Les systèmes dédiés à la production de bois énergie

Jean-Charles Bastien — INRA

Nicolas Marron — INRA

Alain Berthelot — FCBA, Institut Technologique

Aurélie Leplus — Aile, Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement

Le rôle incontournable de la biomasse dans les années à venir

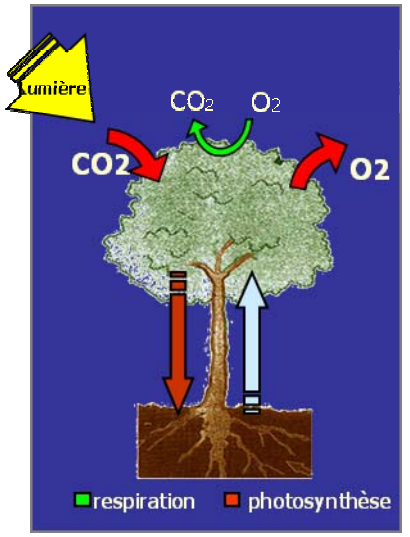
Les énergies renouvelables et la Biomasse

Face aux nouveaux enjeux …..
- *Réduction des GES*
- *Raréfaction et augmentation du prix du carbone fossile*

L'introduction d'énergies renouvelables doit s'accompagner d'une politique forte en matière d'économie d'énergie.

Parmi les énergies renouvelables, la biomasse a un statut particulier :
- Source de vecteurs énergétiques
- Source de molécules carbonées

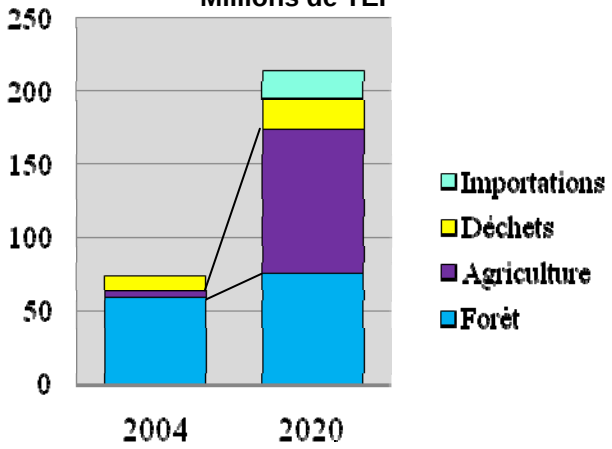
G. Gosse



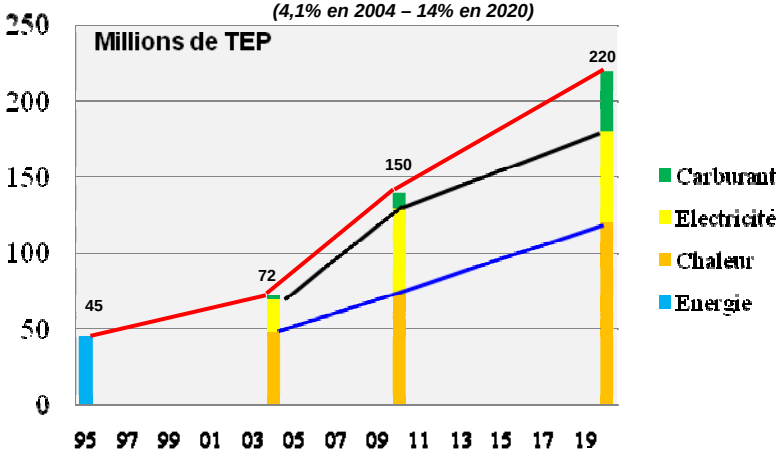
1 m³ de bois = 1 tonne de CO_2 stocké
= 0,25 tep

Perspectives européennes d'évolution de la biomasse

Projections bioénergie
2004 (UE 25) – 2020 (UE 27)
Millions de TEP



Bioénergie : projections 2020 pour chaleur, électricité et carburants
(4,1% en 2004 – 14% en 2020)



La contribution de la biomasse à la production d'énergie sera triplée en 2020

Le principal potentiel de croissance viendra de la production « agricole »

Dans l'UE des 27, 20 à 40 Mha pourraient être mobilisés pour des productions énergétiques

Source : AEBIOM

La biomasse de seconde génération, à base de lignocellulose, une voie pour diminuer la pression sur les surfaces

- **Elargir l'assiette de la ressource mobilisable: utiliser la biomasse agricole et forestière et les résidus biologiques urbains.**

- **Utiliser toute la plante**

- **Faire produire à la plante la matière première la moins élaborée pour maximiser son rendement de conversion**

- **Augmenter les rendements des plantes pérennes**

G. Gosse

Quelques travaux, en France, sur les systèmes dédiés à la production de bois énergie

Définitions et enjeux des cultures dédiées « biomasse »

« Sylviculture intensive d'arbres rejetant de souche »

- **Produire beaucoup :**
  - choix du sol,
  - matériel végétal amélioré.
- **Un matériau homogène :**
  - taux d'écorce,
  - humidité,
  - composition chimique.
- **À bon marché :**
  - taille des parcelles,
  - mécanisation,
  - circuits courts.

Définitions et enjeux

En complément de ce que fournit la forêt « classique », on peut imaginer des cultures dédiées :

→2 systèmes :

- **TCR :**
  - 1 000 à 2 000 tiges/ha,
  - rotations de 7 à 10 ans,
  - objectif : produire des petits arbres (D = 15 cm, H = 15 à 20 m),

- **TTCR :**
  - 10 000 à 15 000 tiges/ha,
  - rotations de 2 à 3 ans,
  - objectif : produire beaucoup de rejets de petites dimensions (D = 3 à 4 cm, H = 4 à 6 m),

Production : 8 à 15 tonnes MS/ha/an

Définitions et enjeux

En complément de ce que fournit la forêt « classique », on peut imaginer des cultures dédiées :

→2 systèmes :

- **TCR :**
  - 1 000 à 2 000 tiges/ha,
  - rotations de 7 à 10 ans,
  - objectif : produire des petits arbres (D = 15 cm, H = 15 à 20 m),

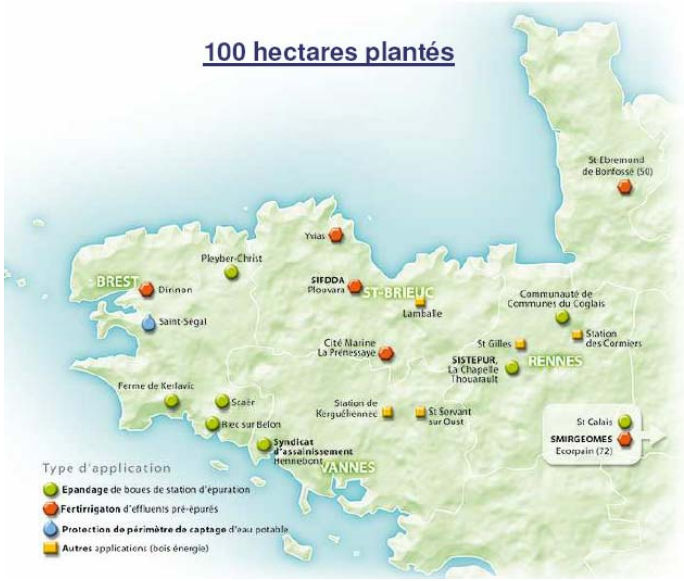
- **TTCR :**
  - 10 000 à 15 000 tiges/ha,
  - rotations de 2 à 3 ans,
  - objectif : produire beaucoup de rejets de petites dimensions (D = 3 à 4 cm, H = 4 à 6 m),

Production : 8 à 15 tonnes MS/ha/an

La biomasse au FCBA et à l'INRA…

- Près de 30 ans de recherche sur la sylviculture à vocation « biomasse »,
- Des références sur de nombreuses espèces, notamment sur Peuplier et Eucalyptus,
- Des développements industriels : TCR « papetiers » Peuplier et Eucalyptus
- Nombreux partenariats et collaborations avec d'autres « réseaux » TCR.

Le programme Life Environnement Wilwater



100 ha de taillis de saule…
pour démontrer l'intérêt environnemental et économique de cette culture au regard du contexte breton de reconquête de la qualité de l'eau.

Le choix des espèces

	Peuplier	Saule	Eucalyptus
Atouts	- Facilité de plantation - Productivité		- Rusticité - Productivité - Bonne valorisation des terrains délaissés
Limites	- Exigences édaphiques fortes - Bonne disponibilité en eau		- Faible tolérance au calcaire - Relative sensibilité au gel
État des réalisations	- France : 400 ha de TCR papetier + quelques ha de TTCR - Europe : 6 000 ha TTCR en Italie - USA : 370 000 ha	- France : 300 ha - Pologne : 2 000 ha - Roumanie : 2 500 ha - UK : 3 000 ha - Suède : 20 000 ha	- France : 1 500 ha TCR - Europe : 1 M ha TCR (Espagne et Portugal)

D’autres espèces à fort potentiel

Feuillus (TCR / TTCR)

- Robinier
- Aulne
- Châtaignier
- Tremble
- Chêne rouge
- Charme, bouleau, érable…

Résineux (FCR)

- Douglas
- Mélèze hybride
- Pin maritime
- Cupressocyparis
- Sequoia sempervirens (TCR / FCR)

Châtaignier

Robinier

Douglas

Cupressocyparis

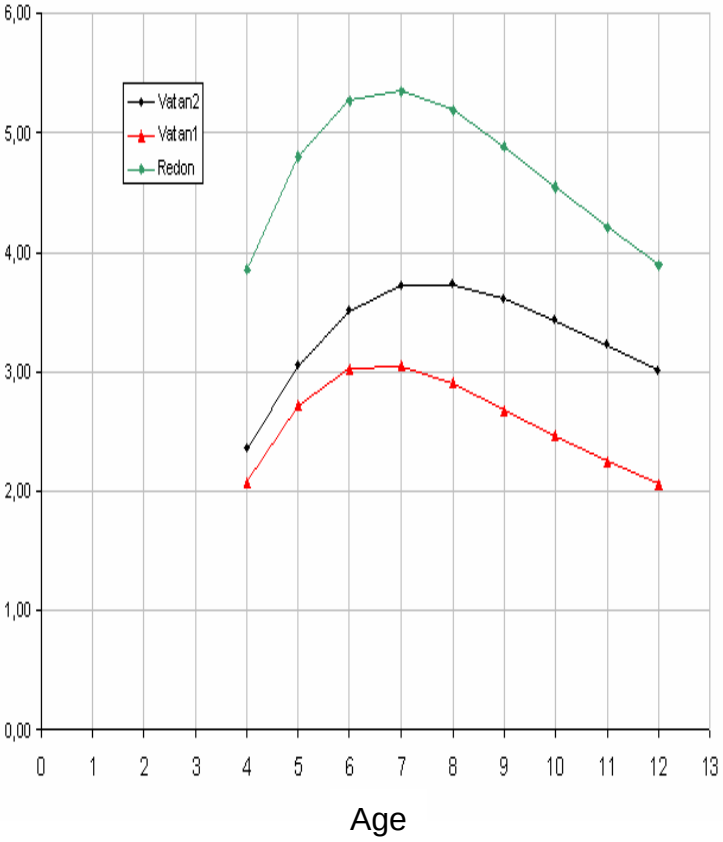
Mélèze

Quelques résultats sur Peuplier et Saule

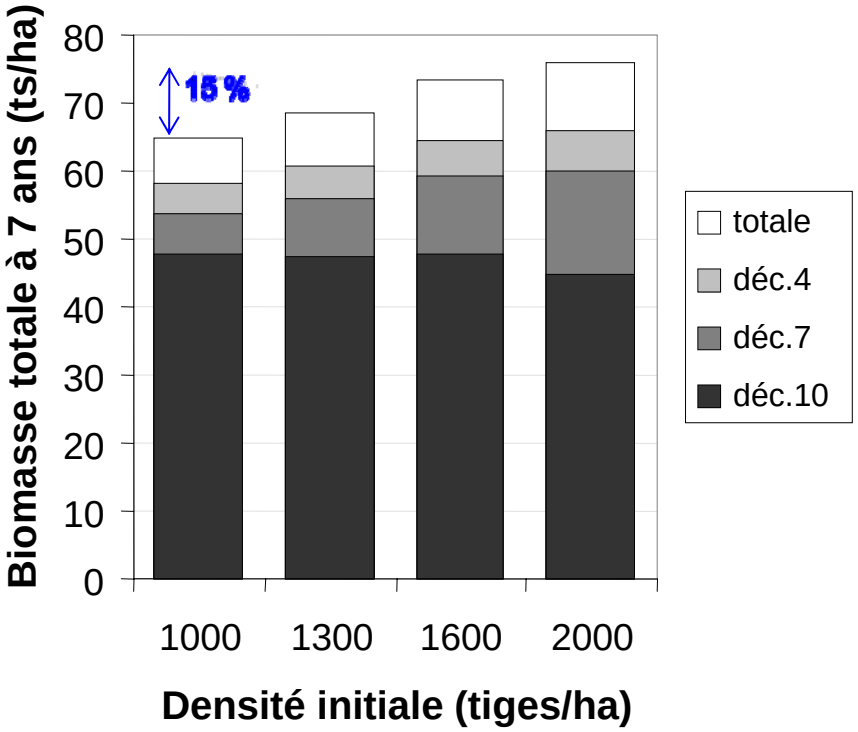
- ***Densité de plantation***
- ***Longueur des rotations***
- ***Choix du matériel végétal***

TCR - une densité de plantation à optimiser en fonction de la durée de rotation et de la dimension unitaire des tiges attendue

Gain annuel en poids sec par arbre (kg)



Biomasse totale et à différente découpe à 7 ans en fonction de la densité..



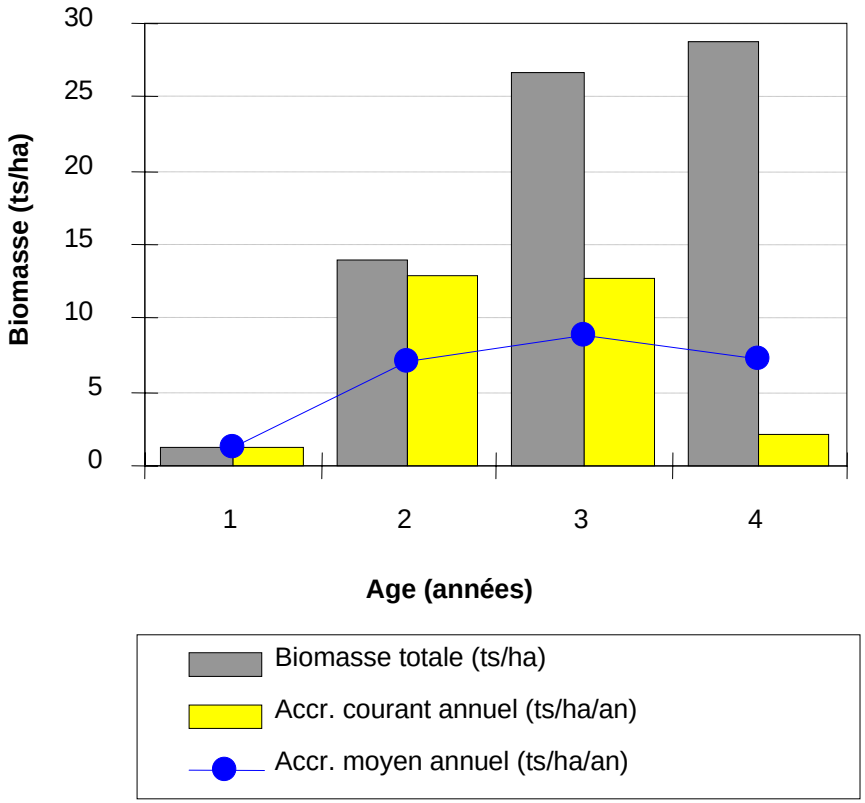
Moyenne de 5 essais de 1000 à 2000 tiges/ha

Potentiel de production des TTCR

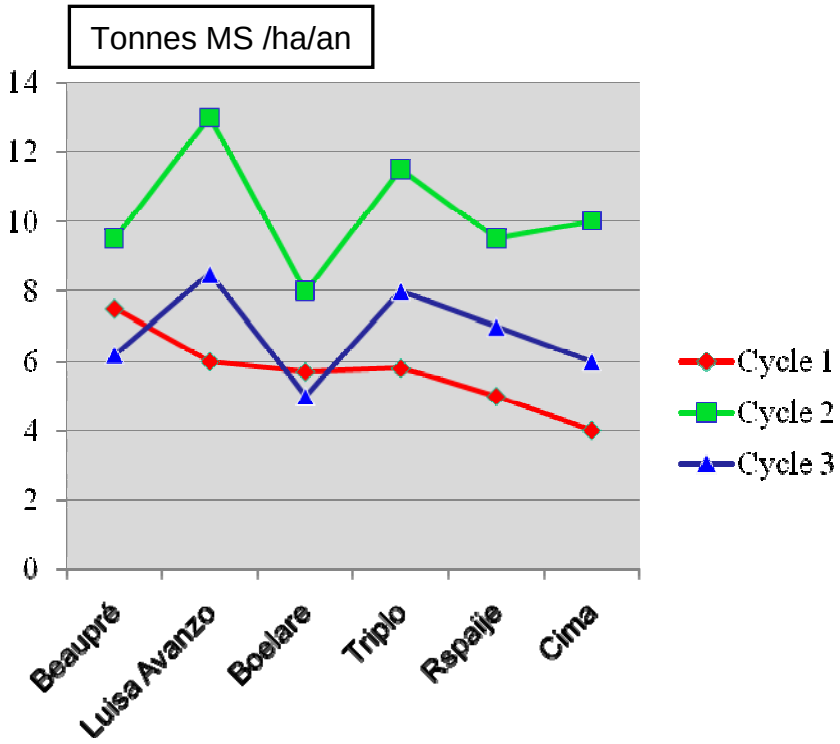
Clone Beaupré

(Savigny sur Ardres – 51)

Biomasse totale en 1ère rotation



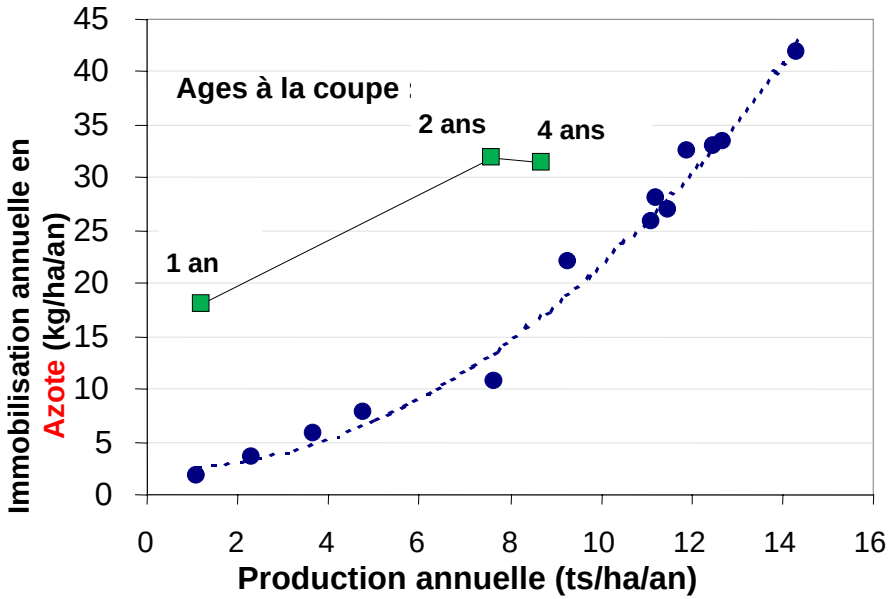
Rendement des 3 premiers cycles de production



Les TTCR produisent plus rapidement mais exigent plus d'éléments minéraux que les TCR

Source FCBA

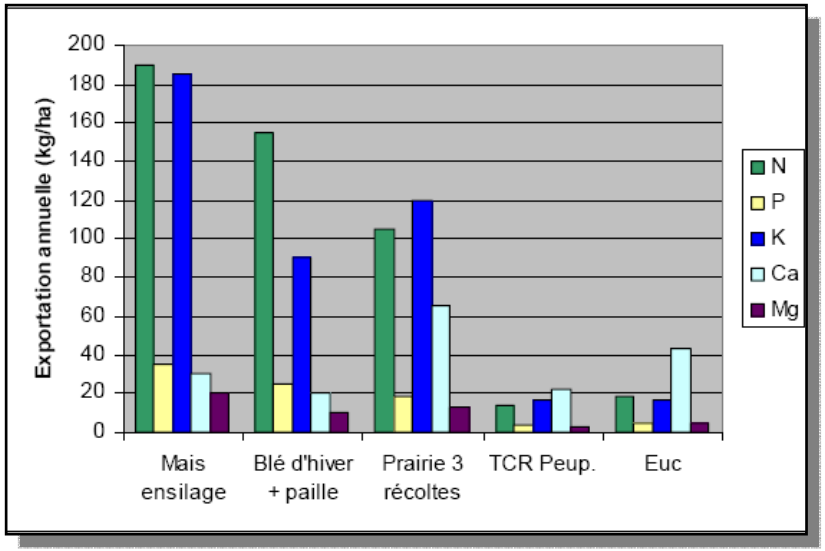
Relation entre production annuelle de biomasse totale et immobilisations annuelles en azote.



multiples parcelles de TCR (7 - 10 ans)

parcelles de TTCR de Savigny (1 - 4 ans)

Les exportations d'un TCR restent faibles comparées aux grandes cultures

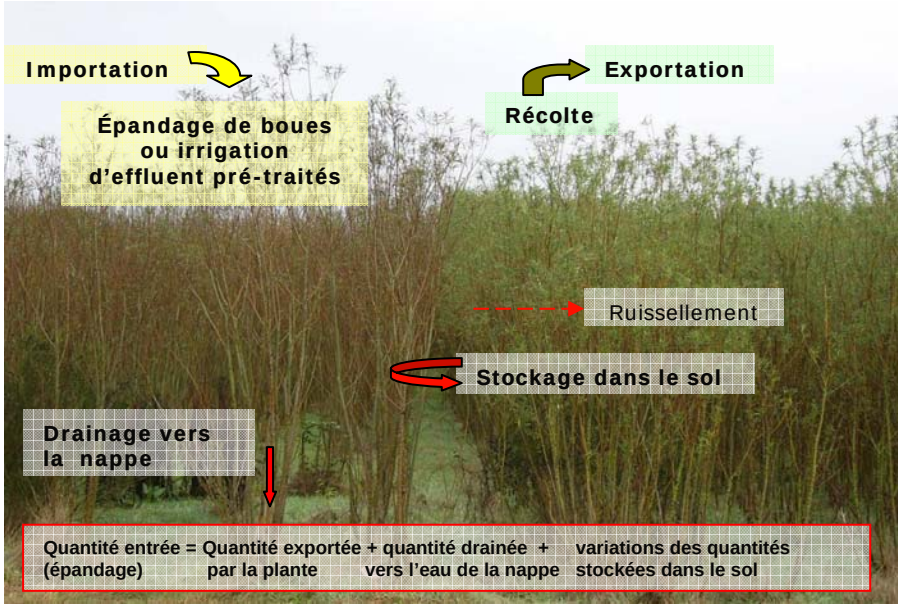


Incorporer une autre fonction : génie écologique

Exemples

• Traitement d'eaux usées par TTCR de saule.

1 ha de saule produisant 10 à 15 t MS/ha/an peut exporter ***60 à 80 Kg*** *d'azote par ha et par an.*



Source AILE - IDF

• Phytoextraction d'ETM par des clones de Peuplier

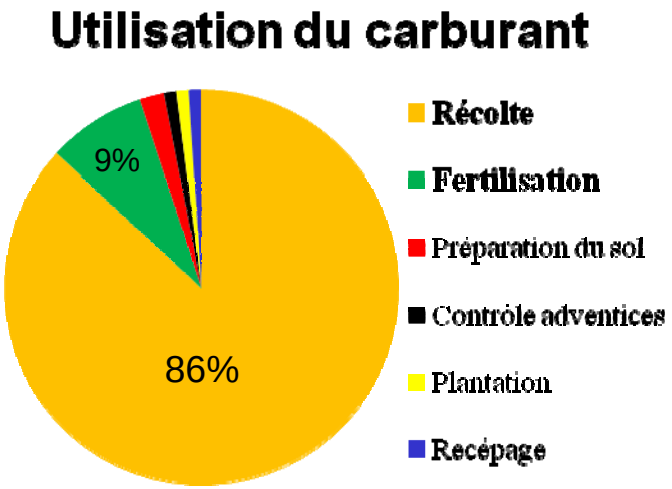
Les capacités phytoextractives varient beaucoup selon les clones

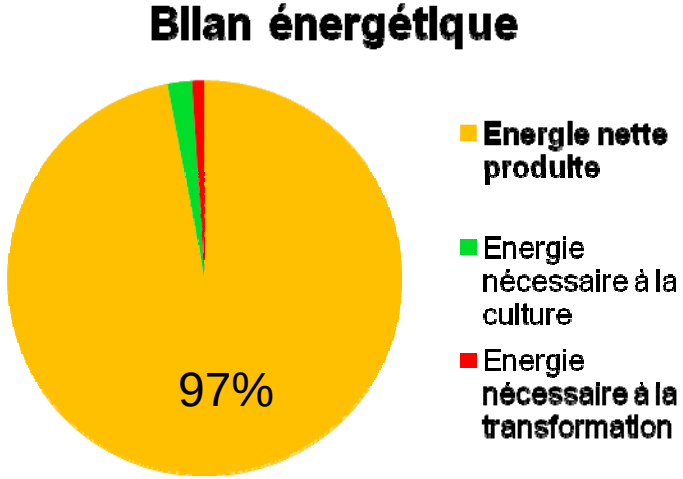
Source R. CEULEMANS

Clones	Al (g/ha)	Cd (g/ha)	Zn (g/ha)
Balsam Spire (TB)	8,7	**0,57**	19,8
Fritzi Paulley (T)	**13,9**	0,13	13,9
Gaver (DN)	1,5	0,43	6,0
Hazendans (TD)	3,2	0,16	9,2
Trichobel (TT)	5,5	0,12	9,8
Wolterson (N)	5,9	0,47	**24,2**

Bilan énergétique d'un TTCR de Saule

Source AILE





Efficacité énergétique

TTCR	Maïs Méthanisation	Colza Huile végétale	Colza Biodiesel	Betterave Ethanol
32	5	4,5	3	2

- **1 ha de TTCR** « efficace » de saule produit, chaque année, **12 tonnes** de matière sèche
- soit une énergie primaire de **5 tep**
- soit **58 Mwh** (puissance permettant de chauffer un réseau de 5 logements)

Approche économique de la culture de TCR

Source FCBA

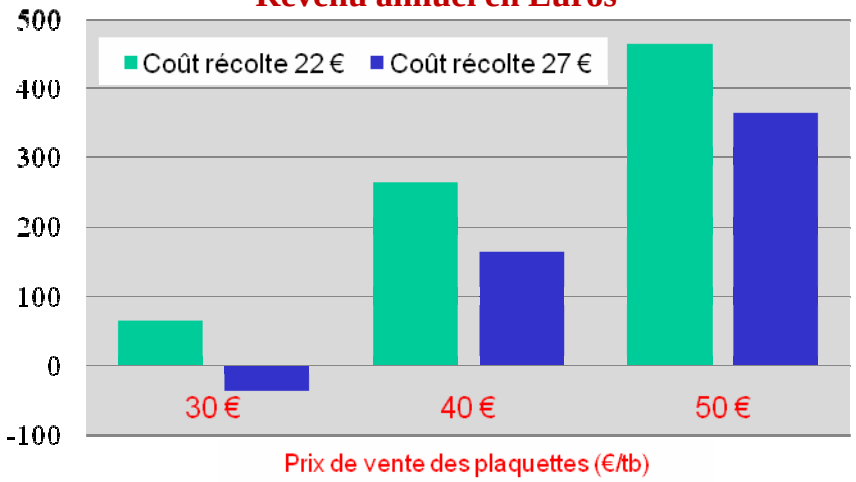
Hypothèses TCR :

- Rendement 140 tb à 7 ans (10 ts/ha/an)
- Coût d'installation : 1 700 €/ha
- Coût de récolte : 22 ou 27 €/tb
- Prix de vente des plaquettes : 30, 40 ou 50 €/tb, bord de parcelle.

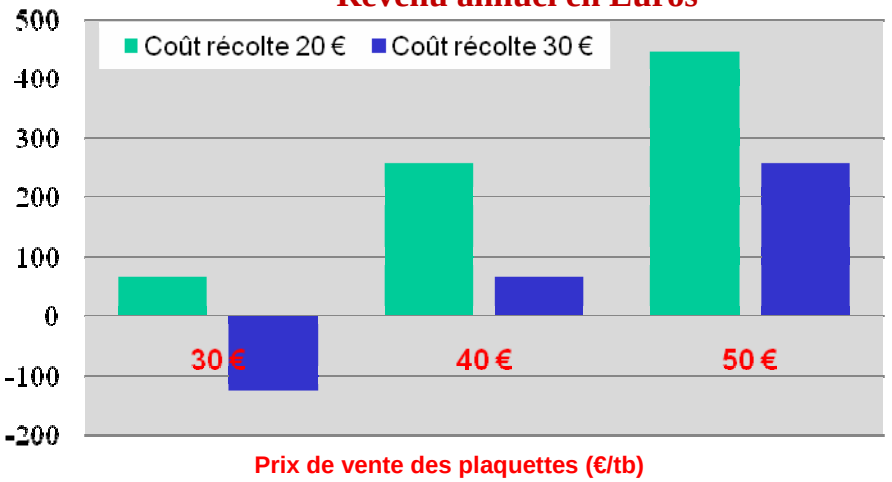
Hypothèses TTCR :

- Rendement 40 tb à 2 ans (10 ts/ha/an),
- Coût d'installation : 2 600 €/ha,
- Coût de récolte : 20 ou 30 €/tb
- Prix de vente des plaquettes : 30, 40 ou 50 €/tb, bord de parcelle.

Bilan à 21 ans par ha (3 récoltes)
Revenu annuel en Euros



Bilan à 21 ans par ha (10 récoltes)
Revenu annuel en Euros



Recherche et développement sur les cultures dédiées à la production de bois énergie

Besoins de recherche et développement sur les cultures dédiées à la production de bois énergie

- Amélioration du matériel végétal
- Bilans en eau et éléments minéraux
- Impacts : biodiversité, sols, paysages
- Logistique : récolte, stockage, prétraitement
- Bilans économiques et énergétiques
- Communication

Quelques projets de recherche en cours …

Expertises collectives

Projet	Calendrier	Coordination	Objectifs généraux
ARP VegA	**2008 2010**	**INRA**	État de l'art et pistes de recherche sur les espèces végétales et les voies métaboliques d'intérêt, pour produire durablement des biocarburants et des molécules pour la chimie du végétal
RMT Biomasse	**2008 2012**	**CRA Picardie**	Connaissance de la demande des filières Biomasse, Gisements et sources candidates, Intégration de la production dans les systèmes de culture, Impact environnemental, social et territorial

Quelques projets de recherche en cours …

Amélioration génétique et création variétale

Projet	Calendrier	Coordination	Objectifs généraux
ARP VegA	2008 2010	INRA	État de l'art et pistes de recherche sur les espèces végétales et les voies métaboliques d'intérêt, pour produire durablement des biocarburants et des molécules pour la chimie du végétal
RMT Biomasse	2008 2012	CRA Picardie	Connaissance de la demande des filières Biomasse, Gisements et sources candidates, Intégration de la production dans les systèmes de culture, Impact environnemental, social et territorial
PNRB Regix	2006 2009	GIE Arvalis - Onidol	Bases documentaires sur les sources de biomasse d'origine agricole et/ou forestière / Création d'un réseau expérimental / Caractérisation de la biomasse produite
EU FP7 Energy Poplar	2008 2011	INRA F Martin	Déterminismes génétique, cellulaires et moléculaires de la formation du bois de Peuplier en vue d'améliorer ses propriétés pour la production de bioéthanol

Quelques projets de recherche en cours …

Logistique et transformation des produits

Projet	Calendrier	Coordination	Objectifs généraux
ARP VegA	2008 2010	INRA	État de l'art et pistes de recherche sur les espèces végétales et les voies métaboliques d'intérêt, pour produire durablement des biocarburants et des molécules pour la chimie du végétal
RMT Biomasse	2008 2012	CRA Picardie	Connaissance de la demande des filières Biomasse, Gisements et sources candidates, Intégration de la production dans les systèmes de culture, Impact environnemental, social et territorial
PNRB Regix	2006 2009	GIE Arvalis - Onidol	Bases documentaires sur les sources de biomasse d'origine agricole et/ou forestière / Création d'un réseau expérimental / Caractérisation de la biomasse produite
EU FP7 Energy Poplar	2008 2011	INRA F Martin	Déterminismes génétique, cellulaires et moléculaires de la formation du bois de Peuplier en vue d'améliorer ses propriétés pour la production de bioéthanol
ERA-Net Bioenergy CREFF	2008 2011	INRA N Marron	Améliorer la chaine de « production – exploitation – conditionnement » pour les TCR de faible surface et/ou implantés sur sites marginaux
FUTUROL	2008 2013	SAS PROCETHOL 2G	Mise sur le marché de la licence d'un procédé durable et compétitif de production d'éthanol « 2ème génération » par voie biologique à l'horizon 2015

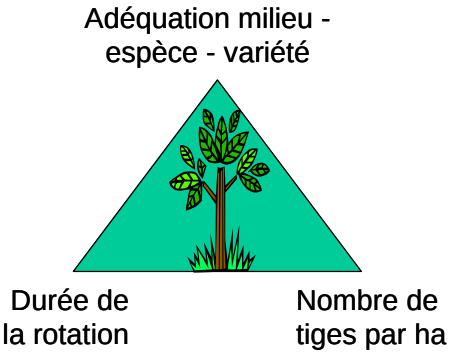
Quelques projets de recherche en cours …

Conduite de plantation et rémédiation

Projet	Calendrier	Coordination	Objectifs généraux
ARP VegA	2008 2010	INRA	État de l'art et pistes de recherche sur les espèces végétales et les voies métaboliques d'intérêt, pour produire durablement des biocarburants et des molécules pour la chimie du végétal
RMT Biomasse	2008 2012	CRA Picardie	Connaissance de la demande des filières Biomasse, Gisements et sources candidates, Intégration de la production dans les systèmes de culture, Impact environnemental, social et territorial
PNRB Regix	2006 2009	GIE Arvalis - Onidol	Bases documentaires sur les sources de biomasse d'origine agricole et/ou forestière / Création d'un réseau expérimental / Caractérisation de la biomasse produite
EU FP7 Energy Poplar	2008 2011	INRA F Martin	Déterminismes génétique, cellulaires et moléculaires de la formation du bois de Peuplier en vue d'améliorer ses propriétés pour la production de bioéthanol
ERA-Net Bioenergy CREFF	2008 2011	INRA N Marron	Améliorer la chaine de « production – exploitation – conditionnement » pour les TCR de faible surface et/ou implantés sur sites marginaux
FUTUROL	2008 2013		Mise sur le marché de la licence d'un procédé durable et compétitif de production d'éthanol « 2ème génération » par voie biologique à l'horizon 2015
ANR SYLVABIOM	2009 2012	INRA JC Bastien	Impacts des facteurs cultural, génétique et pédoclimatique sur la productivité et les efficiences d'utilisation de l'eau et des nutriments de cultures ligneuses à courte rotation
Enerbio OPTIMAL	2009 2011	FCBA	Bilan hydrique et modélisation des exportations minérales en fonction de l'âge et du mode de conduite, de FCR, TCR et TTCR de pin et d'eucalyptus dans le sud-ouest de la France

Conclusion

- ***Techniquement***
  - choix du système de culture : TCR vs. TTCR (vs FCR ?)
  - à moduler en fonction de la qualité de la biomasse recherchée,
  - diminuer les coûts des itinéraires techniques,
  - des variétés spécialisées « biomasse » (GIS Peuplier) ?
- ***Économiquement***
  - éligible dans la PAC (cultures énergétiques, DPU)
  - un équilibre économique incertain, aujourd'hui, pour la seule valorisation plaquettes ☞ associer une fonction écologique
- ***Socialement***
  - acceptabilité dans les exploitations agricoles ?
  - acceptabilité « grand public » de ces nouvelles « cultures » ?



Merci de votre attention