



ARP VEGA

Assemblée générale 12 janvier 2010

Etude Prospective

Les futurs usages non alimentaires de la biomasse végétale à l'horizon 2050

INRA Unité prospective (DEPE)

Lisa Gauvrit, Olivier Mora

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Plan de la présentation

1/ Objectifs de l'étude, démarche et méthodologie

2/ Tendances d'évolution et enjeux prospectifs pour la biomasse

- a. Tendances récentes sur les usages
- b. Des controverses sur les bioproduits
- c. Des enjeux prospectifs forts à 2050 sur l'alimentation et l'énergie

3/ Les 4 scénarios

4/ La biomasse dans les scénarios : illustrations quantifiées

Conclusion

ARP VEGA

12 janvier 2009

Objectifs de l'étude et déroulement

Dans le cadre de l'ARP, une **réflexion prospective transversale** sur les usages non alimentaires de la biomasse végétale

- en repérant les **tendances générales** qui vont être déterminantes dans le développement de ces usages
- et en construisant des **scénarios contrastés** d'évolution possible des **usages non alimentaires de la biomasse végétale**

afin de **mettre en perspective** les pistes de recherche identifiées dans le cadre des sous-ateliers de l'ARP, en les resituant notamment par rapport aux enjeux **énergétiques, alimentaires, environnementaux**, aux évolutions des usages et des filières, et aux préoccupations sociétales.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Éléments de méthode

▪ Organisation :

Equipe projet au sein de l'Unité Prospective (DEPE) : Lisa Gauvrit, Olivier Mora

Groupe de travail: Marc Barbier (INRA), Michel Benoît-Cattin (CIRAD), Paul Colonna (INRA), Catherine Esnouf (INRA), Agnès Kammoun (INRA), Valérie Mazza (Limagrain), Antoine Messéan (INRA), Sandrine Paillard (INRA)

5 réunions d'avril 2009 à octobre 2009

▪ Champ de l'étude :

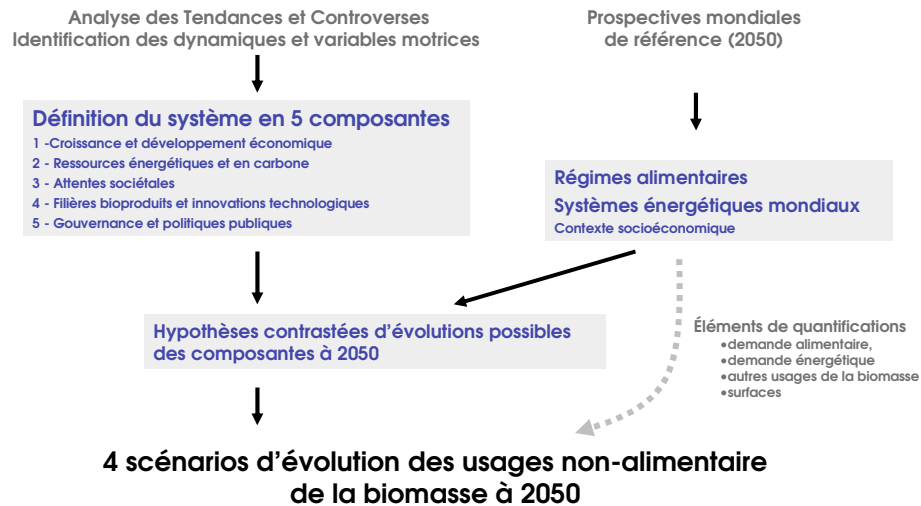
- **Horizon de l'étude : 2050**
- **Échelle géographique de référence : Monde**
- **Usages de la biomasse pour la bioénergie et la chimie**
 - les biomatériaux sont un aspect peu traité (notamment le secteur de la construction)
 - un point de vue plutôt centré sur les pays du Nord en termes d'attentes sociétales, de consommation, de questions énergétiques etc.

ARP VEGA

12 janvier 2009

La méthode de construction des scénarios

Principe : appréhender conjointement les futurs possibles des **usages non alimentaires** de la biomasse, **des systèmes énergétiques, alimentaires** et les enjeux environnementaux



Les perspectives de référence

- **Cadre socioéconomique général** des scénarios :
 - Millennium Ecosystem Assessment (2005),
 - IPCC Special Report on Emissions Scenarios (2000, 2007)
- **Energie :**
 - Agence Internationale de l'Énergie :
Energy Technology Perspective ETP (2008),
World Energy Outlook WEO 2008
 - Commission européenne :
World Energy Technology Outlook – Hydrogen (WETO-H2)
- **Alimentation et surfaces :**
 - Agrimonde (2008)

Tendances d'évolution et enjeux prospectifs sur les usages non alimentaires de la biomasse

A/ Tendances récentes sur les usages

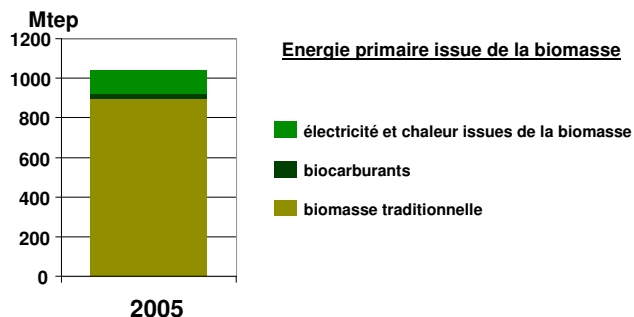
ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances récentes sur les usages de la biomasse

Aujourd'hui :

- Des usages non alimentaires multiples : énergie, matériaux, textiles, usages industriels des huiles et amidon, chimie de spécialités, pharmacie etc.
- La biomasse fournit **~10% de l'énergie primaire mondiale**
- pour l'essentiel sous forme de **biocombustibles solides** (98%) et en **usage dit « traditionnel »** (bois-énergie domestique)
- Les autres usages énergétiques représentent en 2005 environ 150 Mtep, soit **1,3% de l'énergie primaire mondiale**



Tendances récentes sur les usages de la biomasse

Un regain d'intérêt récent pour de nouveaux usages...

- **Chimie** (lubrifiants, tensioactifs, monomères, principes actifs,...)
- **Matériaux** (biopolymères, fibres etc.)

enjeux de compétitivité avec les matières premières fossiles

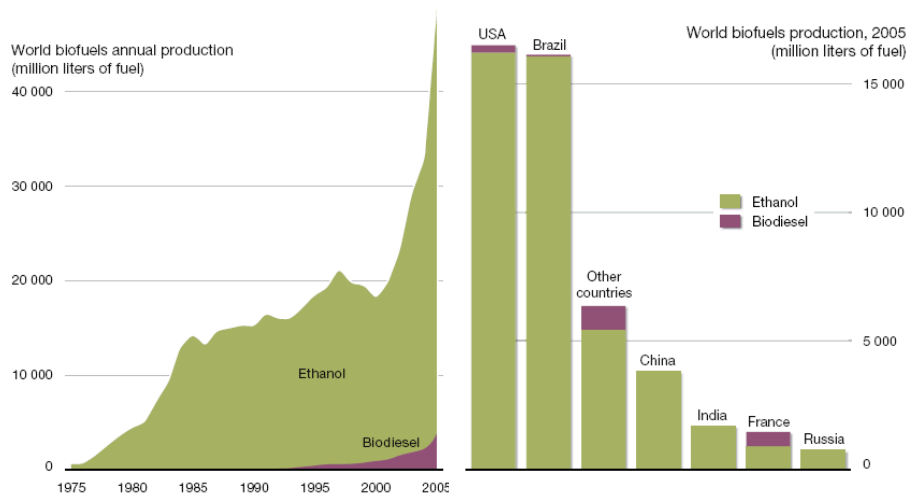
- **Chaleur et électricité** : développement usages résidentiels collectifs et industriels

- **Carburants liquides dans les transports** : un marché mondial de **bioéthanol et de biodiesel** en très rapide expansion...

ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances récentes sur les usages de la biomasse



Source : The environmental Food Crisis, UNEP 2009 d'après Earth Policy Institute 2006)

ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances récentes sur les usages de la biomasse

Quels facteurs ont encouragé un tel regain d'intérêt pour les bioproduits ?

Facteurs déterminants :

- **enjeu énergétique** : prix pétrole, épuisement ressources fossiles à moyen-long terme et recherche de substitutions
- **enjeu climatique** : nécessité de réduire les émissions de GES
- **attentes sociétales, montée des préoccupations vis-à-vis de l'environnement**. Une demande en produits moins polluants, moins toxiques etc.

Des atouts et des propriétés intéressantes des 'bioproduits' pour répondre à ces enjeux...

carbone renouvelable, faible toxicité, biodégradabilité, recyclabilité etc.

...et des perspectives économiques

nouveaux débouchés agricoles, industriels, développement rural

ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances récentes sur les usages de la biomasse

Un rôle clé des politiques publiques dans le développement récent des bioproduits

- politiques publiques nationales et territoriales volontaristes (fiscalité, appui aux filières et à l'innovation)

---- Sans aides publiques, la plupart des filières biocarburant ne sont pour l'heure pas rentables et compétitives (OCDE-FAO 2008)

Une grande diversité d'acteurs impliqués dans les filières biomasse

Agriculteurs, forestiers, groupes coopératifs
Industriels du bois, groupes agroindustrielles
Acteurs de l'énergie groupes pétroliers, producteurs d'électricité, petits producteurs d'énergie (PME, agriculteurs, particuliers)
Sociétés de capital risque, start-up, entreprises de biotechnologie
Aval (industrie auto, chimie, pharmacie, bâtiment etc.)
Acteurs publics : Etat, collectivités territoriales, recherche publique
Citoyens, résidents
Consommateurs

ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances d'évolution et enjeux prospectifs sur les usages non alimentaires de la biomasse

B- Des controverses multiples sur les nouveaux usages de la biomasse

ARP VEGA

12 janvier 2009

Controverses

Les bioproduits et le changement climatique

Incertitude, grande variabilité des bilans CO₂

- **Prise en compte des effets directs et indirects de la réallocation des sols?**
 - **Impact potentiel de l'usage d'engrais azoté (N₂O)** dans les bilans très fort
(sources : Fargione et al., 2008; The Royal Society, 2008; Searchinger et al, 2008, MIT Melillo 2009)
- ...Une « dette carbone » potentielle de plusieurs décennies

Les bioproduits et leurs impacts environnementaux

sur l'eau, la biodiversité et les sols

...Des débats sur le caractère « vert » des bioproduits...

Les bioproduits et la concurrence avec l'alimentaire

Risques d'une hausse des prix agricoles et alimentaires

Concurrence sur les surfaces

Les bioproduits et les politiques publiques

Coût global, **rapport cout/efficacité**, performance énergétique, impacts sociaux et environnementaux, et sur le **développement rural**
(OCDE 2008)

...Vers un réajustement des politiques selon des critères de durabilité plus exigeants?

ARP VEGA

12 janvier 2009

Tendances d'évolution et enjeux prospectifs sur les usages non alimentaires de la biomasse

C/ Des enjeux prospectifs forts à 2050 sur l'alimentation et l'énergie

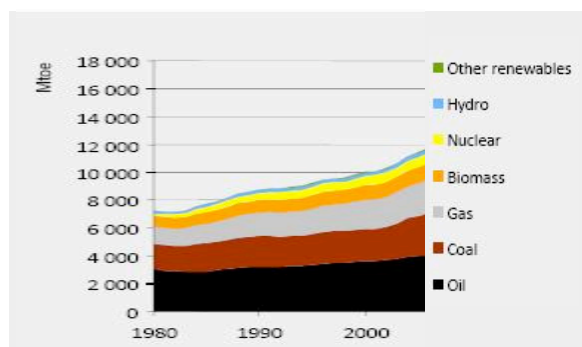
ARP VEGA

12 janvier 2009

L'enjeu énergétique

Situation actuelle

- **une consommation mondiale d'énergie dominée par les énergies fossiles** - 80% d'énergies fossiles, notamment le pétrole (35%)
- **une place très importante des transports dans la demande pétrolière** (60%) - et un secteur des transports qui dépend à 95% du pétrole
- **disparités des situations selon régions du monde** (pb accès énergie, prépondérance biomasse et charbon bois dans pvd)



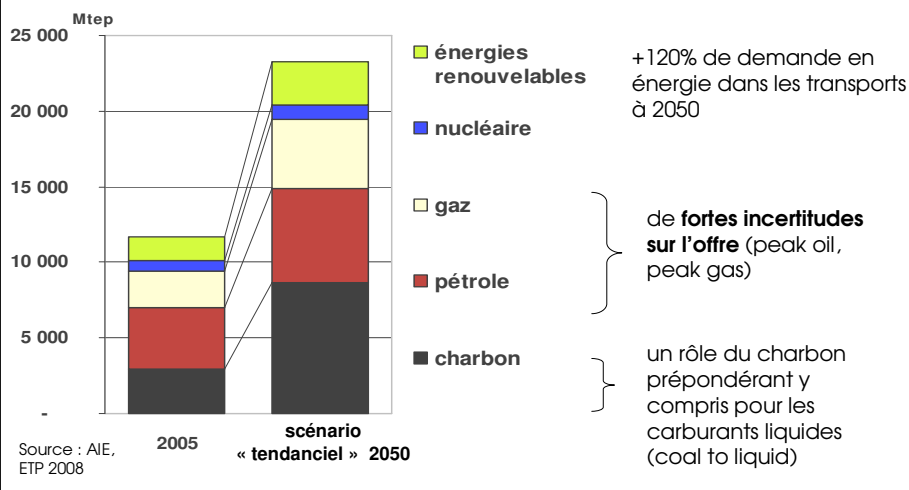
**Evolution de la demande
mondiale d'énergie
primaire
1980-2005**

Source : WEO 2007

L'enjeu énergétique (suite)

Et demain? le constat d'un modèle énergétique non durable

Le scénario tendanciel : un doublement de la demande mondiale à 2050



L'enjeu énergétique... et climatique

- Les combustibles fossiles sont responsables de plus de 55% des émissions de GES anthropiques dans le monde

Le secteur énergétique (tout confondu) = 60% des émissions

Le secteur des transports à lui seul y contribue à hauteur de 15% et est particulièrement problématique pour la lutte contre le CC

⇒ Enjeu : réduire la contribution du secteur de l'énergie et des transports dans les émissions de GES

Par la maîtrise de la consommation

Efficacité énergétique, évolution des modes de consommation, aménagement du territoire

Par la substitution aux énergies fossiles

Coal-to-liquid ou gaz-to-liquid... problème climatique inchangé

Nouveaux vecteurs : hydrogène, électricité... problème : quelle source énergie?

Enjeu de « décarbonisation » du secteur électricité : nucléaire (environnement...), énergies renouvelables

La biomasse, une voie de substitution possible du carbone fossile ?...

L'enjeu alimentaire mondial

Aujourd'hui. 2010

Disponibilités alimentaires moyennes par personne en nette augmentation tendancielle

Disparités croissantes entre régions du monde (**1 milliards de personnes sous-alimentées en 2009**)

Demain. 2050

Incertitudes sur la demande future

- **Croissance démographique** : 9 md d'individus d'ici 2050
- **Changement régimes alimentaires** / modes de vie urbains

...incertitudes sur l'offre :

La production agricole devra augmenter...

- ⇒ Degré et type d'intensification?
- ⇒ Quelle extension des surfaces cultivées?

... mais fragilisation des écosystèmes et impact sur les ressources naturelles

L'enjeu alimentaire mondial

La prospective Agrimonde :

2 scénarios mondiaux d'occupation des sols en 2050 en fonction de deux grands **types de consommation alimentaire** et de deux types de **systèmes de production agricole**

- **Agrimonde GO :**
 - généralisation des modes de consommation « à l'occidentale » avec un accroissement de la consommation alimentaire globale (viandes)
 - ⇒ augmentation des **utilisations totales en calories végétales** de l'ordre de **80%**
- **Agrimonde 1 :**
 - stabilisation de la consommation alimentaire à 3 000 kcal/hab/jour (rééquilibrage N/S)
 - ⇒ augmentation des **utilisations totales en calories végétales** de l'ordre de **30%**

⇒ Les disponibilités alimentaires totales mondiales devront augmenter de 30 à 80 % d'ici 2050...

L'enjeu alimentaire mondial

Agrimonde GO:

- Développement des pâtures pour l'alimentation animale
- Dans le cadre de systèmes de production très intensifs

• Agrimonde 1:

- Diminution des espaces consacrés aux pâtures convertis en surfaces cultivées
- Dans le cadre de systèmes de production durable

Evolution des surfaces :

En millions d'ha	2005	AGO	AG1
Total surfaces cultivées + pâtures	4 855	5 440	4 949
évolution des surfaces cultivées		+20%	+39%
évolution des pâtures		+2%	-15%

Conclusion : La couverture des besoins alimentaires mondiaux ne va pas de soi : mettre en place une production durable, augmenter la production...

investissements dans l'agriculture? modes de gouvernance et de régulation des marchés et du foncier? nature du développement agricole? progrès techniques (Rdt, etc.)? état des écosystèmes et des ressources en eau? effets du changement climatique, etc...

Des tendances aux scénarios

Le cadre d'analyse

Composantes

1 - Croissance et développement économique

Evolution de la croissance économique, évolution démographique, modes de vie et de consommation, régimes alimentaires et évolution de la consommation alimentaire, pression sur les ressources et l'environnement

2 - Ressources énergétiques et en carbone

Production de carbone et d'énergie fossile, innovations dans l'usage de l'énergie par secteur (nouveaux couples type d'énergie / usages par grands secteurs), politiques énergétiques

3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs

Régimes de consommation, d'habiter, de participation des citoyens aux orientations sociotechniques, régimes d'innovation

4 - Filières bioproduits et innovations technologiques

Filières biocarburants, bois-énergie, chimie du végétal et biomatériaux, articulations entre ces filières, structuration spatiale

5 - Gouvernance et politiques publiques

Politiques et gouvernance mondiale sur le changement climatique, politiques énergétiques, régulation des marchés agricoles, politiques des marchés des bioproduits, politiques nationale et territoriale d'appui aux filières bioproduits, politiques de R&D sur les bioproduits

ARP VEGA

12 janvier 2009

Composantes et scénarios

Composantes	Hypothèses d'évolution à 2050			
1 - Croissance et développement économique	Mondialisation libérale et généralisation du mode de consommation « occidental »	Mondialisation des territoires connectés	Mondialisation des technologies « vertes »	Régionalisation de crise
2 - Ressources énergétiques et en carbone	Rupture dans le modèle énergétique - de fortes innovations sectorielles	Diversité de sources d'énergie et essor des énergies renouvelables - adaptabilité des systèmes énergétiques	Priorité à la sécurité énergétique : consommer moins, sécuriser l'approvisionnement	Un système énergétique qui reste basé sur le carbone fossile, des innovations incrémentales
3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs vis-à-vis des bioproduits	Une préoccupation civique pour les enjeux environnementaux, et une gestion technocratique à expertise multiple	Des attentes sociétales principalement déléguées au marché et différenciées	Un engagement faible des citoyens et une délégation de la gestion de l'innovation à l'Etat	Un engagement participatif des individus, sur la base d'une diversité de réseaux, notamment territoriaux
4 - Filières bioproduits et innovations technologiques	La biomasse comme matière première complémentaire des ressources fossiles	Des innovations de rupture dans l'usage de la biomasse pour la chimie et l'électricité	Substitution partielle du carbone fossile - Des trajectoires différenciées selon l'accès à la biomasse dans les grandes régions du monde	Valorisation de la biomasse du territoire et usages localisés et diversifiés (énergie, chimie)
5 - Gouvernance et politiques publiques	Laisser-faire, peu de régulations internationales et privatisation de la connaissance	Accords internationaux sur changement climatique et politiques publiques motrices dans les mutations sectorielles. Système DPI équilibré	Sécurité énergétique des Etats, échanges internationaux et standards environnementaux a minima. Accords bilatéraux sur la PI.	Des politiques territoriales tournées vers une gestion durable, soutenues par des accords internationaux et des politiques nationales. Innovation ouverte.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Les scénarios

à l'horizon 2050

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 1

Fuite en avant
Le fossile perdure, la biomasse en
complément

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 1 : Fuite en avant. Le fossile perdure, la biomasse en complément.

Composantes	Hypothèses d'évolution à 2050			
1 - Croissance et développement économique	Mondialisation libérale et généralisation du mode de consommation « occidental »	Mondialisation des territoires connectés	Mondialisation des technologies « vertes »	Régionalisation de crise
2 - Ressources énergétiques et en carbone	Rupture dans le modèle énergétique - de fortes innovations sectorielles	Diversité de sources d'énergie et essor des énergies renouvelables - adaptabilité des systèmes énergétiques	Priorité à la sécurité énergétique : consommer moins, sécuriser l'approvisionnement	Un système énergétique qui reste basé sur le carbone fossile, des innovations incrémentales
3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs vis-à-vis des bioproduits	Une préoccupation civique pour les enjeux environnementaux, et une gestion technocratique à expertise multiple	Des attentes sociétales principalement déléguées au marché et différenciées	Un engagement faible des citoyens et une délégation de la gestion de l'innovation à l'Etat	Un engagement participatif des individus, sur la base d'une diversité de réseaux, notamment territoriaux
4 - Filières bioproduits et innovations technologiques	La biomasse comme matière première complémentaire des ressources fossiles – des marchés de niche en chimie	Des innovations de rupture dans l'usage de la biomasse pour la chimie et l'électricité	Substitution partielle du carbone fossile - Des trajectoires différenciées selon l'accès à la biomasse dans les grandes régions du monde	Valorisation de la biomasse du territoire et usages localisés et diversifiés (énergie, chimie)
5 - Gouvernance et politiques publiques	Laisser-faire, peu de régulations internationales et privatisation de la connaissance	Accords internationaux sur changement climatique et politiques publiques motrices dans les mutations sectorielles. Système DPI équilibré	Sécurité énergétique des Etats, échanges internationaux et standards environnementaux a minima. Accords bilatéraux sur la PI.	Des politiques territoriales tournées vers une gestion durable, soutenues par des accords internationaux et des politiques nationales. Innovation ouverte.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 1 : Fuite en avant. Le fossile perdure, la biomasse en complément.

- Libéralisation économique, croissance mondiale élevée, laisser faire
- De fortes demandes globales pour l'alimentation et l'énergie
- Un système énergétique mondial encore fondé sur les énergies fossiles (charbon)
- De fortes tensions sur les ressources naturelles et les écosystèmes; des émissions GES qui explosent
- Des filières biocarburants peu compétitives, un usage des biocombustibles en complément des matières premières fossiles (co-combustion, cogénération)
- Des bioproduits pour la chimie répondant aux demandes des consommateurs sur des marchés segmentés
- Des bioraffineries qui s'approvisionnent sur les marchés internationaux
- Recherche et innovation : une technoscience orientée par les macro-opérateurs privés

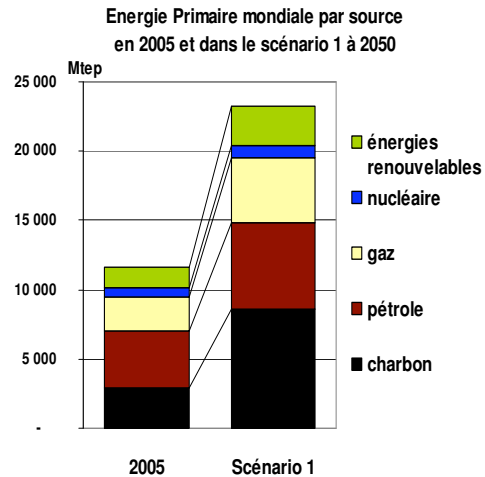
ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 1 : Fuite en avant. Le fossile perdure, la biomasse en complément.

Illustration :

- **Population mondiale :**
de 6 mds en 2005 à 9 milliards en 2050
- **Demande alimentaire mondiale :**
de 3000 kcal/habitant/jour en 2005 à 3600 kcal/habitant/jour en 2050 (de 3000 à 4100 selon régions)
- **Demande énergétique :**
de 11700 Mtep/an en 2005 à 23 000 Mtep/an en 2050
- **Emissions de CO2 du secteur énergétique :**
de 27 Gt en 2005 à 62 Gt en 2050



Scénario 2

La biomasse dans la
« néo-modernisation verte »

Peu de biomasse dans les transports, innovation
de rupture dans la chimie

Scénario 2 : La biomasse dans la « néo-modernisation verte »

Composantes	Hypothèses d'évolution à 2050			
1 - Croissance et développement économique	Mondialisation libérale et généralisation du mode de consommation « occidental »	Mondialisation des territoires connectés	Mondialisation des technologies « vertes »	Régionalisation de crise
2 - Ressources énergétiques et en carbone	Rupture dans le modèle énergétique - de fortes innovations sectorielles	Diversité de sources d'énergie et essor des énergies renouvelables - adaptabilité des systèmes énergétiques	Priorité à la sécurité énergétique : consommer moins, sécuriser l'approvisionnement	Un système énergétique qui reste basé sur le carbone fossile, des innovations incrémentales
3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs vis-à-vis des bioproduits	Une préoccupation civique pour les enjeux environnementaux, et une gestion technocratique à expertise multiple	Des attentes sociétales principalement déléguées au marché et différenciées	Un engagement faible des citoyens et une délégation de la gestion de l'innovation à l'Etat	Un engagement participatif des individus, sur la base d'une diversité de réseaux, notamment territoriaux
4 - Filières bioproduits et innovations technologiques	La biomasse comme matière première complémentaire des ressources fossiles - des marchés de niche en chimie	Des innovations de rupture dans l'usage de la biomasse pour la chimie et l'électricité	Substitution partielle du carbone fossile - Des trajectoires différenciées selon l'accès à la biomasse dans les grandes régions du monde	Valorisation de la biomasse du territoire et usages localisés et diversifiés (énergie, chimie)
5 - Gouvernance et politiques publiques	Laisser-faire, peu de régulations internationales et privatisation de la connaissance	Accords internationaux sur changement climatique et politiques publiques motrices dans les mutations sectorielles. Système DPI équilibré	Sécurité énergétique des Etats, échanges internationaux et standards environnementaux a minima. Accords bilatéraux sur la PI.	Des politiques territoriales tournées vers une gestion durable, soutenues par des accords internationaux et des politiques nationales. Innovation ouverte.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 2 : La biomasse dans la « néo-modernisation verte »

- Une croissance tirée une modernisation verte (reconfiguration des secteurs d'activité), et des régulations mondiales (climat, environnement, agriculture)
- Une consommation alimentaire stabilisée (sobriété au Nord, rééquilibrage au Sud)
- Une transition vers des systèmes énergétiques faibles en carbone – nucléaire, énergies renouvelables. Efficacité énergétique (production et consommation); vecteur hydrogène / transport
- La biomasse, source renouvelable qui se substitue en partie aux ressources fossiles pour la chimie (innovation rupture). Développement de la bioélectricité (co-combustion, cogénération gde échelle)
- Des critères stricts de durabilité environnementale et sociale (normes, certifications, ACV)
- Des « Etats modernisateurs », des investissements publics forts en étroite coopération avec les grands acteurs industriels

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 2 : La biomasse dans la « néo-modernisation verte »

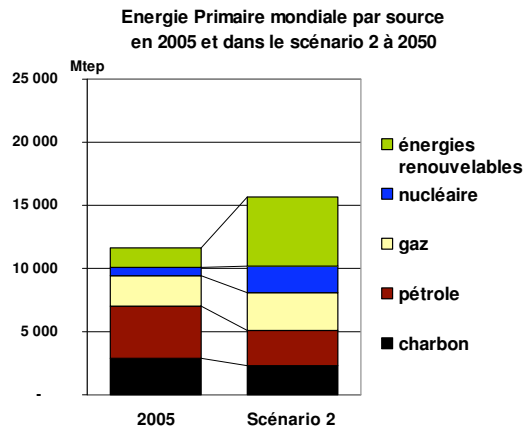
Illustration :

•**Population mondiale** : de 6 mds en 2005 à 9 milliards en 2050

•**Demande alimentaire mondiale** : 3000 kcal/habitant/jour, comme en 2005 mais avec rééquilibrage entre régions du monde.

•**Demande énergétique mondiale** : de 11700 Mtep/an en 2005 à 15 500 Mtep/ an en 2050

•**Emissions de GES** du secteur énergétique : réduction par deux par rapport à 2005



Scénario 3

Course à la biomasse, dans un contexte de crise énergétique

Scénario 3 : Course à la biomasse dans un contexte de crise énergétique

Composantes	Hypothèses d'évolution à 2050			
1 - Croissance et développement économique	Mondialisation libérale et généralisation du mode de consommation « occidental »	Mondialisation des territoires connectés	Mondialisation des technologies « vertes »	Régionalisation de crise
2 - Ressources énergétiques et en carbone	Rupture dans le modèle énergétique - de fortes innovations sectorielles	Diversité de sources d'énergie et essor des énergies renouvelables - adaptabilité des systèmes énergétiques	Priorité à la sécurité énergétique : consommer moins, sécuriser l'approvisionnement	Un système énergétique qui reste basé sur le carbone fossile, des innovations incrémentales
3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs vis-à-vis des bioproduits	Une préoccupation civique pour les enjeux environnementaux, et une gestion technocratique à expertise multiple	Des attentes sociétales principalement déléguées au marché et différenciées	Un engagement faible des citoyens et une délégation de la gestion de l'innovation à l'Etat	Un engagement participatif des individus, sur la base d'une diversité de réseaux, notamment territoriaux
4 - Filières bioproduits et innovations technologiques	La biomasse comme matière première complémentaire des ressources fossiles - des marchés de niche en chimie	Des innovations de rupture dans l'usage de la biomasse pour la chimie et l'électricité	Substitution partielle du carbone fossile - Des trajectoires différenciées selon l'accès à la biomasse dans les grandes régions du monde	Valorisation de la biomasse du territoire et usages localisés et diversifiés (énergie, chimie)
5 - Gouvernance et politiques publiques	Laisser-faire, peu de régulations internationales et privatisation de la connaissance	Accords internationaux sur changement climatique et politiques publiques motrices dans les mutations sectorielles. Système DPI équilibré	Sécurité énergétique des Etats, échanges internationaux et standards environnementaux a minima. Accords bilatéraux sur la PI.	Des politiques territoriales tournées vers une gestion durable, soutenues par des accords internationaux et des politiques nationales. Innovation ouverte.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 3 : Course à la biomasse dans un contexte de crise énergétique

- Un monde fragmenté, hétérogène et en crise, où la sécurité des approvisionnements énergétiques des Etats est une priorité.
- Une biomasse fortement mobilisée pour limiter la dépendance aux énergies fossiles
- Une diversité de technologies de transformation et de filières biomasse, en fonction des ressources nationales (maïs, canne, palme, bois, résidus, algues etc.)
- Certains pays se spécialisent dans la production de biomasse (économie rente). Des échanges Nord-Sud intenses, transactions foncières, logiques contractuelles entre macro-opérateurs privés et/ou Etats.
- Une course à la biomasse qui menace la sécurité alimentaire et l'environnement
- Chaque Etat construit une trajectoire dominante d'innovation, en lien avec des grandes compagnies

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 3 : Course à la biomasse dans un contexte de crise énergétique

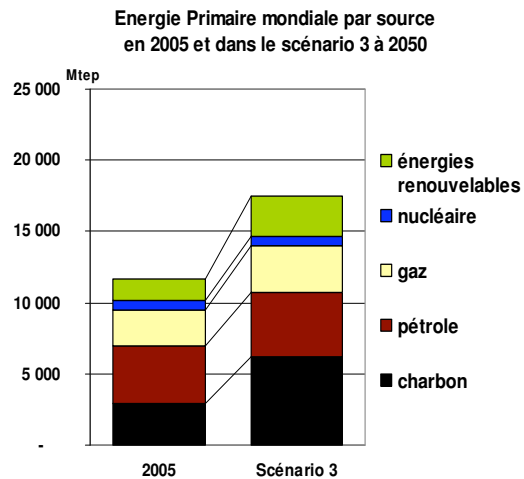
Illustration :

• **Population mondiale** : de 6 mds en 2005 à 9 milliards en 2050

• **Demande alimentaire mondiale** : 3000 kcal/habitant/jour

• **Demande énergétique** : de 11 700 Mtep/an en 2005 à 17 500 Mtep/ an en 2050

• **Emissions de GES du secteur énergétique** : autour de 60 GT/an



ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 4

Des territoires métropolitains et ruraux qui mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 4 : Des territoires métropolitains et ruraux qui mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages

Composantes	Hypothèses d'évolution à 2050			
1 - Croissance et développement économique	Mondialisation libérale et généralisation du mode de consommation « occidental »	Mondialisation des territoires connectés	Mondialisation des technologies « vertes »	Régionalisation de crise
2 - Ressources énergétiques et en carbone	Rupture dans le modèle énergétique - de fortes innovations sectorielles	Diversité de sources d'énergie et essor des énergies renouvelables - adaptabilité des systèmes énergétiques	Priorité à la sécurité énergétique : consommer moins, sécuriser l'approvisionnement	Un système énergétique qui reste basé sur le carbone fossile, des innovations incrémentales
3 - Attentes sociétales des citoyens et des consommateurs vis-à-vis des bioproduits	Une préoccupation civique pour les enjeux environnementaux, et une gestion technocratique à expertise multiple	Des attentes sociétales principalement déléguées au marché et différenciées	Un engagement faible des citoyens et une délégation de la gestion de l'innovation à l'Etat	Un engagement participatif des individus, sur la base d'une diversité de réseaux, notamment territoriaux
4 - Filières bioproduits et innovations technologiques	La biomasse comme matière première complémentaire des ressources fossiles - des marchés de niche en chimie	Des innovations de rupture dans l'usage de la biomasse pour la chimie et l'électricité	Substitution partielle du carbone fossile - Des trajectoires différenciées selon l'accès à la biomasse dans les grandes régions du monde	Valorisation de la biomasse du territoire et usages localisés et diversifiés (énergie, chimie)
5 - Gouvernance et politiques publiques	Laisser-faire, peu de régulations internationales et privatisation de la connaissance	Accords internationaux sur changement climatique et politiques publiques motrices dans les mutations sectorielles. Système DPI équilibré	Sécurité énergétique des Etats, échanges internationaux et standards environnementaux a minima. Accords bilatéraux sur la PI.	Des politiques territoriales tournées vers une gestion durable, soutenues par des accords internationaux et des politiques nationales. Innovation ouverte.

ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 4 : Des territoires métropolitains et ruraux qui mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages

- Une mondialisation portée par les territoires métropolitains et ruraux
- Un 'rééquilibrage' des régimes alimentaires au niveau mondial et une consommation énergétique sobre
- Une priorité à la robustesse et l'adaptabilité des systèmes énergétiques et alimentaires régionaux
- Des systèmes énergétiques territorialisés, diversifiés, et orientés vers une efficacité énergétique (production et usages) qui s'appuie sur l'aménagement des territoires, avec une forte contribution de la biomasse
- Une diversité d'usages de la biomasse intégrés dans une gestion durable et optimisée des ressources et participant au développement économique - technologies de pointe et « légères » (cogénération). Complémentarités entre secteurs d'activités et entre les usages de la biomasse. (Certification)
- Une variété de trajectoires d'innovations technologiques et organisationnelles, en expérimentation collective, intégrant une multiplicité d'acteurs, dont les différents usagers

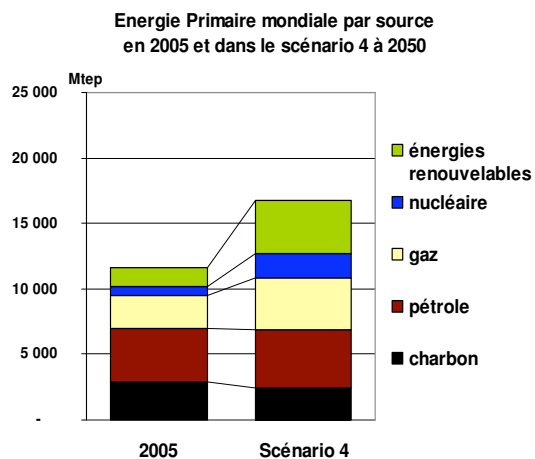
ARP VEGA

12 janvier 2009

Scénario 4 : Des territoires métropolitains et ruraux qui mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages

Illustration :

- **Population mondiale** : de 6 mds en 2005 à 9 milliards en 2050
- **Demande alimentaire mondiale** : 3000 kcal/habitant/jour
- **Demande énergétique** : de 11700 Mtep/an en 2005 à 17 000 Mtep/ an en 2050
- **Emissions de GES du secteur énergétique** : 27 GT/an, stabilisé au niveau de 2005



Illustrations quantifiées

Traduction des 'besoins' en biomasse sur l'occupation des sols dans les scénarios VegA

Traduction des 'besoins' en biomasse sur l'occupation des sols dans les scénarios VegA

Objectif :

confronter les demandes en biomasse exprimées dans les exercices de prospective énergétique

avec

les données sur l'occupation des sols projetées dans les perspectives centrées sur l'alimentation

ARP VEGA

12 janvier 2009

Démarche

Ordres de grandeur de la consommation par type d'usage de la biomasse dans les scénarios ETP 2008 (AIE)



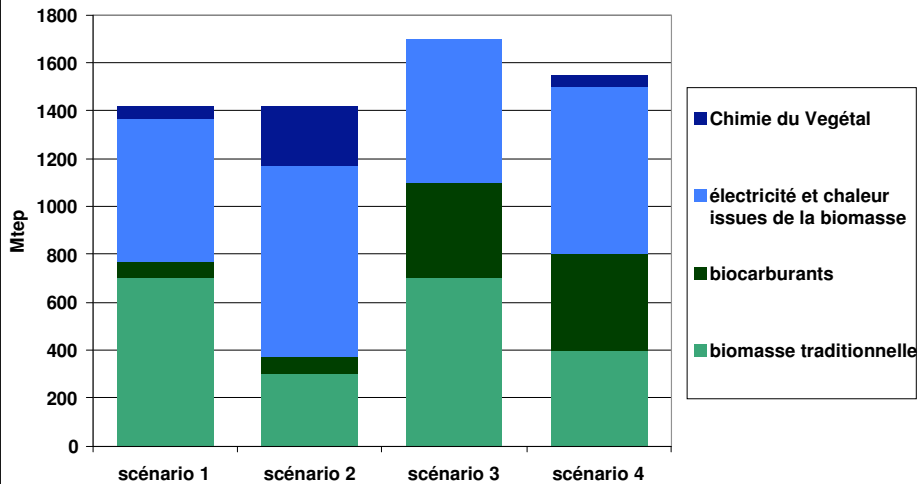
Hypothèses sur la demande mondiale en bioénergie et bioproduits par scénario
(millions de Tep)

ARP VEGA

12 janvier 2009

La biomasse dans les mix énergétiques des scénarios

Consommation de bioénergie et bioproduits dans les scénarios (en Mtep)

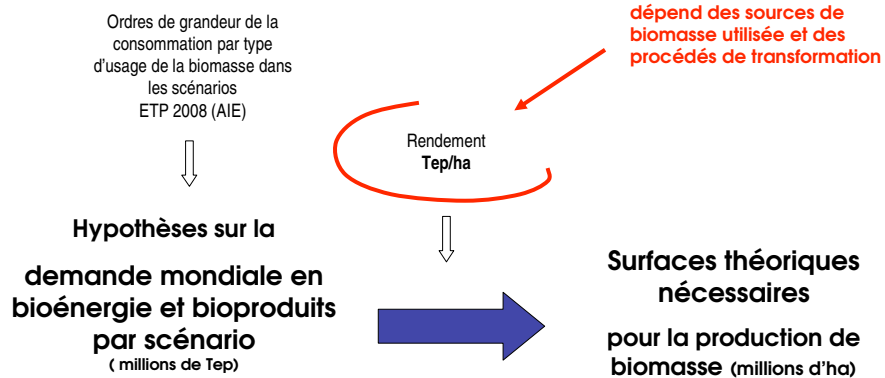


Source : AIE 2008 et hypothèses de l'étude

ARP VEGA

12 janvier 2009

Démarche



Seuls les usages pour la bioélectricité & chaleur, les biocarburants pour le transport et les biomolécules pour la chimie sont étudiés

ARP VEGA

12 janvier 2009

Illustrations des scénarios

Sources possibles de biomasse :

Cultures agricoles annuelles ou pérennes, exploitation forestière, plantations forestières, TCR, algues, résidus agricoles, rémanents forestiers, déchets etc.

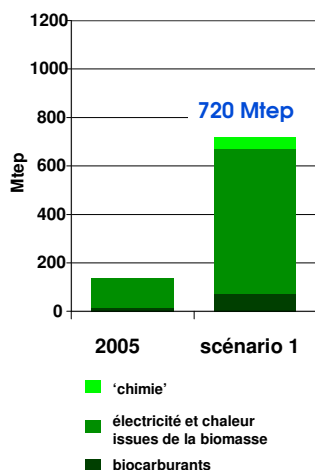
Hypothèses simplifiées de sources et de rendements pour le calcul des surfaces :

	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Biocarburants	1 ^{ère} génération Cultures dédiées 0,4 à 2 tep/ha	2 ^{ème} génération, Cultures dédiées 1,5 tep/ha + 20% résidus agricoles (0,5 tep/ha)	1 ^{ère} et 2 ^{ème} génération Cultures dédiées + 20% résidus	1 ^{ère} et 2 ^{ème} génération Cultures dédiées + 20% résidus
Bioélectricité	1,8 à 3 tep/ha {hyp. 100% TCR – 10tMS/ha - rendement de 40 à 70% (électricité, cogénération)}			
Chimie, biomolécules	1,5 tep/ha			

Illustrations des scénarios

Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse
pour l'énergie et bioproduits
(en Mtep),

Scénario 1 « Fuite en avant »



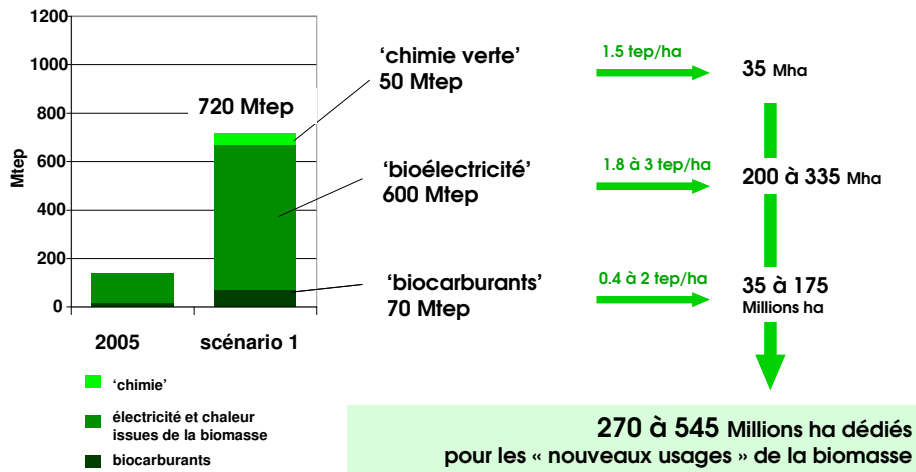
= équivalent de :
3% de l'énergie primaire totale,
25% de l'énergie renouvelable

Illustrations des scénarios

Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse pour l'énergie et bioproduits (en Mtep)

Scénario 1

« Fuite en avant »



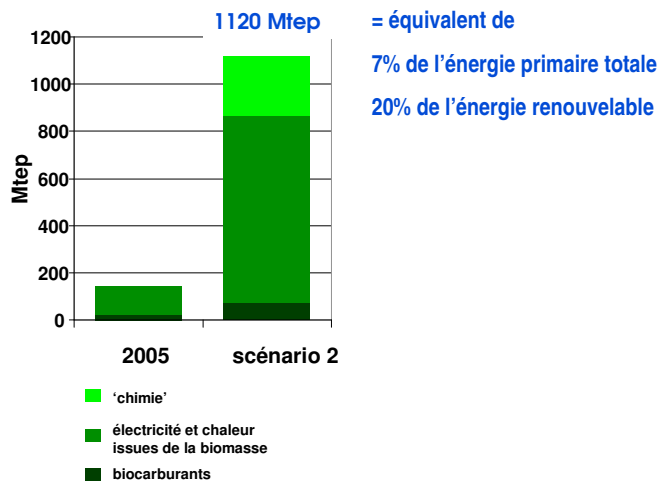
ARP VEGA

12 janvier 2009

Illustrations des scénarios

Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse pour l'énergie et bioproduits (en Mtep)

Scénario 2



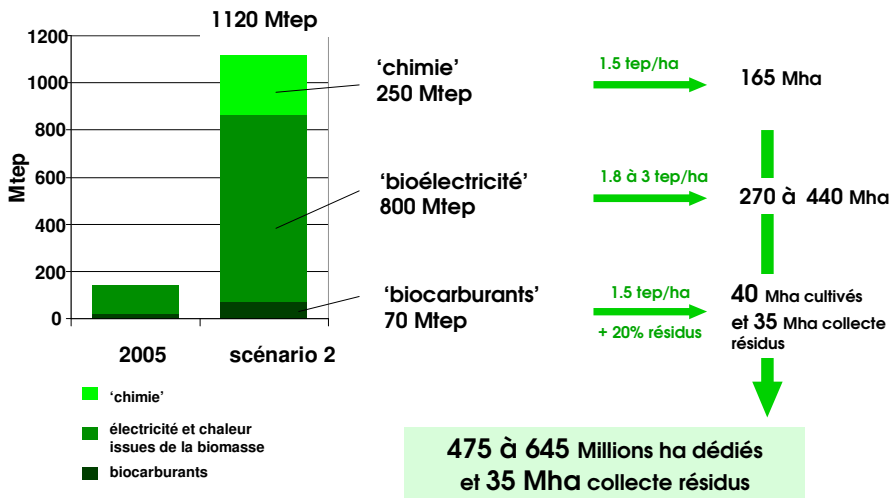
ARP VEGA

12 janvier 2009

Illustrations des scénarios

Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse pour l'énergie et bioproduits (en Mtep)

Scénario 2



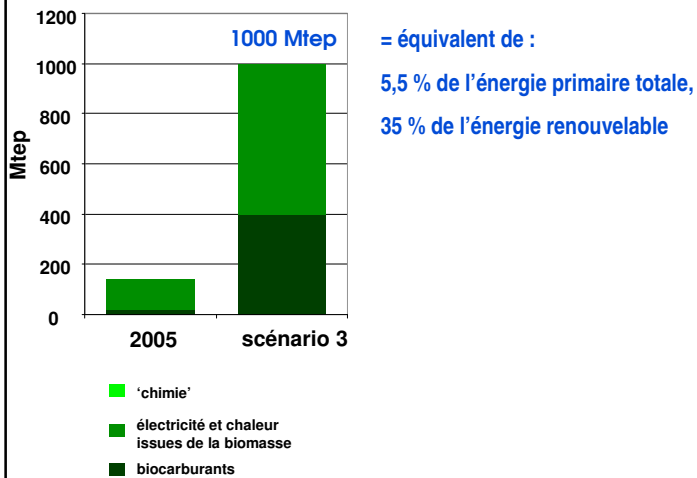
ARP VEGA

12 janvier 2009

Illustrations des scénarios

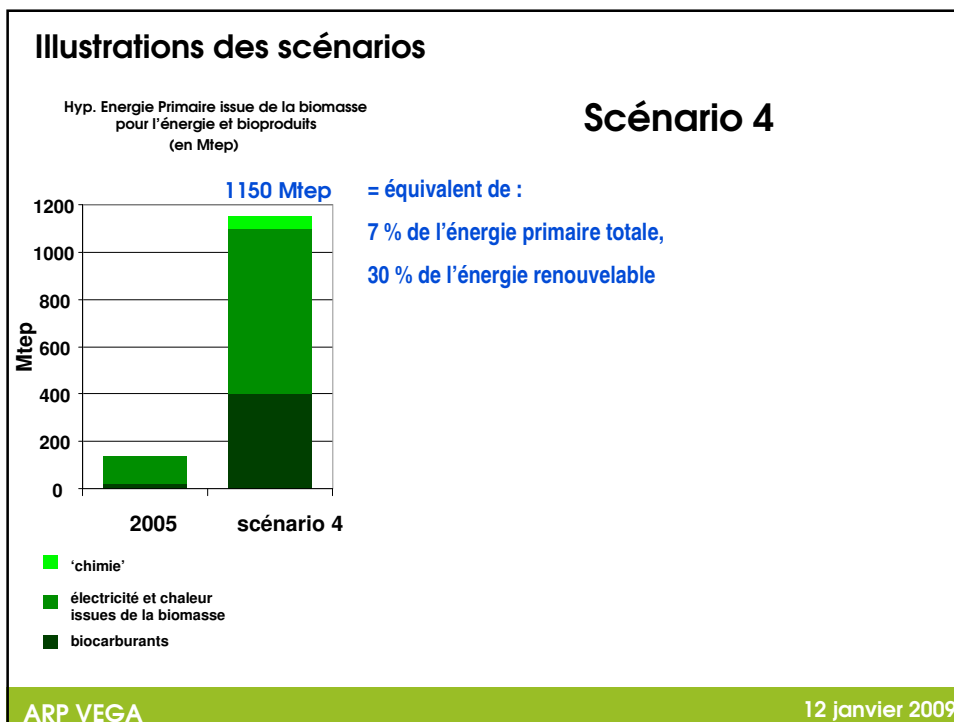
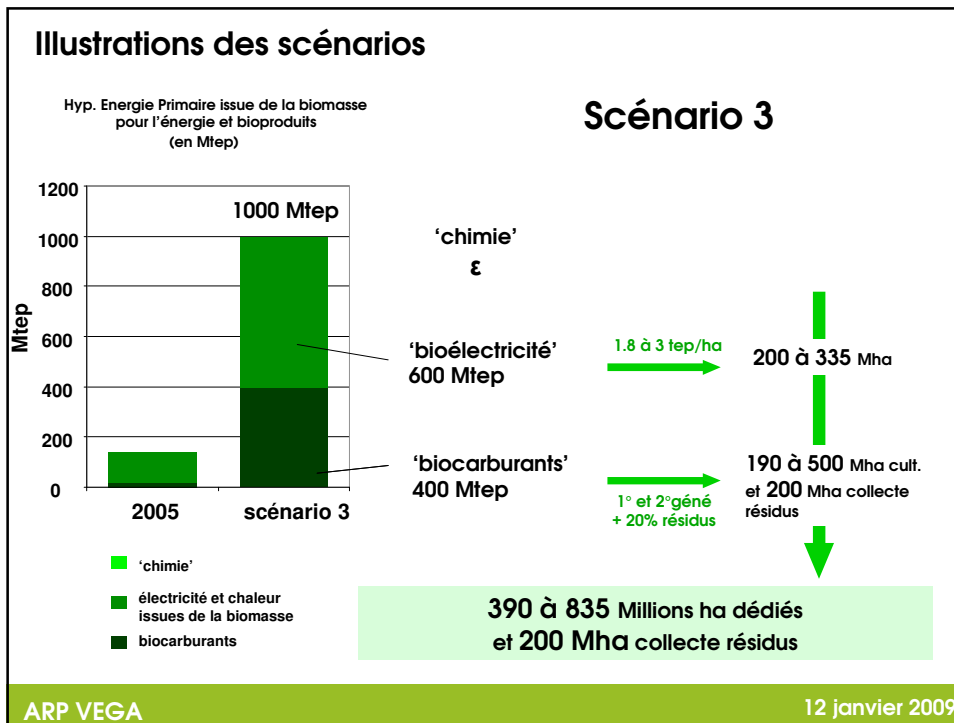
Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse pour l'énergie et bioproduits (en Mtep)

Scénario 3



ARP VEGA

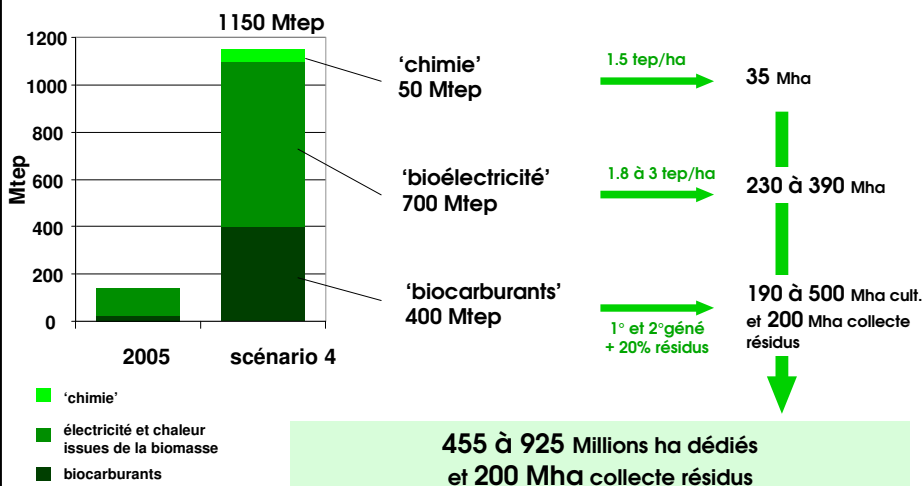
12 janvier 2009



Illustrations des scénarios

Hyp. Energie Primaire issue de la biomasse pour l'énergie et bioproduits (en Mtep)

Scénario 4



ARP VEGA

12 janvier 2009

Illustrations des scénarios

Synthèse des surfaces théoriques pour la production de biomasse (millions d'ha) :

Scénario 1	270 à 545 Mha
Scénario 2	475 à 645 Mha
Scénario 3	390 à 835 Mha
Scénario 4	455 à 925 Mha

(Hors biomasse « traditionnelle »)

Quelles surfaces « disponibles » ? Ordres de grandeur

Dans le scénario Agrimonde 1, il est estimé qu'environ **220 Mha** pourraient être dédiés aux usages non alimentaires de la biomasse dans des conditions durables (en limitant la déforestation, la dégradation de la biodiversité etc.)

millions d'hectares	2000	2050 SC. Agrimonde 1	variation 2000-2050
surfaces cultivées	1 529	2 104	+575
surface en pâture	3 326	2 845	-494
surfaces en forêts	3 905	3 879	-47
autres	3 873	3 873	0

ARP VEGA

12 janvier 2009

Surfaces : Commentaires généraux

- **Ampleur des surfaces** potentiellement mobilisées : de 270 à 925 Mha
 - **Variabilité** des surfaces selon type biomasse, systèmes, rendements cultureux et de transformation...
 - Recours aux résidus ?
 - surfaces de collecte très importantes : 20% résidus => équivalent à 10% des surfaces cultivées
 - => organisation filières? coûts logistiques ?
 - concurrence avec autres usages (élevage, reprod. fertilité sol, usages énergétiques préexistants etc.)
- ⇒ D'après ces ordres de grandeur, avec les technologies et les modes de production de la biomasse actuels, **tensions fortes sur les surfaces** et conséquences :
- concurrence avec alimentation pour la biomasse et les sols,
 - impacts ressources naturelles,
 - émissions de GES et diminution de la biodiversité (changements d'affectation des sols)
 - ...

Surfaces : Commentaires généraux

- Recours accru aux **ressources forestières** ?
 - ↗ taux exploitation? Plantations? nouveaux modes de gestion? Spécialisation ?
 - essences adaptés aux usages ? ↗ des surfaces forestières exploitées ?... Bilan environnementaux, GES, biodiversité...?
- Valorisation **déchets** ? (industriels, urbains...)
- Des usages plus efficaces de la biomasse traditionnelle
- **Biomasse algale** ? (faisabilité technico-éco, bilans envir.?, conflits d'usage littoral...)
- **Zones marginales** ? Faisabilité tko-éco, accessibilité, infrastructures etc.
- ...

Surfaces : Commentaires par scénario :

Scénario 1 : « Fuite en avant »

Pertinence du recours à bioénergie dans un cxtx de forte consommation énergétique et de tensions sur l'alimentation?

...pour produire ~3% de la demande énergétique totale

Scénario 2 : « modernisation verte »

Pour répondre aux objectifs env. et CC ambitieux, fortes innovations nécessaires sur systèmes de production, efficacité et durabilité des filières biomasse

Utiliser des résidus et mobiliser les déchets dans le cadre d'un système énergétique très centralisé...?

Scénario 3 : « course à la biomasse »

Concurrence forte avec l'alimentaire dans un contexte de crise = sécurité énergétique des uns VS sécurité alimentaire des autres ? Déforestation massive ? Impact sur développement rural ?

Scénario 4 : « Diversité usages dans les territoires »

Demande bioénergie très élevée et exigences durabilité dans cxtx territorialisé...

Innovation / articulation acteurs. Gestion maîtrisée et optimisation des ressources naturelles et modalités d'insertion des filières dans le développement territorial (emploi, accès à l'énergie) ? complémentarités entre usages et filières au niveau du territoire ?

Conclusion

Synthèse : question clé pour la biomasse par scénario :

Scénario 1 « Fuite en avant »

quel modèle de marché pour les filières biomasse dans un contexte libéral et de forte demande alimentaire ?

Scénario 2 « Modernisation verte »

quelle place de la biomasse dans un mouvement de sortie des ressources fossiles, de limitation des émissions de GES et de modernisation écologique des secteurs d'activité ?

Scénario 3 « course à la biomasse »

quel rôle de la biomasse dans un contexte d'insécurité énergétique et de dynamique de substitution massive aux énergies fossiles ?

Scénario 4 « diversité d'usages dans les territoires »

quelle place de la biomasse dans un mouvement de reterritorialisation des systèmes énergétiques et alimentaires, et d'innovation inter-sectorielle « intégrée » au niveau territorial (durabilité, efficacité, robustesse) ?

ARP VEGA

12 janvier 2009

Biomasse & innovation dans les scénarios

Scénario 1 « Fuite en avant »

Innovation principalement orientée par marchés, en l'absence de PP

R&D grands groupes

Dev. Propriété Intellectuelle (lock-in?)

Logique incorporation aux ressources fossiles, insertion dans filières existantes

Scénario 2 « Modernisation verte »

Trajectoire innovation vers « modernisation verte » (limitation émission GES), pilotée par PP fortes (innov. moteur croissance)

R&D publique + macro-opérateurs privés

**Innovation technologique ++
Innovation usages**

Logique substitution ressources fossiles par biomasse

Scénario 3 « course à la biomasse »

Innovation orientée par objectif de sécurité énergétique, pilotée par PP fortes (avec faible croissance)

R publique &D en lien avec macro-opérateurs privés

Innovation en fonction ressources en biomasse

Logique dominante d'incorporation

Scénario 4 « diversité d'usages dans les territoires »

Innovation orientée par objectif de durabilité sociale, économique, environnementale, PP nation. et territ. en appui

R &D publique et privée. Diversité trajectoires et multiplicité d'acteurs selon les territoires

**Innovation organisationnelle et technique ++
Innovation sur les usages**

Combinaisons d'usages selon territoires et ressources en biomasse

Pour en savoir plus :

Contacts :

Lisa Gauvrit : lisa.gauvrit@paris.inra.fr

Olivier Mora : olivier.mora@paris.inra.fr ;