

Étude réalisée par :  **Systèmes Durables**



METABOLISME APPVPA

Note de présentation des flux de cellulose (version complète)

Référence	RP201006OM_APPVPA_note_cellulose_v5.00
Auteur	Systèmes durables Contact : <plm@systemes-durables.com>
Date de création	17/06/2010
Date de livraison	16/12/2010
Diffusion	Interne au comité technique de l'APPVPA

Sommaire

1	Tableau des abréviations	3
2	Rappels sur le contexte de l'étude :	3
2.1	Le projet pilote d'écologie territoriale de l'APPVPA	3
2.2	Les objectifs de l'étude	4
2.3	Les objectifs de la phase 1	4
3	Portée et limites de l'outil d'analyse de flux (approche MFA)	4
3.1	Présentation de l'analyse de flux	4
3.2	Limites de l'analyse de flux	5
3.3	Liens entre les métabolismes matière organique, cellulose et énergie	5
4	Collecte réalisée	6
4.1	Les flux de matières pris en compte	6
4.2	Collecte réalisée et données exploitées	7
4.3	Collecte suspendue	7
5	Présentation des métabolismes	8
5.1	Volet 0 : vue générale simplifiée (Import / Export)	8
5.2	Volet 1 : vue générale du système et volet sylviculture	9
5.3	Volet 2 : traitement des déchets	11
5.4	Volet 3 : agriculture	13
6	Méthodologie et hypothèses	15
6.1	Méthodes et calculs	15
6.2	Correspondance MB / MS et hypothèses	21
6.3	Evaluation de la part des flux réels pris en compte	21
7	Premiers éléments remarquables sur le métabolisme	23

1 Tableau des abréviations

Tableau 1 : Liste des abréviations utilisées

Abréviation	Signification
AGRESTE	Acronyme du service de la statistique, de l'évaluation et de la prospective agricole
APPVPA	Association patrimoniale de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets
CEREN	Centre d'études et de recherches économiques sur l'énergie
IFN	Inventaire forestier national
IAURIF	Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile de France
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
ORDIF	Observatoire régional des déchets d'Ile de France
RGA	Recensement général agricole (tous les 10 ans environ)
RGP	Recensement général de population
STEP	Station d'épuration

2 Rappels sur le contexte de l'étude :

2.1 Le projet pilote d'écologie territoriale de l'APPVPA

Ce projet s'inscrit dans une démarche territoriale qui vise à renforcer l'identité de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets, à promouvoir l'économie touristique et à conforter les filières agricoles par une stratégie de qualité. Cette stratégie s'inscrit dans le cadre du programme Leader dont les 3 axes sont rappelés ici :

- axe 1 > amélioration de la compétitivité des secteurs agricole et forestier,
-
- axe 2 > amélioration de l'environnement et de l'espace rural,
- axe 3 > qualité de vie en milieu rural et diversification de l'économie rurale.

L'une des trois orientations de la stratégie du programme Leader est de faire de la Plaine de Versailles et du Plateau des Alluets un site pilote pour l'écologie territoriale en appliquant les principes de l'écologie industrielle à une zone rurale périurbaine.

Le territoire présente en effet une activité agricole et sylvicole diversifiée et la recherche d'un nouvel équilibre entre l'élevage, les productions végétales et le territoire, notamment par la valorisation de la matière organique endogène, constitue un objectif prioritaire pour les promoteurs du projet.

2.2 Les objectifs de l'étude

Quatre types de ressources identifiées : matière organique, cellulose, énergie, eau. L'objectif de l'étude est d'identifier les sources et les flux pour chacune de ces quatre ressources.

En ce qui concerne la matière organique, des travaux ont déjà été engagés sur le territoire, notamment autour de l'INRA de Versailles – Grignon et de la ferme expérimentale de Grignon (Agro ParisTech). L'étude doit permettre de dégager un tableau d'ensemble de la circulation de la matière organique afin d'identifier les carences éventuelles du système.

Le diagnostic pourra déboucher sur la recherche de bouclages de flux ou d'utilisations locales de ressources qui sont actuellement exportées ou qui ne sont pas valorisées (phase 2).

L'étude pourra ainsi servir d'appui au développement de filières répondant aux besoins économiques et environnementaux du territoire et de ses acteurs.

2.3 Les objectifs de la phase 1

A partir des données et expertises fournies par les acteurs du territoire, la phase 1 de l'étude vise à établir les métabolismes pour les 4 types de flux identifiés (méthode basée sur le principe de la MFA / Mass Flow Analysis) :

- collecte et analyse des données ;
- représentation graphique des métabolismes ;
- diagnostic de flux ;
- rapport intermédiaire.

Les possibilités d'optimisation des flux (phase 2) pourront alors être proposées sur la base des pistes d'amélioration identifiées lors du diagnostic de flux. Les risques d'épuisement des stocks pourront également être mis en évidence.

3 Portée et limites de l'outil d'analyse de flux (approche MFA)

3.1 Présentation de l'analyse de flux

L'analyse de flux permet une lecture rapide des flux générés ou transitant par le territoire.

Les flux transitent par des processus : cette transition peut s'accompagner :

- d'une augmentation du flux si le processus engendre une production de matière (production de biomasse par les sols agricoles, les terrains de golfs, les parcs et jardins des particuliers ou des collectivités par exemple) ;
- d'une diminution de flux si le processus engendre une destruction de matière : incinération, perte de masse dans un processus de fermentation ou de compostage etc.

Si le processus est neutre, le flux ne connaîtra pas de variation en masse (plateformes de tri pour les papiers et le carton par exemple).

Des flux peuvent s'aggréger s'il n'y a pas d'incompatibilité entre la nature des flux en entrée et en sortie de process. Exemple : flux de cartons d'origines diverses transitant par une plateforme de tri.

3.2 Limites de l'analyse de flux

L'outil utilisé pour la construction des métabolismes permet de sommer les flux en entrée et en sortie de système et de calculer les variations de stock du système et de chacun des processus.

Or, l'utilisation qui est faite de l'outil de calcul ne permet pas de distinguer les flux selon leur nature. Ainsi, il peut parfois sommer des flux incompatibles entre eux.

La lecture du processus « Culture » demande à cet égard une attention particulière : l'évolution du stock apparaît de façon artificielle comme la somme des flux en entrée (fumiers, amendements organiques etc.) desquels sont retranchés les flux en sortie (production de biomasse agricole).

Or, dans les faits, il n'y a pas de correspondance directe entre la biomasse apportée au sol et la biomasse produite du fait de la photosynthèse (fixation du CO₂ de l'atmosphère).

L'évolution du stock de matière organique dans le sol n'est donc pas liée à la quantité de biomasse exportée par les cultures, mais à la vitesse de minéralisation du carbone organique sous l'effet de processus qui ne sont pas traductibles dans l'outil de modélisation.

Il faut d'ailleurs préciser ici que la détermination de ces processus biologiques n'entre pas dans le champ de l'étude confiée à SD.

3.3 Liens entre les métabolismes matière organique, cellulose et énergie

Le tableau suivant fait apparaître les flux communs à ces 3 métabolismes (dans le fonctionnement actuel du système).

Les actions qui seront envisagées pour chacun de ces flux devront être appréciées au regard des corrélations entre les trois métabolismes.

Par exemple : une utilisation énergétique de la paille aura des répercussions sur la valeur agronomique de ce flux pour le métabolisme de la matière organique (M.O. dans le reste du document).

D'un autre côté, une utilisation agronomique des ressources de bois d'élagage (BRF - bois raméal fragmenté par exemple) aura des répercussions sur la valeur énergétique de ce flux pour le métabolisme de l'énergie.

Type de flux	Métabolisme cellulose	Métabolisme M.O.	Métabolisme énergie	Métabolisme eau
Bois (prod. Forestière)	X		X	
Bois (mulch)	X		X	
Papier / carton *	X		X	
Biomasse agricole énergétique **	X	X	X	X
Paille	X	X		X
Fumier	X	X		
Déchets verts	X	X		
Compost	X	X		

Tableau 2 : correspondances de flux entre les métabolismes (état actuel)

* valorisation énergétique = incinération (UIOM)

** ne tient pas compte des projets sur le site de Grignon (ferme expérimentale / projet Grignon énergie positive)

4 Collecte réalisée

4.1 Les flux de matières pris en compte

La construction du métabolisme de la cellulose s'est faite à partir des données recueillies pour les flux de matières suivants :

- production brute des forêts privées (dont forêts du domaine privé des communes) et des forêts domaniales ;
- bois déchet collecté en déchèterie et mulch de bois issu du refus de criblage des stations de compostage ;
- papiers et cartons collectés en déchetterie ou en porte-à-porte (collecte sélective) ;
- biomasse végétale produite par l'agriculture (céréales, cultures fourragères, pailles) ;
- pailles consommées par les animaux de ferme ;
- déchets verts et composts de déchets verts.

AVERTISSEMENT : au regard des éléments puisés dans la bibliographie, il n'a pas été possible de déterminer, pour les différents flux présentés, d'équivalence en masse de cellulose.

Tous les flux sont donc présentés en fonction des valeurs brutes calculées pour les matières concernées.

4.2 Collecte réalisée et données exploitées

- **Pour l'ensemble des flux :**
 - Etude sur les agro-ressources en Ile-de-France (FRCA / CIA IDF).
- **Pour les flux de bois :**
 - Données ONF sur les volumes annuels martelés, Agence interdépartementale de Versailles ;
 - Rapport CEREN bois de chauffage 2010 ;
 - Données IFN et notamment cartographie en ligne (superficies forestières par type et par commune) ;
 - Collecte complétée par entretien avec un conseiller forestier, Chambre agriculture 78.
- **Pour les flux de papier et cartons :**
 - SIDOMPE, rapport d'activité 2007 + tonnages cartons, papiers, années 2006, 2007 et 2008 ;
 - ORDIF, tableau de bord 2007 des déchets ménagers et assimilés ;
 - Collecte complétée par entretiens.
- **Productions végétales :**
 - Recensement général agricole (données 2000) ;
 - Données issues du [memento Agreste pour les Yvelines](#) (données actualisées 2006) ;
 - Etude sur les agro-ressources en Ile-de-France.
- **Déchets verts :**
 - Volumes en entrée de plateforme de compostage (K. Dhaouadi) ;
 - Cartographie ORDIF ([déchets verts produits / ratios par commune](#)) ;
 - Collecte téléphonique.

4.3 Collecte suspendue

- **Pour le bois :**

Palettes / cagettes : pas d'interlocuteur identifié

5 Présentation des métabolismes

5.1 Volet 0 : vue générale simplifiée (Import / Export)

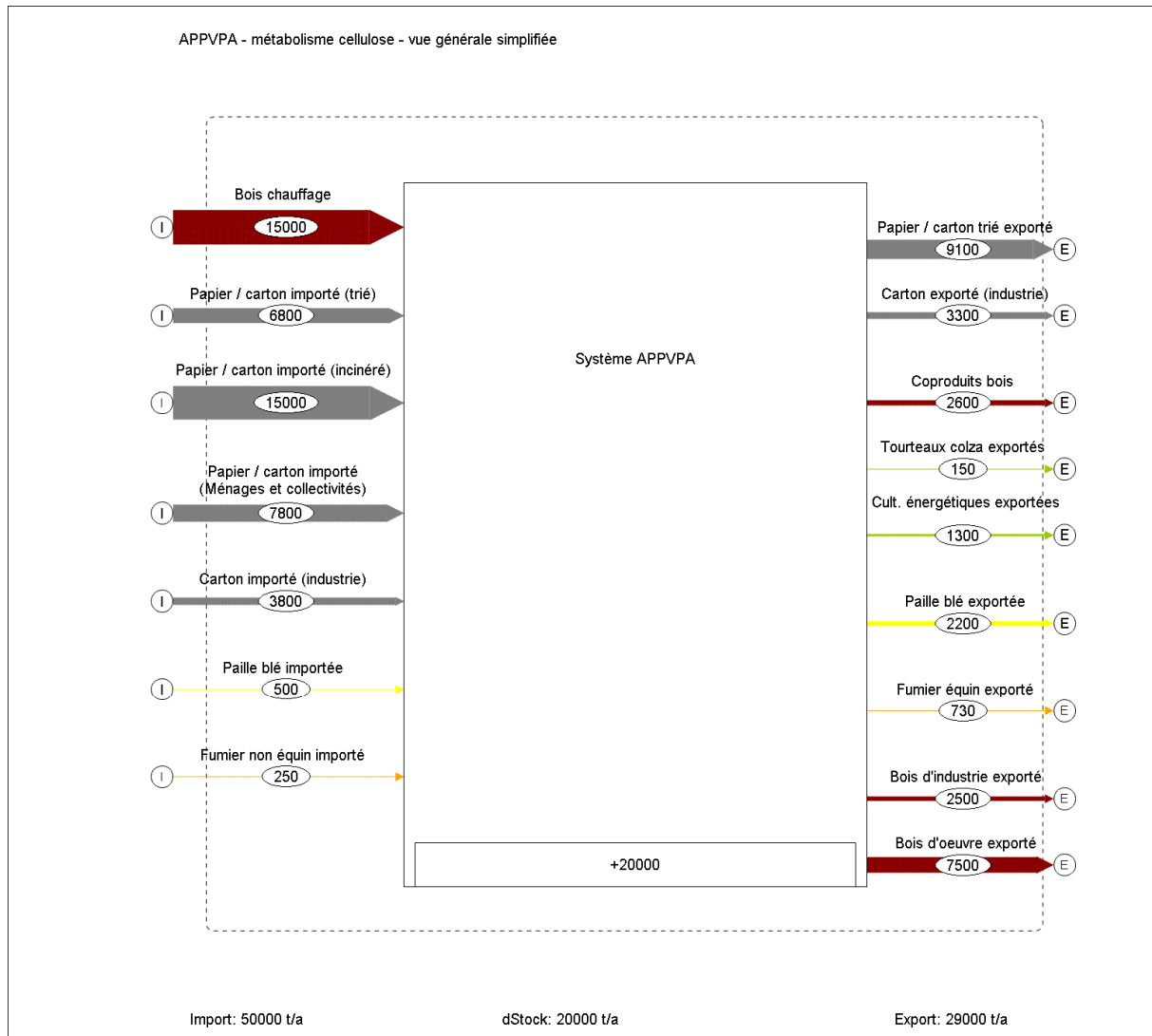


Figure 1 : Métabolisme cellulose : vue générale du système APPVPA (en tMS sauf papier / cartons)

5.2 Volet 1 : vue générale du système et volet sylviculture

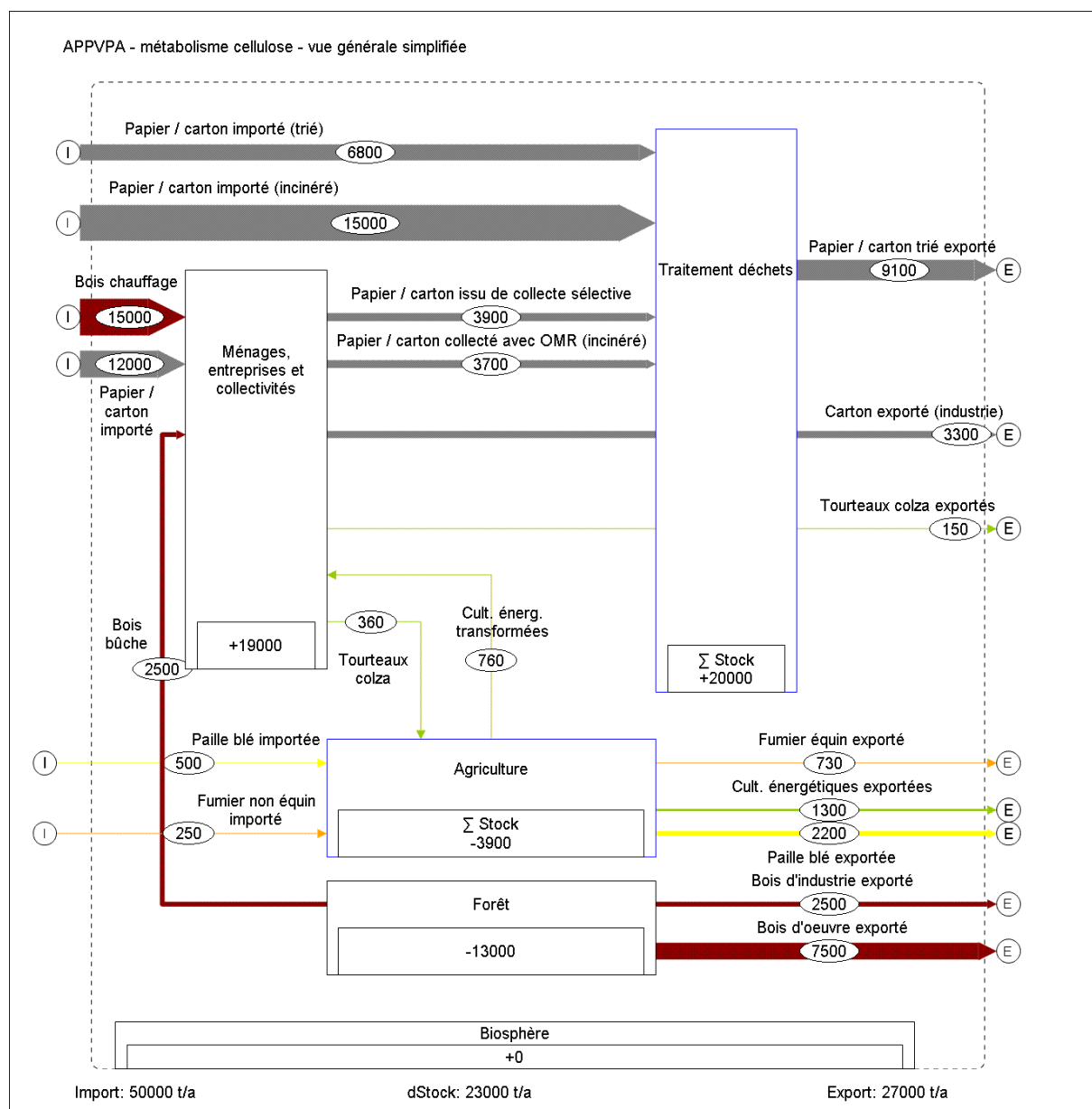


Figure 2 : Métabolisme cellulose - vue globale (en tonnes MS sauf papier/carton)

- **Consommation de bois et production forestière¹ (en tonnes MS) :**

7 500 tMS de bois d'oeuvre = biomasse de la tige dont la qualité autorise des usages bois d'oeuvre (sciage, déroulage, etc. / définition IFN) = essentiellement le tronc, dont :

- 2 200 tMS issues de la forêt privée ;
- 5 300 tMS issues de la forêt domaniale.

2 500 tMS de bois d'industrie (BIBE = bois d'industrie et énergie) = biomasse de la tige dans les bois de diamètre > 7 cm et non valorisable en bois d'oeuvre (définition IFN) dont :

¹ Les valeurs ont été calculées, pour les bois ONF comme pour la production de la forêt privée, au prorata de la superficie des forêts comprise dans le territoire APPVPA d'après cartographie IFN en ligne. Pour les valeurs globales, sans application du prorata, cf. tableau in partie Méthodologie et hypothèses, p. 18

- 1 100 tMS issues de la forêt privée (= 40 %) ;
- 1 400 tMS issues forêt domaniale (= 60 %).

2 500 tMS de bois bûche² (dont environ 40 % issues de la forêt privée et 60 % de la forêt domaniale).

Source ONF renseigne également sur les essences exploitées (uniquement bois d'œuvre / 2007) :

- 1 700 tMS chêne (= 32 %) ;
- 2 400 tMS châtaignier (= 45 %) ;
- 170 tMS hêtre (= 3 %) ;
- 900 tMS autres feuillus (= 17 %).

La forêt privée apparaît sous exploitée³ :

- Du fait de conditions d'exploitation difficiles : forêt morcelée, peu de routes au gabarit pour le passage des poids-lourds et engins de débardage, nombreuses parcelles enclavées etc. ;
- Du fait du rôle social de la forêt : chasse, loisirs...

De fait, une partie de la production brute annuelle est inexploitée → augmentation stock sur pied = environ 3 000 tMS / an⁴.

N.B. : Cette augmentation de stock peut se modéliser comme un bouclage du procédé sur lui-même lorsque ce bois par exemple tombe à terre et réalimente la production de bois. Nous n'avons pas détaillé le devenir de cette augmentation du stock et donc ce possible bouclage de flux n'apparaît pas sur la vue. Cela permet aussi de ne pas alourdir l'essentiel du schéma.

² Si on considère publi Agreste production forestière la production bois bûche est surestimée. Le rapport serait plutôt 65/35 soit 3300 BIBE et 1700 bois bûche

³ Enseignement tiré des entretiens téléphoniques réalisés avec des acteurs de la filière

⁴ N'apparaît que dans la vue détaillée

5.3 Volet 2 : traitement des déchets

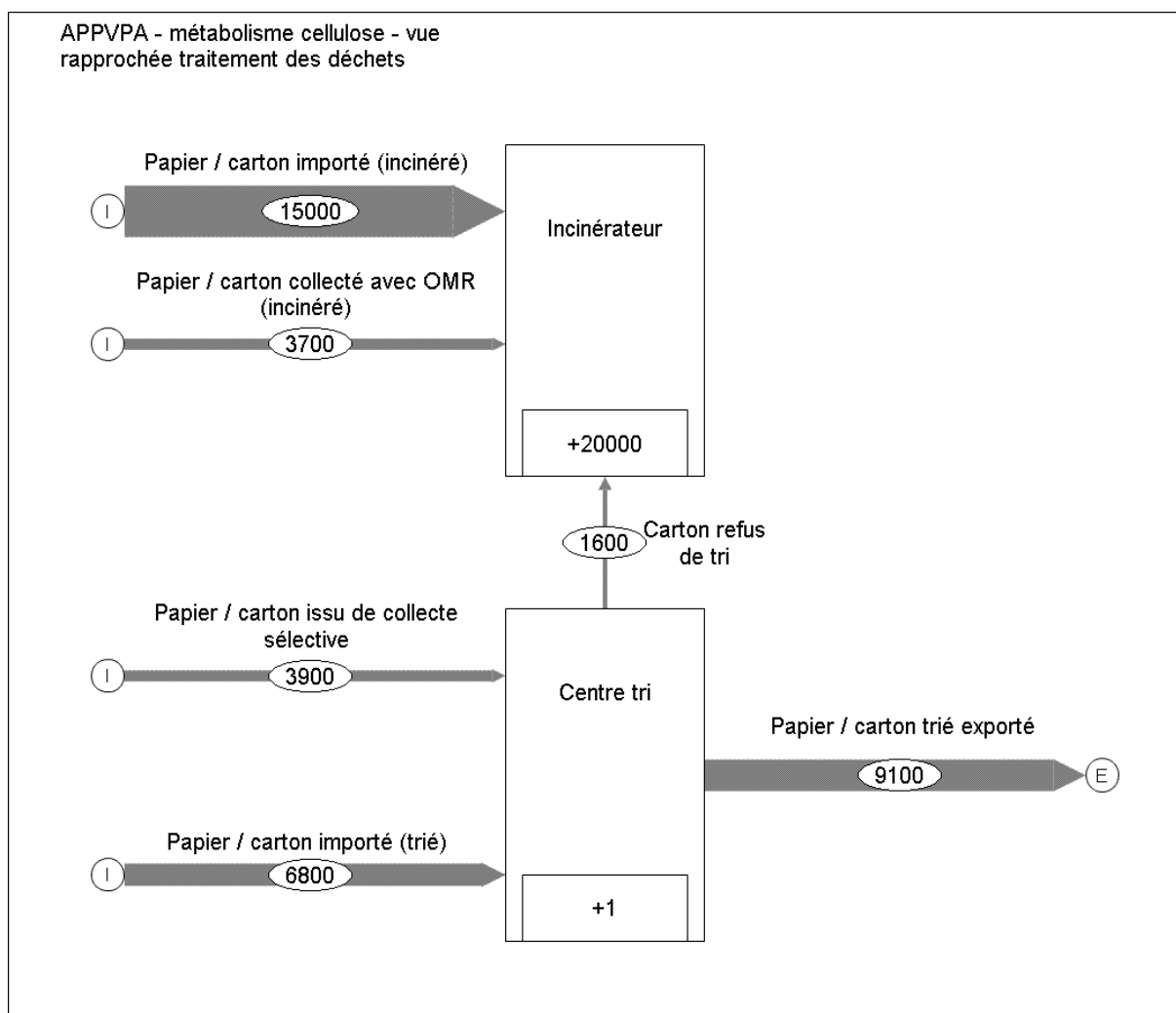


Figure 3 : Métabolisme cellulose - vue rapprochée simplifiée traitement déchets (en tonnes MB)⁵

- **Papier / carton (exprimés en tonnes MB) :**

- **Collecte sélective :**

Environ 10 700 tMB triées sur zone étude, dont :

- 6 800 tMB importées (collecte SIDOMPE auprès des particuliers = 2 000 tMB + collecte privée auprès d'industriels du département = 4 800 tMB) ;
- 3 300 tMB collectées auprès des particuliers sur le territoire (SIDOMPE) ;
- 500 tMB recensées pour la collecte auprès des industriels sur le territoire.

N.B. : les 500 tMB de cartons résultant de la collecte auprès des industriels sont sous estimées, et ne correspondent pas à toute l'activité privée sur le territoire.

⁵ N.B. : les valeurs reportées dans le schéma sont arrondies après le deuxième chiffre, ce qui explique que les soldes puissent différer de la somme des inputs et des outputs.

9 100 tMB valorisées par les filières de recyclage → valorisation extérieure au territoire.
1 600 tMB = refus de tri → incinéré⁶.

En entrée, les flux de papiers et cartons portés au métabolisme (importation ménages et collectivités + importation industriels) sont déduits des flux en sortie :

- pour les ménages et collectivités : 7 800 tMB = 7 100 tMB en sortie + 10 % pour tenir compte des pertes (destruction brûlage) avant collecte ;
- pour les entreprises : flux d'entrée égal au moins au flux de sortie (trop d'incertitude sur collecte sélective pour déduire les flux d'entrée à partir des flux de sortie).

Tous les volumes collectés sont orientés vers des filières de valorisation extérieures au territoire.

○ **Papiers et cartons contenus dans les OMR (ordures ménagères résiduelles) :**

A la demande du COPIL nous avons évalué les quantités de papiers et cartons qui échappent à la collecte sélective et qui sont incinérées avec les OMR.

Compte tenu des hypothèses retenues (Méthodologie et hypothèses, p. 15 et s.), des flux importants sont ainsi générés :

- 15 000 tMB importées via collecte SIDOMPE auprès communes extérieures au territoire ;
- 3 700 tMB générées par le territoire.

○ **Cartons transformés par l'industrie :**

3 270 tMB (arrondies à 3 300tMB) de carton transformées localement en 2009 (matière première = carton ondulé importé du Nord).

Toute la production est exportée (dont 16 % = 500 tMB environ = déchets de coupes).

⁶ Hypothèse 15 % refus de tri

5.4 Volet 3 : agriculture

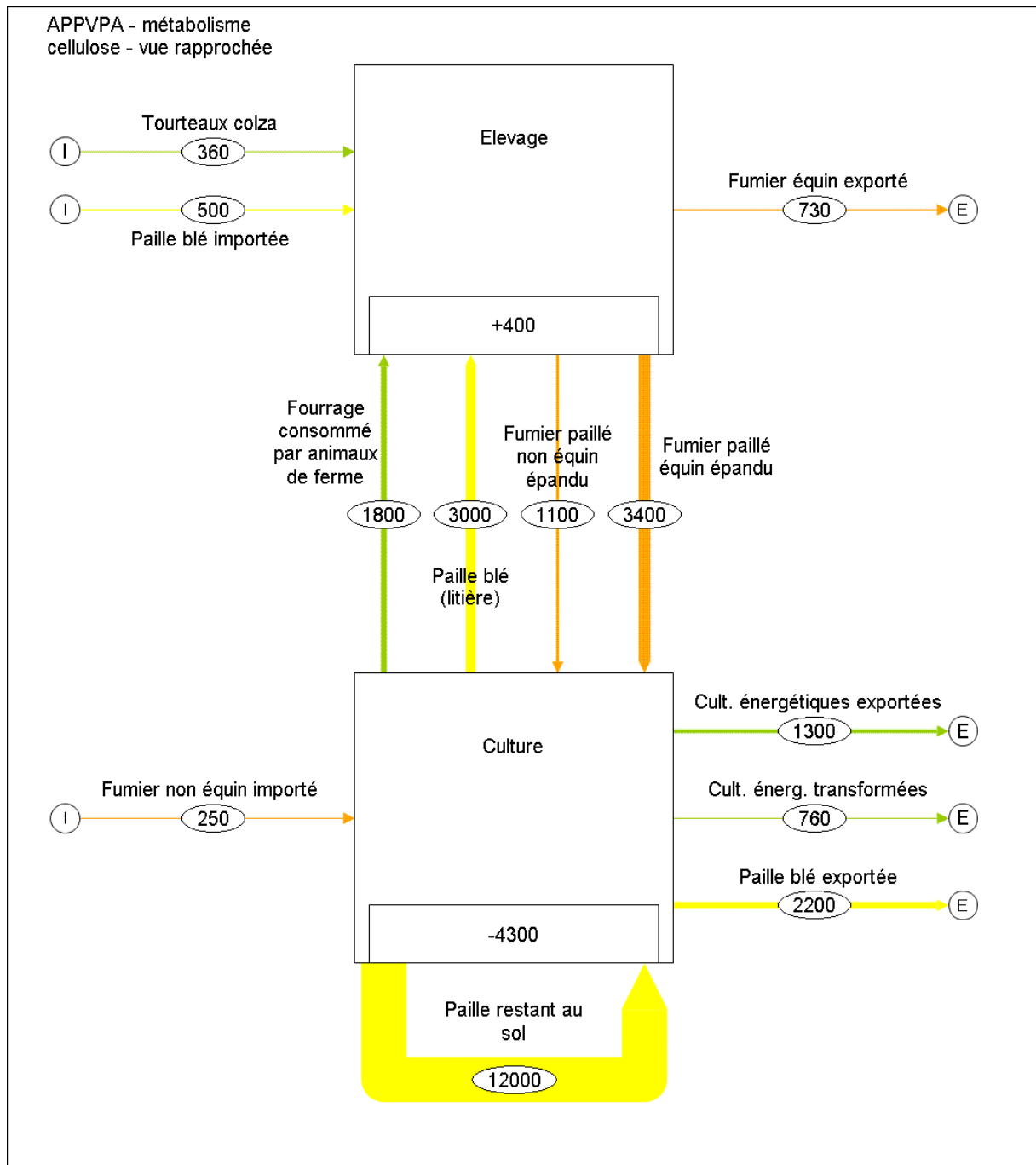


Figure 4 : Métabolisme cellulose - vue rapprochée agriculture (en tonnes MS)

- **Productions végétales :**

- **Grandes cultures :**

Concernant les grandes cultures, seules les cultures énergétiques ont été représentées dans le métabolisme de la cellulose. Ce choix a été guidé par le fait que le procédé de transformation (trituration) de ces cultures génère la production de tourteaux, dont la valeur énergétique permet

d'envisager une transformation en granulés de chauffage. Ces flux peuvent ainsi être analysés en regard des flux de paille, également présentés ici.

Cultures énergétiques :

Le modèle, réalisé avant le COPIL du 2 juin, retient comme hypothèse de calcul une surface équivalente à celle des cultures industrielles (au sens du RGA), soit 8 % de la SAU (cf Méthodologie et hypothèses, p. 15 et s.).

Il fait ainsi apparaître une production de 2 100 tMS, dont environ 760 tMS sont transformées localement (production d'huile végétale de colza à Beynes).

La trituration du colza génère à son tour un flux de 510 tMS de tourteaux dont 70 % sont consommés sur le territoire de l'APPVPA (Grignon / alimentation bétail) et 30 % sont exportés hors du territoire.

Fourrage :

La superficie fourragère, quant à elle, génère une production de 1 800 tMS de fourrage, quantité qui est supposée être consommée sur place par les animaux de ferme (consommation au champ comprise / cf Méthodologie et hypothèses, p. 15 et s.).

- **Pailles (en tonnes MS / 15 % humidité) :**

17 200 tMS (= 21 000 tMB) de pailles de céréales sont produites sur le territoire, dont 70 % = 12 000 tMS retournent directement au sol (récolte réalisée 1 année sur 3) ;

N.B. : 2 000 tMS de paille d'oléagineux sont également produites : non récoltées, elles ne sont pas reportées sur le métabolisme.

Ventilation de la production (5 200 tMS = 30 % de la production totale de pailles de céréales) :

- environ 3000 tMS sont consommées sur place pour la litière des animaux de ferme (Méthodologie et hypothèses, p. 15 et s.).
- 2200 tMS sont supposées exportées.

Par ailleurs, on note l'importation de 500 tMS de paille dans le cadre de contrats d'échange paille / fumier.

- **Fumiers paillés et fumiers sur copeaux (tonnes MS⁷) :**

4 500 tMS de fumier paillé ou sur copeaux sont épandus localement, dont :

- 3 400 tMS de fumier de cheval ;
- 750 tMS de fumier bovin ;
- 350 tMS de fumier ovin + caprin (ferme de Grignon) ;

Environ 730 tMS (= environ 1 500 tMB) de fumier de chevaux sont exportées (= deux centres équestres sur Feucherolles / source K. Dhaouadi) dont :

- 490 tMS vers la Mayenne ;

⁷ Hypothèse retenue = 20 % de MS dans les fumiers (cf Méthodologie et hypothèses, p. 16 et s.)

- 240 tMS vers l'Essonne.

Enfin, 250 tMS de fumier bovin sont importées sur le territoire (données extrapolées issue de l'enquête de K. Dhaouadi).

N.B. : l'utilisation de copeaux de bois comme litière dans le cas de deux centres équestres génère un flux de copeaux de 210 tMS. L'origine de ce flux n'étant pas définie et son importance étant relativement faible au regard des enjeux soulevés par l'étude, ce flux n'a pas été représenté.

6 Méthodologie et hypothèses

6.1 Méthodes et calculs

- **Pour les flux de bois :**

Par souci de cohérence avec les autres flux, les valeurs retenues pour le métabolisme sont celles qui correspondent aux quantités brutes de matière (en tonnes de matière sèche) produites et échangées localement. Or, le bois est composé de 45 à 50 % de cellulose et de 20 à 30 % d'hémicellulose.

L'évaluation de la surface forestière par type (domanial ou non) a été faite à partir de la cartographie en ligne sur le site de l'IFN (<http://www.ifn.fr/carto/carto/afficherCarto/75>).

- **Forêts domaniales :**

- Volumes martelés fournis par ONF, par forêt / fiches détaillées : volumes bois d'œuvre, houpier et taillis sont distingués ;
- application coefficient⁸ / superficie forêt dans zone étude (pour les données complètes par forêt → cf. tableau infra) ;
- équivalence 1 stère = 0,55 tonnes MS⁹ (feuillus en majorité).

Tableau 3 : Production de bois des forêts ONF en tonnes MS (à partir des volumes annuels martelés)

Forêt	Superficie totale (ha)	Dont APPVPA (ha)	Prod. totale	Dont bois œuvre	Dont BIBE	Dont chêne ¹⁰	Dont châtaign.	Dont divers feuillus
Marly	1 701	1140	8 800	5 900	2 900	1 600	3 500	800
Beynes	435	435	1 050	530	520	380	15	7
Bois d'Arcy	480	340	1 400	960	440	250	15	690
Versailles	1 052	100	1 800	1 100	660	720	250	130
Total	3 667	2 015	13 100	8 500	4 600	3 000	3 800	1 700

⁸ Ce coefficient a été établi à partir de la cartographie en ligne de l'IFN : www.ifn.fr/carto/carto/afficherCarto/75

⁹ Une tonne de bois anhydre (tMS) équivaut à 5,06 MWh soit 0,43 tep (tonne équivalent pétrole) (source FCBA, 2008)

¹⁰ Par essence, les données ne concernent que le bois d'œuvre.

○ **Forêt privée :**

- Evaluation taux accroissement annuel (= $4,9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$ - données IFN / feuillus majoritaires) ;
- Equivalence $1 \text{ m}^3 = 0,55$ tonnes MS (donnée IFN / feuillus majoritaires) ;
- Ventilation : 50 % bois d'œuvre, 25 % bois bûche et 25 % industrie.

○ **Bois énergie / consommations :**

Consommation théorique calculée d'après :

- Nombre de résidences principales des communes de la zone d'étude en distinguant l'habitat individuel de l'habitat collectif (source INSEE RGP 2006) ;
- Nombre de résidences équipées d'un système de chauffage au bois (bois énergie en base ou bois en énergie d'appoint) évalué à partir des équipements recensés par type d'habitat sur la région Ile-de-France (étude CEREN / 2006) ;
- des consommations moyenne établies à $12,5$ stères / an pour le bois en chauffage de base (habitat individuel), $3,5$ stères / an pour le bois en chauffage d'appoint (habitat individuel), $1,6$ stères / an pour l'habitat collectif (étude CEREN / 2006) ;
- équivalence $1 \text{ m}^3 = 0,52$ tonnes MS (moyenne feuillus + conifères).

● **Pour les flux de papier et cartons :**

○ **Caractérisation du flux :**

Aucune équivalence n'a été recherchée pour évaluer le taux d'humidité des flux de papier et carton : en effet, si la bibliographie permet d'établir des teneurs en eau pour les différents types de matières en sortie de processus de fabrication (entre 5 et 10 % pour le papier, entre 9 et 13 % pour le carton ondulé par exemple), on sait que de part sa nature hydrophile le carton se met en permanence en équilibre avec l'humidité ambiante (processus d'absorption / désorption).

Il est donc difficile d'évaluer le taux d'humidité des papiers et cartons pesés sur les quais de chargement ou de déchargement. Par ailleurs, cette information n'a pas été jugée pertinente au regard des objectifs de l'étude.

○ **Collecte sélective :**

Pour les communes non affiliées au SIDOMPE, la production domestique de papiers et cartons a été reconstruite à partir du volume théorique moyen de recyclables secs évalué à $67,5 \text{ kg}/\text{an}/\text{hab}$ (Source ORDIF).

La part des papiers et cartons est estimée à 62,2 % du volume total des recyclables secs collectés (ORDIF).

Au niveau de la plateforme de tri → hypothèse 15 % de refus de tri = incinérés.

Pour les déchetteries, l'opérateur privé indique que les volumes collectés sur les 9 sites gérés par la société dans les Yvelines transitent par le centre de tri de Thiverval. 10 % de cette collecte estimée à 5 400 tonnes correspond à la production du territoire qui est collectée par l'opérateur privé.

○ **Collecte avec les OMR (ordures ménagères résiduelles) :**

L'enquête ADEME sur la caractérisation des ordures ménagères renseigne sur les moyennes nationales :

- entre 8 et 12 % des OMR = papiers ;
- 5 % des OMR = cartons ;
- 50 % des papiers et cartons domestiques sont collectés par les filières de tri sélectif.

Un coefficient de 10 % est donc affecté aux volumes OMR incinérées par le SIDOMPE (15 % papiers et cartons, redressé pour tendre vers 50 % recyclage) pour déterminer la quantité de papiers et cartons incinérés.

● **Productions végétales :**

68 000 tMS de biomasse agricole (y compris fourrage et paille) sont produites chaque année sur le territoire de l'APPVPA.

○ **Généralités :**

Le RGA ne distingue pas les différents types de cultures selon leur destination (alimentaire ou énergétique). La collecte nous indique qu'une partie de la SAU est affectée aux cultures énergétiques (colza, blé éthanol), mais sans qu'il nous soit permis de préciser les surfaces concernées.

Les renseignements collectés par téléphone auprès des acteurs locaux nous permettent néanmoins de considérer comme potentiellement valorisées par la filière énergie les productions recensées sous la mention « cultures industrielles » dans le RGA.

Sur le territoire de l'APPVPA, les cultures industrielles (au sens RGA) représentent environ 8% de la SAU (soit près de 900 ha / source RGA). Compte tenu des rendements utilisés (colza = 2,9 tMB/ha, source Agreste 2006), nous obtenons ainsi une biomasse de 2 100 tMS (= 2 500 tMB) de « colza » énergétique.

La collecte nous indique également que 900 tMB de colza sont transformées localement, générant en retour environ 600 tMB de tourteaux de colza dont 70 % sont consommés sur le territoire de l'APPVPA et 30 % sont exportés. Le différentiel entre les 2 500 tMB produites et les 900 tMB transformées localement est supposé exporté.

Une hypothèse de 85 % de MS a été retenue.

La production de fourrage s'établit quant à elle à 1 800 tMS (soit 7,8 tMS/ha sur 2,1% de la SAU = 230 ha). La consommation locale de fourrage, calculée en fonction du cheptel (équins + bovins uniquement) recensé sur le territoire et des hypothèses de consommation journalière pour les

équins et les bovins¹¹, s'établit entre 1 000 tMS (hypothèse basse) et 1 900 tMS (hypothèse haute). La production de fourrage couvre donc à peu près les besoins locaux, ce qui semble exclure à priori des échanges (imports ou exports) entre le territoire et l'extérieur.

Concernant les céréales, la teneur des grains en cellulose oscille entre 2 % et 4 % sur le poids de matière sèche. En valeur absolue, il représente entre 860 et 1 700 tMS de cellulose, ce qui n'est pas négligeable. Les filières de valorisation de ces grains sont bien en place et, il semble peu probable que ce mode de valorisation (alimentaire) change. Ce postulat, associé à la faiblesse de ce flux au regard du poids total de céréales produites, nous a conduit à écarter ce flux du métabolisme de la cellulose. Il ne faut pour autant pas oublier que les résidus de cette transformation peuvent contenir de la cellulose et pourraient être valorisés.

Pour mémoire, il apparaît également utile de rappeler que le stockage des céréales en silos produisent entre 0,3 et 0,5 % de freintes (ou issues silos¹²) → le stockage des céréales produites sur la zone d'étude génère un gisement potentiel de 200 tMS de freintes par an.

○ Cultures énergétiques :

Hypothèse 1 :

A partir des données du RGA, on considère que les cultures énergétiques correspondent à la rubrique « Cultures industrielles ». Le recensement faisait apparaître 819 ha en 2000. Redressé à 852 ha à partir données Agreste 2006. A partir du rendement du colza (2,9 tMB/ha/an, donnée Agreste 2006) cette surface donne une production de 2 470 tMB, soit 2 100 tMS de cultures énergétiques.

Hypothèse 2 :

A partir des données du RGA, on considère que les cultures énergétiques couvrent 4 % de la SAU, soit 432 ha. A partir du rendement du colza (2,9 tMB/ha/an, donnée Agreste 2006) cette surface donne une production de 1 300 tMB, soit 1 100 tMS.

Hypothèse 3 :

Le complément de collecte réalisé en septembre a permis de déterminer la production de cultures énergétiques au niveau départemental. La production du territoire est retrouvée par la méthode des ratios à partir des surfaces recensées au niveau départemental pour le blé éthanol, le colza non alimentaire et la betterave non alimentaire. Cette méthode s'appuie sur l'hypothèse que les surfaces plantées sont homogènes au niveau du département.

Dans ce cas on obtient les valeurs contenues dans le tableau ci-joint :

Production	Surface (ha)	Rendement 2007 (en tMB/ha/an)	Biomasse produite (en tMS)	Equivalent en tep
Colza non alim.	273	3,2	743	374
Blé éthanol	70	7,7	462	98

¹¹ Hypothèses de calcul : entre 12 et 18 kg MS / jour / bovin et entre 1,2 et 2,5 kg MS / jour / cheval.

¹² Source : cartographie et quantification des agroressources en IdF, valeurs moyennes pour tout type céréales confondues

Betterave	11	85	483	46
TOTAL	354		1688	518

Hypothèse 4 :

A partir des déclarations PAC 2006 issues du complément de collecte et en retenant les hypothèses collectées dans la bibliographie¹³, à savoir :

- colza non alimentaire = 50 % des surfaces en colza déclarées ;
- blé éthanol = 2 % des surfaces en blé tendre déclarées.

Ces hypothèses nous conduisent à reconstruire les données suivantes :

Production	Surface (ha)	Rendements 2007 (en tMB/ha/an)	Biomasse produite (en tMS)	Equivalent en tep
Colza non alim.	642	3,2	1 746	879
Blé éthanol	104	7,7	684	156
TOTAL	746		2430	1035

Synthèse :

Si on synthétise les 4 méthodes de calcul, on peut donner pour chaque type de production énergétique une fourchette pour la biomasse produite :

Production	Surface (hyp. Basse)	Surface (Hyp. Haute)	Biomasse (Hyp. Basse)	Biomasse (Hyp. Haute)	Tep (hyp. Basse)	Tep (hyp. Haute)
Colza	273	819	743	2 100	374	1 122
Blé éthanol	70	104	462	684	98	156
Betterave	11		483		46	
TOTAL	354	923	1 688	2 784	518	1 278

Hypothèse retenue pour le modèle :

Le modèle, réalisé avant le COPIL du 2 juin, retient l'hypothèse 1. Il fait ainsi apparaître une production de 2 100 tMS pour les cultures « énergétiques », dont environ 760 tMS sont transformées localement (production d'huile végétale de colza à Beynes).

- **Paille :**

- **Caractérisation du flux :**

L'hypothèse retenue pour la construction du métabolisme s'établit à 15 % d'humidité¹⁴.

- **Calcul des flux :**

Pour les pailles d'oléagineux : méthode des ratios (SAU des communes/SAU des cantons) à partir des quantités calculées par l'étude agro-ressources. Production totale pailles d'oléagineux = 2 000 tMS (= 2 400 tMB). Tout est supposé retourner au sol.

¹³ Agreste IDF, Cultures énergétiques : une hausse continue de la production francilienne, n°91, avril 2008

¹⁴ Source : ADEME / ICTF, Résidus de cultures et pailles de céréales, 1998. Le taux d'humidité de la paille à la récolte est évalué entre 12 et 15 %.

Ces pailles ne sont pas récoltées et ne semblent pas constituer un enjeu pour le territoire. Aussi, à l'invitation du porteur de projet, il a été décidé de ne pas les faire figurer sur le métabolisme.

Pour les pailles de céréales : rendement **3,3 tMB/ha**¹⁵, avec un taux d'exportation hors champ de 33 % de la production annuelle¹⁶. Le reliquat (66 %) retournant au sol.

La production totale s'établit à 17 200 tMS (= 21 000 tMB), dont 12 000 tMS retournent directement au sol et 5 200 tMS sont prélevées annuellement.

Les quantités de paille consommées localement ont été estimées à partir des hypothèses suivantes :

→ **Pour les éleveurs (bovins + équins) céréaliers :**

- besoins des animaux supposés couverts par la paille produite sur l'exploitation ;
- consommations retenues pour la litière : 13,3 kg/j/cheval et 13 kg/j/bovin (d'après bibliographie et indications fournies par INRA¹⁷). Pour les ovins et caprins, la consommation a été évaluée à 1,5 kg/jour/tête.

Ces hypothèses nous permettent ainsi de calculer une consommation annuelle de 4 200 tMB (= 3 500 tMS) de paille sur le territoire. Or, nous savons par la collecte que deux éleveurs de chevaux se fournissent en paille à l'extérieur du territoire dans le cadre de contrats d'échange paille/fumier. La quantité de paille ainsi importée s'évalue à 500 tMS.

La différence retrouvée sur le schéma, soit 3 000 tMS (= environ 3 600 tMB) constitue le flux de paille issu des cultures et allant vers l'élevage.

Compte tenu de l'hypothèse faite pour la récolte, le reliquat entre paille consommée sur place et paille récoltée constitue un flux de 2 200 tMS en export.

- **Pour les flux de fumier :**

- **Caractérisation du flux :**

Les fumiers paillés comprennent en moyenne entre 25 et 50 % de matière sèche¹⁸. L'hypothèse retenue pour la construction du métabolisme s'établit à 50 % MS sur produit brut, sur proposition de l'INRA.

- **Calcul des flux :**

Production théorique de fumier par tête calculée à partir des valeurs suivantes¹⁹ :

- Fumiers équins = 35 kgMB/jour/tête, soit 12,8 tMB/tête/an ;
- Bovins lait (fumier paillé) = 39 kgMB/jour/tête, soit 14,2 tMB/tête/an ;

¹⁵ Source : cartographie biomasse IDF 2007, d'après données Arvalis, Chambre d'Agriculture, Coopérative Ile-de-France Sud

¹⁶ Exportation 1 année sur 3

¹⁷ 400 kg de paille/cheval/mois d'après indications fournies par K. Dhaouadi et S. Houot.

¹⁸ Source : AGRIDEA Lausanne (ex -SRVA).

¹⁹ Source : Ziegler & Heduit, Engrais de ferme : valeur fertilisante, gestion, environnement, Institut technique du porc, 1991 et étude PRO de K. Dhaouadi pour les tailles de cheptels.

- Ovins / caprins = 3,5 kgMB/jour/tête, soit 1,3 tMB/tête/an.

Seuls les fumiers produits par les chevaux en boxes sont comptabilisés. Production limitée à 9 mois sur 12 pour tenir compte de la période estivale où les animaux restent au champ.

Les calculs nous donnent ainsi une production de 8 300 tMB de fumiers équins (dont 7 900 tMB de fumier paillé et 380 tMB de fumier sur copeaux), 1500 tMB de fumier de bovins et 700 tMB de fumiers paillés d’ovins et caprins.

La collecte nous indique également la production de 4 000 tMB de lisier bovin (Grignon) et 370 tMB de fientes de volailles.

En dehors des deux contrats d’échange paille/fumiers recensés sur le territoire, qui destinent à l’exportation hors du territoire 1 460 tMB de fumier paillé de cheval, tous les effluents d’élevage sont supposés épandus localement.

6.2 Correspondance MB / MS et hypothèses

Flux	Valeur tMB	Valeur tMS	Hypothèse
Bois (production forestière)		12 500	Donnée IFN en tMS
Bois (importation bois énergie)		15 000	Donnée IFN en tMS
Papier / carton (déchets collectés)	29 000	-	Pas de correspondance
Papier / carton (industriel transformé)	3 300	-	Pas de correspondance
Pailles céréales	20 000	17 000	15 % humidité
Pailles oléagineux	2 400	2 000	15 % humidité

Tableau 4 : Correspondances MS / MB et hypothèses

6.3 Evaluation de la part des flux réels pris en compte

- **Pour les flux de bois :**

Sont connues avec une relative précision :

- Les quantités exploitées par l’ONF ;
- Les valeurs moyennes pour l’accroissement annuel par type d’essence ;
- La composition moyenne du peuplement des forêts en IDF.
- Les surfaces forestières (domanial et non domanial / ratio surface forêts domaniales inclus dans territoire APPVPA) ;

- le taux d'équipement des ménages en appareils de chauffage au bois (CEREN) ;
- la consommation moyenne par type de chauffage (CEREN).

Nature du flux	Taux complétude	Fiabilité de la donnée	Importance du flux / métabolisme
Bois (production forestière)	Très bon	Bon	Moyen
Bois énergie (consommation domestique)	Bon	Moyen	Moyen
Papiers et cartons recyclés	Bon	Bon	Moyen
Papiers et cartons incinérés	Bon	Bon	Elevé
Paille	Bon	Bon	Moyen
Fumier paillé	Très bon	Bon	Faible

Tableau 5 : Evaluation des flux – tableau synthétique

Echelle de valeur pour la fiabilité des données :

- Très bon : > 80 % ;
- Bon : entre 60 et 80 % ;
- Moyen : entre 40 et 60 %
- Faible : inférieur à 40 %.

Echelle de valeur pour l'importance du flux :

- Très élevé : > 30 % total métabolisme ;
- Elevé : entre 15 et 30 % ;
- Moyen : entre 5 et 15 %
- Faible : inférieur à 5 %.

• Pour les flux de papier et cartons :

Sont connues avec précision :

- Les quantités de papiers et cartons collectées par le SIDOMPE ;
- Les quantités traitées par le centre de tri de Thiverval-Grignon (particuliers) ;
- Les quantités importées et transformées par la cartonnerie de Thiverval ;
- Les quantités traitées par l'opérateur privé (professionnels).

Sont mal connues (valeurs reconstruites) :

- Les quantités importées par les particuliers et les professionnels (emballages...)
- les quantités générées par les activités économiques (autre(s) filière(s) de collecte).

• Effluents d'élevage et productions végétales :

Les données sur les surfaces et les cheptels sont incertaines compte tenu du secret statistique qui s'impose sur les données RGA pour certaines communes du territoire.

Le taux de couverture des flux réels par le métabolisme est toutefois estimé > 60 %.

7 Premiers éléments remarquables sur le métabolisme

- **Bois :**

- **Bouclages / valorisation matière / substitutions existant sur le territoire :**

Production locale bois bûche couvre à peine 15 % des besoins, mais gisement en forêt peu important.

Environ 3 000 tMS correspondent à production nette forestière inexploitée = accroissement du stock. Le renouvellement de la forêt n'est pas assuré.

On note également que 2 600 tMS (=3 000 tMB) de mulch de bois issu du refus de criblage sur la plateforme de Thiverval est valorisé par la filière bois énergie en dehors territoire (→ cf. contrats passés par l'opérateur en fonction des opportunités du marché).

- **Pistes d'optimisation :**

- **Bois-énergie :**

La filière bois pourrait être mieux structurée : un gisement inexploité existe en forêt pour le bois énergie, mais les conditions actuelles d'exploitation (accès aux parcelles, gabarit des voiries, fonction sociale de la forêt) limitent les ressources réellement exploitables.

Par ailleurs, les prix actuels du marché sur le bois énergie restent peu attractifs.

Le développement de la demande (par l'investissement des collectivités locales dans des équipements de chauffage collectif au bois énergie) pourrait entraîner une augmentation des quantités importées, sans nécessairement favoriser la production locale.

Un travail en profondeur avec les acteurs locaux semble être un préalable nécessaire à toute action d'ampleur en faveur du bois énergie.

- **Bois raméal fragmenté en agriculture :**

Le bois d'élagage pourrait également faire l'objet d'une valorisation sous forme de **BRF (bois raméal fragmenté) en agriculture** : un potentiel de 3 000 tMB/an au moins est valorisable (ce bois se retrouve en sortie de plateforme de compostage à Thiverval sous forme de mulch).

Cette filière pourrait contribuer au maintien ou à l'amélioration de la qualité agronomique des sols. Par ailleurs, certaines études tendent à démontrer l'intérêt des BRF dans le cadre d'un renouvellement des pratiques agricoles, avec des effets bénéfiques sur les consommations d'eau et de pesticides.

- **Papiers et cartons :**

- **Bouclages / valorisation matière / substitutions existant sur le territoire :**

Les filières de recyclage sont en place et la valorisation laisse peu de place à des solutions alternatives. Cependant, 18 000 tMS de papiers et cartons sont encore incinérées chaque année.

La cartonnerie travaille à partir de carton ondulé importé → elle n'a pas la capacité de transformer localement des produits issus des filières de recyclage.

- **Piste d'optimisation :**

L'efficacité de la collecte sélective laisse apparaître des possibilités d'amélioration. Une partie des flux de carton peut être compostée localement, pour rééquilibrer le rapport C/N des déchets compostés si nécessaire (notamment si des flux de bois d'élagage devaient être détournés vers d'autres usages).

- **Pailles, biomasse agricole et résidus de cultures :**

- **Bouclages / valorisation matière / substitutions existant sur le territoire :**

Environ 80 % de la paille produite retourne au sol (70 % directement et 10 % sous forme de fumier paillé).

- **Pistes d'optimisation :**

- **Valorisation énergétique de la paille + résidus de culture :**

Valorisation énergétique de la paille et des résidus de cultures peut être recherchée, sous réserve de maintenir l'équilibre agronomique des sols. Les flux et soldes mis en évidence par le métabolisme de la cellulose semble démontrer que les quantités de paille retournant au sol sont supérieures aux besoins agronomiques.

Un gisement équivalent au tiers de la production, soit 6 000 tMS environ, pourrait trouver d'autres voies de valorisation (biomatériaux, chimie verte, pâte à papier etc.).

- **Productions énergétiques dédiées :**

Des productions énergétiques dédiées peuvent être développées, notamment des cultures dédiées plante entière : orge, triticale, sorgho, miscanthus.

Ces solutions sont à étudier au regard :

- Des potentiels et prix du marché ;
- Du maintien de la capacité productive des sols agricole à vocation alimentaire ;
- Des contraintes techniques liées à l'implantation, la récolte, le stockage, la transformation de ces cultures.

- **Taillis à courte rotation :**

Un autre type de solution peut être étudié = **taillis à courte rotation**, qui permettent :

- valorisation énergétique de la biomasse ;
- utilisation eaux épurées / eaux urbaines ou industrielles.

Contacts :



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

37, rue Andrée Lebourblanc
78590 Noisy le Roi
Tel : 01 30 80 08 30
animationplainedeversailles@yahoo.fr
<http://www.plainedeversailles.fr/>



183, avenue du Général Leclerc,
78220 Viroflay
Tel : 01 39 24 85 48
contact@sicaversaillesidf.fr
www.sicaversaillesidf.fr



6 av St Germier
31600 Muret
Tel / Fax : 33 (0)5 62 23 28 84
www.systemes-durables.com