

Potentiel de production de biomasse totale d'espèces ligneuses à croissance rapide cultivées en futaie à courte révolution



Jean-Charles BASTIEN
Guillaume BODINEAU
Jean GAUVIN
Céline GERSTCH



Alain BERTHELOT
Nicolas EISNER
Thierry FAUCONNIER
Jean-Yves GAUTRY
Patrice MAINE

Contexte

- Des surfaces considérables, impropres aux T(T)CR, peuvent produire de la biomasse ligneuse à courte rotation
- Il existe des espèces forestières à croissance rapide susceptibles de produire de la biomasse ligneuse sur une rotation de 20 à 30 ans dans le cadre d'une sylviculture dédiée ou semi-dédiée
- Des références existent sur leur production en volume mais peu de références existent sur leur potentiel de production en « biomasse » dans le cadre de révolutions courtes

Objectifs de la tâche 2

1. Identifier, au sein des réseaux expérimentaux, les parcelles expérimentales pouvant être assimilées à des plantations d'espèces ligneuses destinées à des fins
2. Construire des tarifs de volume et de biomasse compartimentés (bois, écorce, tronc, cime et branches) sur échantillons d'arbres abattus pour estimer la production de biomasse à l'échelle de la parcelle entière
3. Comparer les effets du site et de la densité de plantation sur la production en biomasse
4. Evaluer de manière préliminaire les perspectives d'augmentation de la production de biomasse par sélection génétique

Choix des espèces et des sites

1. Recensement au sein des réseaux expérimentaux FCBA et INRA de parcelles âgées de 15 à 30 ans :

→ *384 essais concernant une trentaine d'espèces*

2. Sélection d'espèces sur :

- Importance / potentiel en France
- Contenu génétique
- Âge des tests, localisation, traitements sylvicoles

→ *Espèces retenues :*

Douglas

Sapin de Vancouver

Epicéa de Sitka

Sequoia sempervirens

Mélèze hybride

Cyprès de Leyland

Cryptomère du Japon

Robinier

Choix des espèces et des sites

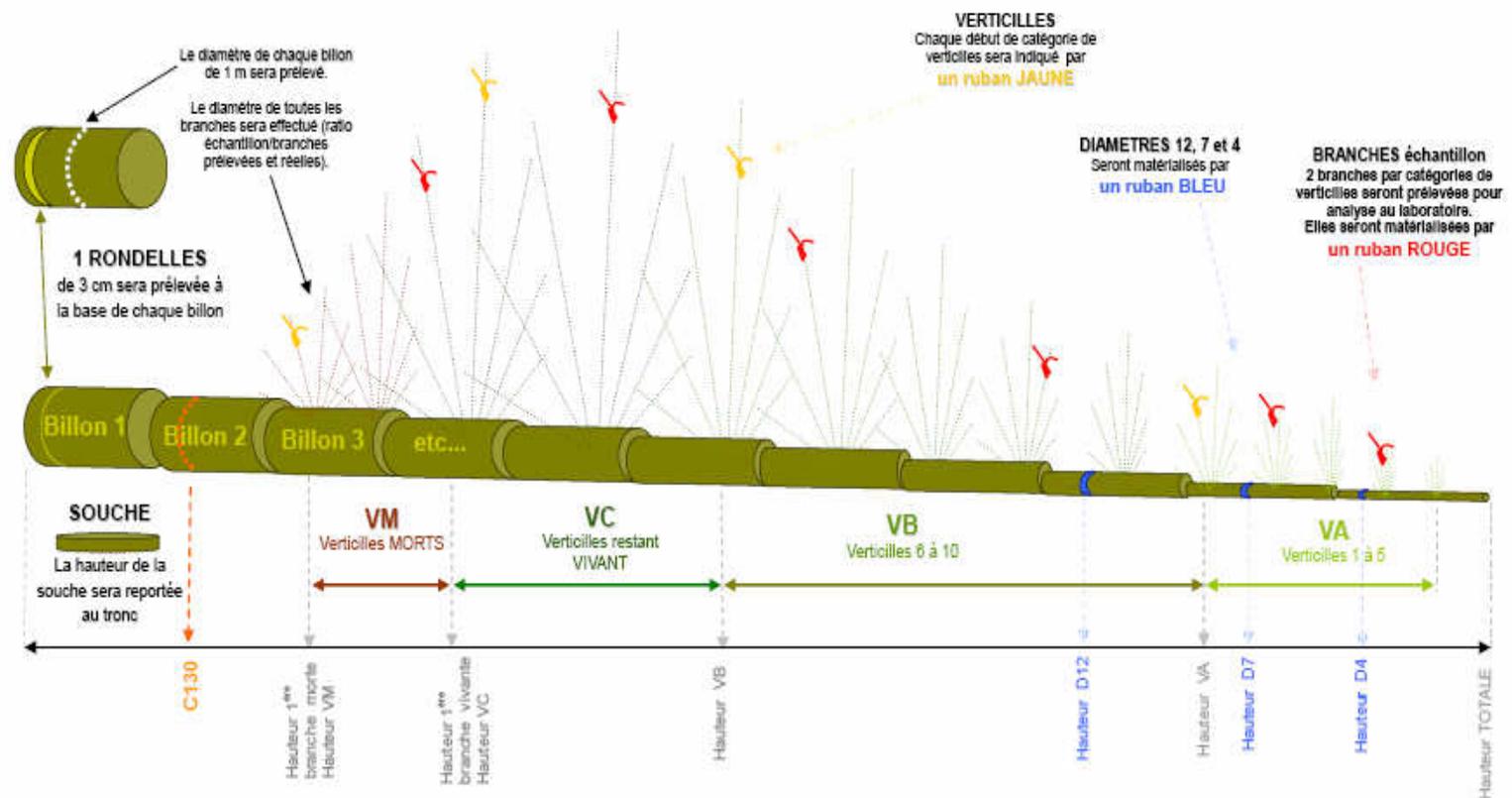
Localisation des 15 parcelles retenues pour construction de tarifs biomasse

- *Douglas*
- *Sapin de Vancouver*
- *Epicéa de Sitka*
- *Sequoia sempervirens*
- *Mélèze hybride*
- *Cyprès de Leyland*
- *Cryptomère du Japon*
- *Robinier*



Mesures réalisées dans chaque site

1. Mesure de circonférence 1,30m de tous les arbres puis sélection de 12 à 30 arbres représentatifs de toutes les classes de circonférence.
2. Mesure de biomasse fraîche par compartiments après abattage des arbres sélectionnés.





Mesures réalisées dans chaque site

3. Mesure de biomasse sèche par compartiment sur échantillons après évaluation de leur teneur en eau.



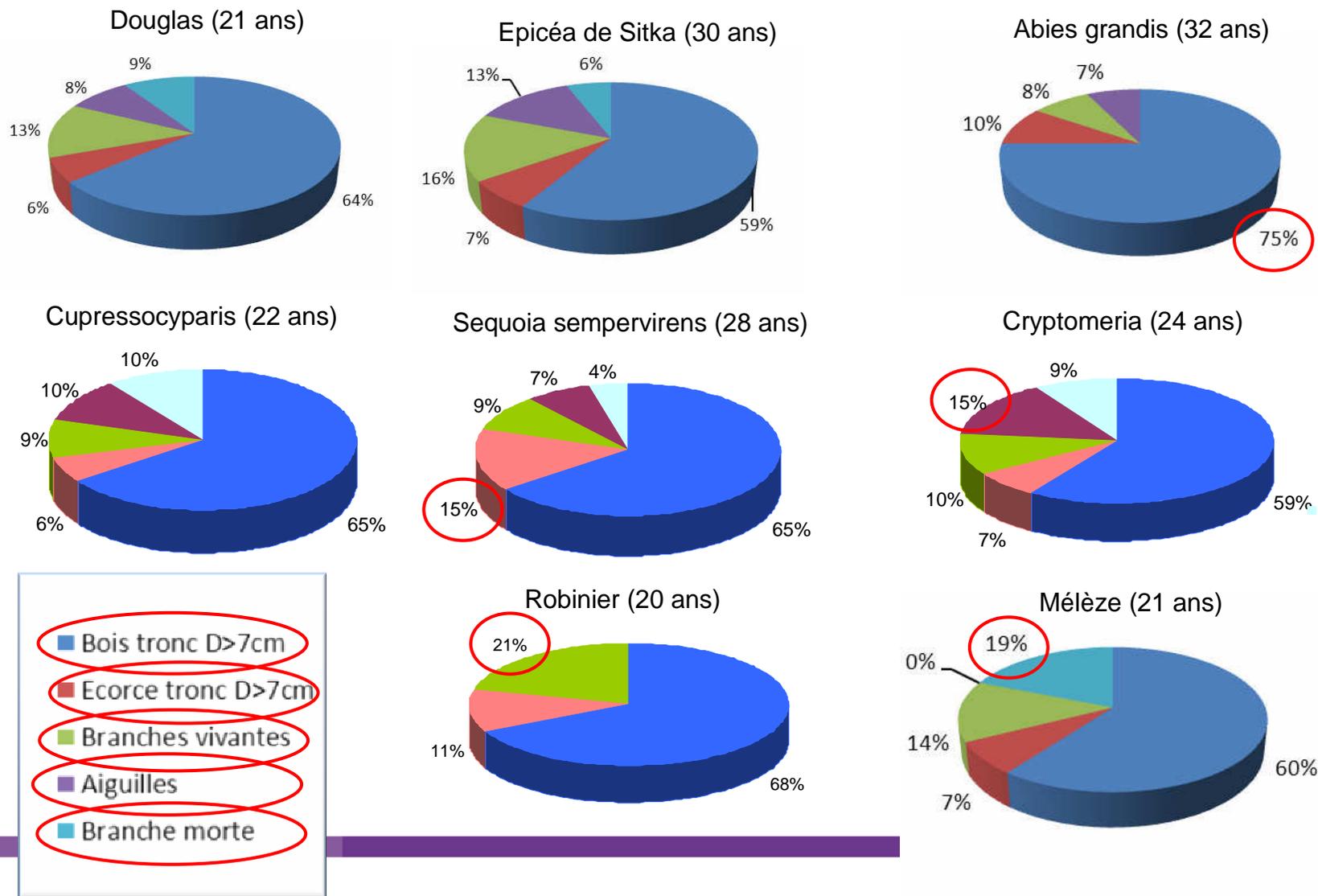
4. Pour Douglas, Mélèze, Sequoia et Cupressocyparis, broyage d'échantillons représentatifs de chaque compartiment pour mesure de leur teneur en éléments minéraux (MIRS – BEF).



5. Construction des relations circonférence à 1,30m - biomasse de chaque compartiment et biomasse totale

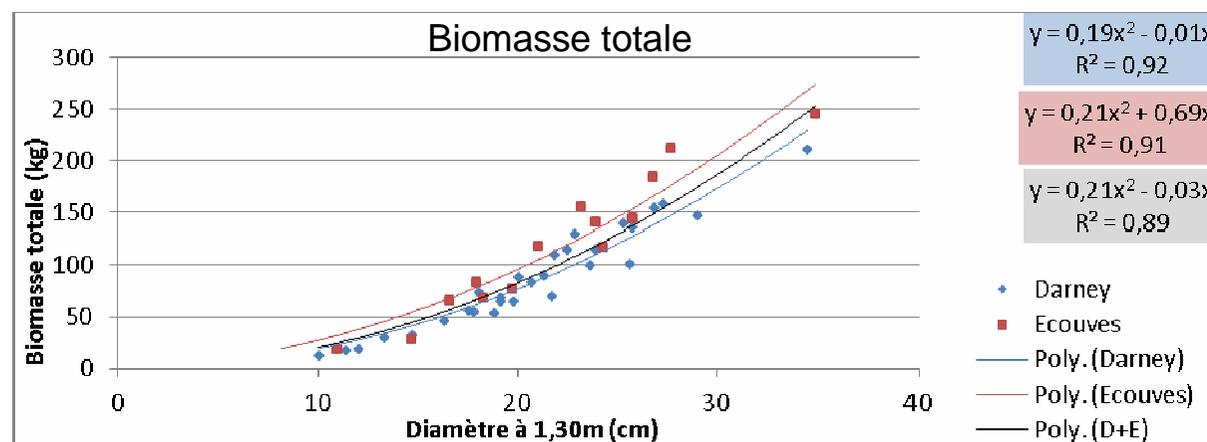
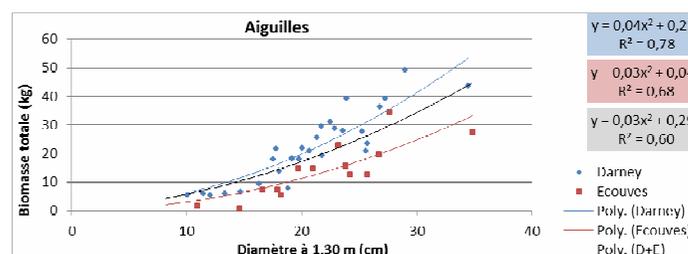
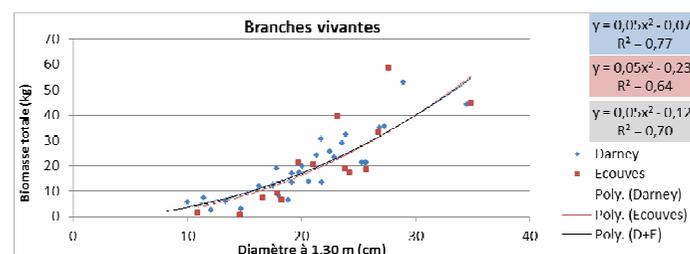
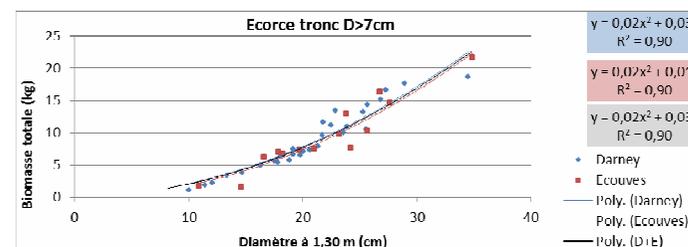
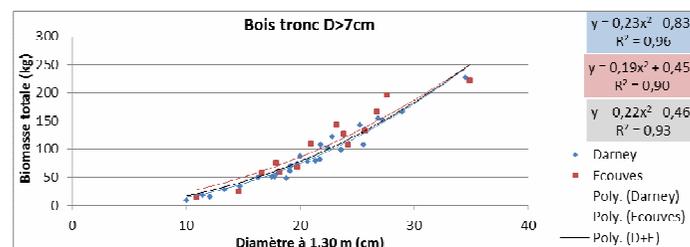
6. Estimation de la biomasse de chaque arbre de la parcelle à partir de son diamètre mesuré à 1,30 et de la biomasse produite à l'échelle de la parcelle entière.

Ventilation de la biomasse par compartiment



Tarifs biomasse par compartiment

Ex : Douglas (Darney – Ecouves)



Effet de la densité sur la production de biomasse

Ex : *Mélèze hybride* (Ste Geneviève en Bray)

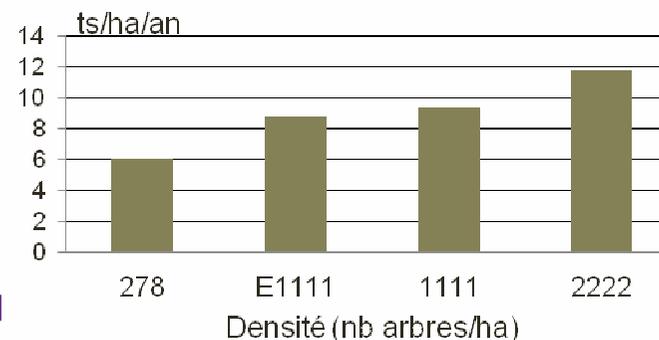
- Dispositif en CCT plot (*Correlative Curve Trend*), installé en février 1989
- Trois densités de plantation : 278, 1111 et 2222 tiges/ha.
- Et une densité de 480 tiges/ha résultant d'une éclaircie en mars 1998 (9 ans), dans l'une des parcelles initialement plantées à 1111 tiges/ha (notée E1111).



- Production en volume

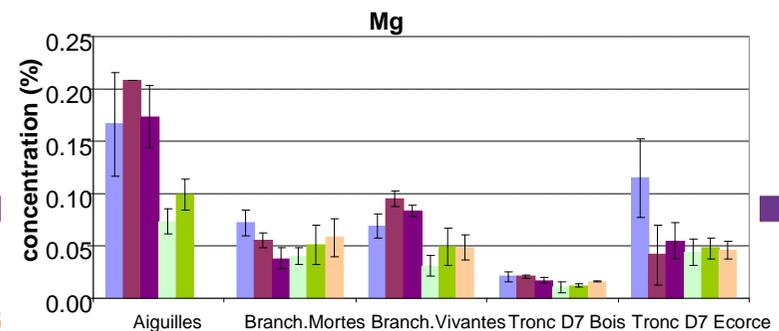
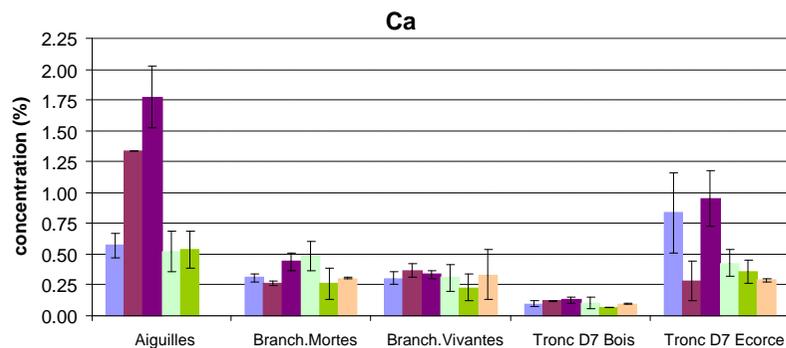
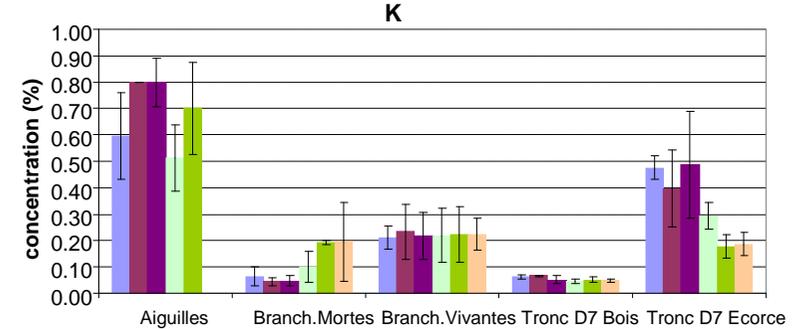
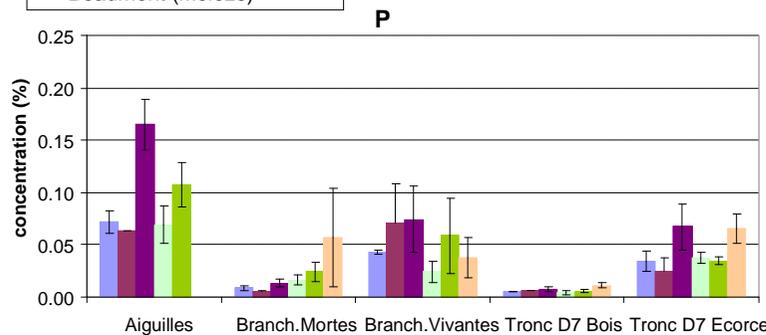
| | | | | |
|---|------|-------|------|------|
| Densité initiale (tiges/ha) | 278 | E1111 | 1111 | 2222 |
| Densité sur pied à 21 ans | 230 | 480 | 744 | 1308 |
| Circonférence moyenne (mm) | 1092 | 937 | 835 | 747 |
| Hauteur moyenne (m) | 33 | 29 | 26 | 23 |
| Volume unitaire moyen D>7 (m ³) | 1,27 | 0,88 | 0,65 | 0,50 |
| Volume D>7 (m ³ /ha) | 292 | 499 | 481 | 647 |
| (m ³ /ha/an) | 13,9 | 23,8 | 22,9 | 30,8 |

- Production en biomasse



Production de biomasse et exportations minérales

- Espèces étudiées :
 - Cupressocyparis leylandii : St Avé (56)
 - Sequoia sempervirens : Tarascon (13) et Bel Air (16)
 - Douglas : Darney (88) et Ecouves (61)
 - Mélèze : Beaumont (87)
- Quatre éléments analysés : P, K, Ca et Mg

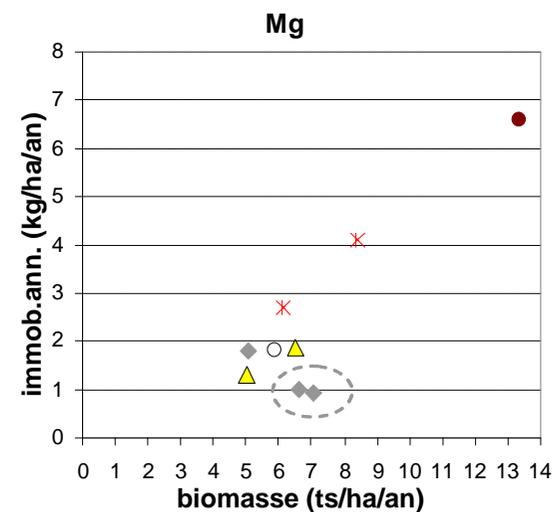
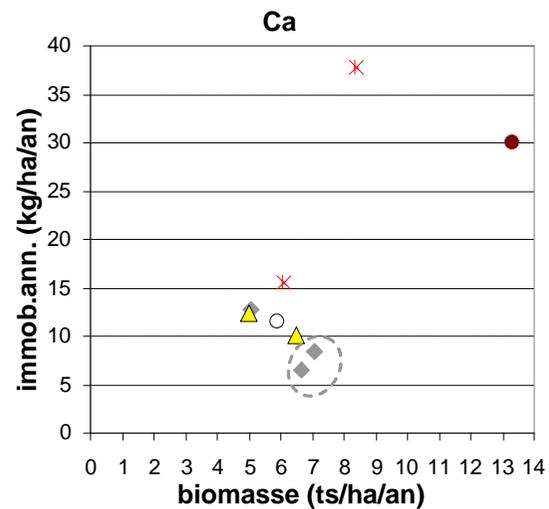
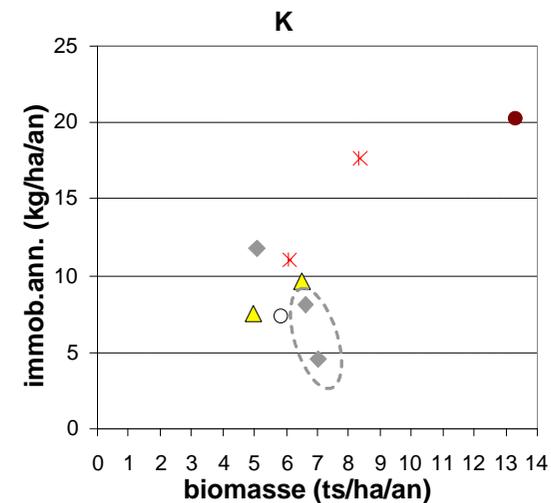
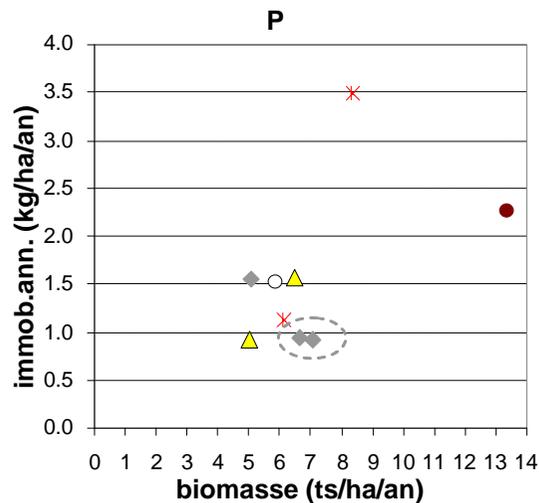


Production de biomasse et exportations

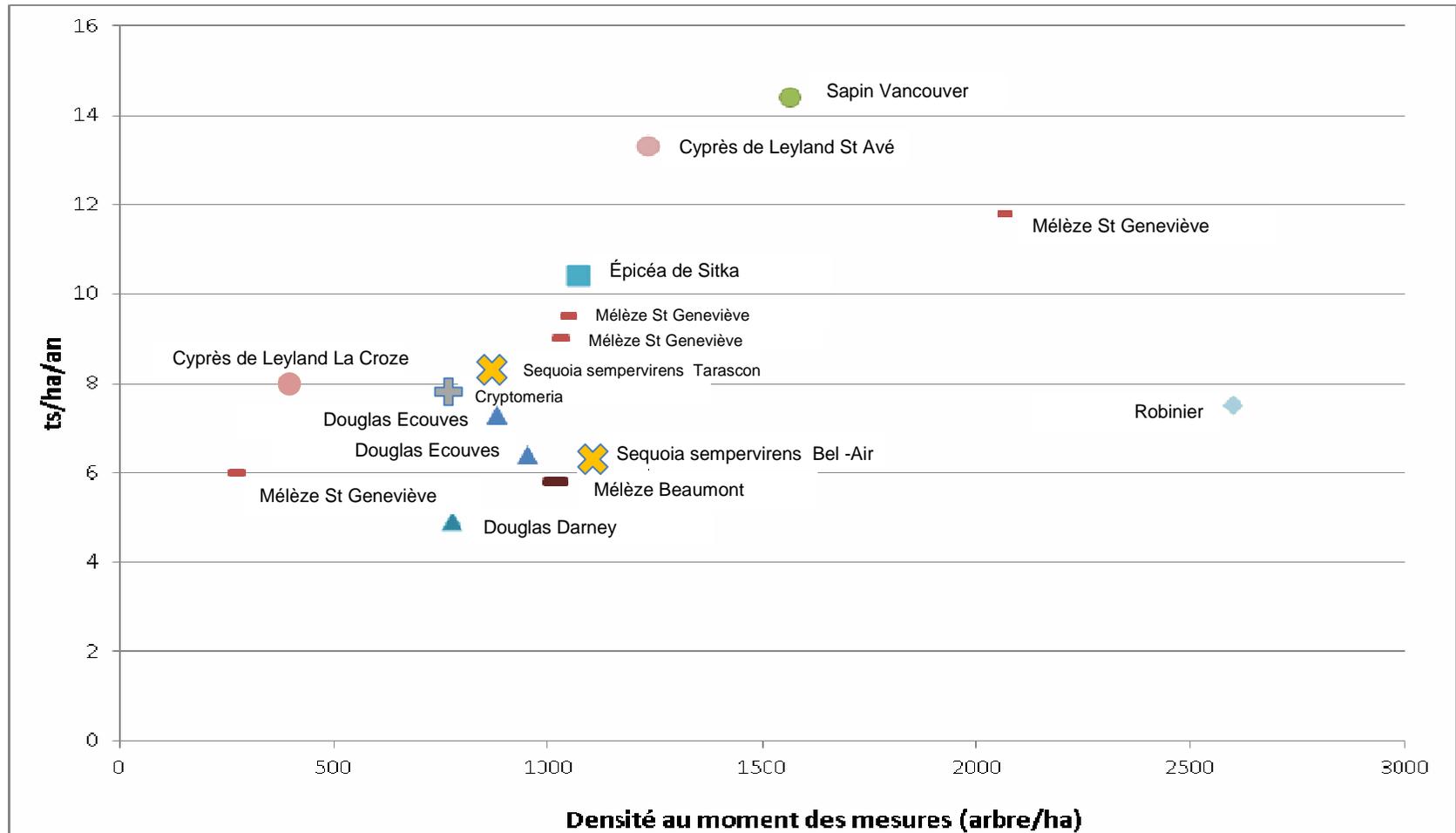
minérales

Immobilisations annuelles en fonction de l'accroissement annuel en biomasse

- ◆ Douglas (Ranger 95)
- ▲ Douglas
- Mélèze
- ✕ Sequoia sempervirens.
- Cupressocyparis leylandii



Bilan sur la production de biomasse d'espèces à croissance rapide en FCR



Bilan sur la production de biomasse d'espèces à croissance rapide en FCR

| Espèce | Age | Nb tiges/ha | Eclaircie | Production moy. (ts/ha/an) | Production (ICIF) |
|---------------------------|-----|-------------|-----------|----------------------------|-------------------|
| Douglas | 21 | 1100 | Oui | 4,5 – 7,3 | 6 - 10 |
| Robinier | 20 | 2600 | Non | 7,5 | |
| Cryptomère du Japon | 24 | 1250 | Oui | 7,8 | 4 - 9 |
| Sequoia sempervirens | 27 | 1250 | Non | 6,3 – 8,3 | 6 - 11 |
| Mélèze | 21 | 278 - 2222 | Non | 6,0 – 11,8 | |
| Épicéa de Sitka | 30 | 2222 | Non | 10,4 | |
| Cupressocyparis leylandii | 22 | 1000 – 1235 | Non | 8,0 - 13,3 | 8 - 12 |
| Abies grandis | 32 | 1666 | Oui | 14,4 | |

ICIF : projet (ONF/Futurol) : Itinéraires de Cultures Intensives en Forêt pour la production de biomasse sur sols acides

Berthelot A., Bouvet A., Da Silva Perez D., 2013 . « État de l'art sur l'installation de cultures dédiées biomasse en forêt ». Rapport final du Volet 1a

Perspective d'amélioration de la production de biomasse ligneuse en FCR par sélection génétique

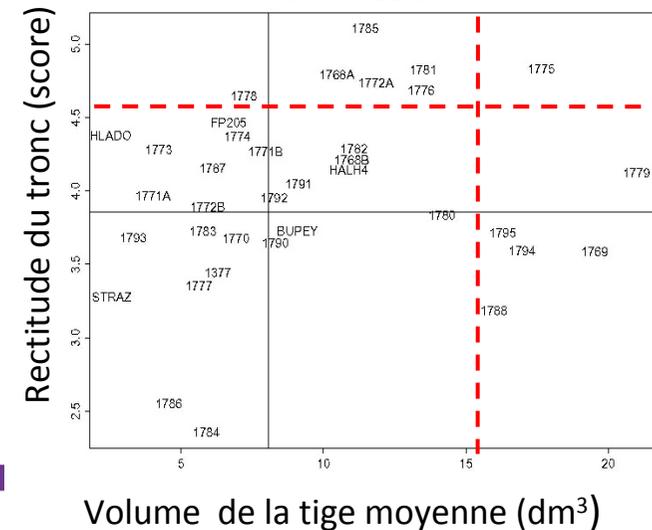
Contexte

- Dans le cadre des programmes d'amélioration pour le bois d'œuvre, INRA et FCBA testent des centaines de génotypes.
- Il existe une variabilité considérable entre génotypes pour la plupart des caractères.
- Pour les variétés à vocation « bois d'œuvre », il faut souvent faire des compromis sur les gains génétiques du fait de la prise en compte simultanée de plusieurs caractères parfois corrélés défavorablement.

Test de provenances de Douglas
Peyrat le Château – 23 ans



Test de descendance de Mélèze hybride
Ahun – 11 ans



Objectif et matériel végétal

Objectif :

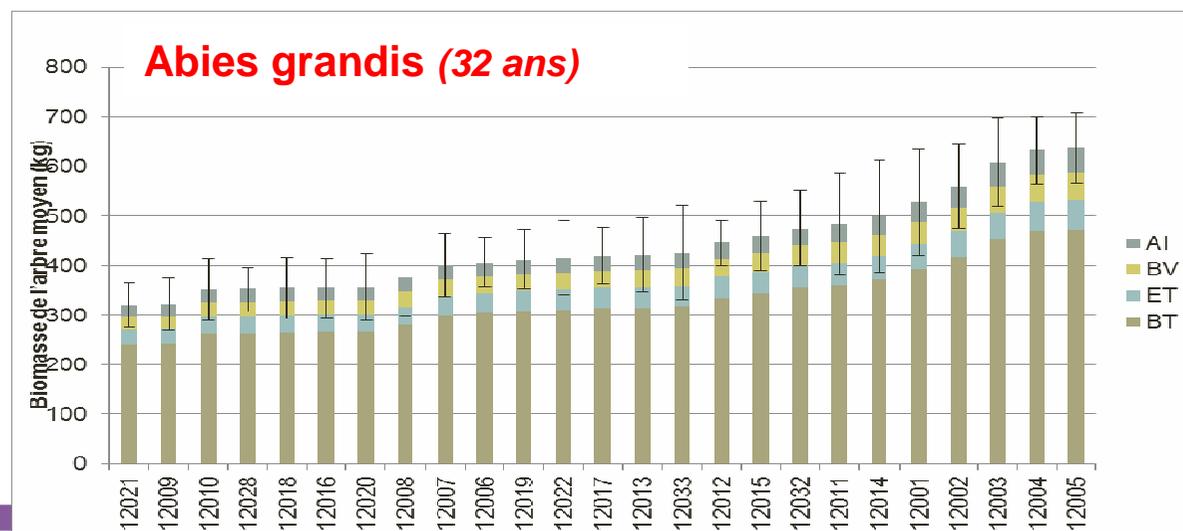
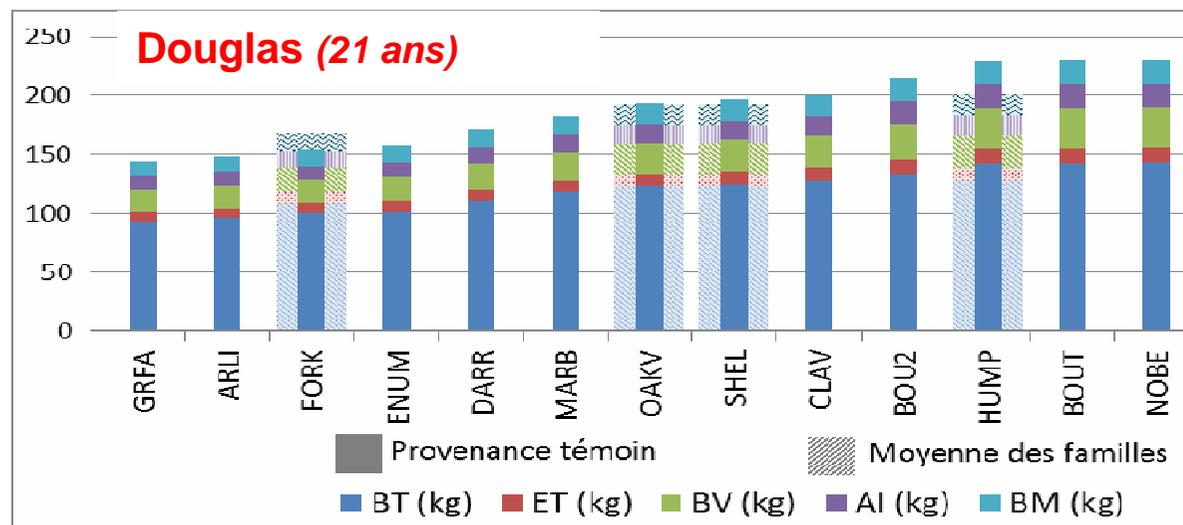
Utiliser les tarifs biomasse construits pour chaque espèce pour évaluer la production en biomasse compartimentée par unité génétique ou groupes d'unités génétiques, permettant ainsi d'estimer les gains génétiques réalisables sur la production de biomasse.

Matériel végétal :

- Sapin de Vancouver (provenances)
- Epicéa de Sitka (provenances et clones)
- Douglas (provenances, familles et clones)
- Mélèze (familles intra et interspécifiques)
- Sequoia sempervirens (clones)

Quelques résultats au niveau provenance

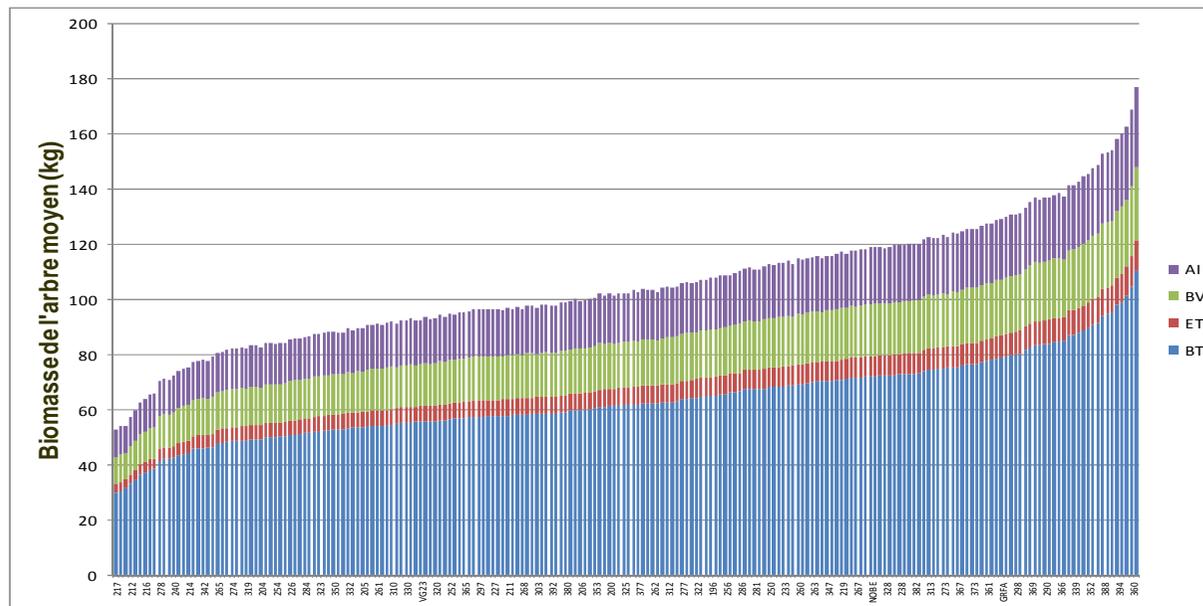
Biomasse de l'arbre moyen (kg)



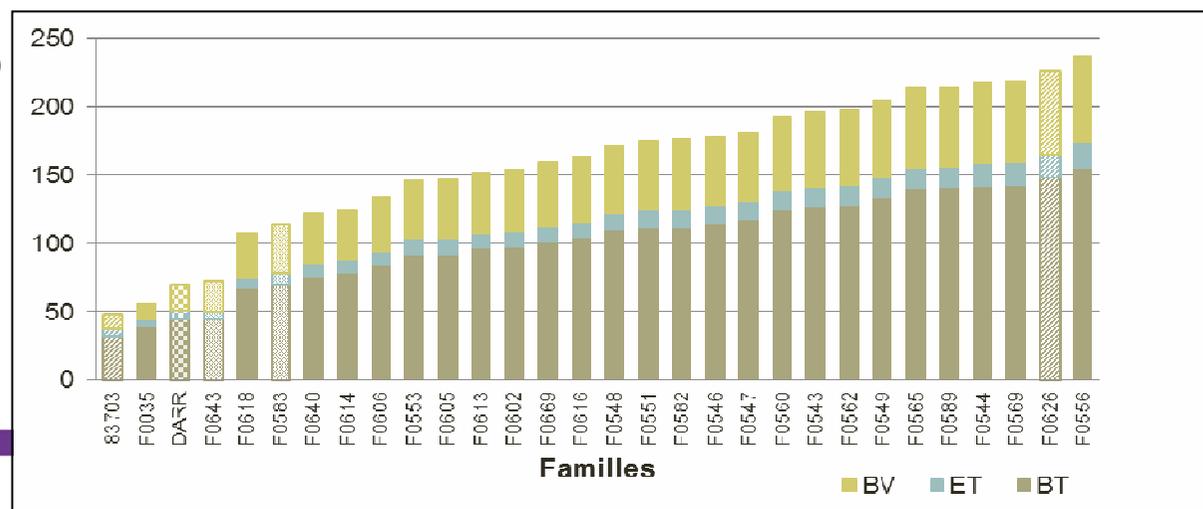
Quelques résultats au niveau famille

Biomasse de l'arbre moyen (kg)

Douglas (21 ans)
212 familles ½ frères
Darrington & Arlington

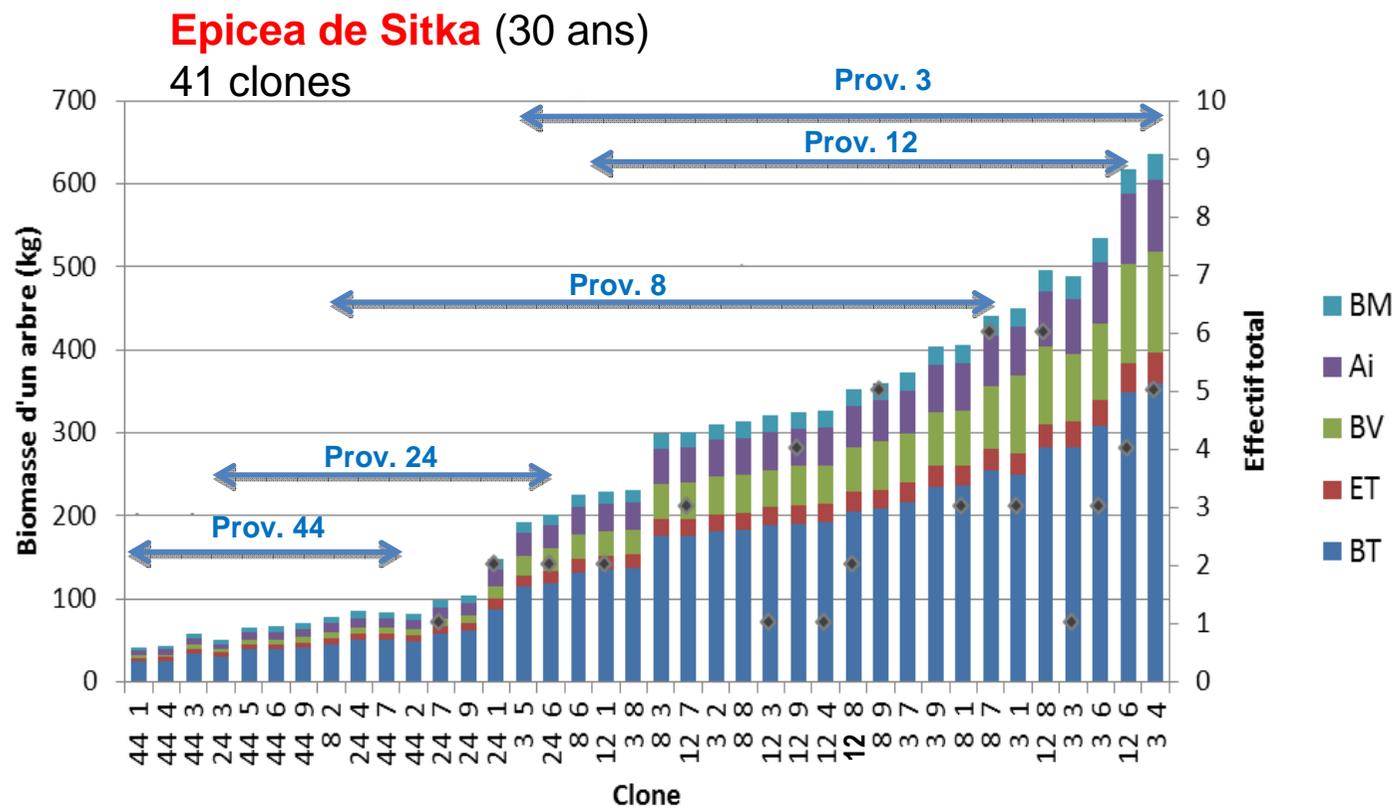


Mélèze hybride (21 ans)
28 familles ½ frères et
pleins frères



Quelques résultats au niveau clone 1/2

Biomasse de l'arbre moyen (kg)



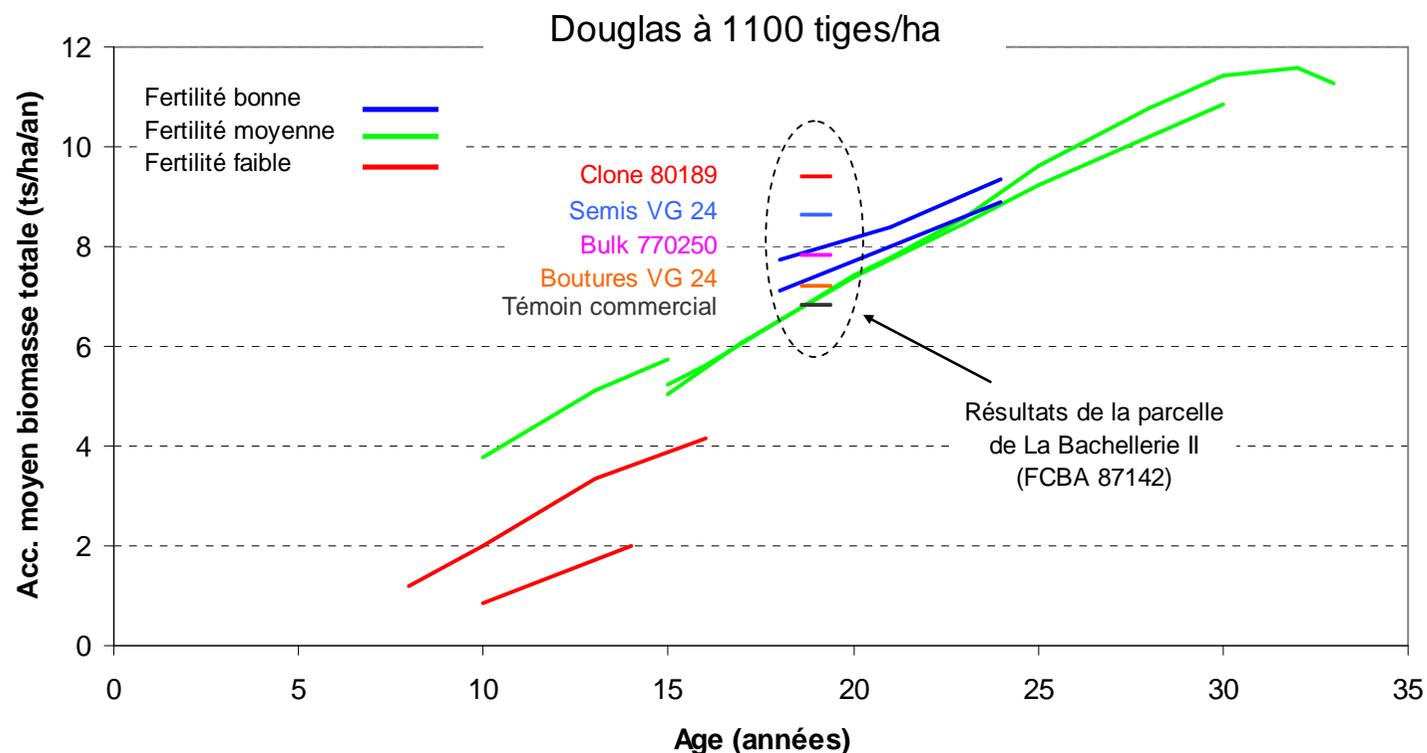
Quelques résultats au niveau clone 2/2

Douglas - Production en biomasse réalisée

Parcelle de La Bachellerie II (FCBA)

- 5 traitements
- 3 blocs complets
- PU de 100 plants

| Matériel végétal | Origine |
|-------------------|--|
| Clone 80189 | sélectionné dans provenance Oregon Clackamas |
| Semis VG24 | VG 24 de Bout |
| Bulk 770250 | boutures prélevées sur plants Whashington Skagit |
| Bulk VG 24 | boutures prélevées sur plants VG 24 de Bout |
| Témoin commercial | seed zone 422 (Whashington Ashford) |



Les courbes d'accroissement moyen en biomasse totale du Douglas à 1100 tiges/ha sont tirées du livrable 1a du projet ICIF (ONF/Futurol)

Nouveaux plateaux de référence d'espèces à fort potentiel de production de biomasse

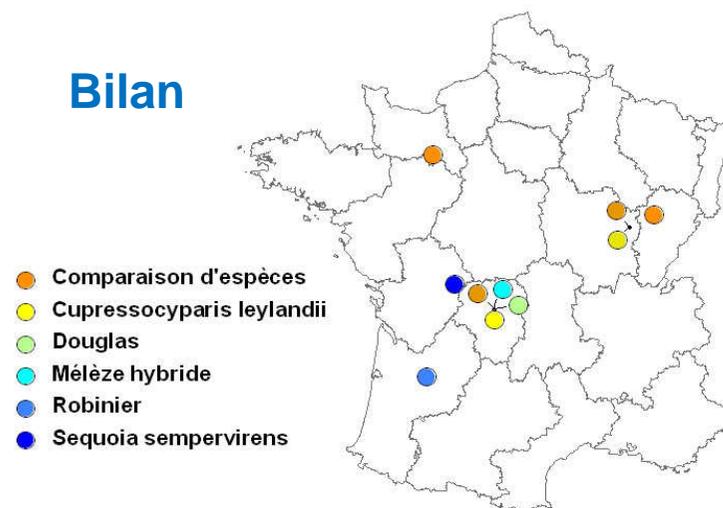
Objectif :

Planter des dispositifs destinés à comparer :

- pour un contexte pédoclimatique donné, différentes espèces « candidates » entre elles,
- pour une espèce donnée, des systèmes de culture basés sur des densités différentes.

| Matériel végétal | Comparaison d'espèces | Comparaison syst. de culture |
|----------------------|-----------------------|------------------------------|
| Robinier | 1600 t/ha | 2500 & 5000 t/ha |
| Douglas | 1600 t/ha | 1000 & 2000 t/ha |
| Mélèze hybride | 1600 t/ha | 1000 & 2000 t/ha |
| Sequoia sempervirens | 1600 t/ha | 1000 & 2000 t/ha |
| Cyprès de Leyland | 1600 t/ha | 1000 & 2000 t/ha |
| Sapin de Vancouver | 1600 t/ha | |
| Thuya géant | 1600 t/ha | |
| Cryptomère du Japon | 1600 t/ha | |

Bilan



- 4 comparaisons (8 espèces)
- 6 comparaisons de densité (5 espèces)
- Surface expérimentale totale : 10,2 ha

Bilan et perspectives

Limites de l'étude

- Tarifs biomasse établis sur 15 sites (pas de site dans le sud-ouest)
- Seulement 8 espèces particulièrement vigoureuses
- Espèces choisies pour la plupart au sein du groupe des conifères

De nombreux facteurs environnementaux (autres que les sites de test) ont pu influencer les estimations de production en biomasse :

- l'âge variable des tests : 20 à 32 ans,
- les densités de plantation : 278 à 2222 tiges par ha,
- les régimes d'éclaircies : 0, 1 ou 2 éclaircies depuis la plantation,
- la diversité intra espèce (voire intra-test) extrêmement variable d'une espèce à l'autre.

Principales conclusions de l'étude 1/2

- Des productions très significatives de biomasse peuvent être espérées par une sélection judicieuse d'espèces forestières à croissance rapide conduites en futaie à courte révolution sur des stations peu propices aux cultures agricoles.
- Dans une station adaptée à l'espèce, il est tout à fait envisageable d'atteindre autour de 25 ans une production totale de biomasse (produits d'éclaircies inclus) comprise entre 7 et 10 tonnes sèches par ha et par an.
- Effet très important de la densité du peuplement sur la production de biomasse. Une sylviculture dédiée ou semi-dédiée à la production de biomasse devra plutôt envisager des densités de l'ordre de 1600 à 1800 tiges par ha.
- Espèces à fort potentiel de production de biomasse : Sapin de Vancouver, Cyprès de Leyland et Epicéa de Sitka, Mélèze hybride.
- Espèces décevantes : Douglas et Robinier.

Principales conclusions de l'étude 2/2

- Le choix du MFR est un facteur essentiel à prendre en compte pour maximiser la production de biomasse
- Gain génétique de productivité sur la biomasse:
 - *Population : entre + 25 à + 50% selon la diversité génétique considérée*
 - *Famille d'individus « élite » : + 25 à + 50% par rapport à la population selon la diversité génétique considérée*
- Gains à moduler si compromis de sélection avec d'autres caractères
- Les matériels de base pour des variétés à vocation biomasse existent au sein des ressources génétiques de l'INRA et de FCBA

Perspectives

- Pour le moment, il n'est pas culturellement, ni économiquement envisagé de créer des futaies à courte révolution totalement dédiées à la production de biomasse.
- Des scénarios dits "semi-dédiés biomasse" sont néanmoins sérieusement envisagés (notamment par l'ONF), voire mis en œuvre en Aquitaine (Alliance Forêt-Bois)
- Trois inconnues majeures
 - la durabilité des FCR : recours obligatoire à la fertilisation
 - la rentabilité économique : nécessaire augmentation du prix du bois
 - l'acceptabilité sociale et industrielle de ces itinéraires sylvicoles
- Des réponses à moyen terme : le projet FUTUROL / ICIF (ONF) :
 - mise en place d'un essai avec apport de cendres de bois
 - étude économique sur les futaies semi-dédiées biomasse
 - thèse sur l'étude des logiques des acteurs et la mobilisation de la biomasse à l'échelle d'un territoire.

Merci de votre attention

