





# Atlas du potentiel géothermique des aquifères de la région Picardie

## Tome 3 : Étude du potentiel de développement de la géothermie en région Picardie

Rapport final

**BRGM/RP-62381-FR**

Mai 2013

Étude réalisée dans le cadre du projet  
d'Appui aux politiques publiques du BRGM  
PSP11PIC60

**M. Analy**

En collaboration avec **Y. Husson**

**Vérificateur :**

Nom : JC. Martin



Date :

Signature : **28 mai 2013**

**Approbateur :**

Nom : D. Maton



Date :

Signature : **30 mai 2013**

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



**Mots-clés** : Géothermie, SRCAE, potentiel géothermique, besoin thermique, ressource géothermale, taux d'adéquation.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : M. Analy (2013) – Atlas du potentiel géothermique des aquifères de la région Picardie. Tome 3 : Étude du potentiel de développement de la géothermie en région Picardie. Rapport final. BRGM/RP-62381-FR, 83 p., 24 ill., 9 tabl., 3 ann., 1 CD.



## Synthèse

Ce rapport présente les résultats du troisième volet de l'étude « Atlas du potentiel géothermique des aquifères de la région Picardie » cofinancée par l'ADEME, la DREAL Picardie et le BRGM.

Les deux premiers volets de l'étude étaient consacrés à la méthodologie et à la conception de l'atlas (tome 1), ainsi qu'à la réalisation d'un état des lieux et des perspectives de développement de la filière géothermique en Picardie (tome 2). A la suite de ce premier travail, les trois partenaires ont engagé un troisième volet de l'étude, qui vise à réaliser un croisement entre les capacités géothermales de la ressource étudiée lors de l'élaboration de l'atlas (tome 1), et les besoins thermiques du bâti de la région Picardie dont l'estimation fait partie de ce tome 3.

Le croisement (ou l'adéquation) des ressources avec les besoins vise à déterminer l'apport possible de la géothermie, et son approche cartographique constitue un enjeu important pour élaborer un schéma de développement de la géothermie afin de l'inscrire dans le bouquet énergétique d'un territoire.

En effet, le potentiel de la ressource géothermale, qu'elle provienne des aquifères superficiels et profonds, ou qu'elle provienne directement des terrains au moyen d'échangeurs enterrés (sondes géothermiques verticales) sera valorisé uniquement si des besoins thermiques sont présents au droit de la ressource, car la géothermie représente une énergie locale qu'il est difficile de transporter.

De ce fait, la prise en compte de la notion de territoire est particulièrement importante lorsqu'il s'agit de la mise en place d'une solution géothermique. En effet, la ou les ressources géothermales ont des caractéristiques fixées par la nature (débit et température), il faudra par conséquent analyser de façon très précise le meilleur moyen de l'épuiser. Le travail de croisement ressources-besoins ne peut se faire que par une approche géographique.

Le premier volet de l'étude a montré que la région Picardie est favorable au développement de la géothermie, notamment la géothermie très basse énergie (TBE), avec un sous-sol pourvu de plusieurs aquifères superficiels. En effet, il existe au moins cinq aquifères à une profondeur inférieure à 100 m, et qui disposent de capacités (débit et température) intéressantes permettant le recours à la géothermie avec pompes à chaleur (PAC) pour couvrir les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire (ECS).

L'aquifère superficiel le plus important d'un point de vue géothermique est celui de la Craie. Il offre la meilleure productivité et couvre près de 75% du territoire régional.

L'analyse multicritère associant les trois paramètres, débit, température et profondeur d'accès, montre que l'ensemble des aquifères superficiels permet d'avoir un potentiel géothermique fort (dans la gamme de la géothermie TBE) sur 85% de la Picardie. La carte régionale du potentiel du meilleur aquifère indique que 97,7% du territoire disposent de données pour le calcul du potentiel, qui est majoritairement fort ou moyen :

- Potentiel Fort : 85,7% ;
- Potentiel moyen : 11,8% ;
- Potentiel faible : 0,2%.

Il reste ainsi 2,3% de la région défavorable à l'installation d'une PAC sur aquifère. Ces secteurs correspondent aux zones où la ressource en eau est très limitée voire inexistante : socle des Ardennes, formations argileuses du Pays de Bray, Bas-Champs... Dans ces zones dépourvues de ressources aquifères, les maîtres d'ouvrage pourront faire appel à des sondes géothermiques verticales (SGV) s'ils souhaitent combler des besoins thermiques en utilisant la géothermie TBE.

Il est à noter que ces chiffres très favorables à la géothermie TBE ne considèrent que l'aspect « ressource ». Ils devraient être modulés de manière à tenir compte des contraintes réglementaires et techniques identifiées et cartographiées.

Concernant les aquifères profonds qui permettent un développement de la géothermie basse énergie (BE), pouvant couvrir des besoins importants, alimentés par des réseaux de chaleur et sans assistance de pompes à chaleur, est très limité. Seule la zone Sud et Sud-Ouest, où les aquifères profonds (notamment le Dogger, très intéressant pour sa productivité) s'inscrivent dans la continuité de l'île de France avec des profondeurs d'environ 1800 m et des températures avoisinant les 70 °C.

Vers le nord, les formations géologiques remontent fortement pour atteindre au nord de la région Picardie des profondeurs de moins de 300 m et des températures assez faibles (entre 20 et 10 °C) pour recourir à des réseaux de chaleur basse énergie (sans usage de pompes à chaleur).

Le croisement des ressources avec les besoins thermiques en surface a été réalisé en appliquant la méthodologie suivante :

- Définition de l'échelle de travail : une grille de mailles de 250 m \* 250 m ;
- Estimation et cartographie des besoins thermiques en surface : les consommations retenues sont celles liées au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire. Pour réaliser ce travail, il a été fait appel à plusieurs bases de données :
  - o BD TOPO (données de l'IGN) ;
  - o Données d'ENERTER, de l'INSEE, ...
- Croisement des ressources et des besoins : pour ce travail, les technologies géothermiques utilisées sont :
  - o Doublets sur aquifères superficiels ;
  - o Capteurs à boucles fermées (sondes géothermiques verticales) ;
  - o Doublets sur aquifères profonds.
- Intégration des contraintes réglementaires et techniques.

Les résultats de ce troisième volet de l'étude montrent que le potentiel de développement de la géothermie est élevé, notamment celui des aquifères superficiels qui pourrait atteindre plus 1 000 kTep/an en 2020 avec une exploitation maximale, ce qui représente 90 % du potentiel global de la géothermie en région Picardie toutes technologies confondues (illustration 1).

Certaines communes sont plus favorables à cette technologie géothermique où les doublets sur aquifères superficiels peuvent couvrir 100 % ou plus des besoins de chauffage (potentiel excédentaire).

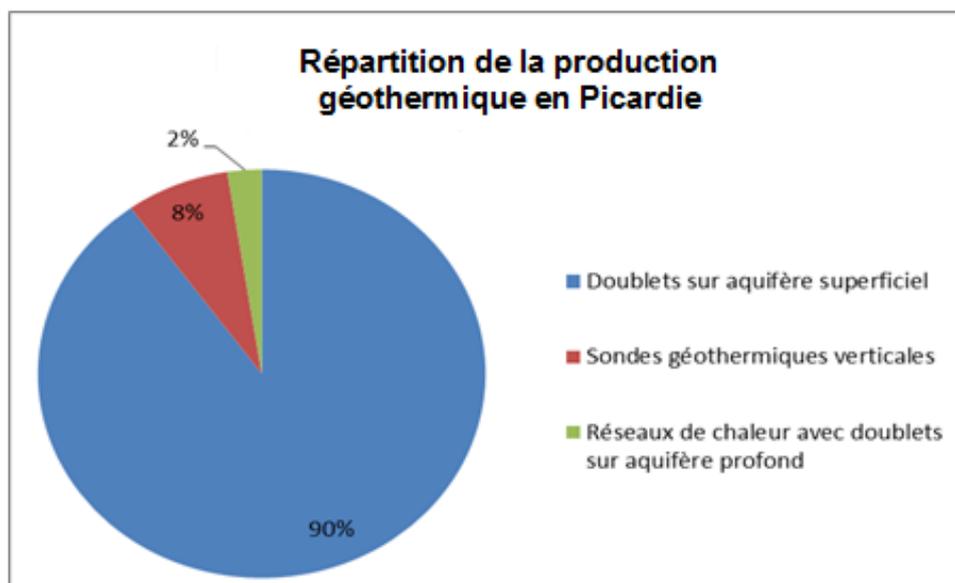


Illustration 1 : Répartition de la production géothermique suivant les trois technologies étudiées

Concernant le potentiel des sondes géothermiques verticales, le potentiel de développement se quantifie à plus 80 kTep/an à l'horizon 2020. Sont concernées principalement les zones sans ressources aquifères, ainsi que certaines zones avec des besoins faibles.

Pour la géothermie sur aquifères profonds, l'étude a permis de mettre en avant les communes les plus propices à la mise en place d'un (ou plusieurs) réseau(x) de chaleur, en localisant les zones avec une concentration de besoins thermiques élevés, puis en réalisant un croisement avec les données de l'aquifère Dogger. Il en sort un potentiel d'environ 30 kTep/an.

Au final, le potentiel global de la géothermie en région Picardie pourrait atteindre plus de 1 100 kTep/an à l'horizon 2020. Si l'on se base sur une hypothèse de 3 % de ce potentiel, l'objectif à atteindre pour la géothermie serait d'environ 34 kTep/an qui se répartiront sur les trois technologies étudiées de la façon suivante:

Technologie géothermique	kTep /an	Hypothèse 3%
	Potentiel global	en 2020
Doublets sur aquifère superficiel	1023,00	30,69
Sondes géothermiques verticales	85,00	2,55
Réseaux de chaleur avec doublets sur aquifère profond	28,00	0,84
	1136,00	34,08

Tableau 1 : Contribution des technologies géothermiques pour atteindre l'objectif 2020 (hypothèse 3 %)

Cette étude vient renforcer les analyses du schéma de développement de la géothermie en Picardie, et pourra s'inscrire dans la continuité du Schéma Régional Climat Air Energie (SRCAE) et sa partie consacrée aux énergies renouvelables.

## Sommaire

<b>1. Introduction</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Rappel des résultats des volets 1 &amp; 2 de l'étude</b> .....	<b>13</b>
2.1. METHODOLOGIE ET CONCEPTION DE L'ATLAS DE LA RESSOURCE AQUIFERE (VOLET 1).....	13
2.2. ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE GEOTHERMIQUE (VOLET 2).....	14
<b>3. Méthodologie générale de détermination du potentiel de développement de la géothermie en Picardie</b> .....	<b>17</b>
3.1. LA NOTION DE POTENTIEL GEOTHERMIQUE .....	17
3.2. LA PRISE EN COMPTE DES PRINCIPALES FILIERES .....	17
3.3. DEFINITION DE L'ECHELLE DE TRAVAIL .....	20
3.4. ESTIMATION ET CARTOGRAPHIE DES BESOINS THERMIQUES .....	22
3.5. CROISEMENT « RESSOURCES / BESOINS ».....	23
3.6. INTEGRATION DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES ET TECHNIQUES.....	23
<b>4. Estimation et cartographie des besoins thermiques</b> .....	<b>25</b>
4.1. BD TOPO® (DONNEES IGN) .....	25
4.1.1. Description générale.....	25
4.1.2. Objets retenus .....	25
4.1.3. Extraction des données.....	28
4.2. ESTIMATION DE LA SURFACE NEUVE .....	30
4.3. CONSOMMATIONS THERMIQUES .....	32
4.3.1. Secteur résidentiel.....	32
4.3.2. Secteur tertiaire .....	35
4.4. RESULTATS DU CALCUL DES BESOINS THERMIQUES EN SURFACE POUR LE BATI EXISTANT .....	36
4.5. APPROCHE QUALITATIVE DU CROISEMENT RESSOURCES/BESOINS.....	39
<b>5. Potentiel géothermique des aquifères superficiels</b> .....	<b>41</b>
5.1. PRINCIPE GENERAL.....	41

5.2. PUISSANCE GEOTHERMIQUE DISPONIBLE ASSUREE PAR LA RESSOURCE EN EAU .....	41
5.3. PUISSANCE NECESSAIRE EN SURFACE POUR COUVRIR LES BESOINS THERMIQUES .....	42
5.4. TAUX D'ADEQUATION ET TAUX DE COUVERTURE .....	42
<b>6. Potentiel géothermique des sondes géothermiques verticales .....</b>	<b>47</b>
6.1. METHODOLOGIE APPLIQUE A LA DETERMINATION DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES SONDES GEOTHERMIQUES VERTICALES .....	47
6.2. RESULTATS .....	50
<b>7. Potentiel géothermique des aquifères profonds pour les réseaux de chaleur 52</b>	
7.1. METHODOLOGIE APPLIQUE A LA DETERMINATION DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES AQUIFERES PROFONDS .....	52
7.2. RESULTATS DU CALCUL DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT GEOTHERMIQUE SUR LES AQUIFERES PROFONDS .....	55
<b>8. Conclusion et proposition pour l'élaboration d'un plan d'actions .....</b>	<b>57</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Répartition de la production géothermique suivant les trois technologies étudiées	5
Illustration 2 : Exploitation géothermique des eaux souterraines par doublet sur aquifère superficiel .....	18
Illustration 3 : Les différents types d'échangeurs et leurs puissances approximatives .....	19
Illustration 4 : Schéma d'une installation de réseau de chaleur urbain géothermique (type région parisienne) .....	20
Illustration 5: Extrait de la carte des entités hydrogéologiques de la Picardie avec la grille de maille de 500 m sur 500 m .....	21
Illustration 6 : Extrait de la carte des entités hydrogéologiques de la Picardie avec la superposition des deux grilles de mailles utilisées .....	22
Illustration 7 : Zones favorables au développement de la géothermie sur aquifères superficiels	24
Illustration 8 : Extrait de la BD TOPO sous SIG d'un exemple de la commune de Clastres et photo aérienne correspondante (Google satellite) .....	29
Illustration 9 : Evolution du nombre de logements mis en chantier en Picardie sur la période 1999 – 2010 .....	31
Illustration 10 : Surfaces des locaux non résidentiels .....	32
Illustration 11 : Répartition du nombre de logements selon leur typologie .....	33
Illustration 12 : Répartition de la consommation globale d'énergie thermique selon le type de logement. ....	33
Illustration 13 : Nombre de logements répartis par tranches de consommation thermique .....	34

Illustration 14 : Cartographie à l'échelle de la maille 250 m des consommations thermiques de la Picardie .....	37
Illustration 15 : Cartographie des consommation communales .....	38
Illustration 16 : Approche qualitative du croisement ressources/besoins .....	40
Illustration 17 : Relation simplifiée entre taux d'adéquation (TA) et taux de couverture (TC).....	42
Illustration 18 : Cartographie à l'échelle de la maille 250 m du potentiel géothermique des aquifères superficiels. ....	44
Illustration 19 : Cartographie à l'échelle communale du potentiel des aquifères superficiels .....	45
Illustration 20 : Cartographie à l'échelle de la maille 250 m du potentiel géothermique sur SGV.88	
Illustration 21 : Cartographie à l'échelle communale du potentiel géothermique sur SGV. ....	49
Illustration 22 : Potentiel géothermique des SGV et répartition selon les types d'usage.....	51
Illustration 23 : Carte de productivité de l'aquifère Dogger. ....	53
Illustration 24 : Carte des températures au toit de l'aquifère Dogger.....	54

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Contribution des technologies géothermiques pour atteindre l'objectif 2020 (hypothèse 3 %). ....	5
Tableau 2 : Attributs et types de bâtiments dans la classe « Bâti remarquable » .....	27
Tableau 3 : Attributs et types de bâtiments dans la classe « Bâti industriel » .....	28
Tableau 4 : Données ENERTER du bâti indifférencié hors résidentiel .....	35
Tableau 5 : Données ENERTER du bâti remarquable.....	35
Tableau 6 : Données ENERTER du bâti commercial .....	36
Tableau 7 : Taux d'adéquation et interprétation.....	43
Tableau 8 : Résultats de l'étude du potentiel géothermique des SGV en Picardie. ....	50
Tableau 9 : Potentiel de développement de géothermie sur les aquifères profonds en Picardie	56

## Liste des annexes

Annexe 1 Données fournies par la DREAL Picardie sur le parc résidentiel en Picardie .....	61
Annexe 2 Carte des profondeurs d'accès pour l'aquifère Dogger .....	69
Annexe 3 Géothermie très basse énergie par doublets sur aquifère superficiel. Liste des communes avec un potentiel excédentaire .....	73



# 1. Introduction

Avec le Grenelle de l'environnement, la France s'est engagée à porter à 23 % la part des énergies renouvelables dans la consommation énergétique finale en 2020 et à réduire par 4 ses émissions de gaz à effet de serre en 2050 par rapport à 1990.

Le Grenelle II a quant à lui permis la mise en place des Schémas Régionaux du Climat de l'Air et de l'Energie (SRCAE). Un des objectifs en matière d'énergies renouvelables, est de pouvoir y quantifier des schémas précis et chiffrés de développement.

L'élaboration du SRCAE de la région Picardie a été entamée en 2010 par des travaux d'expertise et par une concertation avec les acteurs régionaux avant une consultation publique lancée de novembre 2011 à janvier 2012 qui a permis d'apporter quelques améliorations.

La signature du SRCAE, le vendredi 6 juillet 2012 par le Préfet de Région et le Président du Conseil Régional de Picardie en présence de l'ADEME et de la DREAL, a marqué un tournant dans la politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre en Picardie en proposant de mettre la région sur la voie d'une réduction de 20 % de ses émissions de gaz à effet de serre en 2020 et de 75 % en 2050.

Pour y parvenir, le Schéma régional propose 16 orientations stratégiques par secteur (bâtiment, urbanisme-transports, industrie et services, agriculture, énergies renouvelables) qui sont déclinées ensuite en dispositions plus opérationnelles devant guider l'action.

En matière de géothermie, la régionalisation des objectifs de production de chaleur d'origine renouvelable du Grenelle de l'environnement à l'horizon 2020, conduit pour la géothermie à 7 500 tep<sup>1</sup> dont 6 400 tep pour les secteurs résidentiel collectif / tertiaire et 1 100 tep pour les secteurs industriel et agricole. A cela, il faut ajouter un potentiel de développement dans l'habitat individuel de 19 000 tep (évaluation ENERTER). Soit au total un objectif géothermique pour 2020 de 27 kTep/an.

En 2050, compte tenu du gisement géothermique intéressant notamment dans le sud picard, l'objectif a été porté à 260 kTep annuellement (au lieu des 86 kTep prévus initialement).

Ces objectifs pourraient être atteints voire dépassés vu le contexte hydrogéologique de la Picardie qui présente une situation très favorable. En effet, les ressources en eaux souterraines y sont variées et abondantes, notamment les aquifères superficiels, nombreux et pour certains très favorables au développement de géothermie très basse énergie comme la nappe de la craie qui dispose de caractéristiques très intéressantes (grande productivité et profondeur d'accès faible) tout en couvrant une large partie de la région. Quant à la géothermie basse énergie, le sud de la région dispose d'un fort potentiel avec la présence de différents aquifères à des températures élevées (plus 70 °C par endroit). L'aquifère le plus intéressant est celui du Dogger.

Dans le cadre de la mise en place de cette étude prospective, les principales filières de géothermie sont considérées :

---

<sup>1</sup> tep : tonne équivalent pétrole

- La géothermie très basse énergie, pour le secteur résidentiel individuel et/ou collectif et le secteur tertiaire : utilisation des aquifères superficiels couplés avec une pompe à chaleur (PAC) ou développement de champs de sondes géothermiques verticales.

- La géothermie basse énergie : utilisation des aquifères profonds (lorsqu'ils existent) pour alimenter des réseaux de chaleur urbains existants ou à créer.

L'étude présentée est réalisée de façon cartographique car la spécificité de la géothermie, énergie renouvelable foncièrement territoriale, nécessite de relier étroitement les besoins énergétiques des utilisateurs en surface et les ressources disponibles en sous-sol au droit de ces besoins.

En effet, le critère essentiel de performance lors de la mise en place solution de géothermie est l'adéquation des ressources du sous-sol et des besoins en surface. C'est un des atouts principaux de la géothermie, en ce sens qu'il s'agit d'une réelle énergie locale (pas de consommations pour le transport notamment). Cependant, cela signifie également que le potentiel ne peut être défini par une étude des ressources d'un côté et des besoins de l'autre. La ressource du sous-sol doit correspondre aux besoins de surface, que ce soit des besoins de chaleur, d'eau chaude sanitaire (ECS) et/ou de froid.

## 2. Rappel des résultats des volets 1 & 2 de l'étude

### 2.1. METHODOLOGIE ET CONCEPTION DE L'ATLAS DE LA RESSOURCE AQUIFERE (VOLET 1)

L'évaluation du potentiel géothermique très basse énergie en Picardie a été réalisée à partir des données existantes, notamment celles issues de la Banque du Sous-Sol. Un important travail d'identification, de collecte et de traitement des données disponibles a été réalisé. Les données ont été rassemblées dans une base de données unique puis intégrées à un SIG pour permettre leur visualisation et leur traitement.

L'atlas permet d'afficher en tout point du territoire de la région Picardie (lorsque les données disponibles le permettent) le potentiel géothermique des aquifères. Il est accessible sur le site géothermie perspectives <http://www.geothermie-perspectives.fr/>.

Des informations complémentaires d'ordre hydrogéologique (aquifère concerné, gamme de débit exploitable, profondeur de l'aquifère) sont également fournies pour chaque maille d'interrogation (de taille 500 m x 500 m).

La recherche peut être initiée par département en fonction de la commune désirée, ou via un accès cartographique et la possibilité de zoomer sur un secteur géographique particulier.

L'atlas constitue ainsi une aide à la décision pour déterminer la possibilité d'utiliser la géothermie très basse énergie sur aquifère superficiel lors d'un choix énergétique.

Cependant, l'échelle de réalisation étant régionale, il ne peut et ne doit se substituer à une étude de faisabilité réalisée à l'échelle de la parcelle par des bureaux d'études compétents.

A l'échelle de la Picardie, le potentiel géothermique des aquifères est fort pour 85,7 % de la surface, moyen pour 11,8 %, faible pour 0,2 % et non renseigné (faute de données disponibles en nombre suffisant) et a priori inexistant pour 2,3 % du territoire régional. La région Picardie bénéficie ainsi sur quasiment l'ensemble de son territoire de la présence de nappes superficielles productives accessibles à moins de 100 mètres de profondeur. L'aquifère de la craie représente la principale ressource exploitable dans le département de la Somme, le nord et l'ouest de l'Oise et la partie septentrionale de l'Aisne. Dans la partie sud de l'Aisne et de l'Oise, les aquifères de l'Éocène (sables de Cuise, calcaires du Lutétien, et partiellement sables de Beauchamp et d'Auvers) se substituent à la nappe de la craie, leur productivité étant meilleure et leur accessibilité plus proche de la surface.

Malgré l'important travail réalisé sur les données disponibles, une meilleure connaissance des paramètres l'hydrogéologique nécessaire à l'estimation du potentiel sur l'ensemble de la région (profondeur de la nappe, température et débit spécifique) permettrait sans doute à l'avenir d'améliorer les cartographies proposées notamment dans les secteurs « non connu précisément ».

En sus de l'atlas du potentiel géothermique très basse énergie de la région, de la description de la méthodologie mise en œuvre pour l'élaborer et d'informations concernant le développement de la géothermie en Picardie fournis dans ce rapport, le site internet <http://www.geothermie-perspectives.fr/> reprend des éléments concernant la réglementation, les caractéristiques des aquifères, les acteurs locaux, les aides financières, les prestataires engagés dans les

démarches qualité et les normes. Ces informations, à l'exception des caractéristiques des aquifères, ne sont pas reprises dans le rapport étant donné la forte probabilité de faire évoluer ces informations dans les années à venir (mise à jour à prévoir en fonction de l'évolution de la réglementation, des mécanismes d'aide ou des exemples d'opération notamment).

L'étude des ressources géothermales « profondes », que sont les aquifères du Lusitanien, du Dogger, du Lias inférieur, du Rhétien et du Trias a été conduite à travers l'analyse de 62 rapports de fin de sondage et de la bibliographie existante. Ces aquifères ont été peu exploités en région Picardie. L'absence de forages instrumentés en quantité suffisante n'a pas permis de déterminer de façon satisfaisante un potentiel géothermique des aquifères profonds du Lusitanien et du Dogger, reconnus comme potentiellement intéressants pour la production d'énergie géothermique associée à des réseaux de chaleur urbains dans la partie sud de la région. En conséquence, l'échelle de restitution n'est en aucun cas comparable à l'échelle des travaux réalisés sur l'atlas des aquifères superficiels.

En première analyse, les données recueillies dans le cadre de la présente étude montrent que le réservoir du Dogger est a priori le plus intéressant avec, localement, de fortes perméabilités. Les quatre autres aquifères paraissent receler des ressources plus aléatoires du fait du faible nombre d'ouvrages ayant testé ces niveaux et de leur nature lithologique. Localement, ces aquifères pourraient néanmoins présenter des potentiels favorables, en particulier le Lusitanien, voire l'aquifère du Permien situé à la limite entre les formations sédimentaire et le socle.

## 2.2. ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE GEOTHERMIQUE (VOLET 2)

Les techniques géothermiques, notamment les pompes à chaleur, contribuent à la réduction des consommations d'énergies fossiles (importées) et à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Leur mise en œuvre est encadrée par les textes s'appliquant à l'exploitation des eaux souterraines par forage et aux opérations de géothermie : le code minier et ses textes d'application, le code de l'environnement, le code de la santé publique et le code général des collectivités territoriales. Ces textes évoluent périodiquement dans un esprit de clarification.

Pour concourir à un développement de la filière géothermie, qui est pratiquement à créer en Picardie où le marché est à ce jour peu développé, de nombreuses dispositions existent : démarches qualité, garanties (Aquapac, Qualiforage, ...), aides financières (crédit d'impôt, éco-prêt à taux zéro, incitations de l'ADEME, Feder, ...).

Le SCRAE de Picardie a fixé des objectifs ambitieux pour la filière géothermie aux horizons 2020 et 2050. Néanmoins, comme l'a mis en évidence le diagnostic de la filière, des freins au développement de la géothermie subsistent en Picardie : un manque de structuration de la filière, un manque de visibilité des actions existantes, et un manque de soutien à l'accès à la connaissance de cette filière. L'atteinte des objectifs du SCRAE ne se fera pas sans une mobilisation des acteurs pour accompagner une mutation des comportements face à la géothermie très basse température et basse température. L'accent semble devoir être mis plus spécifiquement sur la géothermie basse énergie couplée à des réseaux de chaleur et il faut donc convaincre les donneurs d'ordre. La formation des maîtres d'ouvrage, des acteurs du bâtiment et des particuliers apparaît alors indispensable pour susciter de l'intérêt vis à vis de cette énergie renouvelable insuffisamment exploitée en Picardie.

Parallèlement, pour soutenir et consolider l'offre, les pouvoirs publics auront à soutenir l'émergence de projets démonstrateurs permettant de valider en Picardie le bon fonctionnement

d'installations géothermiques, en particulier sur des installations collectives sur aquifères profonds et sur champs de sondes.

Cette croissance verte représente un potentiel de création d'emplois au cours de la prochaine décennie qui est évalué à 140 ETP pour atteindre l'objectif du SCRAE 2020 pour la filière géothermique et à 480 ETP pour atteindre l'objectif 2050.

Une part majoritaire de l'activité concernera la distribution et l'installation des PAC mais une partie des emplois ne se limitera pas à la Picardie. C'est le cas notamment, pour l'activité liée aux forages géothermiques profonds qui, aujourd'hui, sont réalisés par des entreprises disposant d'une envergure nationale, voire européenne.

La réalisation de ces créations d'emploi reste évidemment conditionnée à la vérification de certaines hypothèses de l'étude (prix des énergies, mécanismes incitatifs, ...).



## **3. Méthodologie générale de détermination du potentiel de développement de la géothermie en Picardie**

### **3.1. LA NOTION DE POTENTIEL GEOTHERMIQUE**

La détermination du potentiel géothermique d'un territoire (région, département, communauté d'agglomération, etc.) s'effectue en croisant de manière géolocalisée les ressources géothermales avec besoins thermiques (ou calorifiques) en surface.

Cette notion de géolocalisation signifie que pour un besoin thermique donné, il faudra estimer les capacités géothermales de la ressource au droit du site où le besoin a été identifié. En effet, la géothermie est une énergie locale dont l'exploitation ne peut supporter de transport.

Une fois le besoin thermique identifié et la ressource correspondante caractérisée, le croisement peut se faire aboutissant sur un potentiel géothermique qui indique la proportion d'énergie demandée en surface pouvant être satisfaite par la ressource.

Lorsqu'un besoin est identifié, cette proportion peut varier de 0% (absence de ressources ou impossibilité d'exploitation due à une contrainte) à 100% (la géothermie peut fournir la totalité de la demande identifiée pour le chauffage, l'ECS, et éventuellement pour le froid sous forme de climatisation et/ou de rafraîchissement). Dans certains cas, où le besoin est faible et/ou la ressource abondante, l'énergie géothermique peut s'avérer excédentaire offrant la possibilité de couvrir de nouveaux besoins.

Dans le cas où aucun scénario actuel ou futur de consommations énergétiques (pour le chauffage, l'ECS et/ou le froid) n'est identifié, aucun calcul de potentiel géothermique ne sera effectué.

### **3.2. LA PRISE EN COMPTE DES PRINCIPALES FILIERES**

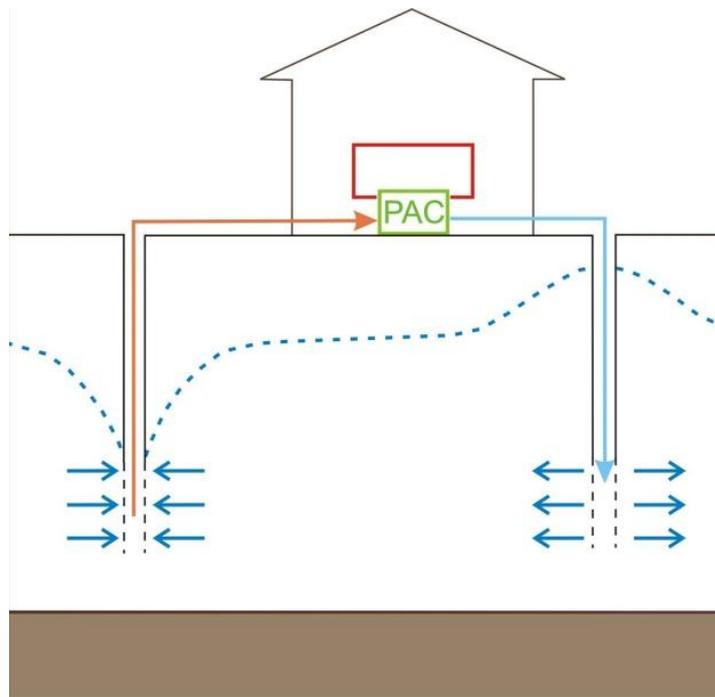
On considèrera l'ensemble des technologies de géothermie susceptibles d'être exploitées en région Picardie:

- La géothermie très basse énergie :
  - o Utilisation des aquifères superficiels ;
  - o Développement de champs de sondes géothermiques verticales (SGV).

Cette étude ne concerne que les besoins en chaud (chauffage et eau chaude sanitaire), avec un recours systématique aux PAC dans le cas de géothermie sur aquifères superficiels ou sur SVG.

- La géothermie basse énergie : utilisation des aquifères profonds pour alimenter des réseaux de chaleur urbains.

Cette étude présente une méthodologie pour déterminer uniquement le potentiel du Dogger. Il s'agit de la formation aquifère la mieux caractérisée de points de vue hydrogéologique et thermique, et qui est déjà largement exploitée dans d'autres régions notamment l'Ile de France.



*Illustration 2 : Exploitation géothermique des eaux souterraines par doublet sur aquifère superficiel*

Boucle géothermale	Type d'échangeur		Profondeur	Dimensionnement (ordres de grandeur)
Boucle fermée : échange avec le sol	Echangeurs horizontaux		de l'ordre du mètre	entre 25 et 37 W/m <sup>2</sup> d'échangeurs (1)
	Echangeurs "compacts"		quelques mètres	5 à 7 kW par échangeur
	Sonde Géothermique Verticale		jusqu'à 100m	entre 30 et 50 W/mètre linéaire de sondes (3)
Boucle ouverte : échange avec les eaux souterraines superficielles	Doublet		jusqu'à 100m	Une dizaine de kW pour 1 m <sup>3</sup> /h (5)

Illustration 3 : Les différents types d'échangeurs et leurs puissances approximatives.

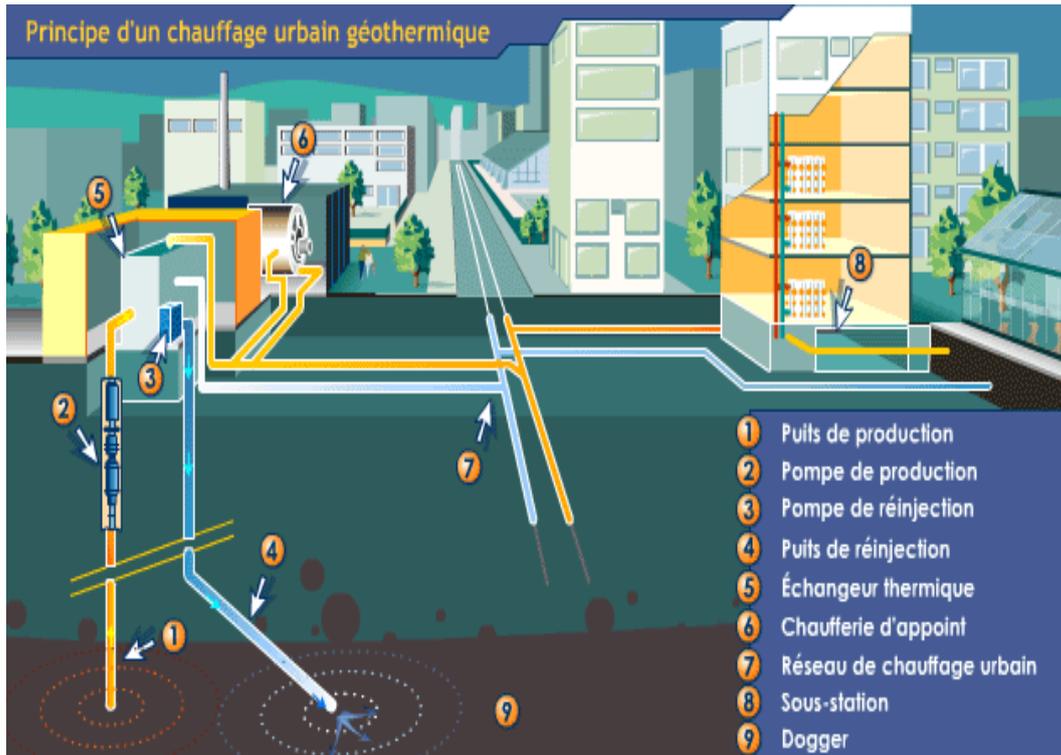


Illustration 4 : Schéma d'une installation de réseau de chaleur urbain géothermique (type région parisienne).

### 3.3. DEFINITION DE L'ECHELLE DE TRAVAIL

Le choix de l'échelle de travail est une étape déterminante dans le croisement ressources/besoins, car une échelle parfaitement adaptée à la caractérisation de la ressource peut ne pas convenir pour l'estimation des besoins en surface qui varient spatialement de façon plus importante que les paramètres liés aux sous-sols.

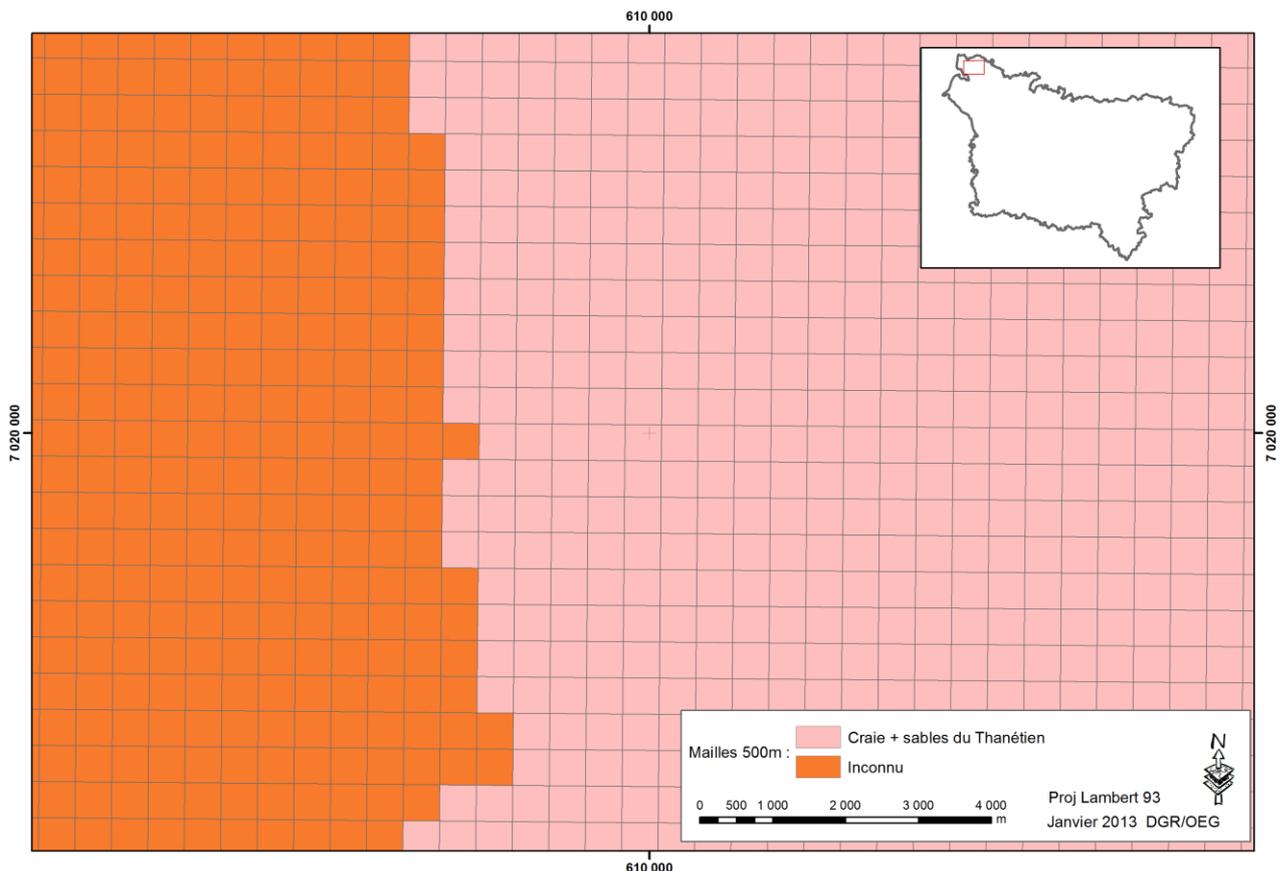
Il est par conséquent nécessaire de définir l'échelle de travail qui permettra de croiser de manière satisfaisante les ressources géothermales et les besoins en surface sans qu'il y ait une perte importante de l'information.

L'échelle de travail doit se trouver entre :

- l'échelle fine qui constitue l'échelle du bâtiment. Cette étude réalisée sur l'ensemble du territoire régional n'a pas pour vocation et ne peut se substituer à des études de préféabilité pour chaque bâtiment. De ce fait, cette échelle ne se sera pas retenue.

- l'échelle communale, qui semble constituer un seuil pour l'obtention de données notamment énergétiques. Cependant, le croisement à l'échelle de la commune n'est pas satisfaisant. En effet, la façon dont sont répartis les utilisateurs sur la commune va influencer directement l'utilisation du potentiel géothermique. Par exemple, si, à ressource et besoins thermiques constants à l'échelle de la commune, les densités énergétiques varient (existence de zones à habitat collectif concentré par rapport à des zones pavillonnaires), le potentiel de valorisation sera différent (ressource pouvant être limitante dans le premier cas, alors qu'elle ne le serait pas dans le second). Le besoin total à l'échelle de la commune peut correspondre à la somme de besoins partiels dispersés ou bien à quelques gros consommateurs localisés.

Il s'agit alors de trouver une échelle de travail intermédiaire, entre celle du bâtiment et celle de la commune. L'étude des ressources superficielles a été réalisée sur un maillage carré de 500 m sur 500 m.



*Illustration 5: Extrait de la carte des entités hydrogéologiques de la Picardie avec la grille de maille de 500 m sur 500 m*

Cette échelle de 500 m x 500 m pourrait être retenue pour évaluer le potentiel des aquifères superficiels, par un croisement de données sous-sol/surface. Cependant, il est nécessaire de prendre en compte la limitation du nombre de doublets de forages (ou nombre limité d'opérations) qui exploiteront les aquifères (densité limite d'opérations). Cette limitation est due aux phénomènes de recyclage qui peuvent exister entre les puits d'un même doublet ou au conflit d'usages entre opérations géothermiques.

De ce fait, l'hypothèse de travail va consister à considérer un doublet géothermique par maille, définissant ainsi une « densité limite », voire maximale, d'opérations. L'échelle de travail considérée pour les aquifères superficiels est une maille carrée de 250 m x 250 m. Elle permet de « croiser » l'ensemble des données cartographiques géoréférencées.

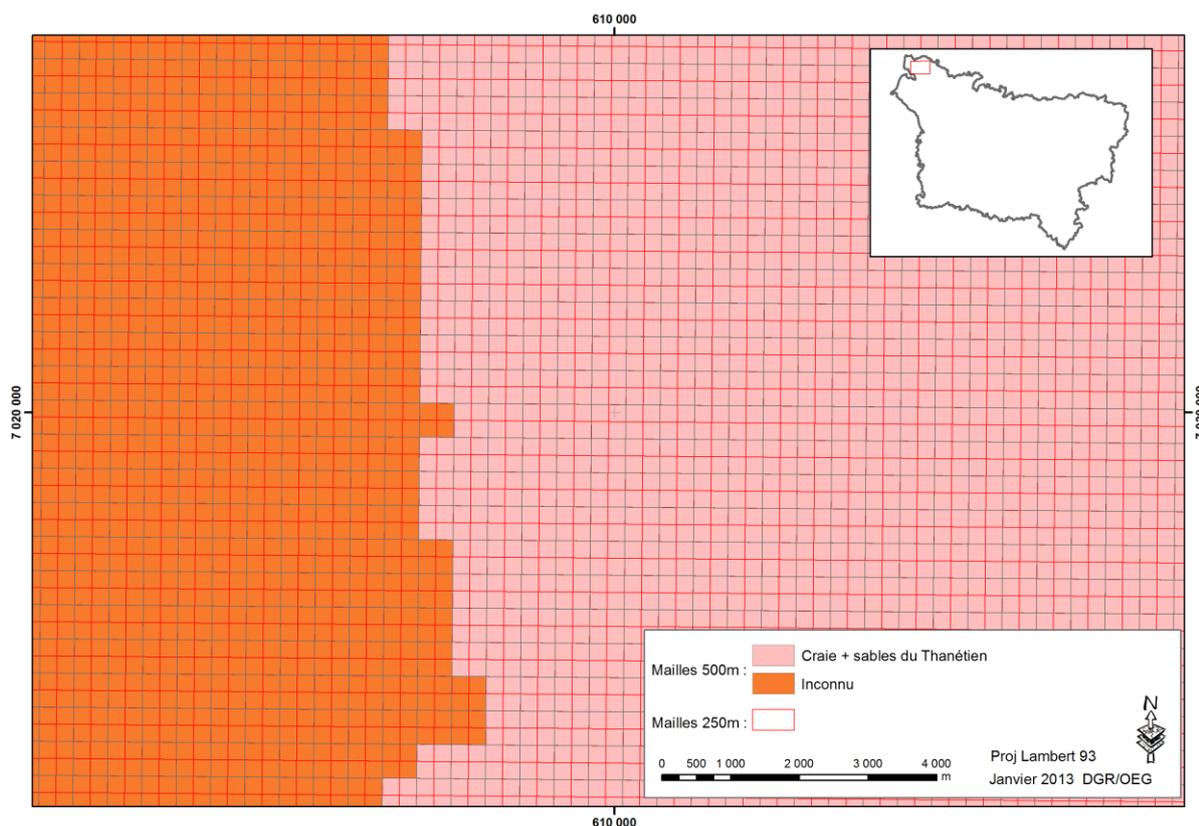


Illustration 6 : Extrait de la carte des entités hydrogéologiques de la Picardie avec la superposition des deux grilles de mailles utilisées

### 3.4. ESTIMATION ET CARTOGRAPHIE DES BESOINS THERMIQUES

Afin d'estimer les besoins thermiques de la Picardie à l'horizon 2020, la méthodologie utilisée consiste à déterminer le nombre de m<sup>2</sup> de bâtiment avec des besoins thermique par maille de 250 m sur 250 m, puis à lui associer une consommation énergétique adéquate selon l'usage qui en fait.

Pour ce qui est des superficies à chauffer, cette étude comprend les besoins du parc bâti existant, ainsi que le bâti neuf susceptible d'être construit à l'horizon 2020.

Concernant le bâti existant, il a été fait appel à la BD TOPO, une base de données de l'Institut Géographique National, qui représente sous format vectoriel des éléments du territoire et ses infrastructures, parmi lesquelles l'ensemble des bâtiments construits. Une analyse et un traitement a été mené sur les données de la BD TOPO, comme expliqué dans la partie 4 de ce rapport, afin de s'approcher le plus possible des chiffres réels de la région Picardie, en réalisant un croisement avec d'autres sources d'information fournies par l'ADEME et la DREAL.

Pour le futur bâti à l'horizon 2020, il a été considéré une évolution linéaire identique à la moyenne calculée en Picardie sur la période 2001 – 2010. Cette évolution, traduite en termes de surfaces constructibles dans les futures années, a été répartie sur l'ensemble des mailles avec des besoins thermiques. La répartition s'effectue en proportion de ce que chaque maille contient actuellement en pourcentage de la surface à chauffer globale de la Picardie.

### 3.5. CROISEMENT « RESSOURCES / BESOINS »

Le travail de croisement « ressources/besoins » s'effectue de façon différente selon le type de technologie considérée.

Pour les aquifères superficiels, la puissance produite par un doublet, et donc par maille, est calculée puis comparé au besoin thermique de la même maille.

Concernant les SGV, c'est leur nombre par mailles qui est déterminé en se basant sur le besoin thermique par maille et un modèle type de sonde.

Enfin pour la géothermie profonde, le croisement s'est effectué à échelle communale en localisant les communes où des mailles sont compatibles avec les capacités des réseaux de chaleur, et en comparant ces demandes thermiques avec ce que peut fournir l'aquifère Dogger en énergie.

### 3.6. INTEGRATION DES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES ET TECHNIQUES

Tout projet géothermique sur nappe ou par sondes géothermiques verticales doit étudier l'existence de certaines contraintes réglementaires ou naturelles avant d'envisager la mise en place d'une opération. L'implantation de forages dans le cadre de la géothermie puis l'exploitation de l'ouvrage induisent la prise en compte de certaines précautions.

Dans le cadre de la première phase de cette étude, les cartographies des zones comportant des contraintes géologiques ou hydrogéologiques, et des contraintes réglementaires à prendre en compte ont été réalisées

Dans cette étude, la cartographie des contraintes a été croisée avec le potentiel des ressources aquifères superficielles, afin d'établir une carte qui permettra de distinguer trois zones avant le recours à une opération de géothermie de très basse énergie. Les trois zones mises identifiées sont :

- Zone favorable au développement de la géothermie ;
- Zone favorable avec vigilance ;
- Zone défavorable au développement de la géothermie.

Cette cartographie ne concerne que la géothermie très basse énergie sur aquifère superficiel.

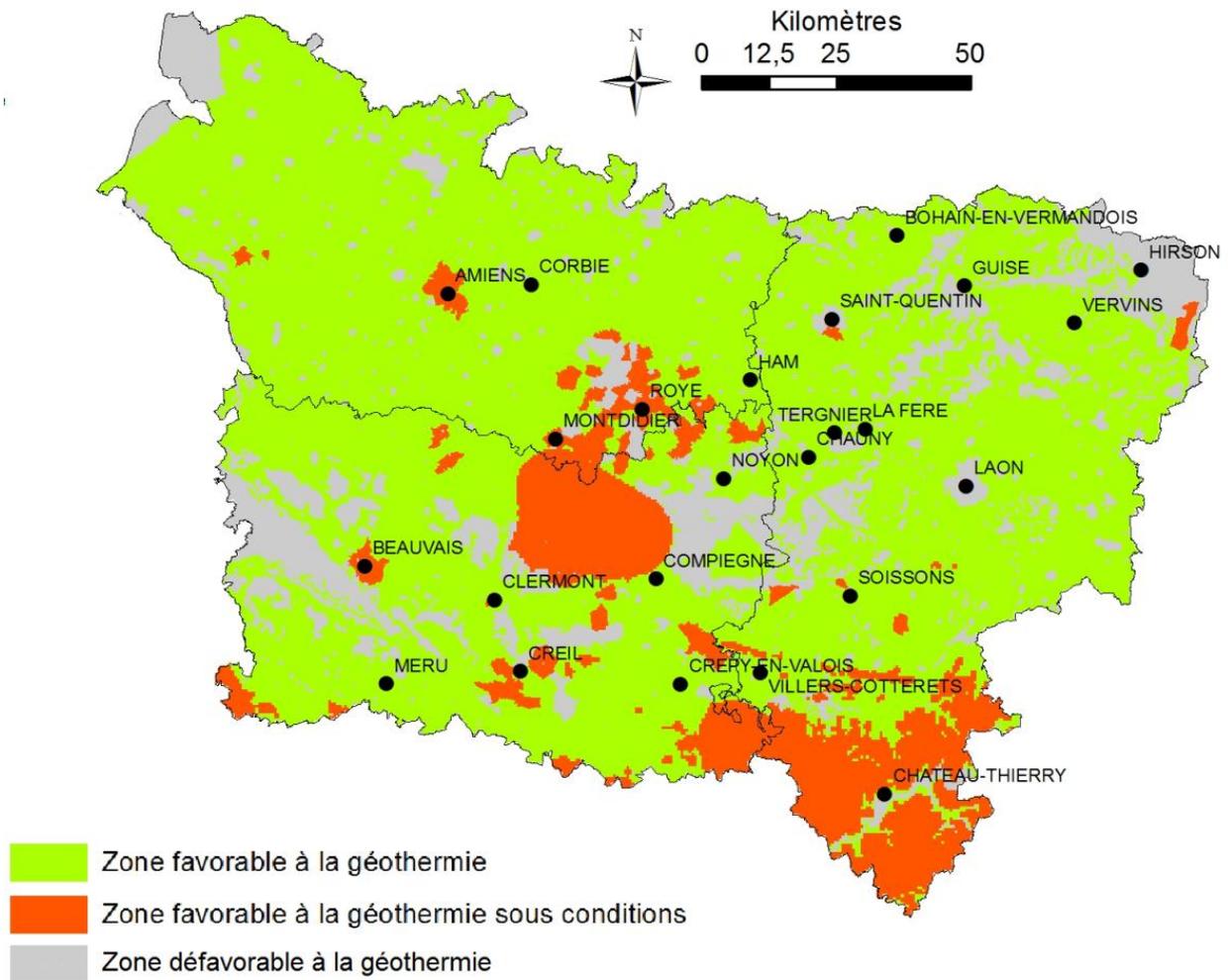


Illustration 7 : Zones favorables au développement de la géothermie sur aquifères superficiels

## 4. Estimation et cartographie des besoins thermiques

### 4.1. BD TOPO® (DONNEES IGN)

#### 4.1.1. Description générale

La BD TOPO® contient une description vectorielle 3D (structurée en objets) des éléments du territoire et de ses infrastructures, de précision métrique, exploitable à des échelles allant du 1 : 5 000 au 1 : 50 000. Elle permet de couvrir de manière cohérente l'ensemble des entités géographiques et administratives du territoire national.

Elle est livrée pré-symbolisée dans les formats propriétaires les plus courants du marché.

La BD TOPO® sert de référence pour la localisation de l'information thématique relative aux problématiques d'aménagement, d'environnement ou d'urbanisme. Elle est le socle nécessaire au fonctionnement des systèmes d'information des collectivités locales de la commune à la région. Elle est aussi un élément indispensable à la conception, au fonctionnement et à l'évaluation de nombreux services pour ces collectivités.

Les objets de la BDTOPO® sont structurés en thèmes :

- le réseau routier, comprenant le réseau de voies de communication dans son intégralité (revêtu ou non), le réseau « adressé » c'est-à-dire une sélection des tronçons possédant un nom de rue, une sélection de chemins et sentiers, et une description du réseau revêtu selon son importance (hiérarchisation du réseau). Ce thème comprend également les toponymes se rapportant au réseau routier ;
- le réseau ferroviaire : les voies, aires de triage, téléphériques et autres transport par câble, les gares et les toponymes se rapportant au réseau ferré ;
- le réseau de transport d'énergie : haute et très haute tension, et les conduites utilisées pour le transport de matière première ;
- le réseau hydrographique : les cours d'eau, les surfaces d'eau, les réservoirs et autres points d'eau. Ce thème comprend également les hydronymes ;
- les bâtiments (indifférenciés, industriels et remarquables) et autres constructions.
- la végétation arborée ;
- l'orographie, décrivant des ruptures de pentes artificielles, et les toponymes relatifs au relief ;
- la structure administrative (communes, arrondissements urbains pour Paris, Lyon et Marseille), ainsi que les chefs-lieux ;
- les points d'activité ou d'intérêt (PAI), qui localisent des bâtiments ou sites ayant des caractères particuliers (administratif, religieux, sportif...) ;
- les toponymes de lieux-dits.

Le processus de production 3D permet de fournir l'altimétrie des objets, ainsi que la hauteur des bâtiments

La version utilisée dans le cadre de cette étude est la version 2.1 datant de 2011.

#### 4.1.2. Objets retenus

Dans le cadre de cette étude, seule les données liées aux bâtiments ont été considérées.

La BD TOPO répertorie l'ensemble du bâti existant sur un territoire donnée, et ce bâti est spécifié en trois catégories.

### ***Bâti indifférencié***

Il s'agit de l'ensemble des bâtiments de plus de 20 m<sup>2</sup>, ne possédant pas de fonction particulière pouvant être décrit dans les autres classes de bâtiments surfaciques (Cf. 4.2.2 et 4.2.3)

Les exemples de bâtiment qu'il est possible de trouver dans cette classe sont : bâtiments d'habitation, bureaux, bâtiments d'enseignement, bâtiments hospitaliers, immeubles collectifs, musée, prison, refuge, villages de vacances.

### ***Bâti remarquable***

Bâtiment de plus de 20 m<sup>2</sup> possédant une fonction, contrairement aux bâtiments indifférenciés, et dont la fonction est autre qu'industrielle (ces derniers sont regroupés dans la classe bâti industriel). Il s'agit des bâtiments à usage administratif, religieux, sportif, ainsi que ceux relatifs au transport.

Chaque bâtiment de la classe « Bâti remarquable » dispose d'un attribut permettant de distinguer différentes typologie comme indiqué dans le tableau 2.

### ***Bâti industriel***

Il s'agit là des bâtiments de plus de 20 m<sup>2</sup> à caractère industriel, commercial ou agricole.

De même que pour le bâti remarquable, il existe des attributs qui spécifient le type de chaque bâtiment de la classe « Bâti industriel » ;

- Bâtiment agricole ;
- Bâtiment commercial ;
- Bâtiment industriel ;
- Serre ;
- Silo.

Dans le traitement des données relatives au bâti de cette classe, seuls les bâtiments commerciaux ont été retenus.

Les autres bâtiments ont des besoins thermiques très faibles, voire négligeables et sont souvent mal quantifiés lorsqu'ils existent.

<b>Aérogare</b>	Ensemble des bâtiments d'un aéroport réservés aux voyageurs et aux marchandises.
<b>Arc de triomphe</b>	Portique monumental : arc de triomphe, porte de ville.
<b>Arène ou théâtre antique</b>	Vaste édifice à gradins, de forme en partie ou totalement ronde ou elliptique : amphithéâtre, arène, théâtre antique, théâtre de plein air.
<b>Bâtiment religieux divers</b>	Bâtiment réservé à l'exercice d'un culte religieux, autre qu'une chapelle ou qu'une église (voir ces valeurs) : mosquée, synagogue, temple.
<b>Bâtiment sportif</b>	Bâtiment réservé à la pratique sportive : gymnase, piscine couverte, salle de sport, tennis couvert.
<b>Chapelle</b>	Petit édifice religieux catholique de forme caractéristique
<b>Château</b>	Habitation ou ancienne habitation féodale, royale ou seigneuriale : château, château fort, citadelle
<b>Eglise</b>	Edifice religieux catholique de forme caractéristique : basilique, cathédrale, église.
<b>Fort, blockhaus, casemate</b>	Ouvrage militaire : blockhaus, casemate, fort, ouvrage fortifié.
<b>Gare</b>	Bâtiment servant à l'embarquement et au débarquement des voyageurs en train.
<b>Mairie</b>	Edifice où se trouvent les services de l'administration municipale, appelé aussi hôtel de ville.
<b>Monument</b>	Monument commémoratif quelconque, à l'exception des arcs de triomphe (voir cette valeur d'attribut).
<b>Péage</b>	Bâtiment où sont perçus les droits d'usage.
<b>Préfecture</b>	Bâtiment où sont installés les services préfectoraux.
<b>Sous-préfecture</b>	Bâtiment où sont les bureaux du sous-préfet : chef-lieu d'arrondissement.
<b>Tour, donjon, moulin</b>	Bâtiment remarquable dans le Paysage par sa forme élevée : donjon, moulin à vent, tour, tour de contrôle.
<b>Tribune</b>	Tribune de terrain de sport (stade, hippodrome, vélodrome,...).

Tableau 2 : Attributs et types de bâtiments dans la classe « Bâti remarquable »

<b>Bâtiment agricole</b>	Bâtiment réservé à des activités agricoles : bâtiment d'élevage industriel, hangar agricole (grand), minoterie.
<b>Bâtiment commercial</b>	Bâtiment de grande surface réservé à des activités commerciales : centre commercial, hypermarché, magasin (grand, isolé), parc des expositions (bâtiment).
<b>Bâtiment industriel</b>	Bâtiment réservé à des activités industrielles : abattoir, atelier (grand), auvent de quai de gare, bâtiment industriel (grand), centrale électrique (bâtiment), construction technique, entrepôt, hangar industriel (grand), scierie, usine.
<b>Serre</b>	Abri clos à parois translucides destiné à protéger les végétaux du froid : jardinerie, serre. Les serres en arceaux de moins de 20 m de long sont exclues. Les serres situées à moins de 3 m les unes des autres sont modélisées par un seul objet englobant l'ensemble des serres en s'appuyant au maximum sur leurs contours.
<b>Silo</b>	Réservoir, qui chargé par le haut se vide par le bas, et qui sert de dépôt, de magasin, etc. Le silo est exclusivement destiné aux produits agricoles : cuve à vin, silo

Tableau 3 : Attributs et types de bâtiments dans la classe « Bâti industriel »

#### 4.1.3. Extraction des données

En écartant tous les objets de la BD TOPO autres que ceux correspondant au bâti, la visualisation de la carte sous un logiciel de SIG permet de distinguer des polygones dont chacun représente un bâtiment.

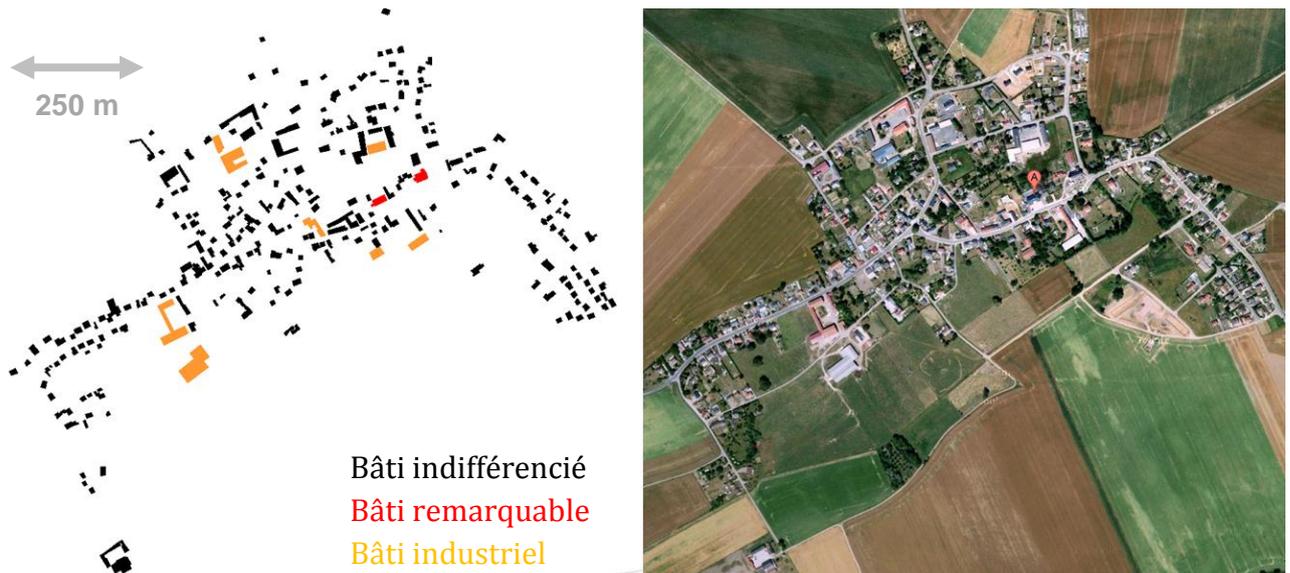


Illustration 8 : Extrait de la BD TOPO sous SIG d'un exemple de la commune de Clastres et photo aérienne correspondante (Google satellite)

Pour chaque polygone répertorié dans la base de données, il est possible de recueillir certaines informations dont celles nécessaires pour la suite des calculs : la hauteur du bâtiment (en m) et la superficie occupée par le polygone (en m<sup>2</sup>).

L'objectif est de pouvoir déterminer à l'échelle de la maille de travail une consommation énergétique (en puissance et/ou en énergie). Pour cela, il a été fait l'hypothèse que le besoin thermique à l'échelle de la maille est proportionnel à la surface de bâtiment.

Les différents traitements réalisés à partir de la BD Topo ont donc été les suivants :

- Calcul d'une surface chauffée par bâtiment :

La surface de l'emprise du bâtiment est multipliée par le nombre d'étages (hauteur totale divisée par une valeur moyenne de hauteur sous plafond).

Pour la majorité des bâtiments, il a été considéré une valeur moyenne de hauteur d'un étage de 4,5 mètres. Pour les bâtiments commerciaux et sportifs, il a été convenu de mettre un seul étage pour les bâtiments avec quelques exceptions pour les bâtiments dépassant 15 mètres de haut.

Pour déterminer une surface habitable (et donc chauffée), il a été considéré 50% de cette surface totale.

- Attribution d'une surface chauffée de bâtiments à l'échelle de la maille de travail :

La surface totale à chauffer (m<sup>2</sup>) par maille est donc déterminée à partir de la BD TOPO®, correspondant à la somme des surfaces chauffées des bâtiments dont les centroïdes sont localisés dans la maille.

On multiplie ensuite la surface chauffée par un ratio de consommation en kWh/m<sup>2</sup> (ou kW/m<sup>2</sup>). Les éléments liés à l'aspect énergétique seront traités dans la partie 4.3 de ce rapport.

## 4.2. ESTIMATION DE LA SURFACE NEUVE

L'estimation de la superficie globale des constructions neuves (de 2011 à 2020) qui prennent en compte la réglementation thermique en vigueur, se base sur des données statistiques indiquant l'évolution du parc résidentiel et tertiaire de la Picardie au cours des dernières années.

Pour le bâti résidentiel, l'illustration 9 montre le nombre de logements mis en chantier en Picardie annuellement de 1999 à 2010.

L'évolution se répartie en trois phases :

- Une période de stagnation de 1999 à 2003 avec un peu plus de 5 000 logements mis en chantier par an ;
- Une croissance significative de 2003 à 2007 avec passage de 5 621 logements mis en chantier en 2003 à 10 264 en 2007.
- Une baisse jusqu'à l'année 2010 où le nombre de logement est redescendu à environ 6 292.

Face à l'absence de données plus précise permettant l'établir des prévisions pour les années futures, il a été considéré une évolution sur la même base de la période 2001 – 2010, en tenant compte de la moyenne annuelle du nombre de logements mis en chantier sur ces dix années.

Il en résulte une augmentation du parc résidentiel de 7 100 logements par an.

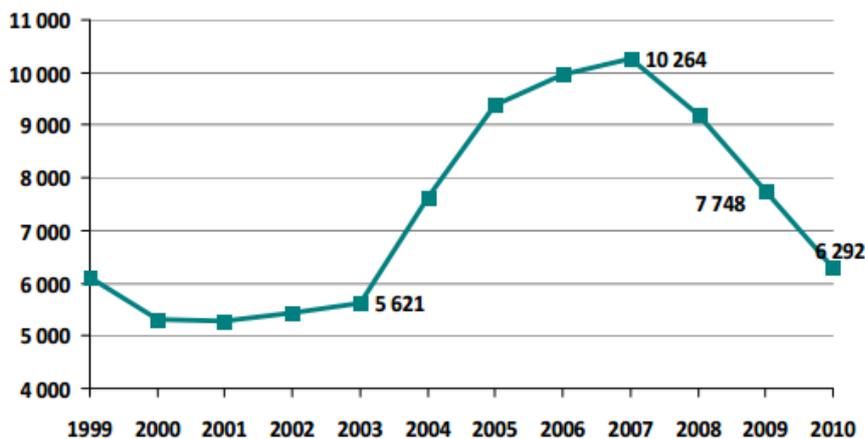
Sur la même période, les données de la base ENERTER de la région Picardie indiquent une superficie moyenne des logements construits de 88 m<sup>2</sup>.

En conclusion, le parc résidentiel de Picardie serait augmenté à l'horizon 2020 de 6,25 millions de m<sup>2</sup>.

**6 292 logements mis en chantier en 2010, 2,0% du national**

**Nombre de logements ordinaires mis en chantier**

Source : DREAL Picardie / Sitadel2 - Cellule Économique Régionale de Picardie



Évolution annuelle 2009/2010

Picardie : - 18,8 %

France : + 3,3 %

Estimation 2011

Picardie : + 15 %

France : + 13 %

Perspective 2012

Picardie :

France :

Illustration 9 : Evolution du nombre de logements mis en chantier en Picardie sur la période 1999 – 2010

En se basant sur la même approche pour les locaux non résidentiels (mis à part les secteurs agricoles et industriels), l'évolution globale à l'horizon 2020 s'établirait à 5,14 millions de m<sup>2</sup>.

Surfaces de locaux non résidentiels mis en chantier (en m <sup>2</sup> de SHON créés)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2009/2010
Hébergement hôtelier	7 862	10 459	12 967	9 351	12 503	7 638	
Commerces	136 538	145 083	97 390	134 719	71 602	135 308	
Bureaux	48 955	90 799	66 502	78 227	69 521	43 057	
Artisanat*	0	0	0	0	2 587	19 159	
Locaux industriels	388 560	296 114	365 306	440 253	163 351	82 013	
Locaux agricoles	264 270	264 764	238 556	254 045	110 897	64 489	
Entrepôts**	94 589	88 044	41 261	63 924	156 161	106 724	
Services publics enseign.-recherche	30 784	31 856	40 320	46 628	48 922	45 322	
Services publics action sociale	9 446	14 061	18 412	19 350	8 171	29 263	
Services publics transports	3 298	982	681	522	3 393	5 690	
Services publics ouvrages spéciaux	7 277	5 344	6 665	4 653	5 077	2 809	
Services publics santé	26 533	79 180	229 846	73 188	166 302	78 213	
Services publics culture loisirs	37 754	83 023	61 058	48 070	29 146	29 949	
<b>TOTAL des surfaces de locaux créés</b>	<b>1 055 866</b>	<b>1 109 709</b>	<b>1 178 964</b>	<b>1 172 930</b>	<b>847 633</b>	<b>649 634</b>	

\* Création de la rubrique artisanat en 2009 - Suppression de la rubrique stockage agricole en 2007

\*\* La rubrique entrepôt regroupe stockage non agricole et agricole

Illustration 10 : Surfaces des locaux non résidentiels mis en chantier en Picardie sur la période 2005 – 2010

Les surfaces ainsi identifiées ont été réparties sur l'ensemble des mailles contenant un ou plusieurs bâtiments identifiés sur la BD TOPO. La proportion de la surface du bâti neuf affectée à chaque maille est égale à la proportion que représente la surface du bâti existant dans la même maille au niveau régional.

### 4.3. CONSOMMATIONS THERMIQUES

Pour déterminer les consommations thermiques des bâtiments de la région Picardie, le travail a été basé sur le modèle ENERTER® par Énergies Demain.

Cet outil vise à reconstituer les consommations du parc bâti par usage et par énergie pour les secteurs résidentiel et tertiaire à toute échelle de territoire.

Toutes les données énergétiques liées à des besoins autres que le chauffage et l'eau chaude sanitaire ne seront pas pris en compte.

#### 4.3.1. Secteur résidentiel

Le parc résidentiel de la région Picardie avoisine les 800 000 logements pour une superficie globale d'environ 64 000 000 m<sup>2</sup>.

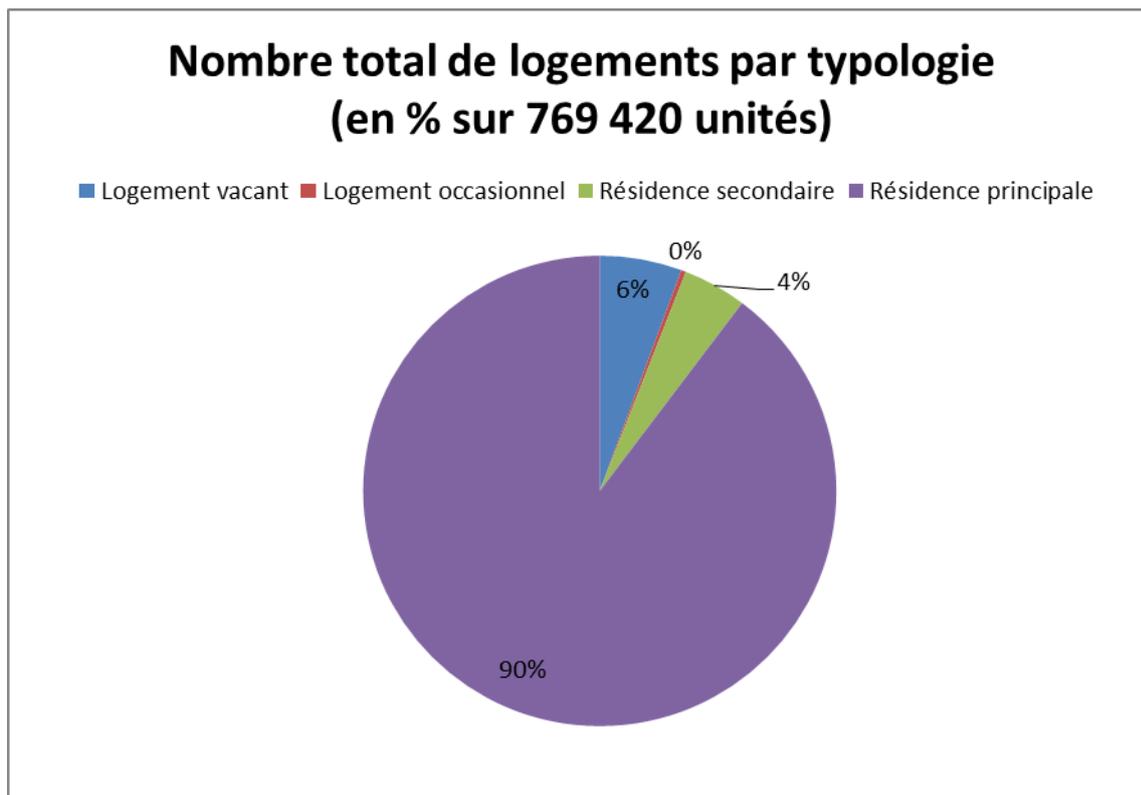


Illustration 11 : Répartition du nombre de logements selon leur typologie.

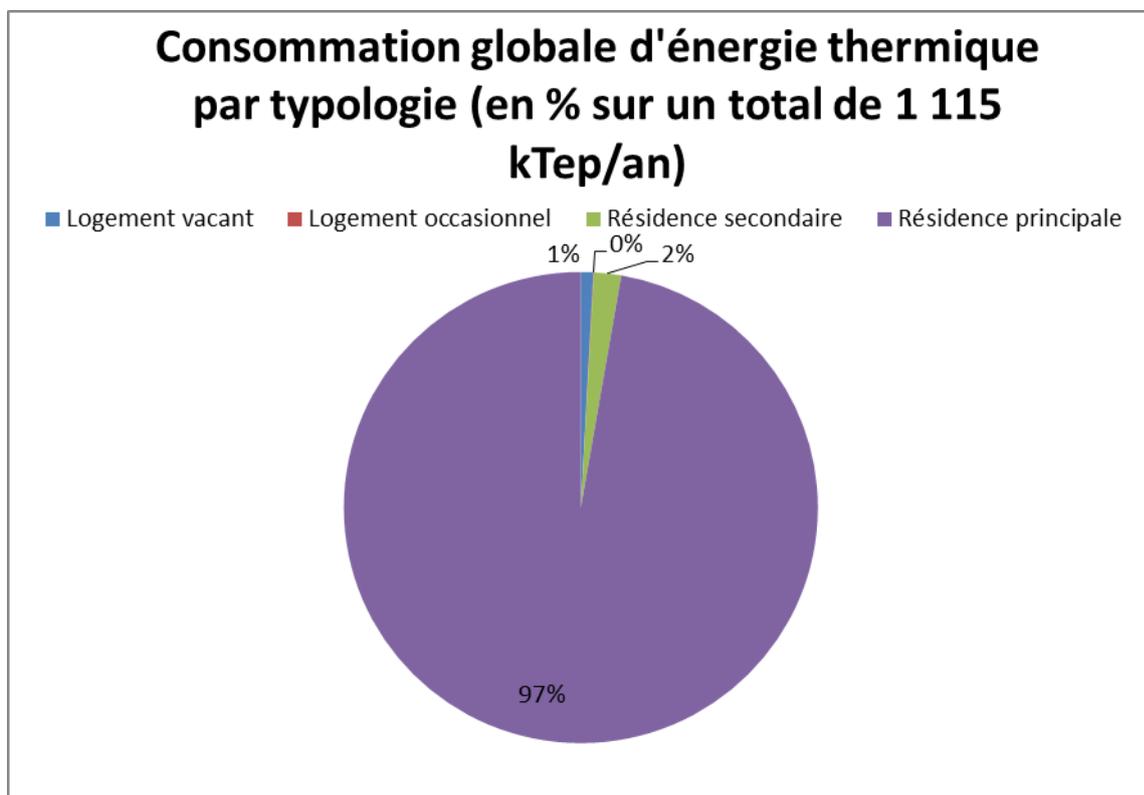


Illustration 12 : Répartition de la consommation globale d'énergie thermique selon le type de logement.

Pour caractériser le comportement thermique du bâti résidentiel, seuls les données des résidences principales ont été considérées, puis généralisées au reste des logements. Cette considération permet de s'affranchir du risque qu'un logement vacant devient un logement principal à terme sans qu'il soit pris en compte par l'opération géothermique qui concerne son périmètre.

Cette précaution est valable également pour les logements occasionnels et les résidences secondaires dont la consommation thermique actuelle est relativement faible, mais qui pourrait s'établir au niveau moyen des résidences principales si leur usage devait être modifié.

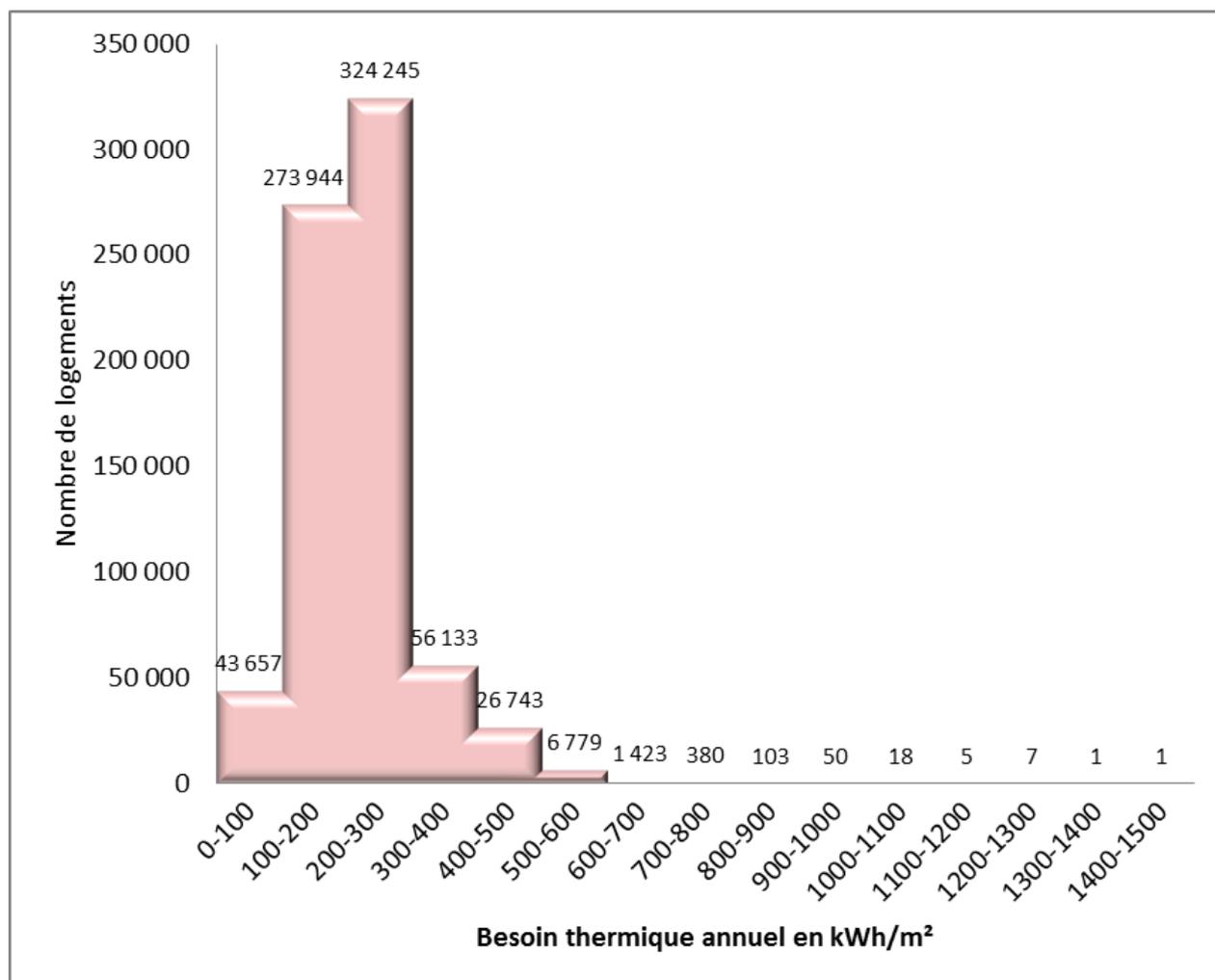


Illustration 13 : Nombre de logements répartis par tranches de consommation thermique.

Au final, en ne conservant que les logements du type « résidence principale », une grande majorité de ce bâti a une consommation énergétique annuelle pour le chaud (chauffage et ECS) qui s'établit entre 100 et 300 kWh/an.

La valeur moyenne de consommation qui sera retenue pour la suite de l'exercice est de 219 kWh/m<sup>2</sup>, correspondant à 196 kWh/m<sup>2</sup> pour le chauffage et 23 kWh/m<sup>2</sup> pour l'ECS. En ce qui concerne la production de froid, elle peut être comblée également car les demandes en chaud et en froid ne sont quasiment jamais simultanées (à l'échelle du bâtiment et dans une bonne mesure à l'échelle de la maille), et qu'une opération géothermique dimensionnée pour fournir du chaud, peut également combler le besoin en froid si sa valeur est inférieure à celle du

chauffage, ce qui est le cas pour la région Picardie (la moyenne de la consommation énergétique annuelle pour le froid dans le secteur résidentiel est de 11 kWh/m<sup>2</sup>).

#### 4.3.2. Secteur tertiaire

Les bâtiments du secteur tertiaire de la base de données ENERTER ont été classés en trois catégories correspondant aux trois typologies de bâti rencontrées dans la BD TOPO.

<b>Consommation moyenne d'énergie par m<sup>2</sup> pour le bâti tertiaire (indifférencié)</b>			
Type de bâti	Surface totale	Consommation moyenne d'énergie pour le chauffage et l'ECS (kWh / m <sup>2</sup> / an)	Consommation globale pour le chauffage et l'ECS (kWh / an)
Bureau	4 196 172	151	633 621 972
Enseignement	5 672 021	130	737 362 730
Habitat communautaire	2 048 871	150	307 330 650
Hôtellerie - Restauration	880 606	172	151 464 232
Santé - Action sociale	3 888 245	168	653 225 160
Surface et consommation thermique globales	16 685 915		2 483 004 744

Tableau 4 : Données ENERTER du bâti indifférencié hors résidentiel

<b>Consommation moyenne d'énergie par m<sup>2</sup> pour le bâti tertiaire (remarquable)</b>			
Type de bâti	Surface totale	Consommation moyenne d'énergie pour le chauffage et l'ECS (kWh / m <sup>2</sup> / an)	Consommation globale pour le chauffage et l'ECS (kWh / an)
Administration	1 358 101	149	202 357 049
Sport - Loisirs - Culture	1 998 972	151	301 844 772
Transport	1 006 875	160	161 100 000
Surface et consommation thermique globales	4 363 948		665 301 821

Tableau 5 : Données ENERTER du bâti remarquable

<b>Consommation moyenne d'énergie par m<sup>2</sup> pour le bâti tertiaire (commercial)</b>			
Type de bâti	Surface totale	Consommation moyenne d'énergie pour le chauffage et l'ECS (kWh / m <sup>2</sup> / an)	Consommation globale pour le chauffage et l'ECS (kWh / an)
Commerce	8 056 242	121	974 805 318

Tableau 6 : Données ENERTER du bâti commercial

L'analyse des données figurant dans les tableaux 3, 4 et 5 permet d'établir respectivement les moyennes de consommation thermique à 149, 152 et 121 kWh/m<sup>2</sup>/an pour le bâti indifférencié, remarquable et commercial respectivement.

#### 4.4. RESULTATS DU CALCUL DES BESOINS THERMIQUES EN SURFACE POUR LE BATI EXISTANT

La surface totale à chauffer (m<sup>2</sup>) par maille a donc été déterminée à partir de la BD TOPO®, correspondant à la somme des surfaces chauffées des bâtiments dont les centroïdes sont localisés dans la maille.

Il s'agit ensuite de multiplier la surface chauffée par les moyennes de consommation thermique en kWh/m<sup>2</sup> déterminées dans le chapitre 4.3.

On obtient ainsi une cartographie des besoins thermiques des utilisateurs à l'échelle de la maille. Les cartes ci-après présentent la consommation énergétique (chauffage et ECS) annuelle pour l'ensemble de la région, par maille et par commune.

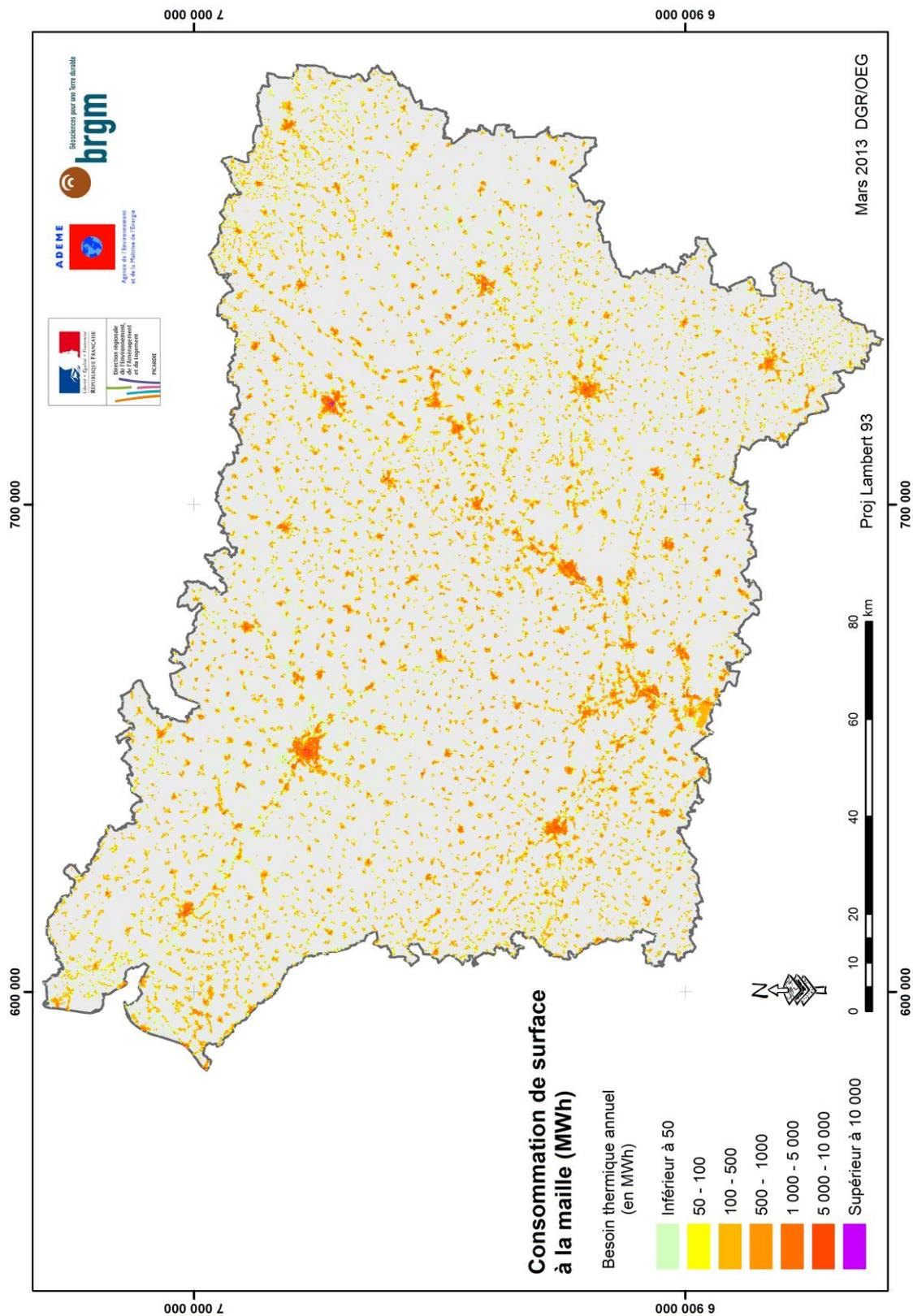


Illustration 14 : Cartographie à l'échelle de la maille 250 m des consommations thermiques de la Picardie

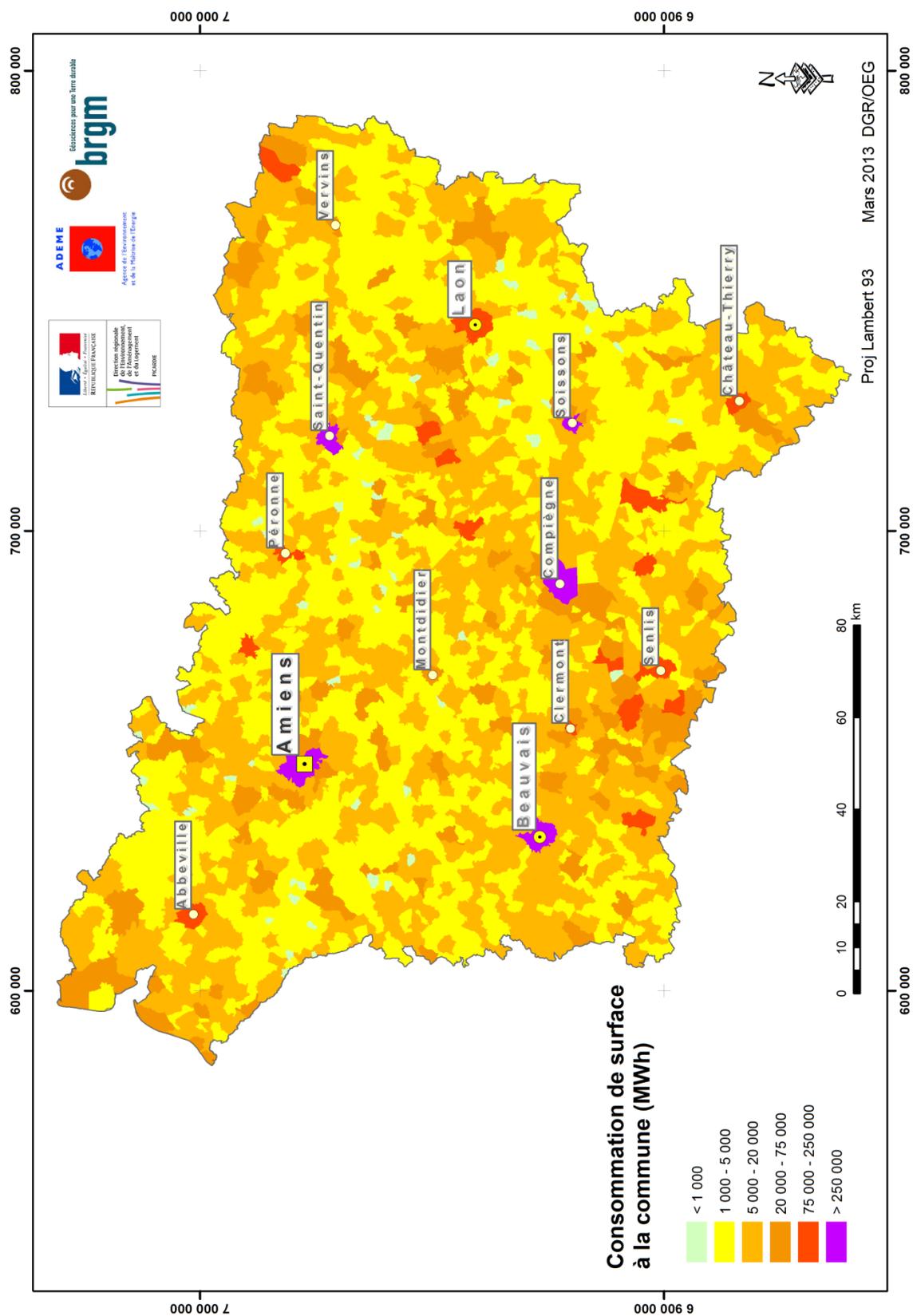


Illustration 15 : Cartographie des consommation communales

## 4.5. APPROCHE QUALITATIVE DU CROISEMENT RESSOURCES/BESOINS

A partir des données sur les consommations thermiques par maille, une première approche qualitative de croisement ressources/besoins a été réalisée pour associer à chaque maille identifiée avec une demande thermique la technologie géothermique la mieux appropriée.

Ces filières géothermiques sont distinguées en six catégories :

- **SGV : absence d'aquifère superficiel**

Il s'agit de zones où un besoin thermique existe sans qu'aucune ressource aquifère n'ait été mise en évidence. Dans ce cas, l'utilisation de la géothermie se traduit par le recours à des systèmes de captage fermés : les sondes géothermiques verticales.

- **SGV : aquifère superficiel disponible mais besoin très faible**

Le recours à un doublet géothermique sur aquifère superficiel est possible techniquement du fait de la présence d'une ressource, mais le besoin est tellement faible que la viabilité économique de l'opération ne peut être garantie.

Dans ce cas de figure, l'utilisation de SGV est plus approprié.

- **Doublet sur aquifère superficiel susceptible de couvrir 100 % du besoin**

Le besoin est assez important pour permettre d'envisager la réalisation d'une opération sur doublet superficiel. Ce besoin n'excède pas 700 kW ce qui permet une couverture géothermique complète du besoin voire excédentaire quand le sous-sol le permet.

La valeur énergétique de 700 kWh correspond à la fourniture d'un doublet sur l'aquifère de la craie localisé dans une zone au potentiel géothermique fort.

- **Doublet sur aquifère superficiel susceptible de couvrir 50 % à 100 % du besoin**

Il s'agit de la même configuration que la précédente avec dans ce cas un besoin supérieur à 700 kW. D'après les résultats du volet 1 de cette étude, de façon générale, un doublet captant les nappes superficielles ne pourrait permettre la couverture d'une telle demande énergétique. Mais le recours à la géothermie très basse énergie reste une solution à prendre compte du fait qu'une partie du besoin peut être comblée.

- **Géothermie très basse énergie contributive**

Dans ce cas, la géothermie superficielle ne peut participer que de façon faible à la fourniture énergétique. L'apport significatif d'autres solutions énergétiques est indispensable.

Le besoin n'atteint pas néanmoins un seuil qui permettrait la mise en place d'un réseau de chaleur.

- **Besoins importants adaptés aux réseaux de chaleur**

Les mailles concernées représentent un besoin très fort et le recours à un réseau de chaleur alimenté par un doublet profond peut être une solution à prendre en considération.

Il est à noter que la mise en place de ces réseaux de chaleur est conditionnée pleinement par la présence d'une ressource aquifère profonde adéquate, au même titre que la nécessité d'un besoin conséquent (généralement supérieur à 3 MW).

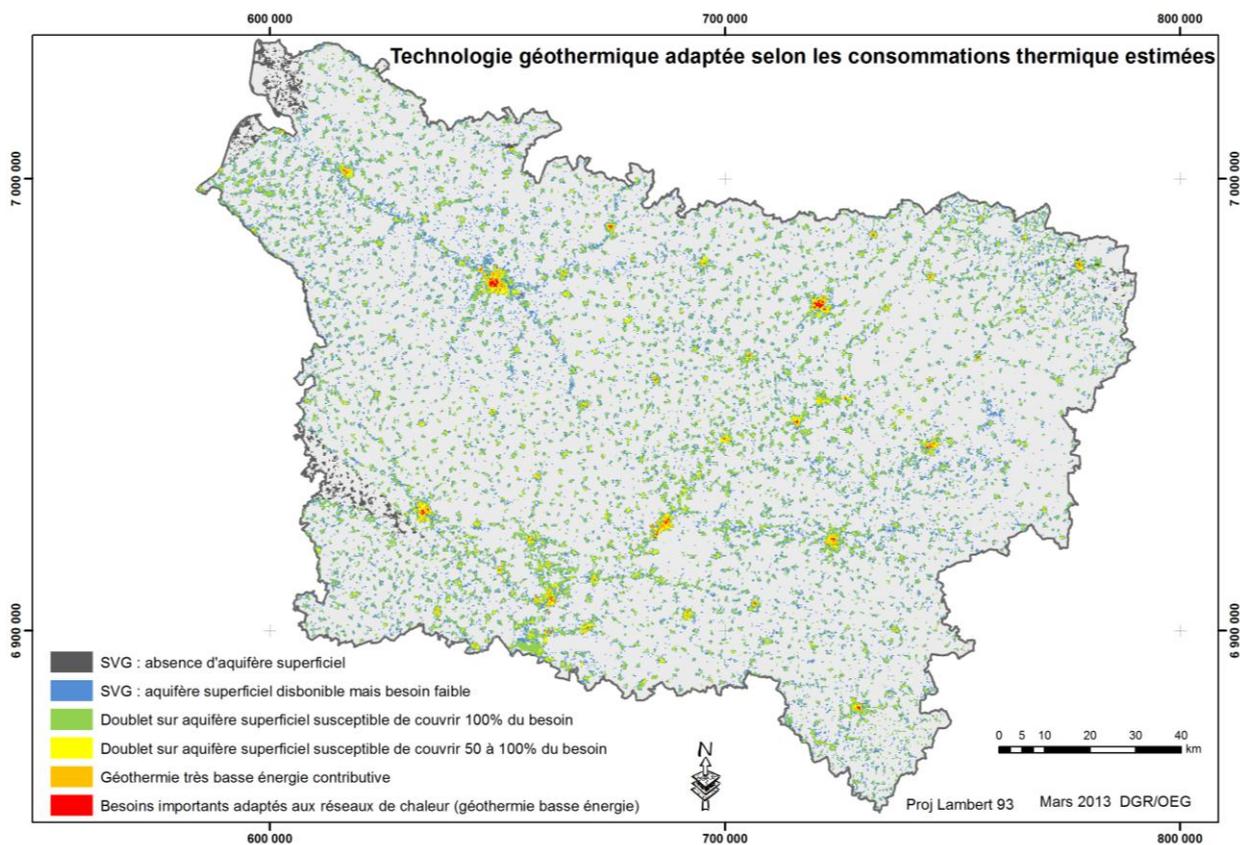


Illustration 16 : Approche qualitative du croisement ressources/besoins

## 5. Potentiel géothermique des aquifères superficiels

### 5.1. PRINCIPE GENERAL

Le principe de base de la méthodologie développée est de comparer les ressources géothermales (prise en compte de l'aquifère aux meilleures capacités) avec les besoins thermiques de surface, ceci à l'échelle de la maille.

L'objectif est ainsi de déterminer quelle part des besoins de chaleur peut être satisfaite par un des aquifères superficiels, et d'en déduire ainsi une valeur de potentiel géothermique réellement utilisable.

### 5.2. PUISSANCE GEOTHERMIQUE DISPONIBLE ASSUREE PAR LA RESSOURCE EN EAU

Pour déterminer la puissance extractible à partir d'un aquifère, il est nécessaire de définir un mode de fonctionnement par usage « production de chaleur » et usage « production de fraîcheur ». En effet, le dimensionnement en mode chauffage est différent du dimensionnement en mode rafraîchissement. De plus, pour une puissance donnée de chaud et de froid, la puissance de froid peut être déterminante, et ce d'autant plus que l'on souhaite faire du free-cooling. Cependant, comme cela a été fixé par le comité de pilotage de l'étude, nous nous intéressons ici uniquement au potentiel pour les besoins de chauffage et d'Eau Chaude Sanitaire (ECS), sachant que les besoins en froid (rafraîchissement et climatisation) seront couverts par la géothermie au moins à la même hauteur que la couverture des besoins en chaud. En effet, en région Picardie les consommations thermiques pour le chauffage sont supérieures aux consommations destinées au froid.

En premier lieu, la puissance disponible sera calculée en prenant les valeurs de débits. Des hypothèses de calcul portent sur le choix d'un  $\Delta T$  de référence (différence entre la température de l'eau prélevée et la température de l'eau rejetée après utilisation par la PAC), et le choix d'un COP (Coefficient de performance) de référence des PAC.

Le calcul de puissance utilisé pour la production de chaud est le suivant :

$$P_{ch}(kW) = \frac{1,16 Q \Delta T}{1 - 1/COP}$$

Avec  $Q$  le débit de l'aquifère en  $m^3/h$ .

Dans le cadre de cette étude, il a été considéré que  $COP = 4$  et  $\Delta T = 6^\circ C$ .

Alors  $P_{ch}(kW) = 9,28 Q$ .

Il sera ainsi déterminé par maille la puissance maximale que peut fournir un doublet géothermique, pour l'aquifère ayant le plus grand potentiel.

### 5.3. PUISSANCE NECESSAIRE EN SURFACE POUR COUVRIR LES BESOINS THERMIQUES

Comme cela a été fixé par le comité de pilotage, il a été choisi un nombre d'heures équivalent pleine puissance (HPP) égal à 1 500 heures pour la production de « chaud » comprenant le chauffage et l'ECS.

Ce nombre de HPP permet de traduire les consommations thermiques (kWh) qui ont été estimées par maille, en puissance

### 5.4. TAUX D'ADEQUATION ET TAUX DE COUVERTURE

Le taux d'adéquation, défini maille par maille, correspond au rapport entre la puissance disponible au niveau de la ressource et la puissance nécessaire en surface.

Les calculs réalisés dans le cadre de cette étude ont mis en évidence un taux d'adéquation variant 1% et 1 400 % (le doublet peut fournir une puissance 14 fois supérieure à la puissance demandée en surface).

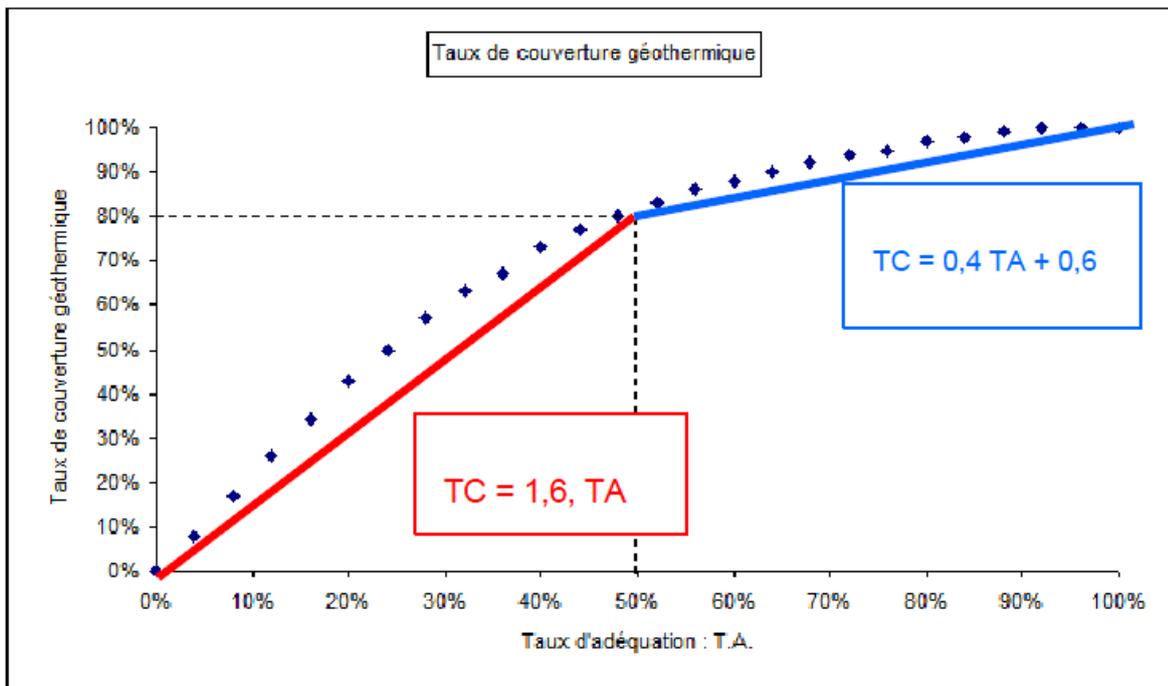


Illustration 17 : Relation simplifiée entre taux d'adéquation (TA) et taux de couverture (TC).

Le taux d'adéquation (TA) est lié à un deuxième paramètre appelé le taux de couverture qui définit le ratio d'énergie géothermique valorisable sur l'énergie thermique nécessaire au bâtiment. Le rapport en puissance TA permet de qualifier la puissance à satisfaire pour la faisabilité de l'opération et influence sur son dimensionnement, alors que le rapport en énergie permet de déterminer les consommations et les besoins thermiques satisfaits.

La courbe de la figure précédente présente le lien entre le TA et le TC, qui se détermine à partir de la courbe monotone.

Selon la valeur du TA, l'interprétation que cela pourrait donner en termes de TC est différente, comme le montre le tableau ci-dessous.

<b>Valeur du taux d'adéquation</b>	<b>Interprétation</b>
Supérieur à 100 %	La ressource permet de satisfaire plus de 100% des besoins, en puissance et en énergie. Elle permettrait même de satisfaire des besoins complémentaires.
Entre 50 et 100 %	La ressource permet de couvrir entre 80 et 100% des besoins en énergie. Si l'on était dans le cadre d'une opération, cette dernière pourrait être intéressante, avec un appoint. Le dimensionnement à 50% de la puissance, 80% des besoins est d'ailleurs parfois recherché, d'autant plus en rénovation lorsque l'ancienne chaudière permet, sans investissement, de couvrir les pointes de consommation.
Inférieur à 50 %	La ressource est limitée. Il faudra étudier plus en détails les possibilités de diminuer les besoins ou de considérer que pour une partie de ces besoins (si la maille regroupe un ensemble de petits consommateurs), la ressource pourra éventuellement satisfaire un des utilisateurs. Cela sera à étudier au cas par cas.

*Tableau 7 : Taux d'adéquation et interprétation.*



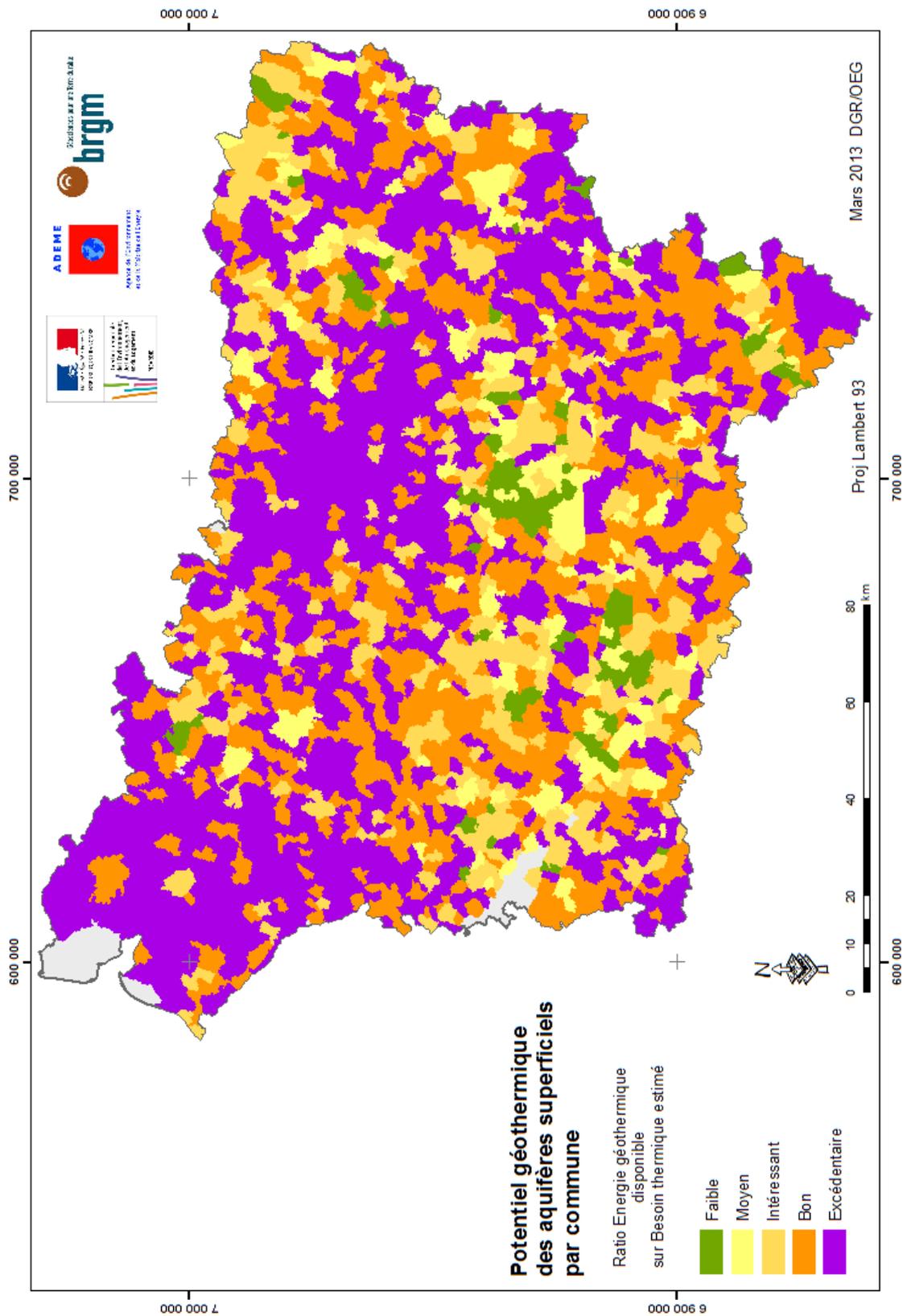


Illustration 19 : Cartographie à l'échelle communale du potentiel des aquifères superficiels

Les résultats du croisement ressources/besoins pour les aquifères superficiels confirment l'aspect favorable au développement de la géothermie très basse énergie sur quasiment l'ensemble du territoire de la région Picardie.

Ce croisement montre également une zone qui correspond aux vallées fluviales de la Somme et de l'Aisne où la ressource aquifère bien que présente, ne permettrait de satisfaire qu'une partie (moins de 50%) des besoins thermiques. Cela est dû au caractère faible à moyen de la productivité des aquifères disponibles, et qui sont confrontés à une densité forte de la demande thermique dans cette zone au Sud de la Picardie qui s'étend de Beauvais à l'ouest à Compiègne à l'est.

Pour le reste du territoire, les résultats à l'échelle communale indique qu'une majeure partie des communes dispose d'un potentiel fort voire excédentaire. Cependant ces communes se révèlent être de petite taille (généralement moins de 500 habitants pour les communes avec un potentiel excédentaire). Pour ce type de communes (liste en annexe 3), la solution géothermique sur doublet superficiel serait efficace sous condition de la viabilité économique, à étudier au cas par cas pour chaque opération. En effet, pour certains villages, avec un bâti isolé et dispersé, l'utilisation de la géothermie pourrait être plus intéressante d'un point de vue économique en ayant recours à des systèmes à boucles fermées.

Enfin, la question reste posée pour les zones urbaines denses vis-à-vis des aquifères profonds si ces derniers permettent de satisfaire les besoins importants identifiés dans certaines mailles. La suite de l'étude permettra d'aborder ce sujet.

## 6. Potentiel géothermique des sondes géothermiques verticales

### 6.1. METHODOLOGIE APPLIQUEE A LA DETERMINATION DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES SONDES GEOTHERMIQUES VERTICALES

L'absence d'une ressource aquifère superficielle ou la présence d'une ressource mais qui est faible en termes de productivité limitent le recours à la géothermie très basse énergie sur nappe. Cependant, le sous-sol bien que « sec » offre la possibilité de mettre en place des opérations sur sondes géothermiques verticales (ou autres échangeurs à boucles « fermées ») pour combler les besoins thermiques des consommateurs en surface.

Dans le cadre de cette étude, la méthode appliquée pour le calcul du potentiel de développement d'opérations sur sondes géothermiques verticales est assez proche de celle appliquée pour le potentiel de la géothermie sur aquifère, en adoptant une approche par maille et en se basant sur un ratio alliant le besoin thermique en surface et la capacité de fourniture énergétique des sondes. L'objectif ici est de déterminer le nombre nécessaire de sondes pour combler 100% du besoin estimé, et cela à l'échelle de la maille.

Les mailles concernées par cette approche sont de deux natures :

- Maille sans ressource aquifère superficielle identifiée ;
- Maille avec un besoin thermique en surface assez faible pour envisager une opération avec doublet sur aquifère superficiel.

Dans certains cas où le besoin est faible, le recours à des sondes géothermiques ou à des champs de sondes doit être privilégié pour la viabilité économique du projet. Le seuil de transition entre sondes et doublets a été fixé à 10 sondes géothermiques. Le choix de ce chiffre ne tient compte que du poste budgétaire « investissement » et considère qu'un champ de 10 sondes correspondrait à l'équivalent d'un doublet en termes d'investissement. Il est très important de noter là que ce chiffre a été utilisé dans le cadre de cette étude qui traite de l'ensemble de la région Picardie avec un travail par maille de 250 m \* 250 m, et qu'il ne devrait en aucun cas servir de référence pour des études appliquées à des échelles plus restreintes, plus particulièrement les études de faisabilité sur des projets concrets. Chaque opération a ses spécificités (localisation, formation géologique visée, modèle de sondes considérées, etc.) qui impactent de façon significative les coûts d'investissement.

Pour la détermination du potentiel géothermique des systèmes à boucle fermée, il a été considéré un modèle de sondes géothermiques verticales de 100 m de profondeur capable de fournir une puissance de 50 W par mètre linéaire, ce qui donne pour une sonde une production de 5 kW.

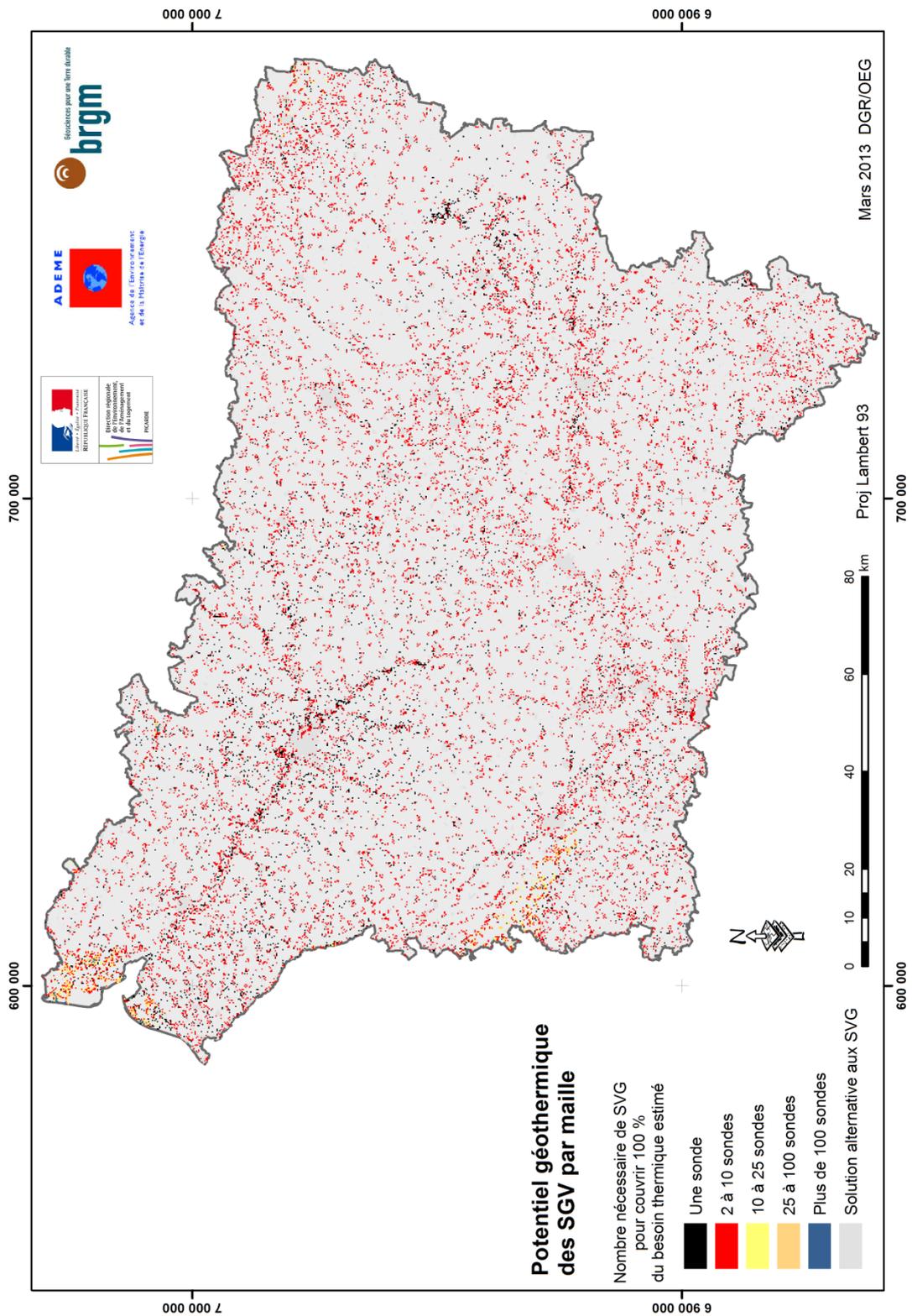


Illustration 20 : Cartographie à l'échelle de la maille 250 m du potentiel géothermique sur SGV.

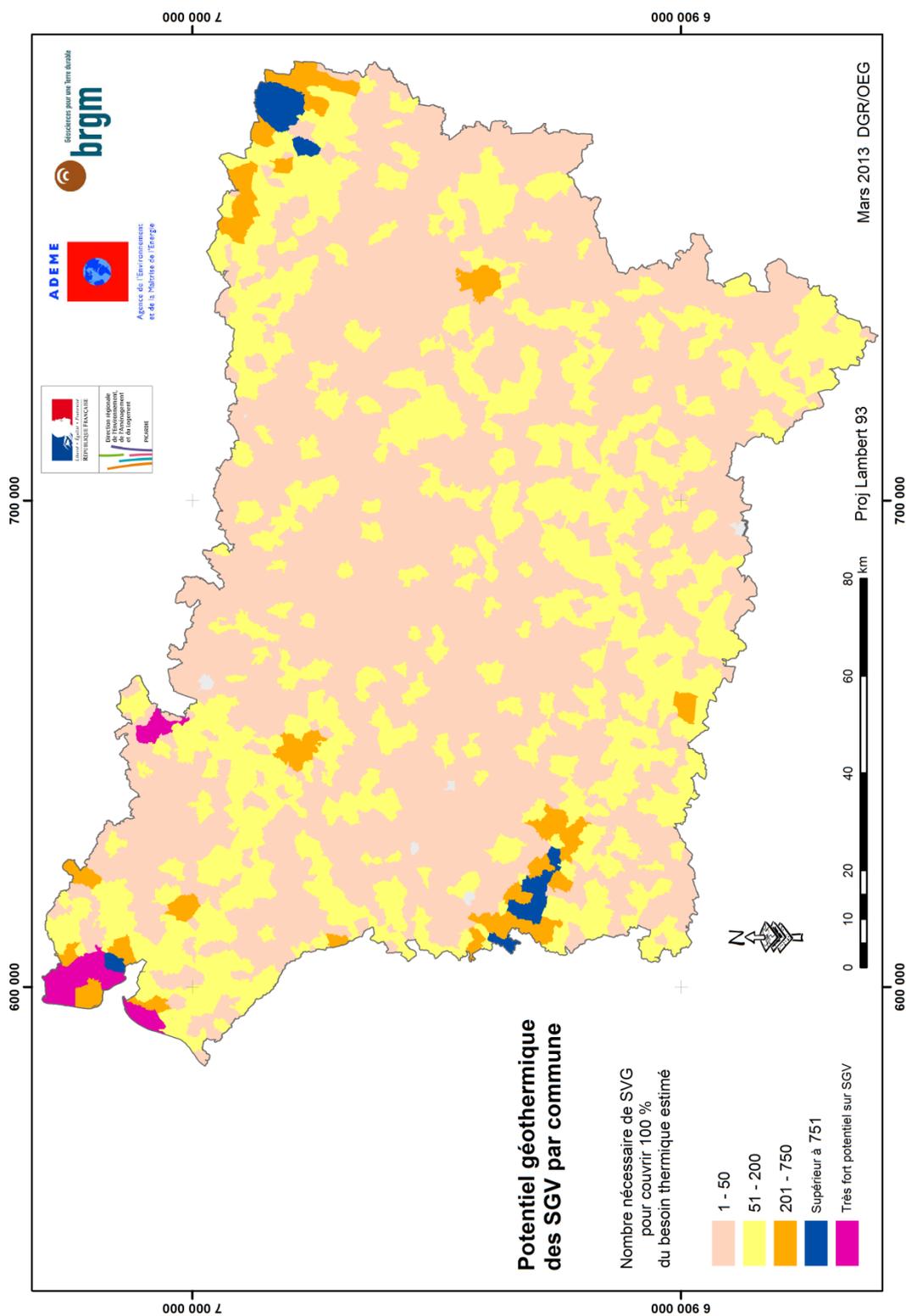


Illustration 21 : Cartographie à l'échelle communale du potentiel géothermique sur SVG.

## 6.2. RESULTATS

L'ensemble des mailles est concernée par la mise en place d'une opération avec au moins une sonde géothermique verticale (SGV). Pour certaines mailles, notamment celles localisées dans les zones dépourvues de ressource aquifères, le nombre de SGV à mettre en place peut dépasser 100 unités.

Le tableau suivant résume les résultats de cette partie :

Fourniture thermique avec SGV	Nombre de mailles concernées	Equivalent en nombre de sondes	kTep substitué
Une sonde par maille sans appoint	5720	2833	1,82
Une sonde par maille avec appoint	1772	2193	1,41
Moins de dix sondes par maille	6308	80441	51,71
Plus de dix sondes par maille	1007	47140	30,30

Tableau 8 : Résultats de l'étude du potentiel géothermique des SGV en Picardie.

Il est à noter que les deux premières lignes du tableau concerne l'habitat individuel et/ou isolé et principalement orienté vers le bâti neuf ou rénové.

Quant aux mailles de la troisième ligne, elle représente des lotissements et du bâti collectif, petit à moyen.

Enfin, les mailles avec plus de dix sondes sont représentatives de besoins thermiques plus importants, liés par exemple à de l'habitat collectif de grande taille.

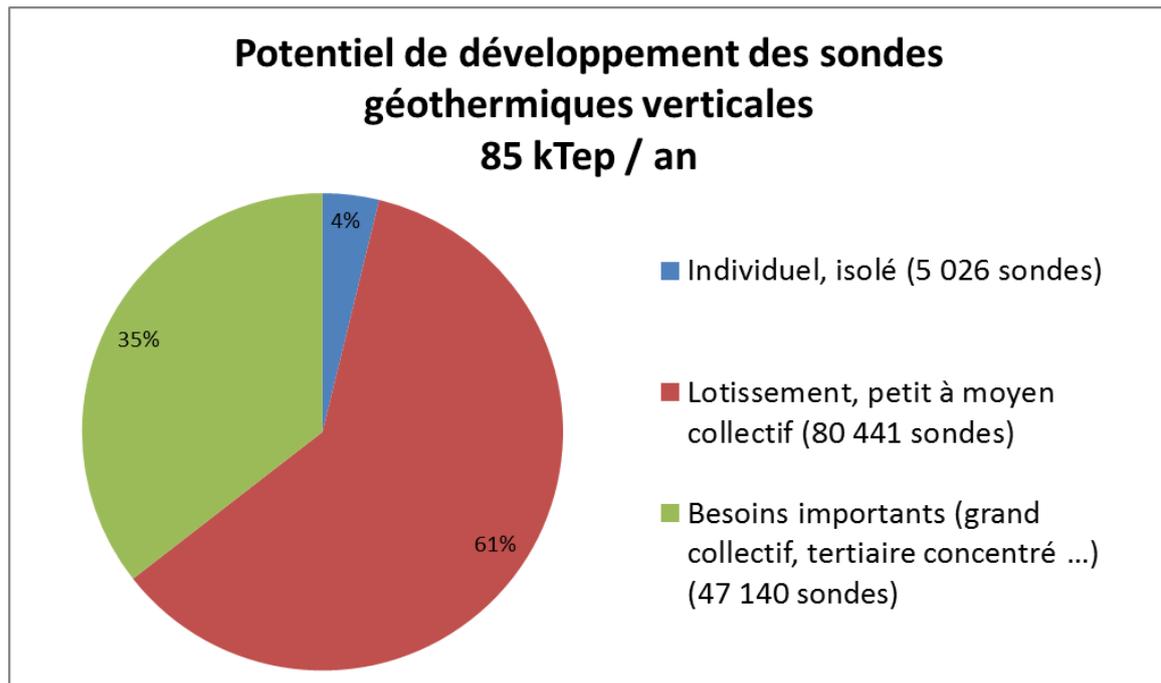


Illustration 22 : Potentiel géothermique des SGV et répartition selon les types d'usage.

## 7. Potentiel géothermique des aquifères profonds pour les réseaux de chaleur

Les réseaux de chaleur sont un vecteur important pour la distribution de la chaleur géothermale. Le Grenelle de l'Environnement a fixé des objectifs ambitieux de développement de réseaux de chaleur mais également de conversion de ces derniers alimentés en énergie fossile en réseau chaleur alimentés en grande partie par la chaleur renouvelable.

Le potentiel de développement des réseaux de chaleur géothermiques en Picardie peut se faire en :

- Créant de nouveaux réseaux de chaleur,
- Transformant les réseaux de chaleur existants alimentés par les énergies fossiles en réseaux géothermiques.

### 7.1. METHODOLOGIE APPLIQUE A LA DETERMINATION DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES AQUIFERES PROFONDS

Le premier point, pour estimer le potentiel géothermique des aquifères profonds, est de déterminer les mailles avec des besoins thermiques importants adaptés à la mise en place d'un réseau de chaleur.

Sur l'ensemble de la Picardie, il existe 143 mailles concernées par ce type de besoin lié à une concentration de consommations thermiques dans un périmètre restreint. Ces mailles sont réparties sur 44 communes majoritairement les villes de grande taille (Amiens, Beauvais, Laon, ...) et quelques communes limitrophes de taille inférieure (Dury, Glisy,...).

Au niveau de chaque commune concernée, un calcul a été réalisé pour estimer la puissance que pourrait produire un doublet géothermique sur l'aquifère profond du Dogger. Le choix a été fait de ne tenir compte que de cet aquifère car il s'agit de l'unique entité hydrogéologique profonde avec un nombre conséquent d'information pour assurer une caractérisation fiable.

Le calcul de puissance utilisé concernant la mise en place de réseaux de chaleur est :

$$P_{ch}(kW) = 1,16 Q \Delta T$$

Avec  $Q$  le débit de l'aquifère en  $m^3/h$  qui oscille entre  $20 m^3/h$  au nord de la région et  $160 m^3/h$  pour la zones les plus productives au sud.

Il est à noter que par certains endroits, il est possible que l'aquifère Dogger offre des débits plus importants pouvant dépasser les  $300 m^3/h$  mais cela reste assez ponctuel et ne peut être généralisé à des zones élargies.

Concernant le paramètre  $\Delta T$ , il a été considéré de telle sorte que la température de sortie soit équivalente à environ  $30^\circ C$  au niveau du puits de réinjection.

Les valeurs de ces deux paramètres au niveau des communes concernées sont estimées à partir des cartographies réalisées dans le cadre du premier volet de l'étude (illustrations 23 et 24).

# CARTE DE PRODUCTIVITÉ DE L'AQUIFÈRE DU DOGGER

Pour les forages retenus dans le cadre de cette étude

Réalisation : Cartographie du potentiel géothermique et perspectives de développement de la filière géothermie en région Picardie  
 Rapport n° BRGM/RP-62381-FR  
 Date : septembre 2012  
 Commanditaires : ADEME Picardie - DREAL Picardie

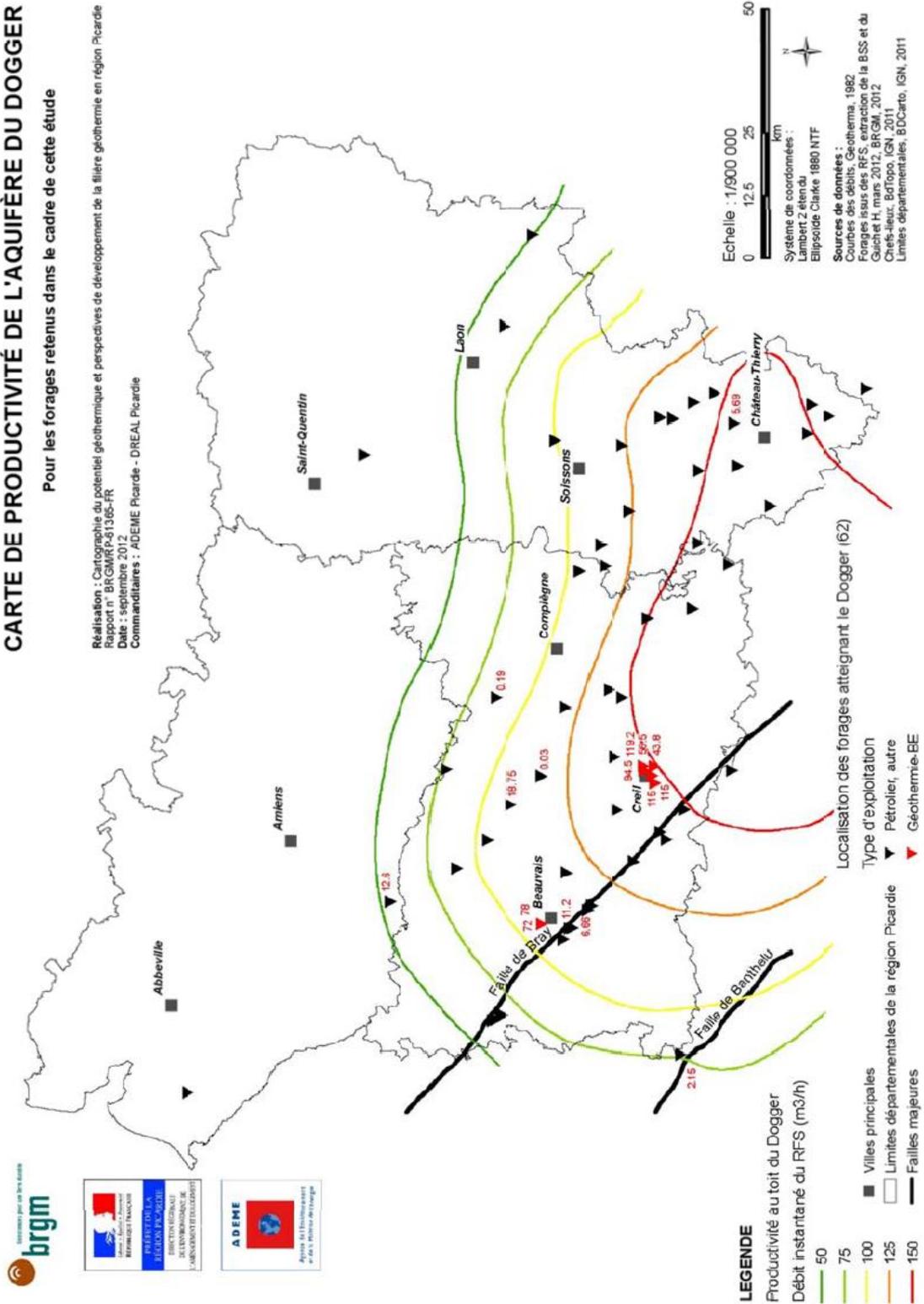


Illustration 23 : Carte de productivité de l'aquifère Dogger.

# CARTE DES TEMPÉRATURES AU TOIT DU DOGGER

Pour les forages retenus dans le cadre de cette étude

Réalisation : Cartographie du potentiel géothermique et perspectives de développement de la filière géothermie en région Picardie  
 Rapport n° BRGM/RP-62381-FR  
 Date : septembre 2012  
 Commanditaires : ADEME Picardie - DREAL Picardie

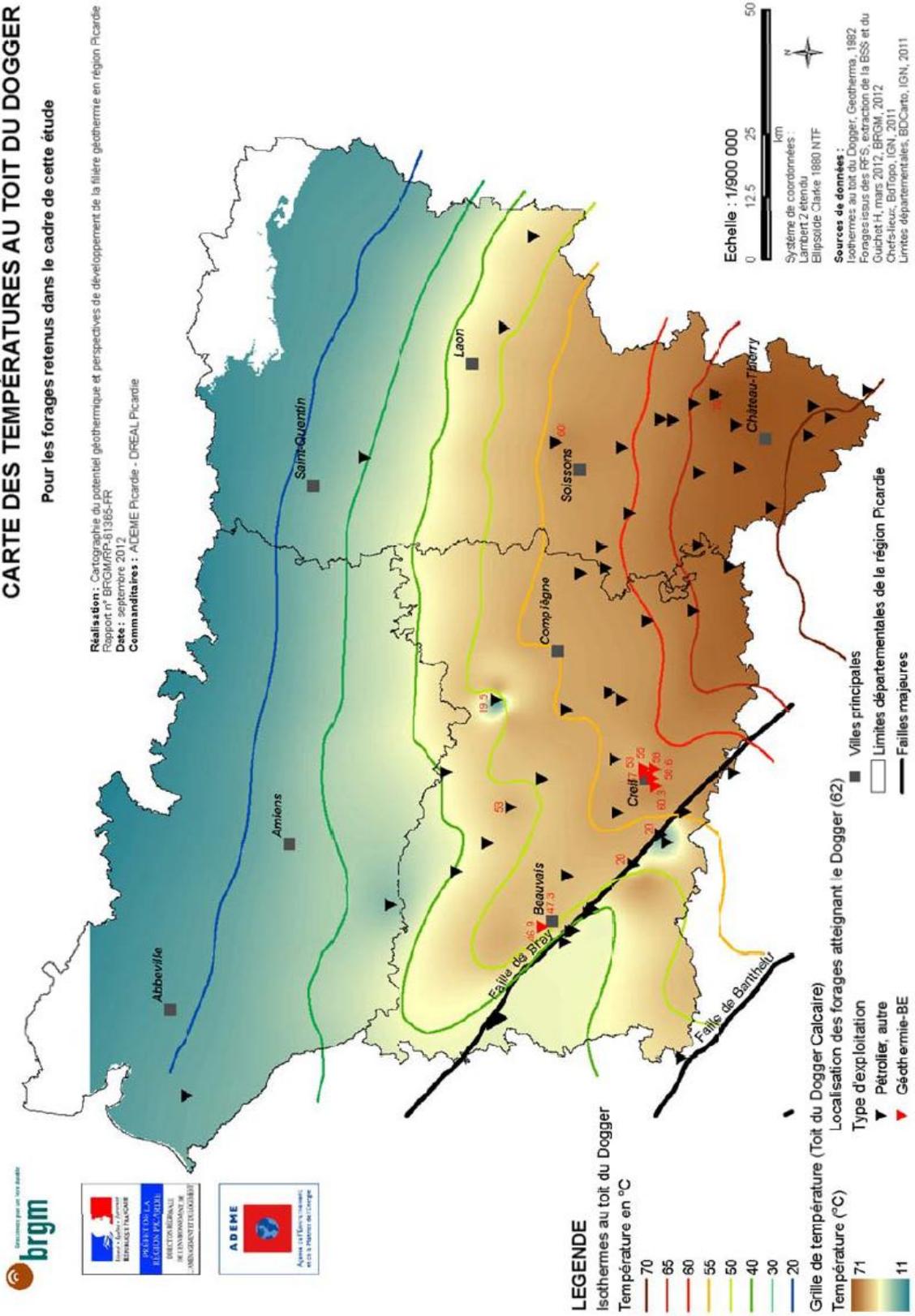


Illustration 24 : Carte des températures au toit de l'aquifère Dogger.

## 7.2. RESULTATS DU CALCUL DU POTENTIEL DE DEVELOPPEMENT GEOTHERMIQUE SUR LES AQUIFERES PROFONDS

Sur l'ensemble des 44 communes disposant de zones avec des besoins importants compatibles avec la mise en place de réseaux de chaleur, environ la moitié seulement est concernée par la valorisation du potentiel des aquifères profonds.

En effet, certaines communes comme Amiens ou Saint-Quentin, où les possibilités de recours aux réseaux de chaleur sont favorables, sont localisées dans la partie nord de la région où l'aquifère Dogger est le moins profond (faible température) et le moins productif. Ce qui exclut toute possibilité de recours à la géothermie basse énergie.

Dans d'autres communes comme Montdidier et Laon, l'aquifère du Dogger offre des débits moyens (environ 75 m<sup>3</sup>/h) et des températures à peine supérieures à 40 °C. L'utilisation de la géothermie basse énergie (sans PAC) pourrait être envisagée, néanmoins la viabilité économique des opérations ne serait pas assurée et limiterait fortement cette possibilité. Cela est dû à l'investissement qui serait élevé à cause des coûts des forages avec une production énergétique assez faible pour ce type d'installations (moins de 1 MW).

Il reste enfin une vingtaine de communes où les besoins thermiques importants, identifiés en surface, peuvent être comblés en parti ou entièrement avec le recours à la géothermie sur aquifère profond via des réseaux de chaleur.

La gamme de puissance produite par un doublet varie d'un peu plus de 1 MW (Pinon, Beauvais,...) jusqu'à plus de 6 MW (Château-Thierry et Charly-sur-Marne).

Communes	Nombre de mailles concernées	Débit (m <sup>3</sup> /h)	Température (°C)	Delta T	Puissance (MW)	
Bohain-en-Vermandois	3	20	15			pas de potentiel sur aquifère profond
Albert	2	20	15			
Doullens	1	20	15			
Abbeville	5	20	17			
Hirson	3	20	18			
Vervins	1	20	18			
Guise	2	20	19			
Mers-les-Bains	1	20	20			
Saint-Quentin	23	20	24			
Harly	1	20	24			
Amiens	18	20	25			
Dury	1	20	25			
Glisy	1	20	25			
La Capelle	1	20	18			
La Fère	1	50	38	3	0,2	faible potentiel sur aq. profond
Chauny	1	50	40	5	0,3	
Montdidier	1	75	40	5	0,4	
Saint-Just-en-Chaussée	1	100	40	5	0,6	
Laon	6	60	45	10	0,7	
Viry-Nouveau	2	60	45	10	0,7	
Le Meux	1	120	40	5	0,7	
Pinon	1	75	50	15	1,3	Potentiel sur aquifère profond intéressant
Beauvais	11	100	48	13	1,5	
Clermont	2	100	49	14	1,6	
Compiègne	9	100	50	15	1,7	
Venette	2	100	50	15	1,7	
Mouy	1	125	50	15	2,2	
Liancourt	1	130	50	15	2,3	
Soissons	6	100	55	20	2,3	
Villers-Cotterêts	4	110	55	20	2,6	
Crépy-en-Valois	1	150	57	22	3,8	
Creil	7	140	60	25	4,1	
Méru	2	140	60	25	4,1	
Nogent-sur-Oise	2	140	60	25	4,1	
Senlis	2	140	60	25	4,1	
Cauffry	1	140	60	25	4,1	
Chambly	1	140	60	25	4,1	
Thiverny	1	140	60	25	4,1	
Villers-Saint-Paul	1	140	60	25	4,1	
Chantilly	3	140	62	27	4,4	
Fère-en-Tardenois	1	140	65	30	4,9	
Château-Thierry	6	160	70	35	6,5	
Brasles	1	160	70	35	6,5	
Charly-sur-Mame	1	160	70	35	6,5	

Tableau 9 : Potentiel de développement de géothermie sur les aquifères profonds en Picardie

## 8. Conclusion et proposition pour l'élaboration d'un plan d'actions

Les résultats de cette étude confirment les bonnes perspectives de développement de la solution « Géothermie » dans la région Picardie, particulièrement au travers les doublets sur aquifères superficiels qui fournissent un potentiel très intéressant estimé à plus de 1000 kTep/an à l'horizon 2020.

En effet, mise à part les zones dépourvues d'aquifère exploitable et la zone qui correspond aux fonds des vallées fluviales de la Somme et de l'Aisne où la ressource géothermale ne pourrait satisfaire qu'une partie des besoins thermiques (moins de 50%), le reste du territoire dispose d'un potentiel fort voire excédentaire. Cependant, seules les petites communes (généralement moins de 500 habitants) présentent une adéquation de 100 % ou plus. Pour ces communes, les doublets sur aquifère superficiel seraient efficace sous condition de la viabilité économique, à étudier au cas par cas pour chaque opération. En effet, pour certains villages avec du bâti isolé et dispersé, l'utilisation de la géothermie avec des sondes géothermiques verticales pourrait être plus intéressante d'un point de vue économique. Concernant les villes de taille moyenne ou de grande taille, la question reste également posée pour les zones avec une forte densité urbaine vis-à-vis des aquifères profonds si ces derniers permettent de satisfaire les besoins importants identifiés dans certaines mailles.

Quant au potentiel des sondes géothermiques verticales, il représente plus de 80 kTep/an. Dans les zones disposant de ressources aquifères superficielles, cette technologie concerne principalement le bâti individuel neuf ou rénové (une ou deux sondes) ainsi que le petit collectif et les lotissements (une dizaine de sondes). Concernant les zones dépourvues de ressources, tous type de besoin thermique pourrait être couverts par des SVG ou des champs de sondes (sous réserves de la viabilité économique et la faisabilité technique des opérations, à étudier au cas par cas).

Concernant le développement des réseaux de chaleur alimentés par des doublets sur aquifères profonds et sans assistance de machinerie thermodynamique, plusieurs communes sont concernées dont tout particulièrement Château-Thierry et Charly-sur-Marne. Dans ces deux communes, un doublet au Dogger est susceptible de fournir en puissance de plus de 6 MW. Pour les cas de Charly-sur-Marne, il est possible de mettre en place un réseau de chaleur de taille moyenne. Quant à Château-Thierry où la densité des besoins thermiques est plus importante, il est possible de créer jusqu'à 3 réseaux de chaleur alimentés par l'aquifère du Dogger.

Il existe d'autres communes où la géothermie basse énergie reste intéressante même si le potentiel « ressource » du Dogger est plus faible, comme Creil, Senlis ou Méru où une puissance de plus de 4 MW peut être obtenue.

Au final, on parvient à un potentiel global de la géothermie toute technologie confondue de plus de 1 100 kTep/an à l'horizon 2020. Néanmoins, seule une partie de ce potentiel sera exploitée à l'horizon 2020 pour assurer le mix énergétique et la contribution d'autres énergies renouvelables comme cela a été fixé par le Grenelle de l'environnement.

Si l'on se base sur une hypothèse de 3 % de ce potentiel, ce qui paraît tout à fait réalisable pour 2020, l'objectif à atteindre pour la géothermie serait d'environ 34 kTep/an à répartir sur les trois technologies étudiées.



## Bibliographie

**D. Maton, M. Analy, P. Durst, O. Goyeneche, Ph. Herniot, C. Zammit avec la collaboration de R. Pissy (2012)** – Atlas du potentiel géothermique des aquifères de la région Picardie. Tome 1 : Méthodologie et conception de l'Atlas. Rapport final. BRGM/RP-61365-FR, 210 p., 96 fig., 16 tabl., 7 annexes, 1 Dvd.

**D. Maton, M. Analy, P. Durst, O. Goyeneche, C. Zammit avec la collaboration de R. Pissy (2012)** – Atlas du potentiel géothermique des aquifères de la région Picardie. Tome 2 : État des lieux et perspectives de développement de la filière géothermie. Rapport final. BRGM/RP-61365-FR, 247 p., 54 fig., 19 tabl., 13 annexes, 1 Dvd.

**Poux.A., Goyeneche.O., Le.Brun.M., Martin.J.C., Noel.S., Zammit.C., Salquebre.D (2012)** – Prospectives de développement de la géothermie en région Centre (GEOPOREC). Rapport final – BRGM/RP-60336-FR. 97 p., 4 ann.

**Moulin M., avec la coll. de Bauer-Cauneille H., Faure M., Percheval J. & Lyant V. (2013)** – Etude des potentialités géothermiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Atlas Géothermique et évaluation du potentiel géothermique mobilisable. Rapport final. BRGM/RP-62255 -FR, 96 p., 43 ill., 5 ann., 1 CD.

**Bel.A., Poux.A., Goyeneche.O., Allier.D., Darricau.G., Lemale.J.** – Etude préalable à l'élaboration du schéma de développement de la géothermie en Ile-de-France. Rapport final – BRGM/RP-61325-FR. 165 p., 56 ill., 16 tab., 4 ann.

Rapport SRCAE de la région Picardie - 2012

[www.picardie.developpement-durable.gouv.fr](http://www.picardie.developpement-durable.gouv.fr)

[www.picardie.fr/Signature-du-SRCAE](http://www.picardie.fr/Signature-du-SRCAE)



## **Annexe 1**

# **Données fournies par la DREAL Picardie sur le parc résidentiel en Picardie**



### 1. Le parc de logement en Picardie

#### Résidences principales\* par type et superficie du logement en Picardie

Type de logement	Statut d'occupation	Superficie			Ensemble
		Moins de 40 m <sup>2</sup>	De 40 à moins de 100 m <sup>2</sup>	100 m <sup>2</sup> ou plus	
Maisons	Ensemble	14 871	335 091	214 881	564 844
	Propriétaire	7 795	255 974	192 598	456 367
Appartements	Ensemble	45 440	149 513	9 322	204 274
	Propriétaire	1 962	19 582	2 337	23 881
Maisons	Ensemble	2,6%	59,3%	38,0%	100%
	Propriétaire	1,7%	56,1%	42,2%	100%
Appartements	Ensemble	22,2%	73,2%	4,6%	100%
	Propriétaire	8,2%	82,0%	9,8%	100%

Source : Insee, RP2009 exploitation principale.

Résidences principales\* : hors logements-foyers, chambres d'hôtel, habitations de fortune, pièces indépendantes

#### Résidences principales par type et combustible principal du logement en Picardie

Type de logement	Statut d'occupation	Chauffage urbain	Gaz de ville ou de réseau	Combustible principal				Ensemble
				Fioul (mazout)	Electricité	Gaz en bouteille ou citerne	Autre	
Maisons	Ensemble	213	175 725	153 241	132 049	22 482	81 135	564 844
	Propriétaire	53	135 830	132 001	101 315	18 280	68 888	456 367
Appartements	Ensemble	24 445	95 972	11 733	66 531	1 774	3 820	204 274
	Propriétaire	2 605	12 157	1 582	7 014	138	385	23 881
Maisons	Ensemble	0,0%	31,1%	27,1%	23,4%	4,0%	14,4%	100%
	Propriétaire	0,0%	29,8%	28,9%	22,2%	4,0%	15,1%	100%
Appartements	Ensemble	12,0%	47,0%	5,7%	32,6%	0,9%	1,9%	100%
	Propriétaire	10,9%	50,9%	6,6%	29,4%	0,6%	1,6%	100%

Source : Insee, RP2009 exploitation principale

**Résidences principales par type et nombre de pièces du logement en Picardie**

Nombre de pièces	Type de logement	
	Maisons	Appartements
1 pièce	0,3%	11,6%
2 pièces	2,8%	23,7%
3 pièces	13,3%	32,7%
4 pièces	28,6%	22,6%
5 pièces	28,3%	7,6%
6 pièces ou plus	26,7%	1,8%
<b>Ensemble</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Source : Insee, RP2009 exploitation principale

Type de logement	Année de construction	Surface habitable					Ensemble en %
		Moins de 35 m <sup>2</sup>	De 35 à moins de 55 m <sup>2</sup>	De 55 à moins de 75 m <sup>2</sup>	De 75 à moins de 95 m <sup>2</sup>	95 m <sup>2</sup> ou plus	
<b>Maisons</b>	1. Avant 1915	3291	20025	38465	40016	73967	30,5%
	2. De 1915 à 1948	1148	8992	23066	23597	40540	16,9%
	3. De 1949 à 1967	718	4371	20281	18319	15830	10,3%
	4. De 1968 à 1974	433	1513	7505	19522	17308	8,0%
	5. De 1975 à 1981	491	892	7172	25200	28610	10,8%
	6. De 1982 à 1989	228	783	6081	17106	22508	8,1%
	7. De 1990 à 1999	249	960	4114	8919	15616	5,2%
	8. Après 2000	391	1522	6964	16316	31879	9,9%
	9. Non renseigné	50	102	179	276	354	0,2%
<b>Ensemble</b>	<b>6 999</b>	<b>39 060</b>	<b>113 827</b>	<b>169 261</b>	<b>246 612</b>	<b>100%</b>	
<b>Appartements</b>	1. Avant 1915	9140	7818	4475	1979	1457	12,0%
	2. De 1915 à 1948	2692	3134	2373	1244	1039	5,0%
	3. De 1949 à 1967	2481	12111	19915	6951	1216	20,5%
	4. De 1968 à 1974	2428	5141	15122	10698	1744	16,9%
	5. De 1975 à 1981	2636	5540	8735	4969	904	11,0%
	6. De 1982 à 1989	1057	2514	3860	2127	694	4,9%
	7. De 1990 à 1999	5781	6971	7461	3516	1268	12,0%
	8. Après 2000	3675	8458	8514	3234	1254	12,1%
	9. Non renseigné	1291	2889	4171	2533	733	5,6%
<b>Ensemble</b>	<b>31 181</b>	<b>54 576</b>	<b>74 626</b>	<b>37 251</b>	<b>10 309</b>	<b>100%</b>	

Source : Dreal Picardie, Filocom 2011

**Résidences principales dans Filocom** : logement occupé au 1er janvier (selon la taxe d'habitation (TH)) et déclaré en tant que résidence principale par l'occupant. Pour un même contribuable à la TH, un seul logement peut être déclaré en résidence principale, les autres logements occupés temporairement par ce contribuable sont déclarés en résidences secondaires.

Le décompte des résidences principales inclut les logements occupés par des personnes rattachées fiscalement dans un autre ménage (cas généralement des étudiants) même si, pour cette raison, ces résidences principales comptent « 0 occupant » dans la source Filocom.

2. La construction neuve en Picardie

2a. La construction de logements

Logements commencés en 2010 en Picardie

Nature du projet	Ensemble des logements commencés	Logements commencés			Logements commencés en résidence
		individuels	collectifs		
Nouvelle construction	6 099	4 324	1 654	121	
	654 197	529 039	117 667	7 491	
Travaux sur construction existante	107,3	122,3	71,1	61,9	
	764	423	334	7	
	65 287	38 960	25 613	714	
	85,5	92,1	76,7	102,0	

Source : Dreal Picardie, Sit@del, données en date réelle\* à janvier 2013

données en date réelle\* : chaque événement (autorisation, mise en chantier, annulation, achèvement) est rattaché au mois au cours duquel il s'est effectivement produit. L'année 2011 n'est pas exhaustive

SHON\*\* (surface hors d'œuvre nette) est obtenue après déduction de la SHOB de la surface des combles et sous-sols non aménageables, des surfaces non closes, des surfaces de stationnement, des surfaces des bâtiments agricoles, des serres de production. La SHON totale créée comptabilisée dans les séries Sit@del2 correspond à la somme des 3 surfaces suivantes :  
 la SHON nouvelle construite,  
 la SHON créée par transformation de SHOB en SHON (par exemple : la transformation d'un garage en pièce habitable),  
 la SHON créée par changement de destination. Le changement de destination consiste à transformer une surface existante de l'un des types de destinations fixées par le code de l'urbanisme vers une autre de ces destinations (par exemple : la transformation de bureaux en commerces ou la transformation d'un hôtel en habitation). La SHON totale créée se décompose éventuellement en SHON habitation créée (si le projet concerne pour partie ce type de destination) et SHON non habitation créée (si le projet concerne pour partie ou entièrement des locaux non-résidentiels).

construction neuve : bâtiment totalement nouveau  
 construction sur existant : bâtiment s'appuyant sur une partie existante comme des transformations de locaux en logements ou la construction de logement attenant au bâtiment existant

Logements commencés en 2010 selon la tranche de superficie du terrain en Picardie						
Nature du projet	Tranche de la superficie du terrain	Ensemble des logements commencés			Logements commencés	
		individuels	collectifs	Logements commencés en résidence	collectifs	Logements commencés en résidence
Nouvelle construction	0 à 900 m2	2 070	1 900	170	0	0
	901 à 1200 m2	734	719	14	1	1
	1201 à 1800 m2	630	505	125	0	0
	1801 à 2500 m2	365	211	154	0	0
	Au delà de 2500 m2	2 300	989	1 191	120	120
<b>Ensemble</b>		<b>6 099</b>	<b>4 324</b>	<b>1 654</b>	<b>121</b>	<b>121</b>
Travaux sur construction existante	0 à 900 m2	296	198	98	0	0
	901 à 1200 m2	72	61	11	0	0
	1201 à 1800 m2	75	45	30	0	0
	1801 à 2500 m2	107	52	55	0	0
	Au delà de 2500 m2	214	67	140	7	7
<b>Ensemble</b>		<b>764</b>	<b>423</b>	<b>334</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
Nouvelle construction (en %)	0 à 900 m2	33,9%	43,9%	10,3%	0,0%	0,0%
	901 à 1200 m2	12,0%	16,6%	0,8%	0,8%	0,8%
	1201 à 1800 m2	10,3%	11,7%	7,6%	0,0%	0,0%
	1801 à 2500 m2	6,0%	4,9%	9,3%	0,0%	0,0%
	Au delà de 2500 m2	37,7%	22,9%	72,0%	99,2%	99,2%
<b>Ensemble</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Travaux sur construction existante (en %)	0 à 900 m2	38,7%	46,8%	29,3%	0,0%	0,0%
	901 à 1200 m2	9,4%	14,4%	3,3%	0,0%	0,0%
	1201 à 1800 m2	9,8%	10,6%	9,0%	0,0%	0,0%
	1801 à 2500 m2	14,0%	12,3%	16,5%	0,0%	0,0%
	Au delà de 2500 m2	28,0%	15,8%	41,9%	100,0%	100,0%
<b>Ensemble</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Source : Dreal Picardie, Sit@del, données en date réelle\* à janvier 2013

Logements en résidences (résidences pour personnes âgées, pour étudiants, pour touristes, etc.) se caractérisent par la fourniture de services individualisés (de loisirs, de restauration, de soins ou autres) en sus du gîte

**Mode de chauffage prévu pour la maison à bâtir en Picardie**

Mode de chauffage prévu pour la maison	Ensemble des maisons		dont : Résidences principales	
	Nombre de maisons (terrain acheté ou non)	Surface moyenne (Shon) des maisons (en m <sup>2</sup> )	Nombre de maisons (terrain acheté ou non)	Surface moyenne (Shon) des maisons (en m <sup>2</sup> )
01 : Gaz	152	4,0%	144	4,0%
02 : Électricité seule	1 690	44,6%	1582	43,7%
03 : Électricité et bois d'appoint	868	22,9%	839	23,2%
04 : Énergies renouvelables seules ou combinées entre elles	315	8,3%	307	8,5%
05 : Énergies renouvelables combinées à un autre mode	557	14,7%	545	15,1%
06 : Autres modes de chauffage	209	5,5%	200	5,5%
<b>Ensemble des maisons</b>	<b>3 791</b>	<b>100%</b>	<b>3617</b>	<b>100%</b>

Source : Dreal Picardie, Enquête Prix des Terrains à Bâtir (EPTB) 2011

**2b. La construction de locaux**

**Surface hors d'œuvre nette des locaux commencés en 2010 en Picardie**

	SHON en m <sup>2</sup>
loc hébergement hôtelier	6 701
loc commerce	105 279
locaux bureaux	52 013
loc artisanat	18 417
loc industriel	67 743
loc agricole	53 191
loc entrepôt	88 701
loc total serv public	164 418
dont :	
loc serv public enseign rech	41 737
loc serv public action sociale	25 149
loc serv public transport	3 935
loc serv public ouvrages spéciaux	2 666
loc serv public santé	71 641
loc serv public culture loisir	19 290
<b>ensemble des locaux</b>	<b>556 468</b>

Source : Dreal Picardie, Sit@del, données en date réelle\*

## **Annexe 2**

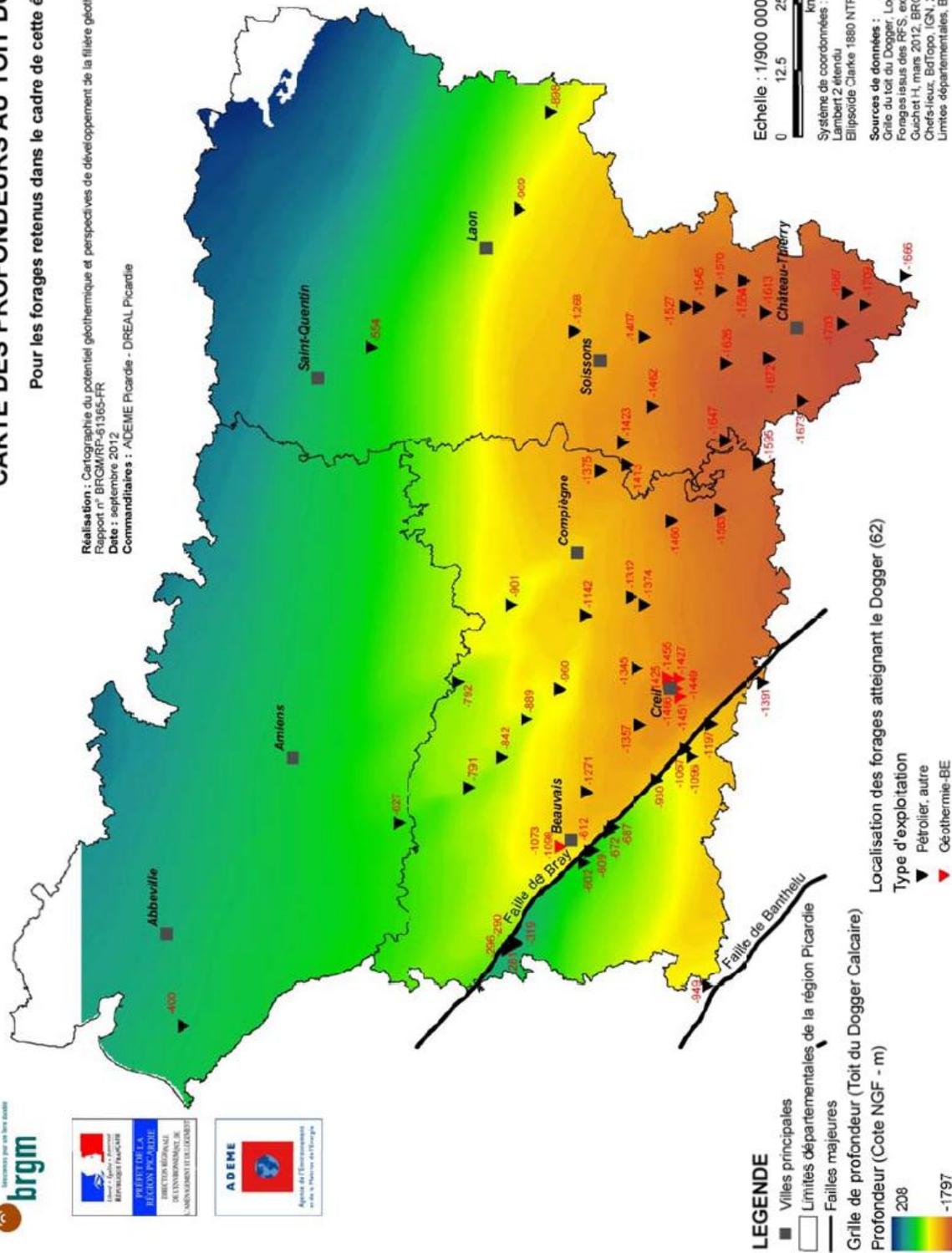
### **Carte des profondeurs d'accès pour l'aquifère Dogger**



# CARTE DES PROFONDEURS AU TOIT DU DOGGER

Pour les forages retenus dans le cadre de cette étude

Realisation : Cartographie du potentiel géothermique et perspectives de développement de la filière géothermie en région Picardie  
 Rapport n° BRGM/RP-62381-FR  
 Date : septembre 2012  
 Commanditaires : ADEME Picardie - DREAL Picardie



**LEGENDE**

- Villes principales
- Limites départementales de la région Picardie
- Failles majeures
- Grille de profondeur (Toit du Dogger Calcaire)
- Profondeur (Cote NGF - m)

Localisation des forages atteignant le Dogger (62)

Type d'exploitation

- ▼ Pétrolier, autre
- ▲ Géothermie-BE

Echelle : 1/900 000

Système de coordonnées :  
 Lambert 2 étendu  
 Ellipsoïde Clarke 1880 NTF

Sources de données :  
 Carte du toit du Dogger, Logiso, BRGM, 2011  
 Forgas issus des RFS, extraction de la BSS et du  
 Guichet H. mars 2012, BRGM, 2012  
 Chefs-lieux, BDTopo, IGN, 2011  
 Limites départementales, BDCarto, IGN, 2011



## **Annexe 3**

### **Géothermie très basse énergie par doublets sur aquifère superficiel. Liste des communes avec un potentiel excédentaire**



Abbécourt	Évricourt	Montonvillers
Ablaincourt-Pressoir	Falvy	Morchain
Achery	Famechon	Morlincourt
Acheux-en-Vimeu	Fay	Morvillers-Saint-Saturnin
Agenville	Fay-les-Étangs	Mory-Montcruz
Agenvillers	Feuillères	Mouflers
Aguilcourt	Filain	Mouflières
Airion	Flavy-le-Meldeux	Moulin-sous-Touvent
Aizecourt-le-Bas	Flers-sur-Noye	Moussy-Verneuil
Aizecourt-le-Haut	Fleury	Moyencourt
Aizelles	Fluquières	Muirancourt
Alaincourt	Fonches-Fonchette	Nampont
Allaines	Fonsommes	Nampteuil-sous-Muret
Allemant	Fontaine-lès-Cappy	Nampty
Allenay	Fontaine-lès-Clercs	Nanteuil-Notre-Dame
Andainville	Fontaine-le-Sec	Nesle-l'Hôpital
Andelain	Fontaine-sous-Montdidier	Neslette
Annois	Fontaine-sur-Maye	Neufchelles
Anserville	Forceville-en-Vimeu	Neuflieux
Arguel	Foreste	Neufmoulin
Armancourt	Forest-l'Abbaye	Neufvy-sur-Aronde
Armentières-sur-Ourcq	Forest-Montiers	Neuilly-le-Dien
Arrest	Fossemanant	Neuilly-l'Hôpital
Arry	Fosseuse	Neuville-au-Bois
Artemps	Foucaucourt-Hors-Nesle	Neuville-lès-Lœuilly
Assainvillers	Fouencamps	Neuville-sur-Ailette

Aubercourt	Fouquenes	Noircourt
Aubigny-aux-Kaisnes	Fouquescourt	Noirémont
Auchonvillers	Framicourt	Nouvion-le-Vineux
Augy	Franleu	Noyelles-en-Chaussée
Autheuil-en-Valois	Franqueville	Noyelles-sur-Mer
Autheux	Fransart	Occoches
Authieule	Fransu	Ochancourt
Autremencourt	Fransures	Œuilly
Avelesges	Fréchencourt	Offignies
Aveluy	Frémontiers	Offoy
Avesnes-Chaussoy	Fresnes	Ognolles
Avricourt	Fresnes-Mazancourt	Ognon
Bacouel-sur-Selle	Fresneville	Oissy
Bailleul	Fresnières	Ollezy
Balâtre	Fresnoy-Andainville	Omécourt
Bancigny	Fresnoy-lès-Roye	Omiécourt
Barenton-Cel	Fressancourt	Oneux
Bargny	Frétoy-le-Château	Orgeval
Bassoles-Aulers	Frettecuisse	Oursel-Maison
Baugy	Frettemeule	Oust-Marest
Bavelincourt	Fricamps	Outrebois
Bayencourt	Fricourt	Paissy
Béalcourt	Frise	Pancy-Courtecon
Beaucamps-le-Jeune	Frohen-sur-Authie	Parfondru
Beaucourt-en-Santerre	Froidmont-Cohartille	Pargnan
Beaucourt-sur-l'Ancre	Froyelles	Pargny

Beaucourt-sur-l'Hallue	Gapennes	Parnes
Beaufort-en-Santerre	Germaine	Passy-en-Valois
Beaugies-sous-Bois	Gernicourt	Pendé
Beaumé	Gézaincourt	Perles
Beaurains-lès-Noyon	Gibercourt	Pernant
Beauvois-en-Vermandois	Glennes	Pernois
Bécordel-Bécourt	Godenvillers	Pertain
Becquigny	Golancourt	Pierregot
Béhen	Gouy-les-Groseillers	Pignicourt
Bellancourt	Goyencourt	Pissy
Belle-Église	Grandcourt	Pithon
Bellenglise	Grand-Laviers	Plachy-Buyon
Belloy-en-Santerre	Grandrieux	Pœuilly
Belloy-Saint-Léonard	Grandvillers-aux-Bois	Ponches-Estruval
Berlise	Gratibus	Pont-Arcy
Bermesnil	Grébault-Mesnil	Pont-de-Metz
Bernâtre	Grécourt	Ponthoile
Bernay-en-Ponthieu	Grivillers	Pont-Noyelles
Bernes	Gronard	Pontru
Berny-en-Santerre	Grouches-Luchuel	Pontruet
Berteaucourt-lès-Thennes	Grugies	Porcheux
Bertricourt	Gueschart	Port-le-Grand
Besmé	Guignecourt	Potte
Besmont	Guignemicourt	Presles-et-Thierny
Béthencourt-sur-Somme	Guizancourt	Prévillers
Bettembos	Guyencourt-Saulcourt	Prouville

Bettencourt-Rivière	Guyencourt-sur-Noye	Puiseux-le-Hauberger
Biaches	Hadancourt-le-Haut-Clocher	Punchy
Biencourt	Hainvillers	Puzeaux
Bienville	Halloy-lès-Pernois	Pys
Biermont	Hallu	Quesmy
Bieuxy	Hamelet	Quesnoy-le-Montant
Billancourt	Hancourt	Quincy-Basse
Blangy-sous-Poix	Hangard	Quincy-sous-le-Mont
Blangy-Tronville	Happencourt	Quivières
Blanzly-lès-Fismes	Hardecourt-aux-Bois	Raillimont
Blargies	Hardivillers-en-Vexin	Rainvillers
Blincourt	Hary	Ramburelles
Bonnay	Hattencourt	Ramicourt
Bouchavesnes-Bergen	Haucourt	Rancourt
Bouchon	Hautbos	Regnière-Écluse
Bouffignereux	Hautvillers-Ouville	Regny
Boufflers	Hem-Hardinval	Remaisnil
Bouillancourt-la-Bataille	Hem-Monacu	Remaucourt
Bourdon	Herbécourt	Remiencourt
Bourguignon-sous-Montbavin	Héricourt-sur-Thérain	Remigny
Bourseville	Herly	Rethonvillers
Boussicourt	Hervilly	Revelles
Boutavent	Hesbécourt	Révillon
Bouvaincourt-sur-Bresle	Heucourt-Croquoison	Ribeaucourt
Bovelles	Heuzecourt	Ribeauville

Brailly-Cornehotte	Hinacourt	Rocquemont
Braisnes	Houry	Rogécourt
Brassy	Hyencourt-le-Grand	Rogny
Bray-lès-Mareuil	Ignaucourt	Rogy
Bray-Saint-Christophe	Inval-Boiron	Roiglise
Breilly	Irlès	Romery
Bresle	Iviers	Rosoy
Brétigny	Jaméricourt	Rousseloy
Breuil	Jeancourt	Rouvillers
Brévillers	Jeantes	Rouvroy-sur-Serre
Brie	Jumigny	Rouy-le-Grand
Brissay-Choigny	La Celle-sous-Montmirail	Rouy-le-Petit
Brouchy	La Chapelle-sur-Chézy	Royaucourt-et-Chailvet
Brucamps	La Chavatte	Roy-Boissy
Brutelles	La Croix-sur-Ourcq	Rozoy-Bellevalle
Bruyères-sur-Fère	La Neuville-lès-Bray	Rubescourt
Buigny-l'Abbé	La Neuville-Sire-Bernard	Saigneville
Buigny-Saint-Maclou	La Neuville-sur-Ressons	Sailly-Flibeaucourt
Buire-Courcelles	La Vallée-Mulâtre	Saint-Acheul
Burelles	La Ville-aux-Bois-lès-Pontavert	Saint-Agnan
Bus-la-Mésière	La Villeneuve-sous-Thury	Saint-Aubin-sous-Erquery
Bussiares	Laboissière-en-Santerre	Saint-Bandry
Bussus-Bussuel	Lachapelle	Saint-Blimont
Bussy	Lafresguimont-Saint-Martin	Saint-Deniscourt
Bussy-lès-Daours	Lahoussoye	Sainte-Preuve

Bussy-lès-Poix	Laigny	Sainte-Segrée
Buverchy	Laleu	Saint-Eugène
Cachy	Lamaronde	Saint-Germain-la-Poterie
Cahon	Lamotte-Brebière	Saint-Germain-sur-Bresle
Campagne	Lamotte-Buleux	Saint-Jean-aux-Bois
Canchy	Lanchères	Saint-Maxent
Cannessières	Lanches-Saint-Hilaire	Saint-Nicolas-aux-Bois
Canny-sur-Thérain	Lanchy	Saint-Pierre-Aigle
Caours	Landricourt	Saint-Pierre-lès-Bitry
Carnoy	Languevoisin-Quiquery	Saint-Pierre-lès-Franqueville
Carrépuis	Lattainville	Saint-Pierremont
Cartigny	Laucourt	Saint-Simon
Castres	Launoy	Saint-Thibault
Caulaincourt	Laval-en-Laonnois	Saint-Vaast-de-Longmont
Caulières	Laverrière	Saint-Valery
Cayeux-en-Santerre	Le Cardonnois	Samoussy
Celles-sur-Aisne	Le Fayel	Sancourt
Cerizy	Le Frestoy-Vaux	Sarnois
Cerny-en-Laonnois	Le Mazis	Saulchoy-sous-Poix
Cerny-lès-Bucy	Le Mesge	Saveuse
Cerseuil	Le Mesnil-Théribus	Senots
Châtillon-sur-Oise	Le Plessier-Huleu	Seraucourt-le-Grand
Chaudardes	Le Plessis-Patte-d'Oie	Sermaize
Chavonne	Le Quesne	Servais
Chérêt	Le Sourd	Serval

Chevennes	Le Titre	Soize
Chevregny	Le Translay	Solente
Chipilly	Le Vaumain	Sommette-Eaucourt
Chirmont	L'Échelle-Saint-Aurin	Sorel-en-Vimeu
Chivy-lès-Étouvelles	Lesdins	Soucy
Choisy-la-Victoire	L'Étoile	Soues
Chuignes	Libermont	Soyécourt
Chuignolles	Licy-Clignon	Surcamps
Cilly	Liercourt	Suzanne
Ciry-Salsogne	Lierval	Tailly
Cizancourt	Liez	Tannières
Clacy-et-Thierret	Ligescourt	Terny-Sorny
Clairy-Saulchoix	Lignières	Tertry
Clastres	Lignières-en-Vimeu	Thenailles
Clermont-les-Fermes	Limeux	Thennes
Cléry-sur-Somme	Loconville	Thézy-Glimont
Cocquerel	Logny-lès-Aubenton	Thiepval
Colonfay	Longavesnes	Thiernu
Condé-Folie	Longuevillette	Thieulloy-la-Ville
Condé-sur-Suippe	Lor	Thièvres
Contay	Loupeigne	Tilloy-Floriville
Contescourt	Louvrechy	Tincourt-Boucly
Contre	Lugny	Tœufles
Corcy	Ly-Fontaine	Toulis-et-Attencourt
Coulouvillers	Mâhecourt	Travecy
Coupru	Machiel	Trefcon

Courbes	Machy	Treux
Courcelles-lès-Gisors	Macogny	Trie-la-Ville
Courcelles-sous-Moyencourt	Magny-la-Fosse	Troësnes
Courcelles-sous-Thoix	Mailly-Raineval	Trucy
Courmont	Maisnières	Tugny-et-Pont
Courtemanche	Maison-Roland	Ugny-l'Équipée
Courtrizy-et-Fussigny	Maissemy	Vaire-sous-Corbie
Cramont	Mametz	Varinfroy
Craonne	Marchais-en-Brie	Variscourt
Craonnelle	Marché-Allouarde	Vassogne
Crapeaumesnil	Marest-Dampcourt	Vaucelles-et-Beffecourt
Crémery	Marestmontiers	Vauchelles-lès-Authie
Cressy-Omencourt	Mareuil-Caubert	Vauchelles-lès-Domart
Creuse	Margny-aux-Cerises	Vauchelles-les-Quesnoy
Croix-Fonsommes	Margny-sur-Matz	Vaudesson
Croix-Moligneaux	Marieux	Vauvillers
Crouy-Saint-Pierre	Marizy-Saint-Mard	Vauxaillon
Crupilly	Marlers	Vaux-en-Vermandois
Cuirieux	Marquaix	Vaux-Marquenneville
Cuiry-lès-Chaudardes	Martainneville	Vauxtin
Cuissy-et-Geny	Matigny	Vendelles
Curchy	Maurepas	Vendières
Curlu	Mayot	Vercourt
Cuvergnon	Maysel	Vergies
Cys-la-Commune	Mennessis	Vermandovillers
Dallon	Menneville	Verpillières

Dancourt-Popincourt	Méréaucourt	Vers-sur-Selles
Dernancourt	Mérélessart	Veully-la-Poterie
Deuillet	Méricourt-en-Vimeu	Viefvillers
Devise	Méricourt-l'Abbé	Viel-Arcy
Dolignon	Méricourt-sur-Somme	Vignemont
Domart-sur-la-Luce	Merlieux-et-Fouquerolles	Villecourt
Domesmont	Merval	Ville-le-Marcllet
Dominois	Mesnil-Bruntel	Villequier-Aumont
Dommartin	Mesnil-Domqueur	Villeroy
Dompierre-Becquincourt	Mesnil-Saint-Georges	Villers-aux-Érables
Dompierre-sur-Authie	Mesnil-Saint-Nicaise	Villers-Campsart
Domqueur	Métigny	Villers-Carbonnel
Domvast	Meurival	Villers-en-Prayères
Douchy	Mézerolles	Villers-lès-Guise
Douilly	Mézières-sur-Oise	Villers-lès-Roye
Droizy	Miannay	Villers-Saint-Christophe
Drucat	Millencourt-en-Ponthieu	Villers-sous-Ailly
Eaucourt-sur-Somme	Misery	Villers-sur-Authie
Éclusier-Vaux	Missy-aux-Bois	Villers-sur-Trie
Écuvilly	Missy-lès-Pierrepont	Ville-Savoie
Élencourt	Missy-sur-Aisne	Villeselve
Énencourt-le-Sec	Moislains	Ville-sur-Ancre
Ennemain	Molinchart	Villotran
Épagne-Épagnette	Monceau-lès-Leups	Vironchaux
Éparcy	Monceaux-l'Abbaye	Vismes
Épaumesnil	Mondescourt	Vitz-sur-Authie

Épénancourt	Monnes	Voharies
Eppes	Mons-Boubert	Vraignes-en-Vermandois
Éragny-sur-Epte	Monsures	Vraignes-lès-Hornoy
Ercourt	Montagne-Fayel	Vron
Ergnies	Montagny-en-Vexin	Vuillery
Erlon	Montbavin	Wargnies
Érondelle	Montescourt-Lizerolles	Warsy
Escames	Montgobert	Warvillers
Esches	Montgru-Saint-Hilaire	Wiège-Faty
Esclainvillers	Monthenault	Wiencourt-l'Équipée
Essertaux	Monthiers	Wiry-au-Mont
Estrébœuf	Montigny-l'Allier	Woignarue
Estrées-Deniécourt	Montigny-le-Franc	Woirel
Estrées-Mons	Montigny-lès-Condé	Y
Étavigny	Montigny-sous-Marle	Yaucourt-Bussus
Éterpigny	Montigny-sur-l'Hallue	Yvrencheux
Étréjust	Montlognon	Yzeux
Évergnicourt	Montmartin	





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Direction régionale Picardie**  
Polytech de Rivery  
7, rue Anne Frank  
80136 RIVERY – France  
Tél. : 03 22 91 42 47