



## Projet pilote d'écologie industrielle et territoriale :

### Développement d'une filière biomasse-énergie locale sur le territoire de la Plaine de Versailles

Projet financé par :



**ADEME**



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Energie

**île de France**

Etude réalisée par

**sofies**  
leading sustainability

## **Mandant :**

Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets

### **Marie de Naurois**

Animatrice du GAL Plaine de Versailles

## **APPVPA**

Mairie de Noisy-le-Roi  
37, rue André Bourblanc  
BP 32  
78502 Noisy-le-Roi Cedex

## **Document réalisé par :**

### **Sofies SA (siège)**

1, rue du Vuache  
CP 2091  
1211 Genève 1  
Suisse  
Tél : +41 22 338 15 24  
Web: [sofiesonline.com](http://sofiesonline.com)

### ***Chef de projet***

Charlotte Thévenet ([charlotte.thevenet@sofiesonline.com](mailto:charlotte.thevenet@sofiesonline.com))

### ***Consultante***

Ariane Bussard

## TABLE DES MATIERES

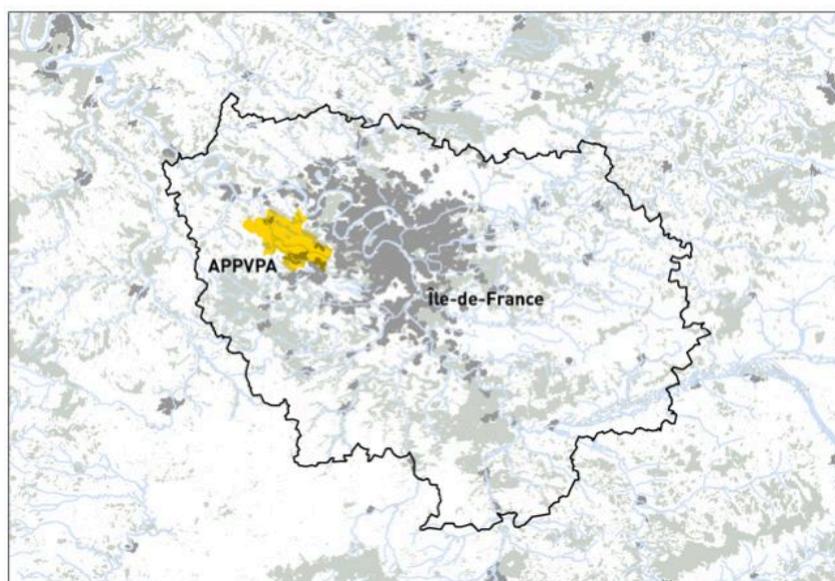
<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LES RESSOURCES EN COMBUSTIBLE BIOMASSE DE LA PLAINE .....</b>	<b>5</b>
2.1	Le bois sur pied .....	5
2.2	La paille de céréales .....	10
2.3	Les cultures énergétiques – le cas du Miscanthus .....	12
2.4	Le bois déchet .....	13
<b>3</b>	<b>ANALYSE DU MARCHÉ SUR LA PLAINE .....</b>	<b>15</b>
3.1	Identification des projets de création de réseaux sur la Plaine .....	15
3.2	Confrontation entre l'offre et la demande potentielle .....	16
3.3	Etude des alternatives au réseau de chaleur biomasse sur la Plaine .....	16
<b>4</b>	<b>ORIENTATIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE BIOMASSE ENERGIE LOCALE.....</b>	<b>18</b>
4.1	Choix d'une gestion pour la maîtrise de l'approvisionnement.....	18
4.2	Contraintes techniques .....	19
4.3	Contraintes organisationnelles .....	21
4.4	Contraintes économiques .....	22
4.5	Schémas d'organisation des acteurs pour le développement d'une filière biomasse-énergie locale .....	25
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>31</b>
6.1	Annexe 1 - Tonnage de bois énergie produit par les forêts des Yvelines .....	31
6.2	Annexe 2 - Tonnage de paille disponible dans le département des Yvelines .....	32
6.3	Annexe 3 - Liste des personnes consultées et/ou interviewées .....	33

## 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Depuis 2007, la France a mis en place une stratégie ambitieuse de développement des énergies renouvelables sur son territoire avec un objectif de 23% d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie finale d'ici 2020. Les scénarios de projections pour atteindre ces objectifs accordent un rôle important à la biomasse dans le nouveau mix énergétique.

Consciente de l'enjeu de la transition énergétique, l'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) souhaite promouvoir l'utilisation de ressources renouvelables locales et s'intéresse plus particulièrement au potentiel du bois-énergie. En 2010, une première étude<sup>1</sup> commanditée par l'APPVPA concluait à un gisement permettant la mise en place d'une filière bois-énergie locale. Parallèlement à ce constat, des projets de production d'énergie à partir de bois se multiplient sur la Plaine, prévoyant généralement un approvisionnement confié à des tiers sans garantir l'utilisation de bois local. Face à cette problématique, l'APPVPA a mandaté SOFIES pour accompagner le territoire dans l'élaboration d'un projet de développement d'une filière d'approvisionnement local en bois-énergie.

La structuration de la filière aurait dû se fonder sur un cas concret, celui d'un projet privé de conversion de chaufferie existante fonctionnant au combustible fossile en chaufferie bois, raccordé à un réseau de distribution situé sur la commune de Fontenay-le-Fleury. Cependant, une première réunion au démarrage de cette étude a permis d'entrevoir l'abandon de ce projet. Ce changement dans le cahier des charges initial a permis de réorienter l'étude vers une analyse élargie du potentiel de biomasse-énergie dans un premier temps. Pour conserver l'orientation initiale, qui était celle du bois-énergie, seuls les combustibles biomasse ont été pris en considération. Le potentiel de la méthanisation, par exemple, a été écarté de cette étude. Le développement d'une filière d'approvisionnement étant étroitement lié à l'existence d'un marché, cette analyse de ressources mobilisables a ensuite été confrontée aux besoins en chaleur des futurs projets de construction sur la Plaine, en lien avec un autre volet d'étude consacré au développement de réseaux de chaleur, également confié par l'APPVPA à SOFIES. Ce rapport entre l'offre et la demande a finalement permis d'en déduire un schéma de promotion d'une filière locale en biomasse-énergie.



Visualisation du territoire d'emprise de l'APPVPA en Région Ile-de-France  
(source : carte issue de la Charte paysagère participative de la Plaine de Versailles)

<sup>1</sup> Rapport réalisé par Systèmes Durables intitulé PROJET EIT APPVPA, Métabolisme matière organique / eau / énergie / cellulose,

## 2 LES RESSOURCES EN COMBUSTIBLE BIOMASSE DE LA PLAINE

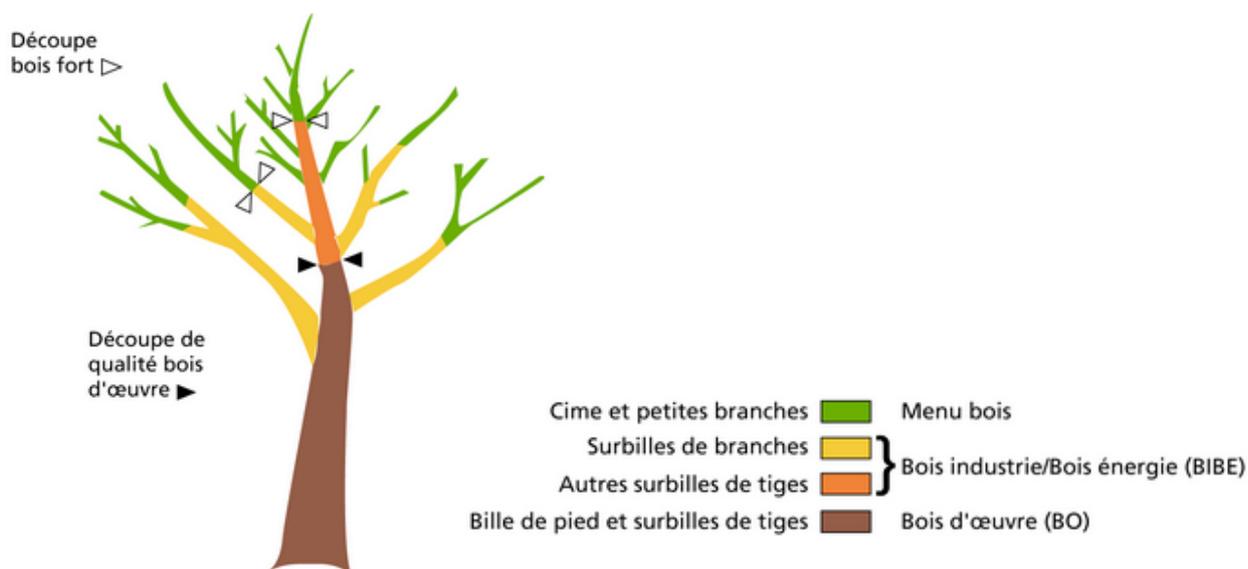
Les combustibles biomasse envisagés sur la Plaine de Versailles sont d'une part, des produits issus de matière végétale agricole ou forestière, parmi le **bois**, la **paille** et les **cultures énergétiques**, et des **déchets de bois** d'autre part. Les issues de silos ont de fait été écartées du panel, compte tenu du très faible gisement sur le territoire de la Plaine (environ 200 tonnes de matière sèche par an).

Cette partie est structurée en 4 sous-parties dédiées au panel de ressources. Elle vise, après un bref descriptif de la ressource, à évaluer leur disponibilité sur le territoire de la Plaine de Versailles.

### 2.1 Le bois sur pied

De manière générale, le bois sur pied est distingué en trois compartiments selon ses usages tels que représentés sur la figure suivante :

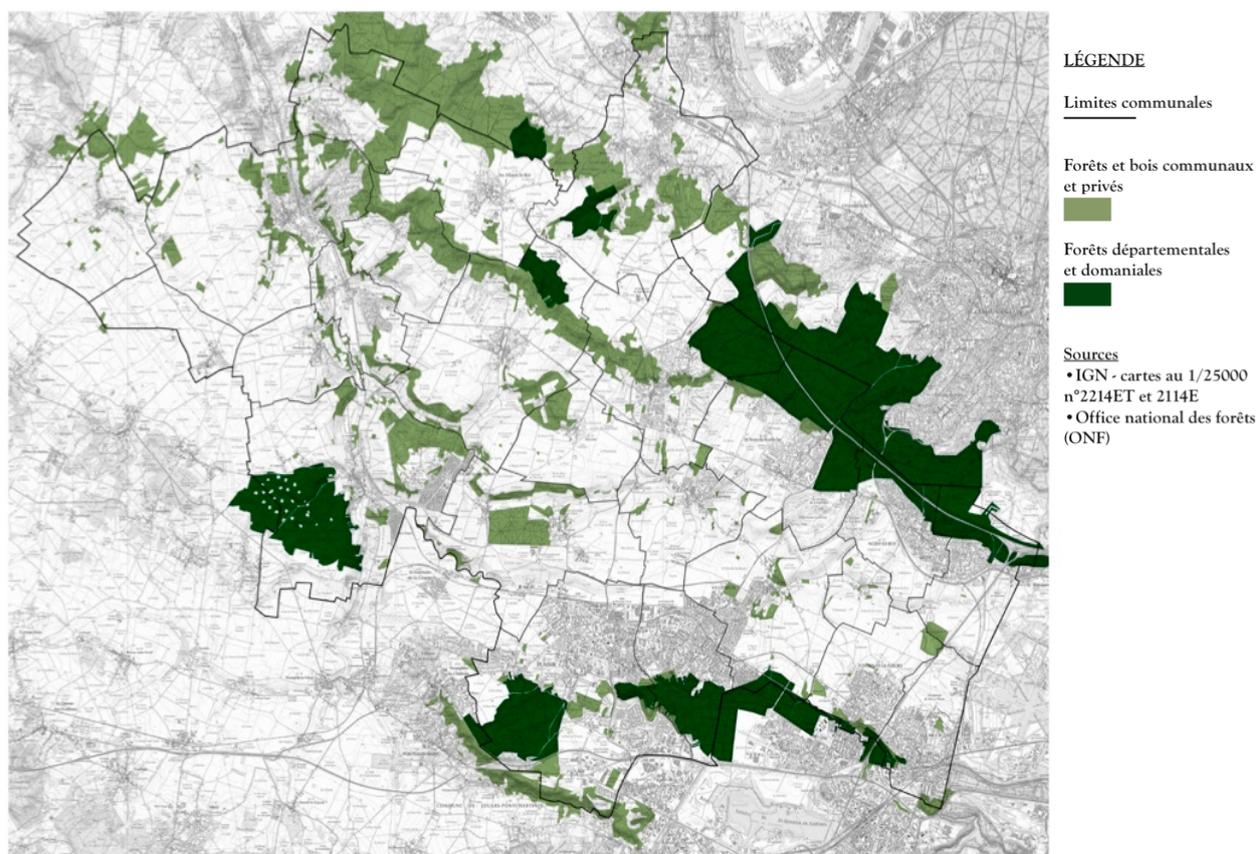
- le bois d'œuvre, qui après avoir été scié ou tranché, est utilisé pour divers usages nobles à l'image de la menuiserie et, des charpentes et constructions bois.
- le bois d'industrie et bois-énergie (BIBE), qui est valorisé soit en tant que matière première dans l'industrie pour la fabrication de panneaux et de pâte à papier pour l'industrie papetière, l'ameublement ou encore la menuiserie, soit en tant que combustible.
- le menu bois, qui représente l'ensemble de la biomasse de la tige et des branches dont le diamètre est inférieur à 7 cm. Il est généralement valorisé en compostage ou laissé sur place pour favoriser le retour au sol des éléments organiques et minéraux.



Les compartiments bois d'un arbre (source: Ademe)

Le bois-énergie issu de la forêt provient du compartiment BIBE. Pour approvisionner les chaufferies biomasse, il peut se présenter sous forme de plaquettes après déchiquetage, ou sous forme de granulés de bois, obtenus après un broyage fin du bois, puis un séchage suivi d'une compression à travers une extrudeuse.

Le territoire de la Plaine de Versailles comporte plusieurs massifs identifiés en vert sur la figure ci-dessous.

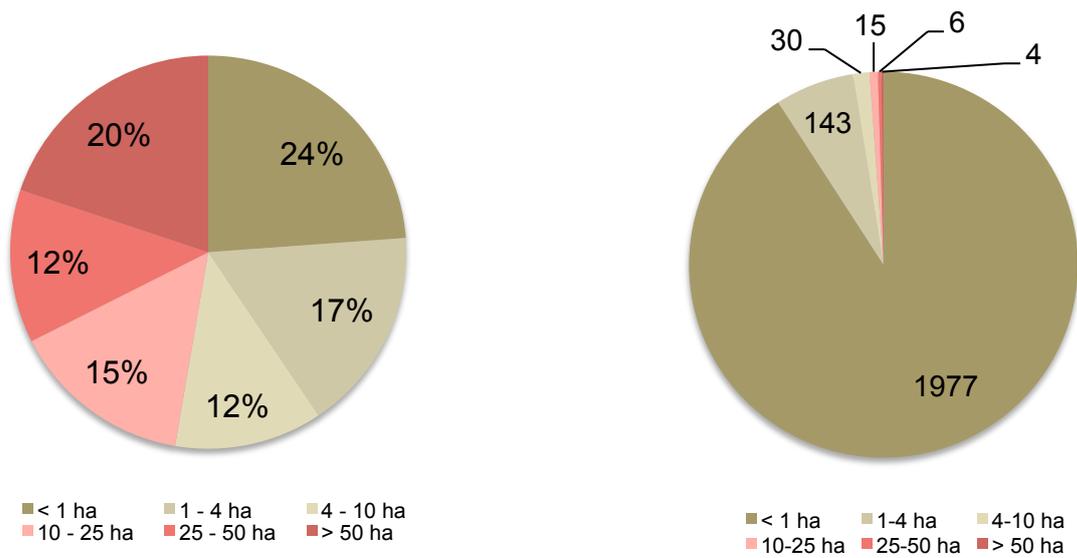


*Les forêts du territoire de l'APPVPA  
(source : carte issue de la Charte paysagère participative de la Plaine de Versailles)*

### **Disponibilité de la ressource bois-énergie issue de la forêt privée**

La forêt privée représente quasiment la moitié des forêts de la Plaine de Versailles, avec une superficie totale de 1'641 hectares. La Plaine n'est pas épargnée par la problématique de morcellement de la forêt privée puisque, selon les données du cadastre du Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF), 2'175 propriétaires se partagent cette surface forestière. La répartition des surfaces de parcelles privées du territoire et du nombre de propriétaires privés est représentée sur les camemberts ci-dessous, réalisées à partir des données du cadastre du CRPF.

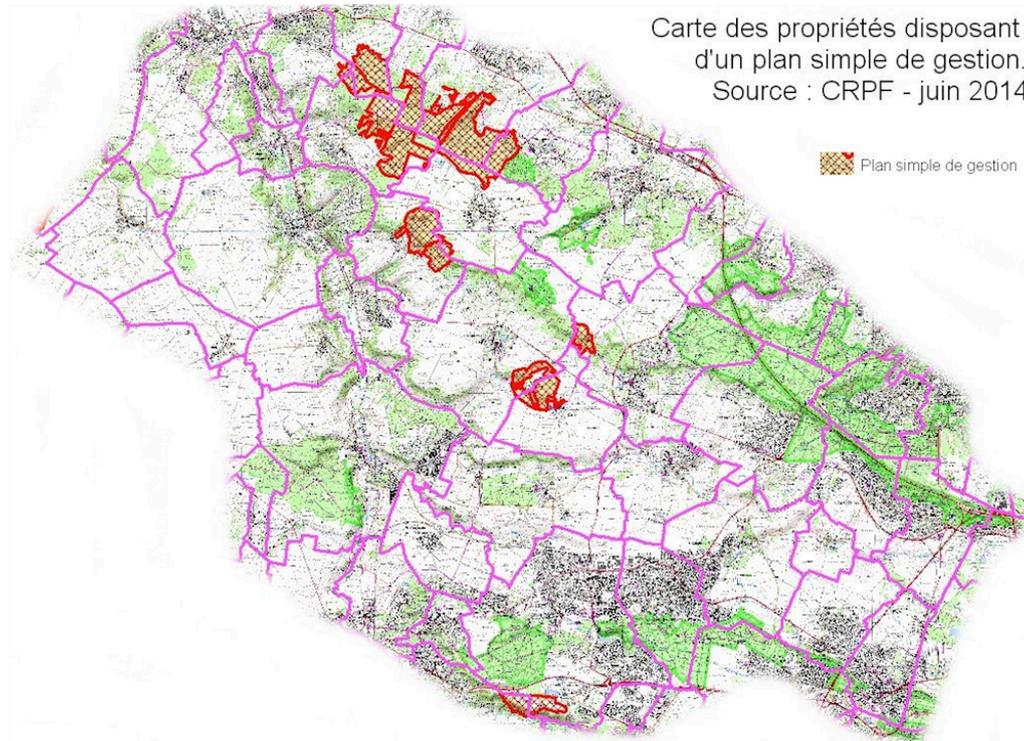
Les parcelles de plus de 25 hectares ont l'obligation d'élaborer un plan simple de gestion, qui doit être agréé par le CRPF. C'est un outil de gestion permettant d'organiser l'entretien et l'exploitation de la forêt tout en respectant la biodiversité, mais aussi de faciliter l'accès aux aides et de simplifier la procédure au moment de la coupe. Non obligatoires en dessous de 25 hectares, il est néanmoins fortement conseillé pour des parcelles à partir de 10 hectares. Sur la Plaine, les parcelles de plus de 10 hectares représentent près de la moitié des surfaces privées. 10 propriétaires possèdent des surfaces supérieures à 25 hectares et 15 de plus détiennent des parcelles d'une superficie comprise entre 10 et 25 hectares.



Répartition des superficies de parcelles de forêts privées (d'après les données du cadastre du CRPF, juin 2014)

Nombre de propriétaires forestiers privés classés selon la superficie de leur parcelle (d'après les données du cadastre du CRPF, juin 2014)

La figure ci-dessous représente les propriétés disposant d'un plan simple de gestion.



Carte des propriétés disposant d'un plan de gestion simple (source: CRPF, juin 2014)

Il est difficile d'évaluer avec précision le volume de bois actuellement extrait ou disponible dans les forêts privées en raison de la multiplication des petites parcelles sans PSG pour la Plaine mais aussi de PSG pour les plus grandes parcelles parfois établis mais non mis en vigueur. A titre d'exemple, 198 PSG ont été élaborés mais moins de 70% sont en vigueur à l'échelle du département.

Le gisement disponible peut toutefois être estimé en fonction de l'accroissement naturel. L'ensemble de cet accroissement naturel peut être prélevé pour les différents usages du bois sans compromettre la pérennité du boisement. Mais si les conditions d'accessibilités sont mauvaises, l'ensemble du gisement potentiel pourrait ne pas être intéressant à exploiter. Une étude de l'IFN portant sur l'Île-de-France<sup>2</sup> précise que dans la région Ouest de l'Île-de-France les distances entre la coupe et les routes accessibles aux camions sont inférieures à 200 mètres pour 70% des forêts de production, et comprise entre 200 et 500 mètres pour les 30% restants, les distances supérieures à 500 m étant non significatives. Par ailleurs, le territoire étant peu vallonné, les pentes de terrain sont jugées faibles. Une incertitude persiste néanmoins sur la nature du terrain (accidenté ou non, portant ou non). Toutefois, sur la base de ces résultats, 100% de l'accroissement naturel des forêts existantes sur le territoire d'emprise de l'APPVPA est grossièrement considéré comme accessible.

Lorsque la forêt est entretenue (coupe régulière), l'accroissement naturel est de 4.9 m<sup>3</sup>/ha/ an pour les espèces feuillues, qui sont très majoritairement représentées sur la Plaine. Il est généralement admis que le volume de menu bois représente 10% du volume total du bois découpé. Le Cemagref et l'Inventaire Forestier National (IFN) ont réparti les volumes de bois d'œuvre et de BIBE en fonction des essences et de la catégorie de grosseur des arbres, dans l'actualisation 2009 de l'étude « biomasse disponible » de 2007. Dans le cas des essences de feuillus, la part de BIBE est comprise entre 10 et 50% du volume de bois restant, soit entre 9% et 45% du volume total de l'accroissement naturel. L'industrie du bois étant peu présente sur la Plaine, l'ensemble du bois BIBE est considéré comme disponible pour le secteur de l'énergie. En bref, le **gisement mobilisable de bois-énergie en forêt privée est compris entre 400 et 1'990 tonnes de matières sèches<sup>3</sup>, soit en moyenne 1'200 tonnes de matières sèches.**

### ***Disponibilité de la ressource bois-énergie issue de la forêt publique***

Les principaux massifs publics situés en totalité ou en partie sur le territoire, sont ceux de Beynes, Bois-d'Arcy, Marly et Versailles. D'après l'Inventaire Forestier National, ces massifs couvrent une superficie totale de 3'667 hectares dont 55% se situent sur la Plaine.

Concernant la disponibilité de la ressource bois-énergie, il a été choisi de considérer la production de la totalité des massifs, plutôt que la seule part issue du territoire de la Plaine, afin d'être en cohérence avec la réalité d'une filière bois. Sans validation de l'ONF, chargée de l'exploitation et de l'entretien de ces forêts, malgré une sollicitation à plusieurs reprises dans le cadre de cette étude, le gisement actuellement mobilisé pour cette filière est celui estimé dans le cadre de la précédente étude de 2010. Ce gisement avait été estimé à partir des volumes martelés de l'ONF détaillés en volumes bois d'œuvre, houppier et taillis. **La part annuelle de BIBE s'élevait pour ces massifs à 4'600 tonnes de matière sèche.**

Si l'on applique la méthodologie utilisée pour l'évaluation du gisement de bois-énergie de la forêt privée, la part de BIBE est plus proche des 50% que des 10% de volume. Cela implique deux constats :

- la part supplémentaire de BIBE mobilisable dans les forêts domaniales sur la Plaine est quasi nulle.
- une gestion efficace de la forêt privée pourrait permettre d'atteindre un gisement mobilisable de bois-énergie supérieur à la moyenne de 1'200 tonnes de matières sèches, dans la limite des 1'990 tonnes.

<sup>2</sup> La forêt française - Les résultats issus de la campagne d'inventaire 2005 à 2009 - Les résultats pour l'Île-de-France. Inventaire Forestier National. 2010

<sup>3</sup> La densité du bois d'essences feuillues est de 0.55 tonnes de matières sèches par mètre cube de bois.

Le tableau ci-dessous synthétise la ressource bois-énergie disponible sur le territoire de la Plaine, exprimée en tonnes de matière sèche.

	Ressource bois-énergie disponible en tonnes de MS
Forêt publique	4'600
Forêt privée	1'200

La Chambre interdépartementale d'Agriculture de l'Île de France a publié, en 2007, une « Cartographie et quantification de la biomasse » de la région, évaluant notamment les tonnages de bois-énergie disponibles par canton. Les différences méthodologiques par rapport à l'évaluation précédente résident sur la part d'accroissement naturel accessible, choisie ici à 60%, et la prise en compte du volume total de l'arbre, y compris les menus bois. Le découpage des cantons n'est pas tout à fait superposable au territoire de l'APPVPA (cf. carte en annexe 1). Toutefois, les cantons majoritairement concordants indiquent un gisement total de bois-énergie (forêt publique et privée) de 5'200 tonnes. A noter que ce tonnage ne tient pas compte de la forêt de Beynes en raison du découpage. Le gisement estimé précédemment pour la Plaine de Versailles est donc cohérent avec cette valeur, à 10% près.

L'agroforesterie est un levier permettant d'accroître la ressource en bois, lorsqu'elle associe sur de mêmes parcelles, arbres et cultures. Cette technique ancienne revient sur le devant de la scène en lien avec les préoccupations actuelles de tirer le meilleur parti des écosystèmes sans rompre les équilibres. En France, selon le bureau d'étude Agroof spécialisé dans le domaine, on dénombre actuellement 45'000 projets d'agroforesterie, représentant quelques 170'000 hectares. La reconnaissance de la filière se fait petit à petit au travers de mesures de soutien, comme celles inscrites dans le programme de développement rural d'Île de France via les fonds européens FEADER<sup>4</sup> pour la période 2014-2020.

Même si cette technique semble avoir plusieurs avantages sur le plan cultural et environnemental, la Chambre d'Agriculture mentionne que 10% des agriculteurs de la partie Ouest de l'Île de France seraient intéressés. Certains membres de l'APPVPA ont visité un site d'agroforesterie, mais la concertation auprès d'un agriculteur de la Plaine met en évidence un intérêt marginal, renforcé par une surface agricole utile majoritairement tournée vers les cultures de blé, orge, maïs et colza et un coût du foncier élevé par rapport à d'autres régions. Les principaux freins évoqués concernent la compétition entre arbres et cultures pouvant découler sur une baisse de rendement et la diminution de revenu à court terme.



Exemples d'agroforesterie : blé et lavande sous noyers (source: INRA Montpellier)

<sup>4</sup> Fonds européen agricole pour le développement rural

## 2.2 La paille de céréales

La paille est la partie de la tige de certaines graminées, comme le blé ou l'orge, coupée lors de la moisson et rejetée, débarrassée des graines sur-le-champ par la moissonneuse-batteuse. La paille est donc la partie résiduelle du battage des céréales. Selon les techniques de moissonnage, la longueur des pailles peut notablement varier, de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. La paille peut être brûlée sous différentes formes: balles cylindriques, balles parallélépipédiques, paille hachée ou granulés de paille.

Les retours d'expériences en matières de combustion de paille de céréales sont encore peu nombreux en France. La paille d'oléagineux, issue notamment de culture de colza, a été écartée en raison des contraintes techniques de combustion, que son utilisation peut engendrer. Le Danemark est le pays le plus avancé en Europe, valorisant 18.5 % de paille récoltée à des fins énergétiques (chauffage à la ferme, réseaux de chaleur et installations d cogénération). En Côte-d'Or, une chaudière de 5 MW est alimentée chaque année par 5'000 tonnes de paille en bottes et 800 tonnes de bois et fournit de la chaleur à un site de recherche par le biais d'un réseau de 1'400 mètres. Cette chaufferie est l'émanation de deux exploitants agricoles qui ont souhaité pérenniser un débouché local pour la paille. La seule chaufferie paille que comptait l'Ile-de-France, à Villeparisis, est actuellement à l'arrêt.



*Paille en andain, en vrac, en granulés et en bottes*

### **Gisement de paille mobilisable pour le secteur de l'énergie**

La production de paille brute représente entre 50 % et 75 % du tonnage de grains récolté, selon la hauteur de fauche respectivement de 20 ou 10 cm au-dessus du sol. L'Agreste évalue le rendement des sols cultivés de la Plaine à 82 quintaux par hectare et par an. Pour une surface cultivée en céréales de 3'980 hectares, la production annuelle de paille est estimée entre 16'000 et 24'500 tonnes de matière brute, équivalente à un tonnage en matière sèche compris entre 13'900 et 20'800 tonnes de matière sèche.

Sans étude particulière des sols et cultures locaux, le taux d'exportation de la paille unanimement reconnu dans le monde agronomique comme permettant de s'assurer un retour au sol suffisant des éléments organiques et minéraux contenus dans la paille est d'au plus 33%. Une partie de la paille exportée est actuellement fournie par les agriculteurs de la Plaine aux éleveurs de chevaux principalement. L'INRA a récemment remis les conclusions d'une étude portant sur la « *Gestion territoriale des produits résiduels organiques ... de la Plaine de Versailles* », chiffrant la production annuelle de fumier sur le territoire à hauteur de 5'790 tonnes de matière sèche. En considérant un taux de paille de 0.52 tonnes de matière sèche de paille par tonne de matière sèche de fumier, la paille mobilisée par les centres équestres et l'élevage est estimée à environ 3'000 tonnes de matière sèche. En supposant que cette paille est fournie par les agriculteurs de la Plaine, **entre 1'600 et 3'900 tonnes de paille de céréale sèche sont exportées en dehors du territoire et considérées comme mobilisables par le secteur de l'énergie sans concurrencer les besoins actuels du territoire.**

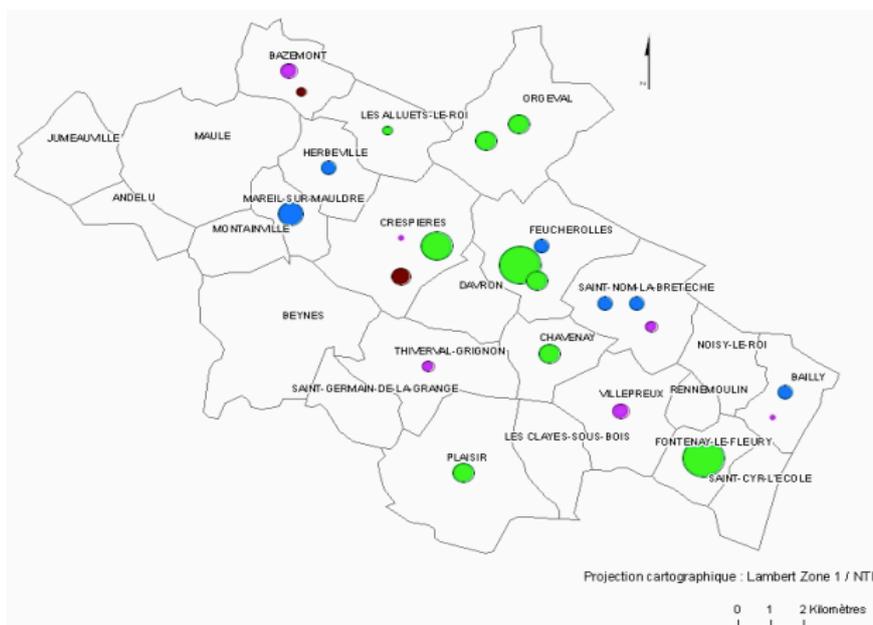
Comme pour le bois-énergie, plusieurs méthodologies peuvent être utilisées pour évaluer le gisement. Dans le cadre de sa cartographie régionale de la biomasse, la Chambre interdépartementale de l'Agriculture a évalué les ressources mobilisables de paille de céréales, à partir d'un rendement moyen de paille de 3.3 tonnes de matière brute par hectare, recommandé par des experts, et d'un taux d'exportation globalement inférieur à celui de 33%. Ce choix fait suite à une étude commandée par l'ARENE en 2001 évaluant le taux moyen régional à 15%. Les

résultats chiffrés par cantons indiquent qu'avec ces ratios, et en tenant compte de la consommation équine, la disponibilité de la paille de céréales pour la filière énergie est quasi nulle sur le territoire de l'APPVPA (cf. carte en annexe 2).

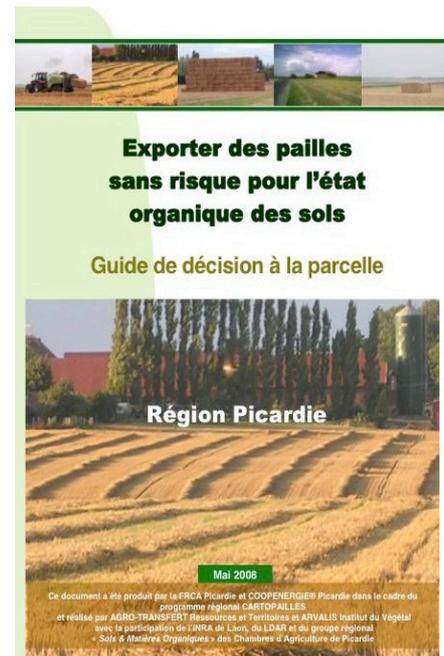
Le taux d'exportation de la paille ne fait pas toujours consensus. La Fédération Régionale des Coopératives Agricoles de Picardie a produit en 2008 un véritable outil d'aide à la décision destiné aux agriculteurs pour exporter de la paille sans risque pour l'état organique des sols. Cet outil propose de rattacher la parcelle à un cas-type défini selon le système de culture (pourcentage de céréales) et le type de sol (pourcentage de calcaires et d'argile). A titre d'exemple, il a été évalué qu'1 paille sur 2 pouvait être extraite sans apport d'amendements organiques sur un sol limon-argileux peu calcaire et que cette exportation pouvait monter à 3 pailles sur 4 avec un apport de 10 tonnes/hectare de compost de déchets verts tous les 4 à 6 ans.

Ces travaux supposent donc une bonne connaissance de la composition des parcelles agricoles, pour pouvoir optimiser l'exportation de la paille. Le retour d'expériences de la Picardie serait également intéressant à partager, 7 ans après la publication. Par ailleurs, l'augmentation de l'exportation de la paille serait un levier pour la valorisation locale de compost de déchets verts issus des plateformes locales, qui ne trouvent actuellement pas de débouchés sur la Plaine.

La concertation auprès d'un agriculteur a mis en évidence la volatilité du marché de la paille due aux périodes de sécheresse ou de fortes pluies. Lors de notre entretien au mois d'avril, la paille semblait connaître des problèmes de débouché, la partie Ouest de la Plaine étant plus touchée que l'Est en raison d'une disparité du maillage des centres équestres, illustré par la carte ci-dessous.



Localisation d'activités en lien avec la filière équine (d'après INRA, 2011, en vert les centres équestres, en bleu les pensions de chevaux, en violet les fermes + élevage et en marron les haras)



A ce stade de l'étude et de la connaissance des parcelles sur la Plaine, l'évaluation du gisement de pailles de céréales est résumée ci-dessous avec l'hypothèse d'un taux de 33% d'exportation de la paille.

	Ressource paille disponible en tonnes de MS
Fourchette haute	3'900
Fourchette basse	1'600

### 2.3 Les cultures énergétiques – le cas du Miscanthus

L'appellation « cultures énergétiques » regroupe plusieurs espèces végétales, capables de produire de la chaleur et/ou de l'électricité ou des biocarburants. Dans le cas de la combustion, les espèces végétales ont une forte teneur en lignine. Le miscanthus est une des espèces chef de file avec un contenu énergétique de 4'700 kWh par tonne de matière sèche. Il peut être utilisé comme combustible simple dans des chaudières biomasse sous sa forme broyée. Des essais industriels ont montré qu'il était également possible de densifier son contenu énergétique en le présentant sous forme de granulés.



*Miscanthus sur pied, en broyats et en granulés*

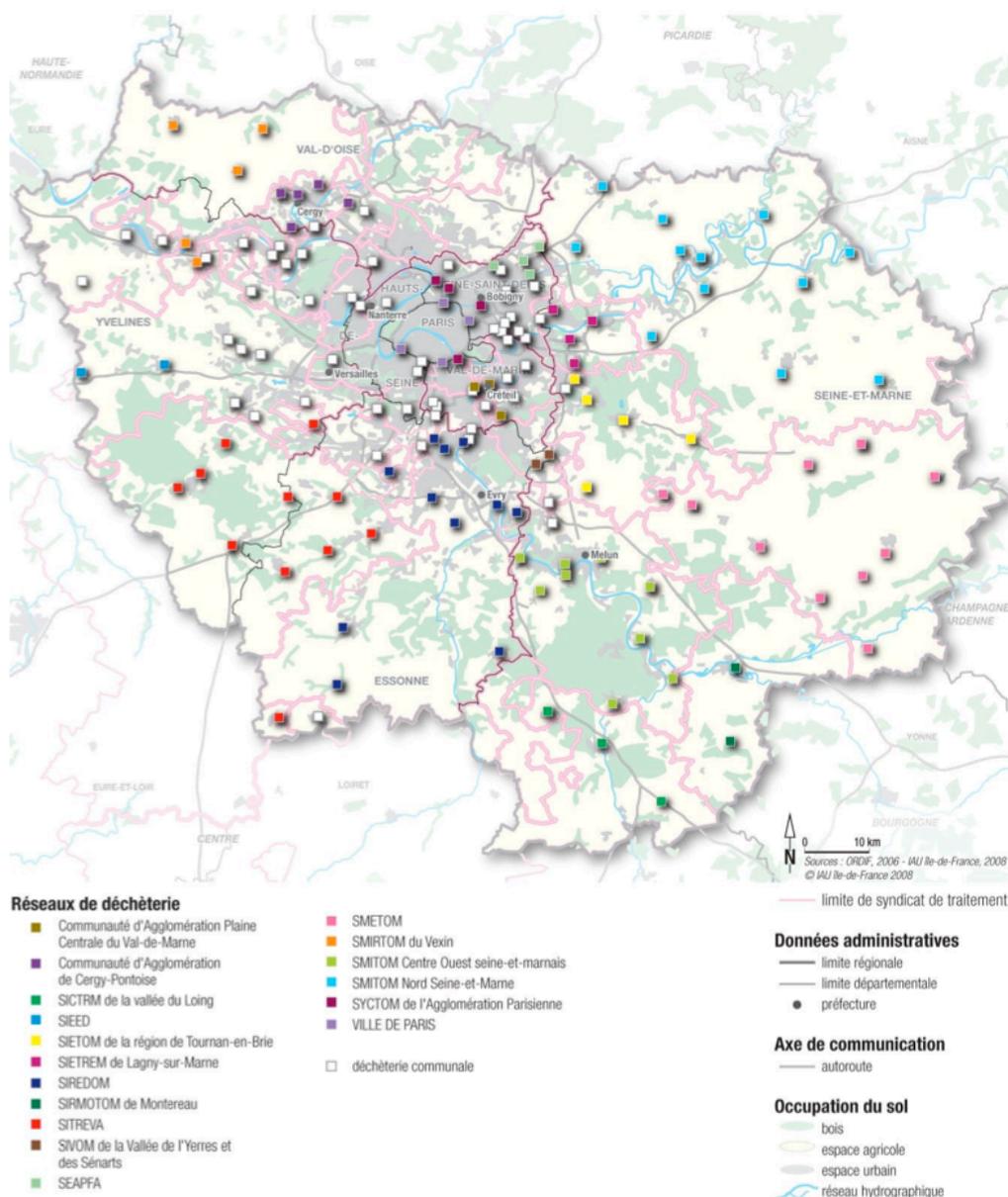
Aucune culture de miscanthus n'a été répertoriée sur la Plaine. En revanche, la ferme expérimentale de Grignon a mené un programme d'étude du miscanthus entre 2005 et 2008, poursuivant l'objectif de déterminer la faisabilité de cette culture en Ile de France, tant du point de vue technique qu'économique. Des essais opérationnels ont été menés en 2007 à la ferme pour étudier la pertinence de la culture du miscanthus dans notre contexte pédoclimatique. Les rendements obtenus se sont situés dans la fourchette attendue, autour de 14 tMS/ha/an et le nombre d'heures d'interventions nécessaires a été estimé peu élevé. Mais les résultats ont été plutôt décevants en terme d'intérêt économique. L'installation de la culture est coûteuse, entre 3'400 et 3'900€ par hectare, avec un coût total étalé sur 15 ans évalué à 60€ la tonne. A cela, s'ajoute des coûts de stockage puisque sous nos latitudes, la récolte a essentiellement lieu à la fin de l'hiver pour garantir une qualité homogène du produit. Enfin le miscanthus ne présente aucune partie comestible et son développement entre donc en concurrence avec les cultures vivrières. Ainsi son intérêt économique reste dépendant du prix de la culture alternative adaptée à la parcelle, ici essentiellement le blé. Un entretien avec le responsable de la ferme de Grignon a définitivement confirmé que la culture du miscanthus ne présentait pas actuellement un potentiel intéressant sur les terres agricoles de la Plaine de Versailles.

En revanche le miscanthus tolère des sols pollués, dont l'utilisation serait impropre à la production d'alimentation humaine et animale. Une étude portant sur l'extraction du cuivre, du zinc et de l'arsenic par le miscanthus a montré par ailleurs que si la plante tolère la pollution, elle n'extrait pas significativement ces éléments. Aussi sa culture sur des friches industrielles, d'anciens champs d'épandages et autres sols pollués permettrait de démarrer une nouvelle ressource énergétique locale sans concurrencer les cultures vivrières.

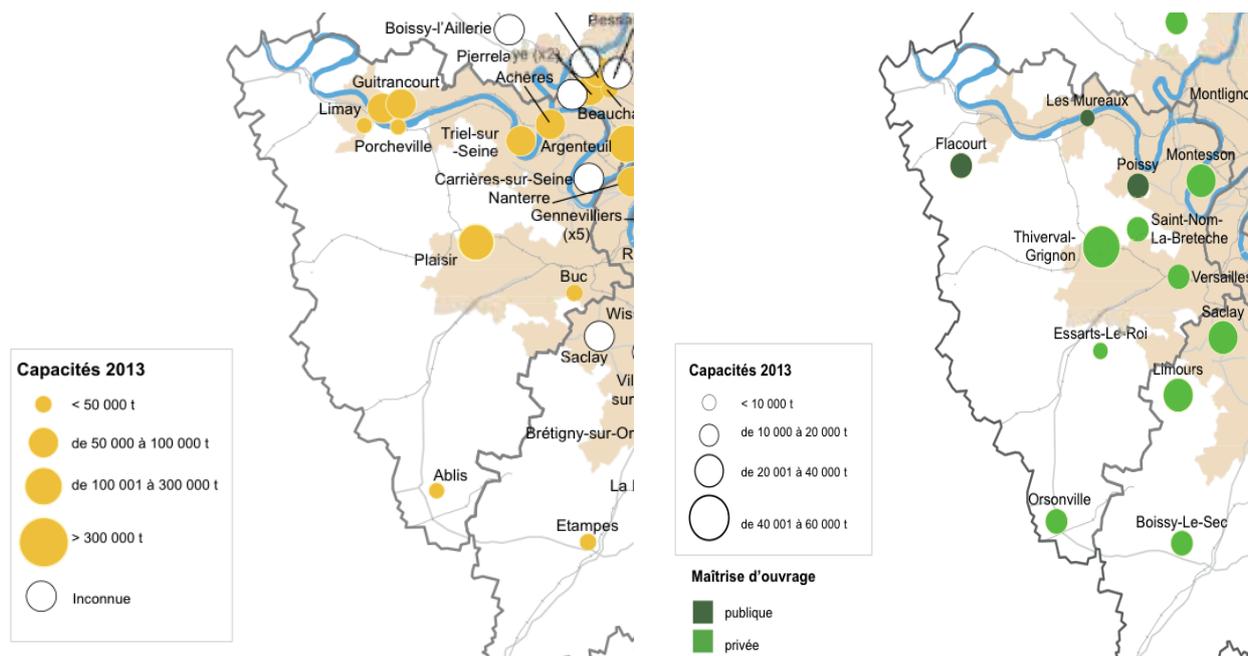
## 2.4 Le bois déchet

Seuls les déchets de bois de classe A, issus de la transformation primaire, non traités et non souillés, ont été considérés car ils garantissent que les fumées générées par leur combustion ne nécessiteront pas de traitement spécifique. Les déchèteries, les centres de tri et les plateformes de compostage sont des installations présentes sur la Plaine et qui accueillent les déchets de bois.

Trois déchèteries ont été identifiées, sur la Plaine, toutes communales, à Orgeval, Thiverval-Grignon et Les Clayes sous Bois. Les gisements de bois pour ces trois déchèteries sont difficiles à évaluer, à partir des tonnages collectés dans le département de Yvelines évalués par l'Ordif à 10'000 tonnes en 2012. 3'300 tonnes partent en incinération, tandis que 6'700 tonnes sont recyclées, soit dans la filière matière, soit pour la fabrication de combustible, soit pour le compostage de déchets verts. Par ailleurs, le site de Thiverval correspondrait au centre de tri du SIDOMPE, qui accueille exclusivement des déchets recyclables secs et du verre. Ainsi ces tonnages de bois-déchet pour la filière énergie en sortie de déchèterie sont jugés non significatifs.



Réseaux de déchèterie en Ile-de-France en 2005 (source : IAU IdF)



Centres de tri sous maîtrise d'ouvrage privée à gauche et installation de compostage de déchets verts (source : cartes extraites de l'Atlas des installations de traitement de déchets 2013, Ordif)

Par ailleurs, l'entreprise SEPUR exploite un centre de tri et une plateforme de compostage, appelée Bio-Végévert Services, sur la commune de Thiverval-Grignon. La Plaine compte actuellement une autre plateforme de compostage à Saint-Nom-La-Bretèche mais celle-ci ne travaille pas le bois et comptera, dans le futur, la plateforme de l'entreprise Bio Yvelines Services à Versailles, prévue de déménager à Bailly.

SEPUR expédie annuellement 3'000 tonnes de refus de criblage à la plateforme SEV Montesson pour la transformation en combustible, faute d'équipements adaptés sur place. Le responsable a confié que ces tonnages dédiés à la production de combustible allaient certainement augmenter dans le futur, et ce d'autant que la plateforme envisage de démarrer sur place une activité de production de combustible. Le lancement de cette activité est conditionné par l'espace disponible sur la plateforme et l'achat d'une déplastiqueuse. Le broyage serait sous-traité pour des raisons de rentabilité.

De son côté, Bio Yvelines Service produit annuellement 4'000 tonnes de broyats de bois-énergie, car la plateforme dispose des installations de broyage, tri et criblage. Les broyats sont ensuite vendus auprès d'exploitants d'importantes chaufferies.

En résumé, **le gisement de bois déchet actuel est évalué à un peu moins de 7'000 tonnes par an**, puisque les refus de criblage de SEPUR contiennent des impuretés à éliminer. Ce gisement pourrait être amené à augmenter au gré des projets individuels et dispose actuellement des débouchés nécessaires.

### 3 ANALYSE DU MARCHÉ SUR LA PLAINE

#### 3.1 Identification des projets de création de réseaux sur la Plaine

La création d'une filière est dépendante de l'existence d'un marché. L'une des deux coopératives forestières actives en Ile-de-France confiait que la région est en retard sur le plan du développement de chaufferie biomasse de type collective.

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) évoque le développement du recours aux énergies renouvelables et de récupération, notamment par le biais des réseaux de chaleur. Une étude préalable relative à l'évaluation du potentiel de développement du chauffage urbain en Ile-de-France, énonce la priorisation suivante:

1. il faut densifier les réseaux actuels, via le raccordement de bâtiments existants situés à proximité immédiate des réseaux actuels,
2. puis étendre les réseaux existants par le raccordement de bâtiments situés à moins de 1000m dans des zones urbaines denses,
3. enfin favoriser la création de réseaux neufs.

Le territoire de la Plaine de Versailles ne compte actuellement qu'un seul réseau de chaleur urbain situé sur la commune de Plaisir, et alimenté par l'unité de valorisation énergétique du SIDOMPE à Thiverval-Grignon. Selon l'un des responsables communaux de ce réseau, une étude a été menée pour étendre le réseau existant mais a conclu à une non rentabilité du projet.

D'autres collectivités de la Plaine envisagent la création de chaufferie collective, mais restent hésitantes compte tenu des coûts que ces projets engendrent et de la réelle pertinence à évaluer. Un autre volet d'étude, réalisé simultanément à celui-ci, s'est fixé comme objectif d'évaluer le potentiel de la Plaine en matière de création de réseaux de chaleur à distance (CAD). Les principaux résultats de ces travaux sont repris ci-après et mis en perspective par rapport au développement de la filière biomasse-énergie locale.

Pour soutenir le développement de projets de production de chaleur renouvelable et de récupération ainsi que la création ou l'extension de réseaux de chaleur à distance, l'ADEME a mis en place le « Fonds Chaleur » avec des conditions minimales permettant le déploiement de réseaux dans des contextes moins densément peuplés. Ces conditions adossées à des paramètres favorables au développement de réseaux CAD ont été déployées sur le territoire. Les tableaux ci-dessous récapitulent les projets potentiels qui sont ressortis de cette analyse.

Commune	Nom de la zone	Puissance (kW)
Mareil-sur-Mauldre	AUh2	42
Les Alluets-le-Roi	AU (est)	100
Mareil-sur-Mauldre	AUh1	127
Beynes	AU Pointe du Val des 4 Pignons	160
Maule	Secteur du Collège	180
Mareil-sur-Mauldre	AUh3	242
Feucherolles	AU (ouest)	300
Mareil-sur-Mauldre	AUh3*	309
Orgeval	UI / ZAE des 40 sous	317
Les Clayes sous Bois	AU (sud)	344
Feucherolles	AU (nord)	410
Thiverval-Grignon	Cité résidentielle de Grignon	414
Crespières	2AU	480

Commune	Nom de la zone	Puissance (kW)
Feucherolles	AU (sud)	520
Maule	Secteur de la Vallée d'Agnou	540
Saint-Nom-la-Bretèche	UX	590
Mareil-sur-Mauldre	AUe	666
Noisy-le-Roi	AUj Parc Montgolfier	670
Les Alluets-le-Roi	AU (ouest)	710
Les Alluets-le-Roi	AU (sud)	790
Beynes	AU Quartier de l'Estandart	870
Fontenay-le-Fleury	ZAC du Levant	888
Plaisir	AUp1	1000
Orgeval	Feucherolles-Colombert	1300
Plaisir	AUp1	1300
Plaisir	AUp1	2000
Saint-Cyr-L'Ecole	ZAC Santos-Dumont	2715
Cresprières	1AU	3400
Plaisir	ZAC des Peupliers	5100
Bois d'Arcy	ZAC La Croix Bonnet	8700
Plaisir	ZAC Ste Apolline	34200

### 3.2 Confrontation entre l'offre et la demande potentielle

Les ressources biomasse-énergie actuelles de la Plaine, évaluées précédemment parmi le panel bois sur pied, paille et bois déchet, sont insuffisantes pour approvisionner l'ensemble de ces projets. En revanche, les quantités de bois-énergie provenant de la forêt publique et privée de la Plaine, soit 5'800 tonnes de matière sèche par an, permettrait d'approvisionner en grande approximation les projets inférieurs à 1 MW.

Cette dernière interprétation n'est pas à prendre au pied de la lettre, dans la mesure où les besoins en chaleur des différents projets ont été estimés grossièrement, chaque projet requérant une étude à part entière, et où certaines ressources sont déjà organisées en filières pérennes, à l'image de la forêt publique. Aussi, il serait incorrect de sommer les différents gisements de la Plaine, car certains comme le bois déchet ne sont pas adaptés, à l'heure actuelle, à tous types de chaufferies.

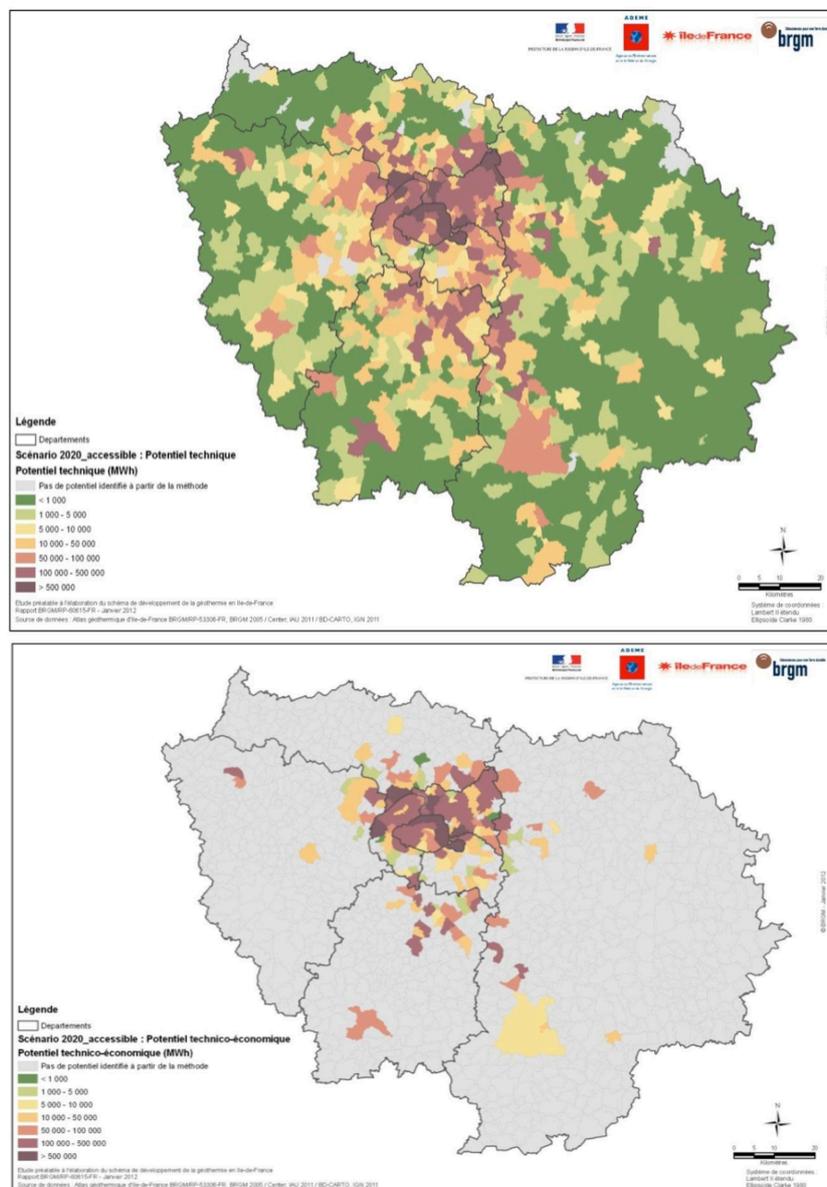
Toutefois, **l'analyse du marché révèle le potentiel de développement de réseaux de chaleur**, y compris des petits réseaux dans des zones moins densément peuplées et souvent plus appropriées pour la mise en place d'une chaufferie en termes d'espace. **On notera que plusieurs projets de faible puissance sont situés à proximité de la forêt privée et de terrains agricoles.** Par ailleurs, **la maîtrise d'un approvisionnement local est plus aisée sur des chaufferies de faible puissance.** Justement la troisième et dernière partie de ce rapport vise à mettre en évidence les orientations possibles pour le démarrage d'une filière biomasse-énergie locale. Avant cela, une brève comparaison des alternatives au réseau de chaleur biomasse sur la Plaine est présentée ci-dessous.

### 3.3 Etude des alternatives au réseau de chaleur biomasse sur la Plaine

D'autres ressources peuvent alimenter un réseau de chaleur. En Ile-de-France, les priorités concernent, en plus de la biomasse, la **chaleur fatale** et la **géothermie**.

Une recherche de grands émetteurs de rejets thermiques a été opérée par le biais de l'INSEE et d'une analyse par code NAF. Aucune grande installation industrielle, hormis l'unité de valorisation énergétique du SIDOMPE, n'a été identifiée sur la Plaine. L'épuration des eaux est une autre activité générant des calories valorisables par des utilisateurs, généralement par le biais de pompe à chaleur (PAC). La station d'épuration de Villepreux a d'ailleurs fait l'objet d'une analyse de faisabilité dans un précédent volet, commandité par l'APPVPA. Le potentiel de récupération d'énergie de la station d'épuration du Carré de la Réunion est également une variante de l'étude consacré au développement de réseaux de chaleur.

Concernant la géothermie, une étude préalable à l'élaboration du SRCAE s'est attachée à évaluer le potentiel de développement de la géothermie. Cette étude conclut à l'existence d'un potentiel technique, même s'il est faible en général pour les communes de la Plaine en comparaison à Paris et aux communes de la Petite Couronne. En revanche la méthode n'a pas permis de conclure à un potentiel technico-économique d'ici 2020. Les deux cartes ci-dessous illustrent ce constat.



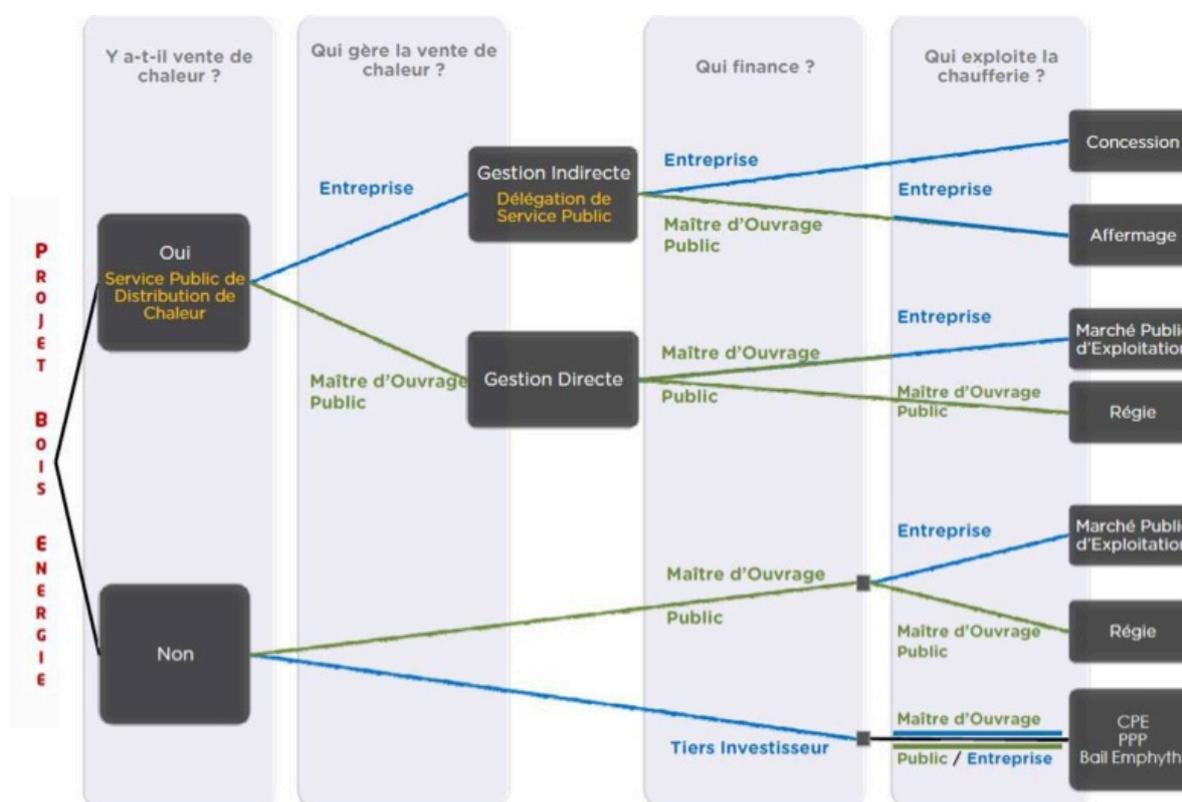
*Potentiel technique (carte du haut) et potentiel technico-économique (carte du bas) de développement d'opérations de PAC sur aquifères superficiels dans les conditions économiques de 2011 (source : Synthèse de l'étude préalable à l'élaboration du schéma de développement de la géothermie en Île-de-France, BRGM, 2012)*

## 4 ORIENTATIONS POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE BIOMASSE ENERGIE LOCALE

Le contexte de la Plaine en matière de ressources mobilisables et de potentiel de développement de chaufferies, permet d'envisager les chaufferies de faible puissance (< 1 MW) comme prioritaires. Cette partie vise à émettre les orientations pour la création d'une filière d'approvisionnement local adaptée à ce type de projets.

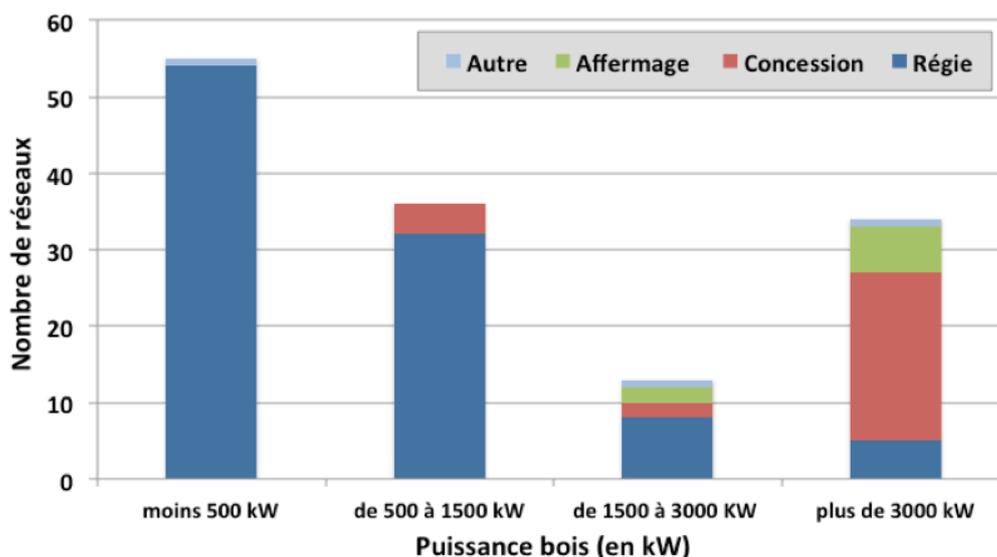
### 4.1 Choix d'une gestion pour la maîtrise de l'approvisionnement

Les réseaux de chaleur urbains sont constitutifs d'un service public de production et de distribution de l'énergie calorifique, qui doit être porté par les collectivités territoriales. En effet la loi n°80-531 du 15 juillet 1980 relative aux économies d'énergie et à l'utilisation de la chaleur donne compétence aux collectivités territoriales ou groupements de collectivités territoriales pour organiser ce service public. Une fois le projet acté suite à la validation des études de faisabilité préalables, le montage juridique doit être défini. Pour ce faire, la collectivité responsable doit se poser les questions, quant à l'entité qui réalise l'investissement, celle qui exploite et celle qui vend la chaleur. Le schéma ci-dessous synthétise les modes de gestion possibles en fonction des réponses à ces questions.



Montage des projets par une collectivité (source : Association Atlanbois, d'après ADEME)

Une étude réalisée par l'association Amorce, en 2012, révèle, à travers une enquête portant sur plusieurs dizaines de réseaux de chaleur en France, que le mode de la régie est prépondérant pour les équipements de puissance inférieure à 1.5 MW. Le graphique ci-dessous illustre les résultats chiffrés de cette enquête. Ce constat se justifie essentiellement par le fait que des tiers investisseurs et des entreprises gestionnaires ne se positionnent que sur des réseaux de chaleur, pour lesquels le chiffre d'affaires est suffisamment important pour permettre les niveaux de rentabilité suffisants.



Répartition des modes de gestion en fonction de la classe de puissance (source: Amorce, 2012)

L'exploitant d'une chaufferie est en charge de l'achat, et donc du choix, du combustible. Si l'exploitation est soustraite par la collectivité comme dans le cas de la concession, de l'affermage ou de la régie intéressée, l'utilisation de la biomasse locale comme combustible ne peut-être garantie que par des clauses contractuelles. Cependant il reste difficile d'imposer à un exploitant l'utilisation exclusive d'un combustible précis.

**Aussi dans l'optique de démarrer le développement d'une filière locale de biomasse-énergie, il semble que le choix de la régie soit plus approprié. Cela confirme le déploiement de projets de chaufferie collective de faible puissance (<1MW).**

## 4.2 Contraintes techniques

Le choix des équipements impose des caractéristiques spécifiques de combustible. D'une manière générale, les chaudières de faibles puissances imposent des contraintes plus élevées sur les combustibles que les chaudières de fortes puissances.

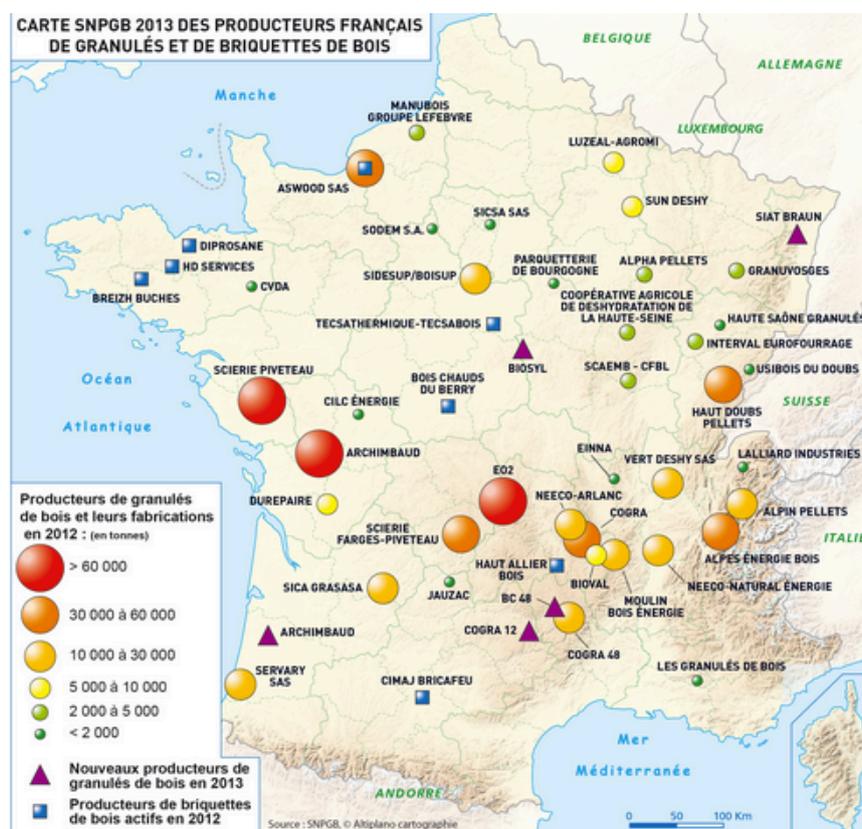
### Bois

Le Comité Interprofessionnel du Bois Energie a mis en place une classification des combustibles bois en collaboration avec les acteurs de la filière bois, parmi les fabricants de chaudière, les fournisseurs de combustibles, bureaux d'études, etc. Un extrait est repris ci-dessous.

Puissance chaudière	Classe de granulométrie	Classe d'humidité	Contenu énergétique
200 kW < P < 400 kW	Min : 3.5 mm / Max : 45 mm	15% < H < 30%	3800 kWh/t
400 kW < P < 1.5 MW	Min : 8 mm / Max : 63 mm	30% < H < 40%	3100 kWh/t
800 kW < P < 5 MW	Min : 8 mm / Max : 125 mm	35% < H < 45%	2800 kWh/t
P > 5 MW	Min : 16 mm / Max : 200 mm	40% < H < 55%	2400 kWh/t

Ces contraintes sur les chaufferies de faible puissance ne permettent pas à l'heure actuelle, d'utiliser le broyat de bois produit par les plateformes de compostage de la Plaine. Une visite de site chez l'une d'entre elle a révélé que ce broyat était valorisé comme paillage pour les entreprises du paysage ou comme combustible dans une grosse chaufferie, la plus importante et la plus proche étant celle de Mantes-la-Jolie, inaugurée fin 2013. **La qualité du broyat n'est pas jugée suffisante pour de petites chaufferies.**

Le choix du conditionnement, plaquettes ou granulés, pèse avant tout sur la rentabilité économique du projet. D'une meilleure densité énergétique, les granulés nécessitent néanmoins une étape supplémentaire dans le processus de fabrication du combustible. Cette opération a un coût et induit une augmentation des distances de transports car la filière étant peu développée (cf. carte ci-dessous), aucune usine de fabrication de granulé n'a été identifiée sur la Plaine et la plus proche se situe à proximité de Dreux. Aussi dès lors que le stockage ne représente pas une contrainte trop importante, la plaquette reste le choix le plus intéressant aussi bien du point de vue économique que logistique.



Carte des producteurs de granulés de bois sur le territoire français (source: SNPGB, 2013)

## Paille

La paille de céréales présente des contraintes propres à sa composition. Par comparaison au bois, la paille contient plus de soufre, de chlore et parfois d'azote, pouvant engendrer une augmentation des émissions de type acide sulfurique, chlorhydrique ou oxydes divers. Par ailleurs, le taux de cendres générées par la combustion est plus important pour la paille que pour le bois. Si le procédé de combustion n'est pas bien maîtrisé, des mâchefers peuvent également se former. Cependant la paille présente l'intérêt d'être un bon combustible avec un taux d'humidité plus faible que le bois.

Une autre raison explique la limitation de son utilisation ; il s'agit des difficultés de maniement. Pour des balles entières, le stockage et la manutention sont facilités, en revanche des équipements adaptés et puissants doivent être utilisés pour le convoyage et le broyage. Par ailleurs, la combustion de balles entières n'est pas idéale, car

elle se fait des bords vers l'intérieur et n'est donc pas constante. En revanche, la paille coupée peut être employée avec des équipements semblables à ceux présents dans les chaufferies alimentées au bois. Dans le cas de petites chaufferies, il est conseillé de défaire les balles de paille manuellement à l'aide d'un tracteur, puis de broyer la paille à l'aide d'un appareil de moindre puissance. Enfin comme pour le bois, la fabrication de granulés de paille implique des coûts supplémentaires de transformation ainsi que du transport.

Tous les constructeurs de chaudières biomasse ne se positionnent pas sur la paille et qui, plus est sur les petites chaufferies. Cependant un constructeur renommé d'origine danoise propose des **chaudières polycombustibles dans des gammes de puissance comprises entre 100 kW et 4'000 kW**, capables de brûler indifféremment bois, plaquettes, granulés, sciures, copeaux, pailles, grains de céréales, miscanthus, etc.. Ces chaudières pré-réglées apportent une souplesse à l'exploitant qui peut gérer ses approvisionnements au gré des fluctuations économiques.

### 4.3 Contraintes organisationnelles

#### **Bois**

Un chantier de récolte de bois comprend des opérations d'abattage, d'élagage, de débardage, de stockage et de déchiquetage.

La taille du chantier peut être un facteur limitant la rentabilité de l'intervention, et ceci est d'autant plus vrai dans le cas de la forêt privée. Un entretien auprès d'une coopérative forestière a soulevé un **seuil minimal de 200 tonnes de plaquettes forestières, à partir duquel l'exploitation devient intéressante**. De la même façon la **coordination des chantiers et leur regroupement permettent de réaliser des économies d'échelles, une production totale d'au moins 500 tonnes est ainsi recherchée**. La carte des PSG, présentée à la section 2.1, montre un regroupement de parcelles de superficie élevée dans la partie Nord-Est de la Plaine. Aussi les tonnages réunis des trois propriétaires disposant de parcelles de taille supérieure à 50 hectares sont légèrement inférieurs au seuil de 500 tonnes avec environ 440 tonnes de matière sèche de BIBE. Par ailleurs, la logistique autour d'un regroupement de chantier doit être irréprochable pour permettre la rentabilité de l'exploitation de petits tonnages. A titre de comparaison, le seuil minimal de 1'500 tonnes de bois par an est nécessaire pour l'ouverture d'un chantier par l'ONF dans la forêt publique.

Les espaces de stockage constituent également un facteur pouvant limiter le déploiement de l'exploitation. Si la forêt le permet, le bois peut être stocké en bord de route avant d'être broyé. Sinon, des places de dépôt doivent être identifiées. Aucune plateforme de stockage dédiée à la plaquette forestière n'a été identifiée sur la Plaine. En revanche, **une alternative intéressante pour diminuer les coûts de transport serait l'utilisation d'espaces vacants sur des exploitations agricoles**. Encore faut-il que ces espaces soient accessibles par des camions routiers sans risque sécuritaire. Enfin pour des petites chaufferies collectives, le projet doit être dimensionné de telle façon que la totalité du tonnage nécessaire pour la saison de chauffe puisse être livrée.

#### **Paille**

Dans le cas où l'exportation de paille nécessite un apport d'amendement organique, notamment sous forme de compost de déchets verts, celui-ci devra être épandu sur les champs pendant la courte période courant de la fin de la récolte au début des semis suivants, soit deux semaines autour du mois de septembre. Alors que les agriculteurs possèdent généralement le matériel nécessaire à l'épandage, la main d'œuvre peut manquer à cette période de l'année. **Une organisation collective ou une sous-traitance de cette opération d'épandage pourraient être envisagées pour permettre le bon déroulement des opérations**.

#### 4.4 Contraintes économiques

La compétitivité d'un projet biomasse réside sur le prix de vente de la chaleur biomasse qui doit être inférieur à celui de la chaleur fossile. Compte tenu des conclusions précédentes et donc des orientations de la filière biomasse-énergie sur la Plaine de Versailles vers le déploiement de chaufferies de faible puissance, les projets éloignés du réseau de gaz naturel sont privilégiés. Ainsi les principales alternatives à la chaleur d'un réseau alimenté par de la biomasse sont le fioul, le gaz propane en citerne ou l'électricité. Le fioul est, selon l'ADEME, la moins chère de ces énergies avec un coût pour un particulier estimé en 2014 à 9,08 c€ TTC/kWh contre 14,40c€ TTC/kWh pour l'électricité et 15,98 c€ TTC/kWh pour le gaz propane en citerne.

Dans la suite de cette partie, le prix de la chaleur produite par le fioul chez un particulier est utilisé comme prix plafond à partir duquel il est possible de définir un prix plafond de combustible biomasse. Ce prix plafond est ensuite comparé aux prix moyens de vente actuels de ces combustibles.

##### **Prix plafond des combustibles biomasse (hors subventions)**

La détermination de ce prix plafond à partir du coût de la chaleur fioul requiert la connaissance du coût de production de la chaleur issue de biomasse, hors achat de combustible. Plus précisément, il s'agit du coût de production de la chaleur à partir de bois. Le peu de retours d'expériences sur la paille oblige à utiliser ces mêmes coûts pour définir le prix plafond de la paille. **Un projet type avec une chaudière de 750 kW de puissance a été choisi** pour correspondre aux orientations préconisées. **Un réseau de distribution de la chaleur de 3'200 m est également choisi**, sur la base d'une valeur moyenne issue des résultats d'une enquête Amorce sur les réseaux de chaleur en 2012<sup>5</sup>. Les éléments de calcul sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

	Coût	Remarques
Prix de la chaleur de référence (fioul)	0,0756 €HT/kWh	
Coût d'investissements pour la chaudière hors combustible <sup>6</sup>	483'750 €HT	645€ par kW pour une chaudière bois de 750 kW
Coût d'investissement pour le réseau <sup>7</sup>	1'008'000 €HT	315€ par mètre linéaire pour un réseau de 3'200m
Coût d'exploitation pour la chaudière et le réseau <sup>8</sup>	826'020 €HT	
Durée de vie de la chaudière	25 ans	
Nombre d'heures de fonctionnement pleine charge	2'700 h	Valeur moyenne pour l'immobilier d'habitation
Coût de la chaleur biomasse hors achat de combustible	0,049 €HT/kWh utile	Rendement moyen chaudière : 80% Rendement moyen réseau : 92.5%
<b>Prix plafond d'achat des plaquettes forestières</b>	<b>65 €HT/t</b>	PCI de 3'100 kWh/t
<b>Prix plafond d'achat de la paille, hors subventions</b>	<b>84 €HT/t</b>	PCI de 4'000 kWh/t

<sup>5</sup> Les réseaux de chaleur au bois en 2012. Enquête réalisée en 2013 par Amorce auprès des collectivités.

<sup>6</sup> Estimation réalisée à partir du rapport ADEME – Perdurance Evaluation des coûts d'investissements relatifs aux installations collectives bois énergie, 2009.

<sup>7</sup> Les réseaux de chaleur au bois en 2012. Enquête réalisée en 2013 par Amorce auprès des collectivités.

<sup>8</sup> Estimation réalisée à partir du rapport ADEME – Perdurance Evaluation des coûts d'exploitation associés aux chaufferies biomasse, 2010.

Ce chiffrage ne tient compte que de la chaudière principale en biomasse. Les retours d'expériences révèlent l'importance de choisir la biomasse en base et d'utiliser l'énergie fossile (gaz naturel) en appoint pour éviter les surdimensionnements des chaudières bois. Le nombre d'heures de fonctionnement pleine charge de la chaudière biomasse est justement un élément révélateur du bon dimensionnement, et donc de la pertinence économique des projets.

Selon la même méthodologie de calcul, les autres énergies pouvant entrer en concurrence avec la chaleur biomasse sur la Plaine imposent des prix plafond pour les combustibles biomasse qui sont, dans le cas du **chauffage électrique**, de **176 € HT/t de plaquettes forestières** et **227 €HT/t de paille**, dans le cas du **chauffage au gaz propane**, de **208 € HT/t de plaquettes forestières** et **268 €HT/t de paille**. A noter que des bâtiments se chauffant principalement à l'électricité, ne disposent pas toujours de réseaux hydrauliques. Dans ce cas, la transition vers un réseau de chaleur biomasse implique une adaptation du bâti. L'investissement lié à l'adaptation du bâti doit donc être pris en compte dans le chiffrage économique. Par rapport au **gaz de ville** qui est l'énergie fossile la plus avantageuse pour le chauffage pour un particulier, les prix plafonds des combustibles biomasse sont de **36 €HT/t de plaquettes forestières** et **47 €HT/t de paille**.

### **Prix de vente des plaquettes forestières**

Le prix de vente de la plaquette forestière fluctue et varie en fonction de la région de production, des tonnages récoltés par chantier, des distances de transport et de l'accessibilité. Le Centre d'Etudes de l'Economie du Bois publie par trimestre des prix et indices du bois-énergie, correspondant à une moyenne nationale des prix par camion départ. **Au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> trimestres 2013, les plaquettes de granulométrie moyenne et d'une humidité comprise entre 30% et 40%, adaptées pour une chaufferie de 750 kW, sont vendues respectivement à 58.5 €HT/t (ou 18.87 €HT/MWh) et 57.9 €HT/t (ou 18.68 €HT/MWh).**

Le tableau ci-dessous détaille les postes de coût pour un chantier de production de plaquettes forestières prêtes à l'emploi en région PACA.

Opération	Coûts €HT/t (2008)	Eléments influençant ces coûts
Achat de bois sur pied	10 à 30 €	Accessibilité, pente, distance de débardage, surface et volume à exploiter.
Abattage et élagage	30 à 46 €	Rendement de coupe : peuplement, type de coupe et conditions d'exploitation.
Débardage	12 à 24 €	Taille et configuration de la coupe.
Broyage	10 à 20 €	Granulométrie souhaitée, état du bois.
Transport	14 à 30 €	Distance, taille du camion.
Stockage (chez un tiers)	3 à 4 €	Volume et durée.

**Au total, le prix de la plaquette dans cette région s'échelonne entre 79 et 154 €HT/t, hors marge, au-delà des prix plafonds évalués précédemment.**

### Prix de vente de la paille de céréales

La Chambre d'Agriculture de la Région Nord-Pas-de-Calais indique sur son site que **le prix moyen de vente de la paille est estimé à 50 €HT la tonne en moyenne pour des balles rondes de 300 kg en 2014**, prix départ ferme. Ce prix descend à 36 €HT la tonne pour de petites balles de 15 kg et à 22 €HT la tonne pour de la paille en andain. Avec un coût de transport estimé à 10 €HT/tonne, le prix des balles rondes reste inférieur aux prix plafonds évalués précédemment. A noter cependant que les coûts d'investissement et d'exploitation d'une chaudière paille ou polycombustible seraient à adapter, par rapport au calcul utilisé précédemment.

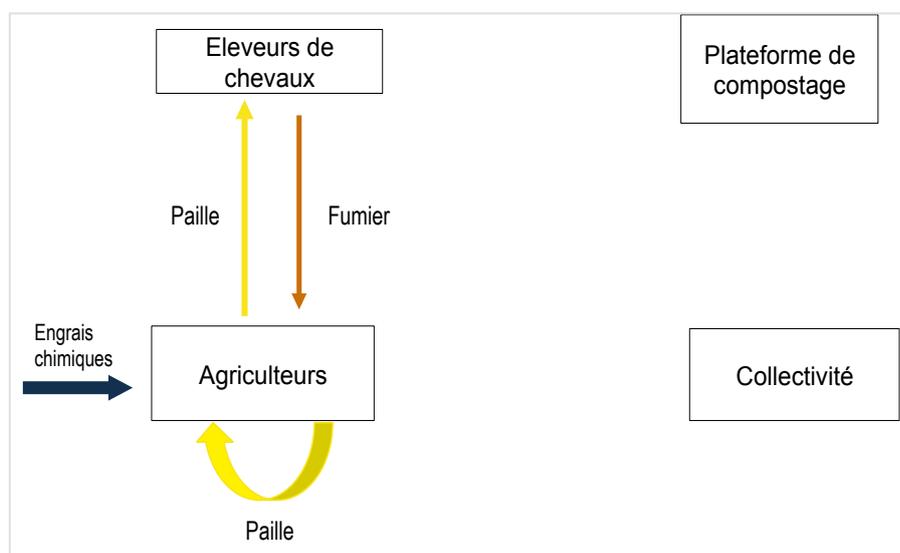
Par ailleurs, le marché de la paille est un marché fortement influencé par les conditions météorologiques. A titre d'exemple, la chaufferie bois/paille en Côte d'Or a vu le prix de la paille augmentée de 20€HT/t à cause de la sécheresse entre 2002 et 2003, pour finalement revenir au prix initial les années suivantes, soit 32 €HT/t prix départ.

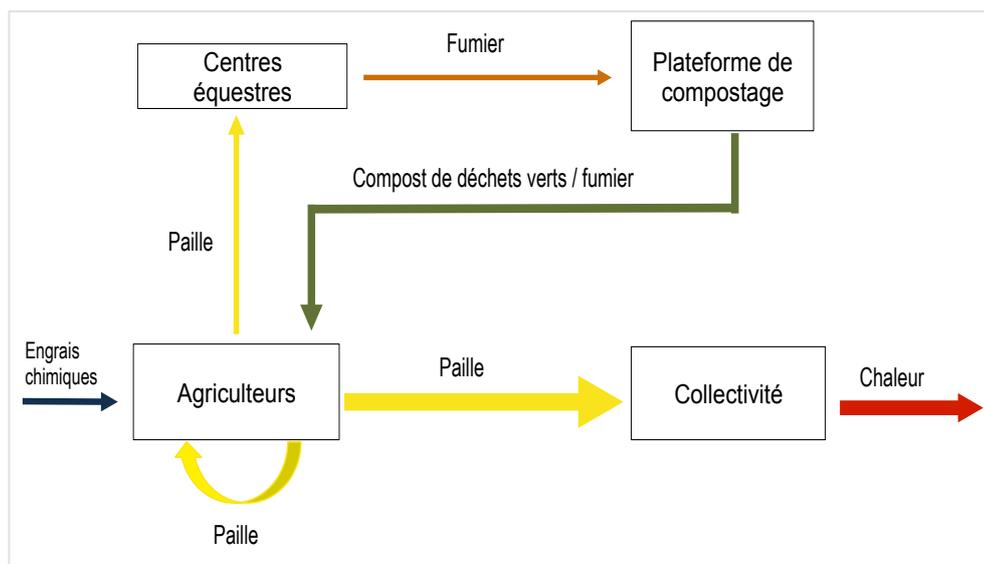
Par ailleurs, si l'exportation de paille requiert un apport en amendement organique, le prix de vente de la paille comme combustible doit assurer en plus aux agriculteurs la prise en charge de l'achat, du transport et de l'épandage de l'amendement. Pour ce faire, plusieurs entretiens ont permis de définir ces coûts synthétisés ci-dessous dans le cas d'une utilisation de compost de déchets verts local sous-utilisé par les agriculteurs :

	Coût	Remarques
Achat de compost	5-6 €HT/t	
Epandage	10 €HT/t	Tarif indicatif pour un épandage de 5 t/ha
Transport	10 €HT/t	Marge haute

**En intégrant cet apport d'amendement organique, le prix de la paille, hors marge, s'élève à 86 €HT/t, soit relativement proche du prix évalué précédemment.**

Cette utilisation de la paille favorise les circuits courts, puisqu'au-delà de la collaboration agriculteur-plateforme de compostage, les centres équestres pourraient intégrer cette boucle par le biais du fumier pailleux, actuellement décrié par les agriculteurs en épandage direct. Des essais de compostage de fumiers de chevaux ont été réalisés par l'INRA sur le territoire de la Plaine de Versailles. Les résultats publiés en 2011 montrent l'intérêt du compostage de ce fumier. La favorisation des circuits courts est illustrée par le schéma ci-dessous.





*Schématisation des échanges de flux entre acteurs (en haut : contexte actuel, en bas : cas d'une exportation de paille à des fins énergétiques) (source : Sofies)*

### **Des subventions garantissant la rentabilité des projets**

Le plus important système de subvention est assuré par le « Fonds Chaleur » de l'ADEME et subventionne les installations productrices d'énergie et les réseaux de distribution de la chaleur. Il a été initié en 2009 pour 5 ans et les objectifs nationaux pour la transition énergétique ont motivé son renouvellement. Celui-ci sera en outre doublé sur 3 ans à partir de 2015 assurant le développement de nouveaux projets.

Les subventions accordées par l'ADEME sont définies au cas par cas pour chaque projet mais la méthode de calcul du niveau d'aide<sup>9</sup> indique les plafonds des aides accordées. Pour une chaudière produisant moins de 2'907.5 MWh par an, le plafond de l'aide est fixé à 7.52€ le MWh. La subvention maximale pour un réseau de distribution de la chaleur est fixée à 55% du montant des investissements. En reprenant le modèle précédent, une chaudière de 750 kW et un réseau de 3'200 mètre linéaire, **le montant maximal de la subvention est estimé à 0,017 €HT/kWh.**

**L'aide permet ainsi d'assumer un achat de combustible biomasse plus onéreux (prix plafonds jusqu'à 107 €HT/t de plaquettes forestières et 138 €HT/t de paille dans le cas de la comparaison avec le fioul), un investissement plus important dans le cadre de projets spécifiques ou de simplement proposer une chaleur à un prix avantageux pour le consommateur.**

#### 4.5 Schémas d'organisation des acteurs pour le développement d'une filière biomasse-énergie locale

Le gisement de ressources biomasse, confronté aux projets potentiels de réseaux de chaleur sur la Plaine, a permis de mettre en évidence l'intérêt de déployer des chaufferies de faible puissance (<1 MW) pour initier le développement d'une filière locale d'approvisionnement. Par ailleurs, l'existence de débouché pour certaines ressources additionné de contraintes diverses pour certains gisements laissent une place prépondérante pour la production de plaquettes forestières issues de la forêt privée et la production de paille.

<sup>9</sup> Fonds chaleur renouvelable. Méthode de calcul du niveau d'aide. Ademe 2014.

Le développement d'une filière locale d'approvisionnement implique la présence de tous les maillons de la chaîne ainsi que l'identification d'une structuration optimale. Les deux sous-parties qui suivent, visent pour chacune des ressources prioritaires, à identifier les parties prenantes, à mettre en évidence les leviers pour un travail en partenariat et à proposer des schémas d'organisation entre différents acteurs selon les rôles qu'ils jouent. Pour ce faire, les acteurs sont répartis dans trois à quatre grandes familles, que sont les détenteurs de la ressource, les producteurs de combustible, les utilisateurs de la ressource et les animateurs éventuels.

#### 4.5.1 Approvisionnement en plaquettes forestières

##### ***Détenteurs de la ressource***

De même que leurs propriétés diffèrent l'une de l'autre de par leur taille ou leur emplacement, les propriétaires forestiers privés ont des profils très variés. Certains peuvent être très avisés du potentiel offert par la forêt et du fonctionnement de la filière en France tandis que d'autres peuvent être plus novices. En outre, la forêt a plusieurs usages (loisirs, exploitation) qui peuvent être concomitants ; cependant elle n'est pas toujours perçue de la même manière par tous. Aucune filière ne pourra se monter sans l'implication des détenteurs de la ressource. Il est par conséquent primordial de mieux comprendre les besoins et les attentes de ces propriétaires forestiers afin de mener un projet structurant.

La multitude de propriétaires sur des surfaces souvent inférieures à 1 hectare est régulièrement citée comme un facteur d'échec au développement de l'exploitation de la ressource. Pour rappel sur la Plaine, ils sont au nombre de 1'977 dans cette catégorie. Un levier d'action possible est le regroupement de plusieurs propriétaires en une structure de gestion commune de leurs terrains. Deux formes principales existent. La première, appelée groupement foncier forestier permet de regrouper plusieurs parcelles en un même terrain détenu ensuite collectivement. Les propriétaires en détiennent des parts en fonction de leur apport initial. Ce type de structure, parce qu'il impose la propriété collective, n'est en général pas l'option préférée, à l'exception des groupements de nature familiale. La seconde, en revanche, permet aux propriétaires de se regrouper tout en gardant la propriété de leur bien. Ce regroupement est permis au sein d'une association syndicale libre (ASL). Celle-ci gère ensuite l'ensemble des forêts, peut adhérer à des structures coopératives où les propriétaires sont représentés par un membre de l'ASL, et déposer un plan simple de gestion commun (PSGC), à la condition, pour ce dernier point, que la surface soit d'au moins 10 ha.

D'une manière générale le regroupement fait du sens lorsque les parcelles ne sont pas trop éloignées les unes des autres. Pour les ASL, il est d'usage de motiver la création d'une association par massif.

##### ***Producteurs forestiers***

Les producteurs sont des acteurs capables de prendre en charge les opérations utiles à la préparation de la ressource pour en faire un combustible approprié, depuis la gestion et l'entretien de la forêt, la coupe, la préparation des combustibles, sa vente et son transport. Ils constituent les maillons entre les détenteurs de la ressource et les utilisateurs, comme la gestion et l'entretien de la forêt, la coupe, la préparation des combustibles, sa vente et son transport. Il peut s'agir d'une coopérative forestière pour laquelle les propriétaires sont adhérents, ou bien d'une société d'exploitation forestière. En ce qui concerne la vente du produit fini, la coopérative peut prendre en charge cette fonction, dans l'autre cas, les propriétaires peuvent faire appel à un expert forestier indépendant.

### ***Utilisateurs de la ressource***

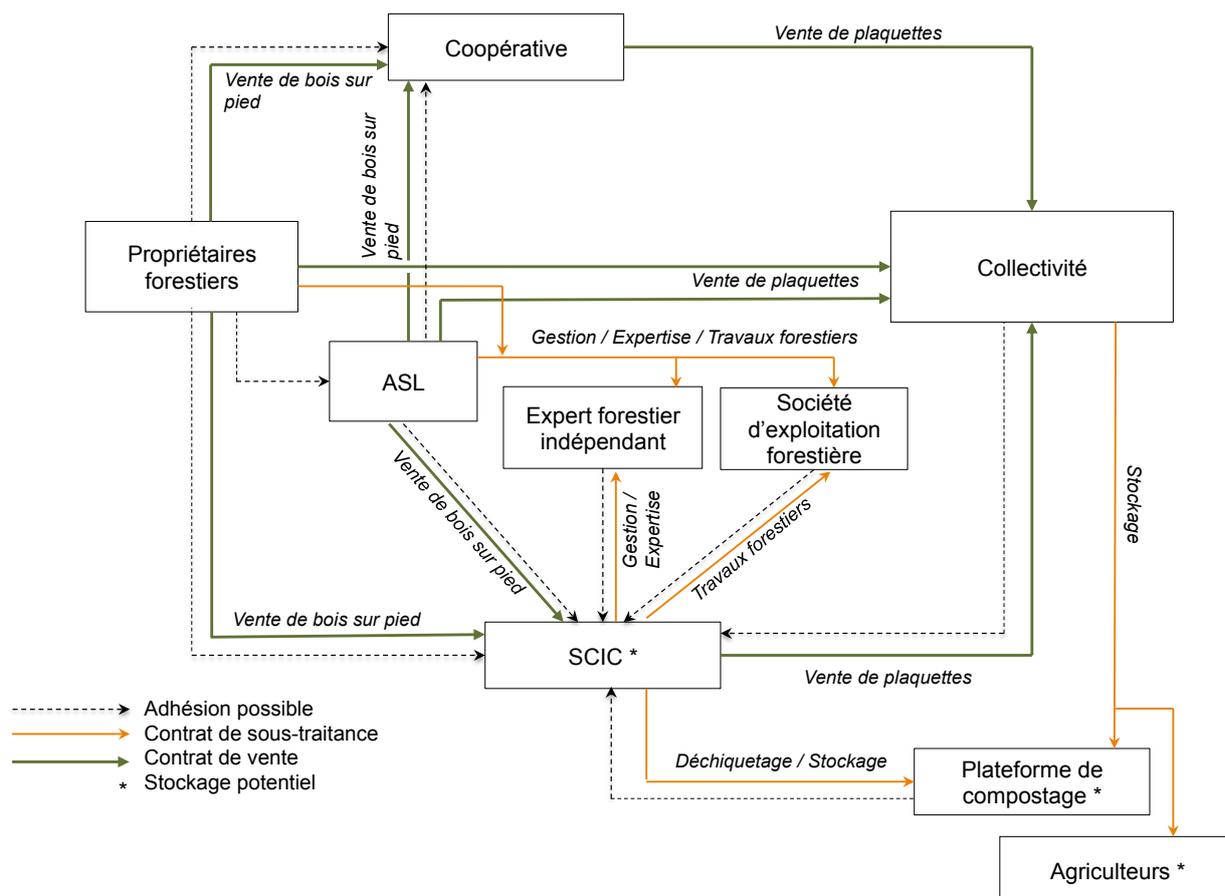
Dans le cas de cette étude, les utilisateurs de combustibles sont les exploitants des chaufferies, et plus précisément les collectivités. Certaines recommandations préconisent aux collectivités la mise en place d'un seul contrat d'approvisionnement par type de combustible, ne facilitant pas la collaboration avec des propriétaires forestiers privés, non adhérents à une coopérative forestière.

C'est pourquoi des structures aux statuts juridiques particuliers se développent dans le domaine de la biomasse-énergie, à l'image des sociétés d'économie mixte (SEM) et des sociétés coopératives d'intérêt collectif (SCIC). Les SEM doivent être portées par les collectivités publiques et offrent la possibilité d'intégrer des personnes morales de droit public et d'autres personnes morales, à la condition que ces dernières soient minoritaires au capital. Elle doit également comprendre 7 associés au minimum. Les SCIC, qui peuvent prendre la forme d'une SA ou d'une SARL, sont des structures particulièrement adaptées à ce type de projet. En effet, elle est multisociétariat et comprend obligatoirement salariés et bénéficiaires, plus au moins quelqu'un d'autre. Dans le cas d'étude, la SCIC peut permettre de regrouper tous les acteurs de la filière, avec différents collègues : salariés, collectivités, producteurs et détenteurs. L'expression du pouvoir suit le principe 1 personne = 1 voix, avec pondération possible des collègues. En Ile-de-France, la SCIC Gâtinais Bois Energie a été créée pour répondre au morcellement de la propriété, puisque parmi les 18'000 propriétaires forestiers, 97% possèdent moins de 4 hectares.

### ***Animateurs / Appui au développement de la filière***

Enfin des acteurs existants, en charge de représenter et soutenir certaines parties prenantes, peuvent appuyer le développement de la filière. En particulier, la mobilisation des propriétaires forestiers peut être réalisée par le biais de structures comme les syndicats forestiers ou le CRPF. A titre d'exemple, un représentant du CRPF peut organiser le montage d'une ASL puis l'animer.

Finalement, les différents jeux d'acteurs et la position des structures leviers pour favoriser le développement de la forêt privée et d'une filière locale, compte tenu des acteurs présents sur la Plaine, sont représentés dans le schéma ci-dessous. La notion de stockage, peu abordée dans cette partie, est un élément déterminant de la filière. Deux parties prenantes potentiellement actrices de ce stockage sont identifiées dans ce schéma, tel que cela a été expliqué précédemment.



Jeu d'acteur d'un approvisionnement en plaquettes forestières (source : Sofies)

#### 4.5.2 Approvisionnement en combustible paille

Dans le cas de la paille, le schéma est simplifié puisque les détenteurs mettent également en forme la paille pour le transport.

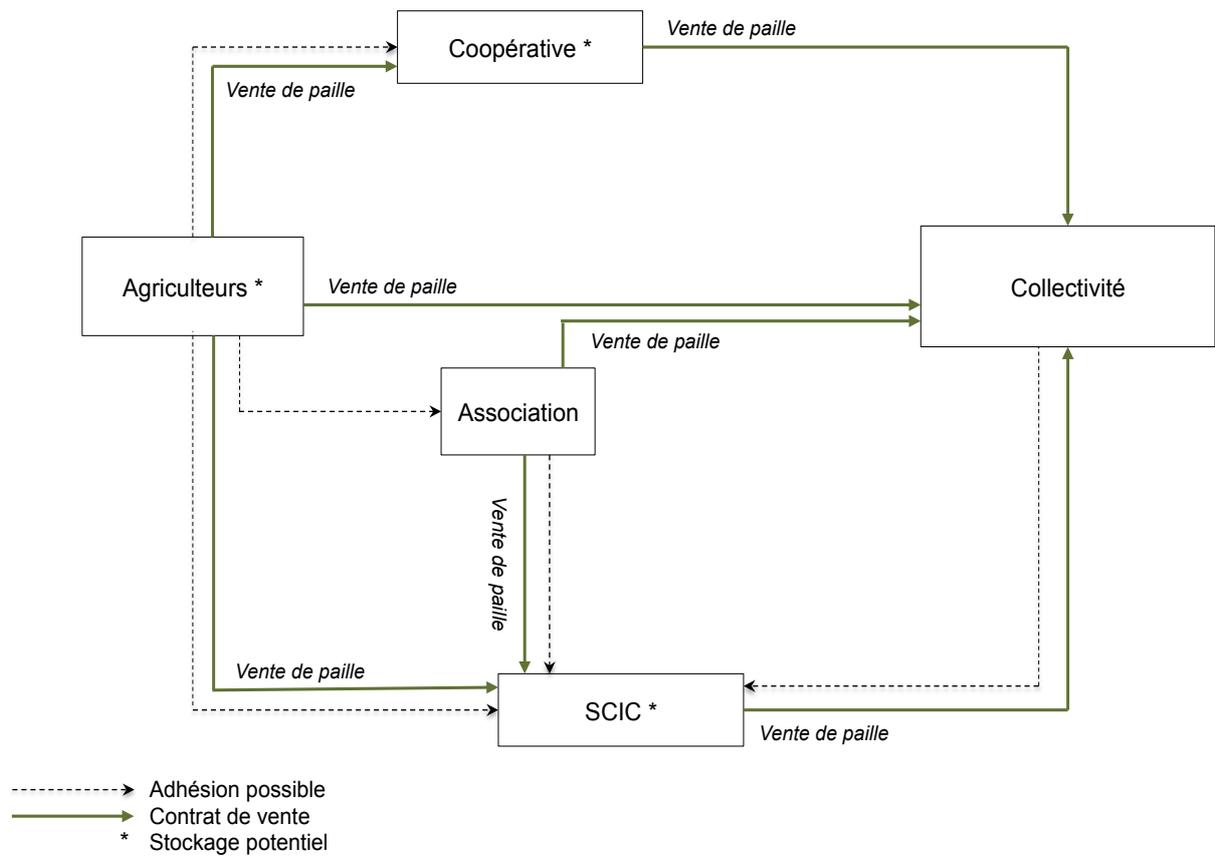
##### **Détenteurs de la ressource**

La paille est détenue par les cultivateurs de céréales. La mise en place d'un projet nécessitera une concertation avec ces agriculteurs. En particulier l'exportation de la paille devra être motivée par une compensation financière suffisante et rentable pour justifier le travail et les besoins en matière organique du sol. Si les agriculteurs peuvent vendre la paille directement aux utilisateurs, il leur est également possible de se regrouper pour gérer collectivement cette vente. Les structures habituelles sont de type associatif ou coopératif comme les sociétés d'intérêt collectif agricole.

##### **Utilisateurs de la ressource**

Les utilisateurs sont également les collectivités. De la même manière que pour le bois-énergie, une SCIC peut s'appliquer au cas de la paille.

La figure ci-dessous illustre les jeux d'acteurs possibles dans une filière d'approvisionnement locale en paille.



Jeu d'acteur d'un approvisionnement en paille combustible (source : Sofies)

## 5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'Association Patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets (APPVPA) a la volonté de faire de son territoire un modèle en matière d'écologie industrielle et territoriale. Dans ce contexte de transition énergétique, cet objectif se traduit par le souhait de développer l'utilisation des énergies renouvelables et de récupération dans les réseaux de chaleur urbain. Tandis que l'étude du potentiel de développement de réseau de chaleur urbain fait l'objet d'un autre volet d'étude, celui-ci se consacre à l'accompagnement de l'APPVPA dans le développement d'une filière locale de biomasse-énergie, qui soit source d'approvisionnement.

Le gisement des ressources actuellement mobilisables pour une telle filière sur le territoire de la Plaine est composé d'une part de bois-énergie issu de la forêt publique, déjà exploitée par l'ONF, à hauteur de 4'600 tonnes par an, et de bois-énergie issu de la forêt publique, estimé à 1'200 tonnes par an et en grande partie inexploitée à ce jour. La paille de céréales est également une ressource mobilisable sur la Plaine. Elle s'échelonne entre 1'600 et 3'900 tonnes par année selon la hauteur de coupe, après déduction de la paille laissée au sol et de la consommation équine. Une connaissance approfondie des sols cultivés de la Plaine permettrait peut-être d'accroître ce gisement en exportant plus de paille. Cette exportation pourrait alors favoriser la mise en place de boucles courtes avec l'emploi de compost de déchets verts de qualité, produit localement par les plateformes de compostage. Par ailleurs, deux de ces plateformes produisent près de 7'000 tonnes par an de combustible biomasse sous forme de refus de criblage ou de broyat de bois, actuellement brûlés dans des chaufferies de forte puissance situées en dehors du territoire. L'agroforesterie et les cultures énergétiques comme le miscanthus ne sont pas développés sur la Plaine et présentent un intérêt marginal pour les acteurs concernés dans le contexte économique actuel.

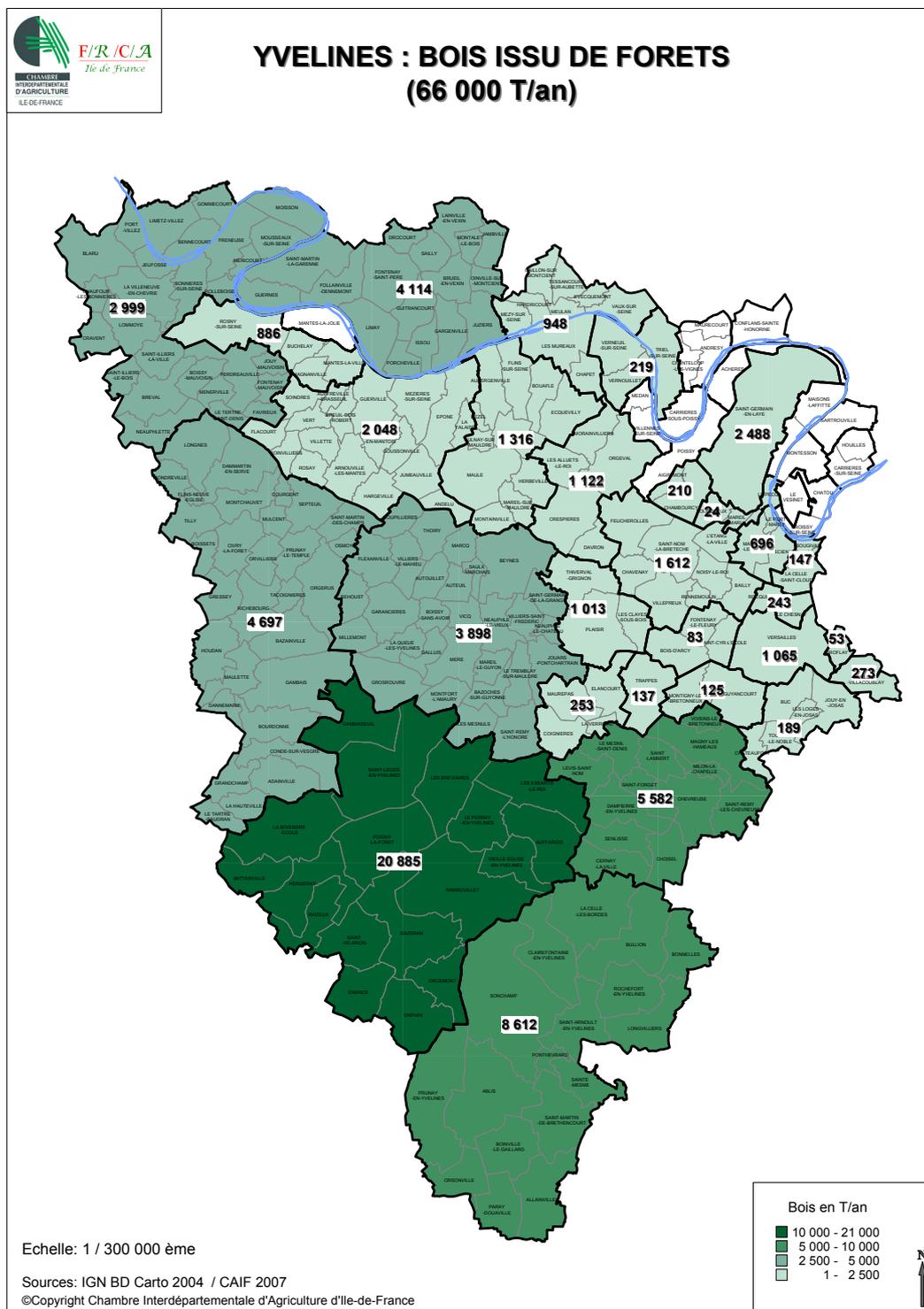
Le développement d'une filière est un processus dépendant de l'existence d'un marché. L'analyse du potentiel de développement de réseaux de chaleur sur la Plaine, concentré sur les projets de construction futurs, a mis en évidence divers projets aux puissances variées, mais avec une prédominance de projets inférieurs à 1 MW. Compte tenu de la volonté initiale de maîtriser une part d'approvisionnement local dans ces projets et compte tenu des volumes de ressources mobilisables, ces chaufferies de faible puissance sont des projets à privilégier pour le développement d'une filière locale sur la Plaine. D'autant que des chaufferies biomasse polycombustibles, intégrant bois et paille, se développent sur le marché des petites puissances.

Le mode de gestion généralement choisi pour ces chaufferies de faible puissance, la régie, est un levier pour la maîtrise de l'approvisionnement. En revanche le développement de ce type de projet exclut à ce stade la possibilité d'utiliser le bois déchet produit par les plateformes de compostage, pour des raisons de qualité. Le bois-énergie produit par la forêt publique ayant déjà ses propres filières, ces projets constituent une opportunité pour mobiliser les propriétaires forestiers privés. Les projets bien dimensionnés peuvent être économiquement viables et indépendants. Néanmoins certains projets ne se développeraient pas sans le soutien de subventions, en particulier le Fonds Chaleur de l'ADEME. Un levier pour la ressource bois, comme pour la paille d'ailleurs, mais aussi une contrainte repose sur une optimisation organisationnelle. Celle-ci peut être permise par une structuration des acteurs. Le regroupement des propriétaires forestiers en est une. Le regroupement des acteurs de la filière, y compris les utilisateurs, au sein d'une société coopérative d'intérêt collectif en est une autre.

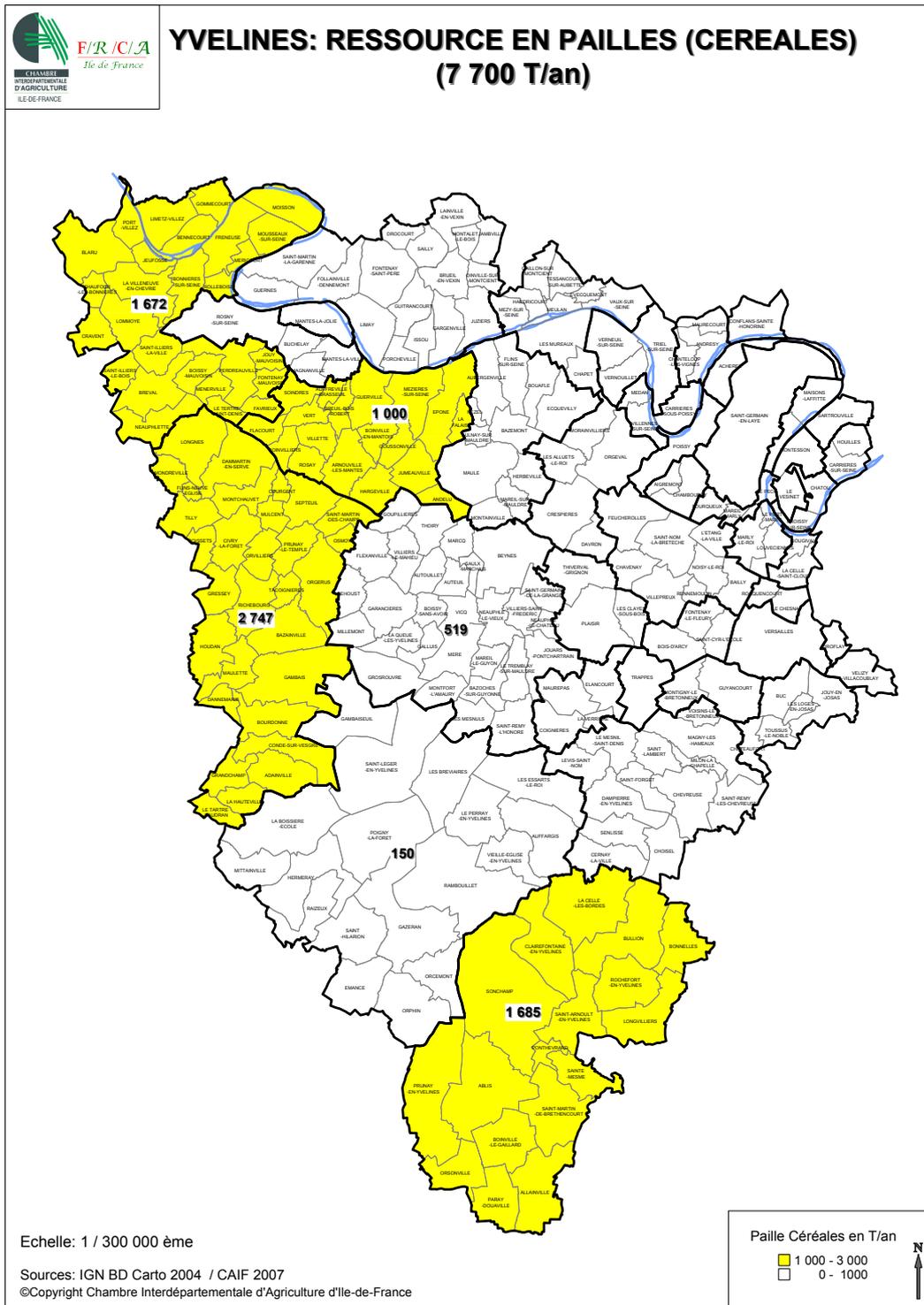
Pour poursuivre dans cette perspective de création de filière, des actions sont à mener auprès des acteurs situés en amont et en aval de la filière. Plus précisément, il s'agira de mobiliser les propriétaires forestiers privés, en privilégiant la dizaine de propriétaires ayant des surfaces de plus de 25 hectares. Cette mobilisation pourra être appuyée par le CRPF. Il s'agira également d'identifier et de mobiliser les agriculteurs producteurs de céréales sur la Plaine. Une concertation auprès de l'INRA permettra d'affiner le taux d'exportation de paille adapté aux sols de la Plaine. Il s'agira enfin de mobiliser les élus concernés dans l'identification des projets potentiels de chaufferie biomasse ; cette mobilisation devra se faire au plus tôt afin de profiter très en amont des réflexions sur les projets de construction futurs.

## 6 ANNEXES

### 6.1 Annexe 1 - Tonnage de bois énergie produit par les forêts des Yvelines



6.2 Annexe 2 - Tonnage de paille disponible dans le département des Yvelines



### 6.3 Annexe 3 - Liste des personnes consultées et/ou interviewées

Eva Besnard	Ademe Ile-de-France
Romain Donat	Ademe Ile-de-France
François Quagneaux	Chambre Interdépartementale d'Agriculture d'Ile de France & CoforOuest
Christian Hubert	Exploitant agricole
Dominique Tristant	Ferme de Grignon
Xavier Jenner	CRPF
Olivier Gousseau	Prestataire agricole
Nicolas Levillain	Chambre Interdépartementale d'Agriculture d'Ile de France
Luc Prunier	BioYvelines Services
Maxime Venot	SEPUR
Frédéric Delport	ONF
M. Boutaud	SCPR Parc Montaigne
Arnaud Bouchet	Commune de Fontenay-le-Fleury