio jacobaea</i> L.	Séneçon jacobée		X						X	X	X	C
	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Séneçon commun					X						C
	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	Chardon commun	X	X	X		X			X	X	X	C
	<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	Cirse des marais									X	X	C
	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Cirse des champs	X	X	X	X	X			X			C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C :</b> Esp. indigène commune	<b>L :</b> Esp indigène. localisée	<b>Ex Inv. :</b> Exotique invasive	<b>Ex Pl. :</b> Exotique plantée	<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>							

**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
Astéracées (Composée)	<i>Centaurea decipiens</i> Thuill. (= <i>C. nemoralis</i> Jordan & <i>C. thuillieri</i> J.D.) ( <i>Centaurea gr. nigra</i> )	Centaurée noire		X						X	X		C
	<i>Hypochaeris radicata</i> L.	Porcelle enracinée	X	X		X	X	X	X	X			C
	<i>Picris echinoides</i> L.	Picris fausse vipérine		X								X	C
	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	Laiteron rude		X	X		X	X		X			C
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Laiteron maraîcher					X						C
	<i>Taraxacum</i> Sect. <i>Ruderalia</i> K, Ö & S. = <i>Taraxacum gr. officinale</i> Wigg.	Pissenlit commun		X		X	X		X		X		C
	<i>Lapsana communis</i> L.	Lapsane commune			X		X	X	X	X			C
	<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	Crépis capillaire verdâtre	X	X		X	X	X					C
<b>Angiospermes Monocotylédones</b>													
Liliacées	<i>Hyacinthoides non-scripta</i> (L.) Chouard	Jacinthe des bois					X					X	C
	<i>Ruscus aculeatus</i> L.	Fragon piquant, Petit houx							X			X	C
Amaryllidacées	<i>Narcissus pseudonarcissus</i> L.	Narcisse jaune					X						Ex PI ?
Joncacées	<i>Juncus effusus</i> L.	Jonc épars ou diffus				X				X	X		C
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	Jonc aggloméré								X		X	C
	<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.	Luzule champêtre							X				C
Aracées	<i>Arum italicum</i> Miller s.l. subsp. <i>italicum</i>	Gouet d'Italie						X			X	X	C
Poacées (Graminées)	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	Fétuque faux-roseau									X		C
	<i>Lolium perenne</i> L.	Ray-grass d'Angleterre	X	X	X	X			X	X			C
	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Ray-grass d'Italie	X	X	X	X							C
	<i>Poa trivialis</i> L. subsp. <i>trivialis</i>	Pâturin commun				X			X	X			C
	<i>Poa pratensis</i> subsp. <i>pratensis</i>	Pâturin des prés				X			X				C
	<i>Dactylis glomerata</i> L. subsp. <i>glomerata</i>	Dactyle aggloméré	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C
	<i>Ceratochloa cathartica</i> (Vahl) Herter (= <i>Bromus willdenowii</i> Kunth)	Brome purgatif				X				X			Ex Inv.
	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Desv. Ex Nevski subsp. <i>repens</i> = <i>Elymus repens</i> (L.)	Chiendent rampant									X		C
	<i>Hordeum murinum</i> L.	Orge des rats		X		X							C
	<i>Avena fatua</i> L. subsp. <i>fatua</i>	Folle avoine		X	X		X	X		X	X	X	C
	<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.) Beauv. Ex J.&C. subsp. <i>bulbosum</i> (Willd.) Schübler & Martens	Avoine à chapelets	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	C
	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L. subsp. <i>odoratum</i>	Flouve odorante				X					X	X	C
	<i>Holcus lanatus</i> L.	Houlque laineuse			X					X	X		C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C :</b> Esp. indigène commune	<b>L :</b> Esp indigène. localisée	<b>Ex Inv. :</b> Exotique invasive	<b>Ex Pl. :</b> Exotique plantée	<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>							

**Tableau 4 : Liste des plantes du site (cultures, pâtures, haies, fossés et friches).**

Familles	Espèces : noms scientifiques	Noms vernaculaires	Culture nord	Culture sud	Culture centre sud	Pâtures nord et centre	Haies arborées nord	Haie arborée Est	Talus & chemin pâturés	Fossés nord et ouest	Friche p. 80 43	Friche p. 163	Statut régional
	<i>Agrostis stolonifera</i> L. subsp. <i>stolonifera</i>	Agrostide blanche				X			X		X		C
	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	Danthonie inclinée	X							X			C
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Roseau commun									X		C
	<i>Bambusoideae</i>	Bambou (indéterminé)									X		Ex PI
Cypéracées	<i>Carex pendula</i> Hudson	Laïche pendante								X			C
<b>Légende :</b>	<b>Statut régionale de la plante :</b>	<b>C : Esp. indigène commune</b>	<b>L : Esp indigène. localisée</b>	<b>Ex Inv. : Exotique invasive</b>	<b>Ex PI. : Exotique plantée</b>	<b>Espèces des zones humides (loi sur l'eau)</b>							

**Légende colonnes :**

**Cultures nord :** flore de la parcelle 99 (labour puis maïs) et de ces marges herbacées (bords cultures et bord route au nord).

**Cultures sud :** flore des parcelles 56, 131, 167 et 171 (labour puis maïs) et de leurs marges herbacées (bords cultures et routes périphériques).

**Cultures centre sud :** flore des parcelles 175, 220 et 221 (labour puis céréales) et de leurs marges herbacées (bords cultures, bord route et rond-point au sud, talus herbacé au nord).

**Pâtures nord et centre :** flore des parcelles pâturées mésophiles du site (28, 33, 34, 35, 40, 41, 1 et 2).

**Haies arborées nord :** flore des haies arborées du nord du site (et anciens chemins creux) (limites parcelles 41-40, 40-35 et 35-99).

**Haie arborée Est :** flore de la haie (ancien chemin creux) des bordures ouest des parcelles 99, 34 et 33.

**Talus chemin pâturés :** flore du talus pâturé arbustif de la limite des parcelles 1 et 2, 2 et 221 et des bordures du chemin central (entre 28-41 et 1-33-34).

**Fossés nord et ouest :** flore des fossés inondés entre route ouest et pâtures et des bordures humides des pâtures (bordure nord de la parcelle 35, bordures ouest des parcelles 40, 41 et 28).

**Friche herbacée :** flore des parcelles 80 et 43.

**Friche arbustive :** flore de la parcelle en friche 163.



### **3.2. Analyse des habitats.**

Les fossés inondables colonisés par une majorité de plantes hygrophiles<sup>34</sup> (bordure nord de la parcelle 35, bordure ouest de la parcelle 40 peuvent être considérés comme de petites friches humides linéaires (et artificielles) (les fossés des parcelles 41 et 28, rapidement asséchés, semblent surtout colonisés par des espèces mésophiles).

La bordure ouest de la parcelle est de même une zone humide mais très enfrichée et à la végétation herbacée peu caractéristique des habitats humides.

Globalement la partie nord de la zone d'étude correspond à un habitat de catégorie Corine biotopes<sup>35</sup> 84.4 « Bocage », mais ici assez dégradé (haies réduites et discontinues, chemins creux partiellement comblés) (voir cartographie **Figure 4**).

Les pâtures mésophiles correspondent à un habitat banalisé et artificialisé de catégorie Corine biotopes 81.1 « Prairie sèche améliorée ».

Les zones cultivées correspondent à la catégorie Corine biotopes **82.2** « Cultures avec marges de végétation spontanée » (Cultures traitées intensivement, entremêlées avec des bandes de végétation spontanée).

Les parcelles en friche 163, 80 et 43 correspondent à la catégorie Corine biotopes **87.1** « **Terrains en friche** » Les talus secs en bordure de route sont des « Zones rudérales », catégorie Corine biotopes **87.2**.

Les fossés temporairement inondés (surtout parcelle 35) peuvent être considérés comme de petites zones (artificialisées) de la catégorie **37.21** « **Prairies humides atlantiques et subatlantiques** » ou **37.217** « **Prairies à Jonc diffus** ».

**Globalement les habitats du site et de ces pourtours sont des habitats artificialisés et banalisés et les petits espaces de friches humides sont de même des zones artificielles de tailles réduites.**

---

<sup>34</sup> **Arrêté du 24 juin 2008** précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du code de l'environnement.

<sup>35</sup> **RAMEAU J-C., BISSARDON M & GUIBAL L., 1997.** CORINE Biotopes : Version originale. Type d'habitats français. ENGREF Nancy et Atelier Technique des Espaces Naturels éditeurs, 175 pages.

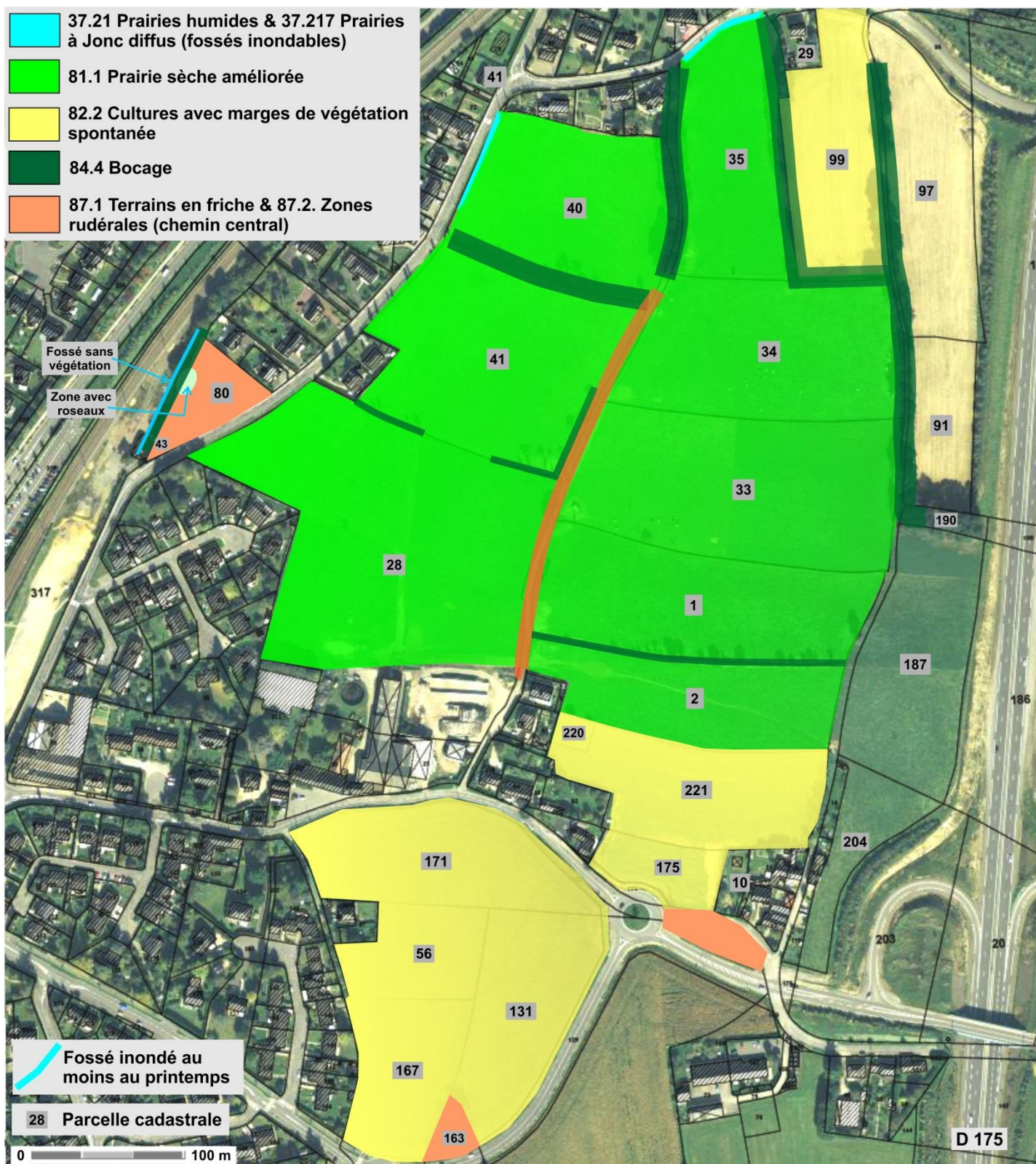


Figure 4 : Cartographie des habitats du site (photo aérienne de fond Géoportail).



## 4. Analyse de la faune du site.

### 4.1. Les mammifères.

Le seul mammifère protégé<sup>36</sup> présent sur le site est la chauve-souris commune *Pipistrellus pipistrellus*. Cette espèce commune<sup>37</sup> est présente, en vol de transit et de chasse, le long des diverses lisières arborées du site (en particulier grandes haies arborées des moitiés nord et Est). Il n'a pas été trouvé de gîtes arboricoles occupés sur le site, cependant les grands arbres du site, contiennent des cavités, trous de pics ou cavités naturelles (voir **Photo 39** et **Photo 40**) qui pourraient être utilisés ponctuellement par cette espèce (les chauves-souris changent souvent de gîtes). Il est cependant probable, pour cette espèce très liée aux constructions humaines, que la majorité des individus chassant sur le site utilise des gîtes situés dans les bâtiments entourant le site (et donc une bonne partie des quartiers de la ville de Betton entourant le site). Le passage ponctuel d'autres espèces de chauves-souris communes reste possible.

Les seuls autres mammifères contactés sur le site (voir **Tableau 10**) sont la taupe d'Europe, le renard roux (voir **Photo 42**) et des campagnols indéterminés (terriers dans la pâture). Des sangliers traversent la zone (en hiver) et cherche de la nourriture dans les zones prairiales (présence de traces et secteurs de sols retournés en mars dans la parcelle 1).

**Conclusion : les espèces de mammifères présentes sur le site sont des espèces communes y compris la seule espèce protégée contactée (la Pipistrelle commune). Le site est essentiellement une zone de chasse pour cette espèce (de petits gîtes arboricoles potentiels sont cependant présents dans les grands arbres du site).**

**Tableau 5 : Habitats et localisations des stations IPA (voir Figure 5).**

Stations IPA 2015	Caractéristiques des zones d'étude
1	Culture (labour) et zone de friche arbustive avec quelques grands arbres, jardins urbains à proximité (P 163, 167, 131) : <b>Photo 1</b> .
2	Cultures (céréales) et jardins urbains à proximité (à côté d'une route et d'un rond-point) (P 171, 175, 221) : <b>Photo 5</b> .
3	Pâture et friche herbacée avec haies arbustives et jardins arborés à proximité (P 80 et 28) : <b>Photo 29</b> et <b>Photo 30</b> .
4	Pâture et haies arborées et arbustives au nord-ouest du site (et jardins urbains proches) (P 40, 41) : <b>Photo 26</b> .
5	Pâture et culture séparées par une haie de grands arbres (chênes) (P. 35 et 99) : <b>Photo 19</b> .
6	Pâture et haies de grands arbres (ancien chemin creux bordé de chênes et d'arbustes (P. 34, 35, 40) : <b>Photo 21</b> et <b>Photo 22</b>
7	Pâture et haies arborées Nord-est (P. 34) : <b>Photo 15</b> et <b>Photo 16</b> .
8	Pâture et haies arborées Est (et bosquet arboré) (P. 1 et 33) : <b>Photo 11</b> et <b>Photo 12</b> .

<sup>36</sup> **Arrêté du 23 avril 2007** fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection ; J.O. du 10 mai 2007 et **Arrêté du 15 septembre 2012** modifiant l'arrêté du 23 avril 2007 ajoutant, entre autre, le campagnol amphibie à la liste des espèces de mammifères protégées. J.O. du 6 octobre 2012.

<sup>37</sup> **Groupe Mammalogique Breton, 2015.** Atlas des mammifères de Bretagne. Éditions Locus Solus, 303 p.

## 4.2. L'avifaune.

Trente-cinq espèces d'oiseaux ont été répertoriées sur le site. Elles comprennent **vingt-cinq espèces protégées nationalement**<sup>38</sup>. Parmi celles-ci **quinze espèces protégées** sont des nicheurs sur le site et ces bordures immédiates.

Ce peuplement nicheur a été inventorié sur différentes zones du site grâce à la méthode des IPA (voir chapitre méthodes d'étude : premiers comptages le 10 avril et second le 19 juin). Les points d'écoute ont été répartis sur l'ensemble du site (voir leurs caractéristiques et localisations **Figure 5** et **Tableau 5**).

**Tableau 6 : Analyse de l'avifaune nicheuse et printanière du site par point d'étude et d'observation (voir Figure 5 pour la localisation des points).**

<b>1 : Culture et friche sud.</b>	<b>2 : Cultures près du rond-point.</b>
<b>3 : Pâturage ouest, friche herbacée et arbustive.</b>	<b>4 : Pâturage nord-ouest et haies arborées et arbustives.</b>
<b>5 : Culture, pâturage et haie arborée du nord du site.</b>	<b>6 : Pâturage et haie arborée haute (chemin creux).</b>
<b>7 : Pâturage et haies arborées du nord-est du site.</b>	<b>8 : Pâturage et haie arborée du centre-est du site.</b>

<b>Espèces / Stations</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>Fréquences d'observation</b>
Accenteur mouchet	2		1		1	1	1	1	87,5 %
Bruant zizi							1		12,5 %
Buse variable					0,5			0,5	25,0 %
Chardonneret élégant						1			12,5 %
Corneille noire	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	100,0 %
Étourneau sansonnet	1	1	1	1	2	1	1	2	100,0 %
Faucon crécerelle						0,5		0,5	25,0 %
Fauvette à tête noire	2		1		1		1	2	62,5 %
Geai des chênes			0,5	0,5				0,5	37,5 %
Grive musicienne			1		1	1		1	50,0 %
Hirondelle rustique				0,5	0,5			0,5	37,5 %
Linotte mélodieuse					1		0,5		25,0 %
Martinet noir	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	87,5 %
Merle noir	2	1	2	1	2		1	1	87,5 %
Mésange à longue queue							1		12,5 %
Mésange bleue			1	1	2	1	1	1	75,0 %
Mésange charbonnière	1		1		1			1	50,0 %
Moineau domestique	1	2		2	1				50,0 %
Pic épeiche								0,5	12,5 %
Pic vert	0,5				0,5		1	0,5	50,0 %
Pie bavarde	0,5	1		0,5	1	0,5	1	0,5	87,5 %
Pigeon Biset domestique	0,5	0,5		0,5		0,5	0,5		62,5 %
Pigeon Ramier	1	1	1	1		1	1	1	87,5 %
Pinson des arbres	2	1	2	1	3	3	2	1	100,0 %
Pouillot véloce			2	1	1	1	1	1	75,0 %
Rougegorge familier	1		1		1	1	1	1	75,0 %
Rouge-queue à front blanc						0,5			12,5 %
Sittelle torchepot			1				0,5		25,0 %
Tourterelle turque	1	1	1	2	1	0,5			75,0 %
Troglodyte mignon	1	1	3	1	3	3	2	1	100,0 %
Verdier d'Europe					1				12,5 %
<b>Nombre d'espèces</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	

**Légende : Fréquences : % de points contenant l'espèce.**

<sup>38</sup> **Arrêté du 29 octobre 2009** fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. J.O. du 5 décembre 2009.



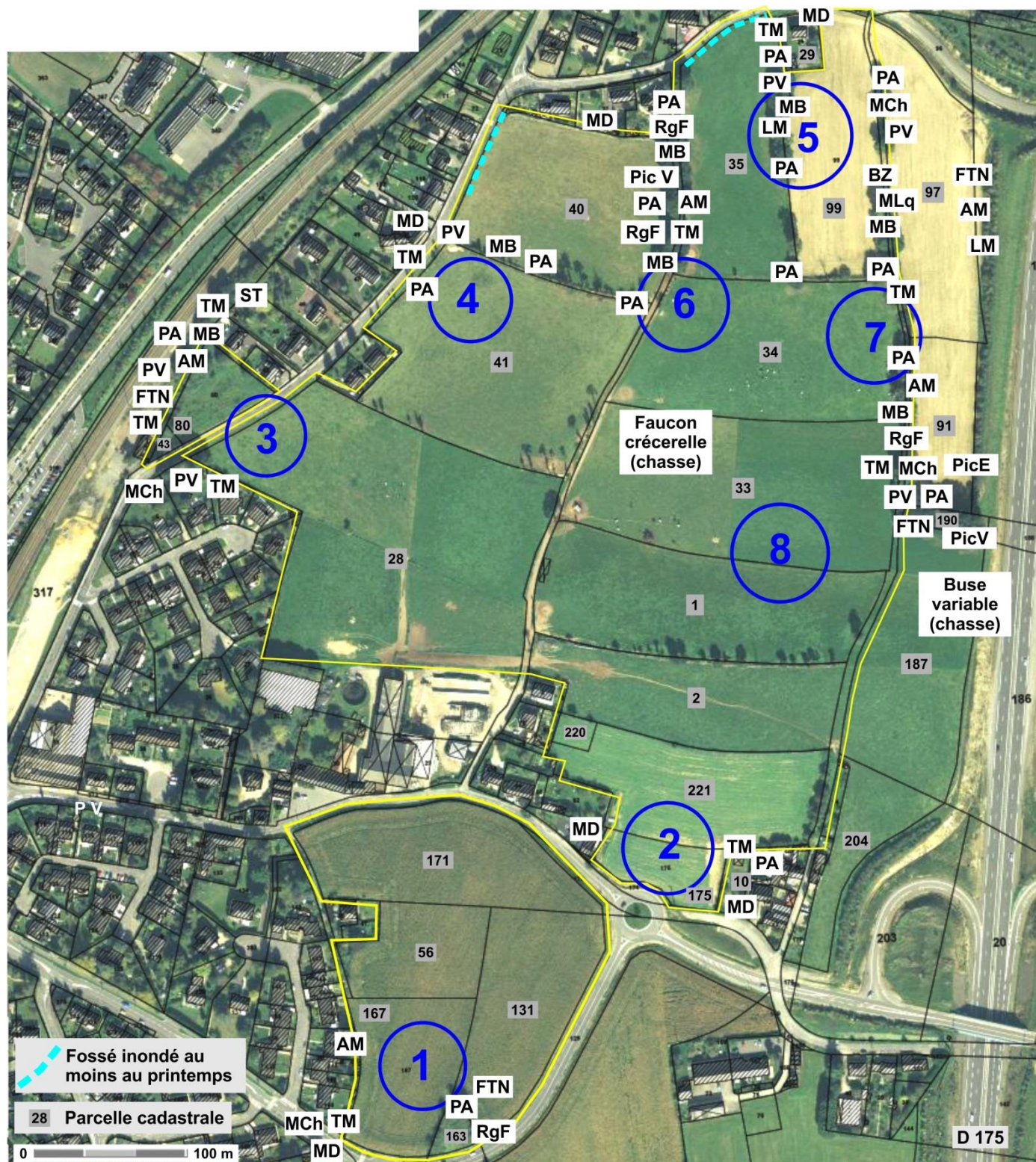


Figure 5 : Localisations des points d'écoute (IPA) et des observations d'oiseaux nicheurs du site (individus chanteurs ou présentant des preuves de nidification) et zones de chasse de rapaces diurnes de passage sur le site au printemps (photo aérienne de fond Géoportail).

Tableau 7 : Initiales des noms d'oiseaux protégés nicheurs du site de la Figure 5.

AM	Accenteur mouchet (individus et chanteurs)	PA	Pinson des arbres (individus et chanteurs)
BZ	Bruant zizi (individus et chanteurs)	PV	Pouillot véloce (individus et chanteurs)
CE	Chardonneret élégant (individus)	PicE	Pic épeiche (individus et cris)
FTN	Fauvette à tête noire (individus et chanteurs)	PicV	Pic Vert (individus et cris)
LM	Linotte mélodieuse (couple et chanteur)	ST	Sitelle Torcheplot (individus et chanteurs)
MB	Mésange bleue (individus et chanteurs)	RgF	Rouge-gorge familial (individus et chanteurs)
MLq	Mésange à longue queue (individus et chanteurs)	TM	Troglodyte mignon (individus et chanteurs)
MCh	Mésange charbonnière (individus et chanteurs)	VE	Verdier d'Europe (individus et chanteurs)



**Tableau 8 : Oiseaux présents sur le site en fonction de huit zones d'observation (regroupement des données des points d'écoute et de toutes les autres observations en toutes saisons).**

<b>1 : Culture et friche sud.</b>	<b>2 : Cultures près du rond-point.</b>
<b>3 : Pâturage ouest, friche herbacée et arbustive.</b>	<b>4 : Pâturage nord-ouest et haies arborées et arbustives.</b>
<b>5 : Culture, pâturage et haie arborée du nord du site.</b>	<b>6 : Pâturage et haie arborée haute (chemin creux).</b>
<b>7 : Pâturage et haies arborées du nord-est du site.</b>	<b>8 : Pâturage et haie arborée du centre-est du site.</b>

Espèces / Stations	1	2	3	4	5	6	7	8	Statut local	Statut national
Accenteur mouchet	2	X	1	X	1	1	1	1	N	P
Bergeronnette grise			X	X					H	P
Bruant zizi						X	1	X	N	P
Buse variable					0.5			0.5	N ext	P
Chardonneret élégant				X		1			N	P
Corneille noire	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	N	C
Étourneau sansonnet	1	1	1	1	2	1	1	2	N	C
Faucon crécerelle				X		0,5		0,5	N ext	P
Fauvette à tête noire	2		1		1	X	1	2	N	P
Geai des chênes			0,5	0,5		X	X	0,5	N	C
Grive mauvis							X	X	H M	C
Grive musicienne			1	X	1	1		1	N	C
Hirondelle rustique			X	0,5	0,5			0,5	N ext V	P
Linotte mélodieuse					1		0,5		N	P
Martinet noir	0,5	0,5		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	N ext V	P
Merle noir	2	1	2	1	2		1	1	N	C
Mésange à longue queue					X	X	1	X	N	P
Mésange bleue			1	1	2	1	1	1	N	P
Mésange charbonnière	1		1		1	X	X	1	N	P
Mouette rieuse						X	X		H M	P
Moineau domestique	1	2	X	2	1				N ext	P
Pic épeiche			X					0,5	N ext	P
Pic vert	0,5				0,5	X	1	0,5	N ?	P
Pie bavarde	0,5	1	X	0,5	1	0,5	1	0,5	N	C
Pigeon Biset domestique	0,5	0,5	X	0,5		0,5	0,5		N ext	C
Pigeon Ramier	1	1	1	1		1	1	1	N	C
Pinson des arbres	2	1	2	1	3	3	2	1	N	P
Roitelet triple-bandeau					X				H M	P
Pouillot véloce			2	1	1	1	1	1	N	P
Rougegorge familier	1		1	X	1	1	1	1	N	P
Rouge-queue à front blanc						0,5			M	P
Sittelle torchepot			1				0,5		N	P
Tourterelle turque	1	1	1	2	1	0,5			N ext	C
Troglodyte mignon	1	1	3	1	3	3	2	1	N	P
Verdier d'Europe					1	X			N	P
<b>Nombre d'espèces : 35</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>N : 22</b>	<b>P : 25</b>

**Statut local :** N : nicheur. N ext : Nicheur local en dehors du site. H : hivernant. M : Migrateur. V : Passage en vol.

**Statut national :** P : protégé national. C : Chassable (non protégé).

Les oiseaux protégés nicheurs du site sont toutes des espèces arboricoles utilisant les buissons denses ou les grands arbres (frondaisons ou cavités) pour se reproduire. Les zones de reproduction de ces espèces correspondre donc à toutes les zones de haies arborées et arbustives du site ainsi qu'aux secteurs de friches denses (grands ronciers de la parcelle 163) (voir localisations de observations **Figure 5**).

Toutes ces espèces (Accenteur mouchet, Bruant zizi (voir **Photo 41**), Chardonneret élégant, Fauvette à tête noire, Linotte mélodieuse, Mésange à longue queue, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Pic vert, Pinson des arbres, Pouillot véloce, Rougegorge familier, Sittelle torchepot, Troglodyte mignon et Verdier d'Europe) sont communes ou assez

communes dans le bocage de l'Ille-et-Vilaine<sup>39</sup> et elles ne sont pas concernées par la liste rouge régionale<sup>40</sup>.

Le site est aussi utilisé, en période de reproduction, par d'autres espèces protégées nichant sur les pourtours du site ou dans des zones plus éloignées (le site est alors, pour ces espèces, une zone d'alimentation en période de reproduction) : Moineau domestique (nichant dans les bâtiments environnants), Faucon crécerelle et Buse variable (chasse aux micromammifères), Pic épeiche (passages dans les arbres du site), Hirondelle rustique et Martinet noir (chasse aux insectes volants du site).

Si l'on prend en compte les oiseaux non protégés (Corneille noire, Étourneau sansonnet, Geai des chênes, Grive musicienne, Merle noir, Pie bavarde, Pigeon Biset domestique, Pigeon Ramier et Tourterelle turque) le site est utilisé, en période de reproduction, par 30 espèces (22 espèces nicheuses sur le site, voir **Tableau 8**).

Quelques autres espèces protégées sont présentes sur le site en tant que migrateurs, c'est le cas du Rouge-queue à front blanc (un nicheur peu commune en Bretagne, présent en forêt de Rennes) ou comme hivernants permanents ou de passage (erratiques) (Mouette rieuse, Bergeronnette grise et Roitelet triple-bandeau ; au total 25 espèces protégées fréquentent le site, voir **Tableau 8**). De même le site est utilisé par la Grive mauvis (espèce non protégée hivernante en Bretagne).

Si globalement la grande majorité ces espèces sont communes ou assez communes en Bretagne ou dans l'ouest de la France, certaines sont considérées en déclin (à l'échelle du pays) d'après le **Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC)**<sup>41</sup> (voir **Tableau 9**).

**Tableau 9 : Évolution globale des populations d'espèces en diminution ou en déclin d'après le Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC) (pour les espèces présentes sur le site).**

Espèces	Évolution depuis 1989	Évolution depuis 2001
Chardonneret élégant	Non significatif	Diminution
Faucon crécerelle	Déclin	Diminution
Hirondelle rustique	Déclin	Stable
Linotte mélodieuse	Déclin	Déclin
Pouillot véloce	Déclin	Diminution
Rougegorge familier	Augmentation	Diminution
Troglodyte mignon	Stable	Déclin
Verdier d'Europe	Déclin	Diminution

**Légende Tableau 9 :**

**Déclin** : tendance linéaire négative significative ( $P < 0.05$ ) sur le long terme (depuis 1989).

**Diminution** : tendance linéaire négative significative ( $P < 0.05$ ) sur le moyen terme (depuis 2001).

**Augmentation** : tendance linéaire positive significative ( $P < 0.05$ ) sur le long ou le moyen terme.

**Stable** : tendance linéaire non significative et pas de variations interannuelles significatives

<sup>39</sup> **GOB (coord.), 2012.** Atlas des oiseaux nicheurs de Bretagne. Groupe Ornithologique Breton, Bretagne-Vivante SEPNEB, LPO 44, Groupe d'études Ornithologiques des Côtes-d'Armor. Delachaux et Niestlé, 512 p.

<sup>40</sup> **Liste rouge régionale & Responsabilité biologique régionale** : Oiseaux nicheurs & Oiseaux migrateurs de Bretagne. Listes validées par le CSRPB de Bretagne le 11 juin 2015 : <http://www.observatoire-biodiversite-bretagne.fr/content/view/full/79848>

<sup>41</sup> **Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC)** : <http://vigienature.mnhn.fr/page/le-suivi-temporel-des-oiseaux-communs-stoc>



Les oiseaux en déclin ou diminution constante à l'échelle de la France (Linotte mélodieuse puis Faucon crécerelle, Pouillot véloce et Verdier d'Europe) restent cependant des espèces assez communes dans les bocages d'Ille-et-Vilaine. La linotte mélodieuse nécessite la présence de zones d'incultures (haies ou zones en friches arbustives denses) car elle niche dans ce type de milieux (les autres espèces utilisant des haies arbustives avec grands arbres). La Linotte mélodieuse semble peu présente sur le site qui ne contient que peu de zone de buissons denses favorables (les zones arbustives bordant la RD 175 semblent plus favorables).

**Toutes les espèces d'oiseaux utilisant le site, nicheuses ou de passages à différentes saisons, sont communes ou relativement communes dans les zones bocagères ou arbustives de l'Ille-et-Vilaine<sup>42</sup>. Le site ne contient pas d'espèces pouvant être considérées comme rares ou patrimoniales mais des espèces en déclin marqué à l'échelle de la France s'y reproduisent ou l'utilisent pour leur alimentation**

#### **4.3. Les reptiles et les batraciens**

**Il n'a pas été observé de reptiles sur le site.** Les pâtures mésophiles et les haies résiduelles actuelles sont peu favorables à ces espèces sauf éventuellement à des individus d'espèces communes<sup>43</sup> de passage utilisant les structures linéaires (Orvet fragile dans les haies, Couleuvre à collier dans les fossés).

**Deux espèces de Batraciens sont présentes sur les marges du site**, c'est-à-dire les fossés inondés des bordures nord et ouest des parcelles (voir **Photo 31** et **Photo 32**), il s'agit du **Triton palmé** (*Triturus helveticus*) et de la **Grenouille verte commune** (*Pelophylax klepton esculentus*).

**Le Triton palmé** est une espèce protégée nationalement<sup>44</sup> et commune en Bretagne, qui est ici présente à l'état adulte dans le fossé au nord de la parcelle 35. Il n'a pas été observé de larves de cette espèce sur la zone et il est probable qu'il n'y a pas de reproduction car le fossé utilisé s'assèche presque complètement dès le début de l'été (les larves de l'espèce se développe du printemps à la fin de l'été dans l'eau ; la reproduction est peut-être possible les années pluvieuses).

La **Grenouille verte commune** est présente dans le même fossé mais aussi dans celui de la bordure ouest de la parcelle 40. Il a été observé, au printemps, un adulte et quelques juvéniles (de 3 cm) mais pas de preuve de reproduction (pas d'observation de pontes ou de têtards). L'assèchement en début d'été des fossés, limite aussi fortement les possibilités de reproduction pour cette espèce. La **Grenouille verte commune** n'est que partiellement protégée (captures possible des adultes pour consommation) mais il convient de préserver les pontes et têtards, très semblables à ceux d'autres espèces voisines intégralement protégées.

Il est possible que les individus des deux espèces observés dans le fossé nord proviennent de populations plus importantes colonisant une zone humide source, peut-être le bassin récent de récupération des eaux pluviales situé à une centaine de mètres au nord du site, le long de la RD 175.

---

<sup>42</sup> **GOB (coord.), 2012.** Atlas des oiseaux nicheurs de Bretagne. Groupe Ornithologique Breton, Bretagne-Vivante SEPNB, LPO 44, Groupe d'études Ornithologiques des Côtes-d'Armor. Delachaux et Niestlé, 512 p.

<sup>43</sup> **LE GARFF B. (Coord.), 2014.** Atlas des amphibiens et des reptiles de Bretagne et de Loire-Atlantique. *Penn ar Bed*, N° 216 - 218. 200 p.

<sup>44</sup> **Arrêté du 19 novembre 2007** fixant les listes des amphibiens et des reptiles protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. J.O. du 18 décembre 2007

#### 4.4. Les insectes et les autres invertébrés.

Un insecte protégé nationalement<sup>45</sup> est présent sur le site. Il s'agit du Coléoptère Longicorne **Grand Capricorne** (*Cerambyx cerdo*). Cette espèce est liée (développement des larves xylophages et thermophiles) aux chênes bien exposés et affaiblis. Sur le site deux arbres ou ensembles d'arbres ont été colonisés (voir leurs localisations **Figure 6**) et montrent des trous de sortie des nouveaux adultes sur les troncs, trous caractéristiques de l'espèce :

- Deux troncs de chênes voisins situés en bordure ouest de la limite entre les parcelles 41 et 28 (en limite du coin sud-est de la parcelle 41) montrent de très nombreux trous de sortie d'adultes (3 trous sur le tronc nord et 12 trous sur le tronc sud) visiblement récents (trous de 2015 ou 2014 ; voir **Photo 36** à **Photo 38**) ;
- Un arbre en limite sud des parcelles 35 et 99 montrent quelques trous de sortie mais qui semblent plus anciens (âge indéterminé, avant 2014 ; voir **Photo 33** à **Photo 35**).

L'espèce n'a pas été observée à l'état adulte en 2015 mais sa présence et reproduction récente au niveau de la limite 41 - 28 est certaine. De plus cette espèce peut voler facilement et se réfugier en hauteur dans les plus grands arbres en journée et donc coloniser éventuellement d'autres arbres du site sans si reproduire forcément (une ponte récente sur un autre arbre serait indétectable).

Cette espèce est surtout commune dans la moitié sud de la Bretagne, cependant le bassin de Rennes correspond à une extension importante de la population vers le nord-est de l'Ille-et-Vilaine<sup>46</sup> (le nord du département n'est pas colonisé par l'espèce).

Un coléoptère patrimonial (non protégé nationalement mais pris en compte par la Directive Habitats) est aussi présent sur le site, le Lucane cerf-volant (*Lucanus cervus*). Cette espèce saproxylophage (larves dans les bois morts, souches ou cavités d'arbres) a été observée à l'extrémité sud du site (un cadavre en bordure de la parcelle 163 ; voir **Figure 6**) sur une zone peu favorable (quelques souches utilisables par les larves dans la parcelle 163). Cette espèce, liée aux souches et arbres morts, n'a pas été observée au nord du site (haies arborées avec bois morts souches et troncs moribonds) alors que cette zone est bien plus favorable à l'espèce.

Le site ne contient pas d'autres espèces d'insectes ou d'invertébrés remarquables. Le peuplement d'insectes du site (voir liste Tableau 10) ne comprend que des espèces communes du bocage d'Ille-et-Vilaine (d'après les atlas régionaux en cours de constitution)<sup>47</sup>.

Trois espèces de libellules communes fréquentent les bordures des fossés inondés (pas de preuve de reproduction ; espèces provenant de plans ou cours d'eau extérieurs). Les quatre espèces d'orthoptères présentes sont liées aux prairies (Grillon champêtre) ou aux haies. Dix espèces de papillons à activité diurne ont été répertoriées, ce sont des espèces communes des zones bocagères contenant des habitats herbacés prairiaux ou en friches (les zones de cultures intensives étant bien moins favorables). Divers boudons (espèces pollinisatrices) sont aussi présents sur le site (au moins trois espèces).

---

<sup>45</sup> **Arrêté du 23 avril 2007** fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. J.O du 06/05/2007.

<sup>46</sup> **GOVERNEUR X. et GUERARD P., 2011.** Les longicornes armoricains. Atlas des coléoptères Cerambycidae des départements du Massif Armoricain. Invertébrés Armoricains, les cahiers du GRETIA, 7, 224 p.

<sup>47</sup> <http://www.bretagne-vivante.org/content/category/127/167/>



Les coléoptères répertoriés sur le site sont des espèces liées aux prairies pâturées (Géotrupe coprophage) ou aux zones de friches (coccinelles, œdémères, petit longicorne).

Les fossés inondables du nord-ouest du site sont colonisés par de nombreux petits coléoptères aquatiques communs (Dytiscidés et Hydrophilidés). Ces espèces se retrouvent dans les abreuvoirs à bovins ou dans de petites dépressions rarement inondables des zones prairiales ; c'est le cas, en particulier, dans une petite zone en dépression, en limite ouest des parcelles 28 et 41, à côté des troncs colonisés par le Grand Capricorne, où sont présents, en mai, de nombreux Hydrophilidés du genre *Helophorus*.

Le fossé inondable nord (parcelle 35) contient aussi divers autres invertébrés aquatiques dont la présence implique le maintien constant d'une forte humidité du substrat et de la litière au fond du fossé (espèces disparaissant des zones totalement asséchées). C'est le cas des Crustacés aquatiques Asellidés et de petits Mollusques bivalves (Sphaeriidés) et gastropodes (Limnées).

Les espèces de mollusques gastéropodes terrestres répertoriées sont des espèces communes en Bretagne<sup>48 49</sup>.

**Conclusion : le site se singularise par la présence d'une population réduite de l'insecte protégé Grand Capricorne (présence de divers chênes favorables à la reproduction de l'espèce). La biodiversité entomologique (et en invertébrés) du site reste cependant assez réduite (présence d'espèces communes des haies, pâtures et fossé inondés).**

---

<sup>48</sup> **WELTER-SCHULTES F.W., 2012.** European Non-marine Molluscs, a Guide for Species Identification. Göttingen (Planet Poster Editions), 679 pages.

<sup>49</sup> **GARGOMINY O., PRIE V., BICHAIN J-M., CUCHERAT X. & FONTAINE B., 2011.** Liste de référence annotée des mollusques continentaux de France. MalaCo 7 : 307-382.

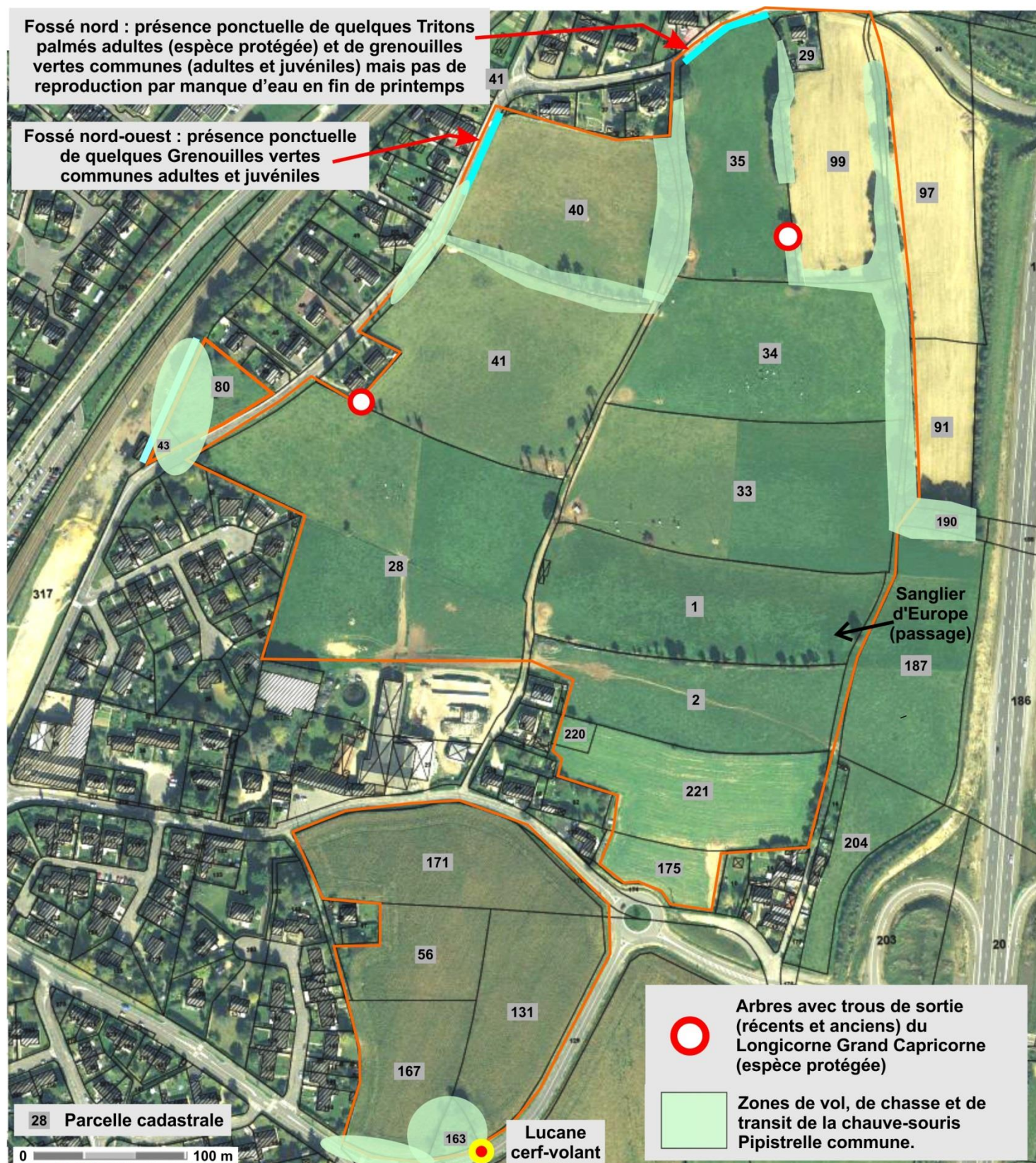


Figure 6 : Localisations des espèces animales protégées ou remarquables (sauf oiseaux) présentes sur le site (photo aérienne de fond Géoportail).



**Planche 6 : Photographies d'habitats du site utilisés par les batraciens et le Grand Capricorne.**



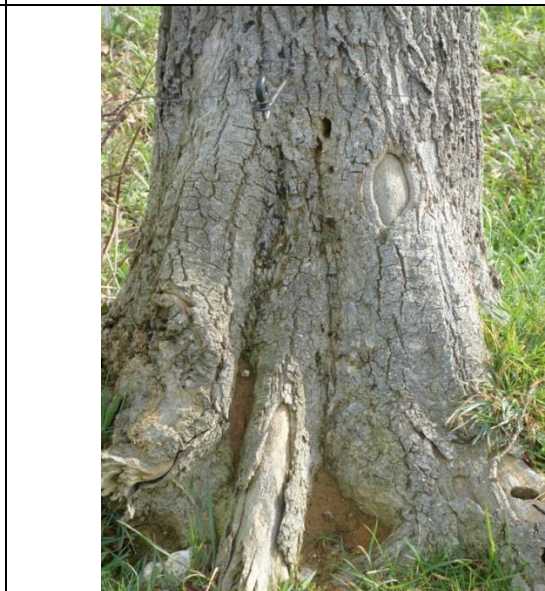
**Photo 31 : Végétation hygrophile du fossé nord (zone de présence des batraciens du site).**



**Photo 32 : Vue de l'habitat utilisé par le Triton palmé et le Grenouille verte sur le site (fossé nord en avril).**



**Photo 33 : Chêne du nord du site (limite sud p. 99-35) avec trous d'imagos de Grand Capricorne.**



**Photo 34 : Trous de sortie d'imago de Grand Capricorne sur un chêne de la limite 99-35.**



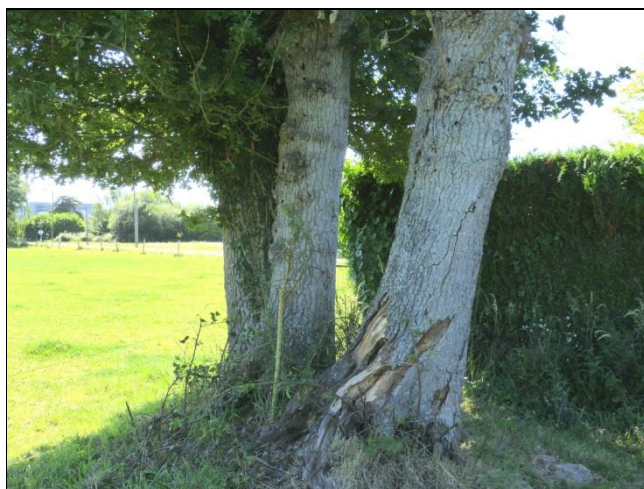
**Photo 35 : Autre vue du chêne (premier plan) utilisé par le Grand Capricorne en limite des parcelles 99 et 35.**



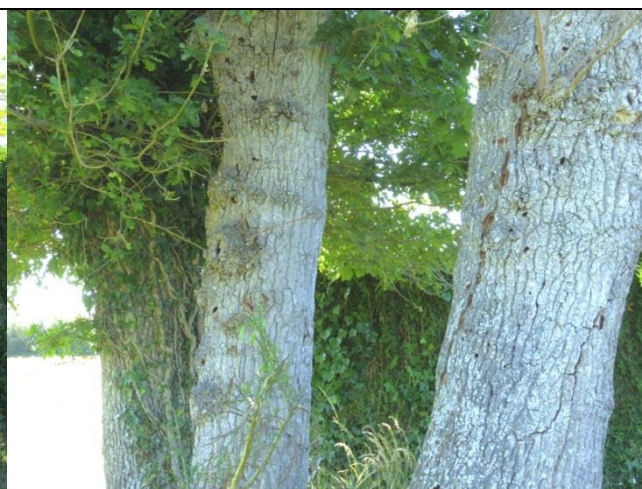
**Photo 36 : Localisation du chêne utilisé par le Grand Capricorne sur la limite ouest des parcelles 41 et 28 (flèches rouge).**



**Planche 7 : Photographies d'habitats et d'espèces animales du site  
(Grand Capricorne, oiseaux, mammifères).**



**Photo 37 : Vue des deux troncs attaqués par le Grand Capricorne au niveau de la limite ouest des parcelles 41 et 28.**



**Photo 38 : Vue rapprochée des troncs et des trous de sorties de Grand Capricornes au niveau de la limite ouest des parcelles 41 et 28.**



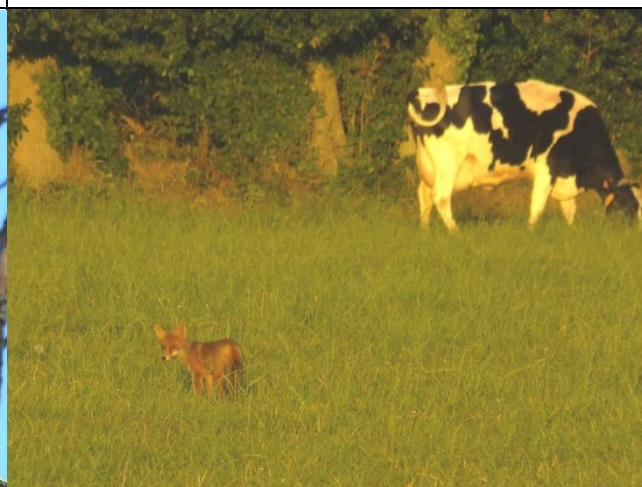
**Photo 39 : Alisier torminal isolé de la limite Est de la parcelle 1 avec cavités utilisables par les espèces cavernicoles.**



**Photo 40 : Trou de pics utilisables par d'autres oiseaux et des chiroptères dans un chêne de la haie (chemin creux) entre p. 40 et p. 35.**



**Photo 41 : Bruant zizi chanteur dans un arbre de la bordure Est de la parcelle 99.**



**Photo 42 : Renard dans la pâture (parcelle 34) au crépuscule en juillet 2015.**



**Tableau 10 : Liste des espèces animales observées sur le site d'étude.**

Ordres et Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Localisations	Statut général
<b>Mammifères Chiroptères (chauves-souris)</b>				
<i>Vespertilionidae</i>	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Schreber)	Pipistrelle commune	Nb. ind. en vol (chasse) le long des haies arborées et lisières du site	Espèce protégée commune
<b>Mammifères Insectivores</b>				
<i>Talpidae</i>	<i>Talpa europaea</i> Linnaeus	Taupe d'Europe	Taupinières dans les pâtures	Espèce commune
<b>Mammifères Carnivores</b>				
<i>Canidae</i>	<i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus)	Renard roux	Un individu en juillet sur le site. Nb. crottes en bordure des champs	Espèce commune
<b>Mammifères rongeurs</b>				
<i>Muridae</i>	<i>Microtus sp.</i>	Campagnols indéterminés	Terriers dans la pâture du site	Espèces communes
<b>Mammifères Ongulés</b>				
<i>Suidae</i>	<i>Sus scrofa</i> Linnaeus	Sanglier d'Europe	Trace d'individus (empreintes, sol retourné) dans la parcelle N°1 (mars)	Espèce commune
<b>Oiseaux</b>				
<i>Accipitridae</i>	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus)	Buse variable	Individus en vol (chasse) au-dessus du site (venant de l'est)	Espèce protégée commune
<i>Falconidae</i>	<i>Falco tinnunculus</i> Linnaeus	Faucon crécerelle	Un individu en chasse sur le site (toutes saisons)	Espèce protégée commune
<i>Laridae</i>	<i>Larus ridibundus</i> Linnaeus	Mouette rieuse	Jusqu'à une douzaine d'ind. posés dans les pâtures du site	Espèce protégée commune
<i>Columbidae</i>	<i>Columba palumbus</i> Linnaeus	Pigeon ramier	Couples nicheurs sur le site	Espèce commune
	<i>Streptopelia decaocto</i> (Fridvaldszky)	Tourterelle turque	Ind. auprès des maisons du site	Espèce commune
	<i>Columba livia</i> Gmelin	Pigeon biset domestique	Ind. en troupe, vol ou posé dans les pâtures autour du site	Espèce commune
<i>Apodidae</i>	<i>Apus apus</i> (Linnaeus)	Martinet noir	Ind. en vol au-dessus du site	Espèce protégée commune
<i>Picidae</i>	<i>Picus viridis</i> Linnaeus	Pic vert	Ind (couple) de passage dans les arbres de l'Est du site	Espèce protégée commune
	<i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus)	Pic épeiche	Ind. de passage sur le site en juin	Espèce protégée commune
<i>Hirundinidae</i>	<i>Hirundo rustica</i> Linnaeus	Hirondelle rustique	Ind. de passage sur le site au printemps	Espèce protégée commune
<i>Motacillidae</i>	<i>Motacilla alba alba</i> Linnaeus	Bergeronnette grise	Ind. de passage sur le site en hiver	Espèce protégée commune
<i>Troglodytidae</i>	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus)	Troglodyte mignon	Couples nicheurs dans les haies du site	Espèce protégée commune
<i>Prunellidae</i>	<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus)	Accenteur mouchet	Couples nicheurs dans les haies du site	Espèce protégée commune
<i>Saxicolidae (Turdidae)</i>	<i>Erithacus rubecula</i> (Linnaeus)	Rougegorge familial	Couples nicheurs dans les haies du site	Espèce protégée commune
	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus)	Rouge-queue à front blanc	Ind. migrateur de passage sur le site en avril	Espèce protégée peu commune
<i>Sylviidae</i>	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus)	Fauvette à tête noire	Couples nicheurs dans les haies arborées du site	Espèce protégée commune
	<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot)	Pouillot véloce	Nb. nicheurs dans les haies et boisements du site	Espèce protégée commune
<i>Reguliidae</i>	<i>Regulus ignicapillus</i> (Temminck)	Roitelet triple-bandeau	Ind. de passage sur le site en hiver	Espèce protégée commune
<i>Turdidae</i>	<i>Turdus merula</i> Linnaeus	Merle noir	Couples nicheurs dans les haies du site	Espèce commune
	<i>Turdus philomelos</i> Brehm	Grive musicienne	Chanteurs et forges d'escargots dans les haies du site	Espèce commune
	<i>Turdus iliacus</i> Linnaeus	Grive mauvis	Ind. de passage en hivers	Espèce commune
<i>Paridae</i>	<i>Parus major</i> Linnaeus	Mésange charbonnière	Nb. nicheurs dans les haies et arbres du site	Espèce protégée commune
<b>Légende : Nb. : nombreux, ind. individus</b>		<b>Espèces protégées nationalement</b>		<b>Espèces non protégées mais d'intérêt patrimonial</b>

**Tableau 10 : Liste des espèces animales observées sur le site d'étude.**

Ordres et Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Localisations	Statut général
<b>Oiseaux (suite)</b>				
<i>Paridae</i>	<i>Cyanistes caeruleus</i> (Linnaeus)	Mésange bleue	Nb. nicheurs dans les haies et arbres du site	Espèce protégée commune
<i>Ægithalidae</i>	<i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus)	Mésange à longue queue	Un couple dans les haies de l'Est du site	Espèce protégée commune
<i>Sittidae</i>	<i>Sitta europaea</i> Linnaeus	Sittelle torchepot	Ind. dans les grands arbres d	Espèce protégée commune
<i>Corvidae</i>	<i>Corvus corone</i> Linnaeus	Corneille noire	Passage d'ind. et un couple nicheur sur le site	Espèce commune
	<i>Pica pica</i> (Linnaeus)	Pie bavarde	Un couple dans les arbres du site	Espèce commune
	<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus)	Geai des chênes	Ind. de passage dans les grands arbres	Espèce commune
<i>Sturnidae</i>	<i>Sturnus vulgaris</i> Linnaeus	Étourneau sansonnet	Troupe dans les pâtures du site en hiver	Espèce commune
<i>Fringillidae</i>	<i>Fringilla coelebs</i> Linnaeus	Pinson des arbres	Couples nicheurs dans les haies arborées du site	Espèce protégée commune
	<i>Carduelis chloris</i> (Linnaeus)	Verdier d'Europe	Individus dans les haies et jardins au nord du site	Espèce protégée commune
	<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus)	Chardonneret élégant	Individus dans les pâtures et les haies en friche	Espèce protégée commune (en régression)
	<i>Carduelis cannabina</i> (Linnaeus)	Linotte mélodieuse	Couple en vol au nord et au sud du site	Espèce protégée commune
<i>Passeridae</i>	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus)	Moineau domestique	Ind. dans les cultures et autour des bâtiments entourant le site	Espèce protégée commune
<i>Emberizidae</i>	<i>Emberiza cirrus</i> Linnaeus	Bruant zizi	Un couple dans les haies de l'Est du site	Espèce protégée commune
<b>Amphibiens (tritons, crapauds, grenouilles)</b>				
<i>Salamandridae</i>	<i>Triturus helveticus</i> (Razoumowsky)	Triton palmé	Adultes dans le fossé inondé nord	Espèce protégée commune
<i>Ranidae</i>	<i>Pelophylax klepton esculentus</i> (Linnaeus)	Grenouille verte commune	Adultes et juvénile dans les fossés nord et nord-ouest (P. 35 et 40)	Esp. assez commune (partiellement protégée)
<b>Insectes Odonates (libellules)</b>				
<i>Calopterygidae</i>	<i>Calopteryx splendens</i> (Harris)	Caloptéryx éclatant	Un mâle dans la parcelle 163	Espèce commune
<i>Platynemididae</i>	<i>Platynemis pennipes</i> (Pallas)	Agrion à larges pattes	Un mâle dans la parcelle 163	Espèce commune
<i>Coenagrionidae</i>	<i>Enallagma cyathigerum</i> (Charpentier)	Agrion porte-coupe	Un mâle dans le fossé nord-ouest en juin	Espèce commune
<b>Insectes Orthoptères (Sauterelles, Grillons, Criquets)</b>				
<i>Tettigoniidae</i>	<i>Tettigonia viridissima</i> Linnaeus	Grande Sauterelle verte	Adultes vocalisant dans la haie arborée Est	Espèce commune
<i>Grillidae</i>	<i>Gryllus campestris</i> Linnaeus	Grillon champêtre	Cht. dans les pâtures du site	Espèce commune
	<i>Nemobius sylvestris</i> (Bosc)	Grillon des bois	Ind. vocalisant dans les grandes haies (Nord et Est)	Espèce commune
<i>Acrididae</i>	<i>Pseudochorthippus parallelus</i> (Zetterstedt)	Criquet des pâtures	Nb. ind. dans les prairies et les friches du site	Espèce commune
<b>Insectes Hémiptères (punaises)</b>				
<i>Pentatomidae</i>	<i>Graphosoma italicum</i> (Müller, 1766)	Punaise arlequin	Individus sur les Apiacées de bordures de champs	Espèce commune
<b>Insectes Lépidoptères (papillons)</b>				
<i>Hesperiidae</i>	<i>Ochlodes sylvanus</i> (Esper)	Sylvaine	Ind. en vol sur les lisières (p. 163)	Espèce commune
<i>Pieridae</i>	<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus)	Citron	Ind. en vol sur les pâtures fleuries	Espèce commune
	<i>Pieris rapae</i> Linnaeus	Piérade de la rave	Ind. en vol sur le site	Espèce commune
<i>Nymphalidae</i>	<i>Inachis io</i> (Linnaeus)	Paon de jour	Ind. en vol le long des haies et des lisières du site	Espèce commune
	<i>Polygonia c-album</i> (Linnaeus)	Gamma ou Robert le diable	Ind. en vol sur les lisières	Espèce commune
<b>Légende : Nb. : nombreux, ind. : individus</b>		<b>Espèces protégées nationalement</b>		<b>Espèces non protégées mais d'intérêt patrimonial</b>

**Tableau 10 : Liste des espèces animales observées sur le site d'étude.**

Ordres et Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires	Localisations	Statut général
<b>Insectes</b>	<b>Lépidoptères (papillons) (suite)</b>			
<i>Nymphalidae</i>	<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus)	Tircis	Ind. en vol le long des haies du site	Espèce commune
	<i>Lasiommata megera</i> (Linnaeus)	Mégère Satyre	Ind. en vol dans les zones fleuries	Espèce commune
	<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus)	Myrtil	Ind. en vol sur le site (prairies, chemins, haies et lisières)	Espèce commune
	<i>Coenonympha pamphilus</i> (Linnaeus)	Procris	Individus en vol dans les zones fleuries du site	Espèce commune
<i>Erebidae</i> ( <i>Arctiidae</i> )	<i>Tyria jacobaeae</i> (Linnaeus)	Écaille du sénéçon	Chenille sur Sénéçon jacobée	Espèce commune
<b>Insectes</b>	<b>Hyménoptères</b>			
<i>Apidae</i>	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus	Abeille domestique	Ouvrières dans les friches et zones fleuries	Espèce commune
	<i>Bombus</i> sp. ( <i>Bombus</i> du groupe <i>lapidarius</i> )	Bourdon des pierres	Ind. en vol dans les zones fleuries du site	
	<i>Bombus</i> sp. ( <i>Bombus</i> du groupe <i>terrestris</i> )	Bourdon terrestre	Ind. en vol dans les zones fleuries du site	
	<i>Bombus</i> sp. (groupe <i>pascuorum-humilis</i> )	Bourdon des champs ou bourdon variable	Ind. en vol dans les zones fleuries du site	Espèces assez communes
<i>Vespidae</i>	<i>Vespa crabro</i> Linnaeus, 1758	Frelon européen	Ind. en vol le long des haies du site	Espèce commune
<b>Insectes</b>	<b>Coléoptères</b>			
<i>Dytiscidae</i>	<i>Agabus bipustulatus</i> (Linnaeus)	Dytique Agabus à deux points	Individus dans le fossé nord et dans les abreuvoirs	Espèce commune
	<i>Hydroporus</i> sp.	Hydropore	Individus dans les fossés nord-ouest	Espèces communes
<i>Hydrophilidae</i>	<i>Hydrobius fuscipes</i> (Linnaeus)	Petit Hydrophile	Individus dans les fossés nord-ouest	Espèce commune
	<i>Helophorus</i> sp.	Helophore	Très nb. ind. dans les fossés et les herbes inondées	
<i>Dryopidae</i>	<i>Dryops</i> sp.	Dryops	Individus dans les fossés nord-ouest	
<i>Geotrupidae</i>	<i>Anoplotrupes stercorosus</i> (Scriba)	Géotrupe	Individus dans les pâtures	Espèce commune (coprophage)
<i>Lucanidae</i>	<i>Lucanus cervus</i> Linnaeus	Lucane cerf-volant	Ind. dans les zones bocagères à grands chênes et au sud	Espèce assez commune dans le bocage
<i>Lampyridae</i>	<i>Lampyris noctiluca</i> (Linnaeus)	Ver luisant	Ind. dans les fossés	Espèce commune (en régression)
<i>Coccinellidae</i>	<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	Coccinelle à sept points	Individus dans les haies	Espèce commune
<i>Oedemeridae</i>	<i>Oedemera podagrariae</i> (Linnaeus, 1767)	Œdémère ochtracé	Individus dans les haies	Espèce commune
<i>Cerambycidae</i>	<i>Cerambyx cerdo</i> (Linnaeus)	Grand capricorne	Trous caractéristiques de sortie des imagos sur au moins deux chênes	<b>Espèce protégée assez commune</b>
	<i>Rutpela maculata</i> (Poda)	Lepture tachetée	Individus dans la haie est	Espèce commune
<b>Mollusques</b>	<b>Gastéropodes (escargots, limaces)</b>			
<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix</i> sp.	Lymnée	Individus dans les fossés nord-ouest	Espèce commune
<i>Helicidae</i>	<i>Cornu aspersum</i> (O.F. Müller)	Escargot petit gris	Ind. dans les haies	Espèce commune
<i>Arionidae</i>	<i>Arion rufus</i> (Linnaeus)	Limace rouge	Ind. dans les haies	Espèce commune
<b>Mollusques</b>	<b>Bivalves</b>			
<i>Sphaeriidae</i>	Non déterminé	Petit bivalve	Individus dans le fossé inondé nord	
<b>Légende : Nb. : nombreux, ind. : individus</b>		<b>Espèces protégées nationalement</b>	<b>Espèces non protégées mais d'intérêt patrimonial</b>	



## 5. Synthèse des enjeux et sensibilités floristique et faunistiques du site.

Les enjeux de conservation du site sont très réduits :

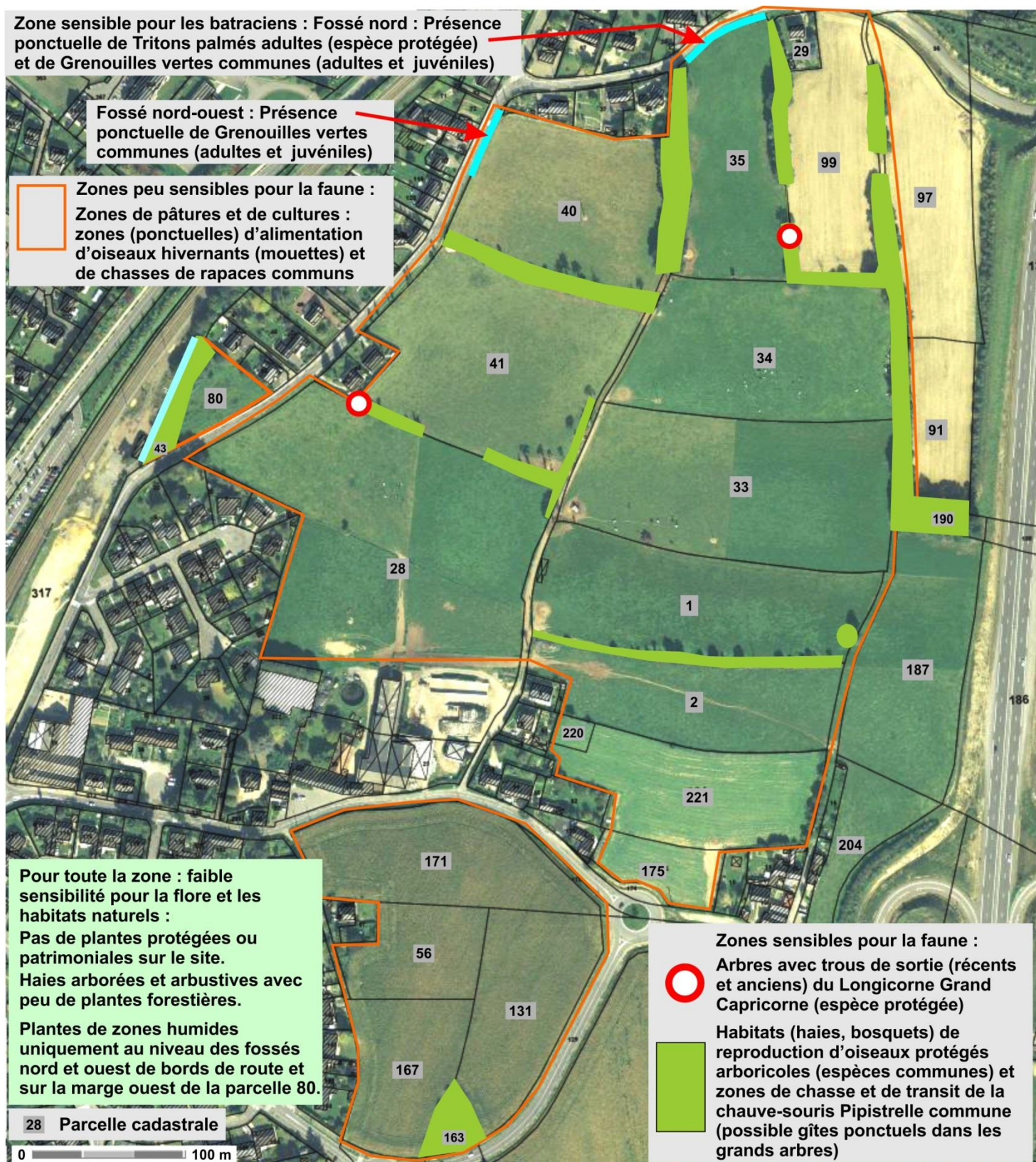
- il ne contient pas ou n'est pas proche d'aires protégées (zone Natura 2000 à environ un kilomètre vers l'est) ;
- il ne comprend pas d'éléments importants des trames verte et bleue (restes de bocage peu connecté avec d'autres zones, pas de trame bleue) ;
- les espèces végétales présentes sont toutes des espèces communes des zones agricoles, haies bocagères ou fossés inondables.
- les habitats du site sont de même des zones artificialisées (cultures, prairie pâturées, bocage dégradé) et les zones humides se réduisent à des structures linéaires artificielles (fossés) ;
- les espèces animales protégées présentes sont des espèces communes du bocage du centre de l'Ille-et-Vilaine : une chauve-souris (Pipistrelle commune), une vingtaine d'espèces d'oiseaux, deux batraciens et l'insecte Grand Capricorne (cette espèce en limite de répartition nord au niveau du bassin de Rennes).

**Les enjeux pour la flore et les habitats restent très réduits, les enjeux pour la faune concernant donc environ 25 espèces protégées. Toutes ces espèces sont communes ou relativement communes dans les bocages cultivés du centre de l'Ille-et-Vilaine et donc le site de présente que des enjeux réduits pour la conservation de la biodiversité de cette grande zone.**

Les habitats de reproduction et de repos des espèces protégées utilisant le site sont ici essentiellement les haies arbustives et arborées : zones de chasse, de transit et éventuellement de repos pour les chiroptères, zones de nidification et de repos pour les oiseaux arboricoles, zone de reproduction pour le Grand capricorne. Les fossés inondables sont aussi des zones intermittentes de repos, d'alimentation et de transits pour les deux espèces de batraciens du site.

Vis à vis de la conservation de la biodiversité locale, les structures linéaires abritant les zones de reproduction et de repos (et de transit), haies arborées ou arbustives, petites zones en friches, fossés inondables, sont les zones les plus sensibles (leurs disparitions impliquent celles des populations locales des espèces protégées reproductrices du site). Ces divers milieux sont donc les plus sensibles à l'aménagement (à la destruction).

**La sensibilité écologique du site correspond essentiellement aux haies arborées et arbustives résiduelles, aux petites zones de friches arbustives et au fossé inondable au nord.**



**Figure 7 : Synthèse des sensibilités écologiques du site : essentiellement les sensibilités liées à la faune protégée : zones arborées et arbustives (oiseaux nicheurs, chiroptères de passage, Grand capricorne) et fossés inondables (batraciens) (photo aérienne de fond Géoportail).**



## 6. Analyse des impacts potentiels du projet d'urbanisation sur la conservation de la biodiversité locale.

Le site est une future zone d'urbanisation, en conséquence, les impacts potentiels correspondent essentiellement à la disparition de la plus grande partie des milieux semi-naturels du site (voir projet **Figure 8** et **Figure 9**Figure 9).

**Pour la flore** les impacts potentiels pour la conservation de la biodiversité restent réduits et correspondent à la disparition de populations d'espèces non protégées et communes (plantes des cultures, des prairies, des haies et des fossés humides).

**De même les habitats semi-naturels qui pourraient être détruits** (zones agricoles, prairies mésophiles, restes de haies bocagère, fossés et zones en friche ou rudérales) sont des milieux très fréquents et ici très artificialisés et dégradés. Les petites zones humides linéaires du site (fossés des parcelles 35 et 40) restent de même des zones très artificielles ne correspondant pas à des habitats d'intérêt patrimoniaux.

**Les impacts potentiels du projet d'urbanisation sur la flore et les habitats semi-naturels correspondent à la disparition complète de populations de plantes et d'habitats agricoles mais restent réduits vis-à-vis de la conservation de la biodiversité car ils ne concernent que des espèces non protégées ou patrimoniales très communes et des habitats banalisés.**

**Les impacts potentiels pour la faune** correspondent essentiellement à des destructions d'habitats d'espèces protégées :

**Les possibles disparitions de haies et de parcelles en friches arbustives denses** (parcelles 163 et 80) impliqueraient la destruction de zone de reproduction et de repos d'oiseaux protégés pour lesquelles cela est interdit sans l'obtention d'une dérogation (dossier « CNPN »). Les éventuelles destructions de haies et zones arbustives en période de nidification impliqueraient la destruction directe d'individus d'espèces protégées (œufs, jeunes au nid).

De même la destruction éventuelle d'arbres contenant des larves de Grands Capricornes impliquerait la destruction de zone de reproduction et d'individus d'une espèce pour laquelle cela est interdit sans l'obtention d'une dérogation (dossier « CNPN »).

Les éventuelles coupes d'arbres contenant des cavités ou trous de pics impliqueraient la destruction d'habitats de repos potentiels pour les Chiroptères arboricoles. Les éventuelles disparitions de haies et friches impliquent aussi la disparition de zones de transit et d'alimentation pour les Pipistrelles.

Le possible comblement du fossé au nord, contenant des populations de batraciens (en particulier le Triton palmé) correspondrait à la destruction directe d'individus d'espèces protégées qui est de même interdit sans l'obtention d'une dérogation.

Les conséquences possibles du projet d'urbanisation sur les autres espèces protégées correspondent surtout à des disparitions d'habitats d'alimentation ; rapaces diurnes (Faucon Crécerelle et Buse variable), Mouettes rieuses en hiver, passereaux de passage ou hivernants divers (disparitions de populations de micromammifères proies ou d'insectes ou de réserves de graines).

**Les impacts potentiels du projet d'urbanisation sur les populations animales d'espèces protégées pourront impliquer des destructions des principaux habitats de reproduction du site (haies arborées et friches denses pour les oiseaux, arbres pour le Grand Capricorne), des destructions d'habitats de repos (zones arborées : oiseaux, chiroptères) ou des destructions directes d'individus (oiseaux au nid, larves de Grand Capricorne, batraciens des fossés).**

Les impacts potentiels du projet d'urbanisation vis-à-vis de la conservation de la biodiversité locale et régionale peuvent être cependant considérés de niveaux faibles à moyens car s'ils correspondent à de possibles destructions d'habitats et d'individus d'espèces protégées, ils concernent uniquement des représentants d'espèces communes dans l'ouest de la France.

## 7. Présentation des mesures d'évitement et de réduction d'impacts.

### 7.1. Mesures d'évitement d'impacts.

Sur le site la majorité des alignements d'arbres et des haies présentes sera préservée (voir projet d'aménagement Figure 8 et Figure 9 ainsi que les récapitulatifs des mesures de conservation de la biodiversité du Tableau 11 et de la Figure 10). Figure 9

Ceci concerne les haies arborées du nord du site : la haie en bordure Est des parcelles 99, 34 et 33, la haie arborée entre 99 et 35, celle entre 35 et 40, celle entre 40 et 41, les arbres isolés bordant le chemin agricole central (parcelle 41, coin sud-est), la haie entre les parcelles 1 et 2 et la bordure arborée de la zone en friche bordée par des arbres de la petite parcelle 163.

Ces structures constitueront des espaces verts de bords de voirie ou seront intégrées à des zones d'espaces verts plus larges avec chemins piétonniers ou cyclables (en particulier en zone centrale de la partie nord du site).

Quelques arbres, situés au centre de zones urbanisées seront coupés (certains arbres entre les parcelles 41 et 28).

**De plus les arbres repérés comme contenant des trous de sortie d'imagos de Grand capricorne seront conservés** et inclus dans des zones d'espaces verts (conservation de l'habitat de reproduction de l'espèce). Cependant il est probable que l'insecte, à long terme, recherchera probablement d'autres arbres à coloniser sur le site ou ailleurs (en particulier il pourra coloniser progressivement les autres chênes conservés mais possiblement affaiblis par les travaux de terrassement les environnants).

**La conservation des haies arborées permettra donc la préservation des habitats de reproduction des oiseaux protégés et ceux des Grands capricornes, ainsi que les habitats de repos potentiels des Chiroptères** ainsi que d'une partie des zones d'alimentation pour les oiseaux et les chiroptères (les zones d'alimentation prairiales actuelles disparaissant en grande partie).

Cependant il est probable que certaines espèces d'oiseaux abandonneront le site si elles sont trop sensibles à la présence humaine constante (en période travaux puis en période d'activité) ou si leurs zones d'alimentation résiduelles ne sont plus suffisantes (après disparition des zones prairiales actuelles) (par exemple Pic vert, Faucon crécerelle).

De même **les Grands Capricornes** des arbres préservés subiront probablement des risques de mortalité importants après urbanisation (en particulier par collision avec des véhicules des voiries bordant leurs arbres d'origine) et donc la population pourrait décroître localement et se maintenir sur d'autres zones où les risques de mortalité seront plus réduits (loin des nouvelles voiries).

Les fossés des bordures des parcelles 35 et 40 seront situés en marge des zones où seront implantés des bassins de rétention des eaux de ruissellement (bassins et noues enherbées). Les habitats semi-artificiels et humides créés pourront devenir des habitats utilisables par la faune et la flore hygrophile des fossés actuels (dans les parties contenant de l'eau peu ou pas polluée).





**Figure 8 : Projet d'aménagement du site : moitié nord (document Ville de Betton).**

**En vert clair : espaces verts divers et (ronds foncés) arbres actuels.**

**En vert foncé (au nord et au nord-ouest) : bassins de rétention.**





**Figure 9 : Projet d'aménagement du site : moitié sud (document Ville de Betton).**

**En vert clair : espaces verts divers et (ronds foncés) arbres actuels.**

**En vert foncé (bords sud et triangle au sud) : bassins de rétention.**



Le fossé de la parcelle 40, juste utilisé ponctuellement par quelques grenouilles vertes de passage, sera détruit par les travaux sur la parcelle 40 (fuite spontanée possible des éventuels individus présents en période estivale). Au moment des travaux de terrassements de création d'un bassin de rétention dans la partie nord de la parcelle 35, le fossé bordant le nord de la parcelle 35 (zone de présence du Triton palmé, espèce protégée) sera, dans un premier temps, conservé intégralement (pas de terrassements en bordure immédiate et pas de comblement, pose de barrières) puis, après la fin des travaux, il sera relié progressivement (canalisation ou tranchée) au bassin voisin créé afin que la faune aquatique et la flore hygrophile colonisent spontanément le nouveau bassin.

Remarque : le maintien de la faune semi-aquatique et aquatique dans le fossé préservé puis dans le bassin de rétention, en particulier les batraciens, implique cependant que ces bassins comprennent des systèmes d'épuration efficaces pour les eaux de ruissellement entrantes car les batraciens sont très sensibles à la pollution de l'eau (alimentation des fossés par de l'eau dépolluée en particulier d'hydrocarbures).

## ***7.2. Mesures de réduction d'impacts.***

### **En phase chantier :**

Les travaux auprès des haies préservées ou ceux impliquant des destructions de quelques haies basses ou arbres isolés ne seront effectués qu'en dehors de la période de reproduction des oiseaux, c'est à dire en évitant la période allant de début mars à la fin juillet. De plus les zones de haies à préserver seront entourées de barrières bien visibles évitant les terrassements ou les destructions accidentelles ou des passages destructeurs d'engins de travaux.

Si un arbre contenant une cavité ou une fissure doit être coupé il sera nécessaire de vérifier l'absence de chiroptères (risque de mortalité pour un éventuel individu au repos en hiver) ou de traces de présence de Grand Capricorne.

De même le fossé préservé (parcelle 35) sera balisé (pose de barrières) afin d'éviter les risques de comblement ou de pollutions accidentelles au cours des travaux en bordure (voir chapitre précédent).

Une fois les bassins de rétention construits et mis en forme dans les parcelles, ils seront végétalisés avec des plantes locales. Le fossé préservé sera alors mis en contact avec le bassin voisin (par une tranchée ou une canalisation en fonction de possibilités fonctionnelles) afin de faciliter les passages éventuels des batraciens, des invertébrés aquatiques et des graines de plantes hygrophiles dans le bassin.

**En début de chantiers, ces diverses recommandations seront rappelées aux responsables des travaux et les balisages des zones à préserver seront mis en place.**

### **En phase d'activité :**

Les zones arborées préservées seront intégrées dans des espaces verts qui seront gérés par les services municipaux (les haies ne seront pas intégrées aux propriétés privées car leur gestion écologique ne serait plus possible). Il ne sera pas utilisé de produit phytosanitaire pour l'entretien de ces espaces verts (entretien manuel) et la diversité végétale naturelle des haies sera préservée (pas de plantation d'espèces exotiques dans les haies bocagères).

Afin de favoriser le maintien sur le site d'oiseaux nicheurs et de chiroptères il sera mis en place, en hauteur sur de grands chênes ou châtaigniers, des nichoirs (pour petits oiseaux type mésange ou pour oiseaux un peu plus gros type Moineau domestique ou Sittelle torchepot) et des gîtes artificiels à chauves-souris.

**Tableau 11 : Synthèse des données faune flore (sensibilités, impacts potentiels, mesures d'évitement et de réduction, impacts résiduels et suivis).**

<b>Groupes impactés</b>	<b>Enjeux et sensibilités</b>	<b>Impacts potentiels</b>	<b>Mesures d'évitement</b>	<b>Mesures de réduction</b>	<b>Impacts résiduels</b>	<b>Conseils et mesures complémentaires et suivis de la biodiversité du site</b>
<b>Flore</b>	Uniquement présence d'espèces communes des zones agricoles cultivées, pâturées ou bocagères.	Réduits : Destructons de populations d'espèces très communes.	Balisage, en début de chantiers des zones à préserver et rappels de ces mesures aux responsables des travaux. Conservation des haies et de leurs végétations. Conservation du fossé bordant la p 35 riche en plantes hygrophiles.	Conservation, dans les espaces verts, de zones de friches herbacées naturelles. Facilitation de la colonisation des bassins de rétention par la flore hygrophile du fossé nord.	Disparitions possibles du site de certaines espèces communes, liées aux haies ou hygrophiles des fossés.	Suivis de la diversité de la flore des haies. Suivis du maintien des plantes hygrophiles dans les bassins créés.
<b>Habitats</b>	Cultures et pâtures banalisées avec haies dégradées. Zones humides artificielles réduites à des fossés de bords de route	Réduits : Destructons d'habitats semi-naturels agricoles banalisés et de haies arborées dégradées.	Conservation des haies arborées et du fossé inondable nord.	Balisages des haies et fossé conservés pendant les travaux. Pas de pesticides dans les haies et pas d'implantations de plantes exotiques invasives.	Risques de dégradations progressives des haies restantes (morts des arbres, développements de ronciers, etc.).	Suivis de l'état des haies conservées. Conseils pour la gestion écologique optimale des zones d'espaces verts (conservations de zones de friches, fréquences des coupes, etc.)
<b>Chauves-souris</b>	Les haies et friches sont des zones de chasse d'une espèce très commune (Pipistrelle commune) Gîtes arborés potentiels dans les grands arbres.	Disparition d'habitats de transit ou d'alimentation pour les chiroptères. Possibles destructions de gîtes arboricoles temporaires.	Conservation des haies et donc des zones de chasse et de transit ainsi que des gîtes arboricoles potentiels.	Pose de gîtes artificiels dans les grands arbres préservés. Pas d'insecticides dans les espaces verts et les haies.	Possibles abandons partiels de la zone (car disparition de zones prairiales d'alimentation).	Analyse des présences d'individus chassant dans les haies. Surveillance des états des gîtes artificiels.



**Tableau 11 : Synthèse des données faune flore (sensibilités, impacts potentiels, mesures d'évitement et de réduction, impacts résiduels et suivis).**

<b>Groupes impactés</b>	<b>Enjeux et sensibilités</b>	<b>Impacts potentiels</b>	<b>Mesures d'évitement</b>	<b>Mesures de réduction</b>	<b>Impacts résiduels</b>	<b>Conseils et mesures complémentaires et suivis de la biodiversité du site</b>
<b>Oiseaux</b>	Une vingtaine d'espèces nicheuses protégées très communes (passereaux et pics). Passage de rapaces diurnes (zone de chasses) et de Laridés (alimentation et repos en hiver).	Destructions de zones de reproduction et de repos d'espèces protégées (haies et friches). Risque de destruction d'individus (dans les nids).	Conservation des haies et donc des zones de reproduction et de repos des oiseaux arboricoles.	Travaux de défrichements ou coupes d'arbres en dehors de la période de nidification. Pose de nichoirs de différents types. Pas d'insecticides sur les espaces verts et conservation de zones de friches herbacées riches en insectes et graines.	Possibles abandons du site par les espèces sensibles à la présence humaine (pics ou autres). Abandon de la zone par les rapaces diurnes (disparition des zones de chasse).	Suivis de la population nicheuse en place. Surveillance des états et utilisations des nichoirs.
<b>Batraciens</b>	Fossé avec passages d'individus de Triton palmé et de Grenouille verte (pas de reproduction par manque d'eau).	Risque de destruction d'individus d'espèces protégées (si comblements, terrassements ou pollutions des fossés).	Conservation du fossé nord (présence triton) pendant les travaux (balisage) et ensuite intégration au bassin de rétention le bordant.	Facilitation de la colonisation des bassins de rétention bien enherbés et épurations efficaces naturelles des eaux polluées entrantes.	Risques de mortalité de batraciens pendant la phase travaux puis ensuite par écrasement ou pollutions des fossés et bassins habités.	Suivis du maintien des populations en place (fossé nord et ensuite bassins).
<b>Insectes</b>	Deux arbres colonisés par l'espèce protégée Grand Capricorne. Haies favorables au Lucane Cerf-volant (souches favorables aux larves).	Risque de destruction des zones de reproduction (arbres) et d'individus larvaires ou adultes. Risques de mortalité par collision sur les nouvelles voies routières.	Conservation des arbres habités et des autres grands arbres des haies pouvant être utilisés ultérieurement par le Grand Capricorne. Conservation des souches dans les haies (Lucane).	Conservation des arbres moribonds habités à long terme (pas de coupe sans vérification de l'absence de l'espèce). Pas d'insecticides sur les troncs et souches favorables aux insectes. Poses d'hôtels à insectes et conservations de zones de friches fleuries.	Grand Capricorne et Lucane : risques de mortalité par écrasement ou collision automobile (arbres en bord de route). Disparition d'insectes nocturnes (attirés et tués par les lumières urbaines).	Suivis de la présence du Grand Capricorne sur le site et ces environs. Suivis de l'utilisation des hôtels à insectes. Conseils pour une gestion des espaces verts favorables à la diversité entomologique.

De même il sera mis en place, au niveau des pelouses des espaces verts, des structures de type « hôtels à insectes » favorables aux abeilles solitaires, bourdons et autres espèces (coccinelles et autres). Ces aménagements correspondent à un investissement réduit (quelques centaines d'Euros).

Pour les insectes et aussi les oiseaux insectivores du site, des parties importantes des pelouses des espaces verts ne seront fauchées, au maximum, que une ou deux fois par an, afin de permettre l'apparition et la floraison de plantes fleuries autochtones attractives pour la faune. Il sera aussi mis en place des zones de friches herbacées fleuries fauchées très tardivement en automne (zones d'une cinquantaine de m<sup>2</sup> si possible).

D'autres zones de pelouses seront ensemencées en plantes mellifères annuelles (espèces horticoles non envahissantes ou indigènes).

### ***7.3. Suivis et prescriptions de conseils de gestion écologique des espaces verts.***

Il sera mis en place des suivis permettant de juger à long terme de la bonne conservation de la biodiversité du site urbanisé.

Des visites en périodes printanières et estivales permettront de vérifier le maintien sur place ou l'évolution des populations des espèces végétales et animales et des états et utilisations véritables des différents types de nichoirs mis en place ; il sera analysé :

- Les compositions des flores des haies et des fossés et bassins humides ;
- Les états des haies et des arbres,
- Les richesses en plantes fleuries des zones de pelouses maintenues en friches fleuries ;
- Les présences de chauves-souris (chasses nocturnes) au niveau des haies et les états des gîtes artificiels ;
- La composition du peuplement d'oiseaux nicheurs des haies et les utilisations des nichoirs ;
- Les présences de batraciens dans les espaces humides favorables (bassins de rétention et fossé résiduel) ;
- Les présences de Grand Capricorne ou de trous de sorties des adultes de l'espèce sur les arbres ;
- Les états et utilisations des hôtels à insectes en relation avec les populations d'insectes utilisant les zones fleuries du site.

Ces suivis pourront être effectués à différentes périodes de l'urbanisation progressive du site : à la mise en place des différents aménagements (nichoirs et autres) puis au bout de 5 ans et 10 ans.

Les éléments obtenus feront l'objet de synthèses permettant d'actualiser les conseils de gestion écologique des espaces verts.



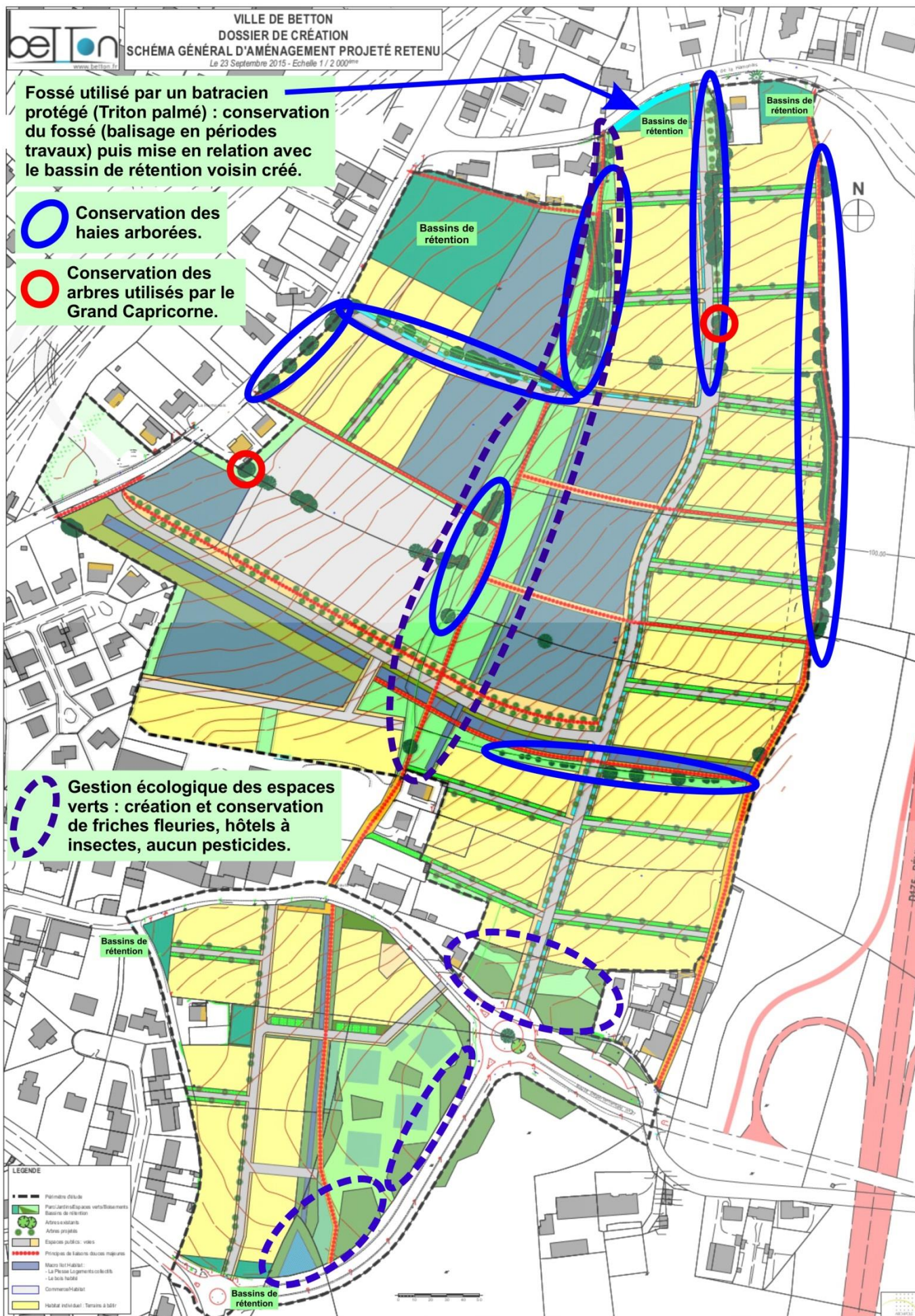


Figure 10 : Résumés des principales actions de conservation de la biodiversité sur le site urbanisé.

# RAPPORT

## Etude sur le potentiel de développement des énergies renouvelables

*article L. 128.4 du Code de l'urbanisme*

---

**ZAC de La Plesse Chauffeterie**

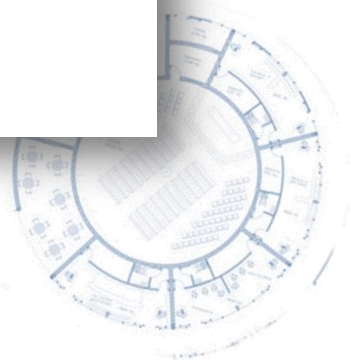
**Betton (35)**

---

**MOA : Ville de Betton**  
**Urbaniste : Archipole (35)**

---

**Janvier 2016**  
Version 3







<i>Date</i>	<i>Version</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Validation</i>
03/11/2015	1.0 Provisoire	F. PERRIER	M. DOUTE
27/11/2015	2.0 Provisoire	F. PERRIER	
12/01/2016	3.0 Finale	F. PERRIER	



## SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>3</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>5</b>
<b>LEXIQUE .....</b>	<b>8</b>
<b>I. INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
I.1. CONTEXTE DE LA ZAC .....	9
I.1. PRINCIPE ET METHODE DE L'ETUDE .....	9
<b>II. ELEMENTS DE CONTEXTE .....</b>	<b>11</b>
II.1. PROCESSUS DE LUTTE CONTRE LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE.....	11
II.2. EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN FRANCE .....	12
II.3. CONTEXTE ENERGETIQUE BRETON .....	14
II.4. LE CONTEXTE TERRITORIAL ET COMMUNAL .....	17
<b>III. PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT .....</b>	<b>18</b>
III.1. POSITIONNEMENT GEOGRAPHIQUE DE BETTON .....	18
III.2. RELIEF DE LA COMMUNE.....	18
III.3. SITUATION DU PROJET .....	19
III.4. PERIMETRE D'ETUDE .....	20
III.5. TOPOGRAPHIE .....	21
III.1. VEGETATION ET BATI EXISTANT.....	21
III.2. PLU .....	22
III.3. SCHEMA D'AMENAGEMENT ETUDIE.....	23
III.4. PROGRAMMATION .....	24
<b>IV. PHASE 1 : SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES SUR LE SITE .....</b>	<b>25</b>
IV.1. ENERGIES FOSSILES .....	25
IV.2. ENERGIES RENOUVELABLES.....	26
IV.3. POTENTIEL DE LA ZONE D'ETUDE VIS-A-VIS DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	28
IV.6. SYNTHESE DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES SUR LA ZONE .....	45
IV.7. SYNTHESE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ENERGIES MOBILISABLES.....	46
<b>V. PHASE 2 : DETERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DU QUARTIER .....</b>	<b>48</b>
V.1. USAGES ENERGETIQUES ATTENDUS .....	48
V.2. ESTIMATIONS DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DES BATIMENTS EN FIN D'OPERATION .....	51
<b>VI. PHASE 3 : TAUX DE COUVERTURE DES BESOINS DE LA ZONE PAR LES ENR .....</b>	<b>56</b>
VI.1. PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR MICRO-EOLIENNES.....	56
VI.2. PRODUCTION DE CHALEUR ET/OU D'ELECTRICITE PAR ENERGIE SOLAIRE .....	56
VI.3. PRODUCTION DE CHALEUR PAR GEOTHERMIE .....	57
VI.4. PRODUCTION DE CHALEUR PAR AEROTHERMIE .....	57
VI.5. PRODUCTION DE CHALEUR PAR BOIS ENERGIE .....	57
VI.6. SYNTHESE.....	58
<b>VII. PHASE 4 : ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES .....</b>	<b>60</b>
<b>VIII. PHASE 3 : ETUDE D'OPPORTUNITE DE CREATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTE PAR LES ENR .....</b>	<b>72</b>
VIII.1. ETUDE D'OPPORTUNITE D'UN RESEAU DE CHALEUR SUR LE SECTEUR .....	72
<b>IX. PROSPECTIVE : PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES.....</b>	<b>77</b>



IX.1.	PRINCIPE DE LA COMPENSATION CARBONE .....	77
IX.2.	PROPOSITION DE MESURES COMPENSATOIRES : .....	78
<b>X.</b>	<b>L'ÉCLAIRAGE PUBLIC .....</b>	<b>82</b>
X.1.	ROLES DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC .....	82
X.2.	ENJEUX POUR UN PROJET D'AMÉNAGEMENT .....	82
X.3.	QUELQUES PRECONISATIONS .....	83
X.4.	CONSOMMATION ÉNERGETIQUE ATTENDUE POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC .....	85
<b>XI.</b>	<b>1<sup>ERE</sup> APPROCHE SUR LES TRANSPORTS ET L'ÉNERGIE GRISE DES MATERIAUX .....</b>	<b>86</b>
<b>XII.</b>	<b>SYNTHESE DES AVANTAGES ET CONTRAINTES DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ETUDIÉES.....</b>	<b>91</b>
<b>XIII.</b>	<b>PROPOSITIONS D' ACTIONS SPECIFIQUES LIÉES A L'ÉNERGIE .....</b>	<b>93</b>
<b>XIV.</b>	<b>PRESCRIPTIONS RÉGLEMENTAIRES.....</b>	<b>101</b>
XIV.1.	PRESCRIPTIONS TECHNIQUES LIÉES A LA RT 2012 .....	101
XIV.2.	PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA JUSTIFICATION DES PERFORMANCES .....	102
<b>XV.</b>	<b>SYNTHESE.....</b>	<b>103</b>
<b>ANNEXES : FICHES TECHNIQUES SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES .....</b>	<b>105</b>	
FICHE ÉNERGIE SOLAIRE GÉNÉRALITÉS .....	105	
FICHE ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE .....	111	
FICHE ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE .....	113	
FICHE POMPES À CHALEUR .....	115	
FICHE ÉNERGIE ÉOLIENNE .....	117	
FICHE GÉOTHERMIE .....	121	
FICHE : RECUPÉRATION D'ÉNERGIE SUR LES EAUX USEES .....	125	
FICHE ÉNERGIE MARINES RENOUVELABLES EN BRETAGNE .....	127	
FICHE RÉGLEMENTATION POUR L'INSTALLATION D'UNE PETITE CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE .....	130	
FICHE BOIS ÉNERGIE : SOLUTIONS INDIVIDUELLES .....	131	
FICHE BOIS ÉNERGIE : SOLUTIONS COLLECTIVES.....	132	
FICHE RÉSEAUX DE CHALEUR .....	137	
FICHE FOURNISSEURS D'ÉLECTRICITÉ VERTE .....	140	
<b>ANNEXE 2 : RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012 .....</b>	<b>141</b>	
<b>ANNEXE 3 : COUT DE L'ÉNERGIE .....</b>	<b>143</b>	
<b>ANNEXE 4 : FRAIS DE MAINTENANCE PRIX EN COMPTE.....</b>	<b>144</b>	
<b>ANNEXE 5 : ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>145</b>	
<b>ANNEXE 6 : HYPOTHÈSES RELATIVES AUX ÉMISSIONS POLLUANTES.....</b>	<b>146</b>	

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Répartition des émissions de CO <sub>2</sub> sur Rennes métropole en 2006 ( <i>Source PCET RM</i> ): .....	17
Figure 2 : Localisation de Betton (Via Michelin) .....	18
Figure 3: Carte topographique de Betton ( <i>Source : cartes-topographiques.fr</i> ).....	18
Figure 4: Localisation du secteur d'étude ( <i>Source : CCTP</i> ).....	19
Figure 5 : Périmètre d'étude ( <i>Source : Dossier de création</i> ).....	20
Figure 6: Analyse topographique du site d'étude ( <i>Source : Archipole</i> ).....	21
Figure 7: Végétation et bâtiments existants .....	21
Figure 8: Zonage PLU .....	22
Figure 9: Orientation d'aménagement du secteur d'étude ( <i>Source : Archipole</i> ).....	23
Figure 10 : Hypothèses de typologies de logements considérées pour l'étude ( <i>Source : OCDL</i> ).....	24
Figure 11: Rose des vents de Rennes ( <i>source : windfinder.com</i> ) .....	28
Figure 12: Statistiques des vents à Rennes ( <i>Source: windfinder.com</i> ) .....	28
Figure 13: Extrait Etude sur le Potentiel Eolien du pays de Rennes .....	29
Figure 14: Insolation annuelle de la Bretagne ( <i>Source Bretagne Environnement</i> ) .....	31
Figure 15 : Orientation optimale des façades principales : Sud +/- 20° .....	32
Figure 16: Préconisation pour l'optimisation des apports solaires.....	32
Figure 17: Extrait carte des ressources géothermiques en France ( <i>source BRGM</i> ) .....	33
Figure 18: Carte géologique du site ( <i>Source: BRGM</i> ) .....	34
Figure 19: Cartographie des forages à proximité du site ( <i>Source : BRGM</i> ).....	34
Figure 20: Avantages et inconvénients des différents systèmes de récupération d'énergie sur les eaux usées .....	36
Figure 21 : schéma de principe d'une filière locale de méthanisation ( <i>source Aile</i> ) .....	38
Figure 22: (Installation de valorisation du Biogaz en Bretagne et Pays de la Loire ( <i>Source: Aile</i> ) .....	39
Figure 23: Potentiel de développement de l'hydroélectricité de la Bretagne ( <i>Source : Rapport Somival</i> ) .....	40
Figure 24: Contexte hydrologique du site ( <i>Source : étude d'impact</i> ).....	41
Figure 25 : Carte des fournisseurs de bois déchiqueté en Bretagne ( <i>source AILE, avril 2011</i> ).....	42
Figure 26 : Gisements en consommation de bois énergie plaquette en Bretagne fin 2014 ( <i>source AILE</i> ) .....	43
Figure 27 : Synthèse du potentiel du site vis-à-vis des énergies renouvelables .....	45
Figure 28: Synthèse sur l'impact environnemental des énergies mobilisables .....	47
Figure 29 : répartition des consommations électriques pour un ménage moyen en 2010 ( <i>Source : NegaWatt</i> ) .....	49
Figure 30 : Hypothèses de consommations prévisionnelles en fonction de la performance énergétique .....	52
Figure 31: Répartition des consommations par usage en fonction de la performance.....	53
Figure 32 : Evaluation de la consommation d'énergie finale du quartier par scénario de performance énergétique.....	54
Figure 33: répartition des consommations entre chaleur et électricité .....	54
Figure 34: Taux de couverture des besoins possible par type d'EnR - niveau RT 2012 .....	58
Figure 35: Taux de couverture des besoins possible par type d'EnR - niveau PASSIF .....	59
Figure 36 : Comparaison de la consommation d'énergie finale du projet par scénario d'approvisionnement énergétique (niveau RT 2012) .....	61
Figure 37: Comparaison des coûts d'investissement .....	62
Figure 38: Coût annuel de fonctionnement la première année .....	63
Figure 39: Coût des postes énergétiques la 1ère année pour un logement collectif neuf .....	63
Figure 40: Coût des postes énergétiques la 1ère année pour un logement individuel dense neuf .....	64



Figure 41: Approche sur le temps de retour en logement collectif neuf.....	66
Figure 42: : Approche sur le temps de retour en logement individuel dense .....	67
Figure 43: Emissions de CO <sub>2</sub> du projet.....	69
Figure 45 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques-logement collectif .....	71
Figure 46 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques-logement individuel .....	71
Figure 47: Analyse qualitative du critère de densité énergétique pour un exemple d'implantation.....	74
Figure 48: Ombrière photovoltaïque .....	79
Figure 49 : Calcul de la surface boisée nécessaire en mesure compensatoire .....	81
Figure 50: Exemple d'optiques (Source We-ef) .....	83
Figure 51: Illustration de l'ULOR (Source: Charte EP SDE35) .....	84
Figure 52: Hypothèses de nombre de véhicules .....	87
Figure 53: Emissions annuelles polluantes du parc automobile de l'opération .....	88
Figure 54 : Propositions pour le recours à des matériaux à faible énergie grise dans les bâtiments .....	89
Figure 55 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques-logement collectif .....	103
Figure 56 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques-logement individuel .....	103
Figure 57: Synthèse des impacts estimés d'un point de vue énergétique et effet de serre.....	104
Figure 58: Protections solaires adaptées selon l'orientation ( <i>Source : La conception bioclimatique, Terre vivante</i> ).....	108
Figure 59: hauteur angulaire (source ENSTIB) .....	109
Figure 60: Paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul .....	109
Figure 61 : principe de fonctionnement d'un' installation solaire thermique .....	111
Figure 62 : exemple de membranes d'étanchéité installées sur un bâtiment industriel .....	113
Figure 63 : modules Photowatt.....	113
Figure 64 : principe de fonctionnement des pompes à chaleur (source <a href="http://www.airclim-concept.com">www.airclim-concept.com</a> ) .....	115
Figure 65: Source Schéma éolien terrestre en Bretagne .....	117
Figure 66: Source Synagri.....	117
Figure 67: Schéma de principe d'une installation éolienne ( <i>Source: Fiche pratique DDTM35</i> ).....	118
Figure 68: Exigences et références réglementaires relatives à l'éolien ( <i>Source : <a href="http://www.developpement-durable.gouv.fr">www.developpement-durable.gouv.fr</a></i> ) .....	119
Figure 69© ADEME - BRGM .....	121
Figure 70 : © ADEME - BRGM .....	121
Figure 71 : © ADEME - BRGM .....	121
Figure 72 : Synthèse des techniques de géothermie © ADEME - BRGM.....	123
Figure 73: Panorama des technologies d'exploitation des EMR ( <a href="http://energies-marines.bretagne.fr/">http://energies-marines.bretagne.fr/</a> ) .....	128
Figure 74: Carte des EMR en Bretagne ( <i>Bretagne développement Innovation</i> ) .....	129
Figure 75 : Avantages des réseaux de chaleur .....	138
Figure 76 : Modulations applicables au Cepmax en fonction du contenu CO <sub>2</sub> du réseau. ....	138
Figure 77 : Impact de la modulation du Cepmax pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur. ....	139
Figure 78 : Hypothèses de tarifs considérées .....	143
Figure 79: Coût de maintenance pour chaque scénario – solutions individuelles.....	144
Figure 80: Coût de maintenance pour chaque scénario – solutions collectives .....	144
Figure 81: Extrait de l'annexe 4 de l'arrêté du 15 Septembre 2006 relatif au DPE.....	145

Figure 82: Extrait de la note de cadrage sur le contenu en CO <sub>2</sub> du kWh électrique par usage en France (Source : Ademe 2005)	145
Figure 83 : Description des principaux polluants dus aux véhicules à moteur (source : <a href="http://www.encyclo-ecolo.com">www.encyclo-ecolo.com</a> )	146
Figure 84 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Diesels	147
Figure 85 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Essence	147
Figure 86: Extrait du Rapport chiffres clés 2011 ORTB	147



## LEXIQUE

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AMO	Assistance à maîtrise d'ouvrage
BBC	Bâtiment Basse Consommation (label de la RT 2005)
Bbio	Besoins bioclimatique (indicateur de la RT 2012) : indicateur de la qualité de conception bioclimatique du bâtiment
BE	Bureau d'étude
BEPOS	Bâtiment à Energie Positive (qui produit plus d'énergie qu'il n'en consomme)
Cep	Consommation d'énergie primaire (indicateur de la RT 2012 en kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> de SHON RT/an))
CET	Chauffe-eau Thermodynamique
COP	Coefficient de Performance
DPE	Diagnostic de performance énergétique
ECS	Eau chaude sanitaire
EIE	Espace Info Energie
Energie finale	Energie utilisable après les opérations d'extraction, de production, de transport etc.
Energie primaire	Energie disponible avant exploitation ou transformation
ENR	Energies Nouvelles et Renouvelables ou ENergies Renouvelables
GES	Gaz à effet de serre
HPE	Haute Performance Energétique (label de la RT 2005)
HQE	Haute Qualité Environnementale
kWh <sub>ep</sub>	kiloWatt.heure d'énergie primaire
MIG	Maison Individuelle groupée
PAC	Pompe à Chaleur
Passif	Bâtiment très faiblement consommateur d'énergie
Passivhaus	référentiel de construction passive (besoins Chauffage < 15 kWh/m <sup>2</sup> /an)
PHPP	Logiciel de calcul thermique relatif au référentiel Passivhaus allemand
RCU	Réseau de chaleur Urbain
RT	Réglementation Thermique
RT 2005	Règlementation thermique précédente
RT 2012	Règlementation thermique en vigueur
SDP	Surface De Plancher
SHAB	Surface habitable
SHON	Surface hors œuvre nette
SHON RT	SHON considérée dans la réglementation thermique
STD	Simulation thermique dynamique
Teq CO <sub>2</sub>	Tonne équivalent CO2
THPE	Très Haute Performance Energétique (label de la RT 2005)
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté (Urbanisme)

## I. INTRODUCTION

---

### I.1. CONTEXTE DE LA ZAC

---

La commune de Betton mène les études préalables à la création d'une ZAC sur les secteurs La Plesse et Chauffeterie. La zone couvre une superficie d'environ 21 ha.

Ce document présente l'étude du potentiel de développement des énergies renouvelables sur le projet d'aménagement.

### I.1. PRINCIPE ET METHODE DE L'ETUDE

---

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

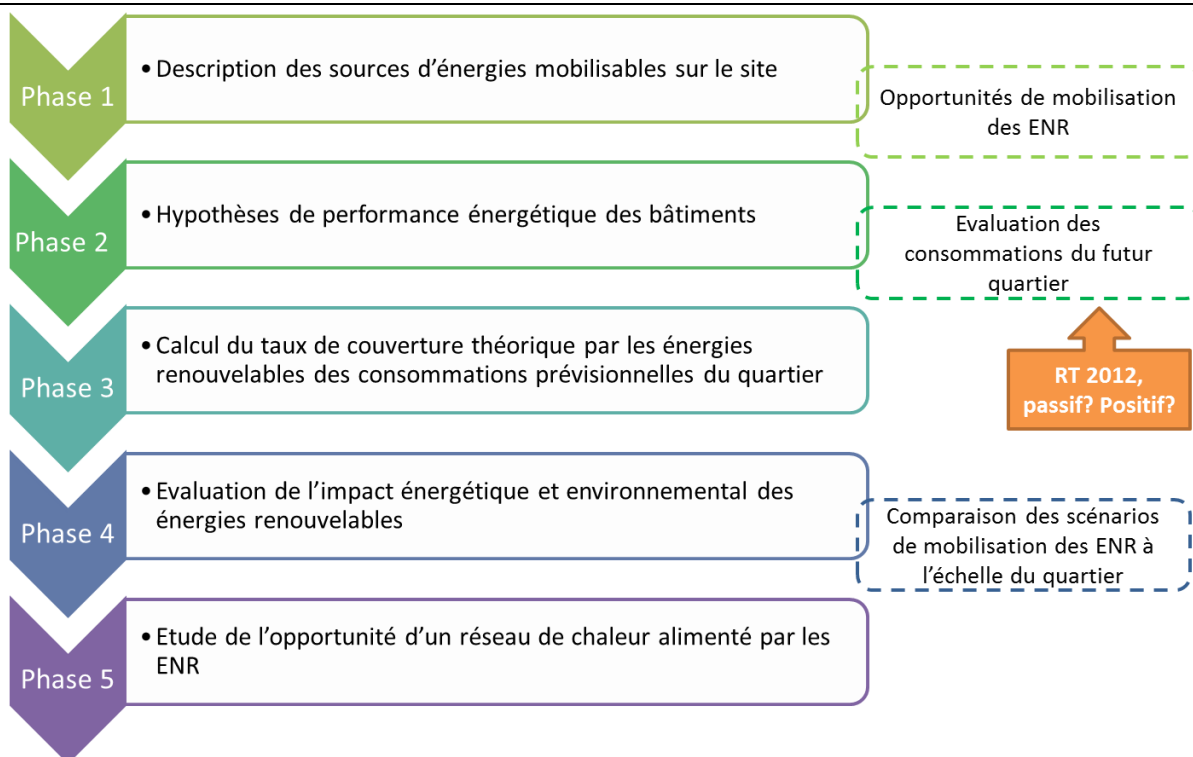
*« Toute action ou opération d'aménagement telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement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

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

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

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

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



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



## II. ELEMENTS DE CONTEXTE

---

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

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

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

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

### II.1. PROCESSUS DE LUTTE CONTRE LE RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

---

#### II.1.1. PROCESSUS INTERNATIONAL

---

Le **Protocole de Kyoto**, ratifié en 1997 est en vigueur depuis 2005. Il arrive à échéance en 2012. Il avait pour objectif de stabiliser les émissions de CO<sub>2</sub> au niveau de celles de 1990 à l'horizon 2010.

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

En 2015, la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques se tiendra à **Paris**. Cette conférence devra marquer une **étape décisive** dans la négociation du futur accord international qui entrera en vigueur en 2020, en adoptant ses grandes lignes. L'objectif est que tous les pays, dont les plus grands émetteurs de gaz à effet de serre - pays développés comme pays en développement - soient engagés par un accord universel contraignant sur le climat.

#### II.1.1. PROCESSUS EUROPEEN ET NATIONAL

---

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

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

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

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

La **loi sur la transition énergétique** a été adoptée le **26 Mai**. De grands objectifs en matière énergétique ont été adoptés : **réduction de 50% de la part du nucléaire** dans la production totale d'électricité à l'horizon 2025, **réduction de 50% la**

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

### II.1.2. PROCESSUS LOCAUX

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

Le Schéma Régional Climat Air Energie Breton a été arrêté par le Préfet de région le 4 novembre 2013, après approbation par le Conseil régional lors de sa session des 17 et 18 octobre 2013. Le SRCAE définit aux horizons 2020 et 2050 les grandes orientations et les objectifs régionaux pour maîtriser la demande en énergie, réduire les émissions de gaz à effet de serre, améliorer la qualité de l'air, développer les énergies renouvelables et s'adapter au changement climatique.

Plus d'informations : [http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr/jcms/c\\_7684/schema-regional-climat-air-energie](http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr/jcms/c_7684/schema-regional-climat-air-energie)

Enfin, certaines collectivités territoriales s'engagent de manière plus prononcée, en signant notamment la **Convention des Maires**. Il s'agit d'un engagement à **dépasser les objectifs de l'Union Européenne d'ici 2020**, à savoir réduire de 20% les émissions de CO<sub>2</sub> sur leurs territoires, **par une meilleure efficacité énergétique et l'utilisation et la production d'une énergie moins polluante**.



La commune de Betton est signataire de la Convention des Maires.

## II.2. EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN FRANCE

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

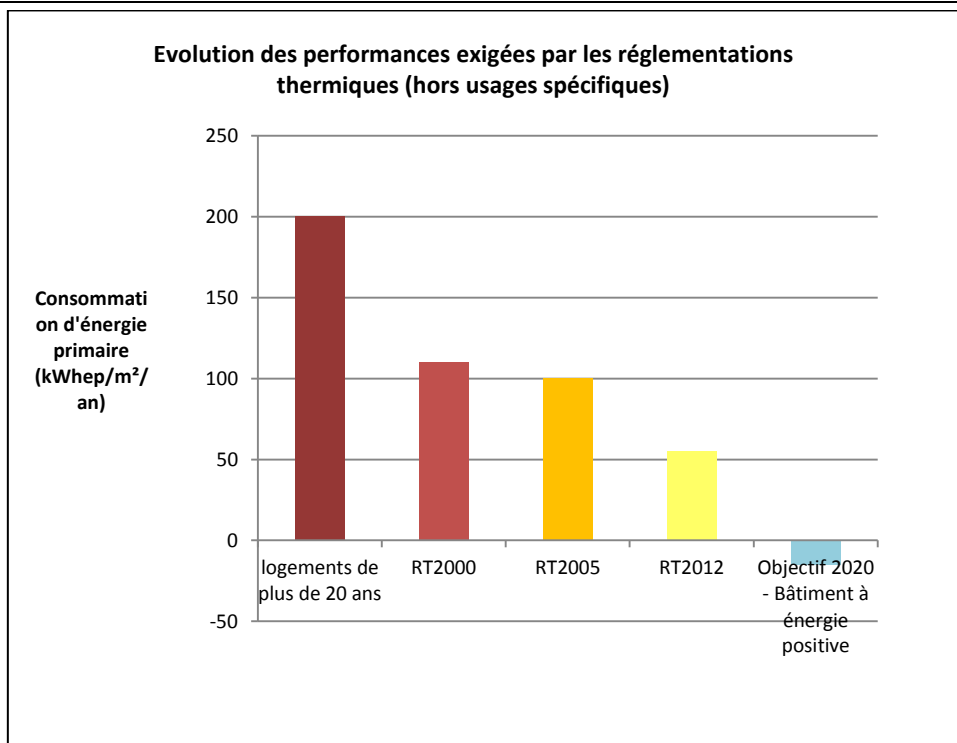
La RT 2005 fait donc place depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2013 à la RT 2012.



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

Le niveau de performance énergétique de référence de la RT 2012 correspond, pour simplifier, au niveau du label BBC de la RT 2005. L'objectif annoncé étant d'atteindre le niveau de performance de bâtiments passifs à horizon 2020.

Cette évolution est rappelée sur le schéma ci-dessous :



Extraits du site officiel <http://www.plan-batiment.legrenelle-environnement.fr> :

**Ce qui ne change pas :**

- les exigences à respecter sont de deux types : des exigences de performances globales (consommation d'énergie et confort d'été) et des exigences minimales de moyens ;
- la RT 2012 s'articule toujours autour de cinq usages énergétiques : chauffage, climatisation, production d'eau chaude sanitaire, éclairage et auxiliaires (ventilation, pompes...).

**Ce qui change :**

- les **exigences de performance énergétique globales** sont uniquement exprimées en **valeur absolue** de consommation pour plus de clarté : **niveau moyen très performant exigé, à 50 kWh/m²/an** (et non plus en valeur relative par rapport à une consommation de référence recalculée en fonction du projet), modulé en fonction de l'altitude et de la zone climatique du projet notamment.
- l'introduction d'une **exigence d'efficacité énergétique minimale du bâti** pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage artificiel. Cette exigence prendra en compte **l'isolation thermique** et permettra de **promouvoir la conception bioclimatique** d'un bâtiment ;
- la suppression des exigences minimales n'ayant plus lieu d'être dans le nouveau cadre technique fixé ;
- l'introduction de **nouvelles exigences minimales** traduisant des volontés publiques fortes : **obligation de recours aux énergies renouvelables**, obligation de traitement des ponts thermiques (fuites de chaleur), obligation de traitement de la perméabilité à l'air des logements neufs, etc.

La notion de **label de performance énergétique est reconduite** : ces labels ont permis de proposer des « paliers » de performance énergétique dans la RT 2005, afin d'encourager les maîtres d'ouvrage à améliorer leur projet, le dernier palier étant le label BBC. L'objectif de la RT 2012 étant de conduire le milieu du bâtiment à atteindre le bâtiment à énergie positive en 2020, les nouveaux « paliers » sont en cours de définition.

La **justification des performances énergétiques est également introduite dans la RT 2012** sous la forme d'attestations, définies par le décret 2011-544 du 18/05/2011 :

- attestation par le maître d'ouvrage au **dépôt de la demande de permis de construire** de la réalisation de l'étude de faisabilité d'approvisionnement en énergies et de la prise en compte de la réglementation thermique ;



- attestation par le maître d'ouvrage à **l'achèvement des travaux que le maître d'œuvre a pris en compte la réglementation thermique**. L'attestation est réalisée par un contrôleur technique, un diagnostiqueur, un organisme certificateur ou un architecte.

De plus, le décret 2013-979 du 30 octobre 2013 rend obligatoire la réalisation d'une étude d'approvisionnement en énergie pour tous les bâtiments dont la SHON est supérieure à 50m<sup>2</sup>.

### II.3. CONTEXTE ENERGETIQUE BRETON

---

La Bretagne connaît une situation particulière relative à l'énergie :

- Une situation péninsulaire :

La situation géographique de la Bretagne, excentrée, engendre **une fragilité de l'alimentation électrique lors des pics de consommation**. L'augmentation forte des pointes de consommation, en période hivernale (+ 14% depuis 2003), fragilise d'autant plus la région. Cette situation place désormais la Bretagne devant un risque généralisé de **BLACK OUT**.

- Une faible production électrique : 9% de sa consommation
- Une forte croissance démographique et un dynamisme économique qui augmente les besoins en proportion plus importante, malgré une situation actuellement moins énergivore que le reste du territoire français.

La région rencontre donc des difficultés récurrentes et de plus en plus importantes pour répondre aux besoins en électricité des territoires. Elle est par ailleurs très dépendante des territoires limitrophes producteurs d'électricité (Régions Basse-Normandie et Pays de la Loire notamment).

Plusieurs dispositifs politiques visent à réduire cette dépendance électrique et énergétique de la région.

### II.3.1. LE PLAN ECO ENERGIE POUR LA BRETAGNE

Ce programme d'actions conjointes mis en œuvre par l'Etat, l'Ademe et la Région Bretagne s'articule autour de trois missions majeures :

- **Maîtriser la consommation d'énergie et développer les énergies renouvelables dans la perspective de la mise en œuvre d'un plan climat régional,**
- Créer une dynamique d'éco-responsabilité au niveau de la production et de la consommation d'énergie,
- Améliorer les connaissances et en favoriser la communication, l'information et la diffusion.

Fédérées autour du slogan et du sigle « **Rassemblons nos énergies ! Plan Eco-Energie Bretagne** », les trois institutions ont fixé des axes d'actions prioritaires :

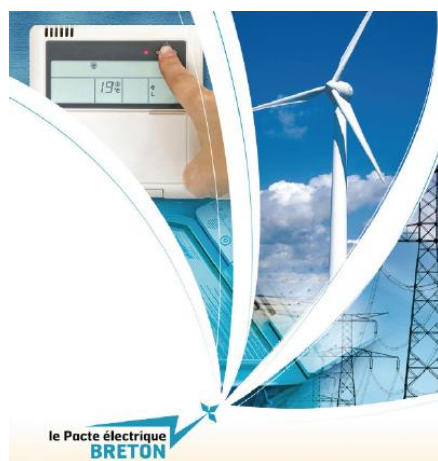
- Le soutien aux collectivités locales, aux entreprises, aux acteurs économiques, aux associations à travers des appels à projets, des aides à la décision, l'élaboration d'outils méthodologiques, un accompagnement des opérations exemplaires.
- La **sensibilisation du grand public aux modes de consommation et aux comportements responsables en matière d'énergie**, en particulier par le développement du réseau breton des espaces Info-énergie.
- La création de l'Observatoire de l'énergie et des gaz à effets de serre.



Plus d'informations : <http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr>

### II.3.2. LE PACTE ELECTRIQUE BRETON

Co-signé le 14 décembre 2010 par l'État, la Région Bretagne, l'ADEME, RTE et l'ANAH (Agence nationale de l'habitat), le Pacte électrique breton a pour objectif de sécuriser l'avenir électrique de la Bretagne. Ce pacte propose des réponses autour des 3 grands axes suivants :



- **La maîtrise de la demande en électricité**

L'objectif est de **diviser par 3 la progression de la demande en électricité d'ici 2020** en poursuivant la sensibilisation du grand public, soutenant l'animation des politiques énergétiques sur les territoires, en renforçant les dispositifs de rénovation thermique des logements, etc.

- **Le déploiement massif de toutes les énergies renouvelables**

L'objectif est de **multiplier par 4 la puissance électrique renouvelable installée d'ici 2020**, soit 3 600 MW.

- **La sécurisation de l'approvisionnement**

Grâce à un **réseau de transport de l'électricité renforcé**, à l'implantation d'une **unité de production électrique à l'ouest de la Bretagne**, et à **l'intensification de l'expérimentation des réseaux électriques intelligents** et du stockage de l'énergie.

Plus d'informations : [http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr/jcms/c\\_7683/pacte-electrique-breton](http://www.plan-eco-energie-bretagne.fr/jcms/c_7683/pacte-electrique-breton)

**L'ensemble de ces dispositifs montre le dynamisme de la région Bretagne pour réduire sa dépendance énergétique. Tous les nouveaux projets d'aménagement se doivent d'intégrer ces démarches spécifiques dans leurs modalités de mise en œuvre.**



## II.4. LE CONTEXTE TERRITORIAL ET COMMUNAL

Rennes Métropole est un territoire sur lequel de nombreuses démarches sur la maîtrise de l'énergie et le climat ont été mises en place. Notamment l'engagement dans un **Agenda 21**, projet qui se décline à travers un **plan climat énergie territorial (PCET)**. Les objectifs du PCET s'articulent autour de cinq grands axes :

1. Planifier et aménager le territoire pour réduire la dépendance énergétique
2. Anticiper et accompagner les mutations énergétiques
3. Mobiliser les acteurs du territoire et accompagner les changements sociétaux
4. Renforcer la dimension énergétique dans la politique de l'habitat
5. Offrir des services urbains économes en énergie

Les communes sont accompagnées dans la mise en œuvre de leurs plans d'actions respectifs par l'Agence Locale de l'Energie et du Climat (ALEC).

La commune de Betton est signataire de la convention des maires depuis Mai 2009. Son plan d'action en faveur de l'énergie durable comprend notamment les actions suivantes:

- Adhésion à l'ALEC
- Campagne display: affichage des performances énergétiques des équipements
- Rénovation BBC du groupe scolaire de la Haye Renaud
- Eclairage public semi permanent
- Sensibilisation des acquéreurs de la ZAC Basse Renaudais et de la ZAC de la Renaudais aux économies d'énergie
- Conforter le maillage piéton-cycles
- Plantation de haies bocagères et de bosquets

Le Conseil Municipal a approuvé le Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune le 5 juillet 2011. Le PLU a été mis à jour le 30 septembre 2013, et modifié le 10 décembre 2014.

Le PADD définit des orientations d'aménagement et d'urbanisme globales sur l'ensemble du territoire communal. Le PADD est construit selon 3 grands principes, dont « **La réduction des émissions de gaz à effets de serre** » par la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables.

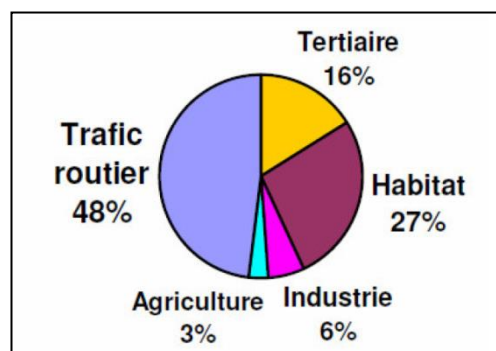
La commune souhaite assurer un développement maîtrisé, notamment par la mise en œuvre de **nouvelles formes urbaines** visant à réduire la consommation d'énergie et de ressources naturelles.

### Emissions de gaz à effet de serre :

Les émissions de CO<sub>2</sub> de Rennes Métropole sont évaluées à environ **2 millions de tonnes par an**.

Les trois principaux secteurs émetteurs dans l'agglomération sont le trafic routier (48 %), l'habitat (27 %) et les bâtiments tertiaires (16 %).

Figure 1 : Répartition des émissions de CO<sub>2</sub> sur Rennes métropole en 2006 (Source PCET RM):



### III. PRESENTATION DU PROJET D'AMENAGEMENT

#### III.1. POSITIONNEMENT GEOGRAPHIQUE DE BETTON

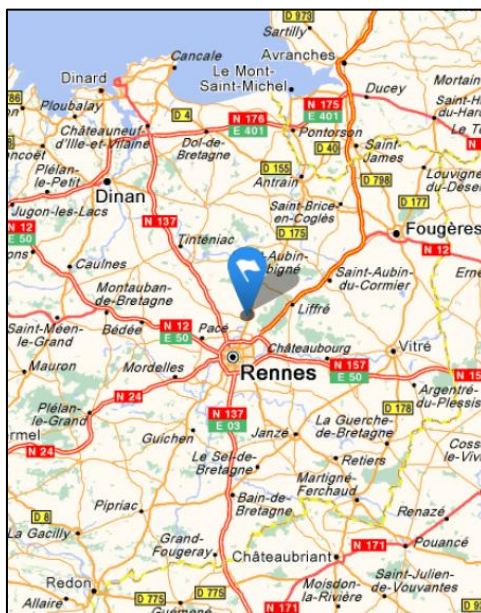


Figure 2 : Localisation de Betton (Via Michelin)

La commune de Betton est située à 9,5 km au Nord de Rennes, à proximité de l'axe Rennes-Saint-Malo et sur la route touristique du Mont-Saint-Michel.

#### III.2. RELIEF DE LA COMMUNE

La figure suivante présente le relief de la commune de Betton :

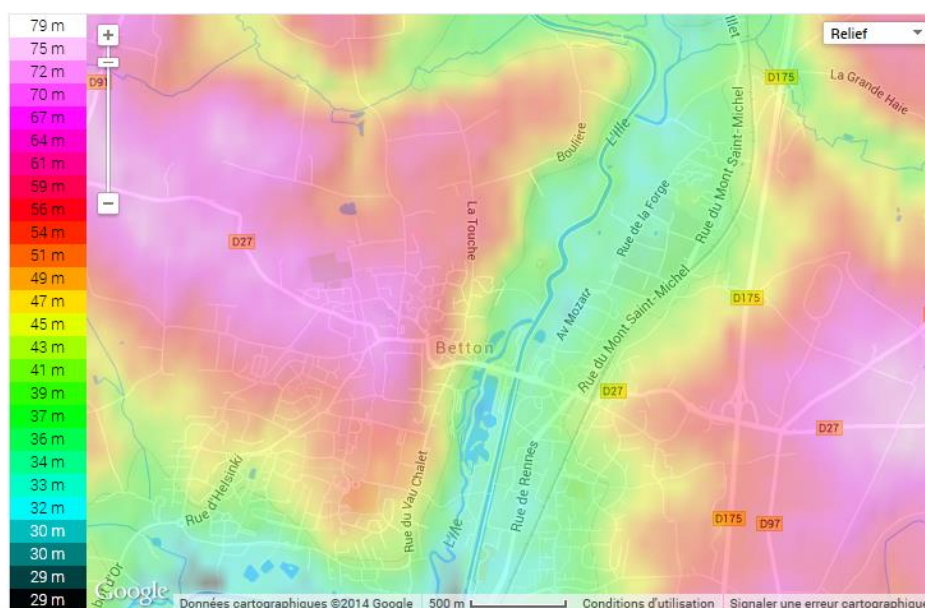


Figure 3: Carte topographique de Betton (Source : cartes-topographiques.fr)

Installée sur une colline qui surplombe le cours d'eau de l'Ille et le canal d'Ille et Rance, la commune s'étend de part et d'autres de la vallée de l'Ille. La diversité topographique de Betton lui offre une richesse de paysages et de milieux naturels préservés qui fait partie du patrimoine de la commune.

### III.3. SITUATION DU PROJET

La figure ci-dessous permet de situer le secteur d'études :



Figure 4: Localisation du secteur d'étude (Source : CCTP)

La zone d'étude se situe à l'Est de la commune, entre la voie ferrée (à l'Ouest) et la déviation à l'Est.



### III.4. PERIMETRE D'ETUDE

La figure suivante présente le périmètre d'étude :

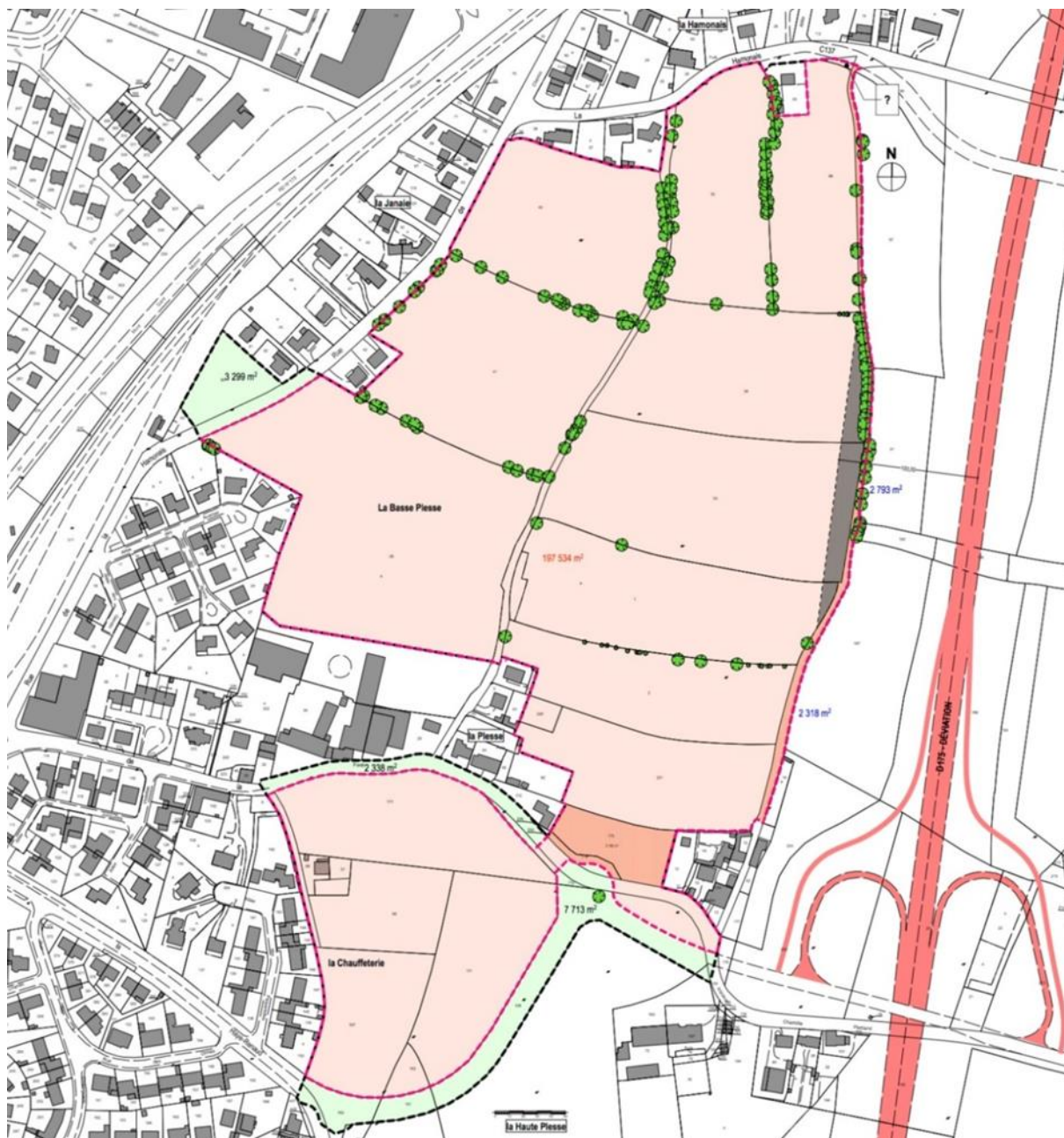


Figure 5 : Périmètre d'étude (Source : Dossier de création)

Le périmètre d'étude s'étend sur environ 21 ha.

### III.5. TOPOGRAPHIE

La figure suivante présente le plan topographique de la zone d'étude :

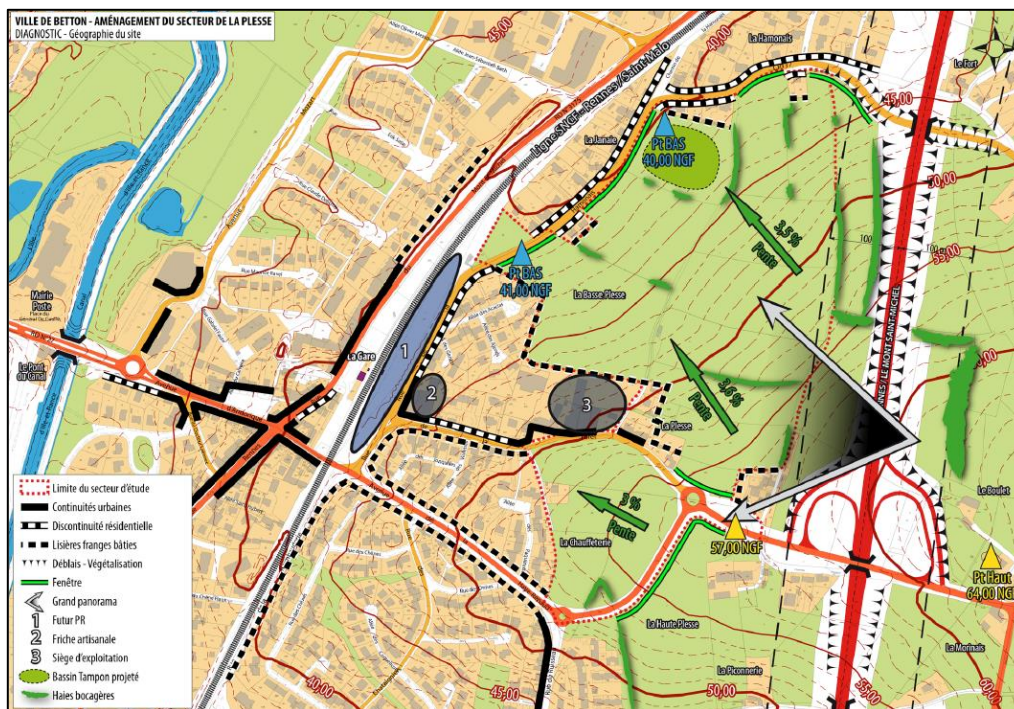


Figure 6: Analyse topographique du site d'étude (Source : Archipole)

Le site est marqué par une pente légère de 3,5% orientée Nord-ouest.

### III.1. VEGETATION ET BATI EXISTANT

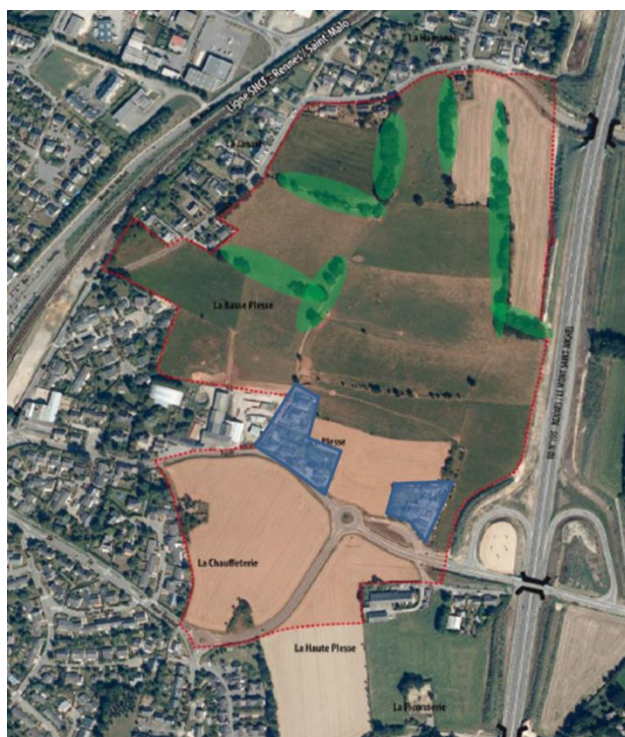


Figure 7: Végétation et bâtiments existants



Le périmètre du projet se situe essentiellement sur des parcelles cultivées, il est marqué par la présence de quelques haies bocagères et de deux habitations.

### III.2. PLU

Le site est classé en zones urbaines 1AUD2 et 1AUD2i

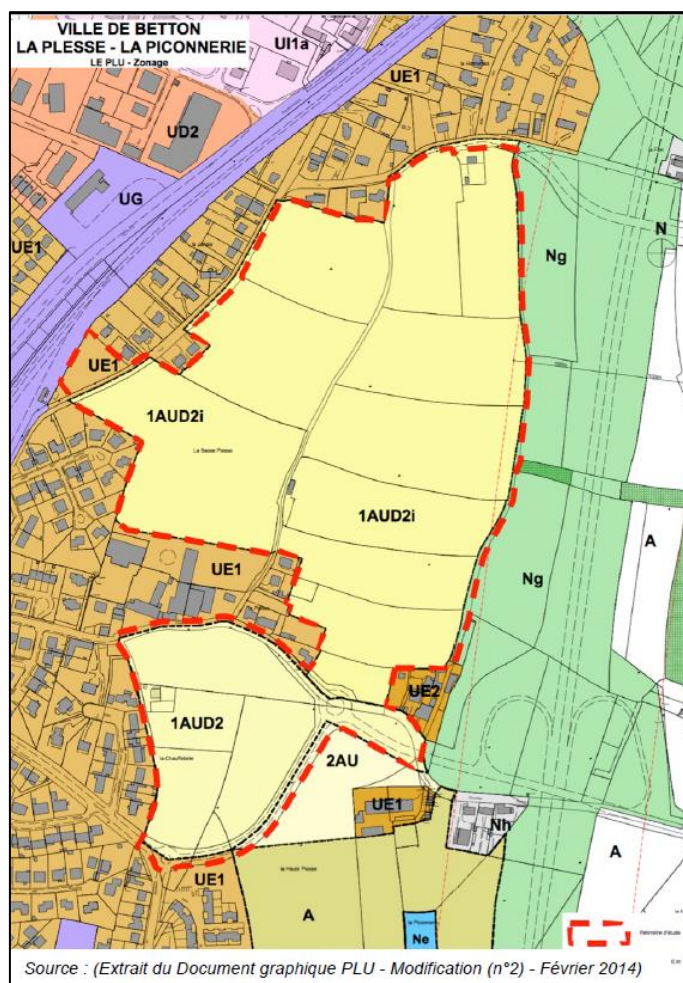


Figure 8: Zonage PLU



### III.3. SCHEMA D'AMENAGEMENT ETUDIE

La figure ci-dessous présente le projet d'aménagement :

*Schéma général d'aménagement  
projeté retenu.*

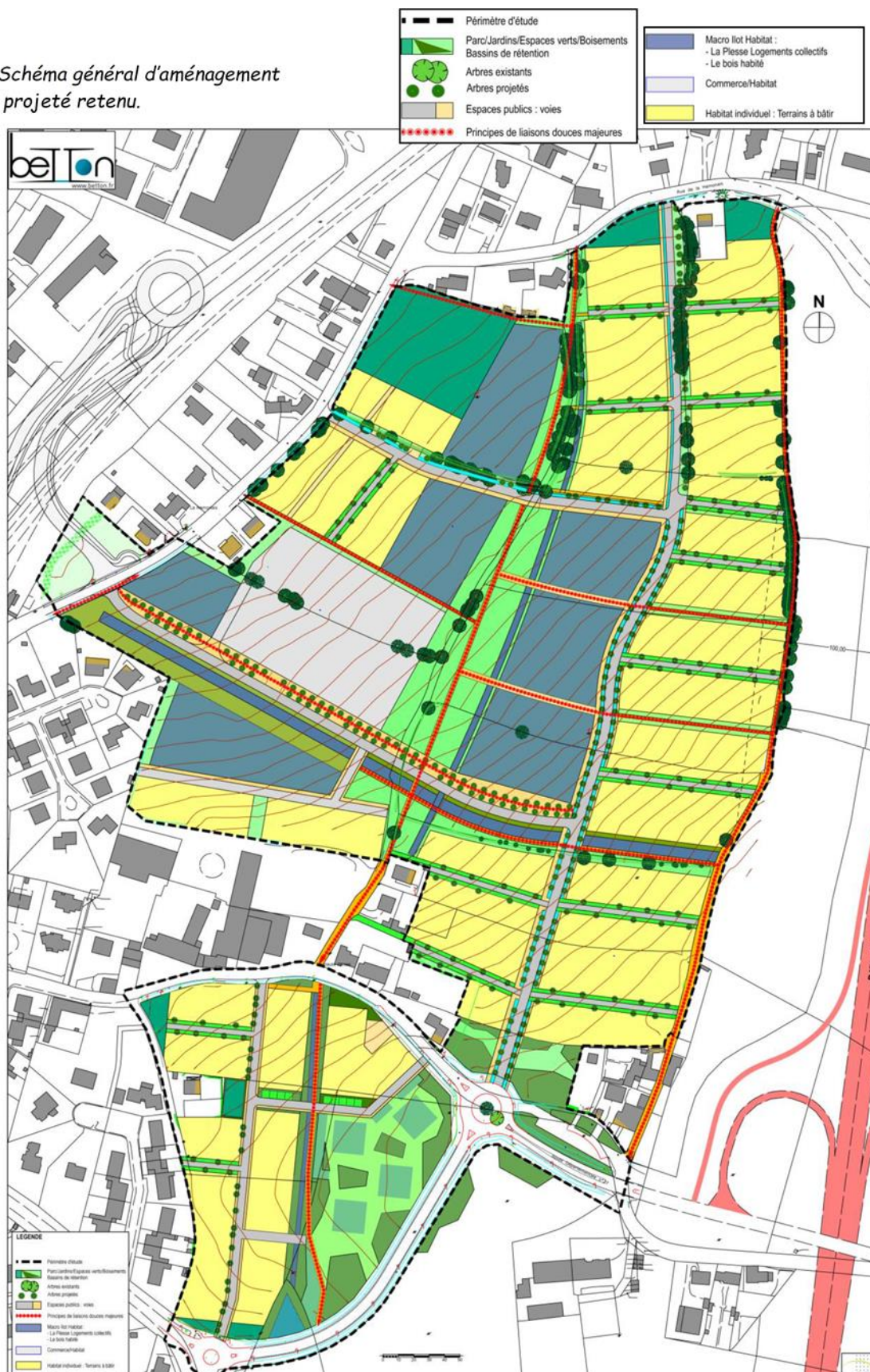


Figure 9: Orientation d'aménagement du secteur d'étude (Source : Archipole)

Le futur quartier accueillera environ 630 logements de formes variées (individuelle, collective et intermédiaire) ainsi que des commerces.

#### III.4. PROGRAMMATION

Pour conduire cette étude, nous avons considéré les hypothèses de programmation présentées dans les tableaux ci-dessous :

Typologie des logements	superficie (ha)	Nombre de logements ou bâtiments	Ratio	SDP moyenne (m²)	SHON <sub>RT</sub> moyenne estimée (m²)	SHON <sub>RT</sub> totale (m²)
<b>ZAC La Plesse Chauffeterie</b>						
Collectifs & semi-collectifs		421	67%	65	58.5	24 629
MIG			0%	100	90	0
Individuels- lots libres		212	33.5%	110	99	20 988
Commerces	0			3 000	2700	2 700
<b>Total</b>	<b>19.75</b>	<b>633</b>				<b>48 317</b>

Figure 10 : Hypothèses de typologies de logements considérées pour l'étude (Source : OCDL)

#### NOTA :

Dans la suite de l'étude nous utilisons des ratios de consommation énergétiques issus du calcul réglementaire RT 2012.

La surface de référence est donc la **SHON<sub>RT</sub>**, elle correspond à peu près à la surface du volume chauffé.

Il ne faut pas confondre la **SHON<sub>RT</sub>** et la surface de plancher (**SDP**). La **SDP** est la surface de référence officielle pour les documents d'urbanisme ; elle correspond à la somme des surfaces de planchers de chaque niveau clos et couvert d'un bâtiment, calculé à partir du nu intérieur des façades, après déduction de certains éléments s'il y a lieu.

Pour les logements on peut considérer que la **SHON<sub>RT</sub>** correspond à environ 90% de la **SDP**.

## IV. PHASE1 : SOURCES D'ENERGIE DISPONIBLES OU MOBILISABLES SUR LE SITE

---

### IV.1. ENERGIES FOSSILES

---

Les choix énergétiques pourront intégrer les énergies suivantes :

#### IV.1.1. L'ELECTRICITE :

---

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

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

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

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

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

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

#### IV.1.2. LE GAZ NATUREL :

---

Le gaz naturel est une énergie fossile comme le fioul. Sa combustion rejette cependant légèrement moins de CO<sub>2</sub> que le fioul à énergie produite équivalente. Le gaz naturel est acheminé par des canalisations terrestres, ou sous forme liquéfiée par voie maritime. Le raccordement du territoire en fait une énergie facile d'accès, moins chère que le fioul.

La commune est desservie par le gaz naturel. Une extension du réseau pourrait permettre d'alimenter le futur quartier.

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

#### IV.1.3. LE FIOUL :

---

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

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



#### IV.1.4. LE GAZ PROPANE EN BOUTEILLE OU EN CITERNE :

---

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

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

#### IV.2. ENERGIES RENOUVELABLES

---

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

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

##### IV.2.1. L'ÉNERGIE SOLAIRE :

---

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

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

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

##### IV.2.2. LA BIOMASSE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE) :

---

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

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

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

- **renouvelable** : le bois est une source renouvelable puisqu'il peut être planté en quantité et disponible pour la production énergétique dans un délai cohérent par rapport à notre échelle de temps (quelques années à quelques dizaines d'années) ;
- **neutre pour l'effet de serre** : dans le cadre d'une gestion raisonnée (on ne coupe pas plus d'arbres qu'on en replante), sa combustion aura un impact neutre sur l'effet de serre puisque le CO<sub>2</sub> dégagé par sa combustion sera remobilisé par la biomasse en croissance grâce à la photosynthèse ;
- **bon marché** : en fonction des solutions retenues (bûches, granulés, bois déchiqueté), le prix du bois énergie reste intéressant en comparaison avec les autres types d'énergie ;

- **performant** : les équipements actuels (poêles, chaudières) affichent des performances tout à fait intéressantes, et sont de plus en plus automatisés.

Quelques difficultés peuvent cependant être mises en avant :

- **Manutention et modes de vie** : il convient de choisir la technique la plus adaptée en fonction du futur utilisateur. En effet, la solution bois bûche ne sera pas toujours adaptée à des populations vieillissantes par exemple. Le poêle à bûches sera également plus difficile à réguler ou à automatiser par rapport à un poêle à granulés ou à une chaudière bois.
- **Le traitement des fumées** : il est nécessaire de mettre en œuvre des poêles ou des chaudières performants pour l'ensemble des petites installations afin de favoriser une bonne combustion et ainsi des rejets moins chargés. Les installations plus importantes devront disposer d'équipements spécifiques pour traiter les fumées.

**D'une manière générale, nous sommes favorables à l'utilisation forte du bois énergie sur le quartier, que ce soit pour les lots individuels ou les logements collectifs ou semi-collectifs. Il conviendra cependant de valider la filière de livraison pour s'assurer de la disponibilité du bois sur le moyen terme.**

---

#### IV.2.3. L'ÉNERGIE ÉOLIENNE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ) :

---

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

---

#### IV.2.4. L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE (PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ) :

---

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

---

#### IV.2.5. LA GEOTHERMIE (PRODUCTION DE CHALEUR ET D'ÉLECTRICITÉ) :

---

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

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

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

#### IV.3.1. L'ENERGIE EOLIENNE

##### A GISEMENT

##### SITUATION DE LA COMMUNE

Les figures suivantes montrent la répartition annuelle des directions et les caractéristiques mensuelles du vent sur Rennes :

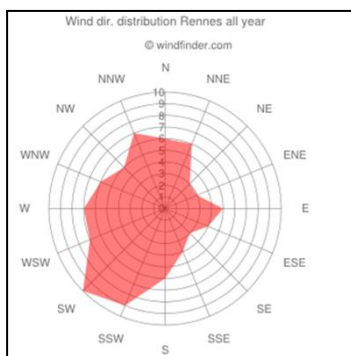


Figure 11: Rose des vents de Rennes (source : windfinder.com)

Rennes (RENNES)													
Les statistiques basent sur les observations entre 7/2002 - 9/2012 tous les jours de 7h à 19h, heure locale													
Mois	Jan 01	Fév 02	Mar 03	Avr 04	Mai 05	Juin 06	Jui 07	Aoû 08	Sep 09	Oct 10	Nov 11	Dec 12	TOT 1-12
Direction du vent dominant	↗	↗	↗	↘	↘	↗	↗	↗	↗	↘	↗	↗	↗
Probabilité du vent > = 4 Beaufort (%)	27	28	33	24	23	20	20	18	18	19	22	25	23
Vitesse du Vent (Knots)	9	9	9	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8
Température de l'air moyenne (°C)	7	7	10	13	16	20	20	20	18	14	11	7	13
Sélectionnez mois (Aide)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	An

Figure 12: Statistiques des vents à Rennes (Source: windfinder.com)

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

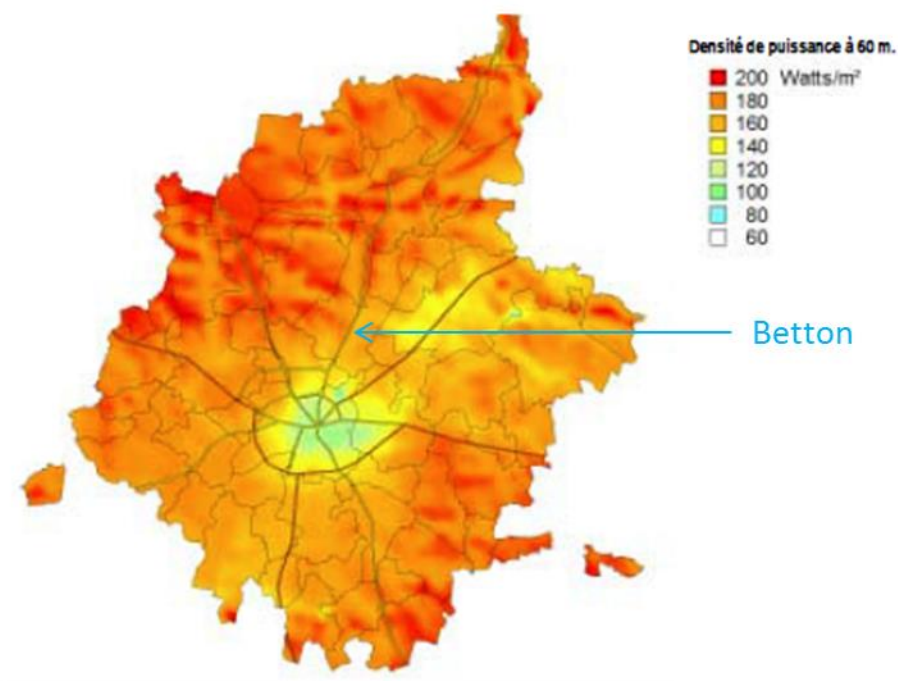
##### GRAND EOLIEN

En Janvier 2004, une étude sur le potentiel éolien du pays de Rennes a été menée. La figure suivante est un extrait du rapport :



#### 1.2.4 Le gisement sur le Pays de Rennes

Le gisement, réalisé avec le logiciel WAsP et des outils informatiques internes, a été calculé avec un pas de calcul de 200 mètres (pavés de 40 000 m<sup>2</sup>) pour 10 hauteurs différentes, de 10 à 100 mètres.



carte 9 : Atlas éolien du Pays de Rennes – EED

Un rendu représentatif est proposé ci-dessus: il décrit la densité de puissance récupérable par une éolienne, à 60 mètres au dessus du sol.

Il est possible d'extraire de la densité de puissance l'énergie récupérable par rotor en appliquant les coefficients de rendement appropriés.

On considère que le gisement éolien est exploitable à partir d'une densité de puissance de 180 Watts/m<sup>2</sup>.

##### Le potentiel éolien du Pays de Rennes :

- est favorable au Nord-Ouest et au Sud-Est de l'Agglomération, sur les collines entourant la cuvette rennaise ;
- est défavorable au Nord-Est de Rennes car l'Agglomération et les importantes surfaces boisées freinent le flux de vent ;
- est moyen au Sud-Ouest de la zone, à cause de l'absence de relief.

Ces estimations du gisement devront nécessairement être validées par des campagnes de mesures lors d'études de faisabilité plus poussées sur les sites retenus.

Figure 13: Extrait Etude sur le Potentiel Eolien du pays de Rennes

La densité de puissance observée à 60 m au-dessus du sol à Betton est de 160 Watt/m<sup>2</sup>, le gisement éolien n'est donc pas exploitable.

De plus, l'obligation réglementaire d'éloignement de plus de 500 m des zones d'habitation des éoliennes de plus de 50 mètres de haut et les restrictions dues au plafond aérien militaire réduisent à néant le potentiel de développement du grand éolien sur le site.

## PETIT EOLIEN

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

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

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

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

Si un emplacement devait être prédéfini il devrait plutôt se situer sur un point haut et dégagé.

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

## B CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES SUR L'EOLIEN

---

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

**L'installation de petit et moyen éolien est techniquement possible et devra faire l'objet d'études spécifiques** si les opérateurs souhaitent avoir recours à cette source d'énergie.

#### IV.4.1. L'ÉNERGIE SOLAIRE

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

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

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

#### A GISEMENT

##### BRUT

La carte suivante présente l'insolation annuelle en Bretagne :

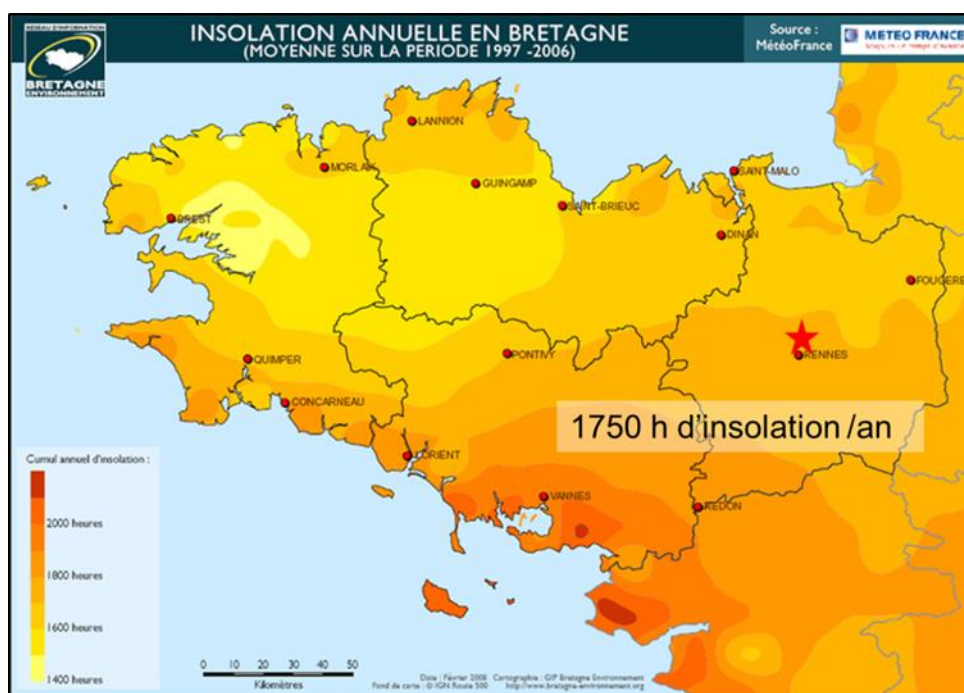


Figure 14: Insolation annuelle de la Bretagne (Source Bretagne Environnement)

L'insolation annuelle de la commune de Betton est comprise entre **1 700 et 1 800 heures**. L'énergie reçue est d'environ **1 200 kWh/m<sup>2</sup>/an**.

##### SUR LE SITE

La **pente légère** du site d'étude est orientée de direction Nord-Ouest. Les contraintes d'ombres portées seront davantage engendrées par les bâtiments créés et existants que par cette pente. Les ombres portées devront être prises en compte pour l'optimisation des apports solaires des futurs bâtiments.

La végétation existante (Cf. Figure 7 p. 21 et Figure 9 p. 23) et créée pourra engendrer des effets de masques et entraver l'accès aux apports solaires gratuits en mi-saison. En hiver, les haies étant constituées d'arbres à feuilles caduques, ce problème sera minimisé.



## B PREDISPOSITION DU PROJET VIS-A-VIS DES APPORTS SOLAIRES GRATUITS

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

A l'échelle des parcelles :

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

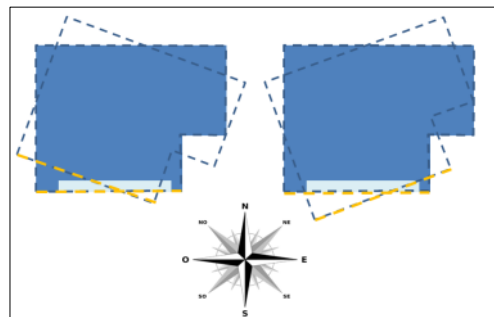


Figure 15 : Orientation optimale des façades principales : Sud +/- 20°

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

Le plan de composition (Cf. Figure 9 p. 23 ), a été travaillé de manière à maximiser le nombre de parcelle individuelles orientées Nord-Sud pour favoriser l'optimisation des apports solaires. Ces orientations seront confortées lors de la mise au point du plan de composition au moment du dossier de réalisation. Une étude fine des marges de recul nécessaires pour éviter les ombres portées d'un bâtiment sur un autre permettra d'optimiser l'accès au soleil.

## C PRECONISATIONS POUR L'OPTIMISATION DES APPORTS SOLAIRES

Le tableau ci-dessous synthétise ces préconisations:

Echelle	Solaire Passif	Solaire thermique	Solaire photovoltaïque
<b>Zone d'étude</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Parcelle orientée nord/sud</li> <li>- Zone constructible en limite nord de la parcelle</li> <li>- Respect des distances impliquées par les ombres portées</li> </ul>		
<b>Bâtiment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Façades et ouvertures principales au Sud +/- 20°</li> <li>- Protections solaires adaptées</li> </ul>	Réserver l'énergie solaire thermique aux bâtiments à fort besoins en ECS	Production d'énergie à considérer après l'optimisation énergétique du bâtiment (par exemple prévoir une structure de toiture adaptée pour recevoir des panneaux ultérieurement)
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Orientation Sud +/- 25° ; Inclinaison de 45° environ</li> </ul> Limiter les ombres et les masques (bâtiments proches, végétation)	

Figure 16: Préconisation pour l'optimisation des apports solaires

## IV.5.1. L'ÉNERGIE GEOTHERMIQUE

### A DEFINITION

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

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

L'énergie exploitée provient d'un différentiel de température entre un milieu émetteur – le sol à faible ou forte profondeur, une nappe phréatique - et le fluide frigorigène d'un circuit de pompe à chaleur. C'est ce delta T que l'on cherche à maximiser en allant rechercher de l'énergie dans un milieu où la température est stable au cours de l'année.

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

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

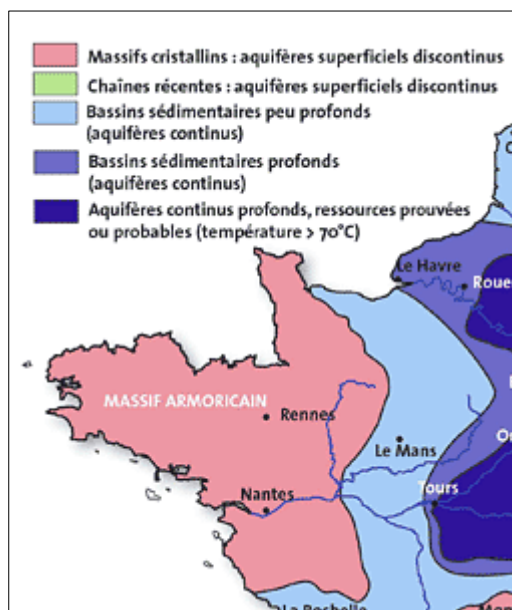


Figure 17: Extrait carte des ressources géothermiques en France (source BRGM)

La commune de Betton, comme l'ensemble du territoire breton, se situe sur un **massif cristallin** contenant des aquifères superficiels discontinus.

Ainsi, des nappes d'eau peu profondes (< 1000 m) présentant des températures moyennes forment le potentiel géothermique. La détection de ces aquifères nécessite des **forages** pour évaluer le potentiel de la zone.



Figure 18: Carte géologique du site (Source: BRGM)

## C POTENTIEL DE MOBILISATION DE L'ENERGIE GEOTHERMIQUE

Pour avoir des données précises sur le potentiel géothermique du site, **la réalisation de forages serait un préalable obligatoire.**

Plusieurs forages sont recensés, dans la base de données Infoterre de BRGM, à proximité du site :



Figure 19: Cartographie des forages à proximité du site (Source : BRGM)

On remarque principalement, la présence de 2 forages au niveau du Hameau de La Plesse. Ce forage met en évidence la présence d'eau à 57 m de profondeur avec un débit de 1,5 m3/h.

**En l'absence de données plus précises il est délicat de conclure sur le potentiel géothermique sur site. Néanmoins, l'exploitation de la géothermie apparaît possible puisqu'une installation existe à proximité.**

Points de vigilance pour l'exploitation de la géothermie sur nappe :

- Les logements doivent être équipés d'un circuit hydraulique en régime basse température (plancher chauffant, radiateurs basse température...).
- Risque de débits faibles ou variable de la nappe d'eau (performance non garantie dans le temps)
- Contraintes de maintenance
- Coûts de forages élevés à l'unité (environ 30 000 €HT par doublet)
- Incidence en terme de bulle thermique à prendre en compte, afin d'éviter les recirculations d'eau souterraines entre forage de réinjection et forage de pompage, qui devient d'autant plus pénalisante, que l'on augmente le nombre de forages.



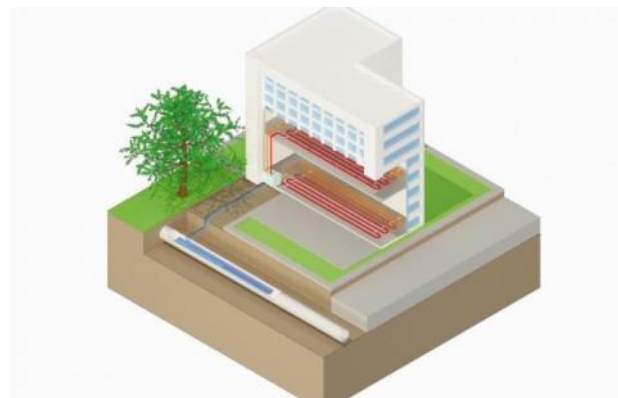
Il existe probablement un potentiel géothermique sur nappe exploitable sur le site de la ZAC. Si la ville souhaite développer ce type d'énergie, la réalisation d'un **forage test** ainsi qu'une **étude de faisabilité** sont indispensables.

## IV.5.2. LA RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES

### A DEFINITIONS

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

Les eaux usées, d'origine domestique, pluviale ou industrielle comprennent : les eaux ménagères ou eaux grises, les eaux vannes ou eaux noires (toilettes), les eaux d'arrosage (jardins), les eaux industrielles ainsi que les eaux pluviales. Leur température moyenne est d'environ 15°C ce qui en fait une source de chaleur intéressante à exploiter grâce à la mise en place d'une pompe à chaleur. Cette énergie a l'avantage de se situer à proximité de la demande, tout en ayant un impact très limité en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>. La récupération d'énergie sur les eaux usées est aussi appelée « **cloacothermie** ».



Il existe différentes techniques de récupération, détaillées en annexe.

### B AVANTAGES ET LIMITES DES DIFFERENTS SYSTEMES

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

Technologie	Avantages et contraintes	Potentiel
<b>Dans les collecteurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- S'installe dans le réseau public</li> <li>- Nécessite d'avoir de longues conduites droites et un gros diamètre</li> <li>- Doit vérifier les effets sur le fonctionnement du process de la STEP (abaissement de la T°)</li> <li>- Proximité des preneurs de chaleur</li> </ul>	- Potentiel de puissance entre <b>10 kW</b> et <b>1 MW</b>
<b>dans les STEP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de problème de refroidissement</li> <li>- Risque d'être éloigné des preneurs de chaleur</li> </ul>	- Potentiel de puissance jusqu'à <b>20 MW</b>
<b>dans les stations de relevage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution indépendante de la taille du collecteur</li> <li>- Système encore nouveau avec peu de retour d'expérience</li> </ul>	- Potentiel de puissance jusqu'à <b>2 MW</b>
<b>au pied des bâtiments</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solution simple pour l'eau chaude sanitaire, mais qui ne convient pas pour un chauffage à distance</li> <li>- Solution individuelle, pour les bâtiments de taille significative (hôtel, hôpital, piscine, industrie)</li> </ul>	- Potentiel de puissance entre <b>50 kW</b> et <b>300 kW</b>
<b>Echangeur de chaleur sur l'eau des douches</b>	Facilité de mise en œuvre et très faible entretien	Potentiel de puissance environ <b>30% de la puissance de production d'ECS</b>

Figure 20: Avantages et inconvénients des différents systèmes de récupération d'énergie sur les eaux usées

## C APPLICATION

---

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

*La station d'épuration du métropolitaine, située en limite Nord-Ouest de Betton, dispose de 2 filières :*

- une filière biologique à boue activée d'une capacité de 19 000 EH.*
- une filière biologique membranaire d'une capacité de 21 000 EH.*

**La capacité de la station permet donc d'envisager la récupération d'énergie sur les eaux usées.**

**En revanche la station est trop éloignée du site pour envisager d'alimenter le quartier par de la chaleur issue de la récupération d'énergie sur les eaux usées de la ville.**

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



### IV.5.3. LE BIOGAZ

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

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

Source : [www.aile.asso.fr](http://www.aile.asso.fr)

Les intérêts de la méthanisation sont multiples :

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

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

Un quartier urbanisé peut donc théoriquement être alimenté :

- ✓ Par du biogaz injecté (après épuration) dans le réseau de gaz naturel
- ✓ Par de la chaleur renouvelable issue de la cogénération via un réseau de chaleur (cf étude d'opportunité §. VIII)

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

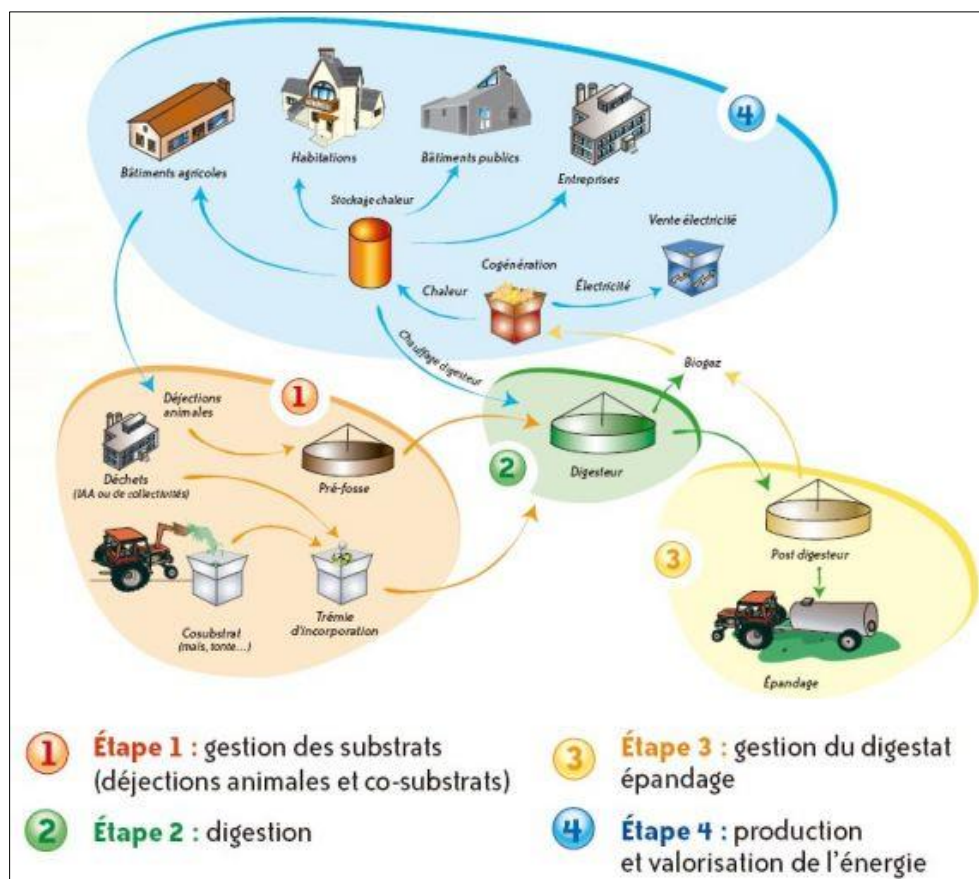
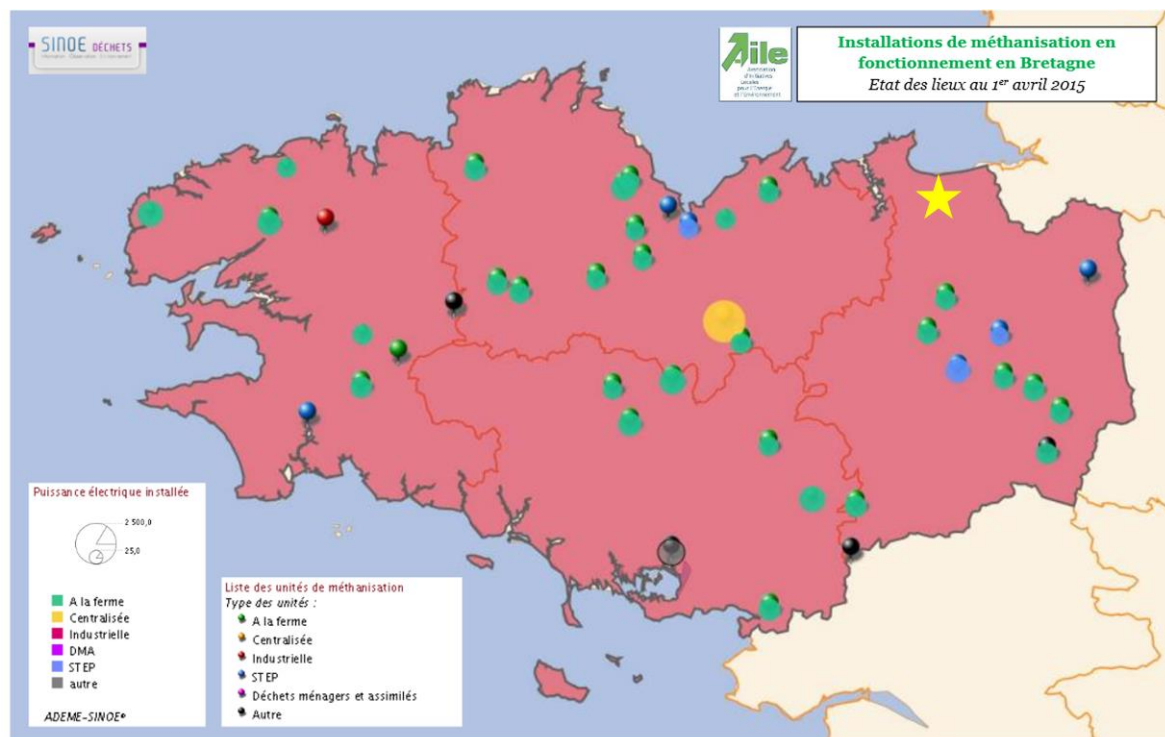


Figure 21 : schéma de principe d'une filière locale de méthanisation (source Aile)

L'exemple emblématique de filière locale structurée est le projet breton Géotexia implanté dans le Mené (<http://geotexia.wordpress.com>).

Une telle filière nécessite une mobilisation d'acteurs locaux ayant des problématiques de déchets organiques (agriculteurs, industries agroalimentaires). Si une telle mobilisation n'est pas préexistante, il est difficile de prendre comme point de départ les besoins énergétiques d'un nouveau quartier pour constituer la filière tant la durée de construction d'un projet est longue (10 ans pour Géotexia).

La figure suivante présente les installations de valorisation du Biogaz en Bretagne :



Ils existent plusieurs unités en Ille et Vilaine, dans un secteur relativement proche de Betton : Domagné, Gévezé, Guipel et Liffré (STEP).

L'usine de traitement des eaux de Beaurade, à Rennes, est équipée d'une unité de méthanisation des boues d'épuration et produit de l'électricité grâce à la cogénération.

**Cette solution n'apparaît pas pertinente pour Betton dans la mesure où les unités existantes sont trop éloignées.**

**Cependant, si la collectivité identifie un nouvel enjeu autour d'effluents agricoles et industriels sur son territoire, elle peut initier une réflexion qui se déroulera certainement sur un temps plus long que celui de la conception et de la réalisation du nouveau quartier.**

L'existence d'un réseau gaz naturel peut dans ce cas permettre l'usage du biogaz. Il est cependant important de s'interroger sur la nécessité de raccorder le futur quartier au gaz naturel uniquement dans la perspective de le voir desservi par du biogaz à une échelle de temps indéterminée.

L'utilisation de chaleur renouvelable via un réseau de chaleur est étudiée dans le paragraphe VIII de cette étude.

## IV.5.4. L'ENERGIE HYDRAULIQUE

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

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

### A L'HYDROELECTRICITE MARINE

La commune de Betton ne se situe pas en zone côtière ce qui exclue d'office l'hydroélectricité marine.

### B L'HYDROELECTRICITE ISSUE DES RIVIERES

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

#### SITUATION REGIONALE

La figure suivante présente le potentiel hydroélectrique de la Bretagne :

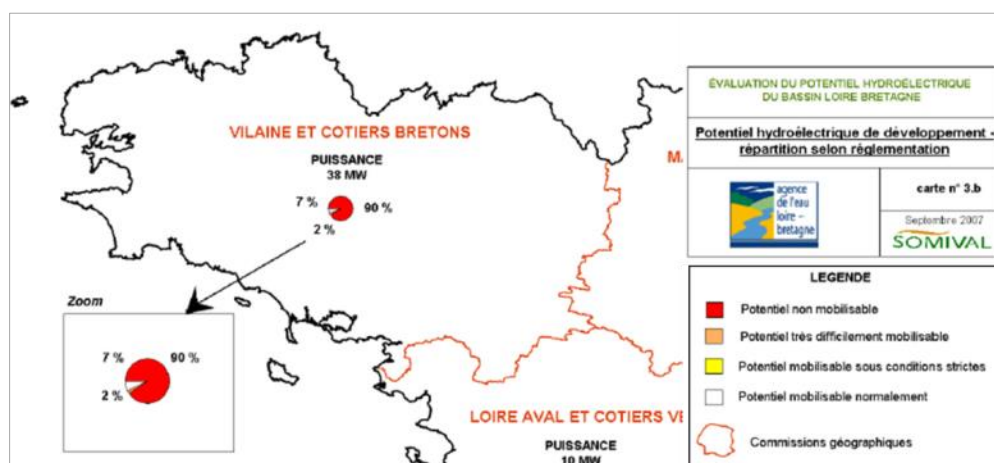


Figure 23: Potentiel de développement de l'hydroélectricité de la Bretagne (Source : Rapport Somival)

Le potentiel de développement de l'énergie hydroélectrique terrestre de la région Bretagne est très faible : seulement 7,6 MW, à la différence du potentiel hydroélectrique marin élevé en région Bretagne.

#### SITUATION LOCALE

Le projet se trouve sur le territoire du SAGE Vaine et du SDAGE Loire Bretagne dont les orientations fondamentales s'appliquent. La restauration de la qualité physique et fonctionnelle des cours d'eau est un des objectifs du SDAGE.



Comme le montre la figure suivante, aucun cours d'eau ne traverse le site :

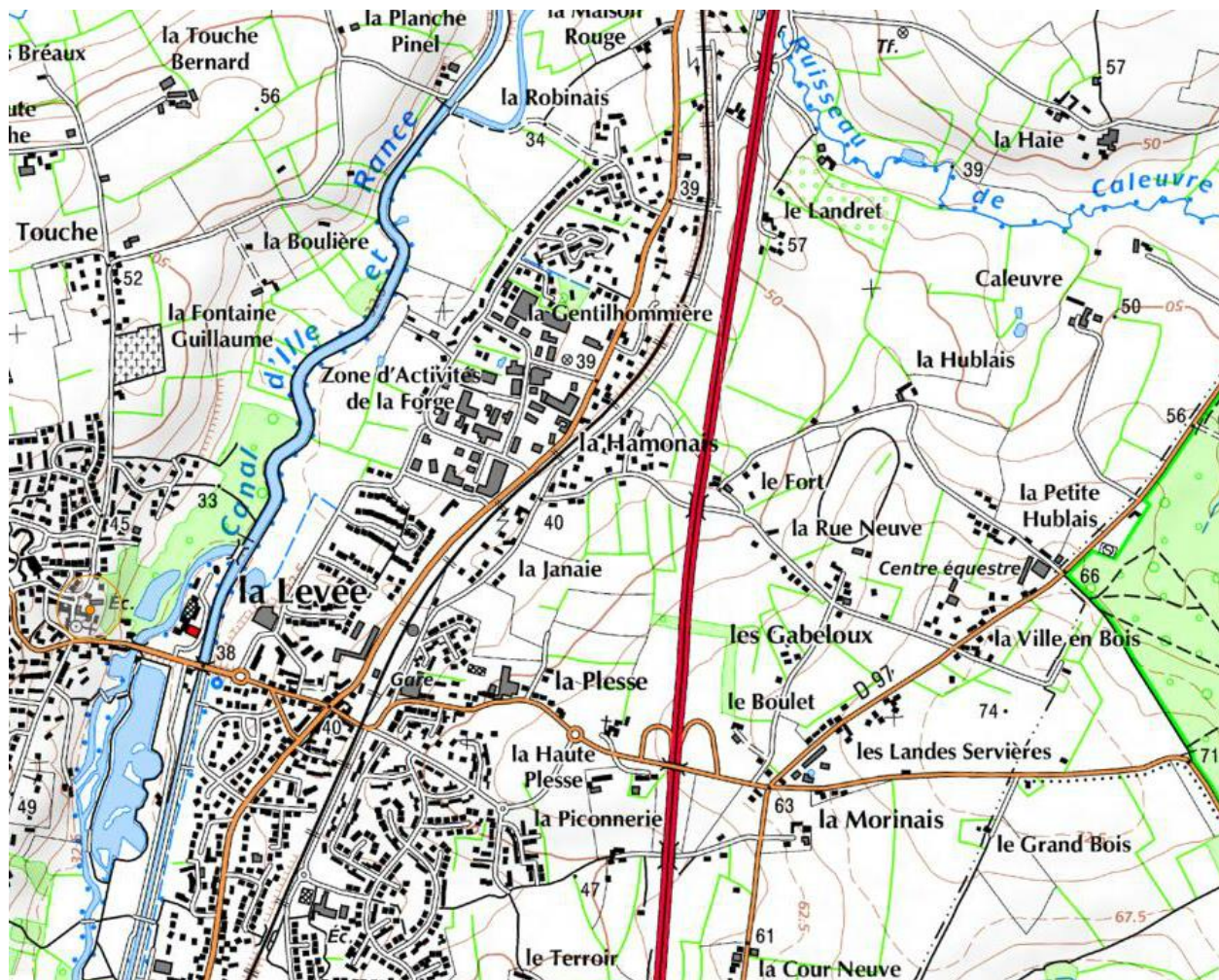


Figure 24: Contexte hydrologique du site (Source : étude d'impact)

Il n'y a pas de cours d'eau sur le site. Le ruisseau de Caleuvre est trop petit pour envisager une installation de production d'hydro-électricité et le potentiel du canal d'Ille et Rance est déjà exploité.

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

L'investissement pour une telle centrale est supérieur à 400 000 € HT hors génie civil, la rentabilité est remise en cause par la faiblesse de la puissance productible.

## C APPLICATION

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

#### IV.5.5. L'ÉNERGIE BOIS

L'énergie bois est disponible sur le territoire sous différentes formes. Les conditions de mobilisations sont détaillées en Annexe.

##### A BOIS DECHIQUETE OU PLAQUETTES

Le bois déchiqueté est disponible en Ille et Vilaine.

La carte suivante montre les plateformes d'approvisionnement en bois déchiqueté en Bretagne.

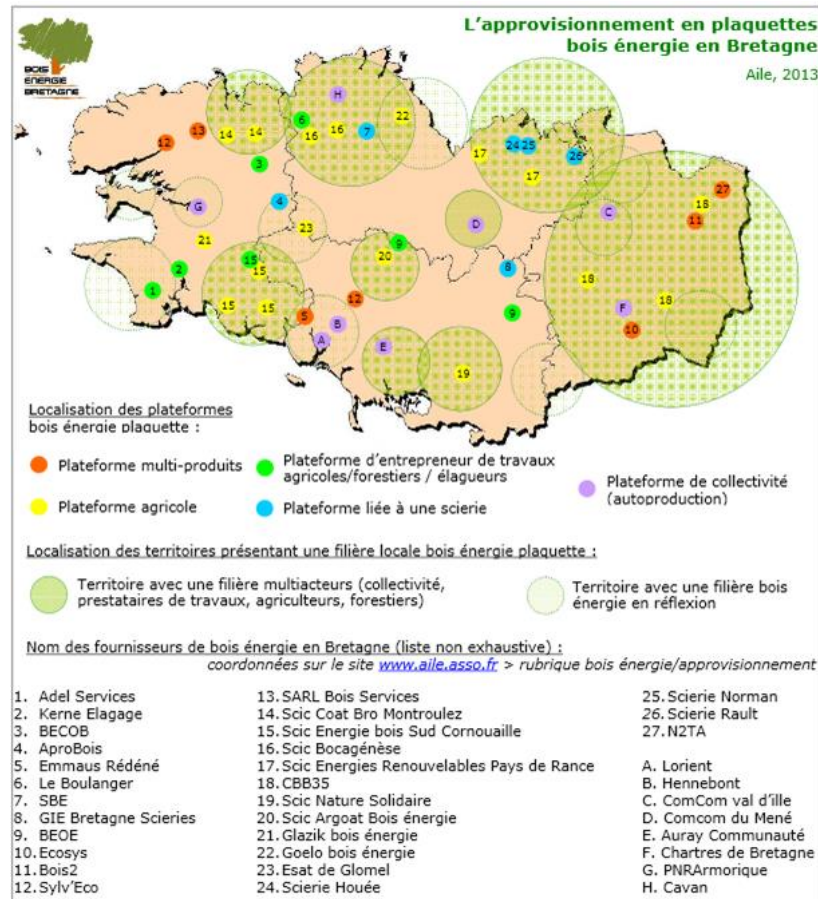


Figure 25 : Carte des fournisseurs de bois déchiqueté en Bretagne (source AILE, avril 2011)

Plusieurs prestataires seraient susceptibles d'approvisionner en bois déchiqueté un projet à Betton : le GIE Les BELUETTES à Iffendic, l'Association HAIENERGIE du Pays de Châteaugiron et ECOSYS à Orgères.

D'autre part, l'association AILE a réalisé dans le cadre de sa mission d'animation du Plan bois énergie Bretagne, une étude prospective sur l'état de la ressource bretonne en bois et son évolution dans les années à venir. Les principales conclusions de ce travail sont les suivantes :



- Le gisement bois plaquette régional est estimé à 615 000 t/an, le gisement sur lequel se porte l'enjeu de mobilisation est situé en forêt
- Le gisement de plaquettes agricoles est loin d'être mobilisé à son optimum (gisement évalué à 170 000 t/an contre une mobilisation actuelle de 10 000 t/an)
- La mobilisation de bois plaquette est actuellement à un tournant dû aux projets mobilisant d'importants tonnages (réseaux urbains, projets de cogénération) : **la mobilisation de bois énergie sur des chaufferies de petite et moyenne capacité (jusqu'à 4000 t de bois par an) ne met pas en péril la ressource régionale. C'est l'un des leviers importants de positionnement des collectivités sur les énergies renouvelables.**
- La mobilisation de la ressource agricole notamment pour l'alimentation de projets en collectivités via des plateformes locales reste pertinente.

Le graphique suivant présente une projection des consommations prévisionnelles (basées sur les projets connus dont la chaufferie cogénération biomasse de 37MW à Rennes) mis en regard des gisements régionaux à horizon 2014 :

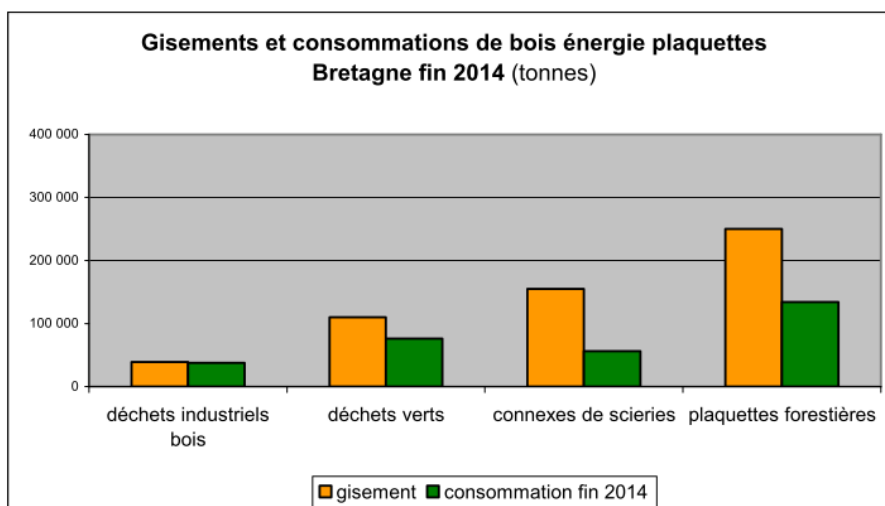


Figure 26 : Gisements en consommation de bois énergie plaquette en Bretagne fin 2014 (source AILE)

La totalité du document est disponible sur le site internet : [www.aile.asso.fr](http://www.aile.asso.fr)

Bilan Plan bois énergie Bretagne 2007-2013 : L'Ille et Vilaine est le plus gros consommateur de **bois déchiqueté** parmi les 4 départements bretons : **239 100 tonnes par an** (dont 110 000 t/an par la chaufferie Rennes Sud)

Aujourd'hui l'organisation de la mobilisation de bois énergie en forêt, le principal gisement, est jeune et a d'énormes marges d'optimisation, les entreprises spécialisées n'ont pas atteint leur équilibre

D'autre part, l'association AILE réalise, entre autre, le recensement des installations mais également des fournisseurs de bois énergie. Elle peut également accompagner les démarches de mise en place d'une telle filière avec les collectivités dans le cas d'un projet défini.

## B BOIS BUCHES

Aujourd'hui, de nombreux distributeurs et fournisseurs existent en Bretagne et peuvent fournir les besoins individuels.

Le bois bûche peut être livré en palette de bois certifié. Ce combustible est encore majoritairement commercialisé « au noir », surtout en zone rurale.

Une démarche de qualité régionale a été mise en place par l'association Abibois avec la





création de la marque Bretagne Bois Bûche® : elle identifie les professionnels bretons du bois de chauffage engagés dans une démarche de qualité des produits et des services.

Le site [www.bretagneboisbuche.com](http://www.bretagneboisbuche.com) permet de localiser les fournisseurs de bois bûche engagés dans cette démarche.

## C GRANULES DE BOIS

---

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



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

Un site internet recense les fournisseurs par proximité géographique : [www.bois-de-chauffage.net](http://www.bois-de-chauffage.net)

**Le bois est disponible sur le territoire sous différentes formes et pourrait assurer la production de chauffage.**

**Le bois bûche n'est pas adapté pour de l'habitat collectif, au contraire du bois granulés ou de la plaquette.**

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

## IV.6. SYNTHÈSE DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES SUR LA ZONE

Le tableau suivant présente une synthèse du potentiel de l'opération vis-à-vis des sources d'énergies renouvelables, ainsi que de leurs conditions de mobilisations.

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

Figure 27 : Synthèse du potentiel du site vis-à-vis des énergies renouvelables

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

## IV.7. SYNTHÈSE SUR L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES ENERGIES MOBILISABLES

FORMES D'ENERGIE	ATOUTS/AVANTAGES	CONTRAINTES/INCONVENIENTS
<b>ELECTRICITE</b>	Disponibilité <i>A réserver aux usages spécifiques</i>	Coût élevé  Faible rendement global, gestion des déchets nucléaires, contexte tendu en hiver en Bretagne
<b>GAZ NATUREL</b>	Commune desservie Impact environnemental plus limité que le fioul	Extension de réseau à prévoir <b>Energie fossile à fort impact environnemental</b>
<b>FIOUL</b>	-	<b>Très fort impact environnemental</b>
<b>PROPANE</b>	Impact environnemental plus limité que le fioul	Positionnement des cuves ou réseau gaz
<b>BOIS – ENR</b>	Disponibilité de la ressource Filière créatrice d'emplois locaux Facilité de mise en œuvre en habitat individuel Chaudière collective possible en habitat collectif	<b>Densité énergétique à valider pour la mise en œuvre de réseaux</b>  Niveau d'automatisation à adapter en fonction des utilisateurs  Nécessité de mettre en place une logistique d'approvisionnement  La qualité du combustible doit être maîtrisée afin d'éviter l'émission de substances polluantes
<b>SOLAIRE – ENR</b>	Site dégagé Energie gratuite  Différentes technologies concernant le solaire photovoltaïque peuvent favoriser une intégration au bâti et au milieu urbain (verrières, façade, mobilier urbain, ...)  Performante, la technologie du solaire thermique a atteint sa maturité. Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 25 ans.  Le coût du solaire thermique est très abordable, c'est une énergie consommée sur place	Contrainte d'orientation Sud et nécessité d'une pente du site favorable  Contraintes liées aux ombres portées (bâtiment et végétation)  Conflit d'usage des toitures (occupation de surface importante par les panneaux solaires)  Le coût peut être élevé pour le photovoltaïque  Le photovoltaïque sera en général réinjecté sur le réseau, aussi le réseau local doit pouvoir accueillir la production des installations.
<b>PETIT EOLIEN-ENR</b>	Energie renouvelable  Plusieurs formes de technologies existent et peuvent facilement s'intégrer au paysage urbain	Productivité faible, matériels non encore optimisés  Nuisance sonores potentielles  « Effet d'abris » du milieu urbain qui limite la productivité
<b>PAC aérothermie</b>	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique  Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (Air)	COP moyen annuel faible  Appel de puissance électrique en hiver  Nuisances sonores  Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène
<b>PAC sur sondes géothermique</b>	Amélioration de l'efficacité d'un chauffage électrique  Utilisation d'une part d'énergie gratuite provenant d'une source chaude (sol, eau)	Appel de puissance électrique en hiver  Impact sur l'effet de serre du fluide frigorigène
<b>GEOthermie PROFONDE – ENR</b>	Système performant  Peu intégrer un bouquet énergétique en tête de	Coût élevé de mise en œuvre  Pas adapté à des projets individuels



#### IV- Phase1 : Sources d'énergie disponibles ou mobilisables sur le site

réseau de chaleur		
<b>RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES</b>	Energie de récupération	Ne fonctionne que simultanément à la demande
	Ressource disponible toute l'année	Contraintes techniques :
	Système simple	- débits d'eaux usées >10l/s
		- Diamètre collecteur >500 mm
		- Distance bâtiment-collecteur <200 m

Figure 28: Synthèse sur l'impact environnemental des énergies mobilisables

ENR : énergie renouvelable

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

---

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

Il s'agit donc :

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

Cette étude a pour spécificité d'intégrer :

- l'ensemble des consommations en électricité domestique dans les calculs
- les consommations énergétiques liées à la cuisson des aliments
- La consommation d'électricité des parties communes

### V.1. USAGES ENERGETIQUES ATTENDUS

---

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

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

#### V.1.1. LES USAGES LIES AUX BATIMENTS

---

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

- chauffage
- production d'eau chaude sanitaire
- climatisation
- électricité technique : éclairage, ventilation, circulateurs etc.
- électricité domestique : bureautique, HIFI, électroménager etc.
- Electricité des parties communes (éclairage, ascenseur...)
- Cuisson des aliments

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

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

## A CAS PARTICULIER DE L'ELECTRICITE DOMESTIQUE :

Le calcul réglementaire des consommations énergétiques (RT 2005 et 2012) n'intègre pas les consommations d'électricité domestique ni l'énergie nécessaire à la cuisson des aliments, et pourtant, celles-ci représentent une part importante de la consommation énergétique des ménages. Jusqu'à 40% des consommations pour un bâtiment très performant.

L'association **NégaWatt** s'intéresse aux consommations électrodomestiques et a calculé la part de chaque poste pour un ménage moyen en 2010.

Le graphique suivant présente les résultats :

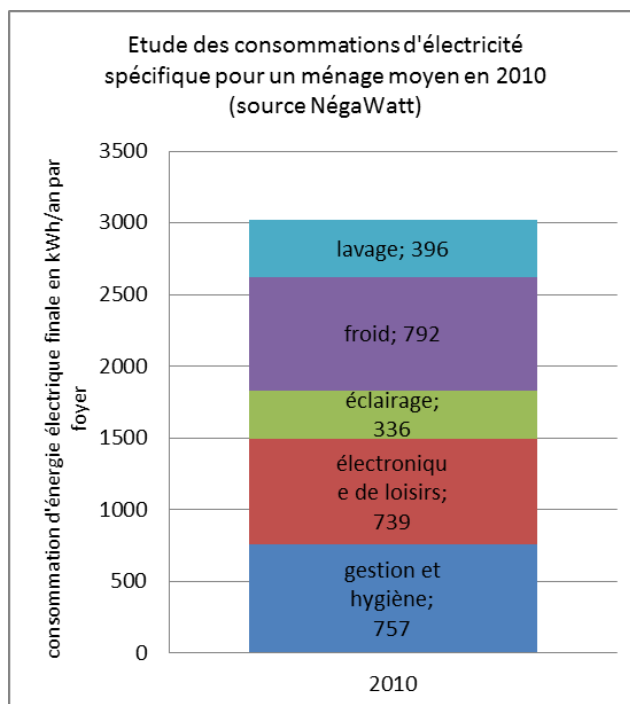


Figure 29 : répartition des consommations électriques pour un ménage moyen en 2010 (Source : NegaWatt)

Ainsi en 2010, un ménage moyen consomme près de 3 000 kWh/an d'électricité pour les usages domestiques.

**Dans notre étude, en plus des usages pris en compte par la réglementation thermique** (chauffage, ECS, refroidissement, électricité technique : éclairage, circulateurs, pompes, ventilateur...) **nous intégrons les usages électrodomestiques suivants :**

- lave-linge
- sèche-linge
- lave-vaisselle
- froid
- éclairage
- audio-visuel
- informatique/telecom
- circulateurs et communs
- ventilation
- nettoyage et bricolage
- cuisson



## B L'ELECTRICITE DES PARTIES COMMUNES

---

Tout comme l'électricité domestique, l'électricité des parties communes, incluant notamment l'éclairage des parkings souterrains, des circulations, l'énergie consommée par les ascenseurs, n'est pas intégrée au calcul thermique réglementaire et représente une consommation d'énergie non négligeable.

Des diagnostics réalisés par Enertech montrent une consommation moyenne d'environ 13 kWh/(m<sup>2</sup>.an.logement).

### V.1.2. LES AUTRES USAGES

---

#### A L'ECLAIRAGE PUBLIC

---

Ce poste est supporté directement par les collectivités.

#### B LES TRANSPORTS

---

Ces consommations d'énergie liées aux véhicules individuels et au transport collectif ont un impact sur l'effet de serre qu'il convient d'évaluer.

#### C L'ENERGIE GRISE

---

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

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

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

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

## V.2. ESTIMATIONS DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES BATIMENTS EN FIN D'OPERATION

### V.2.1. DEFINITION DES NIVEAUX DE PERFORMANCE ENERGETIQUE PAR TYPOLOGIE DE BATIMENT

#### A CONSOMMATIONS REGLEMENTAIRES

L'évolution de la réglementation thermique décrite ci-dessus nous incite à définir des hypothèses de consommations énergétiques de référence cohérentes avec le « standard » de la RT 2012.

**De fait, elles correspondent à peu près à un niveau de performance BBC-RT 2005.**

D'autre part, la future réglementation thermique RT 2020 imposera le standard passif.

Nous avons donc comparé 2 niveaux de performance énergétique pour les futurs bâtiments :

- **RT 2012** : niveau minimal réglementaire depuis janvier 2013 pour tous les logements (équivalent d'un niveau BBC au sens de la RT 2005)
- **Passif** : Objectif de niveau réglementaire RT 2020

Les niveaux de performance énergétique permettent de déduire des consommations prévisionnelles pour chaque typologie de bâtiment, à partir de la  $SHON_{RT}$ . Les hypothèses de surface de plancher sont rappelées ci-dessous :

- Collectif et intermédiaire :  $SDP = 65 \text{ m}^2$ ,  $SHON_{RT} = 58,5 \text{ m}^2$
- Lot libre:  $SDP = 110 \text{ m}^2$ ,  $SHON_{RT} = 99 \text{ m}^2$

Pour estimer les consommations prévisionnelles en énergie finale en fonction du niveau de performance des bâtiments, nous appliquons des ratios de consommation conventionnels. Ces ratios ont été déterminés à partir d'une étude interne sur les calculs thermiques réglementaires RT 2005 et RT 2012 d'une fourchette de projets représentatifs. Des coefficients de majoration sont ensuite appliqués sur les postes chauffage et ECS pour se rapprocher des consommations réelles, en accord avec plusieurs études du bureau d'étude Enertech d'évaluation de la performance réelle de bâtiments BBC.

Ces études sont téléchargeables sur leur site internet : [www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)



#### B CONSOMMATIONS NON REGLEMENTAIRES - APPROCHE NEGAWATT

Il nous semble important d'aborder ici une approche de **transition énergétique** sous-tendue par les travaux de l'association negaWatt, pilotée par la Compagnie des negaWatt, créée en 2001:

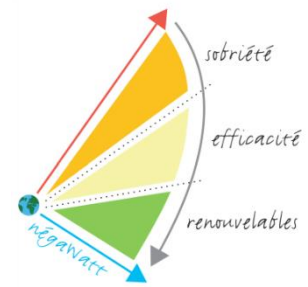
Ces travaux ont été conduits par 24 experts et praticiens de l'énergie, tous impliqués à titre professionnel dans la maîtrise de la demande d'énergie ou le développement des énergies renouvelables. Il s'agit d'une base de travail volontariste mais réaliste.

*"Produire des negaWatt " c'est donc rompre avec nos (mauvaises) habitudes en **préférant la sobriété énergétique au gaspillage**. C'est rechercher la **meilleure utilisation possible de l'énergie**, plutôt que de continuer d'en consommer toujours plus.*

*Loin du "retour à la bougie ou à la lampe à pétrole", cette démarche vise à faire la chasse aux watts inutiles grâce à une utilisation plus efficace de l'énergie, et à recourir judicieusement aux énergies renouvelables.*

Cette approche est fondée sur les principes suivants :

- **SOBRIETE**: interroger nos besoins puis agir à travers les comportements individuels et l'organisation collective sur les différents usages de l'énergie pour privilégier les plus utiles, restreindre les plus extravagants et supprimer les plus nuisibles
- **EFFICACITE**: agir, essentiellement par des choix techniques, sur la quantité d'énergie nécessaire pour satisfaire un service énergétique donné
- **Recours aux ENERGIES RENOUVELABLES**: augmenter la part de services énergétiques satisfaite par les énergies les moins polluantes et les plus soutenables



Le scénario négaWatt, actualisé en 2013, propose un niveau de performance qui va au-delà de la future réglementation thermique de 2020 en poussant à l'extrême les économies d'énergie et notamment sur la consommation d'électricité domestique. Les usagers sont clairement impliqués dans le niveau de performance de leur habitat.

Plus d'informations : <http://www.negawatt.org>

Pour le niveau de performance passif, nous nous sommes inspirés de cette démarche negaWatt en considérant que les habitants étaient sensibilisés à la sobriété énergétique, donc limitaient leurs consommations d'électricité domestique.

## C HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS DES BATIMENTS

Le tableau suivant présente les hypothèses de consommations en fonction de la performance énergétique :

Typologie SHON <sub>RT</sub> (m <sup>2</sup> )	Collectifs & semi-collectifs		Individuels- lots libres	
	59 m <sup>2</sup>		99 m <sup>2</sup>	
Consommations prévisionnelles en énergie finale (kWh/an)	BBC / RT 2012	Passif	BBC / RT 2012	Passif
chauffage	1 880	1 000	3 160	1 700
ECS	1 060	1 060	1 800	1 800
élec technique	520	500	880	820
élec domestique	1 460	1 180	2 480	1 980
cuisson	540	540	540	540
<b>Consommation totale (kWh<sub>ef</sub>/an)</b>	<b>5 460</b>	<b>4 280</b>	<b>8 860</b>	<b>6 840</b>

Figure 30 : Hypothèses de consommations prévisionnelles en fonction de la performance énergétique



Le graphique suivant représente la répartition des consommations par usages en fonction du niveau de performance énergétique :

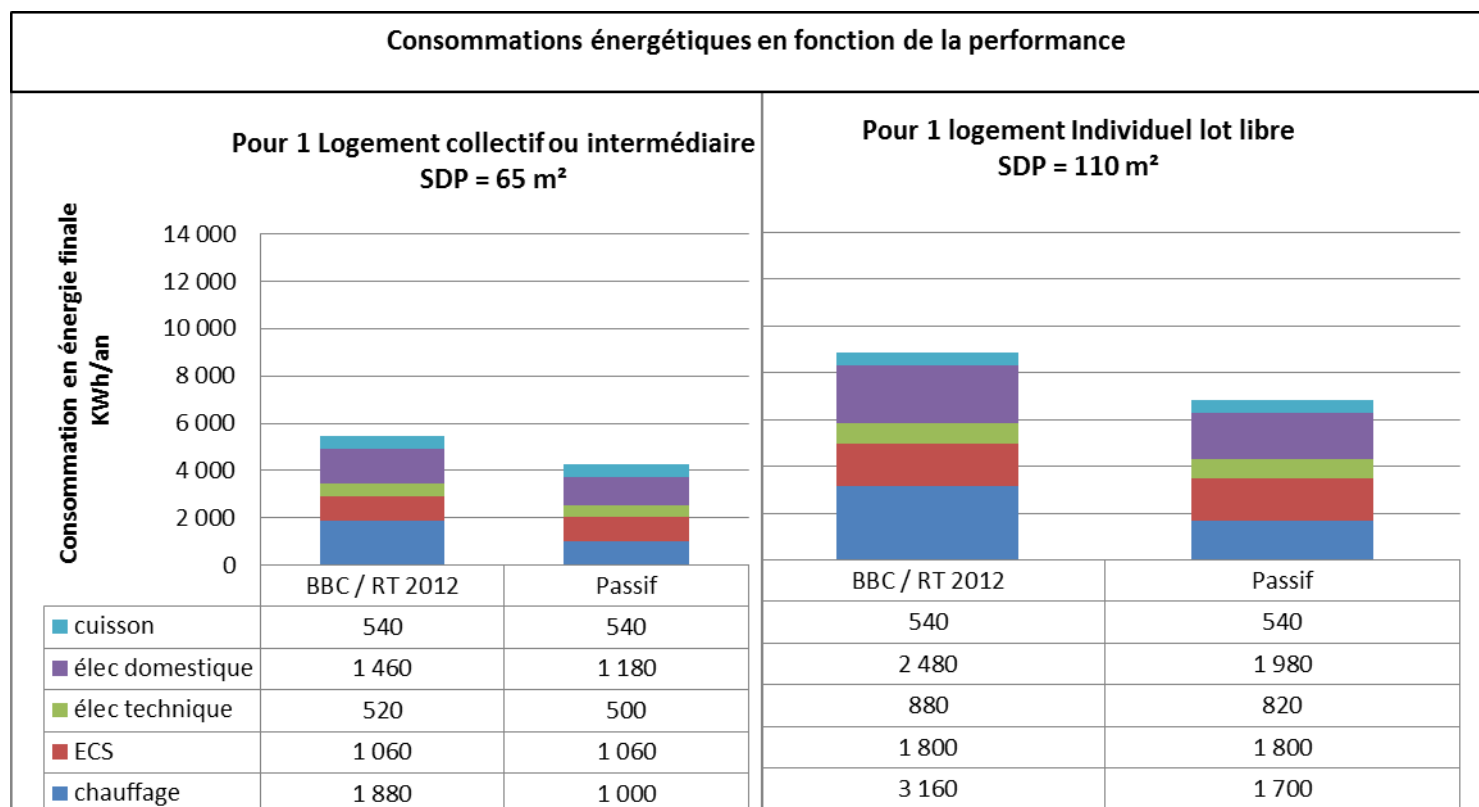


Figure 31: Répartition des consommations par usage en fonction de la performance

L'analyse de ces données permet de constater que :

- ✓ Les économies d'énergie réalisées entre le niveau RT 2012 et le niveau passif sont principalement dues à la diminution des consommations d'énergie pour le chauffage et à une diminution des consommations électrodomestiques.
- ✓ L'électricité domestique (HIFI, électroménager...) et technique (auxiliaires de chauffage, ventilation...) représente une part importante (environ 40%) de la consommation d'énergie: les efforts portant sur la conception du bâti (enveloppe notamment) n'ont qu'un impact limité sur les consommations globales.
- ✓ Le logement individuel est un gros consommateur d'énergie par rapport aux formes collectives.

## V.2.2. CALCUL DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE FINALE EN FIN D'OPERATION

A partir des hypothèses de programmation et de consommation par typologie de bâtiment nous évaluons la consommation en énergie finale de l'ensemble des nouveaux bâtiments de l'opération du bâtiment.

Le graphique suivant présente la consommation prévisionnelle d'énergie finale de l'ensemble du quartier en fin d'opération, par scénario de performance énergétique :

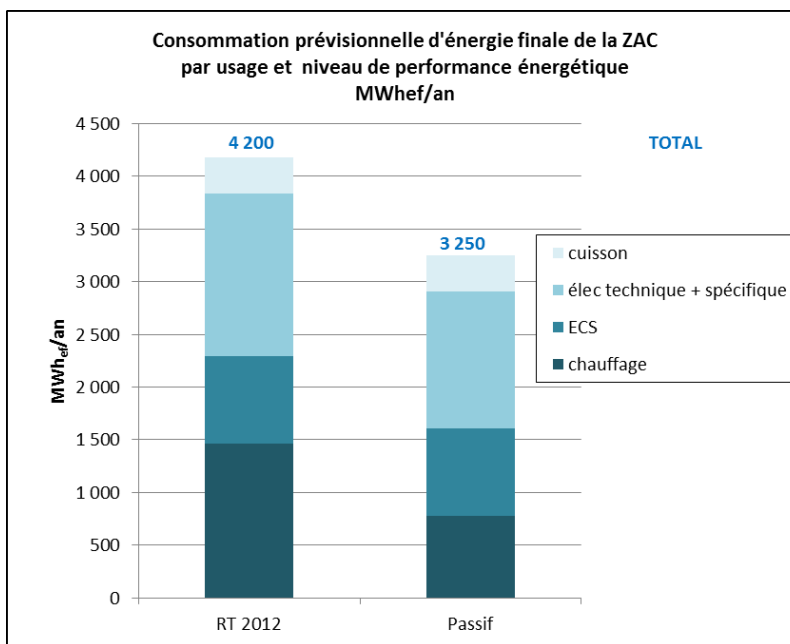


Figure 32 : Evaluation de la consommation d'énergie finale du quartier par scénario de performance énergétique

Ainsi, la consommation énergétique totale attendue pour les logements serait de 4 200 MWh par an pour le scénario RT 2012 et 3 250 MWh/an pour le scénario passif. Le niveau passif permet de réduire de 23% les consommations de l'ensemble des bâtiments grâce à une diminution des consommations de chauffage et d'électricité technique, domestique et des parties communes.

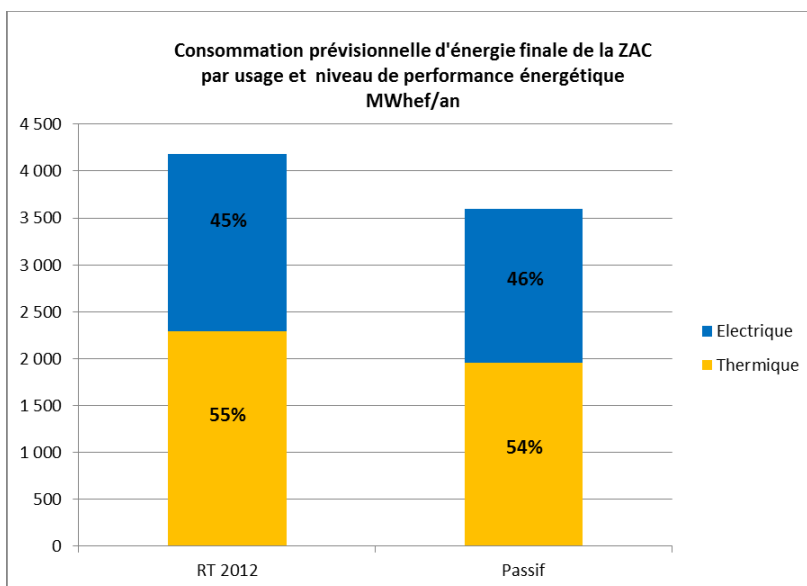


Figure 33: répartition des consommations entre chaleur et électricité

Les consommations énergétiques des bâtiments se répartissent quasiment à égalité (environ 50%) entre chaleur et électricité.

**ATTENTION :**

**Dans le cas où la collectivité et l'aménageur souhaiteraient introduire un niveau de performance énergétique plus exigeant que le niveau réglementaire RT 2012, il conviendrait de prendre comme référence :**

- ✓ soit les labels de performance énergétique de la RT 2012 (Effinergie +, THPE) ;
- ✓ soit le niveau de performance Passivhaus allemand ;
- ✓ soit le niveau de performance Minergie Suisse.

Fixer un niveau de performance plus exigeant impliquerait également :

- ✓ de définir la méthodologie de justification des performances atteintes,
- ✓ de définir le type de calcul thermique à exiger.

Dans le cas où la collectivité et l'aménageur ne voudraient pas imposer un choix en début d'opération, il serait possible :

- ✓ d'envisager une progressivité de la performance exigée par tranche de réalisation (introduction dès le départ de cette progressivité dans le cahier des prescriptions environnementales pour éviter une mise à jour régulière) ;



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

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

### VI.1. PRODUCTION D'ELECTRICITE PAR MICRO-EOLIENNES

Le relief ne présente pas d'obstacle majeur au vent (Cf. Figure 6), à la différence de la végétation et des futurs bâtiments (Cf. Figure 9 p. 23 et Figure 7 p. 21).

#### Ordre de grandeur :

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

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

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

Compte tenu de la configuration du projet et des surfaces de toiture, on considère qu'il serait possible d'en implanter environ 50, soit une **production annuelle potentielle de 270 MWh**.

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

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

En prenant en compte les autres utilisations de la toiture (locaux techniques), les ombres générées par les châssis ainsi que les contraintes d'intégration architecturales (marge de recul depuis les façades), **1/3 des surfaces de toiture des logements collectifs pourrait être recouverte de panneaux solaires**.

Pour les maisons individuelles, nous considérons **en moyenne 20 m² de panneaux par logement**.

**La surface exploitable en toiture est estimée à 7 500 m² pour l'ensemble de l'opération.**

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

Le tableau suivant donne la productibilité annuelle des différents types de technologies :

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

Le tableau suivant présente la production énergétique annuelle potentielle :

	Electricité MWh	Chaleur MWh
<b>Production annuelle</b>	750	2 650
<b>Part de la consommation pour un niveau RT 2012 (usage domestiques compris)</b>	40%	116%
<b>Part de la consommation pour un niveau PASSIF (usage domestiques compris)</b>	46%	136%

**Point de vigilance :**

Ce calcul reste théorique. En réalité, la rentabilité d'une installation d'ECS solaire et sa pérennité sont assurées pour une couverture de 40% des besoins d'ECS ou 60% des besoins de chauffage et d'ECS. En effet, le surdimensionnement d'une installation entraîne un risque de surchauffe du fluide caloporteur en été et donc de dégradation de l'installation.

D'autre part, plus le taux de couverture est élevé plus le volume de stockage est important (on considère environ 70 litres de stockages par m<sup>2</sup> de capteur) et plus la taille de chaufferie doit être importante.

### VI.3. PRODUCTION DE CHALEUR PAR GEOTHERMIE

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

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

Cela correspondrait à la couverture de **71%** des besoins de chaleur du quartier.

### VI.4. PRODUCTION DE CHALEUR PAR AEROTHERMIE

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

Cela correspondrait à la couverture de **63%** des besoins de chaleur du quartier.

### VI.5. PRODUCTION DE CHALEUR PAR BOIS ENERGIE

Suivant la technologie utilisée (poêle à bois, chaudière) et le type de combustible la couverture des besoins varie.

En moyenne on peut considérer qu'une chaudière bois granulés correctement dimensionnée permet de couvrir 100% des besoins de chaleur et une chaudière bois plaquettes 80%.

## VI.6. SYNTHÈSE

Le tableau suivant présente les taux de couverture atteignables par les ENR étudiées pour le niveau RT 2012 :

Energie renouvelable	Caractéristiques	Energie Productible (MWh/an)	Taux de couverture moyen des besoins par les EnR niveau RT 2012		
			Besoins de Chaleur	Besoins d'Electricité	Total besoins Energie
<b>Solaire thermique</b>	Inclinaison 30° , Orientation S , Surface: 7 500 m <sup>2</sup>	2650	116%	0%	63%
<b>Solaire photovoltaïque</b>	Inclinaison 30° , Orientation: S , Surface: 7 500 m <sup>2</sup>	750	0%	40%	18%
<b>Chaufferie bois granulés</b>		2290	100%	0%	55%
<b>Chaufferie bois plaquette</b>		1830	80%	0%	44%
<b>PAC géothermique (sur sol ou sur nappe)</b>	COP 3,5	1630	71%	0%	39%
<b>PAC air/eau</b>	COP 2,7	1440	63%	0%	39%
<b>Récupération d'énergie EU</b>	en pied d'immeuble 30% d'énergie récupérée	250	11%	0%	6%
<b>Micro éolien</b>	P: 3kW; Nombre: 50	270	0	14%	6%

Figure 34: Taux de couverture des besoins possible par type d'EnR - niveau RT 2012



Le tableau suivant présente les taux de couverture atteignables par les ENR étudiées pour le niveau PASSIF :

Energie renouvelable	Caractéristiques	Energie Productible (MWh/an)	Taux de couverture moyen des besoins par les EnR niveau PASSIF		
			Besoins de Chaleur	Besoins d'Electricité	Total besoins Energie
<b>Solaire thermique</b>	Inclinaison 30°, Orientation: S, Surface: 3 200 m²	2650	136%	0%	74%
<b>Solaire photovoltaïque</b>	Inclinaison 30°, Orientation: S, Surface: 3 200 m²	750	0%	46%	21%
<b>Chaudière bois granulés</b>		1951	100%	0%	54%
<b>Chaudière bois plaquette</b>		1561	80%	0%	43%
<b>PAC géothermique( sur sol ou sur nappe)</b>	COP 3,5	1394	71%	0%	39%
<b>PAC air/eau</b>	COP 2.7	1228	74%	0%	39%
<b>Récupération d'énergie EU</b>	en pied d'immeuble 30% d'énergie récupérée	250	13%	0%	7%
<b>Micro éolien</b>	P: 3kW; Nombre: 50	270	0	14%	8%

Figure 35: Taux de couverture des besoins possible par type d'EnR - niveau PASSIF

Aucune source d'énergie renouvelable ne permet à elle seule de couvrir la consommation totale d'énergie des bâtiments. La création d'un quartier à énergie positive au sens [énergie consommée < énergie produite] ne pourra donc se faire qu'à partir d'un mixte énergétique ou en réduisant de manière drastique les consommations du quartier. Pour réduire considérablement les consommations, il faudra fixer un cahier des charges très contraignant pour les concepteurs, sensibiliser et accompagner des habitants.

## VII. PHASE 4 : ETUDE DE L'IMPACT DE LA MOBILISATION DES ENERGIES RENEUVABLES

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

Nous avons donc étudié 5 scénarios, pour chaque scénario de performance énergétique sur les bâtiments de logements. En effet, les hypothèses relatives aux équipements et commerces sont trop incertaines pour déterminer les caractéristiques des scénarios d'approvisionnement en énergie.

Ces scénarios sont pragmatiques et s'appuient sur des solutions techniques éprouvées.

Le tableau suivant décrit les scénarios étudiés :

	Chauffage	Production d'ECS	Energie d'appoint	Remarque
<b>S0 : Gaz – ballon thermodynamique</b>	Gaz naturel	Gaz naturel (Collectif) ou Ballon thermodynamique $COP_{moyenannuel} = 2$	Electricité	Référence Chaudière à condensation
<b>S1 : Gaz - solaire</b>	Gaz naturel	Solaire (couvrant 40% des besoins)	Electricité	Chaudière à condensation
<b>S2 : Bois granulés</b>	bois	Bois (collectifs) ou Ballon thermodynamique $COP_{moyenannuel} = 2$ (individuel)	Electricité	Chaufferie collective granulés OU Poêle granulés appoint élec (individuels)
<b>S3: PAC sur sondes géothermiques</b>	Pompe à chaleur sur sondes géothermique	électrique		
<b>S4 PAC air/eau</b>	Pompe à chaleur air/eau $COP_{moyenannuel} = 2,8$	Pompe à chaleur air/eau	Electrique	

*NB : pour les bâtiments de logements collectifs les solutions étudiées sont systématiquement en chaufferie collective.*

Pour le scénario 1, le  $COP^1$ , traditionnellement de 2,67, est volontairement abaissé à 2 en accord avec une étude Ademe mettant en évidence les performances réelles des systèmes de chauffes eau thermodynamiques.

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

- Des consommations en énergie finale
- De l'impact environnemental (émissions de  $CO_2$ )
- Du coût de fonctionnement la première année: les coûts sont globalisés à l'échelle du quartier et intègrent les abonnements

<sup>1</sup> COP : Coefficient de Performance, représente la performance énergétique de la pompe à chaleur. Par exemple un COP de 3 signifie que pour 1 kWh consommé le système (Pompe à chaleur) en restitue 3

### VII.1.1. COMPARAISON DES CONSOMMATIONS EN ENERGIE FINALE

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

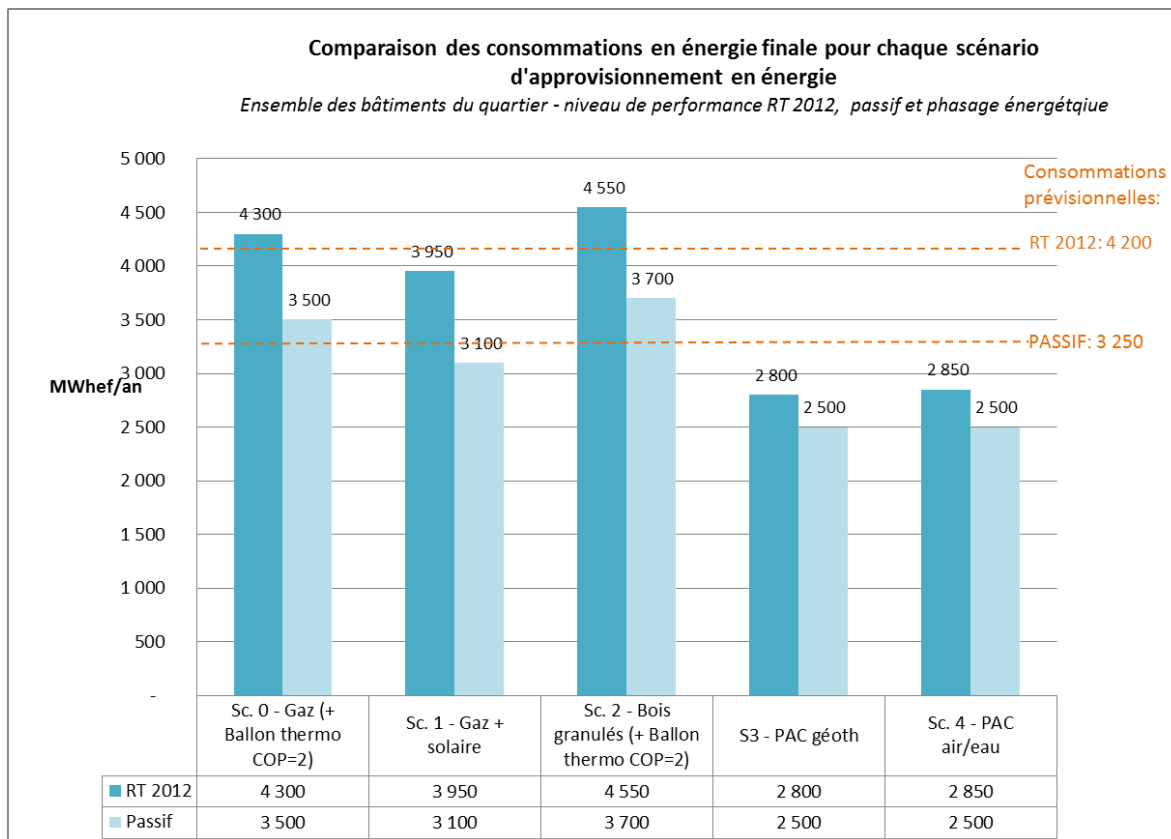


Figure 36 : Comparaison de la consommation d'énergie finale du projet par scénario d'approvisionnement énergétique (niveau RT 2012)

Cette consommation d'énergie est modulée par rapport aux valeurs de 4 200 MWh/an et 3 250 MWh/an MWh/an calculées en Phase 1. En effet, ces scénarios d'approvisionnement en énergie intègrent de l'énergie gratuite (solaire, énergie du sol), des notions de rendement ou d'appoint, et les consommations des commerces et équipement ne sont plus prises en compte.

Le scénario le moins énergivore est le *S3-PAC géothermique*: ce scénario utilise l'énergie gratuite du sol pour la production de chauffage et d'ECS. Le scénario bénéficie de la récupération de chaleur du ballon thermodynamique pour la production d'ECS uniquement pour les logements individuels.

Le scénarios 1 utilise le solaire pour la production d'ECS mais le chauffage ne bénéficie d'aucune contribution gratuite.

**Ces comparaisons montrent qu'à niveau de besoin identique, les consommations énergétiques peuvent varier jusqu' à moins 34% (par rapport au niveau de consommation évalué en phase 1 soit 4 200 MWh/an en RT 2012 ou 3 250 MWh/an en Passif), en fonction du type d'énergie choisi pour approvisionner les bâtiments.**

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



## VII.1.2. COMPARAISON DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

Pour chaque scénario envisagé en logement individuel et collectif, nous avons estimé l'investissement couvrant les appareils de production de chaleur pour le chauffage et l'ECS, d'émission et de distribution de la chaleur et le système de ventilation. Nous avons considéré un système de ventilation mécanique contrôlée simple flux type Hygro B pour tous les scénarios.

Les graphiques suivant présentent ces estimations :

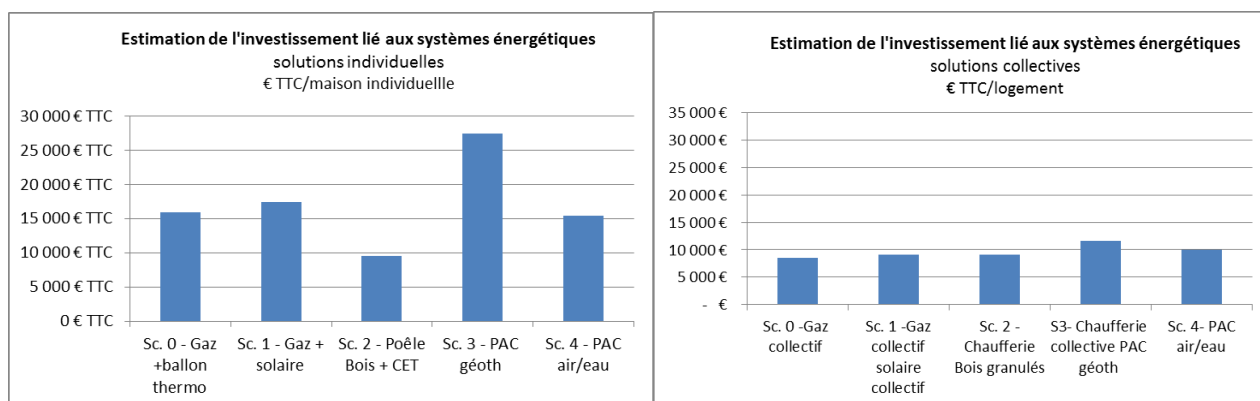


Figure 37: Comparaison des coûts d'investissement

Suivant le scénario d'approvisionnement en énergie, l'investissement lié aux systèmes énergétiques (production + distribution de chauffage et ECS, ventilation) varie du simple au double en logement individuel. La variation est plus légère en logement collectif.

L'investissement dans les systèmes énergétiques (génération, distribution, émission+ VMC) présente une plage de variation par rapport à une solution de référence à environ 15 000 € TTC en logement individuel et 10 000 € TTC par logement en collectif. Les solutions mobilisant les énergies renouvelables ne sont pas nécessairement les plus onéreuses.

Le Scénario 2 comprenant un poêle à bois permet une économie des systèmes de distribution et d'émission. Ceci explique leur moindre coût par rapport aux autres scénarios.

Le scénario le plus cher, la pompe à chaleur sur sondes géothermiques, demande un investissement supplémentaire non négligeable pour la réalisation des forages.

### VII.1.3. COMPARAISON DES COÛTS DE FONCTIONNEMENT LA PREMIERE ANNEE

Les hypothèses qui ont permis d'évaluer les coûts de fonctionnement la 1<sup>ère</sup> année pour chaque scénario sont détaillées en annexe.

Le tableau suivant présente les coûts annuels de fonctionnement TTC par typologie de logement, pour chaque scénario d'approvisionnement d'énergie étudié :

Coût annuel 2014 (énergie + abonnement) niveau RT 2012	Sc. 0 - Gaz (+ Ballon thermo COP=2)	Sc. 1 - Gaz + solaire	Sc. 2 - Bois granulés (+ Ballon thermo COP=2)	Sc. 3 - PAC géoth	Sc. 4 - PAC air/eau
Collectif	710 € TTC	650 € TTC	750 € TTC	680 € TTC	690 € TTC
Logement individuel	1 120 € TTC	1 020 € TTC	1 100 € TTC	950 € TTC	970 € TTC

Figure 38: Coût annuel de fonctionnement la première année

Le graphique suivant présente le détail de la répartition des coûts de fonctionnement annuels TTC pour un **logement collectif neuf** de 65 m<sup>2</sup> RT 2012:

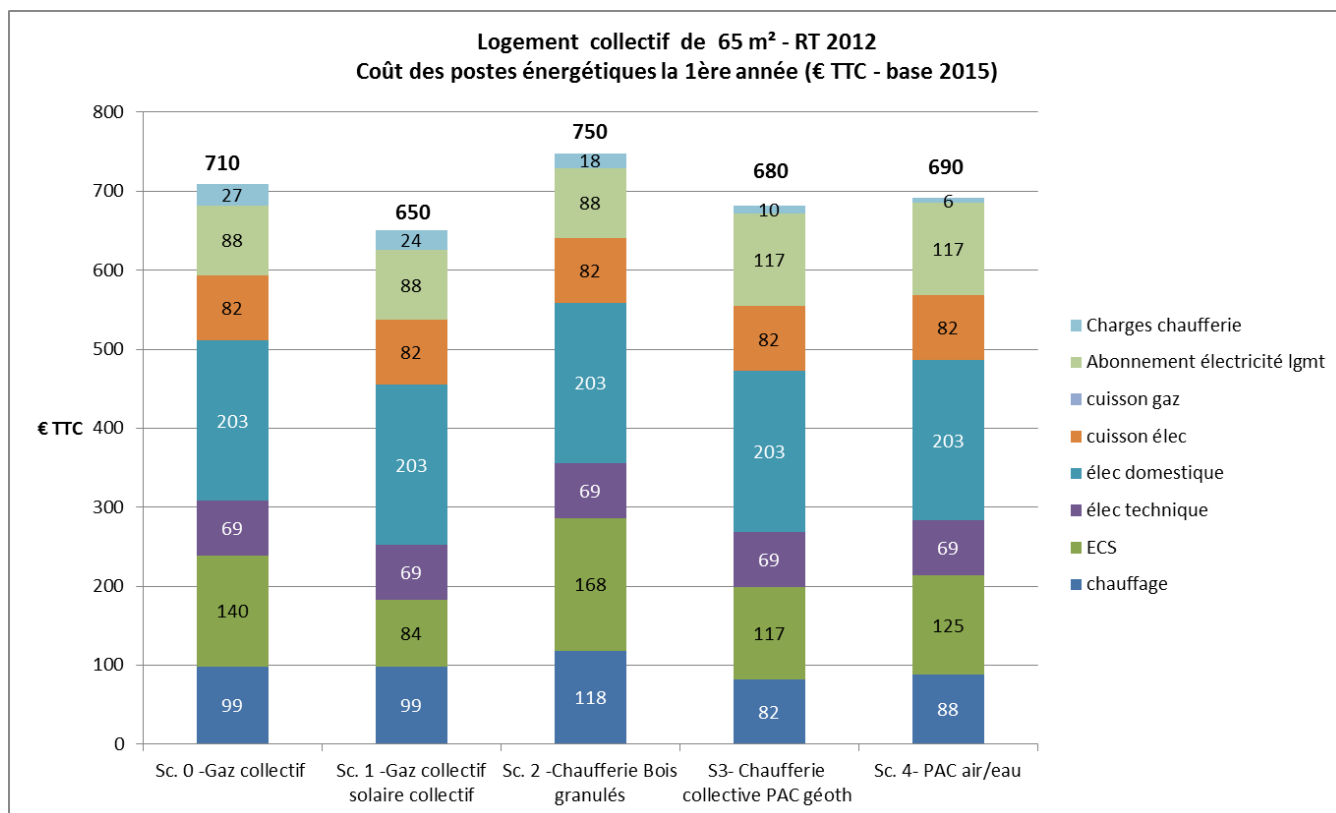


Figure 39: Coût des postes énergétiques la 1<sup>ère</sup> année pour un logement collectif neuf

En fonction du scénario d'approvisionnement en énergie, le coût de fonctionnement d'un logement collectif varie peu : entre 650 € et 750 € TTC la première année. La première année le scénario S1- Gaz + ECS solaire collective est légèrement moins cher que les autres scénarios.

Le graphique suivant présente le détail de la répartition des coûts de fonctionnement annuels TTC pour un **logement individuel dense** de 110 m<sup>2</sup> RT 2012:

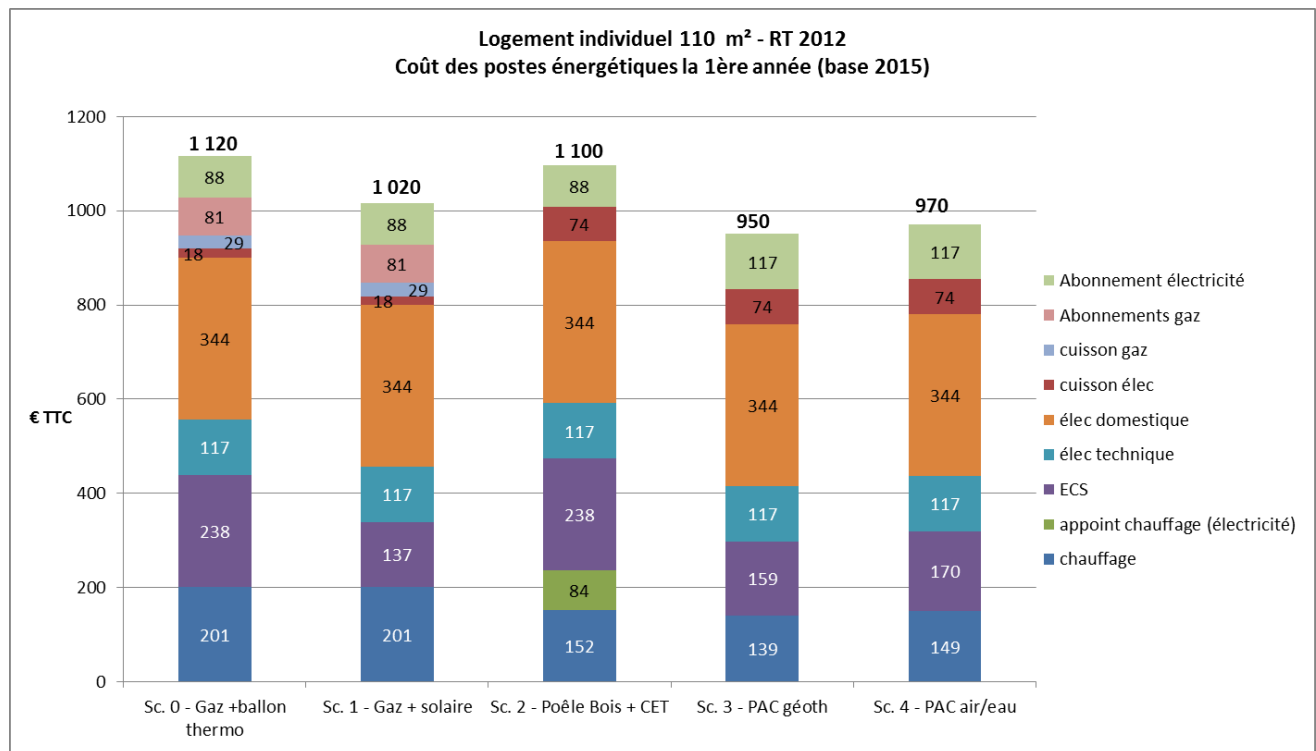


Figure 40: Coût des postes énergétiques la 1ère année pour un logement individuel dense neuf

En fonction du scénario d'approvisionnement en énergie, le coût de fonctionnement d'une maison individuelle groupée ou d'un logement intermédiaire de 110 m<sup>2</sup> se situe entre 950 € et 1 200 € TTC la première année.

NB : la différence de coût pour la production d'ECS entre le S1 et le S2 est liée à l'énergie d'appoint, électricité pour le S0 et gaz pour le S2. En effet, le prix du kilowattheure gaz est bien inférieur au à celui du kilowattheure électrique.

Plusieurs constats peuvent être tirés de ces graphiques :

- A besoins énergétiques identiques, la consommation énergétique varie en fonction des systèmes énergétiques choisis (rendement des systèmes, énergie gratuite grâce au solaire ou récupération de chaleur)
- Les coûts de fonctionnement pour un niveau RT 2012 varient jusqu'à -60 € TTC par an par rapport à une référence à 710 € TTC en logement collectif (abonnements compris) ; jusqu'à -170 € TTC en maison individuelle dense. Le double abonnement gaz+ électricité place les solutions gaz parmi les solutions les moins favorables.
- La première année de fonctionnement les scénarios intégrant une Pompe à chaleur (sur sondes géothermiques ou air/eau) sont les plus économiques, malgré le prix élevé du kWh électrique : en effet une grande partie de l'énergie consommée est gratuite
- La première année de fonctionnement le scénario de référence S0 Gaz + ballon thermodynamique est le plus onéreux en maison individuelle, alors que c'est le scénario 2 Chaufferie bois granulés en logement collectifs.



#### VII.1.4. COMPARAISON DES COÛTS DE FONCTIONNEMENT ACTUALISES SUR 20 ANS

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

La prévision du coût de l'énergie dans les années futures est un exercice difficile. Selon l'ADEME compte-tenu de l'augmentation de la demande, il est envisageable de prévoir une augmentation de 3% du coût de l'énergie hors inflation par an jusqu'en 2020 puis d'observer une croissance exponentielle à partir de cette date.

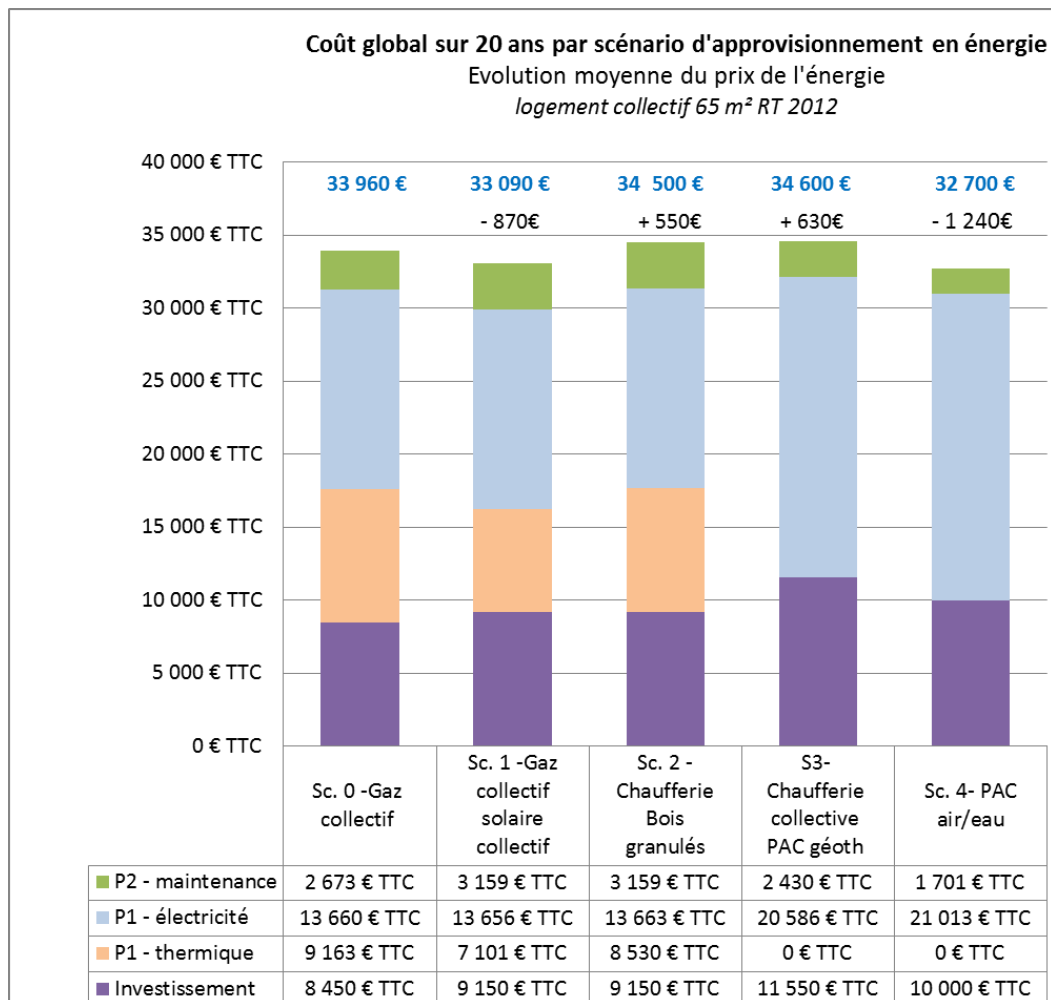
Depuis 5 ans, le coût moyen de l'électricité pour les particuliers a augmenté de 18,6 % soit une moyenne de 3,7 %/an. Les augmentations ont été plus importantes en 2013 et 2014 avec respectivement une augmentation de 6,8 % et 5,6 %/an. (source base de données Pégase, disponible sur le site du ministère du développement durable).

Les taux d'inflation annuels pris en compte sont les suivants :

Energie	Taux d'inflation
Energie fossile	6%
Electricité	4%
Bois	4%
maintenance	2%

### • Logement collectif

Le graphique suivant présente les résultats de l'analyse en coût global, incluant l'investissement initial, sur 20 ans des différents scénarios d'approvisionnement en énergie pour un logement collectif de 65 m²:



En logement collectif, l'analyse sur 20 ans montre des écarts de coût relativement faibles.

L'électricité représente la part la plus importante des coûts de fonctionnement.

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

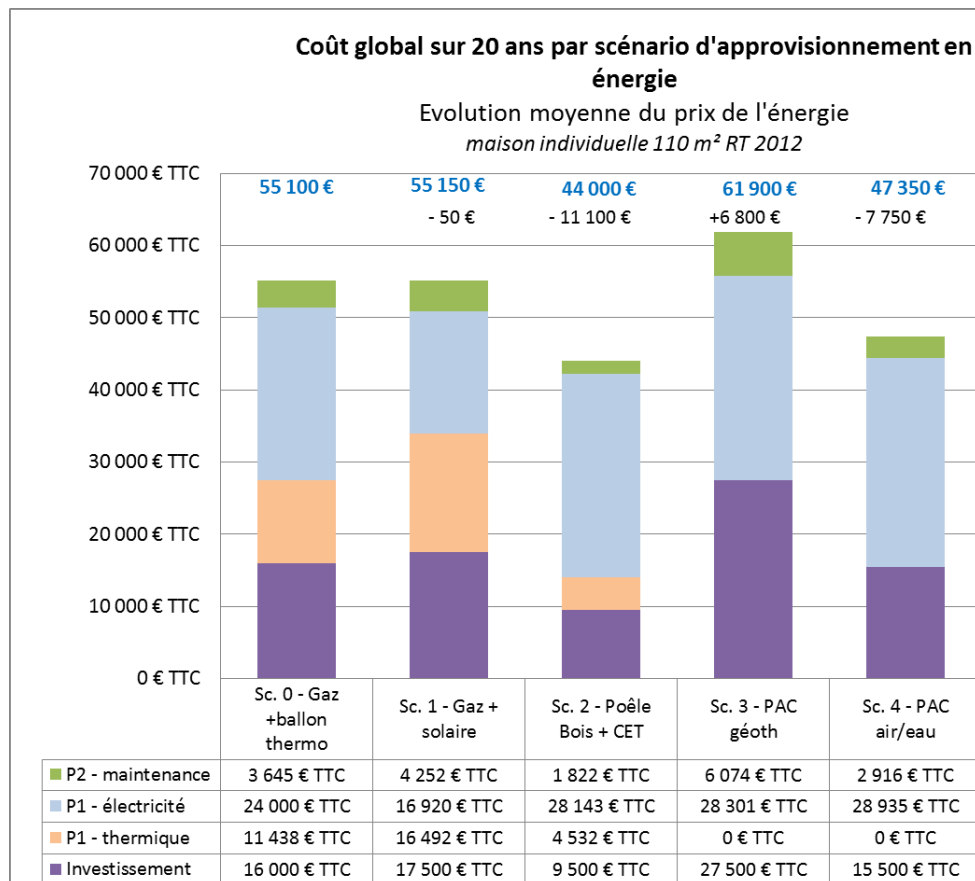
Approche sur le temps de retour :

Par logement	Sc. 0- 100% Gaz	Sc. 1- Gaz + Solaire	Sc. 2- Chauffage Bois granulés	Sc. 3-PAC Géoth	Sc. 4- PAC Air/Eau
<b>Estimation investissement initial systèmes énergétiques (€ TTC)</b>	<b>8 450 €</b>	<b>9 150 €</b>	<b>9 150 €</b>	<b>11 550 €</b>	<b>10 000 €</b>
<b>Ecart coût système / Sc. 0</b>		700 €	700 €	3 100 €	1 550 €
<b>Coût de l'énergie (dont abonnement) la 1<sup>ère</sup> année de fonctionnement</b>	818 € TTC	782 € TTC	875 € TTC	791 € TTC	776 € TTC
<b>Temps de retour brut (TRB)</b>		19 ans	infini	117 ans	37 ans
<b>Temps de retour actualisé – avec inflation (TRA)</b>		13 ans	25 ans	22 ans	16 ans

Figure 41: Approche sur le temps de retour en logement collectif neuf

- **Maison individuelle**

Le graphique suivant présente les résultats de l'analyse en coût global, incluant l'investissement, sur 20 ans des différents scénarios d'approvisionnement en énergie pour une maison individuelle de 110 m<sup>2</sup> :



L'étude du coût global sur 20 ans en prenant en compte l'évolution du prix de l'énergie montre que les scénarios bois granulés et PAC air/eau sont les plus économiques. Ils permettent de dégager entre 7 500 €TTC et 10 840 € TTC d'économie sur 20 ans.

Les scénarios intégrant du gaz sont impactés par la forte augmentation du prix des énergies fossiles.

Le scénraio PAC géothermique est pénalisé par son coût d'investissement et la maintenance.

Approche sur le temps de retour :

Par logement	Sc. 0- 100% Gaz	Sc. 1- Gaz + Solaire	Sc. 2- Chaufferie Bois granulés	Sc. 3-PAC Géoth	Sc. 4- PAC Air/Eau
Estimation investissement initial systèmes énergétiques (€ TTC)	16 000 € TTC	17 500 € TTC	9 500 € TTC	27 500 € TTC	15 500 € TTC
Ecart coût système / Sc. 0		1 500 € TTC	-6 500 € TTC	11 500 € TTC	-500 € TTC
Coût de l'énergie (dont abonnement) la 1 <sup>ère</sup> année de fonctionnement	1 267 € TTC	1 192 € TTC	1 172 € TTC	1 200 € TTC	1 092 € TTC
Temps de retour brut (TRB)		20 ans	0 ans	173 ans	0 ans
Temps de retour actualisé – avec inflation (TRA)		23 ans	0 ans	31 ans	0

Figure 42: : Approche sur le temps de retour en logement individuel dense

Le scénario S2 poêle bois est directement rentable par rapport à la solution de référence Gaz + ballon thermodynamique.

Le scénario S3 PAC sur sondes géothermiques est rentable au bout de 31 ans selon les hypothèses de taux d'inflation prises.

NB : pour un niveau passif, les écarts entre scénarios seraient minisés et les temps de retour plus importants, du fait de la plus faible consommation d'énergie



### VII.1.5. COMPARAISON DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

L'impact sur l'effet de serre de l'opération peut être déterminé en calculant les quantités équivalentes de CO<sub>2</sub> émises par les bâtiments en fonction des énergies utilisées. Les hypothèses permettant de calculer les émissions de CO<sub>2</sub> sont détaillées en Annexe.

Le graphique suivant compare par usage et pour chaque scénario les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> évaluées selon nos hypothèses pour l'ensemble des logements du projet:

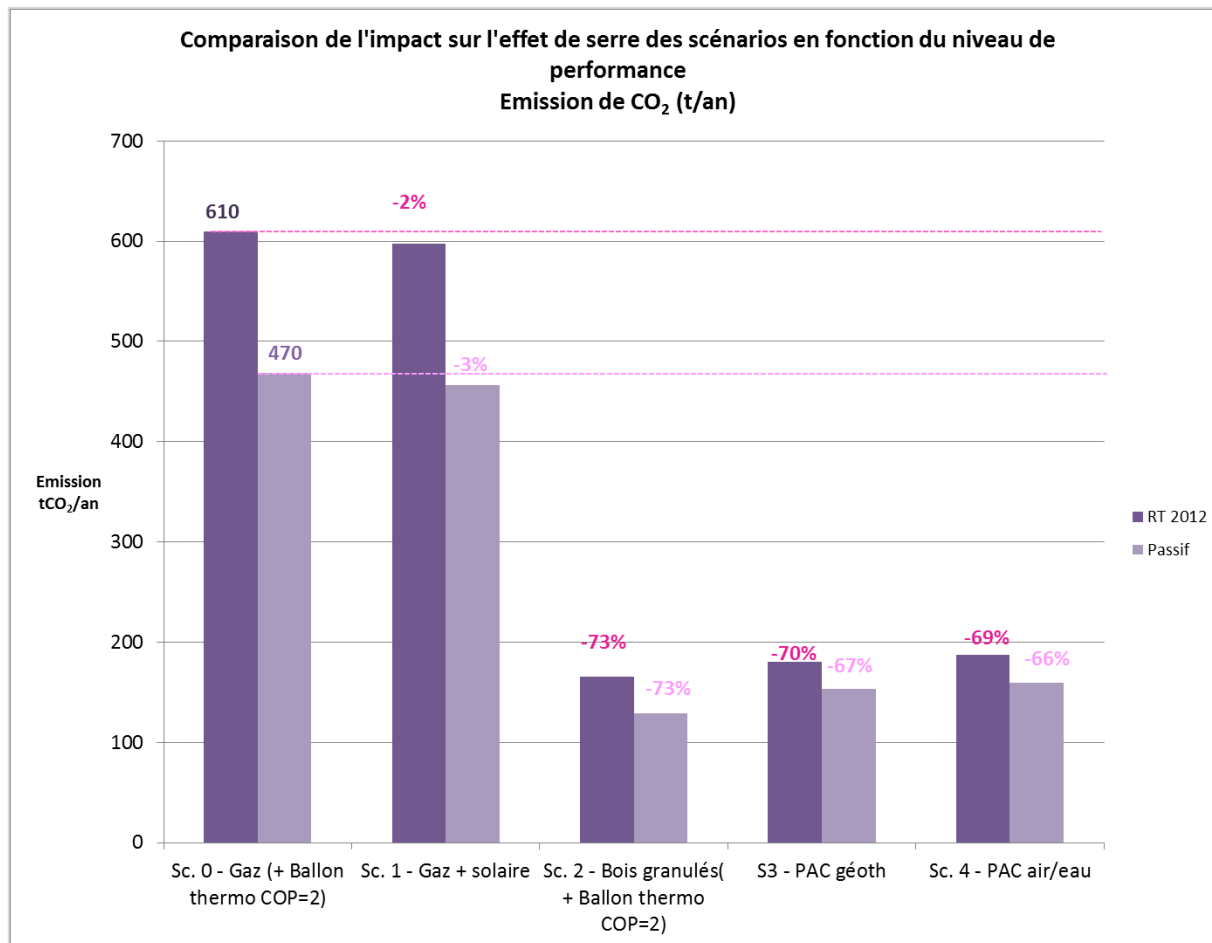


Figure 43: Emissions de CO<sub>2</sub> du projet

Le scénario de référence mobilisant le gaz naturel émettrait près de **610 t de CO<sub>2</sub>/an** pour un niveau RT 2012 et **470 t de CO<sub>2</sub>/an** pour un niveau passif pour l'ensemble des logements du quartier selon nos hypothèses.

Les autres solutions permettent de réduire les émissions jusqu'à **-73% par rapport à la référence**.

L'appoint de la production ECS est électrique pour le scénario 0, uniquement pour les logements individuels (MIG, intermédiaires et MI), alors qu'il est au gaz pour toutes les typologies dans le scénario 1. Bien que le facteur d'émission de CO<sub>2</sub> du gaz naturel soit supérieur à celui de l'électricité (CF. Annexe 5 : Emissions de CO<sub>2</sub> p. 145 ), le scénario 1 est plus émetteur de CO<sub>2</sub> du fait de la proportion importante de logement collectifs pour lesquels la production d'ECS ne bénéficie pas d'apports gratuits.

Les scénarios S2, S3 et S4 sont donc très performants du point de vue de la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

*Il est important de préciser que cette approche n'inclut pas l'impact sur l'effet de serre des éventuelles fuites de fluide frigorigène des pompes à chaleur pour les scénarios 3 et 4. Certains fluides frigorigènes ont un pouvoir de réchauffement climatique plus de 4 000 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub> !*

## **VII.1.6. COMPATIBILITE AVEC LA DEPENDANCE ELECTRIQUE DE LA BRETAGNE**

---

Le dernier élément de comparaison concerne la compatibilité de systèmes étudiés avec la situation de péninsule électrique de la Bretagne.

Le contexte a été décrit dans la première partie de ce rapport.

Le pacte électrique breton fait une recommandation sur l'utilisation de l'électricité :

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

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

### **Extrait du Pacte électrique Breton :**

Il convient donc d'éviter de promouvoir le recours à des systèmes énergétiques mobilisant fortement l'électricité pour les besoins en chauffage et en production d'ECS pour éviter les phénomènes de pointe en hiver.

Cette exigence de cohérence avec le Pacte électrique breton invite à écarter les solutions utilisant les pompes à chaleur, sauf si elles sont installées avec des précautions spécifiques : en relèvement de chaudière pour couvrir les besoins en mi-saison par exemple.

### VII.1.7. SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DES SCÉNARIOS D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE

Les résultats des approches énergétiques, économiques environnementales et en lien avec le contexte régional sont synthétisés de manière qualitative dans les tableaux ci-dessous pour les logements collectifs et individuels :

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés

Scénario étudié	Critère	Faible consommation en Energie finale	Coût d'investissement	Coût de fonctionnement la 1ère année	Coût Global sur 20 ans	Impact sur l'effet de serre	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne
S0 : Gaz							
S1: Gaz + ECS solaire							
S2: Bois granulés							
S3 : PAC géothermie							
S4- PAC air/eau							

Figure 44 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques- logement collectif

Ainsi, pour un logement collectif, les S1 et S2 présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée que le scénario 3, mais aucun scénario ne se détache particulièrement par rapport aux autres.

Scénario étudié	Critère	Faible consommation en Energie finale	Coût d'investissement	Coût de fonctionnement la 1ère année	Coût Global sur 20 ans	Impact sur l'effet de serre	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne
S0 : Gaz + ballon thermodynamique							
S1: Gaz + ECS solaire							
S2: Bois granulés + ballon thermodynamique							
S3 : PAC géothermie							
S4- PAC air/eau							

Figure 45 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques- logement individuel

#### LEGENDE Scénario

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

Dans le cadre du projet, en logement individuel, les S0 et S2 présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée que le scénario 3.

## VIII. PHASE 3 : ETUDE D'OPPORTUNITÉ DE CRÉATION D'UN RESEAU DE CHALEUR ALIMENTÉ PAR LES ENR

---

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

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

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

La fiche réseau de chaleur en annexe p. 137, rappelle la définition du réseau de chaleur, ses avantages et sa prise en compte dans le calcul thermique réglementaire (RT 2012).

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

### Intérêts en milieu rural et en milieu urbain peu dense :

De plus en plus de collectivités souhaitent développer ces réseaux de chaleur, même dans un contexte urbain peu dense.

L'optimisation énergétique n'est alors pas le premier facteur décisionnel.

L'aménagement du territoire, la mobilisation de ressources locales comme le bois énergie, la mise en place de filières économiques locales créatrices d'emploi de proximité et non délocalisables sont quelques-uns de ces facteurs.

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

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

### VIII.1. ETUDE D'OPPORTUNITÉ D'UN RESEAU DE CHALEUR SUR LE SECTEUR

---

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

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

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

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



### VIII.1.1. NOTION DE DENSITE ENERGETIQUE POUR UN RESEAU DE CHALEUR

---

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

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

Le critère généralement admis pour évaluer en première approche l'intérêt d'un réseau de chaleur bois est le coefficient qui représente la quantité d'énergie transportée par un mètre de réseau sur une année, exprimé en kWh/m de réseau de chaleur.

En milieu rural, on considère généralement qu'un **réseau de chaleur peut avoir de l'intérêt à partir de 1 500 kWh/m de réseau et par an**. Par comparaison, la densité minimum des réseaux urbains se situe autour de 8 000 kWh/m et par an.

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

### VIII.1.2. HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS ENERGETIQUES CONSIDEREES

---

Les hypothèses de consommations énergétiques sont issues de l'étude d'approvisionnement en énergie réalisée au paragraphe V.2 p. 51.

### VIII.1.3. ETUDE D'OPPORTUNITE

---

#### A ANALYSE QUALITATIVE

---

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

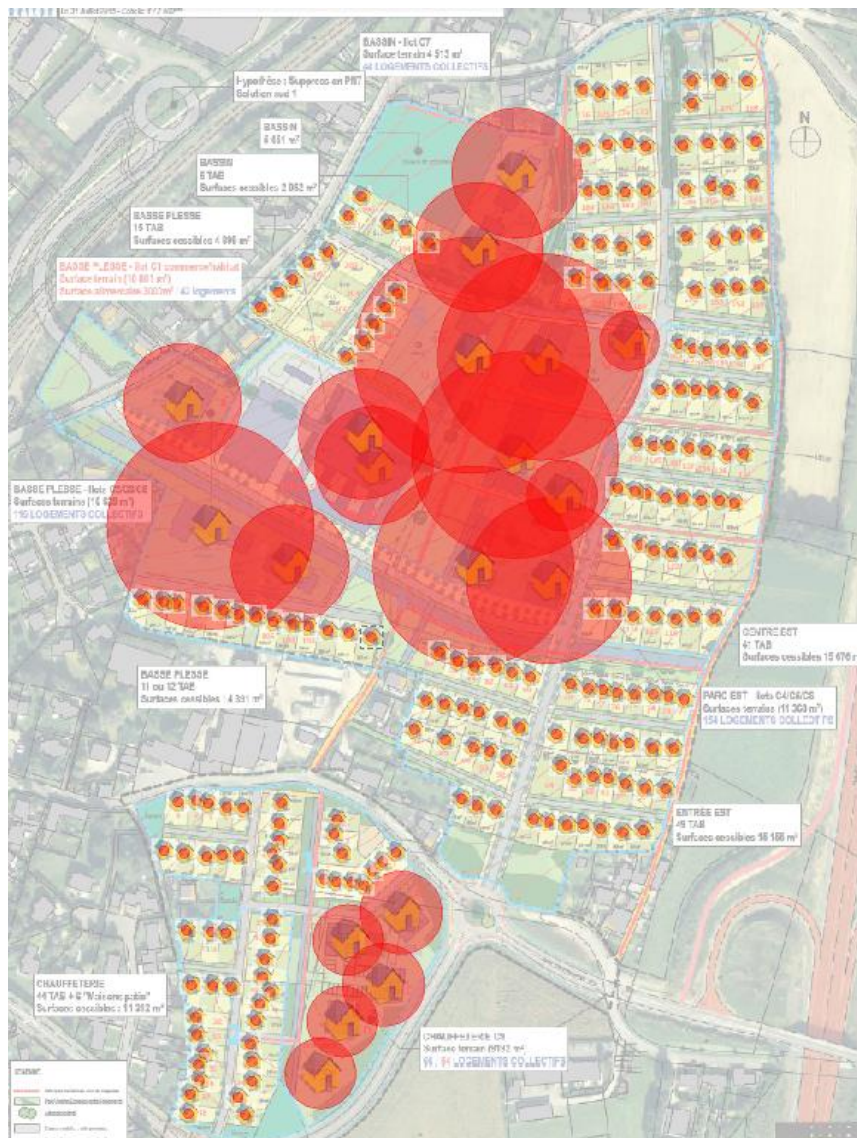


Figure 46: Analyse qualitative du critère de densité énergétique pour un exemple d'implantation

Les cercles ne se chevauchant pas tous, en particulier sur les zones d'habitat individuel. La création d'un réseau de chaleur à l'échelle du quartier n'est donc pas envisageable.

En revanche, plusieurs pôles se distinguent par leur forte densité énergétique : autour des bâtiments de logements collectifs et intermédiaires.

Plusieurs configurations de micro-réseau autour de ces pôles de densité énergétique sont étudiées.

**Réseau A:**  
Densité = 2 295 kWh/ml.an

**Réseau B1:**  
Densité = 1 060 kWh/ml.an

**Réseau B:**  
Densité = 1 390 kWh/ml.an

**Réseau C1:**  
Densité = 1 680 kWh/ml.an

**Réseau C:**  
Densité = 1 350 kWh/ml.an

**Réseau C2:**  
Densité = 2 060 kWh/ml.an

**Réseau D:**  
Densité = 810 kWh/ml.an

**Réseau D1:**  
Densité = 1 260 kWh/ml.an

Map labels include: Bassin - lot 27, Surface terrain 4 913 m², 44 LOGEMENTS COLLECTIFS; Hypothèque Cassegrain 170, Surface cad 1; Bassin 5401 m²; Bassin 5 TAB, Surface terrain 2 862 m²; DAGE PLEDGE, 18 TAB, Surface terrain 5 899 m²; (E - lot C1 communautaire); CASSEGRAIN, 11 TAB, Surface terrain 4 281 m²; CENTRE DE 41 TAB, Surface terrain 10 154 LOGEMENTS COLLECTIFS; PARC EST - lots C41, Surface terrain 11 54 LOGEMENTS COLLECTIFS; ENTRÉE EST, 40 TAB, Surface terrain 15 155 m²; Surface terrain 14 212 m².

Les configurations de réseaux montrant des densités plus faibles mais relativement élevées pourraient également montrer un intérêt sur la base d'autres critères : réseau B-1 **390 kWh/ml/an** ; réseau C-1 **350 kWh/ml/an** ; réseau D1 **1 260 kWh/ml/an**.



Intégration des équipements existants :



Le site d'étude est trop éloigné des équipements existants de la commune pour envisager un réseau de chaleur alimentant ces équipements et le nouveau quartier.

Ainsi, l'intérêt de créer des chaufferies mutualisées autour de bâtiments collectifs est confirmé. Plusieurs micro-réseaux pourraient être créés à l'échelle d'îlot de bâtiments de logements collectifs (une chaufferie mutualisée dans un bâtiment, desservant des sous-stations dans les bâtiments voisins).



## IX. PROSPECTIVE : PISTES DE MESURES COMPENSATOIRES

### IX.1. PRINCIPE DE LA COMPENSATION CARBONE

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

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

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

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

Cette démarche, peut s'envisager de deux manières :

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

#### IX.1.1. COMPENSATION CARBONE VOLONTAIRE

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

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

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

*Concrètement, la compensation consiste à **mesurer** les émissions de gaz à effet de serre générées par une activité (transport, chauffage, etc.) puis, après avoir cherché à **réduire** ces émissions, à **financer** un projet de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de séquestration du carbone : énergie renouvelable, efficacité énergétique ou de reboisement, qui permettra de réduire, dans un autre lieu, un même volume de gaz à effet de serre. Le principe sous-jacent étant qu'une quantité donnée de CO<sub>2</sub> émise dans un endroit peut être « compensée » par la réduction ou la séquestration d'une quantité équivalente de CO<sub>2</sub> en un autre lieu. Ce principe de « **neutralité géographique** » est au cœur des mécanismes mis en place par le Protocole de Kyoto.*

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

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

### IX.1.2. COMPENSATION CARBONE PAR DES ACTIONS LOCALES

---

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

Ce sont ces actions que nous nous proposons de développer dans la partie suivante.

## IX.2. PROPOSITION DE MESURES COMPENSATOIRES :

---

### IX.2.1. PRODUCTION LOCALE D'ELECTRICITE

---

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

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

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

Nous avons déterminé au paragraphe IV.3 la quantité d'électricité productible par panneaux solaires photovoltaïques par rapport à la surface de toiture disponible.

Le tableau suivant rappelle les résultats :

	Electricité MWh
<b>Production annuelle</b>	750
<b>Part de la consommation pour un niveau RT 2012 Electricité technique et domestique</b>	40%

Ainsi, la surface de toiture disponible ne permettrait de couvrir que 40% des consommations d'électricité spécifique (technique et domestique) hors chauffage et ECS. Pour les scénarios d'approvisionnement en énergie faisant appel à l'électricité pour le chauffage et l'ECS (PAC, CET, etc.), la couverture des besoins d'électricité sera donc forcément inférieure à 50%.

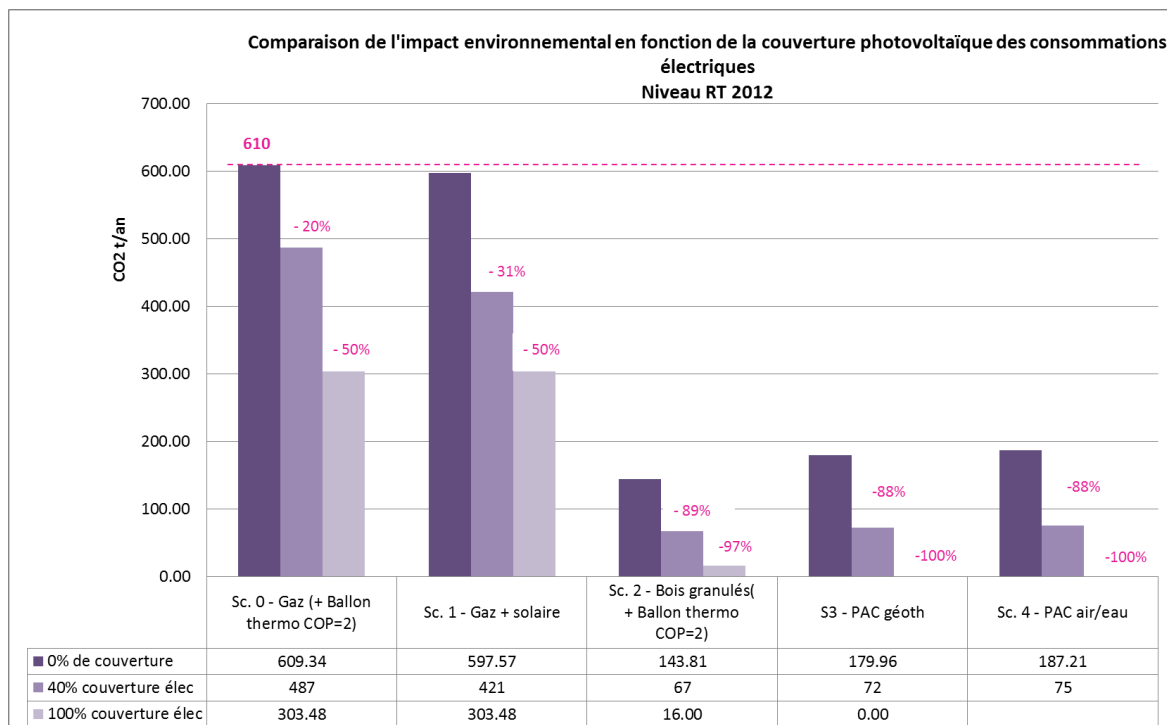
Quel que soit le scénario d'approvisionnement en énergie, la surface disponible par bâtiment ne sera pas suffisante à couvrir 100% des consommations électriques de l'opération. Il faudrait donc envisager une production hors bâtiment, par exemple sur des ombrières de parking, ou sur les bâtiments existants.



Figure 47: Ombrière photovoltaïque

### Impact sur les émissions de gaz à effet de serre

Le graphique suivant présente les émissions de gaz à effet de serre en fonction du scénario d’approvisionnement en énergie et du taux de couverture photovoltaïque :



La couverture de 40% des consommations électrodomestiques a un impact relativement faible sur les émissions de gaz à effet de serre.

## IX.2.2. STOCKAGE DE CARBONE : PLANTATION DE BIOMASSE

### A PREAMBULE

Le cycle du carbone implique la biomasse comme capteur de carbone par excellence : en effet, la photosynthèse permet aux plantes de capter du CO<sub>2</sub> le jour pour assurer leur croissance. De fait, la plantation de biomasse et notamment d'arbres est une piste permettant de stocker du carbone :

- **à long terme à l'échelle d'une vie humaine** puisque les arbres ont une durée de vie d'environ 80 ans dans le cadre d'une exploitation forestière ;
- **à très court terme à l'échelle de la planète** puisque la décomposition de la biomasse réalimente le cycle du carbone en libérant le CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ou en le restockant dans le sol.

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

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

- incertitudes sur les valeurs considérées pour le stockage de carbone en fonction des latitudes, des types de peuplement, des circonstances climatiques ;
- risque de stockage de CO<sub>2</sub> en cas de canicule par exemple ;
- adéquation des essences d'arbres à planter avec le contexte local (pas d'arbres très demandeurs en eau en Afrique par exemple).

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

### B HYPOTHESES DE CALCUL

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

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

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

La quantité de carbone stockable par un ha de forêt décrit ci-dessus s'échelonne de **1 à 10 tC/ha/an, soit de 3,6 à 36 tCO<sub>2</sub>/ha/an**.

Nous avons considéré dans cette étude un **potentiel de stockage de 5 tC/ha/an soit 18,5 tCO<sub>2</sub>/ha/an**.



## C SIMULATION DE LA SURFACE BOISEE CORRESPONDANTE

Le graphique ci-dessous présente, pour chacun des trois scénarios, la surface boisée permettant de compenser les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> générées par les logements de l'opération.

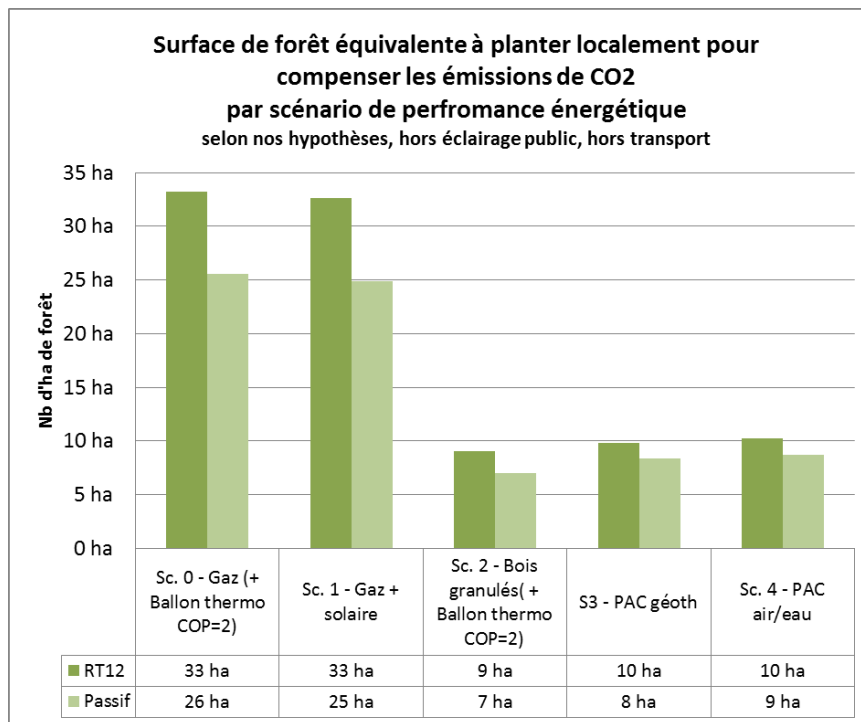


Figure 48 : Calcul de la surface boisée nécessaire en mesure compensatoire

Le scénario de référence nécessiterait donc, selon nos hypothèses, près de 33 ha de forêt en mesure compensatoire pour le niveau RT 2012, soit 1,7 fois la superficie du site, et 26 ha pour le niveau PASSIF.

Le scénario intégrant le bois nécessiterait la plantation de 9 ha, soit une diminution de 73%.

## **X. L'ECLAIRAGE PUBLIC**

---

### **X.1. ROLES DE L'ECLAIRAGE PUBLIC**

---

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

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

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

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

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

### **X.2. ENJEUX POUR UN PROJET D'AMENAGEMENT**

---

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

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

En effet, l'utilisation excessive de la lumière artificielle pourra d'une part être importune (gêne visuelle à laquelle on ne peut se soustraire, halos lumineux, lumière intrusive dans les propriétés privées), d'autre part représenter une perte d'énergie que l'on peut facilement traduire en termes d'équivalents CO<sub>2</sub> consommés, et donc d'impact sur l'effet de serre.

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

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

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

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

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

### X.3. QUELQUES PRECONISATIONS

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

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

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

#### 1. Etat des lieux

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

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

#### 2. Points lumineux

Déterminer le nombre de points lumineux et la hauteur de mat adaptés au classement des voies et au contexte urbain  
Augmenter de l'interdistance entre les mâts grâce à des optiques adaptées tout en conservant une bonne uniformité d'éclairage.

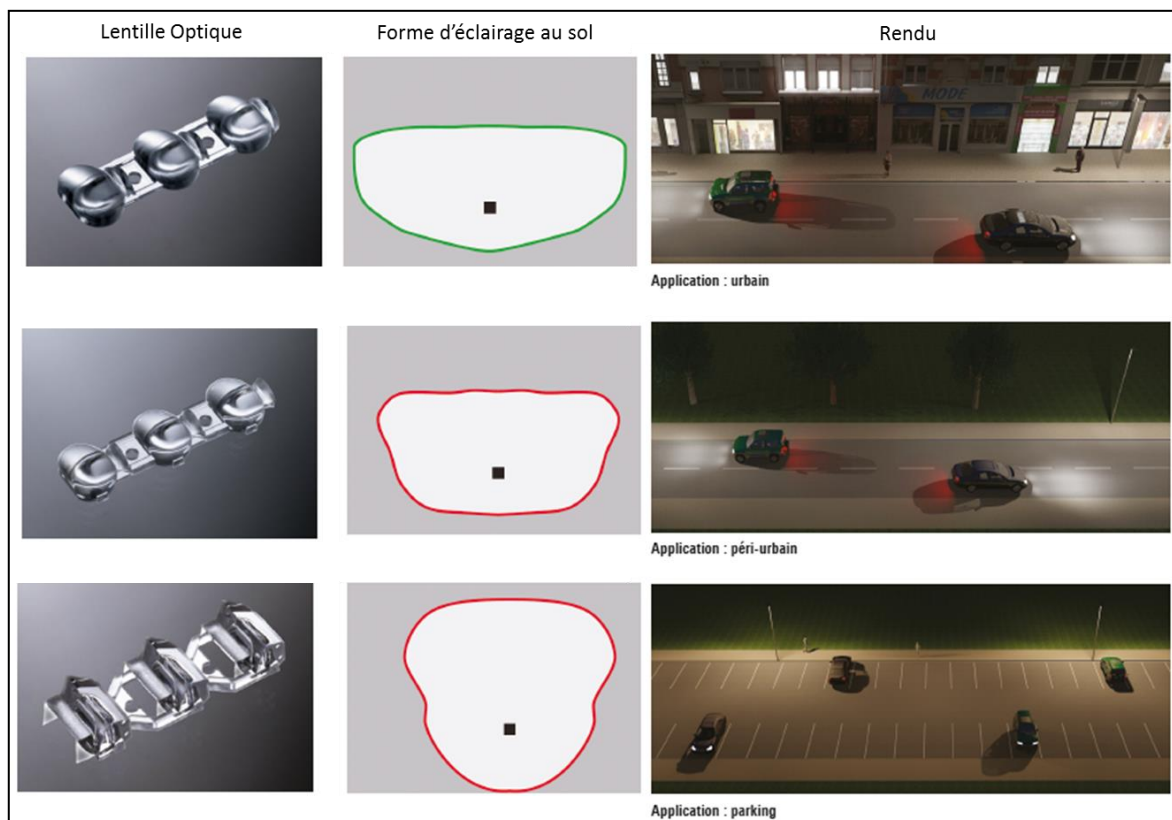


Figure 49: Exemple d'optiques (Source We-ef)

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

### 3. Type de lampe

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

### 4. Luminaire

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

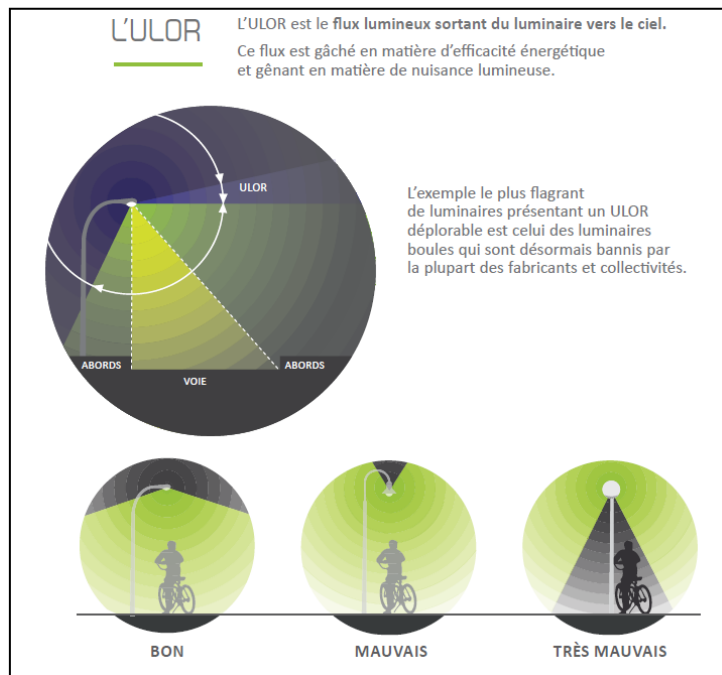


Figure 50: Illustration de l'ULOR (Source: Charte EP SDE35)

### 5. Lanternes

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

### 6. Ballasts d'allumage

Préférer les ballasts électroniques à longue durée de vie.

### 7. Puissance électrique spécifique

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

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

### 8. Heures de fonctionnement

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

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

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

### 9. Consommation d'énergie

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

### 10. Electricité renouvelable

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

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

### 11. Etablir un plan de maintenance

### 12. Faire réaliser une étude d'éclairage



## X.4. CONSOMMATION ENERGETIQUE ATTENDUE POUR L'ECLAIRAGE PUBLIC

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

Les tableaux ci-dessous détaillent les consommations énergétiques d'éclairage public attendues ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> qui y sont liées pour chaque hypothèse :

Equipement de base		
Linéaire de réseau d'éclairage public (ml)		
Voie principale	1160	
voie secondaire	1650	
<b>Total</b>	<b>2 810</b>	
Consommations estimées kWh		
Voie principale	15 250	
voie secondaire	10 850	
<b>Total</b>	<b>26 100</b>	
Emissions de CO2 (tCO2/an)		
Voie principale	1.52	58%
voie secondaire	1.08	42%
<b>Total</b>	<b>2.6</b>	

Systèmes LED		
Linéaire de réseau d'éclairage public (ml)		
Voie principale	1160	
voie secondaire	1650	
<b>Total</b>	<b>2 810</b>	
Consommations estimées kWh		
Voie principale	5 600	
voie secondaire	6 400	
<b>Total</b>	<b>12 000</b>	
Emissions de CO2 (tCO2/an)		
Voie principale	0.56	47%
voie secondaire	0.64	53%
<b>Total</b>	<b>1.2</b>	

Pour un linéaire Total de **2 810 m** de voiries éclairées, la consommation énergétique prévisionnelle serait de **26 100 kWh/an** en équipement de base et **12 000 kWh/an** en LED. Ce qui correspond à un coût annuel estimé entre **3 900 et 1 800 € TTC** pour la collectivité. Les systèmes LED permettent une économie d'énergie de **63 %** par rapport à un équipement de base.

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

Les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> estimées seraient de **2,6 t/an** en équipement de base et **1,2 t/an** en LED.

Pour plus d'informations :

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

## **XI. 1<sup>ERE</sup> APPROCHE SUR LES TRANSPORTS ET L'ENERGIE GRISE DES MATERIAUX**

---

### **XI.1.1. TRANSPORTS**

---

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

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

La situation du quartier e à proximité immédiate du centre bourg et de la gare est un véritable atout pour faciliter les déplacements doux.

#### **A POLLUTION LIEE AUX VEHICULES A MOTEUR**

---

Les véhicules motorisés sont sources d'émissions polluantes telles que des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CO...), du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), des oxydes d'azote, des hydrocarbures et des particules.

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

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

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

#### **B PROPOSITIONS POUR LIMITER L'IMPACT DES TRANSPORTS**

---

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

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

## C EVALUATION DE L'IMPACT DES TRANSPORTS

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

### HYPOTHESES DE COMPOSITION DU PARC AUTOMOBILES DU FUTUR QUARTIER :

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

### HYPOTHESES RELATIVES AUX DISTANCES PARCOURUES

Le nombre de véhicule par logement a été fixé de la manière suivante :

- Collectifs et intermédiaires : 1.5 véhicule par logement
- Individuels groupés et lots libres : 2 véhicules par logement

Le tableau suivant présente les hypothèses relatives au nombre de véhicules liés aux habitants du futur quartier :

Typologie des logements	superficie (ha)	Nombre de logements	Nombre de voiture par logement	Total véhicules individuels
<b>ZAC La Plesse Chauffeterie</b>	<b>21.00</b>	<b>633</b>		<b>1056</b>
<i>Collectifs &amp; semi-collectifs</i>		<i>421</i>	<i>1.5</i>	<i>632</i>
<i>Individuels- lots libres</i>		<i>212</i>	<i>2.0</i>	<i>424</i>

Figure 51: Hypothèses de nombre de véhicules

Les hypothèses de distances parcourues sont les suivantes :

- 50% des trajets quotidiens correspondent à des déplacements dans le bourg à pied ou à vélo
- 50% des trajets quotidiens sont vers le lieu de travail avec en moyenne 14 km aller-retour (d'après l'Observatoire Régional des Transports de Bretagne, la distance moyenne domicile travail en Bretagne est de 7 km)

Soit au total 14 780 km parcourus par jour par l'ensemble des véhicules du quartier.

ESTIMATION DES EMISSIONS ANNUELLES

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

Polluant	Unité	Emissions
Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	kg	<b>1 030</b>
Monoxyde de carbone (CO)	kg	<b>5 700</b>
Hydrocarbures (HC)	kg	<b>190</b>
HC + NO <sub>x</sub>	kg	<b>1 960</b>
Particules (PM)	kg	<b>190</b>
Particules (P)*	kg	<b>0</b>
Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	kg	<b>1</b>
Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>	t	<b>830</b>

Figure 52: Emissions annuelles polluantes du parc automobile de l'opération

Pour un nombre total de 1 056 véhicules particuliers, les émissions annuelles dues aux transports seraient de 1 030 kg d'oxyde d'azote, 5 700 kg de monoxyde de carbone, 190 kg d'hydrocarbures, 1960 kg de (particules et oxydes d'azotes), 190 kg de particules et **830 tonnes de CO<sub>2</sub>**.



## XI.1.2. ENERGIE GRISE DES MATERIAUX

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

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

### A MATERIAUX DE VOIRIE

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

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

Deux stratégies complémentaires peuvent néanmoins être engagées :

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

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

### B MATERIAUX DE CONSTRUCTION

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

Lots de construction	Propositions
Couverture	Ardoises naturelles produites en France
Bois de charpente	Bois européen (pas de bois exotiques)
Isolant	Fibre de bois, fibres de chanvre, ouate de cellulose, fibres textiles recyclées, liège
Gros œuvre	Ossature bois ou maçonnerie à faible énergie grise, terre crue, paille
Menuiseries extérieures	Bois ou mixte bois/alu
Revêtements de sol	Caoutchouc, linoléum naturel, terre cuite

Figure 53 : Propositions pour le recours à des matériaux à faible énergie grise dans les bâtiments

Ces préconisations permettent généralement d'aller dans le sens d'une meilleure qualité de l'air intérieur si des prescriptions sur les niveaux de COV pour les colles, les solvants, les peintures y sont associées.

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

**XII.****SYNTHESE DES AVANTAGES ET CONTRAINTES DES ENERGIES RENOUVELABLES ETUDIEES**

Préconisations	Avantages	Contraintes	Impact environnemental
<b>0- Solaire passif</b>	Faible coût car intégré à la conception du bâtiment.	Favoriser une orientation nord/sud et prendre en compte les ombres portées.	Impact environnemental le plus faible : pas de technique, simplicité des principes, durabilité optimale car directement liée au bâti. Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
<b>1 - Solaire thermique</b>	Permet de réduire la consommation d'énergie fossile de manière efficace. Positionnement clair du quartier vis-à-vis de l'extérieur (le solaire thermique se voit !).	Investissement parfois élevé, notamment sur les lots individuels. Etude spécifique sur les collectifs pour assurer un dimensionnement optimal.	Impact environnemental très faible de cette solution. Peu de consommation énergétique pour son fonctionnement, peu d'impact lié à la production des composants du système, durée de vie importante, proche de la durée de vie du bâtiment. Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où l'utilisation de solaire « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
<b>2- Récupération d'énergie sur les eaux usées</b>	Faible coût, installation simple	Production d'ECS collective	Bilan comptable « négatif » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (au sens où la récupération de chaleur « retire » du carbone – le bilan environnemental est donc positif).
<b>3- Chauffage bois collective</b>	Chaufferie collective par bâtiment : fonctionnement et gestion mutualisés. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz. <u>Modulation du Cepmax de la RT 2012</u>	Surface nécessaire pour une chaufferie collective. Frais de maintenance plus élevés que le gaz.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
<b>4 - Réseau de chaleur bois</b>	Solution qui permet de produire la quasi-totalité des besoins en chauffage et ECS des bâtiments collectifs à partir d'énergies renouvelables. Prix du bois moins inflationniste que celui du gaz. <u>Modulation du Cepmax de la RT 2012</u>	Investissement plus lourd, organisation juridique à mettre en œuvre pour la répartition ou la revente de chaleur. Rentabilité à calculer dans le cadre d'une étude d'approvisionnement en énergie.	Bilan comptable « neutre » sur la concentration en CO <sub>2</sub> de l'atmosphère (la combustion du bois n'ajoute pas de carbone lorsque les forêts sont replantées, ce qui est le cas en France).
<b>5 - Solaire photovoltaïque</b>	Production d'énergie verte locale. Positionnement clair du quartier vis-à-vis de l'extérieur (le solaire photovoltaïque se voit !). Rentabilisation par le rachat de l'énergie.	Investissement important. Attention à ne pas négliger la performance énergétique des bâtiments au profit de l'investissement en photovoltaïque.	Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la production d'électricité verte.

## XII- Synthèse des avantages et contraintes des énergies renouvelables étudiées

Préconisations	Avantages	Contraintes	Impact environnemental
<b>6- PAC Géothermie</b>	Récupération d'énergie dans le sol	Investissement important, forages	Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la récupération d'énergie. Impact négatif des fuites de fluides frigorigènes sur l'effet de serre Impact négatif sur la pointe de puissance électrique
<b>7- PAC eau</b>	Récupération d'énergie dans l'eau		Réduction de l'impact environnemental de l'ensemble de l'opération par la récupération d'énergie. Impact négatif des fuites de fluides frigorigènes sur l'effet de serre Impact négatif sur la pointe de puissance électrique
<b>8- Micro éolien</b>	Production d'électricité verte Visibilité	Investissement important, productivité dépendante du régime de vent et de l'exposition au vent, souvent faible en milieu urbanisé	Réduction de l'impact environnemental lié à la consommation d'électricité Diminution du Pic électrique



### XIII. PROPOSITIONS D'ACTIONS SPECIFIQUES LIEES A L'ENERGIE

Ce paragraphe propose des actions spécifiques liées à l'énergie.

Elles pourront par exemple être intégrées aux critères de sélection de l'aménageur ou des promoteurs, au cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales ou aux actes de cession de terrain de la ZAC.

Au stade création, le niveau de précision du projet ne permet pas encore de se positionner concrètement sur tous les points. Néanmoins, pour ce projet de ZAC à Betton, le volet énergie est abordé en amont, au début des études préalables à la mise au point du dossier de création.

Ainsi certaines mesures liées à l'énergie sont déjà effectuées et d'autres prévues.

Le Tableau suivant décrit l'ensemble des mesures par degré de volontarisme croissant qui pourraient être mise en œuvre et détaille celles mise en place (**en vert**) ou prévues (**en bleu**) sur le projet :

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
<b>BATIMENTS</b>					
<b>1-Réaliser des Bâtiments économes en énergie</b>	Information et sensibilisation des acteurs du projet pour aboutir à un plan d'aménagement en cohérence avec les objectifs énergétiques	+	<b>Mesure effectuée</b> Le volet énergie a été abordé dès la phase diagnostic et fait l'objet de présentations spécifiques en réunion	<u>Phase création</u> : réunions, note de travail, plan d'orientation <u>Phase réalisation</u> : Plan d'aménagement, cahier des prescriptions	Vérification du plan d'aménagement
	Plan de composition favorable aux apports solaires : permettant que les ouvertures principales soient orientées au Sud (+/- 20°) et limitant les ombres portées	+	<b>Mesure effectuée</b> Travail en concertation avec l'urbaniste et l'équipe de maîtrise d'œuvre pour optimiser le plan de composition	<u>Phase création</u> : réunions, note de travail, plan d'orientation <u>Phase réalisation</u> : Plan d'aménagement, cahier des prescriptions	Vérification du plan d'aménagement (nombre de lots orientés Nord-Sud) et cahier des prescriptions
	Définir un niveau de performance énergétique, par exemple : <ul style="list-style-type: none"> <li>Exigence réglementaire : la RT 2012 l'impose</li> <li>Niveau RT 2012-XX% progressif par phase de l'opération</li> <li>Niveau passif sur un îlot</li> <li>Niveau positif sur un îlot</li> </ul>	-  +  ++  +++	<b>Mesure en réflexion</b> La collectivité s'engage à réaliser un îlot à énergie passive. Cette mesure sera approfondie en phase réalisation  Les services instructeurs doivent contrôler la conformité au dépôt de	<u>Phase création</u> : la ville de Betton s'est engagée à : - sensibiliser les riverains, les potentiels futurs acquéreurs et les acteurs de la construction sur le volet énergie, notamment à travailler la mise en place d'un lieu d'échange et d'exposition	Attestation RT 2012 Etude RT 2012 Etudes spécifiques (PHPP , etc.) Labels (Effinergie +, BEPOS, etc.)

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
			PC et à l'achèvement des travaux.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en place un accompagnement spécifique sur l'énergie auprès des futurs acquéreurs</li> <li>- réfléchir à l'intégration d'exigences spécifiques sur le niveau de performance des bâtiments</li> <li>-réaliser un îlot Passif (2 bâtiments de logements collectifs, environnement 60 logements)</li> </ul> <p><u>Phase réalisation :</u></p> <p>Positionnement de la collectivité sur les exigences à respecter</p> <p>Traduction dans le cahier des prescriptions</p> <p>Accompagnement des maîtres d'ouvrages (BE, EIE etc.)</p>	
<b>2-Encourager l'usage des énergies renouvelables</b>	<p>Recours à une énergie renouvelable obligatoire pour la production du chauffage ou de l'eau chaude sanitaire:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-pour les maisons individuelles ou accolées (Cf RT 2012)</li> <li>-pour les logements collectifs :</li> </ul> <p>étude d'approvisionnement en énergie qui devra au minimum étudier la production d'eau chaude solaire centralisée et la production centralisé du chauffage au bois énergie</p> <p>ou</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Logements collectifs: imposer une ENR, solaire ou</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>-</li> <li>+</li> </ul>	<p>Rappel : Exigence RT 2012 pour les maisons individuelles ou accolées (5 solutions qui incluent le solaire photovoltaïque): l'idée est de privilégier l'usage des ENR pour les besoins en chauffage et en ECS avant la production d'électricité</p> <p>Etude d'approvisionnement en énergie pour SHON&gt; 50m² : cf. décret 2013-979 du 30 octobre 2013</p> <p><b>Mesure en réflexion</b></p> <p>La collectivité s'engage à renforcer</p>	<p><u>Phase création</u> : la ville de Betton s'est engagée à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- encourager le recours aux énergies renouvelables pour les logements collectifs, notamment en locatif social</li> <li>- une réflexion sera menée lors du découpage des lots afin de favoriser la mutualisation de chaufferie (regroupements des bâtiments proches dans un même lot)</li> <li>- Informer sensibiliser : mise en place d'un accompagnement spécifique sur</li> </ul>	Vérification à l'instruction du PC

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
	bois -Logements collectifs: réseau de chaleur à l'ilot (bois par exemple)	++	les exigences réglementaires sur les bâtiments collectifs (par exemple en imposant des scénarios de solutions centralisées à l'étude d'approvisionnement ou en imposant le recours à une énergie renouvelable)	l'énergie auprès des futurs acquéreurs - les logements collectifs sont regroupés pour accentuer l'opportunité de créer des chaufferies collectives  <u>Phase réalisation :</u> Positionnement de la collectivité sur les exigences à respecter Traduction dans le cahier des prescriptions Accompagnement des maîtres d'ouvrages recommandé (BE, EIE etc.)	
	Faire réaliser des sondages pour mettre en évidence la présence d'éventuelles nappes en sous-sol et la possibilité de développer un système de PAC sur nappe phréatiques ou sur sondes géothermiques	+	Cette mesure peut être réalisée en phase création ou réalisation. En fonction des résultats, si un potentiel intéressant est mis en évidence, la collectivité pourra informer ou imposer le recours à la géothermie (CF. Objectif 2)		Résultat des sondages
	Promouvoir le recours à des fournisseurs d'électricité issue de ressources renouvelables			<u>Phase création :</u> engagement de la collectivité à promouvoir l'électricité verte <u>Phase réalisation :</u> Positionnement de la collectivité sur les modalités de promotion : -Traduction dans le cahier des	

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
				prescriptions -Sensibilisation et information des futurs habitants en partenariat avec l'agence locale de l'énergie (ALEC)	
	Prévoir la possibilité d'utiliser du bois ( accès, espace de stockage.		<b>Mesure en réflexion</b> La nécessité de prévoir ou de rendre possible la livraison de bois énergie (desserte + stockage) est connue des concepteurs	<u>Phase création :</u> Sensibilisation des acteurs du projet (réalisée) <u>Phase réalisation :</u> Plan d'aménagement : desserte des parcelles, espace de stockage approprié Cahier des prescriptions Sensibilisation et information des futurs habitants	Vérification du plan d'aménagement et cahier des prescriptions
<b>3-Minimiser les appels de puissance sur le réseau électrique en hiver pour le chauffage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Informer sur le Pacte électrique breton</li> <li>- Pompes à chaleur autorisées uniquement en relève de chaudière.</li> <li>- Interdire les PAC air/air et air/eau</li> <li>- Chauffage électrique comme solution de chauffage interdit sauf si la consommation conventionnelle en <u>énergie finale</u> est inférieure à 15 kWh/m²/an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>+</li> <li>++</li> <li>+++</li> </ul>	Les solutions utilisant uniquement l'électricité comme énergie pour le chauffage et la production d'ECS contribuent à fragiliser le réseau de distribution d'électricité breton	<u>Phase création :</u> Sensibilisation des acteurs du projet (réalisée) La collectivité s'engage à informer sur le Pacte électrique Breton et limiter le recours aux PAC air/air. Par exemple en autorisant le recours à ce type de système que sous certaines conditions (niveau de performance énergétique du bâtiment très élevée, niveau de performance énergétique du système (COP) minimum à respecter) La collectivité réfléchira également sur les moyens de limiter le recours au chauffage électrique.	Vérification du plan d'aménagement et cahier des prescriptions Vérification à l'instruction du PC



### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
				<u>Phase réalisation :</u> Traduction dans le cahier des prescriptions Accompagnement par des spécialistes	
<b>4- Réduire l'énergie grise des matériaux utilisés</b>	- Energie grise: recommander sans imposer ou interdire - Conseiller l'usage de matériaux biosourcés - Interdire l'usage du PVC pour les menuiseries - Imposer l'usage de matériaux biosourcés pour l'isolation/les menuiseries	- + ++ +++		<u>Phase création :</u> La collectivité s'engage à recommander l'usage de matériaux biosourcés et à faible énergie grise <u>Phase réalisation :</u> Positionnement de la collectivité en faveur de la réduction de l'énergie grise du projet Traduction dans le cahier des prescriptions Accompagnement par des spécialistes	
<b>TRANSPORTS ET VOIRIES</b>					
<b>5-Faciliter l'usage des transports en commun et des modes de transport doux</b>	Prévoir des arrêts de bus au cœur ou à proximité immédiate du nouveau quartier sur les voies principales Prévoir des cheminements doux (piétons et vélos) identifiés, accessibles et en trajets directs pour relier les points du quartier entre eux et au centre-ville		<b>Mesure effectuée</b> La proximité de la gare et du centre de Betton ont constitués des avantages dans le choix de l'emplacement du projet. Cette situation facilite l'usage des transports en communs ainsi que les déplacements doux. D'autre part les services de Rennes Métropole ont été sollicités pour demander la desserte en bus du futur	<u>Phase création :</u> Choix du site en fonction de la desserte par les transports en communs et la proximité des services et commerces ou d'un pôle multimodal. Intégration les déplacements doux à la conception du projet <u>Phase réalisation :</u> Conforter les dispositions prises dès	

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
			<p>quartier et ont répondu de manière favorable.</p> <p>Le projet de ZAC intègre un maillage de liaisons douces piétons et/ou vélos en connexion avec les quartiers Voisins, la gare, le centre-ville, les équipements publics et l'ensemble du territoire de Betton.</p> <p>Une nouvelle aire de covoiturage sera aménagée au niveau du rond-point de la Haute Plesse.</p>	<p>la phase création</p> <p>Plans d'aménagement</p> <p>Prévoir l'information et la sensibilisation des futurs habitants</p>	
<b>6-Limiter la circulation des véhicules à moteur dans le nouveau quartier</b>	<p>Concevoir des voies partagées</p> <p>Créer des poches de stationnement regroupées en limite du nouveau quartier</p>		<p>Les emprises des voies sont dimensionnées pour répondre aux différents types d'occupation, en réduisant au minimum la bande dédiée à la circulation motorisée. Ce parti pris favorise ainsi le partage des usages et une modération de la vitesse.</p>	<p><u>Phase création :</u></p> <p>Maillage viaire du projet</p> <p>Schéma d'intention</p> <p><u>Phase réalisation :</u></p> <p>Plan d'aménagement</p> <p>Profils de voiries</p>	
<b>7-Anticiper la transition vers les véhicules électriques</b>	<p>Donner la possibilité d'installation de bornes de recharges pour véhicules électriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-dans les parkings de stationnements collectifs</li> <li>-sur les ombrières photovoltaïques</li> </ul>		<p>Obligation pour tous les PC de logements collectifs ou bureaux neufs déposés à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2012</p> <p><i>Arrêté du 20 février 2012 relatif à l'application des articles R. 111-14-2 à R. 111-14-5 du code de la construction et de l'habitation</i></p> <p>L'installation de bornes de recharges électriques au niveau de la surface commerciale est une véritable</p>	<p><u>Phase création :</u></p> <p>La ville de Betton (ou son futur concessionnaire) s'engage à installer une borne de recharge au niveau de la surface commerciale.</p> <p>Une étude est en cours pour en définir les possibilités techniques.</p>	

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
			volonté du projet. Une étude mobilité durable est en cours pour en définir les possibilités techniques.		
<b>8-Optimiser l'éclairage public</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Réaliser une étude d'éclairage public secteur par secteur en phase réalisation</li> <li>-Faire réaliser une étude de faisabilité éclairage LED</li> <li>-Extinction nocturne de l'éclairage public et pilotage par horloges astronomiques</li> <li>-Favoriser l'éclairage des cheminements piétons plutôt que celui des routes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>+</li> <li>+</li> <li>++</li> </ul>	<b>Mesure en réflexion</b> Une étude sur l'éclairage public est prévue en phase réalisation L'éclairage public est semi-permanent sur la commune La commune a déjà une expérience en LED sur un autre projet de ZAC	<b>Phase création :</b> La ville de Betton (ou son futur concessionnaire) s'engage à faire réaliser une étude sur l'éclairage en phase réalisation  <b>Phase réalisation :</b> Réalisation d'une étude d'optimisation de l'éclairage public et conception d'un éclairage performant.	
<b>ADAPTATION A LA TRANSITION ENERGETIQUE</b>					
<b>9-Prévoir l'évolution vertueuse des consommations</b>	Adapter le dimensionnement du réseau de distribution d'électricité à un contexte de bâtiments peu énergivores, non chauffés à l'électricité, pour faire des économies d'investissement.	+++	Discussion à initier avec le concessionnaire du réseau et le SDE35 en phase de réalisation : concerne le dimensionnement des réseaux et des transformateurs.		
<b>10-Accompagner les futurs habitants dans la démarche de sobriété énergétique</b>	Informar les futurs habitants des objectifs fixés sur l'opération au travers de réunions d'information et de supports de communication, en amont de leur acquisition	+	<b>Mesure en réflexion</b> Un accompagnement est prévu	<b>Phase création :</b> La ville de Betton s'engage à mettre en place un accompagnement des futurs habitants sur l'énergie par un prestataire spécialisé  <b>Phase réalisation :</b> Formalisation des modalités d'accompagnement (forme, support	

### XIII- Propositions d'actions spécifiques liées à l'énergie

Objectif	Mesure proposée	Volontarisme	Remarque	Mise en œuvre	Modalité de suivi
				d'information, etc.)	
<b>11-Créer les conditions d'une conception performante</b>	<p>Informations spécifiques des futurs acquéreurs sur les enjeux énergétiques, les objectifs à atteindre et comment y arriver.</p> <p>Mettre en place de démarches d'accompagnement aux projets individuels et collectifs</p> <p>Accompagner les maîtres d'ouvrage dans leur démarche de conception grâce à un conseil spécifique pendant la conception</p> <p>Réserver un lot à de l'autopromotion performante (logement individuel ou intermédiaire)</p>	<p>+</p> <p>++</p> <p>+++</p>	<p><b>Mesure en réflexion</b></p> <p>Un accompagnement est prévu</p>	<p><u>Phase création :</u></p> <p>La ville de Betton s'engage à mettre en place un accompagnement des futurs habitants sur l'énergie par un prestataire spécialisé</p> <p><u>Phase réalisation :</u></p> <p>Contractualisation de la mission de suivi avec un bureau d'études spécialisé ou l'Alec,</p>	<p>Mise en place d'un plan d'action</p> <p>Compte rendu des actions menées et synthèse à la fin</p> <p>Etc.</p>
<b>11-Faciliter le financement de la construction performante</b>	<p>Réduire le prix du foncier pour les projets qui s'inscrivent dans une démarche de performance énergétique élevée</p> <p>Participer au financement de l'isolation des bâtiments et/ou de la production locale d'énergie</p> <p>Proposer des aides financières sur des bâtiments passifs. Par exemple, passer des accords avec une banque afin que la faiblesse des charges de chauffage sur un bâtiment passif soit prise en compte pour obtenir une mensualité de remboursement de prêt plus élevée</p>	<p>+++</p> <p>+++</p> <p>++++</p>			



## XIV. PRESCRIPTIONS REGLEMENTAIRES

### XIV.1. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES LIEES A LA RT 2012

Bâtiment concerné	Orientation	Prescriptions de la RT 2012	Détail issu de l'arrêté du 26 octobre 2010
Maisons individuelles et maisons accolées	<b>Recours à une énergie renouvelable obligatoire</b>	Recours au solaire thermique pour la production d'ECS	Produire l'eau chaude sanitaire à partir d'un système de production d'eau chaude sanitaire solaire thermique [...] Le logement est équipé a minima de 2 m <sup>2</sup> de capteurs solaires permettant d'assurer la production d'eau chaude sanitaire, <u>d'orientation sud et d'inclinaison entre 20° et 60°</u> ;
		<b>OU</b> contribution des énergies renouvelables > 5 kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> /an	OU démontrer que la contribution des énergies renouvelables au Cep du bâtiment [...] est supérieure ou égale à 5 kWh <sub>EP</sub> /(m <sup>2</sup> .an).
		<b>OU</b> raccordement à un réseau de chaleur alimenté à + de 50% par une énergie renouvelable	OU être raccordé à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % par une énergie renouvelable ou de récupération ;
		<b>OU</b> recours à une production d'eau chaude sanitaire thermodynamique	OU recourir à une production d'eau chaude sanitaire assurée par un appareil électrique individuel de production d'eau chaude sanitaire thermodynamique, ayant un coefficient de performance supérieur à 2, selon le référentiel de la norme d'essai prEN 16147
		<b>OU</b> recours à un système de micro-cogénération	OU recourir à une production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assurée par une chaudière à micro-cogénération à combustible liquide ou gazeux, dont le rendement thermique à pleine charge est supérieur à 90 % sur PCI, le rendement thermique à charge partielle est supérieur à 90 % sur PCI et dont le rendement électrique est supérieur à 10 % sur PCI.
Maisons individuelles, accolées et bâtiments de logements collectifs	<b>Garantir l'accès à l'éclairage naturel</b>	Garantir une surface de parois vitrées minimale	Pour les maisons individuelles ou accolées et les bâtiments collectifs d'habitation, la surface totale des baies, mesurée en tableau, est supérieure ou égale à 1/6 de la surface habitable.

## XIV.2. PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA JUSTIFICATION DES PERFORMANCES

Bâtiment concerné	Orientation	Prescriptions de la RT 2012	Décret n°2011-544 du 18 mai 2011 relatif aux attestations de prise en compte de la réglementation thermique et de réalisation d'une étude de faisabilité relative aux approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs ou les parties nouvelles de bâtiments
Bâtiments soumis à la RT 2012	<b>Justifier de la prise en compte des prescriptions de la RT 2012 en phase conception</b>	Dépôt d'une attestation au dépôt du permis de construire	<p>Le maître d'ouvrage de tout bâtiment neuf ou de partie nouvelle de bâtiment existant [...] établit [...] un document attestant qu'il a pris en compte ou fait prendre en compte par le maître d'œuvre [...] la réglementation thermique [...] et en particulier :</p> <p>« – la prescription concernant le besoin conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage [...]</p> <p>« – les prescriptions sur les caractéristiques thermiques intervenant dans la performance énergétique du bâtiment [...]</p> <p>« Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la demande de permis de construire [...].</p>
	<b>Justifier de la prise en compte des prescriptions de la RT 2012 à l'achèvement du chantier</b>	Dépôt d'une attestation à l'achèvement du chantier	<p>A l'achèvement des travaux portant sur des bâtiments neufs ou des parties nouvelles de bâtiment existant soumis à permis de construire [...] :</p> <p>« – [...] le maître d'ouvrage fournit [...] un document attestant la prise en compte par le maître d'œuvre de la réglementation thermique OU</p> <p>« – [...] le maître d'ouvrage fournit [...] un document attestant qu'il a pris en compte la réglementation thermique.</p> <p>« Le document ainsi établi doit attester la prise en compte :</p> <p>« – de la prescription concernant la consommation conventionnelle d'énergie du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation [...]</p> <p>« – de la prescription concernant le besoin conventionnel en énergie d'un bâtiment pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage [...]</p> <p>« – pour certains types de bâtiments, de la prescription concernant la température intérieure conventionnelle atteinte en été [...]</p> <p>« – des prescriptions sur les caractéristiques thermiques intervenant dans la performance énergétique du bâtiment [...]</p> <p>« Cette attestation est établie sur un formulaire conforme à des prescriptions fixées par arrêté. Elle est jointe à la déclaration d'achèvement des travaux [...].</p>

## XV. SYNTHÈSE

Cette étude de faisabilité sur le potentiel de développement des énergies renouvelables met en évidence :

- La disponibilité immédiate de plusieurs énergies renouvelables (solaire passif, solaire actif, énergie bois, géothermie peu profonde)
- Les conditions de mobilisation de ces énergies
- La disponibilité locale du bois énergie
- L'intérêt économique sur les coûts d'exploitation sur 20 ans du recours aux énergies renouvelables
- L'impact environnemental réduit par rapport aux énergies fossiles de l'utilisation des énergies renouvelables

Plusieurs scénarios d'approvisionnement en énergie mobilisant les énergies renouvelables ont été étudiés : le tableau suivant propose une synthèse qualitative des résultats obtenus :

Le code couleur traduit la réponse du scénario aux critères proposés

Scénario étudié	Critère	Faible consommation en Energie finale	Coût d'investissement	Coût de fonctionnement la 1ère année	Coût Global sur 20 ans	Impact sur l'effet de serre	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne
S0 : Gaz							
S1: Gaz + ECS solaire							
S2: Bois granulés							
S3 : PAC géothermie							
S4- PAC air/eau							

Figure 54 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques- logement collectif

Ainsi, pour un logement collectif, les S1 et S2 présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée que le scénario 3, mais aucun scénario ne se détache particulièrement par rapport aux autres.

Scénario étudié	Critère	Faible consommation en Energie finale	Coût d'investissement	Coût de fonctionnement la 1ère année	Coût Global sur 20 ans	Impact sur l'effet de serre	Compatibilité avec la dépendance électrique de la Bretagne
S0 : Gaz + ballon thermodynamique							
S1: Gaz + ECS solaire							
S2: Bois granulés + ballon thermodynamique							
S3 : PAC géothermie							
S4- PAC air/eau							

Figure 55 : Evaluation des scénarios d'approvisionnement étudiés au regard de critère environnementaux et économiques- logement individuel

### LEGENDE Scénario

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

En logement individuel, les S0 et S2 présentent une réponse aux critères d'analyse plus adaptée que le scénario 3.

Le recours aux énergies renouvelables permettrait de réduire certains besoins énergétiques mais surtout les émissions de gaz à effet de serre.

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

La densité énergétique du quartier est trop faible pour créer un réseau de chaleur unique. Des solutions de chaufferies collectives par îlot pourraient être intéressantes à étudier opération par opération : sur la base de bâtiments très performants, le seul critère de densité énergétique n'est pas forcément favorable, mais une étude économique détaillée pourra montrer un intérêt.

L'ensemble des propositions permettant d'atteindre les objectifs est présentée dans le tableau « **SYNTHESE DES OBJECTIFS ET DES MESURES ASSOCIEES** ».

Le tableau suivant présente la synthèse des impacts estimés pour les 2 grands types de consommations énergétique :

	Consommation énergétique annuelle estimée	Emissions de CO <sub>2</sub> t/an
<b>Bâtiments (tous usages)</b>	2 800 à 4 550 MWh <sub>ef</sub> /an (RT 2012)	170 à 610 t/an
<b>Consommation conventionnelles</b>	2 500 à 3 700 MWh <sub>ef</sub> /an (PASSIF) <i>en fonction du type d'énergie utilisé et du niveau de performance</i>	130 à 470 t/an <i>en fonction du type d'énergie utilisé et du niveau de performance</i>
<b>Transports</b>	-	830 t/an <i>selon nos hypothèses</i>
<b>Eclairage</b>	12 à 26 MWh <sub>ef</sub> /an	1,2 à 2,6 t/an

Figure 56: Synthèse des impacts estimés d'un point de vue énergétique et effet de serre

Enfin, il sera nécessaire d'informer et d'accompagner les futurs habitants sur la mise en place des solutions mobilisant les énergies renouvelables pour leur permettre de faire un choix pertinent.

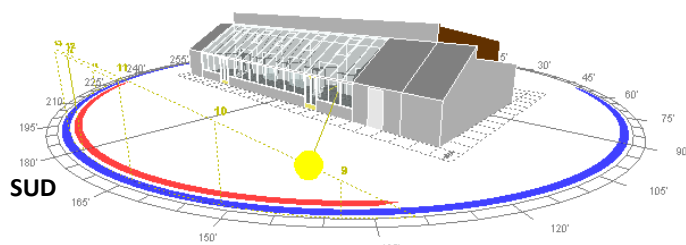


## ANNEXES : FICHES TECHNIQUES SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES

### FICHE ENERGIE SOLAIRE GENERALITES

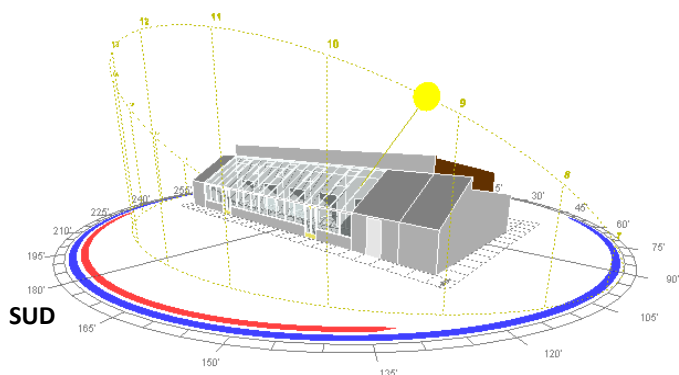
#### TRAJECTOIRE DU SOLEIL AU COURS DE L'ANNEE

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



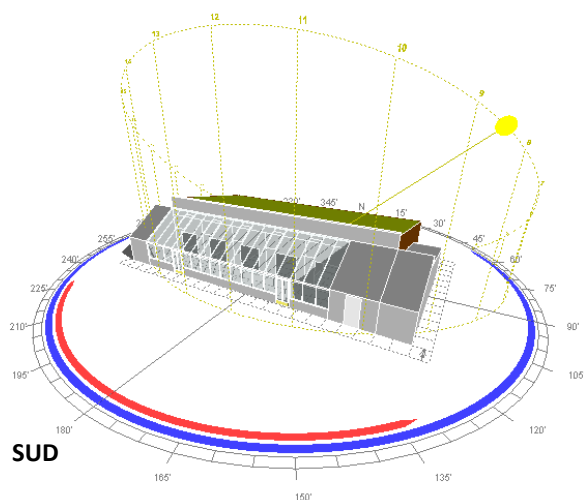
#### Hiver

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



#### Mi-saison

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



#### Eté

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

#### CONSEQUENCES POUR LES APPORT SOLAIRES

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

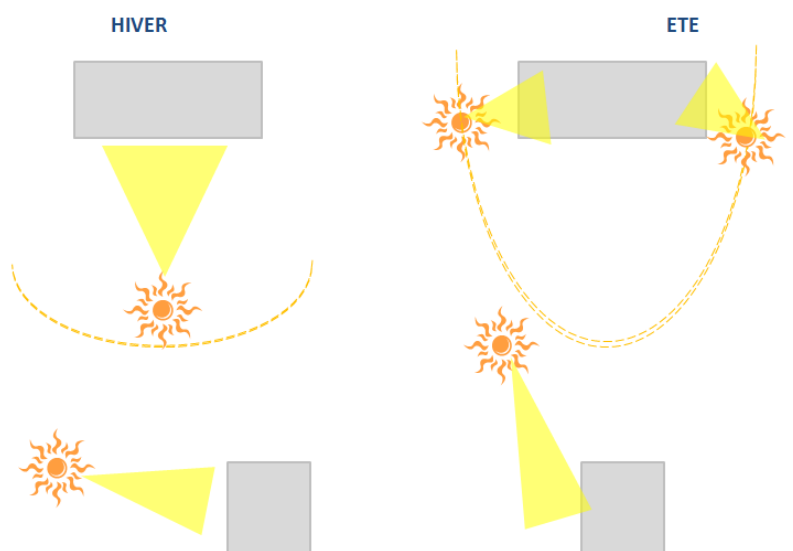
Il est évident que la réalité est toujours plus nuancée car l'architecte ne conçoit pas des bâtiments uniquement parallélépipédiques, ni orientés strictement Nord-Sud ou Est-Ouest.

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

### BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES AU SUD

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

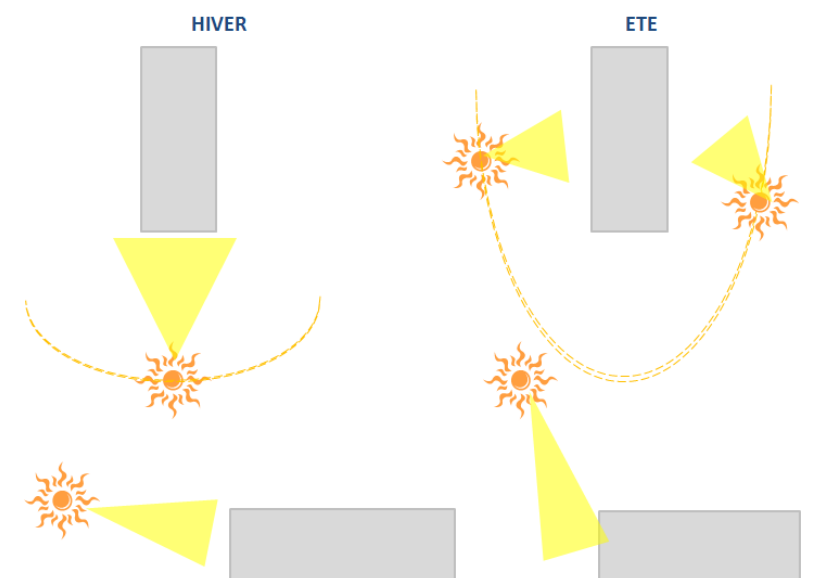
- en hiver : le bâtiment **profite d'apports solaires gratuits**, car le **soleil est bas sur l'horizon** avec un rayonnement incident proche de l'horizontal, qui pénètre donc facilement par les vitrages ;
- en été : **les apports solaires directs au Sud sont limités** car le soleil est très haut dans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



### BATIMENT DONT LES FAÇADES PRINCIPALES SONT ORIENTEES EST OU OUEST

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

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



#### PRECONISATIONS D'ORDRE GENERAL

La démarche d'optimisation énergétique peut donc être décrite en plusieurs étapes.

### ORIENTATION DES BATIMENTS

#### A l'échelle du bâtiment :

- prévoir les façades principales au Sud : une orientation Sud-Ouest à Sud-Est reste pertinente. Les façades principales s'entendent la plupart du temps « côté jardin » pour les maisons individuelles ;
- assurer un recul suffisant entre les bâtiments pour permettre un accès au soleil au Sud dans les conditions les plus défavorables (solstice d'hiver).
- Prévoir des protections solaires adaptées pour éviter le risque de surchauffe et donc les consommations énergétiques liées à la climatisation.

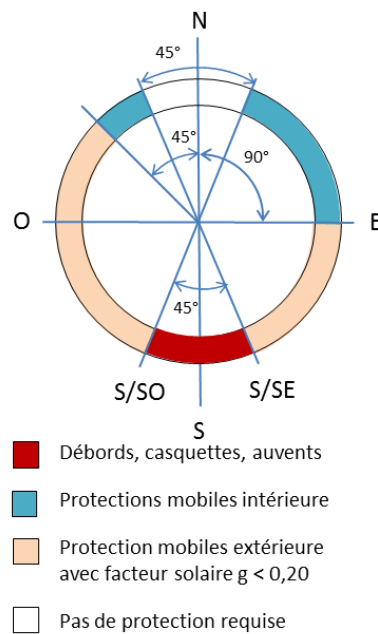


Figure 57: Protections solaires adaptées selon l'orientation (Source : La conception bioclimatique, Terre vivante)

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

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

#### A l'échelle des logements :

- Préférer une orientation des logements Nord-Sud : espaces tampons au Nord, espaces de vie au Sud
- Eviter les logements mono-orientés à l'Est ou à l'Ouest : des logements traversants permettent de minimiser l'impact d'une orientation défavorable
- Proscrire les logements mono-orientés au Nord, qui ne bénéficieront d'apports solaires que tôt le matin et tard le soir en été.



## IMPACT DU RELIEF

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

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

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

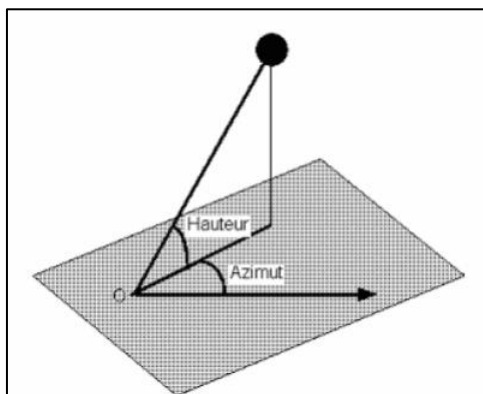


Figure 58: hauteur angulaire (source ENSTIB)

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

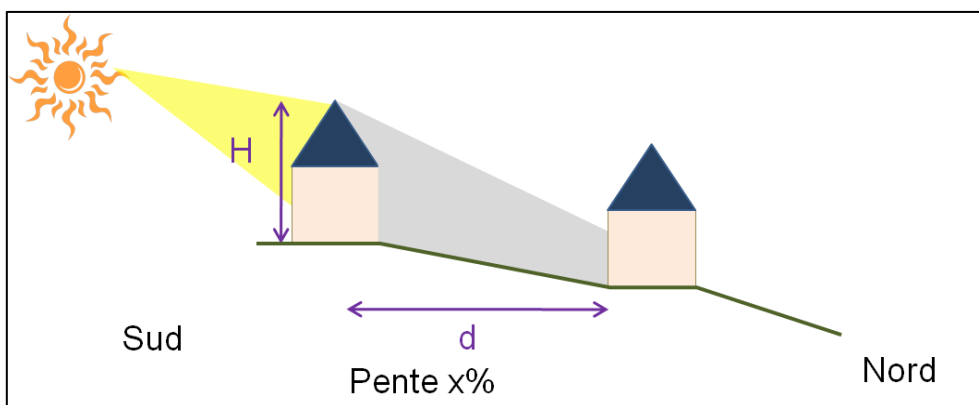


Figure 59: Paramètres à prendre en compte pour le calcul des marges de recul

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

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

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

## MASQUES SOLAIRES

Le maintien de haies bocagères est important puisqu'elles ont un rôle à jouer sur le maintien de la qualité de l'eau, peuvent servir de corridor écologique lorsque qu'un réel maillage existe ou a été reconstitué.

Il conviendra donc de prendre en compte les arbres qui seront conservés dans le projet de manière à ce que leur ombre portée ne limite pas trop les apports solaires. **Dans l'ombre d'une haie de grande taille, un espace de jeux ou un parking collectif pourrait être aménagé par exemple.**

## FORMES URBAINES

En ce qui concerne les **formes urbaines**, la prise en compte de la performance énergétique peut se traduire par les priorités suivantes :

- privilégier la **densité des logements** : des maisons groupées avec deux parois mitoyennes sont moins déperditives que des maisons isolées ;
- privilégier des **formes architecturales compactes** : des logements semi-collectifs (en R+1 ou R+2) permettent souvent d'aboutir à une meilleure compacité que des maisons groupées ;
- privilégier des **logements traversants** : les maisons individuelles sont généralement traversantes. Pour des petits collectifs, cet objectif permet souvent d'organiser les espaces de vie au Sud et les espaces fonctionnels (entrée, buanderie, coursives d'accès extérieur) au Nord. Les logements traversants ont l'avantage de permettre une ventilation naturelle estivale pour éviter les surchauffes. Cette organisation permet aussi d'éviter la plupart du temps les logements défavorisés d'un point de vue de l'orientation (orientation principale au Nord ou Nord-Est par exemple).

## FICHE ENERGIE SOLAIRE THERMIQUE

### A RAPPEL SUR LE SOLAIRE THERMIQUE

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

Un rayonnement global d'environ 1500 kWh/m<sup>2</sup> « tombe » par an sur les départements de l'Ouest de la France, cela correspond à peu près à 150 litres de fioul par m<sup>2</sup>.

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

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

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

Une installation solaire comprend les éléments suivants :

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

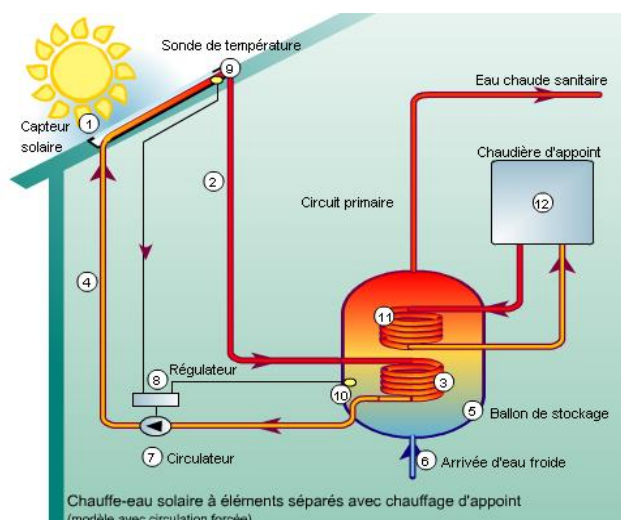


Figure 60 : principe de fonctionnement d'un' installation solaire thermique

### B TYPES D'UTILISATION

L'énergie solaire thermique peut être utilisée dans l'Ouest de la France sans restriction particulière, autant dans les logements individuels que les logements collectifs.

Les établissements recevant des personnes âgées de type **EHPAD** sont eux aussi de bon candidats à l'utilisation du solaire thermique car les **besoins en eau chaude sanitaire sont importants toute l'année**.

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

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

Les installations solaires thermiques permettent de faire des économies d'énergie qui représentent environ :

- 40 à 50% des besoins d'eau chaude sanitaire lorsque le solaire est uniquement dimensionné pour la production d'eau chaude,
- 30% environ sur le chauffage et 60 à 65% sur l'eau chaude lorsque le système est dimensionné pour assurer une part des besoins de chauffage en complément de l'eau chaude.

## C LES SCHEMAS POSSIBLES ET CEUX QU'IL CONVIENT D'EVITER ABSOLUMENT

---

Plusieurs éléments sont à retenir pour l'installation d'énergie solaire pour la production d'eau chaude :

- **environ 4 à 5 m<sup>2</sup> pour les maisons individuelles ;**
- **environ 1 à 1,5 m<sup>2</sup> pour les logements collectifs ;**
- **éviter tout surdimensionnement** : en effet, il est toujours préférable de sous dimensionner une installation solaire :
  - o l'investissement d'une installation solaire « sous dimensionnée » sera toujours mieux rentabilisé ;
  - o les risques de surchauffe (en mi-saison et en été) du liquide caloporteur de l'installation seront réduits ce qui augmentera la pérennité de l'installation (pas de risque de corrosion des tuyaux) ;
  - o les subventions de l'Ademe (logements collectifs notamment) sont liées à un rendement minimum de 400 kWh/m<sup>2</sup>/an ce qui conduit à limiter le nombre de capteurs ;
- **incliner les panneaux solaires à 45° environ ;**
- **maintenir une orientation au sud à plus ou moins 25° maximum ;**
- **limiter les ombres et les masques (bâtiments proches, végétation) ;**
- ne pas installer autant d'installations solaires que de logements dans un bâtiment collectif. Ce principe est parfois préconisé mais il n'est jamais rentable d'un point de vue technique ou économique ;
- dans une installation solaire collective, il convient de limiter au mieux la longueur de tuyauterie de distribution et d'isoler ces tuyauteries au maximum. En effet, afin de réduire les risques de légionelles, l'eau chaude devra généralement circuler en continu dans l'ensemble des logements (notion de bouclage), 24h/24 7j/7 toute l'année. Les pertes de bouclage peuvent ainsi être très importantes et limiter d'autant le gain des installations solaires.

**L'utilisation du solaire en combinaison chauffage + eau chaude, est généralement privilégiée pour les maisons individuelles avec un plancher chauffant de type PSD (plancher solaire direct). Ce principe peut néanmoins être étudié dans le cas de bâtiments collectifs, une étude spécifique doit permettre de dimensionner au mieux les composants pour limiter les surchauffes et optimiser économiquement l'ensemble.**

## D PRECONISATIONS

---

L'intégration d'énergie solaire a été prise en compte lors de la modélisation initiale (niveau BBC). Sans cette utilisation, les consommations en énergie pour l'eau chaude pourraient se trouver doublées.

**Nous vous conseillons donc de préconiser l'utilisation de ce type d'énergie pour tous les bâtiments dont les besoins d'eau chaude sont importants en imposant une étude de faisabilité au minimum pour les bâtiments collectifs.**

**Il est nécessaire de rappeler que la réglementation thermique (RT2012), en vigueur dans les bâtiments d'habitation impose, pour les logements individuels et assimilés, l'utilisation d'énergie renouvelable pour la production d'eau chaude sanitaire. Le solaire est, à ce titre, l'une des sources privilégiées pour répondre à ce principe.**



## FICHE ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

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

En revanche, même si l'intégration de tels systèmes doit être réfléchie le plus en amont dans les projets de construction, notamment pour assurer une intégration réussie, **il est toujours préférable de considérer le photovoltaïque en dehors de la phase d'optimisation énergétique du bâtiment. Un bâtiment doit d'abord être performant à l'aide d'une bonne orientation (démarche bio-climatique), d'une bonne enveloppe (isolation, vitrage), avant d'être performant par l'intégration de systèmes énergétiques complexes.**

L'installation de panneaux photovoltaïques pourrait être envisagée afin de produire de l'énergie électrique localement et de revendre la production à EDF.

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

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

### A MEMBRANES D'ETANCHEITE PHOTOVOLTAÏQUES

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

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



Figure 61 : exemple de membranes d'étanchéité installées sur un bâtiment industriel

### B PANNEAUX DE SILICIUM

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

Les modules polycristallins offrent une puissance située autour de **130 W à 140 W par m<sup>2</sup>**. La performance de ces capteurs est donc supérieure à celle des membranes. En revanche, l'intégration dans les bâtiments nécessite des structures spécifiques plus difficiles et coûteuses à mettre en œuvre que les modules membranes.



Figure 62 : modules Photowatt

### C PRECONISATIONS

**Afin de bénéficier des avantages de la production photovoltaïque, nous vous proposons d'imposer une étude de faisabilité d'intégration de solaire photovoltaïque pour les bâtiments collectifs. Cette préconisation a l'avantage de ne pas imposer l'implantation de modules mais favorise la prise de conscience des possibilités et de l'intérêt de ces solutions.**

## FICHE POMPES A CHALEUR

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

- les pompes à chaleur fonctionnent grâce à l'électricité, une énergie qui nécessite pour sa production environ 3 fois plus d'énergie fossile (gaz, uranium, fioul, etc.) ;
- le rendement de ces équipements (COP : coefficient de performance, ratio entre l'énergie produite et l'énergie utilisée) atteint pour le moment des niveaux généralement inférieurs à 3 (en moyenne annuelle). Un rapide calcul au regard du bilan de l'énergie électrique, permet ainsi de montrer que ces équipements, malgré l'utilisation technique d'énergie solaire, consomment autant d'énergie fossile qu'une chaudière traditionnelle ;
- leur fonctionnement nécessite l'usage d'un fluide frigorigène dont l'impact sur l'effet de serre est important (équivalent de 1300 à 1900 kg de CO<sub>2</sub> par kg de fluide frigorigène) : en effet, toutes les pompes à chaleur ont un taux de fuite qui va de 3% à 10% par an ;
- **les pompes à chaleur sont donc plutôt de bons systèmes de chauffage électrique. Elles deviendront des énergies renouvelables lorsque le COP dépassera en moyenne annuelle le rendement des centrales électriques actuelles et/ou lorsque l'énergie électrique utilisée sera d'origine renouvelable.**



Figure 63 : principe de fonctionnement des pompes à chaleur (source [www.airclim-concept.com](http://www.airclim-concept.com))

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

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

**Extrait du Pacte électrique breton :**

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

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



## FICHE ENERGIE EOLIENNE

### PRESENTATION

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

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

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

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

### A GRAND EOLIEN

#### DEFINITION

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

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

#### RESTRICTIONS

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



Figure 64: Source Schéma éolien terrestre en Bretagne

### B PETIT EOLIEN

#### DEFINITION

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

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



Figure 65: Source Synagri

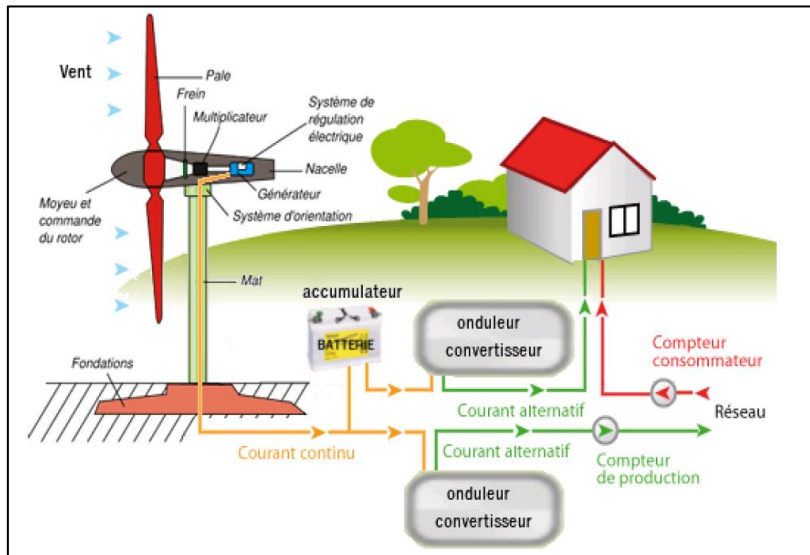


Figure 66: Schéma de principe d'une installation éolienne (Source: Fiche pratique DDTM35)

## C PRODUCTIBILITE

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

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

Données EDF Enbrin et DDTM35

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

## REGLEMENTATION

### A OCCUPATION DU SOL

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

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

Figure 67: Exigences et références réglementaires relatives à l'éolien (Source : [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr))

### B SUPPRESSION DES ZONES DE DEVELOPPEMENT EOLIEN

La loi Brottes (n° 2013-312), promulguées par le président de la république le 15 Avril 2013 prévoit plusieurs mesures de simplification :

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

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

## FICHE GEOTHERMIE

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

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

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

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



Figure 68 © ADEME - BRGM

### B LA GEOTHERMIE BASSE ENERGIE (30 A 90°C)

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

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

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



Figure 69 : © ADEME - BRGM

### C LA GEOTHERMIE MOYENNE ENERGIE (90 A 150°C)

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

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

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

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

### D La géothermie haute énergie (température supérieure à 150°C)

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

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

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



Figure 70 : © ADEME - BRGM



## E LA GEOTHERMIE PROFONDE DES ROCHES CHAUDES FRACTUREES (HOT DRY ROCK)

---

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

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

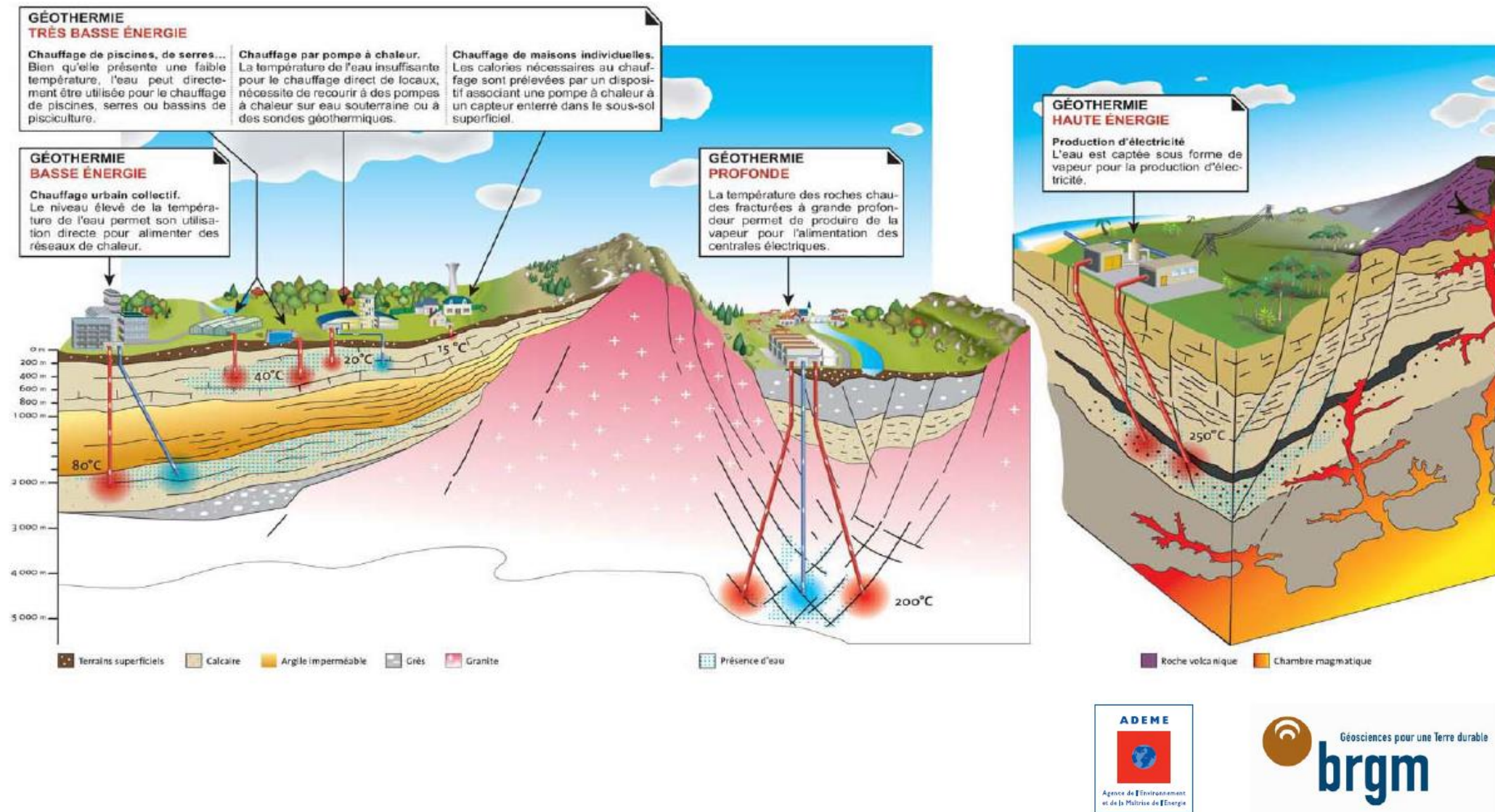
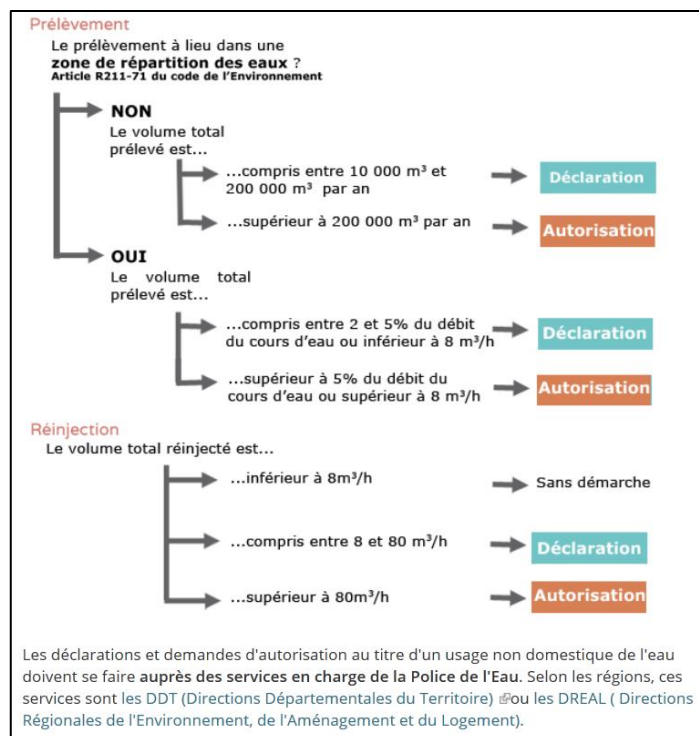
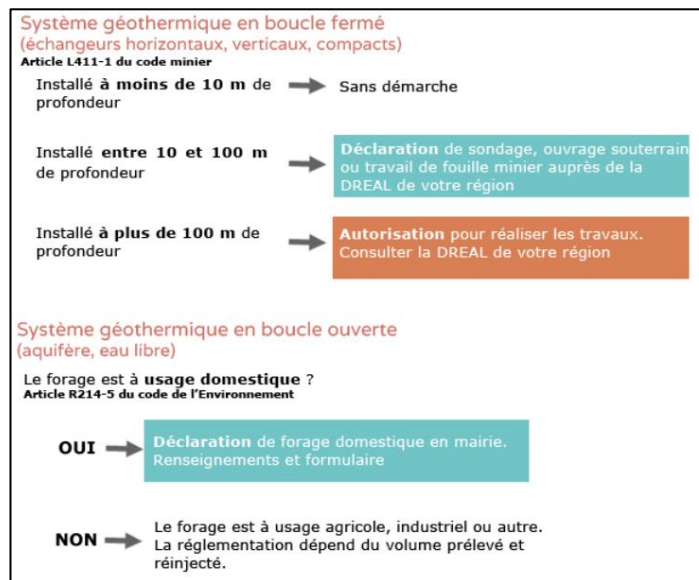


Figure 71 : Synthèse des techniques de géothermie © ADEME - BRGM

## F REGLEMENTATION



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

**Les opérations géothermiques peuvent être soumises à différents régimes d'autorisation ou de déclaration** qui supposent le montage de dossier administratifs plus ou moins approfondis selon les cas et des circuits d'approbation administrative plus ou moins long. Les opérations de moins de 100 m de profondeur et de moins de 232 KW de puissance thermique sont considérées comme des opérations de minime importance et ne sont soumises qu'à déclaration. Dans les autres cas, elles sont soumises à autorisation. A cette réglementation nationale, s'appliquent des réglementations territorialisées et spécifiques. En effet, certaines portions du territoire, du fait de particularités naturelles, font l'objet de mesures de protection susceptibles d'impacter le dimensionnement d'un projet de géothermie, voire de l'interdire.

Source BRGM

## FICHE : RECUPERATION D'ENERGIE SUR LES EAUX USEES

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

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

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

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

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

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

### **Dans les stations d'épuration (STEP),**

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

### **Dans les stations (ou postes) de relevage**

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

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

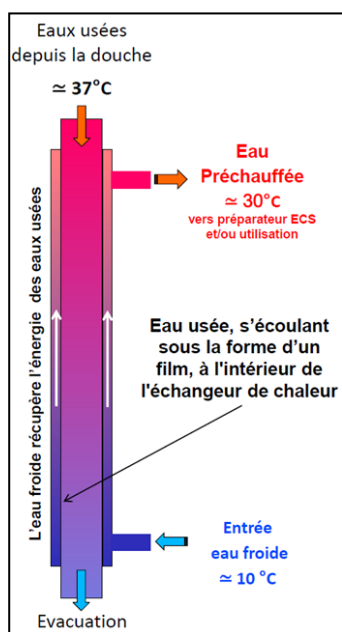
Cette solution nécessite obligatoirement une évacuation séparée des eaux grises (dont la chaleur est utilisée) et des eaux vannes. Elle peut permettre l'utilisation de matériel non spécifique aux eaux usées (échangeurs standards, PAC) et nécessite généralement des systèmes sophistiqués de filtrations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

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

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

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

### Echangeur de chaleur sur l'eau des douches



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

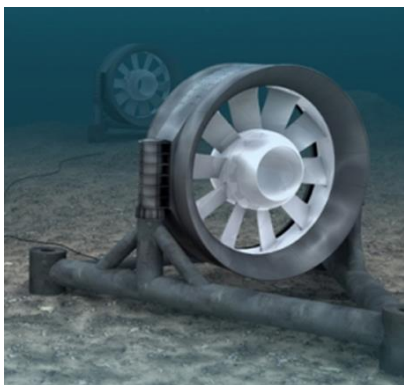


## FICHE ENERGIE MARINES RENOUVELABLES EN BRETAGNE

Avec ses 2 730 km de côtes, la Bretagne dispose d'atouts naturels favorables au développement des énergies marines renouvelables à partir de différentes sources : les courants, les marées, les vagues, la houle, la différence de salinité et le vent

La région Bretagne ainsi que de grands acteurs industriels sont engagés dans le développement des énergies renouvelables marines. Avec, 50% des compétences R&D maritimes françaises concentrées en Bretagne, la filière est en plein essor. C'est le premier pilier du **pacte électrique breton**.

### Hydrolien



Cette énergie nécessite la mise en place d'une turbine sous-marine qui utilise l'énergie cinétique des courants marins pour créer une énergie mécanique transformée ensuite en électricité par un alternateur.

Un courant de marée de 5 nœuds, soit 9,25 km/h, renferme plus d'énergie qu'un vent soufflant à 80 km/h.

Relativement peu encombrante (en comparaison avec une éolienne), l'hydrolienne tire parti du caractère renouvelable et surtout prédictible de sa source.

### Eolien offshore



Cette technologie reprend le système de l'éolienne terrestre par la transformation de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique puis électrique, à l'aide de turbines. Cette technologie est la plus mature des EMR.

Les éoliennes posées, regroupées en parcs en pleine mer (offshore), sont implantées sur des fondations directement fixées au plateau continental à une profondeur maximum de 40 m.

La mer est un emplacement n'offrant aucun obstacle aux vents. Ainsi, même à basse altitude, ceux-ci ont une vitesse plus importante et sont moins turbulents.

La partie « marine » du parc comprend :

- les aérogénérateurs (fondations + mâts + turbines). Les mâts peuvent atteindre une centaine de mètres au-dessus du niveau de la mer et chaque pale peut dépasser 50 m de long ;




	<ul style="list-style-type: none"> <li>- un module pour les équipes d'intervention ;</li> <li>- un transformateur ;</li> <li>- les câbles sous-marins assurant la collecte et le transport de l'énergie jusqu'à la côte.</li> </ul>
<p><b>Eolien Flottant Offshore</b></p> 	<p>L'éolien maritime flottant utilise la force des vents en pleine mer, sur des sites qui peuvent - contrairement à l'éolien posé - dépasser 40m de profondeur.</p> <p>La mer est un emplacement de choix pour l'énergie éolienne: il n'y a aucun obstacle aux vents. Ainsi, même à basse altitude, les vents ont une vitesse plus importante et sont moins turbulents. En repoussant la limite maximum de la profondeur de 40m à 300m, les éoliennes flottantes peuvent être installées plus loin des côtes que les éoliennes posées, limitant ainsi les conflits d'usage et permettant de tirer parti d'une ressource en vent plus importante et plus stable.</p>
<p><b>Marée moteur</b></p>  <p>Barrage de la Rance</p>	<p>A la différence des hydroliennes posées au fond de la mer et utilisant l'énergie cinétique (mouvement) de l'eau, les usines marémotrices utilisent l'énergie potentielle (différence de niveau entre les masses d'eau).</p> <p>Le phénomène de marée est dû au différentiel de temps de rotation entre la Terre (24 heures) et la Lune (28 jours). Il s'ensuit que le globe terrestre tourne à l'intérieur d'une "coque" d'eau de mer déformée par l'attraction lunaire.</p> <p>Par rapport à la plupart des autres énergies naturelles, l'énergie marémotrice présente l'avantage d'être parfaitement prédictible : en un point donné, l'énergie disponible ne dépend que de la position relative des astres et de la Terre.</p>
<p><b>Houlomoteur</b></p> 	<p>Cette technologie s'apparente à un dispositif mécanique qui utilise le mouvement des vagues - la houle - pour articuler un ensemble de cylindres et produire de l'électricité via un vérin hydraulique et une turbine.</p> <p>L'intérêt de l'énergie houlomotrice repose sur sa simplicité d'installation ne nécessitant pas de fondation.</p>

Figure 72: Panorama des technologies d'exploitation des EMR (<http://energies-marines.bretagne.fr/>)

La figure suivante présente les énergies marines renouvelables en Bretagne :

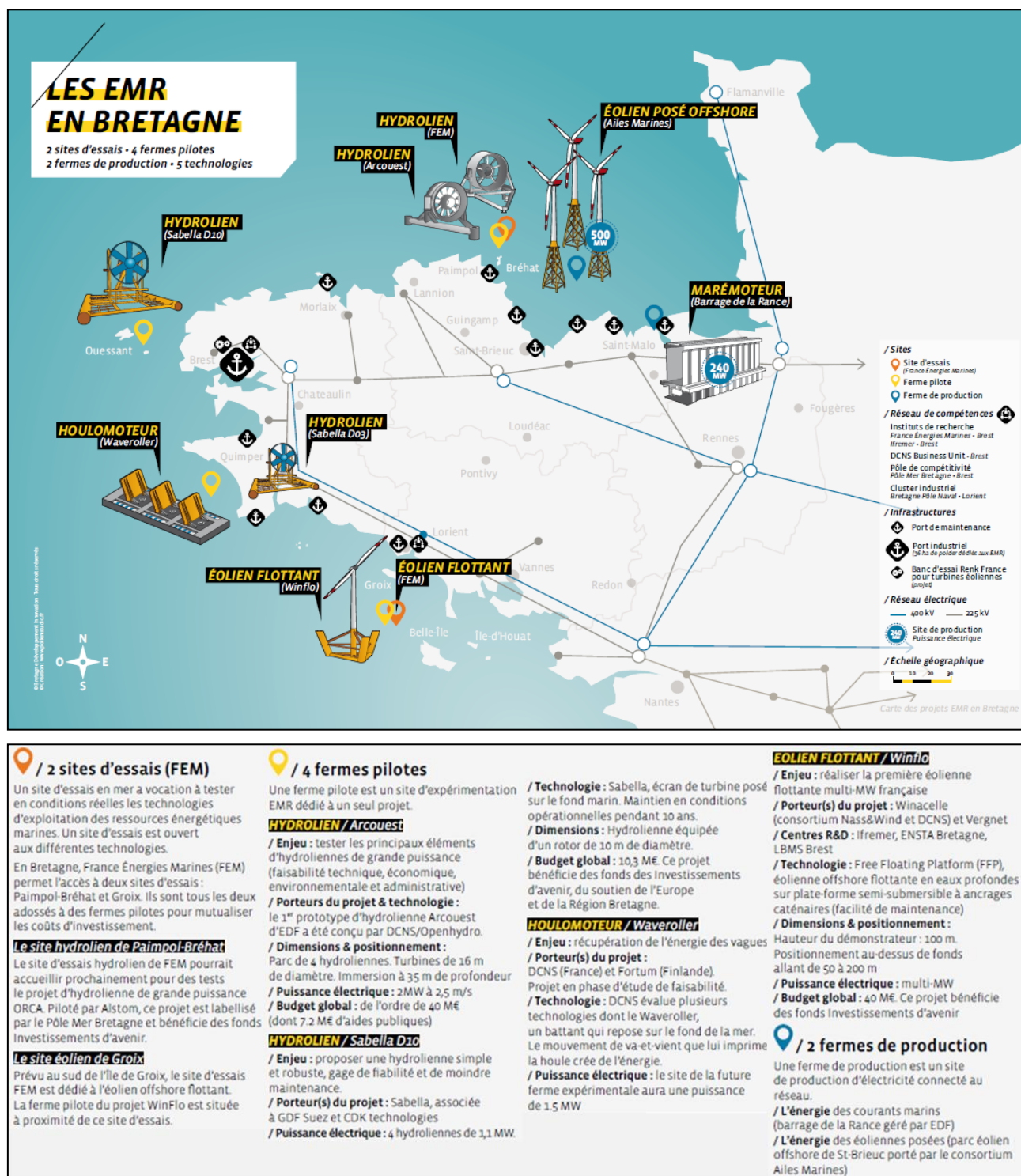


Figure 73: Carte des EMR en Bretagne (Bretagne développement Innovation)

## FICHE REGLEMENTATION POUR L'INSTALLATION D'UNE PETITE CENTRALE HYDROELECTRIQUE

---

### A DROIT D'EAU

---

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

- Droit fondé en titre

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

- Absence de droit

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

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

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

### B DROIT DE L'ENVIRONNEMENT

---

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

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

### C ENQUETE PUBLIQUE

---

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

### D RACCORDEMENT AU RESEAU

---

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



## FICHE BOIS ENERGIE : SOLUTIONS INDIVIDUELLES

Par biomasse, nous entendons dans cette étude l'ensemble de la filière « bois énergie ».

L'utilisation du bois dans les logements individuels ou intermédiaires se développe assez fortement depuis quelques années. Les solutions disponibles permettent généralement de chauffer l'ensemble du logement avec un système simple et performant.



Celui-ci pourrait être de quatre types :

Type	Avantages	Inconvénients	Remarque
Foyer fermé	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Possibilité de récupération de chaleur pour l'étage Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de réguler finement la diffusion de chaleur Rendement moyen Temps d'entretien important	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à bois bûche	Facilité d'installation Alimentation à partir de bûches Coût de la bûche	Faible autonomie Impossibilité de réguler la diffusion de chaleur Rendement supérieur à celui du foyer fermé Temps d'entretien important	Pas de dispositif de chauffage central
Poêle à granulés	Autonomie pouvant être importante Possibilité de régulation Stockage en format sac ou vrac Bon rendement Temps d'entretien limité	Bruit généré (parfois) Coût du granulé Nécessite un branchement électrique	Pas de dispositif de chauffage central
Chaudière granulés	Automatisation équivalente à une chaudière fioul ou gaz Rendement très bon Autonomie très importante Temps d'entretien limité	Installation nécessitant une chaufferie et de l'espace de stockage Coût de la chaufferie au regard de besoins faibles en BBC	Chauffage central, couplage possible avec du solaire Vigilance sur la puissance à installer

Toutes ces solutions sont envisageables.

En maison individuelle, les systèmes de chauffage divisé type poêles, ou foyer fermé sont très bien adaptés : le **logement doit être conçu de manière à ce que la chaleur puisse facilement desservir toutes les pièces**. Les particuliers feront leur choix en fonction de leurs volonté de passer du temps à la manipulation du bois bûche et du décendrage. **L'automatisation des poêles à granulés permet d'améliorer le niveau de confort des usagers en limitant la manutention et en offrant la possibilité de programmer des plages de chauffage.**

Les chaudières à granulés sont adaptées en maison individuelle à condition :

- d'avoir de la place pour la chaufferie : chaudière+silo de stockage, **environ 10 m<sup>2</sup>** ;
- d'installer un système de chauffage central ;
- d'adapter la puissance à installer aux besoins de la maison.

En effet, la réglementation thermique 2012 imposera un standard BBC en termes de besoins : le coût d'un système de chauffage central pourra apparaître trop important au vu de faibles besoins en chaleur. La puissance nécessaire sera elle aussi assez faible, il est donc important que les chaudières installées présentent des petites puissances (6-8-10 kW). C'est dans cette optique que de plus en plus de constructeurs se penchent sur des matériels de faible puissance adaptés aux maisons performantes.



## FICHE BOIS ENERGIE : SOLUTIONS COLLECTIVES

Comme pour le chauffage collectif au fioul ou au gaz, il est possible d'installer une chaudière granulés pour desservir des logements collectifs. Il s'agit de réaliser une chaufferie collective qui dessert les logements avec comptage de chaleur ou non (tout dépend des modalités de gestion du bâtiment) : **une étude de faisabilité peut être imposée pour préciser l'intérêt de cette solution dans les logements collectifs.**

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

### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CHAUDIERES AUTOMATIQUES

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

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

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

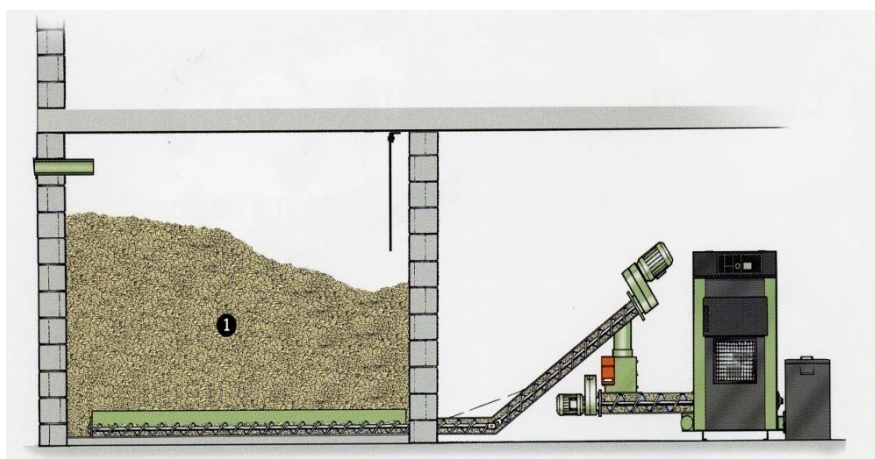


Schéma de principe d'une chaufferie bois.

### COMBUSTIBLE

#### A ORIGINE DU BOIS

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

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

- de connexes d'industrie du bois
- de DIB<sup>2</sup> : palettes ou cageots en fin de vie
- de bois d'éclaircies forestières

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



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

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

## B CONDITIONS DE PRODUCTION ET DE STOCKAGE

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

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

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

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

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

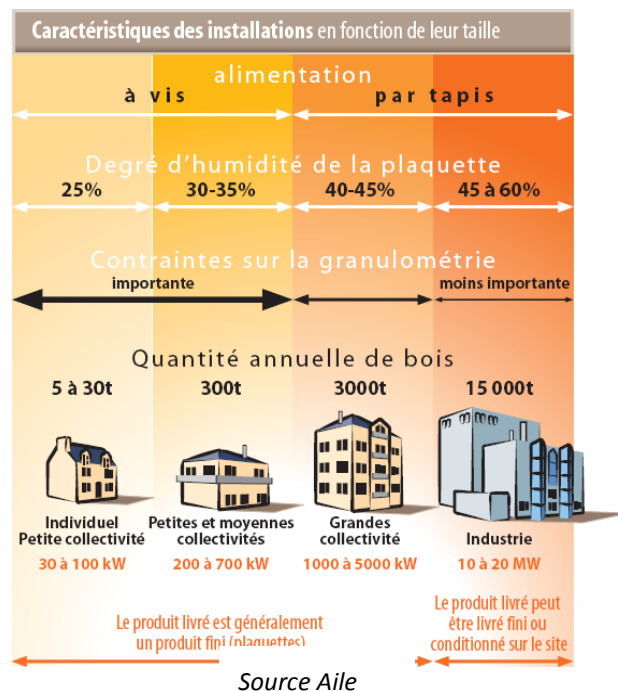
<sup>2</sup> DIB : déchets industriels banals

## GAMME DE PUISSANCE

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

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

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



## CHAUDIERES BOIS ET QUALITE DE L'AIR

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

### Principaux enseignements :

1-le bois énergie contribue pour une très faible part aux émissions nationales de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) (2% environ) et contribue à hauteur de 10% environ aux émissions de dioxines et de poussières totales ;

2-le bois énergie contribue de manière significative aux émissions nationales de :

- composés organiques volatils non méthaniques (COVM) : 22%,
- de monoxyde de carbone (CO) : 31%,
- d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (77% pour la somme des 4 HAP),
- de particules : 27% pour les PM<sub>10</sub> et 40% pour particules les plus fines (PM<sub>2,5</sub>).

**En résumé**, le bois-énergie ne constitue pas actuellement au niveau national et en termes de bilan d'émissions, une source majeure de pollution par le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les dioxines. Par contre sa contribution, en l'état actuel des technologies ou des pratiques, est notable vis-à-vis des poussières fines, des composés organiques volatils, du monoxyde de carbone, et des hydrocarbures aromatiques polycycliques, et **en raison surtout de la combustion du bois en maison individuelle dans de mauvaises conditions**.

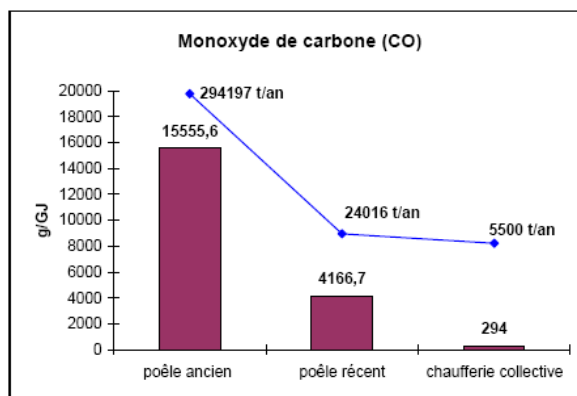
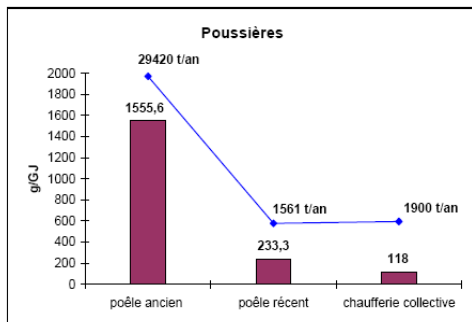
Le secteur domestique est responsable en grande partie des émissions de polluants atmosphériques liés à la combustion du bois :

- 81% du bois consommé en France l'est par le secteur domestique ;
- Le combustible utilisé est de qualité très variable ce qui impact considérablement la qualité de la combustion ;
- Le parc d'appareils de chauffage au bois est ancien et la combustion y est mal maîtrisée.

Les graphiques suivants (source note Ademe-MEEDDAT, 2009) illustrent les différences d'émissions de polluants entre des appareils anciens, des appareils récents et des chaufferies collectives, par unité d'énergie produite (pour 1 GJoule produit).

Comme le montre la figure 4, pour une même quantité d'énergie produite, les poêles anciens émettent environ 4 à 7 fois plus de polluants atmosphériques (poussières, CO) que les poêles récents et 13 à 53 fois plus que les chaufferies collectives (à noter que la tendance est similaire pour les autres polluants).

Figure 4. Facteurs d'émission de poussières et de monoxyde de carbone, corrigés du rendement (en g/GJ sortant) pour un poêle ancien, un poêle récent et une chaufferie collective (Sources : ADEME, 2005c et CITEPA, 2003)



Ainsi, la combustion du bois dans des appareils neufs et *a fortiori* dans des chaudières automatiques permet de réduire considérablement l'impact de la combustion sur la qualité de l'air.

## PRINCIPE D'IMPLANTATION DU SILO

L'un des **points clé de la réussite d'une installation de chaufferie bois** est l'**implantation du silo d'approvisionnement en bois**. Ce silo doit être facilement accessible pour les livraisons de combustible : il doit permettre un remplissage aisé au moment de la livraison et dimensionné pour assurer une autonomie suffisante en chauffage.

La chaudière pourra être installée au même niveau que le silo. Si ce n'est pas le cas, un système de convoyage spécifique devra être prévu pour amener le combustible au niveau du corps de chauffe.

## SILO POUR BOIS DECHIQUETE

La livraison de bois déchiqueté en vrac s'effectue grâce à des camions de livraison ou des attelages tracteurs remorque : ce type de livraison par bennage nécessite une **réflexion en amont sur l'accès à la parcelle et les manœuvres réalisables sur le site (rayon de courbure du véhicule)**.



Livraison par camion benne (source Aile)



Livraison par tracteur+remorque agricole (source Aile)

Si le site présente un dénivelé naturel, le silo pourra être conçu en aérien ou semi-enterré afin de limiter les frais de génie civil.



Dans le cas contraire, un silo enterré est incontournable (sauf dans le cas de chaudières de grosse puissance avec désilage par échelles carrossables).

Les silos doivent être étanches à l'eau et disposer d'un système d'aération du bois, souvent raccordé à la chaufferie

Le dispositif de fermeture du silo peut prendre plusieurs formes : trappes carrossables, trappe coulissante latéralement, trappe à ouverture verticale. Dans tous les cas, le dispositif devra être adapté aux dimensions du véhicule de livraison des plaquettes, et assurer la sécurité des intervenants autour de la livraison ainsi que l'étanchéité du silo.



Trappe coulissante



Trappe sur vérins hydrauliques  
(source Compte.R)



Trappe coulissante latéralement

## SILO POUR GRANULES

L'approvisionnement en granulés étant plus simple à assurer que l'approvisionnement en plaquettes, la conception des silos est plus facile. La livraison du granulé est réalisée par camion souffleur. Cet approvisionnement se fait en aérien grâce à l'utilisation d'un tuyau flexible de soufflage, raccordé au silo par un raccord pompier. De fait, la chaufferie et le silo peuvent être :

- de plain-pied avec raccord pompier à hauteur accessible ;
- en sous-sol, avec raccord pompier rapporté au niveau du Rdc.



Pièce de réserve avec alimentation par vis  
(source ÖkoFEN)



Livraison par camion souffleur



## FICHE RESEAUX DE CHALEUR

### DEFINITION

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

Cette définition technique doit être complétée par une définition juridique qui distingue deux types de réseaux :

- **Chaufferie dédiée** qui utilise un réseau pour distribuer de la chaleur à des bâtiments appartenant au même maître d'ouvrage :  
*ex1 : chaudière communale qui dessert les écoles publiques, la mairie, la cantine et la médiathèque.*
- Le producteur de chaleur qui exploite la chaufferie est juridiquement distinct des usagers consommateurs de la chaleur (au moins 2 usagers distincts) : c'est le **réseau de chaleur au sens juridique**.  
*ex2 : réseau qui dessert les écoles, le collège, le lycée et son internat, des logements sociaux.*

### BOUQUET ENERGETIQUE

Les réseaux de chaleur ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre un « bouquet énergétique » en tête de réseau : il est donc possible de mobiliser différentes ressources énergétiques permettant de garantir une stabilité des prix, une sécurité d'approvisionnement et d'assurer une certaine flexibilité (saisonnnière notamment).

Les possibilités d'approvisionnement sont décrites dans le tableau suivant, surtout valable pour les « grands » réseaux urbains :

		Définition	Intérêt environnemental
<b>Energies renouvelables et de récupération</b>	Bois énergie	Valorisation par combustion de produits bois	Impact neutre sur l'effet de serre
	Biogaz	Produit à partir de matières organiques ou de digesteurs de stations d'épuration	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Chaleur issue de cogénération	Production simultanée de chaleur et d'électricité	Amélioration du rendement et réduction des émissions de CO <sub>2</sub> par rapport à la production dissociée
	Géothermie profonde	Exploitations d'aquifères profonds, adaptée à de grosses installations, concentrées aujourd'hui dans le Bassin Parisien	Récupération de chaleur
	Usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM)	Valorisation de la chaleur produite par la combustion des déchets	Valorisation d'une ressource énergétique locale non fossile
	Valorisation de chaleur fatale	Chaleur produite par un site, un process et non valorisée sur le site	Utilisation d'une ressource existante
<b>Energies fossiles</b>	Gaz naturel, fioul, charbon	Energies fossiles valorisées par combustion	Aucun en dehors de la cogénération Impact fort sur l'effet de serre

## AVANTAGES DES RESEAUX DE CHALEUR

Les avantages des réseaux de chaleur sont de plusieurs types et résumés dans le tableau suivant :

<b>Environnementaux</b>	Réduction des émissions de polluants par la plus grande maîtrise de la combustion de systèmes centralisés et performants.  Mobilisation des énergies renouvelables et notamment la biomasse : réduction de l'utilisation d'énergies fossiles et donc des émissions de gaz à effet de serre.
<b>Optimisation énergétique</b>	Les réseaux permettent d'utiliser de la chaleur non valorisée et optimisent donc le bilan énergétique de sites ou de quartiers
<b>Service aux usagers</b>	Distribution d'une chaleur dont le prix et la disponibilité sont attractifs par rapport à des systèmes indépendants peu maîtrisés ; exploitation centralisée indépendante des usagers.
<b>Aménagement urbain</b>	Dans le cadre d'aménagements de nouveaux quartiers ou de réhabilitations de quartiers existants, ce type d'installation apparaît comme un outil pertinent face à l'augmentation des prix des énergies fossiles et à la nécessaire démarche d'optimisation énergétique des territoires pour réduire l'impact environnemental et la dépendance liée aux énergies fossiles.

Figure 74 : Avantages des réseaux de chaleur

Les principales difficultés relèvent :

- de l'investissement : un investissement spécifique au réseau, à la chaufferie et au stockage du combustible ;
- de la difficulté du dimensionnement, notamment lié au phasage d'opérations sur un quartier neuf.

## VALORISATION DES RESEAUX DE CHALEUR ENR DANS LA RT 2012

La RT 2012 valorise les réseaux de chaleur vertueux c'est-à-dire, entre autres, émettant peu de CO<sub>2</sub> par kWh distribué. Ces réseaux doivent pour ce faire mobiliser des énergies renouvelables et de récupération dans leur mix énergétique.

Le tableau suivant présente les coefficients applicables pour moduler le Cepmax en fonction du contenu CO<sub>2</sub> du réseau, dans le cas de bâtiments raccordés à un réseau de chaleur :

Contenu CO <sub>2</sub> du réseau en g/kWh	<50	Entre 50 et 100	Entre 100 et 150	>150
Modulation du Cepmax	+30%	+20%	+10%	0%

Figure 75 : Modulations applicables au Cepmax en fonction du contenu CO<sub>2</sub> du réseau.

La conséquence directe est une modulation favorable de la limite haute de consommation d'énergie primaire pour les bâtiments raccordés à un réseau. Le tableau suivant présente un exemple de modulation :

		Cep max modulé en fonction du contenu CO <sub>2</sub> du réseau de chaleur				
	Cepmax	Cepmax avec bois énergie	<50 g/kWh	Entre 50 et 100 g/kWh	Entre 100 et 150 g/kWh	>150 g/kWh
<b>Bretagne</b>						
Maisons individuelles	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs	55	70	70	65	60	55
Logements collectifs jusqu'au 31/12/2014	63.25	80.5	80.5	74.75	69	63.25

Figure 76 : Impact de la modulation du Cepmax pour un bâtiment raccordé à un réseau de chaleur.

## FICHE FOURNISSEURS D'ÉLECTRICITÉ VERTE

---

L'électricité verte désigne dans son sens courant une **électricité respectueuse de l'environnement**. On l'assimile souvent à l'électricité renouvelable, définie dans la directive électricité renouvelable 2001 comme l'électricité produite à partir de "**sources d'énergie non fossiles renouvelables**" :

- énergie éolienne ;
- solaire ;
- géothermique ;
- houlomotrice ;
- marémotrice et hydroélectrique ;
- biomasse : la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux ;
- gaz de décharge ;
- gaz des stations d'épuration d'eaux usées ;
- biogaz.

L'Union européenne s'est engagée à ce que 21 % de sa consommation brute d'électricité soit produite à partir de sources renouvelables en 2010. Chaque état membre s'est vu attribuer des objectifs indicatifs ; il est de 21 % pour la France.

Différents systèmes permettent de soutenir l'électricité verte, ce sont principalement **les tarifs d'achat** (le producteur vend son électricité à un prix fixé à l'avance) et les **certificats verts** (obligation d'une part d'électricité verte dans le mix avec la création d'un marché). D'autres instruments viennent compléter ce marché : les appels d'offre, les incitations fiscales et le marché volontaire de l'électricité verte. Ce dernier concerne les consommateurs souhaitant une certaine quantité d'électricité verte dans le mix qu'ils reçoivent.

Pour y apporter des réponses, aider le consommateur à choisir et améliorer les offres vertes présentes sur le marché, **un label est en cours de création par le CLER et le WWF**. En France, la plupart des fournisseurs d'électricité proposent des offres vertes. **Le consommateur a ainsi la possibilité de faire le choix de consommer une électricité provenant de sources d'énergie renouvelables.**

Plusieurs de nos voisins ont d'avantage de recul sur ce type de produits car la libéralisation du marché de l'électricité est antérieure. Dans ces pays, des labels ont été créés pour indiquer au consommateur la qualité des offres vertes (Ok Power, Naturemade Star, etc...).

**Ainsi dans une démarche volontariste de réduction du bilan carbone des consommations énergétiques du site, l'aménageur pourrait inciter les futurs usagers de l'électricité à consulter les différents fournisseurs d'électricité verte. Les fournisseurs proposent différents tarifs avec des taux d'électricité verte variant de 25 à 100 %.**

Parmi les fournisseurs les plus connus nous trouvons : EDF, GDF-Suez, Poweo, Direct Energie ou Enercoop.

L'ensemble des fournisseurs d'énergie est référencé sur le site internet [www.energie-info.fr](http://www.energie-info.fr)

## ANNEXE 2 : REGLEMENTATION THERMIQUE 2012



Issue de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement du 03/08/09 (Art.4), dite loi Grenelle1, la réglementation thermique 2012 fixe comme objectif de consommation énergétique une valeur maximale de 50kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an). Ce niveau, équivalent au niveau BBC actuel, permettra de diminuer par trois les consommations énergétiques par rapport à la réglementation thermique 2005. La performance énergétique du bâtiment sera également mesurée en fonction de son adéquation avec une conception bioclimatique. Le coefficient BBio et la température intérieure conventionnelle seront les outils

de mesure de cette exigence. Cette réglementation préfigure l'objectif du grenelle de généraliser en 2020 la conception de bâtiments passifs.

### LES NIVEAUX DE REFERENCE

Les exigences de performance énergétique portent sur les trois facteurs suivants :

- le coefficient **Cep** (coefficient de consommation en énergie primaire) qui doit être **inférieur au niveau imposé dans l'arrêté (Cepmax)**, à savoir **50 kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an)**, modulé en fonction de la localisation géographique, l'altitude, la surface moyenne, le type d'usage de bâtiment et les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées,
- le coefficient **Bbio** (coefficient prenant en compte la conception bioclimatique du bâtiment) qui doit être **inférieur au niveau imposé dans l'arrêté, à savoir 60** (valeur sans unité), modulé en fonction de la localisation géographique, l'altitude et la surface moyenne,
- la température intérieure conventionnelle qui doit être inférieure à une température intérieure conventionnelle de référence pour le projet.

L'intégration de l'impact des émissions de gaz à effet de serre dans le calcul du Cepmax offre une marge supplémentaire dans les cas suivants :

- les bâtiments à usages d'habitation équipés de production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire alimentée en bois énergie,
- tous les bâtiments raccordés à un réseau de chaleur et/ou de froid faiblement émetteur de CO<sub>2</sub>.

En conséquence, sur la région Bretagne et pour ces configurations, le coefficient de modulation des émissions de gaz à effet amènerait à une valeur de consommation de référence de 70 kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an) au lieu des 55 kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an) exigés sur cette zone géographique.

Bretagne	Cepmax cas général	Cepmax bois énergie
<b>Maisons individuelles</b>	55	70
<b>Logements collectifs</b>	55	70
<b>Logements collectifs jusqu'au 31/12/2014</b>	63.25	80.5

Tableau 1 : modulation du Cep max en fonction du type de logement et de l'énergie utilisée (cep max en kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>shonRT.an</sub>)



## EXIGENCES DE MOYENS

---

Les critères de performance énergétique nouvellement définis dans la réglementation thermique sont accompagnés **d'exigences de moyens**.

Les maisons individuelles ou accolées **devront obligatoirement avoir recours aux énergies renouvelables**. Plusieurs solutions sont possibles :

- un équipement de production d'eau chaude sanitaire solaire comprenant au moins 2m<sup>2</sup> de capteurs orientés au Sud et inclinés entre 20° et 60°,
- le raccordement à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50% par une énergie renouvelable ou de récupération,
- une contribution des énergies renouvelables au Cep au moins supérieure à 5kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an),
- un équipement thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire ayant un COP supérieur à 2,
- le recours à une production de chauffage et/ou d'eau chaude sanitaire assuré par une chaudière à micro-cogénération respectant des rendements minimum.

Les valeurs maximales attendues de perméabilité à l'air pour les bâtiments à usage d'habitation seront celles imposées dans le cadre du label BBC Effinergie actuel.

Dans un objectif de diminution des consommations électriques, les bâtiments à usage d'habitation devront avoir un accès favorisé à la lumière naturelle. **La surface totale des baies devra être supérieure ou égale à 1/6 de la surface habitable.**

Tous les bâtiments seront équipés de sous-comptages énergétiques pour déterminer la répartition des consommations énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire, électricité) et permettre aux usagers de faire un suivi de leurs consommations énergétiques. Ces installations ont pour objectif de créer des conditions propices à la responsabilisation des usagers et aux économies d'énergie.

## APPLICATION

---

La réglementation thermique 2012 entre en vigueur aux échéances suivantes :

- le 28 octobre 2011 pour les logements situés en zone ANRU et pour les bâtiments à usage de bureau, les bâtiments d'enseignement et les établissements d'accueil de la petite enfance,
- un an après la publication de l'arrêté, soit fin 2012, pour les autres bâtiments à usage autre que d'habitation,
- le 1<sup>er</sup> janvier 2013 pour les autres bâtiments à usage d'habitation.

## ANNEXE 3 : COUT DE L'ENERGIE

Le tableau suivant présente les hypothèses, selon les valeurs Août 2015, qui ont permis d'évaluer les coûts de fonctionnement la 1<sup>ère</sup> année pour chaque scénario.

	Montant € HT	Montant € TTC
<b><u>électricité 6kVA-tarif bleu</u></b>		
abonnement 6kVA	83.81 € HT	88.42 €/an TTC
prix du kWh unique	0.0980 € HT	<b>0.1467 €/kWh TTC</b>
<b><u>électricité 9kVA-tarif bleu</u></b>		
abonnement 9kVA	111.09 € HT	117.20 € TTC
prix du kWh unique	0.0980 € HT	<b>0.1467 €/kWh TTC</b>
<b><u>électricité 12kVA-tarif bleu</u></b>		
abonnement 12kVA	170.72€ HT	180.11 € TTC
prix du kWh unique	0.0980 € HT	<b>0.1467 €/kWh TTC</b>
<b><u>Taxes</u></b>		<i>montant €/kWh</i>
taxe sur la conso finale d'élec		0.00957 € HT
CSPE		0.01950 € HT
<b><u>Granulé bois</u></b>	0.0623 €/kWh HT	<b>0.0667 €/kWh TTC</b>
prix de la tonne livrée en vrac	293 € HT	
PCI	4700 kWh/t	
<b><u>Gaz naturel- B0</u></b>		
abonnement	76.44 € HT	<b>80.64 € TTC</b>
prix du kWh unique	0.0612 € HT	<b>0.0763 €/kWh TTC</b>
<b><u>Gaz naturel- B1</u></b>		
abonnement	189.84 € HT	<b>200.28 € TTC</b>
prix du kWh unique	0.0420 € HT	<b>0.0632 €/kWh TTC</b>

Figure 77 : Hypothèses de tarifs considérées

## ANNEXE 4 : FRAIS DE MAINTENANCE PRIX EN COMPTE

Les coûts de maintenance annuels par logement pris en compte sont les suivants :

- Solutions individuelles :

Scénario	Opération de maintenance	Coût annuel de maintenance
Sc. 0- Chaudière gaz condensation et ballon thermodynamique	Visite annuelle de contrôle	150 € TTC
Sc. 1- Chaudière gaz condensation et ECS solaire	Visite annuelle de contrôle +contrôle CET	175 € TTC
Sc. 2 Poêle granulés Bois + CET	Ramonage + contrôle installation solaire tous les 2 ans	75 € TTC
Sc.3-PAC sur sondes géothermiques	Visite annuelle de contrôle PAC	250 € TTC
Sc. 4 PAC Air/eau	Visite annuelle de contrôle PAC	120 € TTC

Figure 78: Coût de maintenance pour chaque scénario – solutions individuelles

- Solutions collectives :

Scénario	Opération de maintenance	Coût annuel de maintenance
Sc. 0- Chaudière gaz condensation	Visite annuelle de contrôle	110 € TTC
Sc. 1- Chaudière gaz condensation et ECS solaire	Visite annuelle de contrôle +contrôle installation solaire tous les 2 ans	130 € TTC
Sc. 2 Chaufferie bois granulés	Ramonage + contrôle installation solaire tous les 2 ans	130 € TTC
Sc.3-PAC sur sondes géothermiques	Visite annuelle de contrôle PAC	100 € TTC
Sc. 4 PAC Air/eau	Visite annuelle de contrôle PAC	70 € TTC

Figure 79: Coût de maintenance pour chaque scénario – solutions collectives

## ANNEXE 5 : EMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

Les coefficients utilisés sont issus de l'Arrêté du 15/09/06 relatif au Diagnostic de Performance Energétique et d'une publication de l'Ademe sur les émissions de gaz à effet de serre des kWh électriques en fonction de l'usage de l'électricité :

Facteurs de conversion des kilowattheures finaux en émission de gaz à effet de serre (kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>PCI<sub>ef</sub></sub> ou tCO <sub>2</sub> /MWh <sub>PCI<sub>ef</sub></sub> )		
ENERGIE	CHAUFFAGE	PRODUCTION ECS
Bois, biomasse	0,013	0,013
Gaz naturel	0,234	0,234
Fioul domestique	0,3	0,3
Charbon	0,342	0,384
Gaz propane ou butane	0,274	0,274
Autres combustibles fossiles	0,32	0,32
Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment	0	0
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,18	0,04

Figure 80: Extrait de l'annexe 4 de l'arrêté du 15 Septembre 2006 relatif au DPE

Emissions CO <sub>2</sub> de l'électricité selon note Ademe 2005 (kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>PCI<sub>ef</sub></sub> ou tCO <sub>2</sub> /MWh <sub>PCI<sub>ef</sub></sub> )	
Chauffage	0,18
Eclairage	0,1
Cuisson, lavage	0,06
autres usages résidentiels	0,04

Figure 81: Extrait de la note de cadrage sur le contenu en CO<sub>2</sub> du kWh électrique par usage en France (Source : Ademe 2005)

Nous avons considéré dans cette étude pour l'électricité un coefficient de 0,18 pour le chauffage, de 0,06 pour la cuisson et de 0,04 pour les autres usages.

## ANNEXE 6 : HYPOTHESES RELATIVES AUX EMISSIONS POLLUANTES

Le tableau suivant décrit les caractéristiques des principaux polluants et quelques-uns de leurs effets sur la santé :

Polluant	Sources	Effets sur la santé
<b>Le monoxyde de carbone (CO)</b>	Le monoxyde de carbone résulte d'une combustion incomplète et rapide du carburant, notamment lors des arrêts dus aux embouteillages	anoxie (manque d'oxygène), troubles cardio-vasculaires, migraine, vertiges, troubles de la vision
<b>Les oxydes d'azote (NOx)</b>	Les oxydes d'azote sont issus de la réaction de l'oxygène et de l'azote de l'air sous l'effet de l'élévation de la température du moteur	irritations, diminution des défenses immunitaires et altération des fonctions pulmonaires
<b>Les hydrocarbures (HC)</b>	Les hydrocarbures proviennent d'une combustion incomplète du carburant et de l'huile du moteur	irritations oculaires, toux
<b>Les particules fines</b>	Les particules fines sont émises principalement par les moteurs diesel. Elles sont composées de carbone, d'hydrocarbures, de composés soufrés et de composés minéraux variés	irritations des bronches et des muqueuses nasales, problèmes respiratoires
<b>Résidus de plomb</b>	Les résidus de plomb sont liés à la présence d'additifs en plomb dans certains carburants	intoxications, anémie, troubles de la croissance, insuffisance rénale
<b>Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)</b>	Le dioxyde de soufre est émis par les moteurs diesel	altération des fonctions pulmonaires
<b>L'ozone (O<sub>3</sub>)</b>	Il ne faut pas confondre l'ozone de la « couche d'ozone » et l'ozone de surface : l'ozone de surface est un polluant toxique qui se forme au sol. Elle apparaît quand les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, issus des véhicules et des usines, se transforment sous l'action des rayons solaires et de la chaleur. L'ozone est l'une des principales composantes du smog qui est un brouillard jaunâtre causée par un cocktail de polluants atmosphériques (ozone + particules fines). L'ozone peut se retrouver jusqu'à 800 km de son point d'origine et est donc un des principaux « produit » exportés dans le monde (sic) ! L'ozone apparaît lors de la réaction de certains des polluants sous l'effet du rayonnement solaire	migraine, irritations oculaires, altération des fonctions pulmonaires, toux

Figure 82 : Description des principaux polluants dus aux véhicules à moteur (source : [www.encyclo-ecolo.com](http://www.encyclo-ecolo.com))

Pour évaluer les émissions polluantes des transports dans le futur quartier, nous partons des normes Euro qui fixent des limites d'émissions en fonction du type de véhicule et du carburant utilisé.

Depuis 1993, les normes Euro fixent successivement des seuils d'émission de plus en plus contraignants.



Récapitulatif des normes EURO pour les véhicules Diesel en mg/km								
Norme	Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Monoxyde de carbone (CO)	Hydrocarbures (HC)	HC + NO <sub>x</sub>	Particules (PM)	Particules (P)*	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>
Euro 1		2720		970	140			175500
Euro 2		1000		900	100			168500
Euro 3	500	640		560	50			154200
Euro 4	250	500		300	25			142750
Euro 5	180	500		230	5			127000
Euro 6	80	500		170	5			110000

(\*) Uniquement pour les voitures à essence à injection directe fonctionnant en mélange pauvre (combustion stratifiée).

(\*\*) Nombre de particules. Une valeur limite doit être définie au plus tard pour la date d'entrée en vigueur de la norme Euro 6.

(\*\*\*) Les normes euro ne fixent pas de valeur pour les émissions de CO<sub>2</sub>, celles-ci sont estimées à partir de la publication «Véhicules particuliers vendus en France » édition 2012 de l'Ademe.

Figure 83 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Diesels

Récapitulatif des normes EURO pour les véhicules Essence en mg/km								
Norme	Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	Monoxyde de carbone (CO)	Hydrocarbures (HC)	HC + NO <sub>x</sub>	Particules (PM)	Particules (P)**	Hydrocarbures non méthaniques (HCNM)	Dioxyde de carbone CO <sub>2</sub>
Euro 1		2720						175500
Euro 2		2200						168500
Euro 3	150	2200	200					154200
Euro 4	80	1000	100					142750
Euro 5	60	1000	100		5		68	127000
Euro 6	60	1000	100		5		68	110000

Figure 84 : Récapitulatif des normes EUROS pour les véhicules Essence

Le rapport Chiffres Clés 2011 de l'Observatoire Régional des Transports en Bretagne (ORTB) indique la composition du parc automobile Breton :

...l'âge	Bretagne	...la source d'énergie	Bretagne
< 4 ans	18,8%	Essence	34,9%
4 + 5 ans	13,3%	Gazole	64,6%
6 + 7 ans	13,7%	Bicarburant - GPL	0,5%
8 à 10 ans	22,3%	Electricité	0,0%
11 à 15 ans	31,9%	Non dét.	0,0%
Total	100,0%	Total	100,0%

Figure 85: Extrait du Rapport chiffres clés 2011 ORTB

En fonction, de l'âge du véhicule (donc de sa date de mise en circulation) il est possible de retrouver la norme Euro qui s'appliquait à l'époque et d'en déduire les taux d'émission de polluants en estimant qu'ils sont égaux aux valeurs limites de la norme EURO.

# ETUDE DE CIRCULATION / DÉPLACEMENTS SUR LE SECTEUR EST DE BETTON

Phases 1 & 2 – Diagnostic  
et prospective



# SOMMAIRE

---

## 1 ETAT DES LIEUX

- | Contexte et Organisation du territoire

- | Analyses des déplacements

- | Stationnement rue de Rennes

- | Zoom sur les carrefours du PN 7

## 2 PROSPECTIVE

# — 1 | ETAT DES LIEUX

---

# POPULATION ET MOBILITÉ

## Population :

- En 2011, Betton compte 10 085 habitants.
- Soit une croissance de +2,1 % par an depuis 2006

## Mobilité (Flux D-T) :

- La voiture toujours prépondérante
- Mais augmentation de 2 points de la part modale TC entre 2006 (10%) et 2011 (12%)

Modes du flux D-T	2006		2011	
	Nb actifs	Part modale	Nb actifs	Part modale
Pas de transport	148	4%	200	4%
Marche à pied	152	4%	192	4%
Deux roues	112	3%	128	3%
Voiture. camion. fourgonnette	3316	80%	3736	77%
Transports en commun	416	10%	604	12%
Ensemble	4144	100%	4860	100%



# POLES

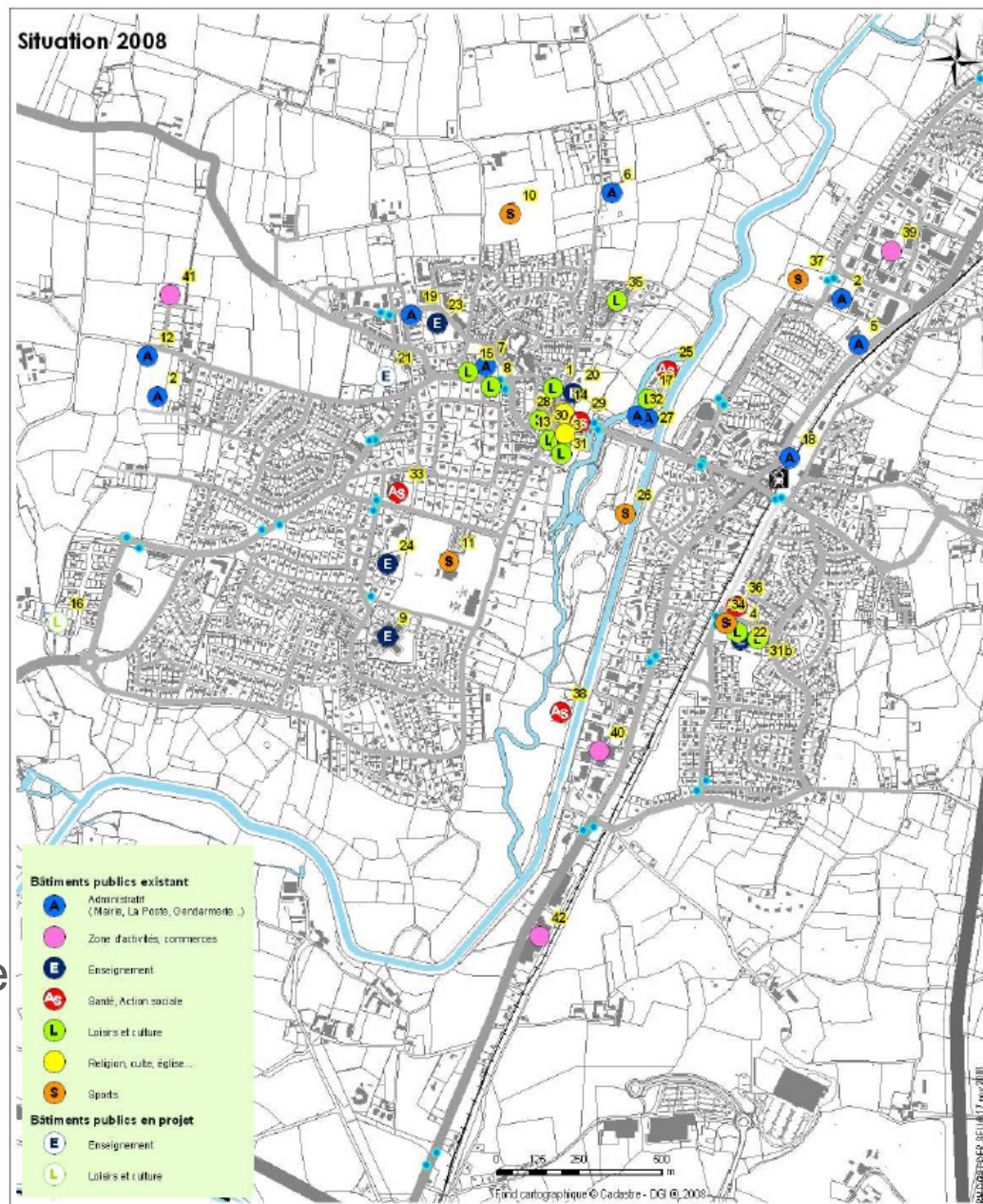
A l'échelle communale, des équipements principalement à l'Ouest de la voie ferrée

Sur le secteur étudié, les pôles générateurs de déplacements se situent :

- Autour du carrefour Rennes / Armorique avec des commerces de proximité, et la gare

- Autour de la rue des Marronniers avec un pôle de quartier scolaire et de loisirs

- Au Sud, le village La Forme



# HIÉRARCHISATION DE VOIRIE

Hiérarchisation de voirie

Des voies structurantes qui accueillent le trafic de transit :

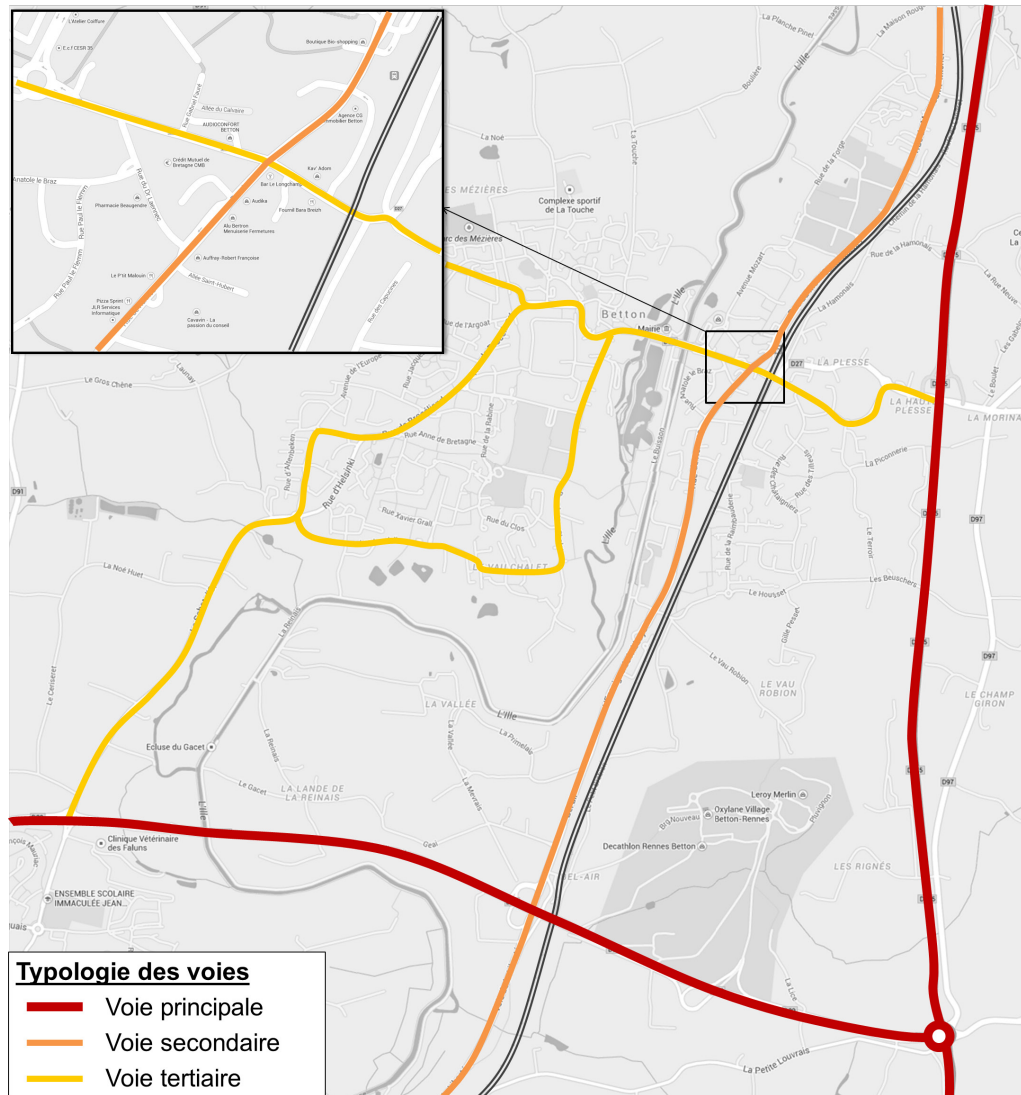
- La RD175 à l'Est
- La RD29 au Sud

Une voie intermédiaire :

- La rue de Rennes dont la vocation est maintenant d'accueillir le trafic intercommunal de l'agglomération

Des voies de desserte des bourgs

- La RD27
- Les routes vers St-Grégoire et Melesse



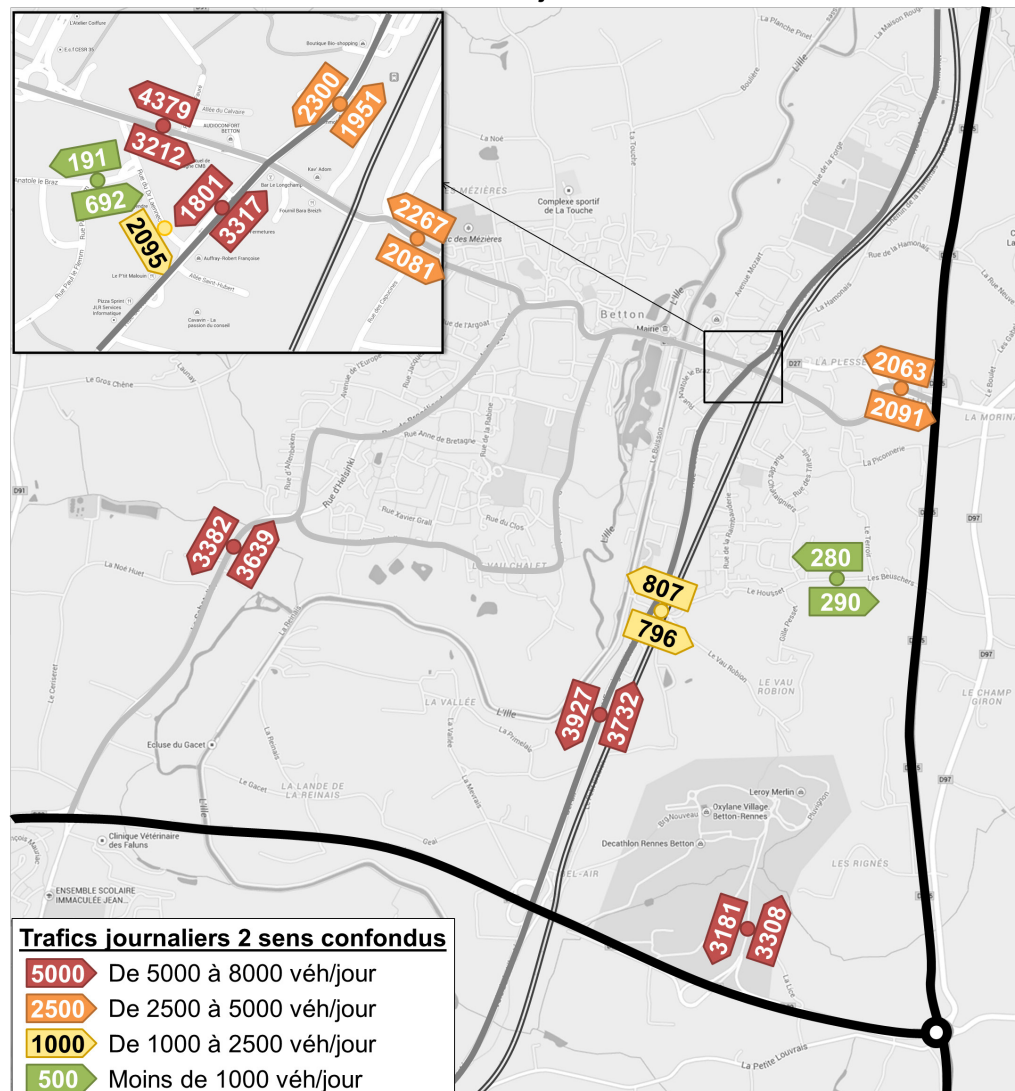
# TRAFICS JOURNALIERS

Résultats des comptages réalisés en 01/2015 :

Trafics Nord-Sud importants avec plus de 5000 véh/jour sur la rue de Rennes ou sur la rue des Sabots d'Or vers Saint-Grégoire

Un trafic important en entrée / sortie de la zone Commerciale Village Forme

Trafics journaliers 2015





# TRAFICS JOURNALIERS

Une stabilisation du trafic Est-Ouest.

Des flux Nord-Sud toujours en évolution :

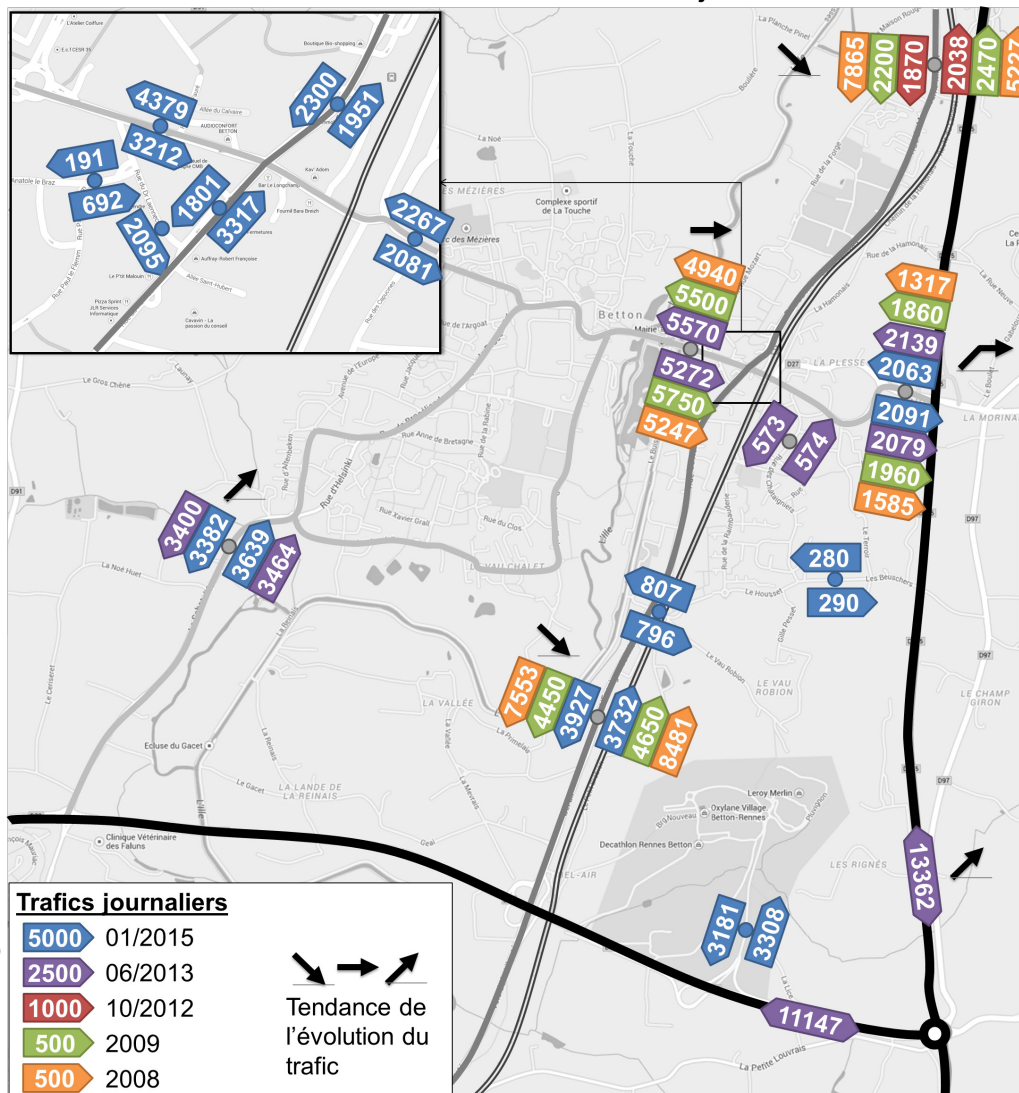
La décroissance du trafic sur la rue de Rennes se confirme et se poursuit :

- avec un trafic moyen journalier de 7700 véh/jour en 2015
- contre 9100 véh/jour en 2009
- soit une baisse de 15 %.

A contrario, la RD175 et la route vers St-Grégoire présentent encore des évolutions à la hausse

- +2% de trafic depuis 2013 pour la route vers St-Grégoire
- +6% d'augmentation entre 2012 et 2013 sur la RD175 (après une stabilisation en 2012).

Evolution des trafics journaliers



# TRAFICS AUX HEURES DE POINTE

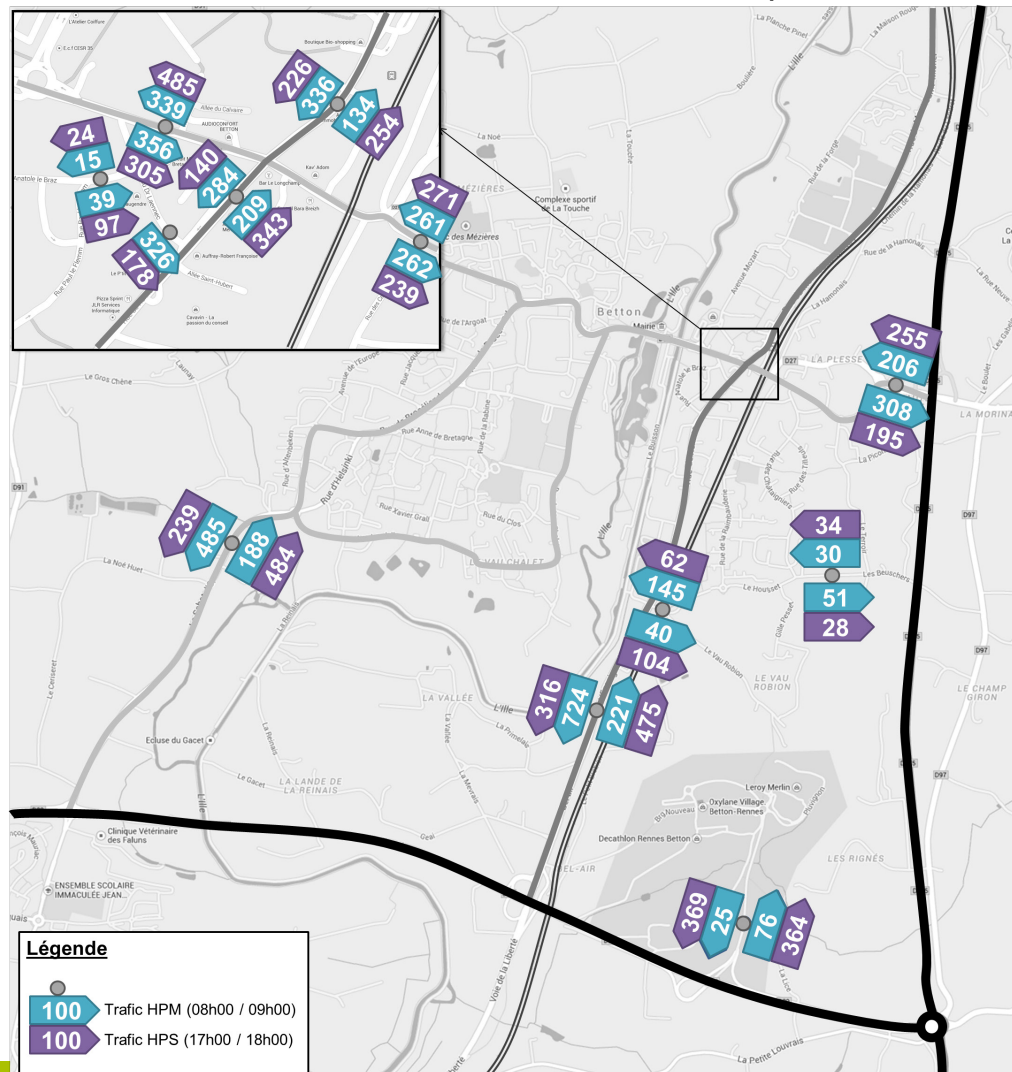
Un trafic pendulaire :

- Très marqué sur les flux Nord-Sud en sortie d'agglomération
- Peu visible sur les carrefours de la Levée

Centre commercial Village  
Forme

- Attractif le soir
- Trafic surtout le mercredi et le samedi

Trafics 2015 aux heures de pointe





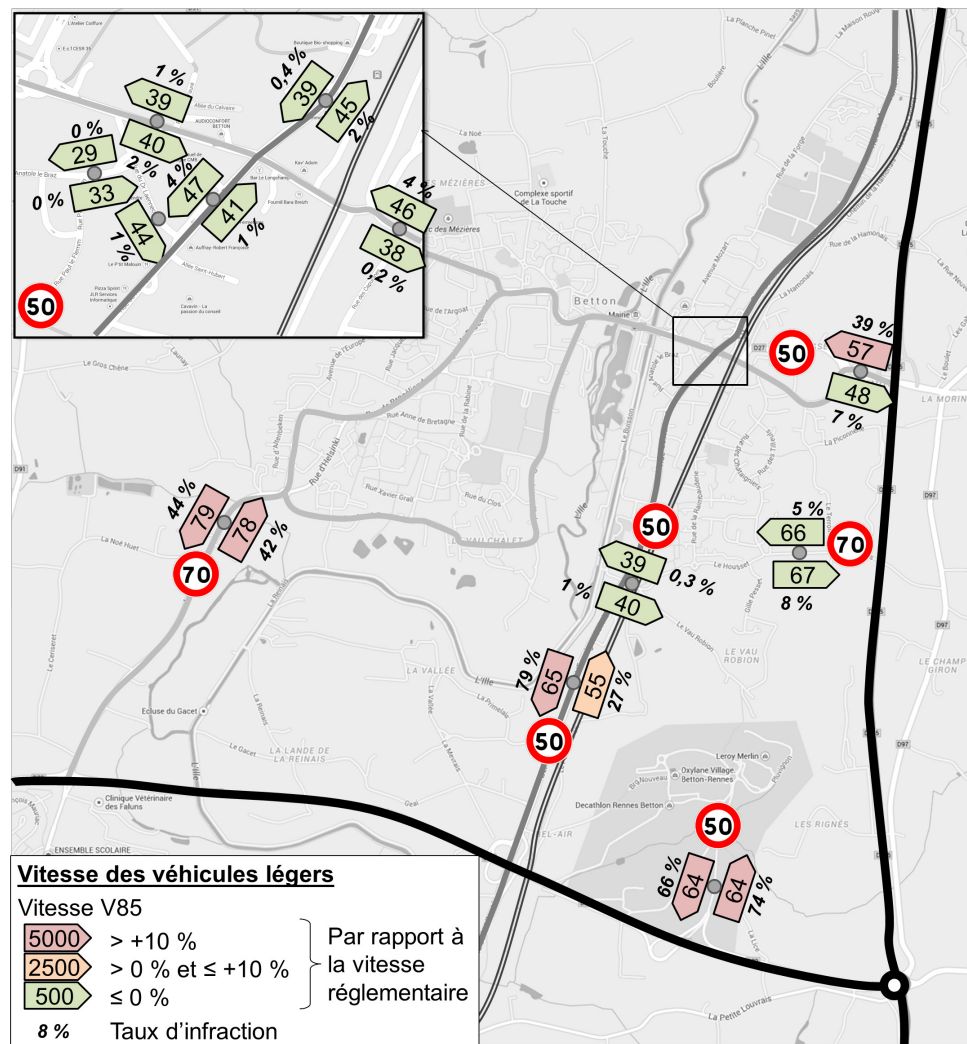
# VITESSES

## Respect des vitesses :

En agglomération, elles sont plutôt bien respectées. Mais ce sont des secteurs où un effort est encore nécessaire pour atteindre une vitesse plus apaisée à 30 km/h (aménagement, ...)

Sur des routes moins urbanisées, en sortie d'agglomération, les vitesses pratiquées sont vite excessives par rapport à la vitesse réglementaire.

Vitesses relevées en 2015



**Nota :**

V85 = vitesse en-dessous de laquelle roulent 85 % des usagers.

# DESSERTE TC

1 ligne TER permettant un accès rapide à Rennes → fréquentation des parkings gare en hausse

5 lignes urbaines TC desservent actuellement la commune de Betton :

Ligne 51

Ligne express 151 (renfort)

Ligne 71

Ligne 78

Ligne 94

Le secteur Est est desservi par la ligne 51



# RUE DE RENNES - OFFRE DE STATIONNEMENT

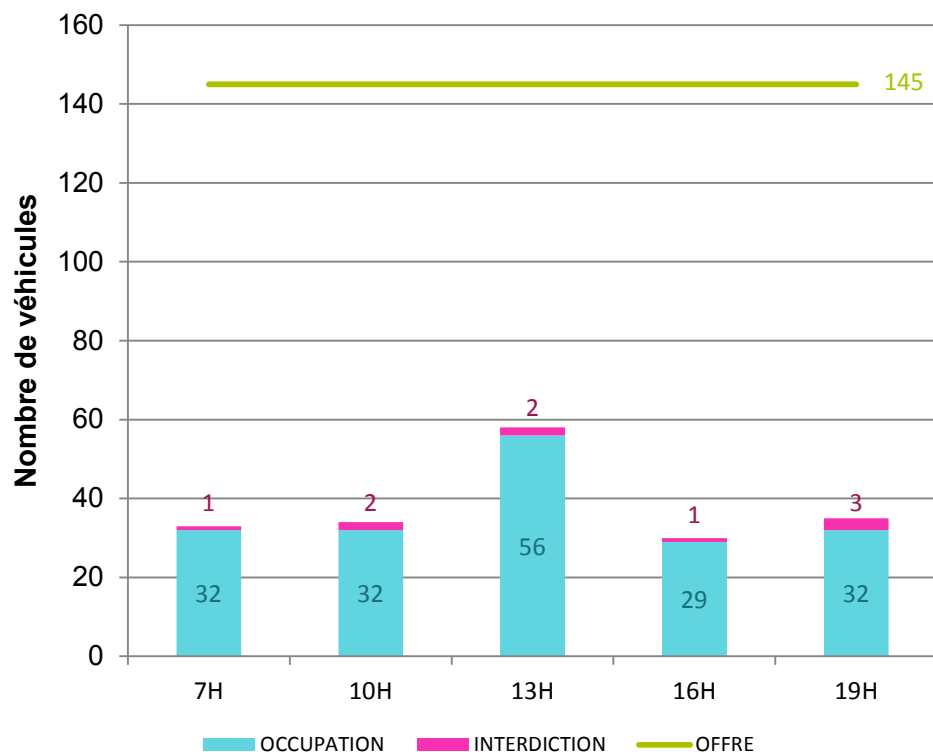
La rue de Rennes offre actuellement 145 places de stationnement entre le carrefour de la Levée et la station service :

- 139 places normales
- 2 places handicapés
- 4 places arrêt minute



# RUE DE RENNES - DEMANDE DE STATIONNEMENT

La demande de stationnement sur l'ensemble de la rue de Rennes enquêtée est faible au regard du nombre de places disponibles. Le pic se situe à 13H avec 58 véhicules, soit un taux de congestion de 40%.



A 13H, la demande est plus forte au niveau des restaurants

Occupation à 13 h



# RUE DE RENNES - BESOIN EN STATIONNEMENT

Actuellement, au vu du relevé terrain, l'offre de stationnement sur la rue de Rennes est surabondante par rapport à la demande.

Pour pouvoir répondre au pic de demande de manière correcte (à savoir un taux de saturation à 90% - limite à partir de laquelle l'utilisateur commence à éprouver des difficultés à trouver une place ), il faudrait conserver environ **70 places** sur la portion enquêtée.

Ces places à conserver se répartissent de la manière suivante :

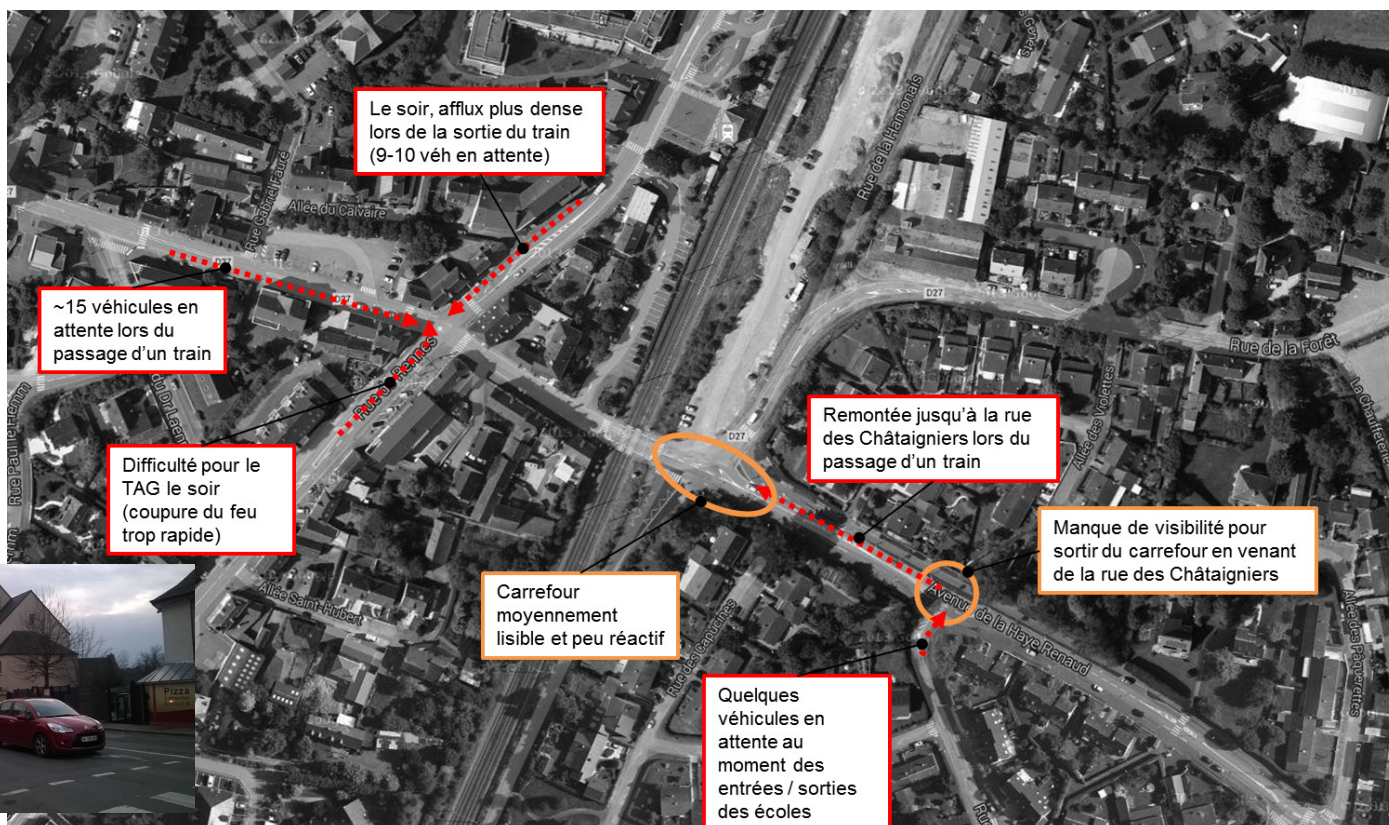
- | 25 places sur la partie 1 - Carrefour de la Levée / R. Anatole le Braz
- | 35 places sur la partie 2 – rue Anatole le Braz à la rue de la Motte d'Ille
- | 8 à 10 places sur la partie 3 – rue de la Motte d'Ille à la station service



# PN7 - CONDITIONS DE CIRCULATION

En général, 4-5 véhicules max en attente sur les branches principales des carrefours

Lors du passage de trains, des files d'attente sur ~100 m sur les avenues d'Armorique et de la Haye-Renaud

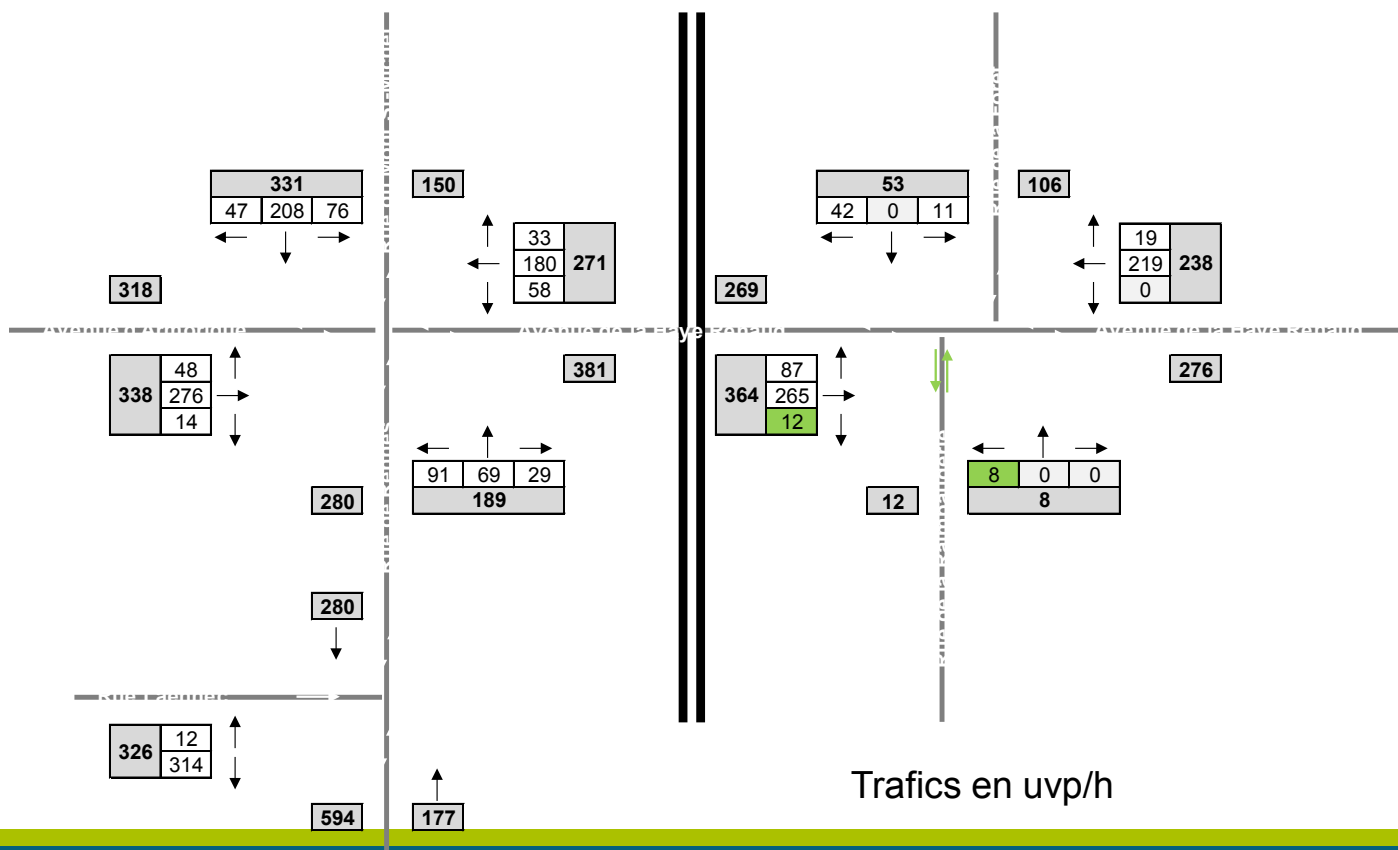


# PN7 – TRAFICS HPM (08H00 – 09H00)

Environ 270 véh/h à franchir le PN7 en Est-Ouest  
et 370 véh/h en Ouest-Est

Des flux filants tout droit essentiellement :

- En Est-Ouest sur Haye-Renaud et Armorique
- En Nord –Sud sur Rennes et Mont Saint Michel



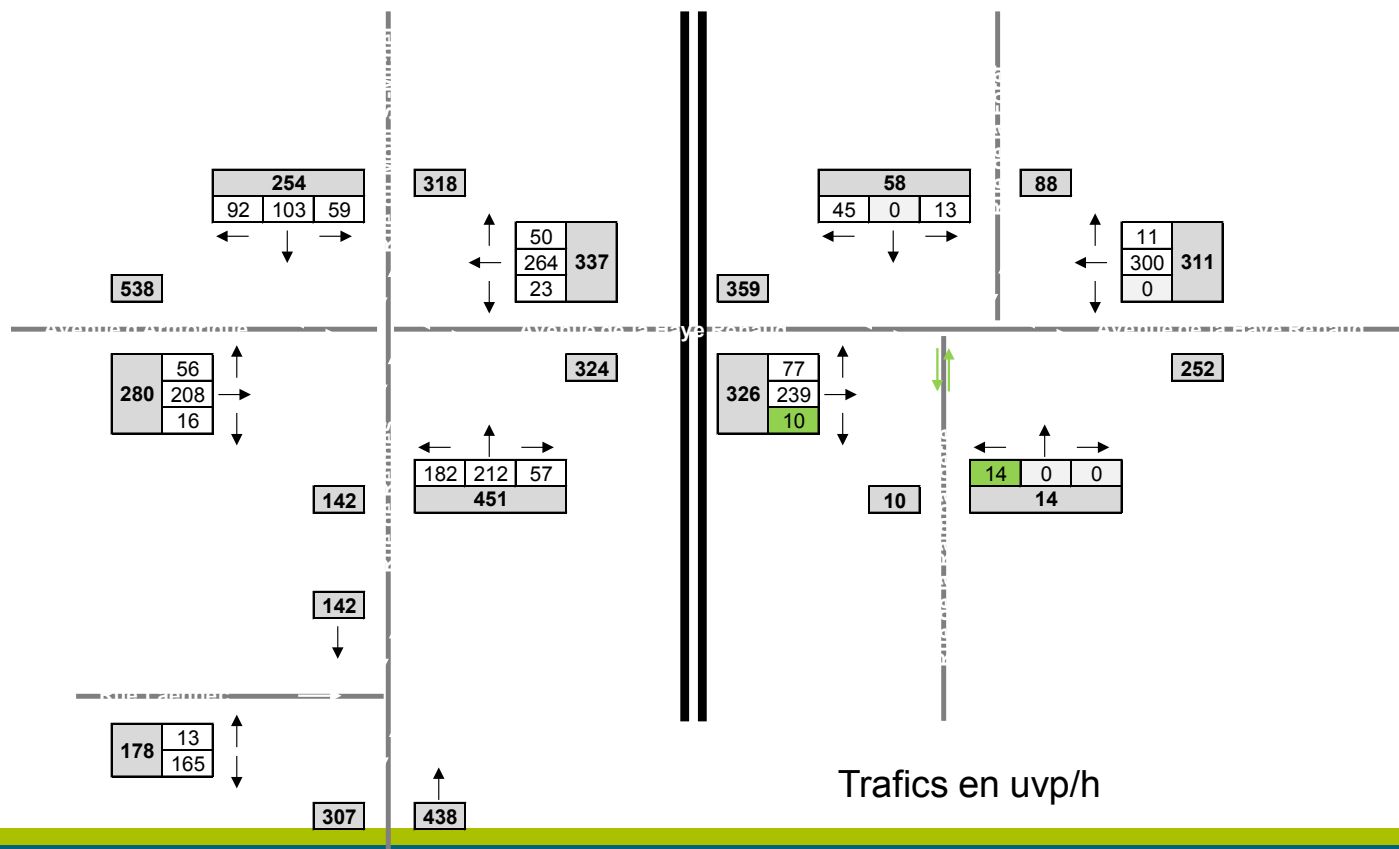
# PN7 – TRAFICS HPS (17H30 – 18H30)

Environ 350 véh/h par sens à franchir le PN7

Des flux filants tout droit essentiellement :

- *En Est-Ouest sur Haye-Renaud et Armorique*
- *En Nord –Sud sur Rennes et Mont Saint Michel*

Un flux de tourne-à-gauche de Rennes vers Armorique élevé le soir



# PN7 - CARREFOUR RENNES / ARMORIQUE

Bonne réserve de capacité du carrefour, malgré les coupures SNCF

Carrefour moins impacté par la coupure SNCF

Rue de Rennes : en HPS, flux important de TAG vers la rue d'Armorique qui ne s'écoule pas dans le cycle

→ Reprogrammation du cycle pour améliorer ce mouvement ?

NB : Ces tests donnent juste une tendance, le fonctionnement des carrefours du PN étant très fluctuant

2015

egisFrance  
Vies & Transports

Rennes / Armorique

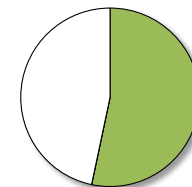
Période : HPM

Durée de cycle : 88 sec

Nb de phases : 2

Réserve de capacité

53%



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Armorique	31s	546 uvp/h	344 uvp/h	202 uvp/h	37%	35 m
1	Haye Renaud	53s	934 uvp/h	280 uvp/h	653 uvp/h	70%	17 m
2	Rennes	20s	352 uvp/h	101 uvp/h	251 uvp/h	71%	10 m
2	Rennes - TAG	20s	129 uvp/h	100 uvp/h	29 uvp/h	23%	10 m
2	Mont St-Michel	22s	388 uvp/h	260 uvp/h	128 uvp/h	33%	32 m
2	Mont St-Michel TAG	22s	258 uvp/h	84 uvp/h	174 uvp/h	68%	8 m

Rennes / Armorique

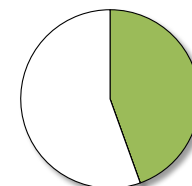
Période : HPS

Durée de cycle : 88 sec

Nb de phases : 2

Réserve de capacité

45%



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Armorique	31s	546 uvp/h	287 uvp/h	259 uvp/h	47%	28 m
1	Haye Renaud	53s	934 uvp/h	344 uvp/h	589 uvp/h	63%	22 m
2	Rennes	20s	352 uvp/h	275 uvp/h	78 uvp/h	22%	33 m
2	Rennes - TAG	20s	181 uvp/h	200 uvp/h	-19 uvp/h	-10%	124 m
2	Mont St-Michel	22s	388 uvp/h	204 uvp/h	183 uvp/h	47%	22 m
2	Mont St-Michel TAG	22s	137 uvp/h	65 uvp/h	72 uvp/h	53%	6 m

# PN7 - CARREFOUR HAYE-RENAUD / FORÊT

Carrefour le plus impacté  
par la coupure SNCF, car  
entièrement mis au rouge

Mais bonne réserve de  
capacité

2015

egisFrance  
Villes & Transports

Haye-Renaud / Forêt

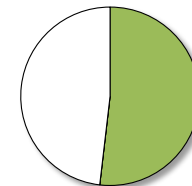
Période : HPM

Durée de cycle : 88 sec

Réserve de capacité

Nb de phases : 3

52%



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Haye Renaud Est	24s	423 uvp/h	240 uvp/h	183 uvp/h	43%	25 m
1	Haye Renaud Ouest	24s	423 uvp/h	374 uvp/h	49 uvp/h	12%	44 m
2	Forêt	22s	388 uvp/h	58 uvp/h	329 uvp/h	85%	6 m
3	Raimbauderie	6s	106 uvp/h	9 uvp/h	97 uvp/h	92%	1 m

2015

egisFrance  
Villes & Transports

Haye-Renaud / Forêt

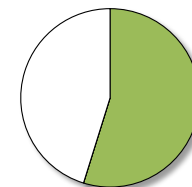
Période : HPS

Durée de cycle : 88 sec

Réserve de capacité

Nb de phases : 3

55%



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Haye Renaud Est	24s	423 uvp/h	312 uvp/h	111 uvp/h	26%	35 m
1	Haye Renaud Ouest	24s	423 uvp/h	335 uvp/h	88 uvp/h	21%	38 m
2	Forêt	22s	388 uvp/h	64 uvp/h	324 uvp/h	84%	6 m
3	Raimbauderie	6s	106 uvp/h	15 uvp/h	90 uvp/h	85%	2 m

NB : Ces tests donnent juste une tendance, le fonctionnement des carrefours du PN étant très fluctuant



## PN7 - CAPACITE MAXIMALE

La grève des routiers du 20/01/2015 avec blocage de la rocade Nord de Rennes a entraîné un fort report de flux sur le PN7 de Betton.

Ceci a engendré de fortes congestions et a permis de détecter la capacité maximale du PN.

Le trafic en HPM dans le sens Est-Ouest était de 480 véhicules au lieu des 200 véhicules habituellement, soit une trafic multiplié par 2,3.



Remontée de file sur toute l'avenue de la Haye Renaud

## — 2 | PROSPECTIVE

---

# SCÉNARIO 2025 - HYPOTHÈSES

## Sur Betton :

Réalisation de 1200 logements à l'horizon +10 ans

Intégration d'un centre commercial et d'un lycée de 1600 élèves sur la Plesse

Création d'environ 500 emplois et intégration de surfaces commerciales sur les zones à proximité du Village Forme

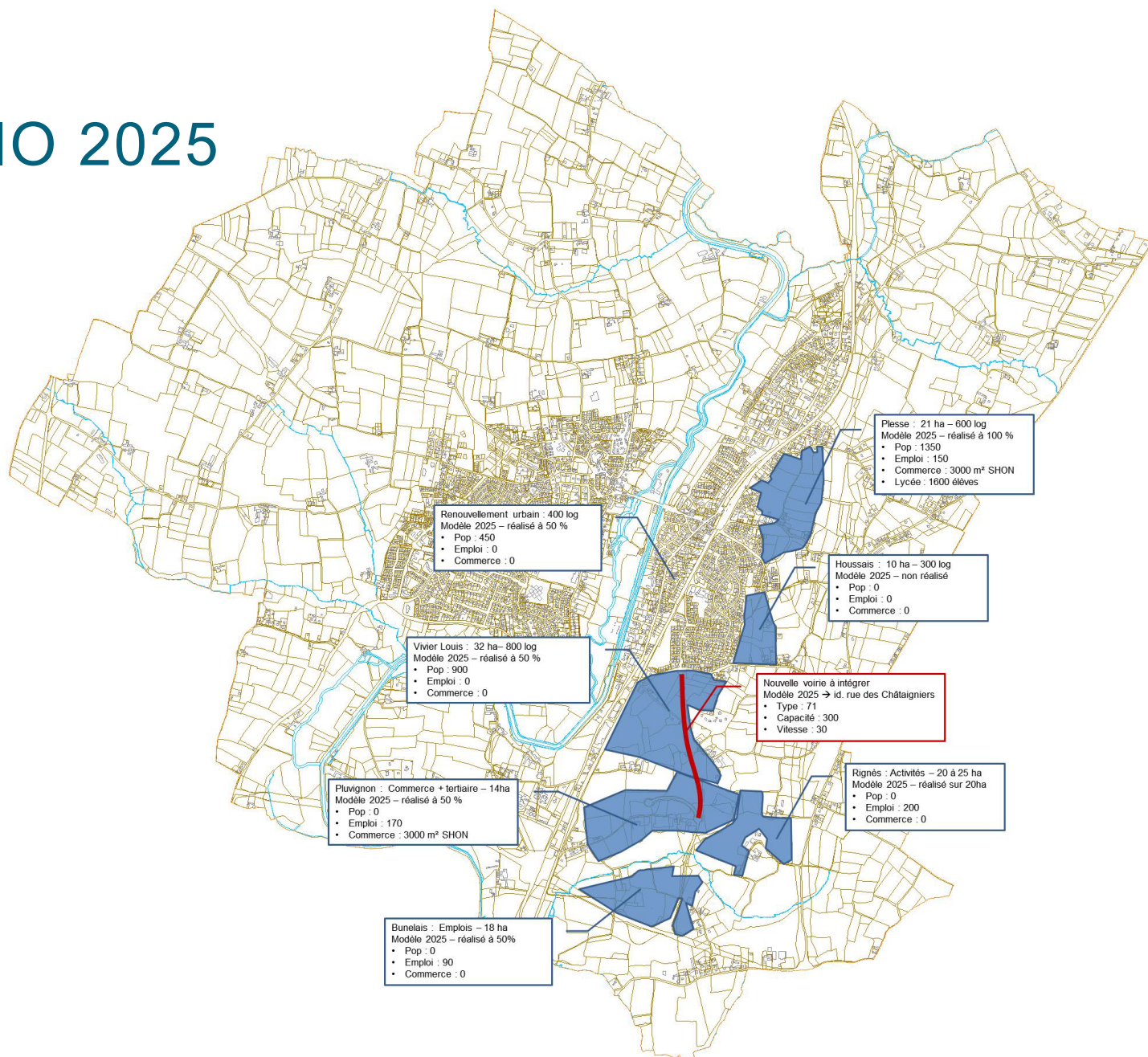
## Sur Rennes Métropole – les principaux projets :

Réalisation de la zone ViaSilva

Ligne de métro B

Evolution par rapport à 2015	Habitat		Emplois		Commerces	Elèves (Lycée)
	Nb de log.	Pop.	en ha	Nb	m² SHON	Nb
Plesse	600	1350	0	150	3000	1600
Houssais	0	0	0	0	0	0
Renouvellement urbain rue de Rennes	200	450	0	0	0	0
Vivier Louis	400	900	0	0	0	0
Rignès	0	0	20	200	0	0
Pluvignon	0	0	7	170	3000	0
Bunelais	0	0	9	90	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1200</b>	<b>2700</b>	<b>36</b>	<b>610</b>	<b>6000</b>	<b>1600</b>

# SCÉNARIO 2025

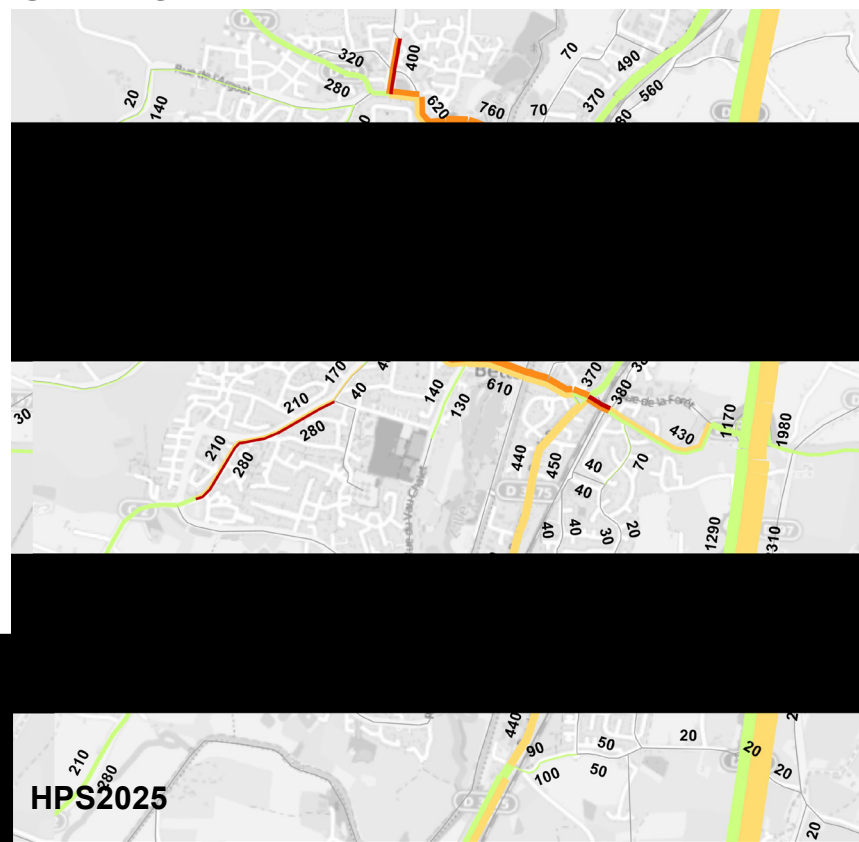


# TRAFICS 2025

Forte augmentation des trafics sur la rue de Rennes et l'avenue d'Armorique et la RD175

Trafics plus stables sur la RD29 et la route de St-Grégoire

Des difficultés au niveau du giratoire RD175/RD29





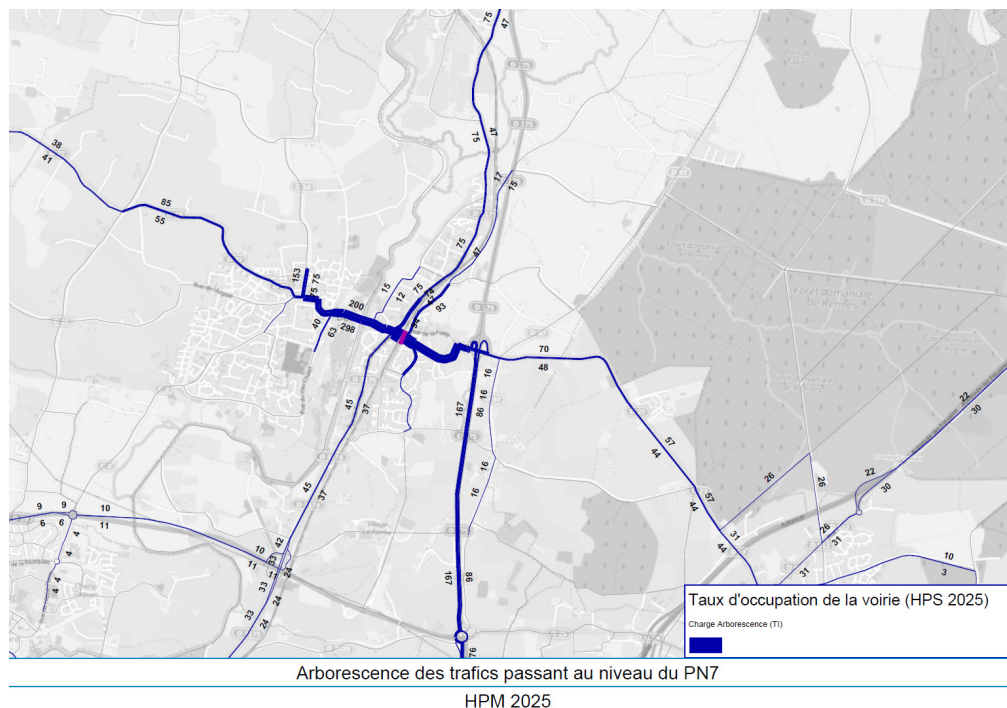
# TRAFICS 2025 – FLUX PASSANT PAR LE PN7

Le PN7 est à saturation à l'horizon 2025 :

L'itinéraire est très attractif, notamment du fait d'une rocade Nord saturée

Cependant, les flux transitant par le PN restent essentiellement des flux d'échanges avec Betton

- *Le matin : 300 véh sur les 860 franchissant le PN (35%) ont pour origine ou destination le secteur Est*
- *Le soir : 240 véh sur les 880 franchissant le PN (27%) ont pour origine ou destination le secteur Est*



# TEST AVEC SUPPRESSION DU PN7

Le modèle intègre une limite de capacité sur le PN7 à 500 véh/h/sens (observation terrain).

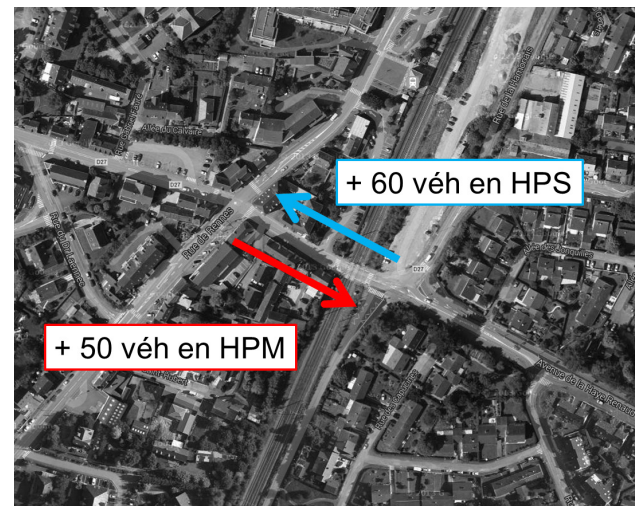
Un test a été réalisé avec les trafics 2025 pour connaître la demande sur ce franchissement si la capacité n'était pas limitée (capacité standard d'une voie structurante à 900 véh/h/sens), ce qui correspondrait à la suppression du PN et la réalisation d'un franchissement inférieur des voies :

Le matin, la demande modélisée est un peu plus importante dans les deux sens :

- + 50 véhicules supplémentaires en Ouest > Est
- +20 véhicules supplémentaires en Est > Ouest

Le soir, la demande modélisée est un peu plus importante sur le sens entrant vers Betton:

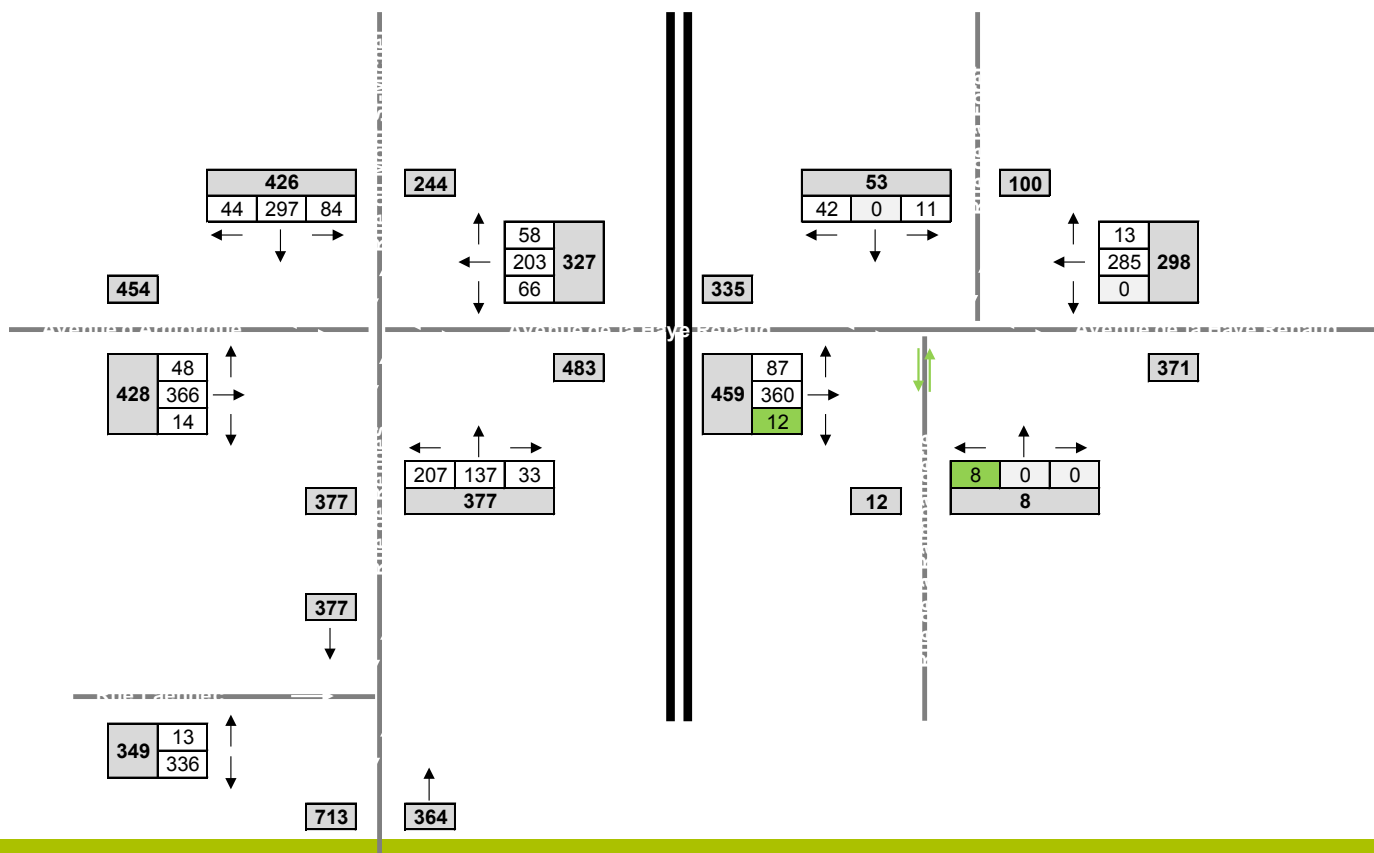
- + 60 véhicules supplémentaires en Est > Ouest, soit +12 % de trafic
- Pas de modification dans le sens Ouest > Est



# PN7 - TRAFICS HPM 2025

Augmentation générale des trafics de +30 à +40% en section  
Au niveau du franchissement du PN7, environ +25 % de trafic supplémentaire dans chaque sens

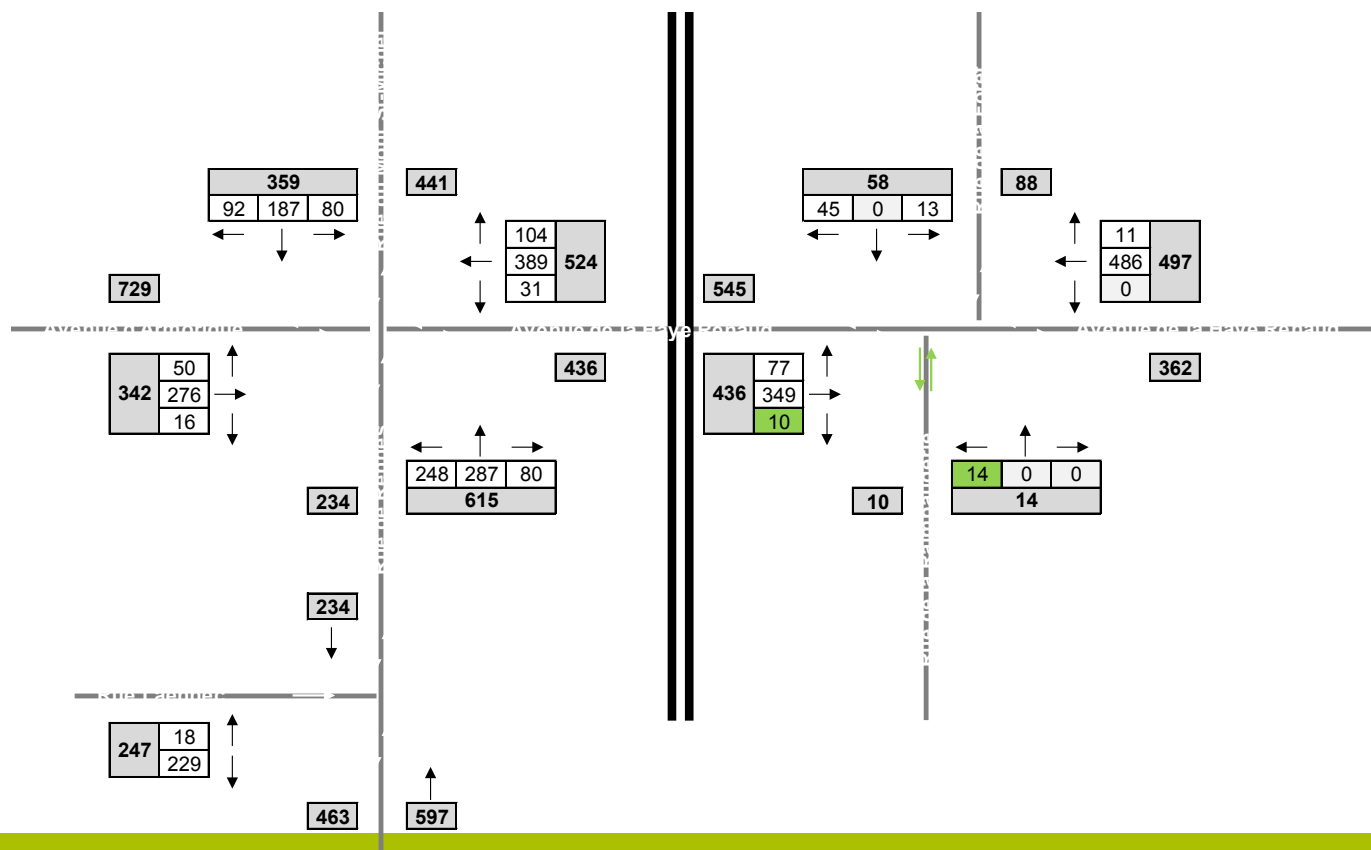
- Dans le sens Ouest > Est : +65 véhicules
- Dans le sens Est > Ouest : +100 véhicules



# PN7 - TRAFICS HPS 2025

Augmentation générale des trafics de +30 à +50% en section  
 Au niveau du franchissement du PN7, un trafic supplémentaire plus fort dans le sens Est > Ouest

- Dans le sens Ouest > Est : +110 véhicules, +35 % de trafic
- Dans le sens Est > Ouest : +190 véhicules, +50% de trafic



# PN7 - CARREFOUR RENNES / ARMORIQUE

Carrefour saturé avec des problèmes concentrés sur les rues de Rennes et rue du Mont Saint-Michel

2025

Rennes / Armorique

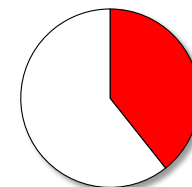
Période : HPM

Durée de cycle : **88 sec**

Nb de phases : **2**

Réserve de capacité

**-39%**



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Armorique	31s	546 uvp/h	434 uvp/h	112 uvp/h	20%	48 m
1	Haye Renaud	53s	934 uvp/h	339 uvp/h	594 uvp/h	64%	21 m
2	Rennes	20s	352 uvp/h	173 uvp/h	179 uvp/h	51%	18 m
2	Rennes - TAG	20s	57 uvp/h	228 uvp/h	-171 uvp/h	-299%	883 m
2	Mont St-Michel	22s	388 uvp/h	345 uvp/h	42 uvp/h	11%	48 m
2	Mont St-Michel TAG	22s	214 uvp/h	92 uvp/h	122 uvp/h	57%	9 m

Rennes / Armorique

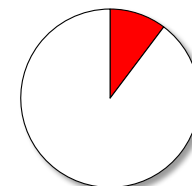
Période : HPS

Durée de cycle : **88 sec**

Nb de phases : **2**

Réserve de capacité

**-10%**



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Armorique	31s	546 uvp/h	349 uvp/h	197 uvp/h	36%	36 m
1	Haye Renaud	53s	934 uvp/h	538 uvp/h	396 uvp/h	42%	40 m
2	Rennes	20s	352 uvp/h	375 uvp/h	-23 uvp/h	-6%	205 m
2	Rennes - TAG	20s	105 uvp/h	273 uvp/h	-168 uvp/h	-161%	872 m
2	Mont St-Michel	22s	388 uvp/h	288 uvp/h	99 uvp/h	26%	37 m
2	Mont St-Michel TAG	22s	80 uvp/h	88 uvp/h	-8 uvp/h	-10%	9 m

NB : Ces tests donnent juste une tendance, le fonctionnement des carrefours du PN étant très fluctuant



# PN7 - CARREFOUR HAYE-RENAUD / FORÊT

Carrefour également à la limite de la saturation aussi bien le matin que le soir

Le matin, un trafic Ouest-Est trop important (mais un peu limité par la capacité du carrefour Rennes / Armorique)

Le soir, les trafics Est-Ouest et Ouest-Est sur l'avenue de la Haye-Renaud sont pénalisés

**NB :** Ces tests donnent juste une tendance, le fonctionnement des carrefours du PN étant très fluctuant

2025

egisFrance  
Villes & Transports

Haye-Renaud / Forêt

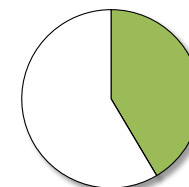
Période : HPM

Durée de cycle : **88 sec**

Nb de phases : **3**

Réserve de capacité

**41%**



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Haye Renaud Est	24s	423 uvp/h	299 uvp/h	123 uvp/h	29%	33 m
1	Haye Renaud Ouest	24s	423 uvp/h	469 uvp/h	-46 uvp/h	-11%	291 m
2	Forêt	22s	388 uvp/h	58 uvp/h	329 uvp/h	85%	6 m
3	Raimbauderie	6s	106 uvp/h	9 uvp/h	97 uvp/h	92%	1 m

Haye-Renaud / Forêt

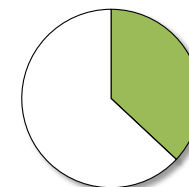
Période : HPS

Durée de cycle : **88 sec**

Nb de phases : **3**

Réserve de capacité

**37%**



Détail par axe

Phase	Mouvement	Temps de vert	Capacité	Demande de trafic	Capacité résiduelle	Réserve capacité	Longueur maximale de file d'attente
1	Haye Renaud Est	24s	423 uvp/h	498 uvp/h	-75 uvp/h	-18%	442 m
1	Haye Renaud Ouest	24s	423 uvp/h	445 uvp/h	-22 uvp/h	-5%	165 m
2	Forêt	22s	388 uvp/h	64 uvp/h	324 uvp/h	84%	6 m
3	Raimbauderie	6s	106 uvp/h	15 uvp/h	90 uvp/h	85%	2 m

# PN7 – SIMULATIONS DYNAMIQUES

En HPM 2025 :

- Rue de Rennes saturée et n'écoulant pas tout le trafic

En HPS 2025 :

- Rue de Rennes saturée et n'écoulant pas tout le trafic

- Des remontées ponctuelles sur le PN dans le sens Est-Ouest (2 – 3 fois dans l'HP)



# SYNTHÈSE

Un fonctionnement actuel globalement correct :

- | Les carrefours encadrant le PN7 fonctionnent correctement malgré les coupures importantes liées au passage des trains.
- | Le soir, quelques difficultés ponctuelles sur le trafic en TAG de Rennes vers Armorique, pouvant être amélioré par une adaptation du carrefour (mise en place d'une boucle de détection pour ce mouvement)

En 2025, un PN saturé :

- | La hausse générale de la population aussi bien à l'Ouest que à l'Est de Betton entraîne une demande importante sur ce franchissement
- | Cette demande est accentuée par des difficultés de circulation sur la rocade Nord

## — CONTACT —

---

**BRIERE Marie**

| 02 40 74 54 54

| *marie.briere@egis.fr*

[www.egis.fr](http://www.egis.fr)

---



# — ANNEXES

---

## 1 ARBORESCENCES DE TRAFICS SUR PN7



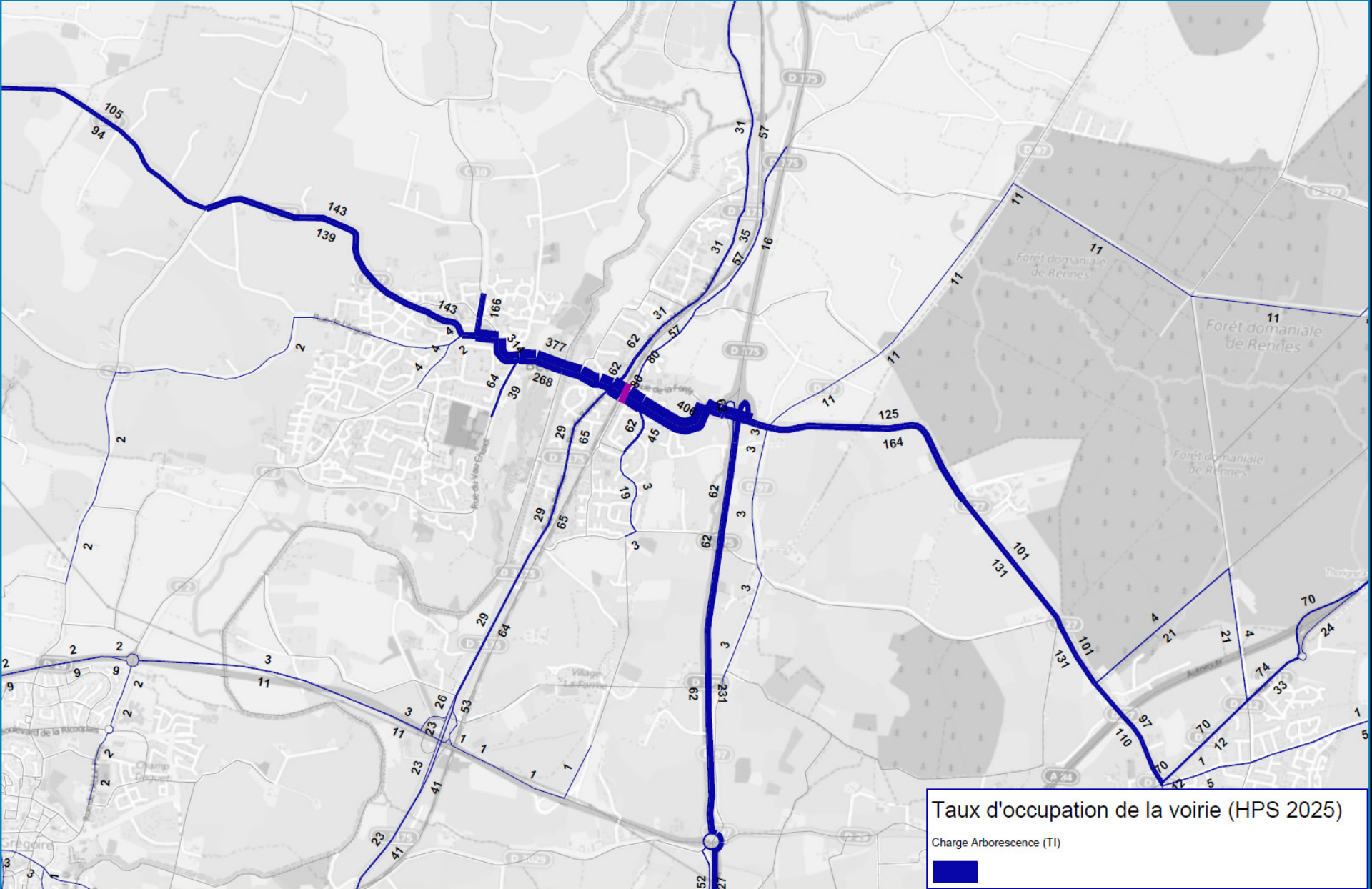


[illegible]

Arborescence des trafics passant au niveau du PN7

HPM 2025





## Arborescence des trafics passant au niveau du PN7 HPS 2025

[illegible]

Arborescence des trafics passant au niveau du PN7

HPS 2025
----------

**BETTON - PROJET DE ZAC LA PLESSE - LA CHAUFFETERIE**

### Planning prévisionnel

[illegible]

**Grille de lecture :**

	Procédure ZAC
	Etudes complémentaires
	PN n°7

NOTA : Ce planning (ZAC) est établi sous réserve de la maîtrise foncière et de la contrainte archéologique. Les études de réalisation permettront également de confirmer les prochaines grandes étapes.

Les données concernant le planning du PN n°7 sont issues des Services de la Préfecture.