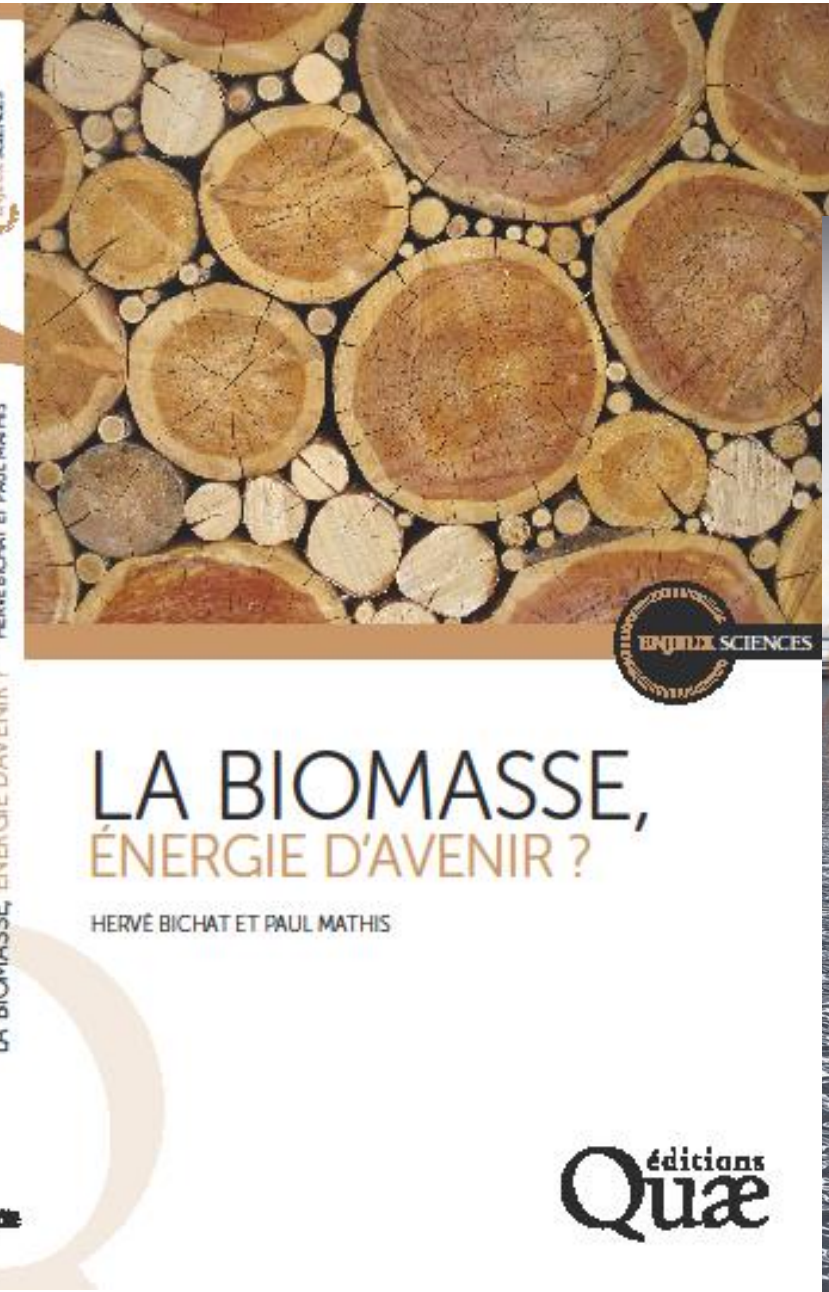


Biomasse, Energie

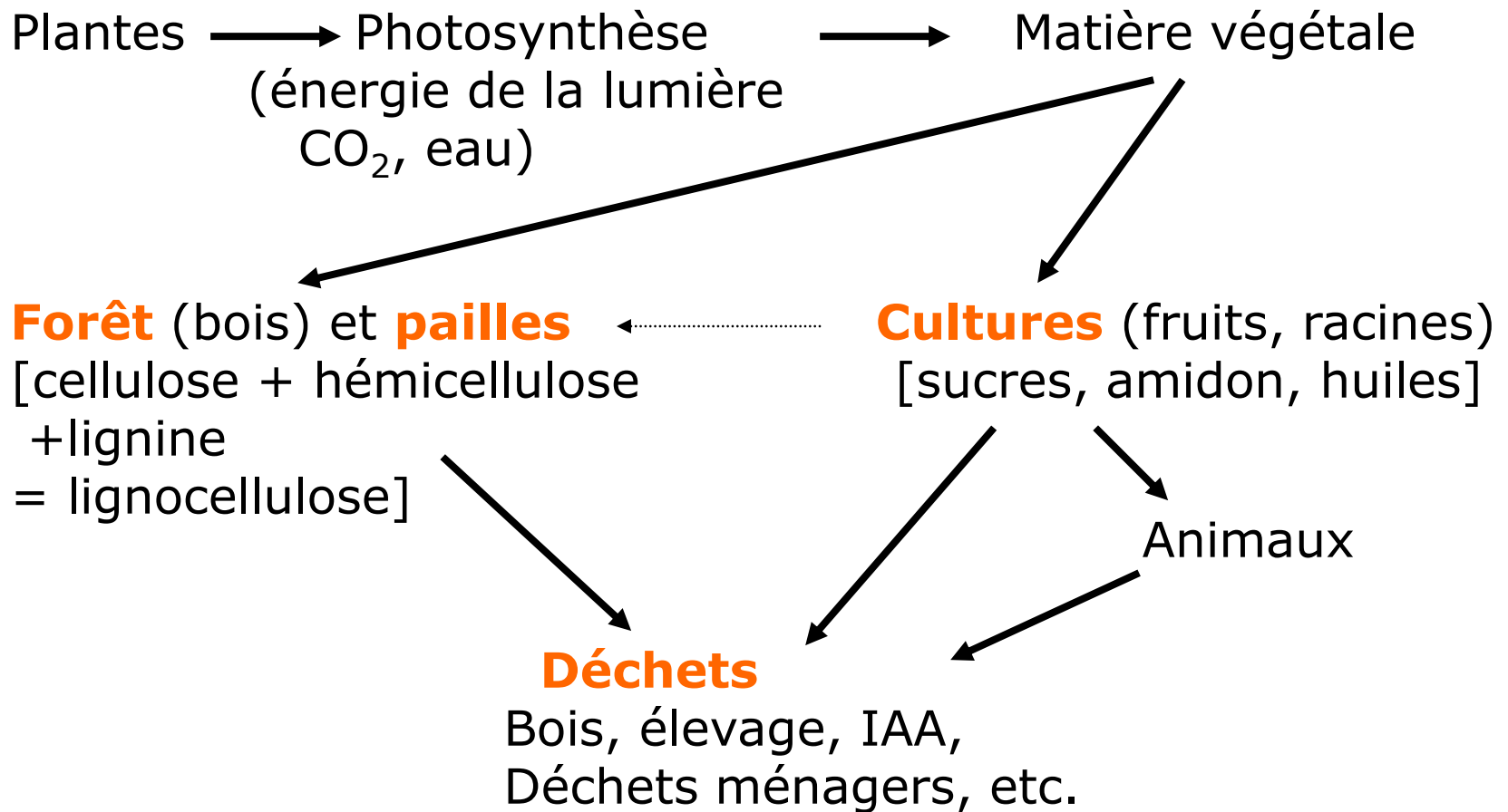
Club Mines-Energie 9 avril 2018

mathis.paul@orange.fr



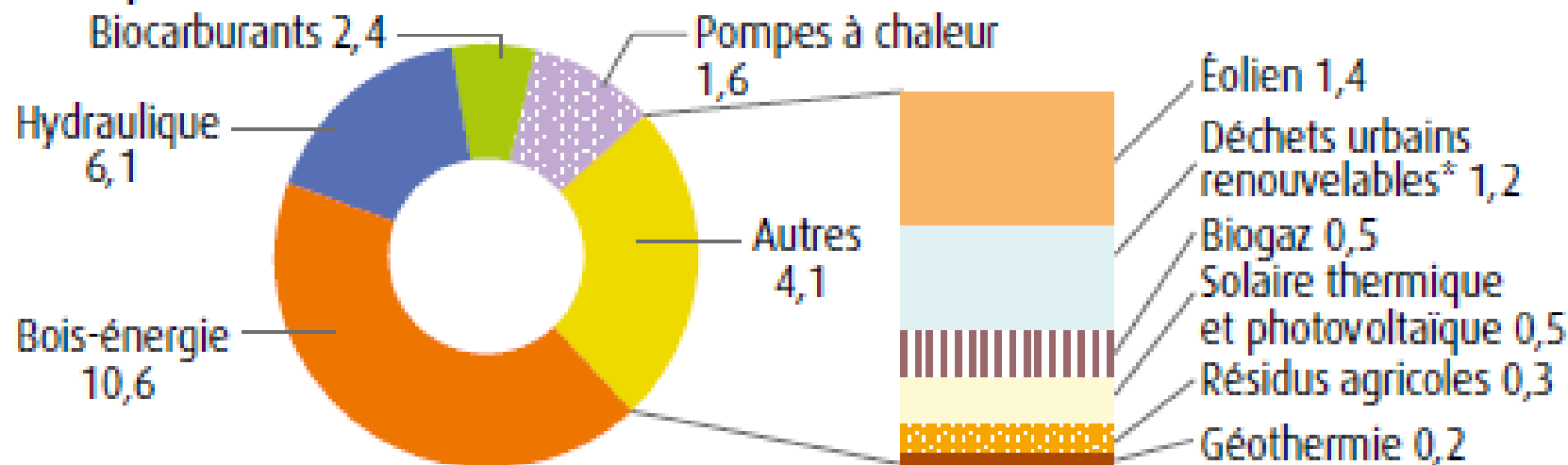
Biomasse, Energie

D'où provient la biomasse ? (bio + masse)



Production primaire d'énergies renouvelables par filière : 24,8 Mtep en 2013

En Mtep¹



¹ Voir « Méthodologie – définitions » p. 43 * Voir définition p. 46
Champ : métropole.

Source : SOeS, d'après les sources par filière

Biomasse : 60%

Bois : 43%

Biomasse 15 Mtep :

- Bois-énergie
- Biocarburants
- Déchets urbains renouvelables
- Biogaz
- Résidus agricoles

Biomasse, Energie

A quoi sert la biomasse ?

Utilisée traditionnellement par les humains

- Alimentation
 - Énergie (chauffage, biocarburants) (avoine pour chevaux)
 - Matériaux : bâtiment (bois d'oeuvre, isolants,); outils ; industrie (papier, agglomérés,...); textiles (coton, laine,...)
 - Chimie (latex, colorants,...) [à l'avenir : chimie bio-sourcée]
-
- Nombreux usages : établir des priorités
 - Tous besoins en augmentation
 - Limitation : surfaces de sols productifs
 - Exigence n°1 : maintenir la fertilité des sols

Ce n'est pas d'abord de l'énergie !

Energie : utilisation finale, avec destruction des molécules.

A quoi sert la biomasse ?

Des priorités (Grenelle) :

1. Aliments
2. Biofertilisants
3. Matériaux
4. Molécules
5. Carburants liquides
6. Gaz
7. Chaleur
8. Électricité

(à discuter)

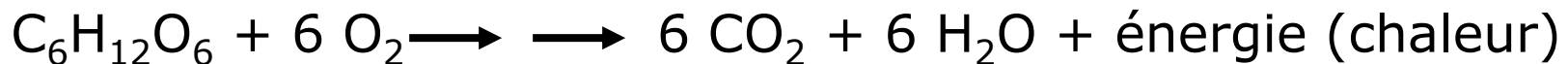
Biomasse, Energie

A bien comprendre :

Formation de biomasse par photosynthèse :



Utilisation de la biomasse par combustion :



Bilan : énergie (lumière) \longrightarrow énergie (chaleur)

Bilan de CO_2 nul si l'utilisation de biomasse égale sa formation par photosynthèse. Mais :

Biomasse, Energie

La biomasse est-elle une énergie renouvelable ?

Le cas idéal :

On cultive, on récolte, on resème ; etc.

Echelle : année (cultures), décennie ou plus (forêts)
(gestion en bon père de famille)

Des situations où elle n'est pas renouvelable :

- Du bois coupé plus vite qu'il ne pousse
(nombreuses régions africaines, pour la cuisson).
- Des déforestations de grande ampleur
(bois d'oeuvre ; cultures vivrières ou énergétiques)
(en GB et France, avant 1800 : besoins de l'industrie, de la marine)
(fonds chaleur biomasse : attention aux déforestations !)
- Épuisement ou dégradation des sols (latéritisation, salinisation).
- Energie des procédés (faire un bilan ; ACV).

Biomasse, Energie

Les sources de biomasse

Forêts 17 Mha Bois sur pied 2 600 Mm³, soit 551 Mtep ;
production annuelle 21 Mtep (1,3 tep/ha), exploitation 14 Mtep.
Différents types de bois : bois d'œuvre, bois d'industrie,
bois énergie, rémanents

[forêt française très mal utilisée;

Problèmes : balance import/export ; scieries ; gestion, financement]

Cultures 19 Mha Prairies 10 Mha

Production d'énergie brute : 1 à 5 tep/ha

*Quelles productions sur terres cultivées ? Quels changement
d'utilisation des terres (prairies / productions à vocation énergie
pour BC G1, G2, biométhane, TRC, graminées à forte production)*

Déchets agricoles, forestiers, IAA, alimentaires ; potentiel 5 Mtep ?

Déchets ou matière première pour l'industrie ?

Rapport IGN-FCBA ; ONRB

Biomasse, Energie

La place de la biomasse dans la transition énergétique
(diminuer les émissions de GES)

Pétrole + gaz : 114 Mtep → 28 Mtep ; besoin de 86 Mtep
Potentiel additionnel de biomasse : 15 Mtep ?

Rôle important (non énergétique) :

Stockage du carbone : bois d'œuvre, bois sur pied, biomasse du sol

Rôle très faible :

Production d'électricité

Rôle certain, à évaluer :

Chimie : remplacement du pétrole et du gaz

Chaleur : remplacement du gaz et du fioul

Transports : remplacement du pétrole

Biomasse, Energie

Stockage de carbone d'origine biologique (France, 2014)

- Émission de CO₂ (fossiles) : **75 Mt de C par an**
- Puits de carbone de la biomasse des arbres : **13,8 Mt de C par an**
(forêt en croissance)
- Bois d'œuvre :
 - Constructions en bois : 3 t de carbone pour logement 100 m²
 - 500 000 logements bois / an : **1,5 Mt de C par an**
(+ économie d'acier et d'aluminium)

Bois sur pied :

Forêt française : 53 t/ha de carbone dans le bois des arbres
(71 t/ha pour l'ensemble de la biomasse des arbres).

Biomasse du sol forestier : 70 t/ha

Prairies (sol) : 80 t/ha

Total : > 4 Gt de carbone

Biomasse, Energie

Produire de l'électricité à partir de bois ?

(sans intérêt pour la transition énergétique)

Centrale électrique de Gardanne

200 ktep de charbon remplacé par 200 ktep de bois.

Si la forêt productive couvre 33% de la zone de production, et produit 2 tep/ha/an, dont on récolte 50%.

→ besoin de 6 000 km² , soit un département français moyen !

La pub : « Le bois-énergie, votre énergie locale et renouvelable » !!

Gravelines : 6 réacteurs nucléaires. Pour remplacer la production électrique d'un seul réacteur par des centrales électriques au bois, il faudrait boiser 75% de la région NPDC et utiliser tout le bois produit.

Biomasse pour l'électricité : non !

Sauf niches : cogénération avec usage effectif de la chaleur.

Exemples : industries (papeteries) ; incinérateurs.

Biomasse, Energie

La place de la biomasse dans la transition énergétique (diminuer les émissions de GES)

Rôle important :

Stockage du carbone : bois d'œuvre, bois sur pied, biomasse du sol.

Rôle très faible :

Production d'électricité

Rôle certain, à évaluer :

Chimie : remplacement du pétrole et du gaz

Chaleur : remplacement du gaz et du fioul

Transports : remplacement du pétrole

Biomasse, Energie

La biomasse : **des molécules** pour la chimie

Importance de la carbochimie (sources : pétrole, gaz, charbon)
(*in fine*, du CO₂ pour l'atmosphère)

Usages non énergétiques du pétrole (AIE, 2011) :

France : 14%

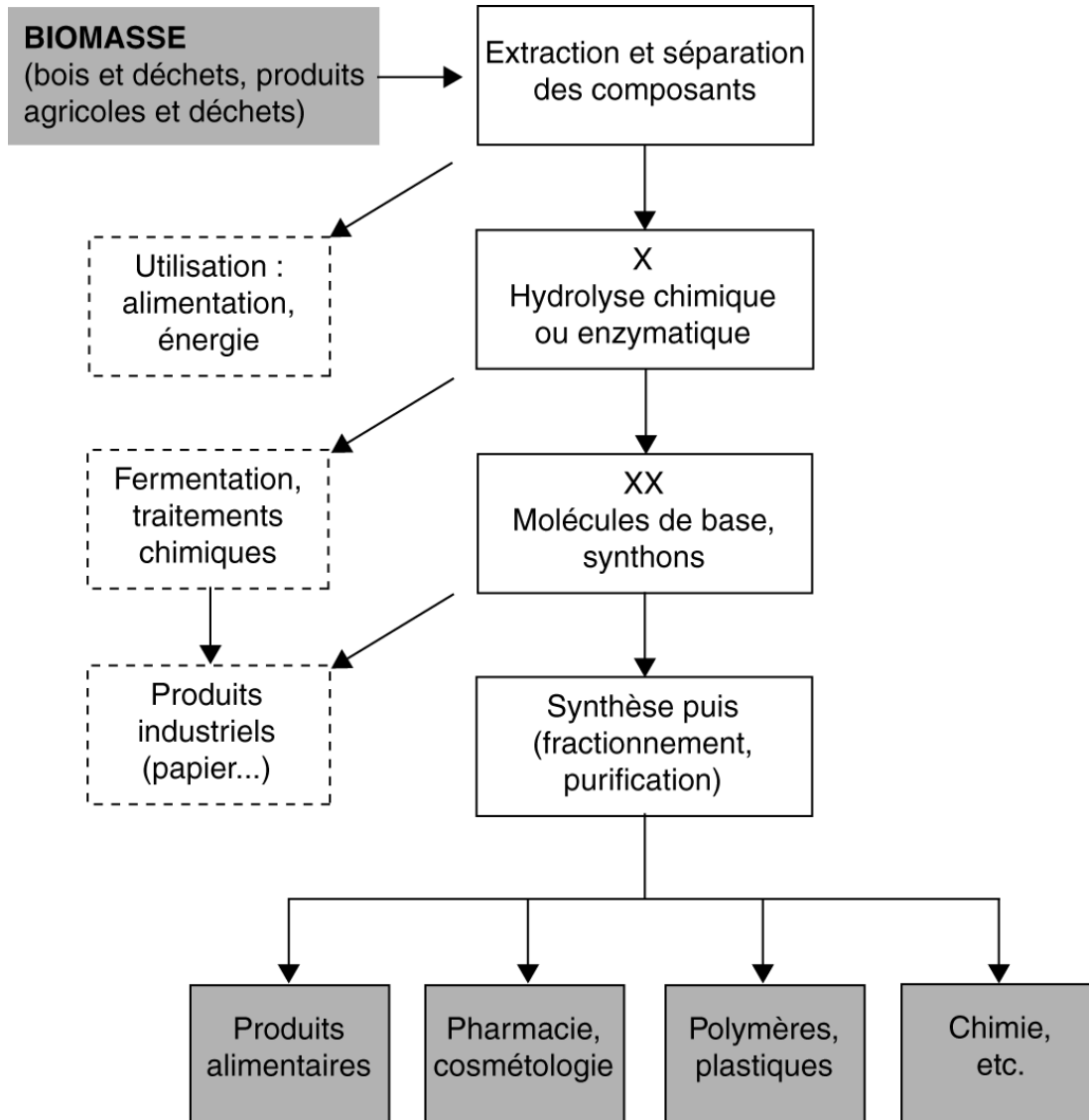
Monde : 20%

Des pistes pour une chimie renouvelable (biosourcée)
(bilans GES à effectuer)

<https://jancovici.com/transition-energetique/petrole/a-quoi-nous-sert-ce-fameux-petrole/>
2015

Biomasse, Energie

Le bioraffinage (fig. 3 in Bichat et PM)



X : (hémi-) cellulose, lignine, amidon, etc.

XX : éthanol, ac. succinique, phénol, ac. gras, ac. aminés, isobutène, etc.

Biomasse, Energie

La place de la biomasse dans la transition énergétique (diminuer les émissions de GES)

Rôle important :

Stockage du carbone : bois d'œuvre, bois sur pied, biomasse du sol

Rôle très faible :

Production d'électricité

Rôle certain, à évaluer :

Chimie : remplacement du pétrole et du gaz

Chaleur : remplacement du gaz et du fioul

Transports : remplacement du pétrole

Biomasse, Energie

La biomasse pour le chauffage (le bois)

400 000 ans : invention du feu (bois, herbes) ;
jusqu'en 1800 : énergie dominante

France : 11 Mtep

Faut-il l'augmenter ? Remplacement partiel des 24 Mtep de gaz chaleur
(habitat, tertiaire, industrie)

Comment ? A quelles conditions ?

- ❖ Exploitation renouvelable de la forêt
- ❖ Organiser le marché du combustible bois
- ❖ Rendement des installations
(plus d'énergie utile avec la même quantité de bois)
(bois + pompe à chaleur)
- ❖ Dépollution

La cuisson dans les pays pauvres du Sud

2 millions de personnes par an meurent de maladies dues à la pollution de l'air à l'intérieur des habitations, suite à l'utilisation de bois et de déchets.

Surtout femmes et enfants.

44% des décès sont dus à la pneumonie,
54% à la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO),
2% au cancer du poumon.

(ces statistiques incluent partie du charbon)

Sources :

OMS <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/fr/index.html>

H.-H. Lin et al (2008) Lancet 372, 1473-1483

Biomasse, Energie



Âtre rudimentaire : très faible rendement (5%), max de fumée

Biomasse, Energie

Le chauffage au bois

Pays développés,
chauffage au bois-bûche dans des cheminées à foyer ouvert.

→ → mauvais rendement de combustion et émission de fumées,
→→ mêmes problèmes sanitaires.

R. Masse et C. Boudène (2012) « Des toxiques au coin du feu »
Étude Affset INSERM, 2008 / Etude INERIS 2009

Des solutions :

- Installations à haute performance (priorité : chaufferies collectives)
- Dépollution

Combustible : bûches, plaquettes, granulés

Biomasse, Energie

Pour une bonne politique de la forêt : **(un rapport par an !)**

- Affirmer l'objectif prioritaire du bois d'œuvre
- Développer l'industrie de la scierie
- Rentabiliser les travaux (entretien, éclaircie) par :
 - le bois d'industrie (papeterie, panneaux)
 - le bois de feu : bois-bûche - plaquettes forestières - pellets
- Structurer le marché (long terme)
 - côté production :
 - organisation de la profession forestière, machines, chemins d'accès, logistique; parcelles plus grandes ; aides au financement à long terme ; plantation d'essences productives (résineux, feuillus) ; à étudier : taillis à courte rotation, agroforesterie ;
 - côté utilisation :
 - foyers et chaudières performants, réseaux de chaleur.

Biomasse, Energie

La place de la biomasse dans la transition énergétique (diminuer les émissions de GES)

Rôle important :

Stockage du carbone : bois d'œuvre, bois sur pied, biomasse du sol

Rôle très faible :

Production d'électricité

Rôle certain, à évaluer :

Chimie : remplacement du pétrole et du gaz

Chaleur : remplacement du gaz naturel et du fioul

Transports : remplacement du pétrole

Biomasse, Energie

La question des transports (oubliée par la LTE)

Dépendent du pétrole à 92% en France

38 % de nos émissions de CO2

En augmentation constante

Des solutions pour le facteur 4 ? [PM : FNAUT]

Moins de transports (aménagement du territoire ; payer les externalités : écotaxe, taxe carbone)

Des transports plus efficaces

Transports collectifs (train, tram, métro, autocar, ...)

Rail et voie d'eau pour le fret

Véhicules plus efficaces (automobile : 2l/100 km)

Des énergies à faible contenu carbone :

Electricité, H2, **biocarburants (G1, G2)**

Critères : coût / CO2 évité ; bilan GES

Biomasse, Energie

Les biocarburants

1^{ère} génération (G1) : [actuellement 5 à 10% à la pompe]

- Remplacement de l'essence (éthanol)
Sources : plantes sucrières (canne, betterave), céréales (blé, maïs), etc.
- Remplacement du gazole (biodiesel)
Sources : oléagineux (colza, tournesol, palmier, soja)

Motivations : paquet 3x20 de l'UE (quotas revus à la baisse);
soutien à l'agriculture

Des problèmes !

- Faible **production nette** ($P_N = P_B - \text{intrants énergie}$) 1 tep/ha/an
- **Bilan GES** médiocre
Normes UE (3x20) → Importations → Déforestations (CAS)

Exceptions : France : betterave ;
Tropiques : huile de palme, canne à sucre, à usage local !

Biomasse, Energie

Quelles terres pour les biocarburants G1 ?

Besoins pour les transports : 42 Mtep

2 tep/ha : il faut donc 21 Mha

En France :

Cultures	19	} 46 Mha
Prairies	10	
Espaces boisés	17	

Pour 5%, il faut 1 Mha. C'est jouable, donc pas d'importation.

Pour 10%, il faut 2,1 Mha, soit 11% de nos cultures. C'est beaucoup !

Besoin surtout de biodiesel → Faible production/ha (colza)

→ Importations d'huiles (palme, soja)

De l'huile pour leurs machines, pas pour nos camions !

Biomasse, Energie

Les biocarburants

2^{ème} génération (G2) :

Les biocarburants de la filière lignocellulosique

Sources : bois (élagage, rémanents, TCR),
herbes cultivées (miscanthus) et pailles.

INTERET : biomasse plus abondante, facile à produire.

- Remplacement de l'essence : filières enzymatiques (éthanol).
- Remplacement du gazole : gazéification et synthèse de carburant liquide.
(production accrue par électricité et hydrogène)
- Remplacement du GNV : biométhane obtenu par
 - méthanisation de déchets humides
 - méthanation après gazéification de bois

Procédés loin de la maturité industrielle (sauf méthanisation).

Gros travail de recherche technologique à effectuer :

(en France : Futurol, BioTfuel, Gaya)

Qu'est-ce qui marchera ? Réponse : au moins 10 ans.

Critères : bilans GES et énergie ; coût ; capacité à répondre aux besoins.

Attention : les BC polluent l'air comme les carburants pétroliers.

Biomasse, Energie

Le gaz (méthane) : des cartes à jouer

- Tous usages thermiques : moins de CO₂ que pétrole
- Carburant véhicules : très peu de particules
- Energie stockée
- Possibilités de carburant « vert » (peu de CO₂) :
 - traitement thermochimique de bois (à l'étude)
 - méthanisation de déchets organiques (marche)

(potentiel en débat)

- stockage de l'électricité (éolienne, PV) : power-to-gas
électricité → H₂ → CH₄ par méthanation (à l'étude)

Mais, pour la TE, il faut se sevrer de tous les combustibles fossiles, y compris le gaz naturel !

Biomasse, Energie

Des énergies locales ? Le biogaz, solution miracle ?

« Faire de l'électricité avec du lisier de porc ?

Partout en France des initiatives locales bousculent l'inertie de nos hommes politiques. ... » [Télérama, Alternatives économiques]

Unités de méthanisation (petit territoire) : déchets d'élevage, déchets humides et d'abattoirs, cultures énergétiques... OK, mais potentiel limité. Lisier : très faible production de méthane.

Addition de biomasse de culture dédiée :

exemple : maïs ensilage → production brute de biogaz : 3,1 tep/ha **

Bilan GES : bon car beaucoup d'électricité (nucléaire) ;

mais gain presque nul avec le mix électrique UE.

Bilan énergétique (- énergie pour la culture du maïs et pour la production du biogaz) → Bilan net : 1 tep/ha. Très faible !

Vision Ademe 2050 : 140 TWh de biogaz injectable (12 Mtep). CIVE.

Tout est maximisé, et compte non tenu de l'énergie des procédés →

potentiel max réel, net : 5 Mtep ?

** Bilan dans [ACV Ademe (2011) biogaz cultures énergétiques]

Biomasse, Energie

Des énergies locales ? Le biogaz, solution miracle ?

En Allemagne :

Maïs ensilé + fumier, lisier

Fonctionnement subventionné (électricité "verte") :

soutien aux producteurs agricoles (viande, lait).

[l'Allemagne a arrêté le soutien ?]

Politique de dépollution et de soutien à l'agriculture.

Biomasse, Energie

Quelques lobbys

Lobby des huiles

Producteurs et importateurs d'huile végétale / carburant diesel.

Lobby du biocarburant diesel G2 : carburant diesel, nucléaire.

Lobby des électriciens :

Production d'électricité à partir de bois, à grande échelle.

Lobby des producteurs de sucre → éthanol G1 et G2

Pas de lobby de la filière bois !

Lobby gazier : le plus fort ! Diapo suivante

Biomasse, Energie

Lobby gazier : le plus fort !

Etude ADEME / GRDF / GRT gaz (et pour le côté agricole,
les conseils de Solagro, un pro de la méthanisation)

« Un mix de gaz 100% renouvelable en 2050 ? »

Potentiel théorique 39,6 Mtep gaz renouvelable en 2050 :

- 30% power-to-gaz 11,9 Mtep
- 40% pyrogazéification 15,8 Mtep [besoin de 30 Mtep de BM ligneuse]
- 30% méthanisation 11,9 Mtep

- Des technologies incertaines (power-to-gaz ; pyrogazéification Gaya)
- Des potentiel de BM largement surestimés :
 - Biomasse ligneuse
 - CIVE
- Coût énergétique des procédés pas pris en compte (50% ?)
- Point d'interrogation souvent absent.
- Extrapolation de 50 ktep/an 2018 ! (de 50 ktep à 39,6 Mtep)

Si les procédés « verts » ne marchent pas, ce sera du gaz naturel.
Bien joué de la part des industriels du gaz !

Biomasse, Energie

Vision concrète des besoins et des ressources

Dans le cas de la biomasse

La Suède :

Bois → Chaufferies collectives → Réseaux de chaleur
→ Filière du bois de construction

Le Brésil :

Canne à sucre → Ethanol (biocarburant)

L'Allemagne

Le maïs pour alimenter des méthaniseurs !!

Le Niger : Un peu de bois de feu

La France ?

Biomasse, Energie

Les quantités :

Energie reçue du soleil

Energie que la Terre reçoit du soleil : 7 000

Energie stockée (biomasse) : 7

Energie utilisée par l'humanité : 1

En fait, ressource modeste

Consommation d'énergie finale (France) : 156 Mtep/an

Energie nette moyenne de biomasse : < 2 tep/ha/an*

En France :

Cultures : ~19 Mha

Forêts : ~17 Mha

Pâturages : ~10 Mha

[Friches, Landes, Maquis : ~ 3 Mha ; Surfaces artificialisées : 4 Mha]

* colza : 1 (huile); betterave : 4 (éthanol) ; forêt : 2 (bois) tep/ha/an brut

Biomasse, Energie

En France : ne pas oublier l'ordre des priorités.

Pour l'énergie :

-- La forêt : du potentiel (+10 Mtep en 2050 ?), à condition d'agir sur toute la filière bois, du foncier à la commercialisation des différents produits.

-- Biocarburants G1

Une certitude : ne pas importer d'huile (palme, soja).

Une quasi-certitude : pas de céréales (blé, maïs) pour l'éthanol G1.

A évaluer :

Huile de colza produit localement (+ tourteaux)

Betteraves pour l'éthanol G1

-- Biocarburants G2

-- Liquides (éthanol, biodiesel) : ouvert (poursuivre les recherches)

-- Gaz :

- Gazéification puis méthanation : ouvert (poursuivre les recherches)

- Méthanisation : ne pas surévaluer le potentiel.

Et :

Biomasse, Energie

De vastes domaines où il y aurait du potentiel additionnel :

- Diminuer les pertes dans la chaîne alimentaire.
- Mieux utiliser le 1 Mha de BC G1.
- Manger moins de viande (moins de céréales, moins de prairies) :
 - ❑ 3,4 Mha emblavés pour la nourriture du bétail :
(grains 2 Mha, maïs ensilage 1,4 Mha).
 - ❑ 3,2 Mha en prairies artificielles temporaires ; et prairies permanentes.
- Réduire nos exportations de blé ?
 - 2,5 Mha les surfaces cultivées en céréales pour l'export (est-ce rendre un service aux pays pauvres que d'y exporter notre blé ?).
 - Produire de la biomasse pour des besoins locaux diversifiés (chimie, matériaux, énergie, ...).

Total disponible (éventuellement) : 7 Mha, soit 14 Mtep ?

Ne pas oublier : 2 tep/ha/an, brut

Biomasse, Energie

Stratégie nationale de mobilisation de la biomasse (2017)

RSM (ressource supplémentaire mobilisable prospective 2050)

- Biomasse non méthanisée : 8,2 Mtep énergie primaire → 7,3 Mtep (enlever : 1,9 de BO et 2 de BI ?) (ajouter 3 de rendement chaleur)
- Biomasse méthanisée : 3,9 Mtep énergie finale biogaz

Disponible pour l'énergie : 11,2 Mtep (+ 3,9 Mtep)

Mise en place de l'ONRB

(Observatoire National de la Ressource Biomasse)

FIN

Biomasse, Energie

La Terre pourra-t-elle durablement nourrir l'humanité et contribuer à ses autres besoins (énergie, matériaux, chimie) ?

- ❖ Augmentation des besoins alimentaires (démographie, niveau de vie).
- ❖ Des facteurs positifs :
Amélioration des variétés* et des méthodes culturales, mécanisation.
Agroforesterie tropicale.
- ❖ Des facteurs de risque :
Dégradation des sols, réchauffement climatique, inégalités régionales,
fort développement de monocultures énergétiques.
Artificialisation des sols.

* La fonction primaire des plantes n'est pas de produire de l'énergie !

Biomasse, Energie

Combien coûte la biomasse-énergie ?

Pour le chauffage domestique :

Bois : prix TTC, livré, 2011 (pour particuliers)

Bûches 4 c€/kWh

Granulés (sac) 7 c€/kWh

Plaquettes forestières 3 c€/kWh

Electricité 13 c€/kWh

Gaz naturel 6 c€/kWh

Propane 11 €/kWh

Biocarburant, éthanol

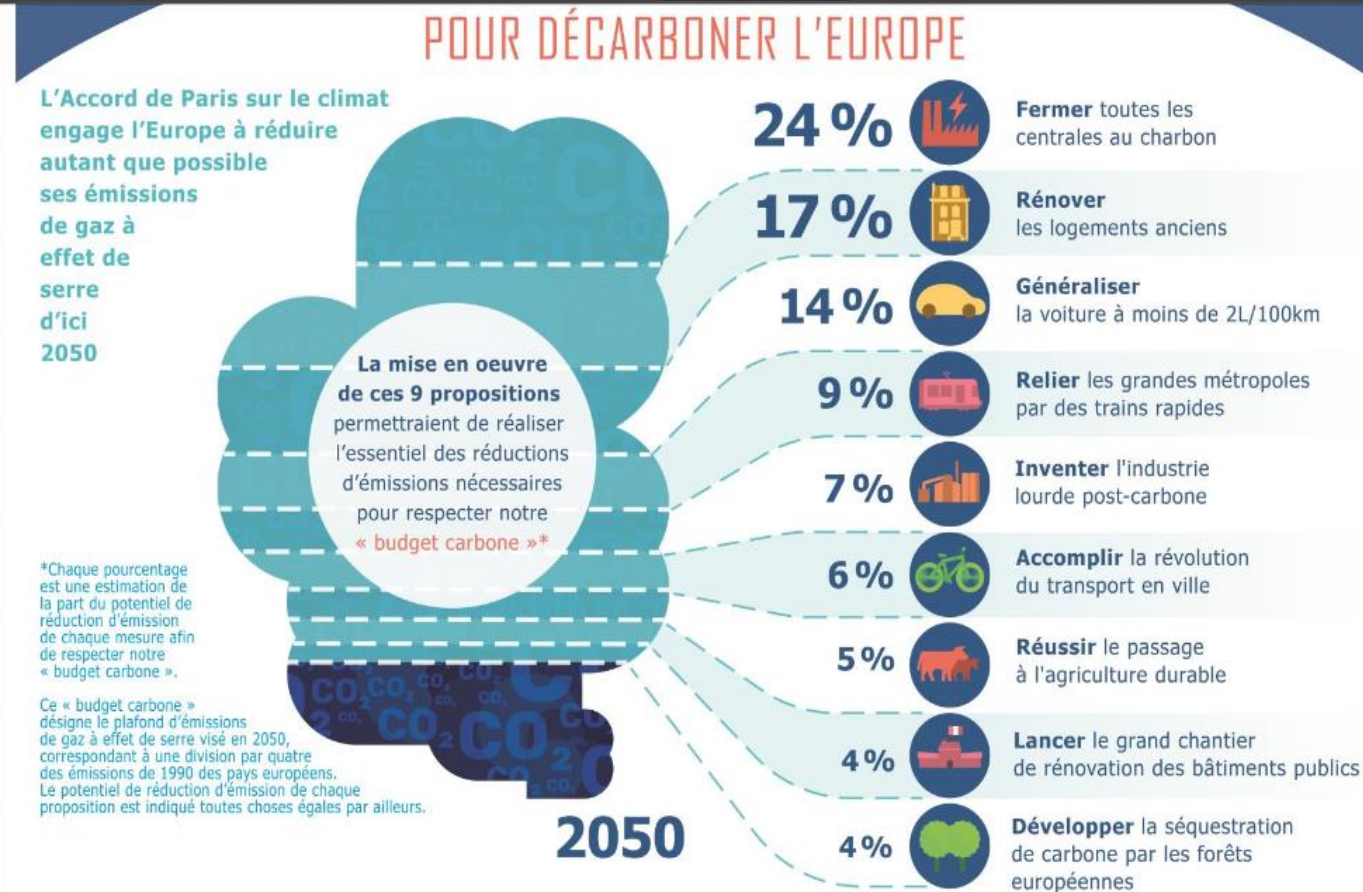
France : besoin de subvention

Brésil : rentable

<http://www.onf-energie-bois.com/comparatif-des-energies-de-chauffage.html>

Biomasse, Energie

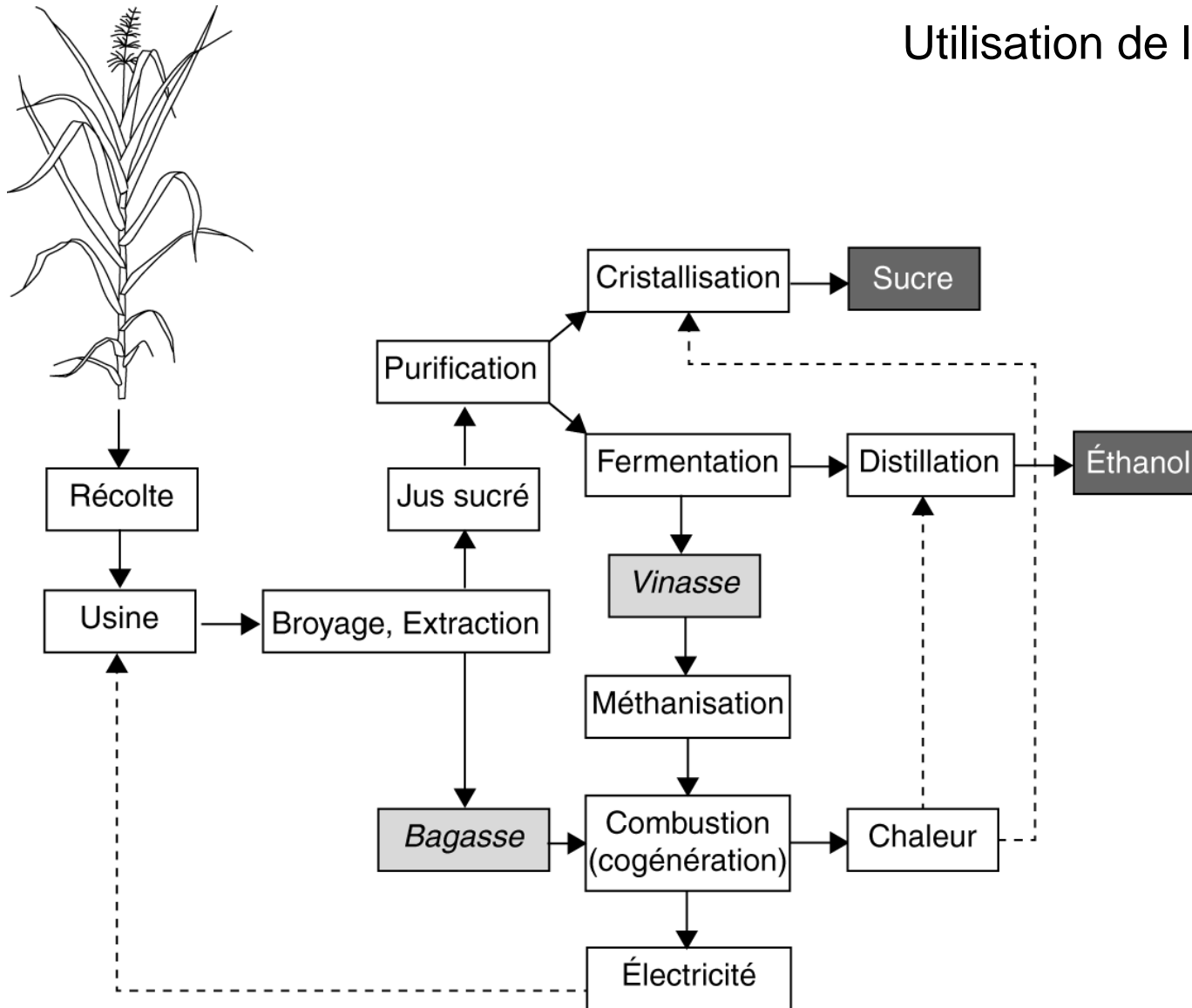
The Shift Project 2016



Pas besoin de BME !

Biomasse, Energie

Utilisation de la canne à sucre



Flèches pleines :
flux de matière
Flèches en tirets :
flux d'énergie