

Recherches en économie forestière en France

Perspectives pour les sciences économiques & sociales.

Séminaire organisé par ECOFOR
les 18 & 19 octobre 2006, à PARIS 16ème

Filière-bois et carbone : une application régionale



UNIVERSITE MONTESQUIEU
BORDEAUX IV

GRAPE – CEEP UMR CNRS 5113

Jean Jacques MALFAIT

LA PROBLÉMATIQUE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

✓ **Hypothèse :**

- ✓ les *tendances actuelles* des émissions de *gaz à effet de serre* induisent un risque de *changement climatique*
- ✓ Ce changement climatique pourrait *porter préjudice aux activités humaines*

✓ **Deux types de solutions peuvent atténuer le risque associé à ces tendances d'émissions de gaz à effet de serre**

- *Favoriser le stockage de carbone* dans la biomasse végétale et les produits
- *Réduire les émissions de Co2* liées à la combustion des énergies fossiles

✓ **La première phase de réflexion concerne l'étude des stocks du carbone, et des flux de produits**

✓ **La seconde concerne la réduction des émissions liées à la combustion d'énergie fossiles, par substitution de produits bois, et par les émissions évités**

⇒ **Deux problématiques qui intéressent la région Aquitaine (Plan climat territorial, ...)** On abordera ici la première la première.

L'AQUITAINE : UNE RESSOURCE FORESTIERE HOMOGENE, UN POTENTIEL DE BOIS ENERGIE, UN LABORATOIRE DE REFLEXION ET DE SIMULATION

• *L'Aquitaine est une région au fort potentiel forestier, elle comprend :*

• *Un grand massif forestier de pin maritime qui se caractérise par :*

- *une culture mono spécifique intensive,*
- *une bonne gestion spatiale,*
- *une valorisation poussée des produits du bois,*
- *la possibilité de réduire les temps de rotation de la ressource.*

• *Des ressources en bois énergie importantes composées :*

- *de sous produits de l'exploitation forestière de pin maritime*
- *de peuplements de taillis de feuillus fortement mobilisable*

• *Des produits à fort taux de réutilisation ou de recyclage*

- *une place importante dans les produits d'emballage (palette, ..)*
- *un potentiel de récupération en déchetterie a but de plaquettes de panneaux ou énergétique*

⇒ *C'est un cas d'école qui se prête particulièrement bien à une réflexion sur la problématique de la séquestration du carbone dans la ressource ligneuse et de la réduction des gaz à effet de serre.*

L'AQUITAINE : UNE REGION ATTENTIVE AU DEVENIR DE LA FILIERE BOIS

- La création du pôle de compétitivité sur le ressource pin maritime
- Un partenariat de 10 acteurs régionaux de la filière forêt bois papiers :

Cap Forest

- Un regroupement d'acteurs œuvrant :
 - Dans la recherche
 - Dans l'enseignement supérieur
 - Dans le transfert et l'innovation
 - Une aide régionale pour la recherche sur la filière dépendant de l'expertise des membres de Cap Forest
 - Un grand projet « Durabilité du système de production forêt-bois d'Aquitaine dans un environnement changeant: analyse, évaluation et adaptation » INRA,UBxI, UBx IV, CNRS, UPPA, CTBA, AFOCEL, IFN
- ⇒ Une réflexion sur la séquestration du carbone de la filière de production forêt-bois Aquitaine, une modélisation, une évaluation économique et des stratégies d'actions régionales menée par le GRAPE UMR CNRS 5113, en collaboration avec l'IFN (C. BELLOUARD, R.TESSIER DU CROS), l'AFOCEL (G. CHANTRE), le CTBA (G. DE ROUBAIX, E.BUCKET). (Collège d'experts)

UNE RECHERCHE QUI S'APPUIE SUR DES TRAVAUX INITIÉS ANTÉRIEUREMENT OU EN COURS.

- Des travaux sur la forêt de production de pin maritime des landes portant sur :
 - Une évaluation des stocks de carbone en forêt
 - Une analyse des circuits de la ressource de la première à la deuxième transformation
 - Une évaluation des stocks de carbone dans les produits
 - Une réflexion sur le stockage à long terme des produits en fin de vie
 - Des travaux universitaires sur la valorisation économique de la séquestration du carbone en forêt
 - Des outils d'optimisation de la conduite des peuplements de pin maritime (logiciel OptimFor (algorithme de Bellman) – C.BELLE, L.GUENEGUEZ).
- Des travaux en cours appliqués au champ régional aquitain sur :
 - L'utilisation des modèles entrées-sorties pour la réduction des émissions des gaz à effet de serre dans le cadre des plans climat territoriaux.
 - L'utilisation des modèles à boucle pour la simulation des scénarios d'utilisation de la ressource selon l'usage des produits.

LES ENSEIGNEMENTS DEGAGES

*La question des sources statistiques sur la
filière forêt-bois **au niveau régional***

LES SOURCES STATISTIQUES UTILISABLES pour une approche régionale de la séquestration de la ressource ligneuse

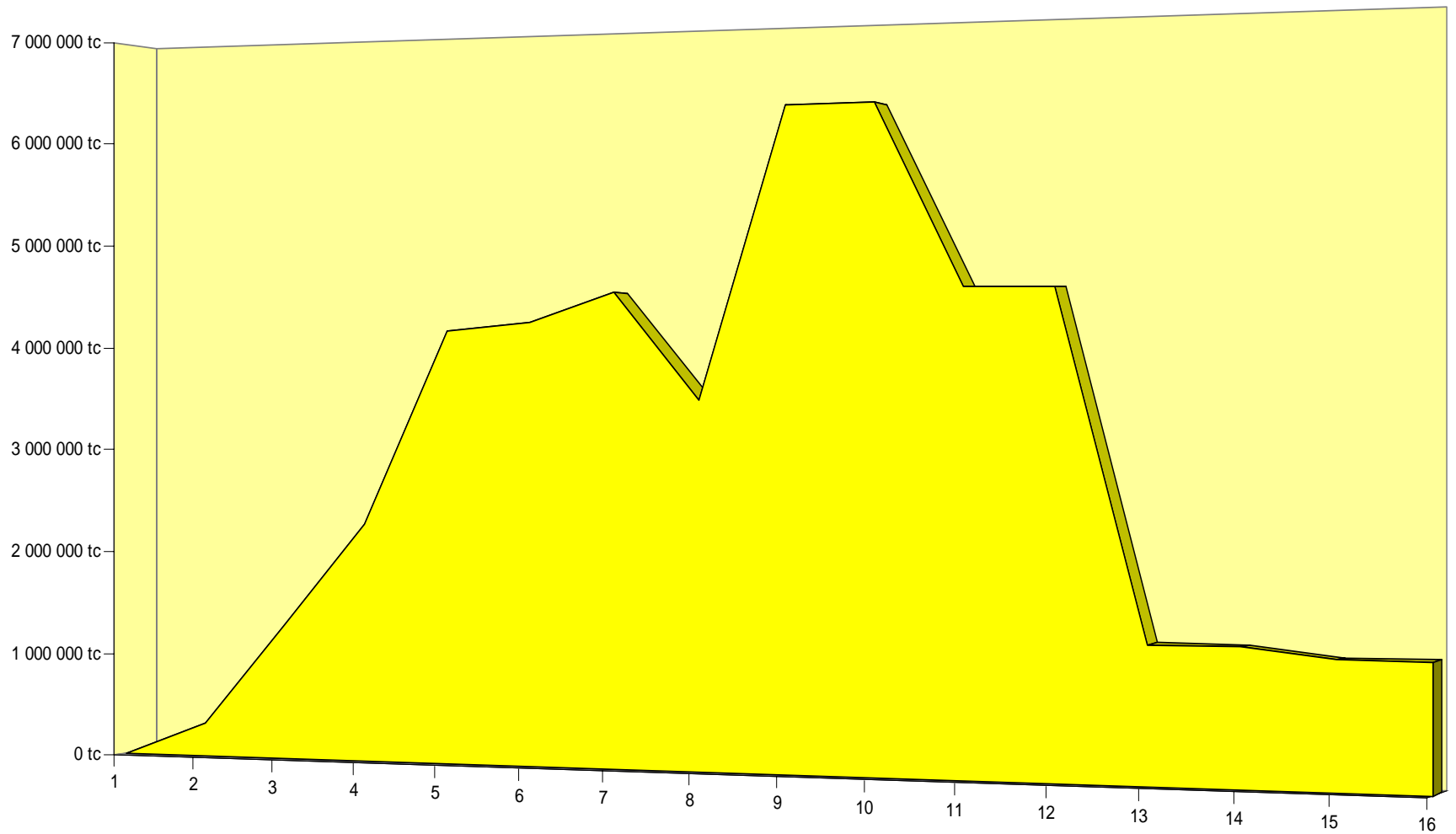
- *Stock et prélèvements sur la ressource*
 - L'inventaire forestier national (IFN)
 - *Flux et stocks des produits*
 - Le service central des enquêtes et études statistiques (SCEES - SERFOB)
 - Le service des statistiques industrielles (SESSI)
 - Les organismes professionnels et les professionnels de la filière [papetiers, fabricants de panneaux, ...]
 - *Fin de vie des produits*
 - L'Agence pour le Développement et la maîtrise de l'Énergie (ADEME)
 - Les circuits de collecte et de recyclage des produits de la filière
- ⇒ *Les flux de produits ligneux ne peuvent être évalués à l'échelle de la région aquitaine à partir des seules séries tenues à jour par les organismes chargés de traiter des échanges économiques de la filière.*

Les Stocks et prélèvements sur la ressource

LES DONNÉES DE L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL : un passage obligé pour déterminer les stocks sur pied et leurs accroissements dans le temps

- Le stock de carbone des arbres (St) est estimé à partir du cube de "bois fort" (V) auquel on ajoute le volume des branches et des racines
- $(St = V * F_{exp} * DEN * C, F_{exp} = 1,6 ; DEN = 0,43 ; C = 0,5) \Rightarrow 1 \text{ m}^3 \text{ de bois contient } 0,344 \text{ tonne de carbone}$
- La détermination des prélèvements est complexe, on doit :
 - Estimer les prélèvements par différence entre les stocks des 3° et 4° inventaires sous des hypothèses d'accroissement moyen des peuplements.
 - Déduire les prélèvements annuels de la "production ligneuse" au sens de l'IFN
 - Évaluer les pertes d'exploitation à partir du rapprochement des résultats de l'enquête de branche.
- *Les graphiques des diapositives suivantes représentent la répartition des stocks de carbone sur le massif landais avant et après la tempête de 1999*
 - *Remarque : La nouvelle méthode de sondage de l'IFN devrait pouvoir permettre de déterminer chaque année stock et prélèvement.*
 - Cependant les premiers résultats ne seront disponibles qu'en 2008.

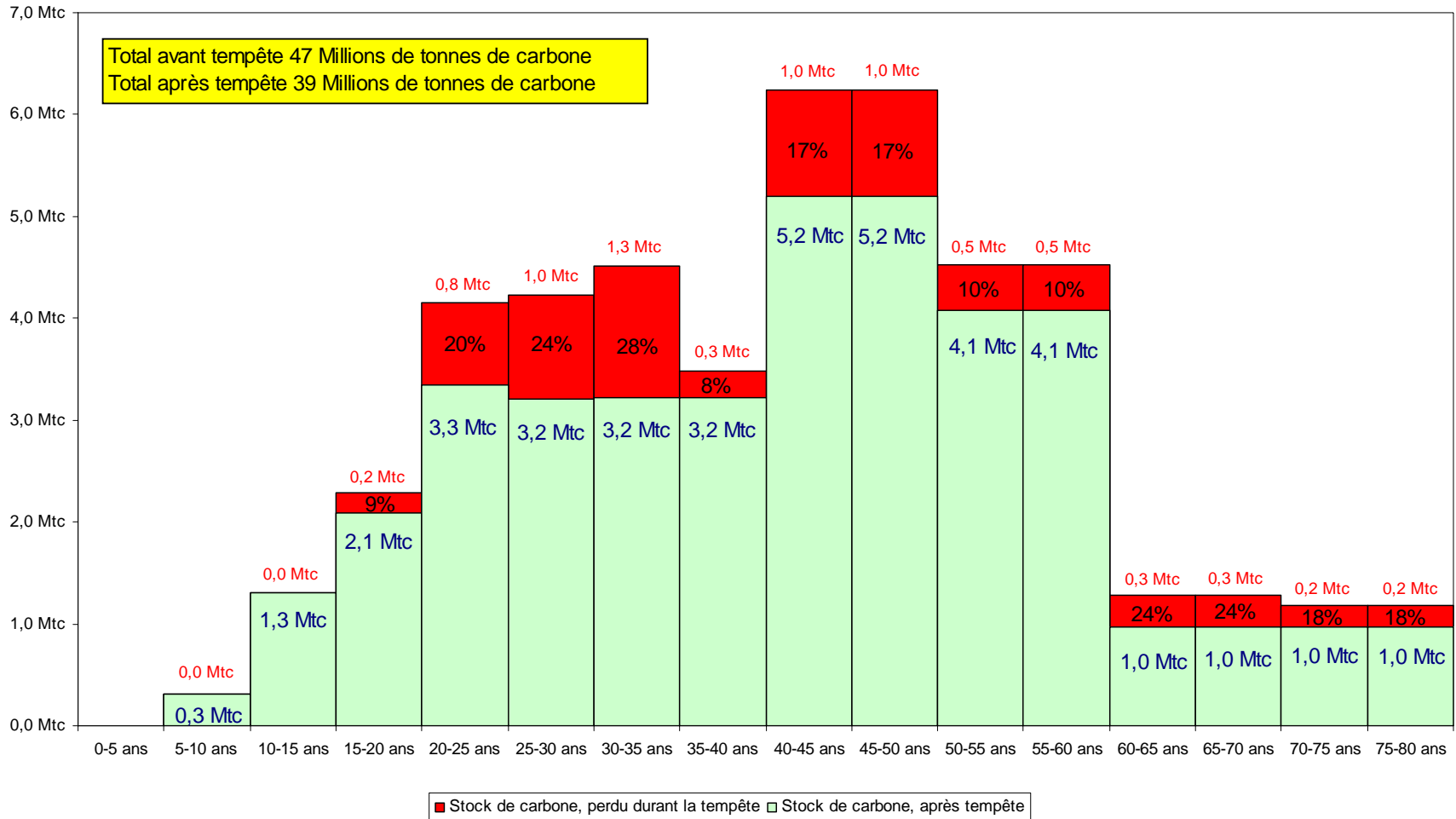
Stocks de carbone sur 835 000 ha en 1999 en fonction de la classe d'âge et de la durée de rotation des peuplements



■ Stock de carbone en 1999

LES STOCKS DE CARBONE OBTENUS A PARTIR DES RESULTATS DE L'INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL

**Répartition du stock de carbone par classe d'âge de futaie régulière de pin maritime
sur le massif Landais (de 1 à 80 ans)**



Les Flux de produits en m³ de bois

- *Le schéma de la diapositive suivante présente le cycle de transformation de la ressource forestière*
- *Il relie la production au sens de l'IFN, aux produits finals, via les branches exploitation forestière, sciage, fabrication de pâtes à papiers et panneaux.*
- *Les diapositives suivantes donne une estimation chiffrée des flux de produits pour une année moyenne voisine de 1999.*

LE SHEMA SIMPLIFIE DE TRANSFORMATION DU PIN MARITIME EN PRODUITS LIGNEUX

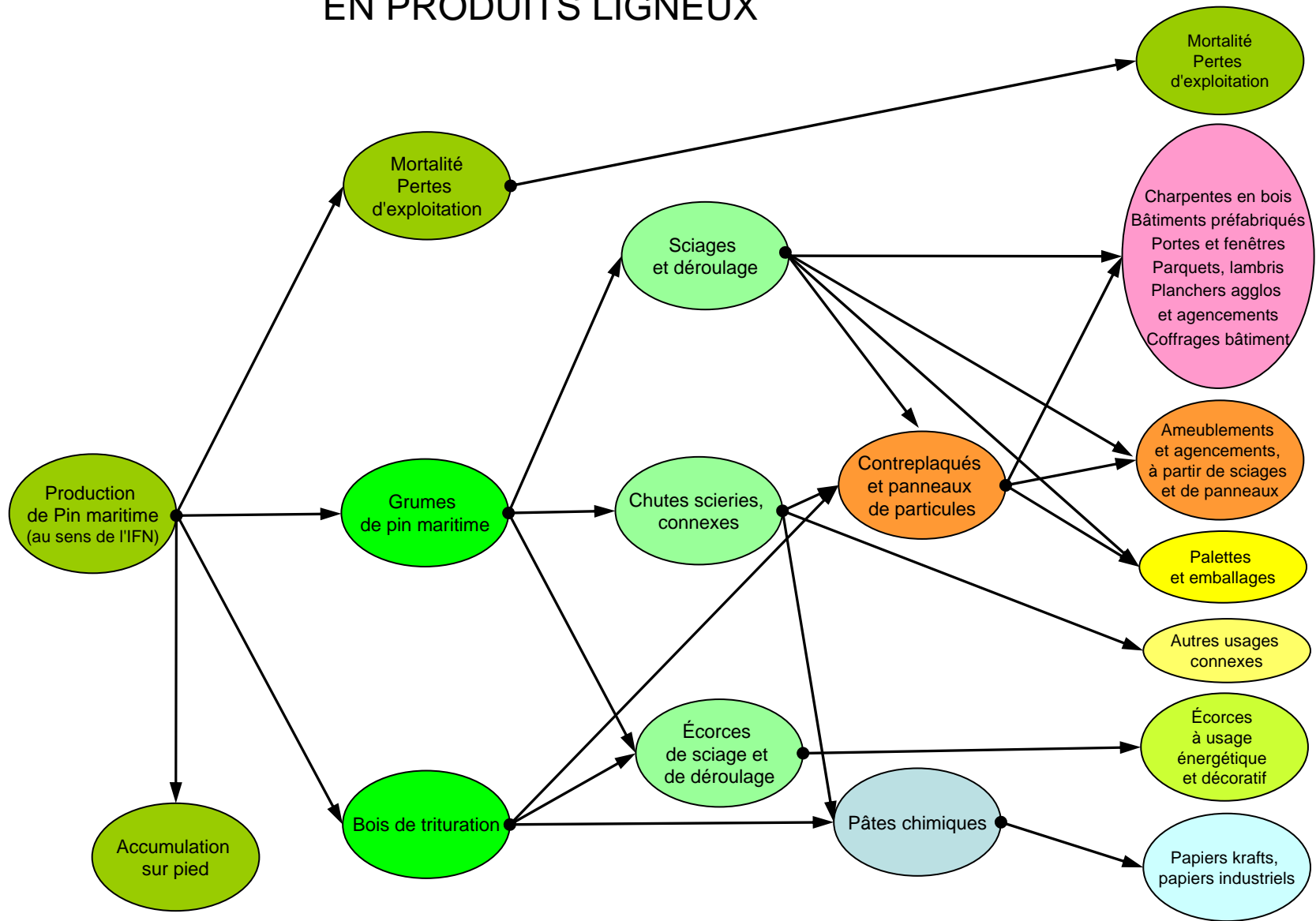
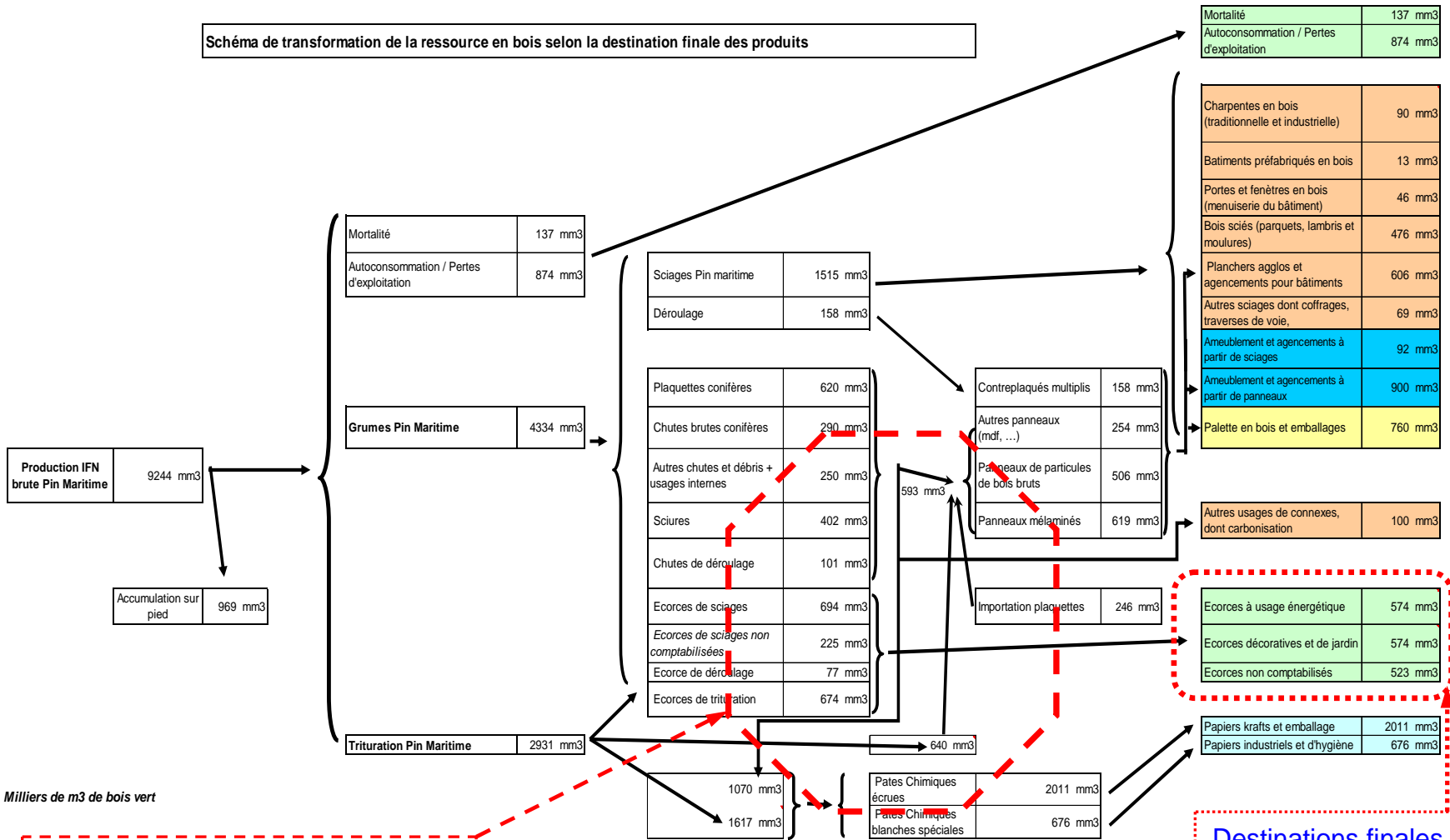
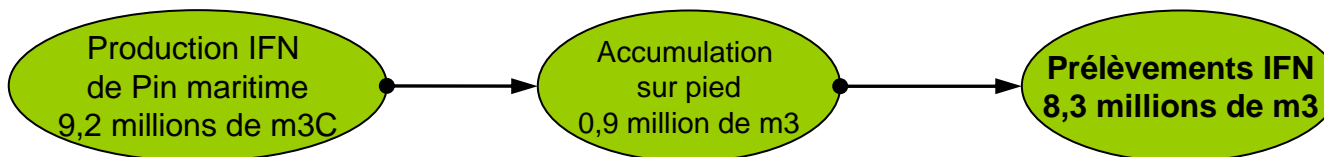
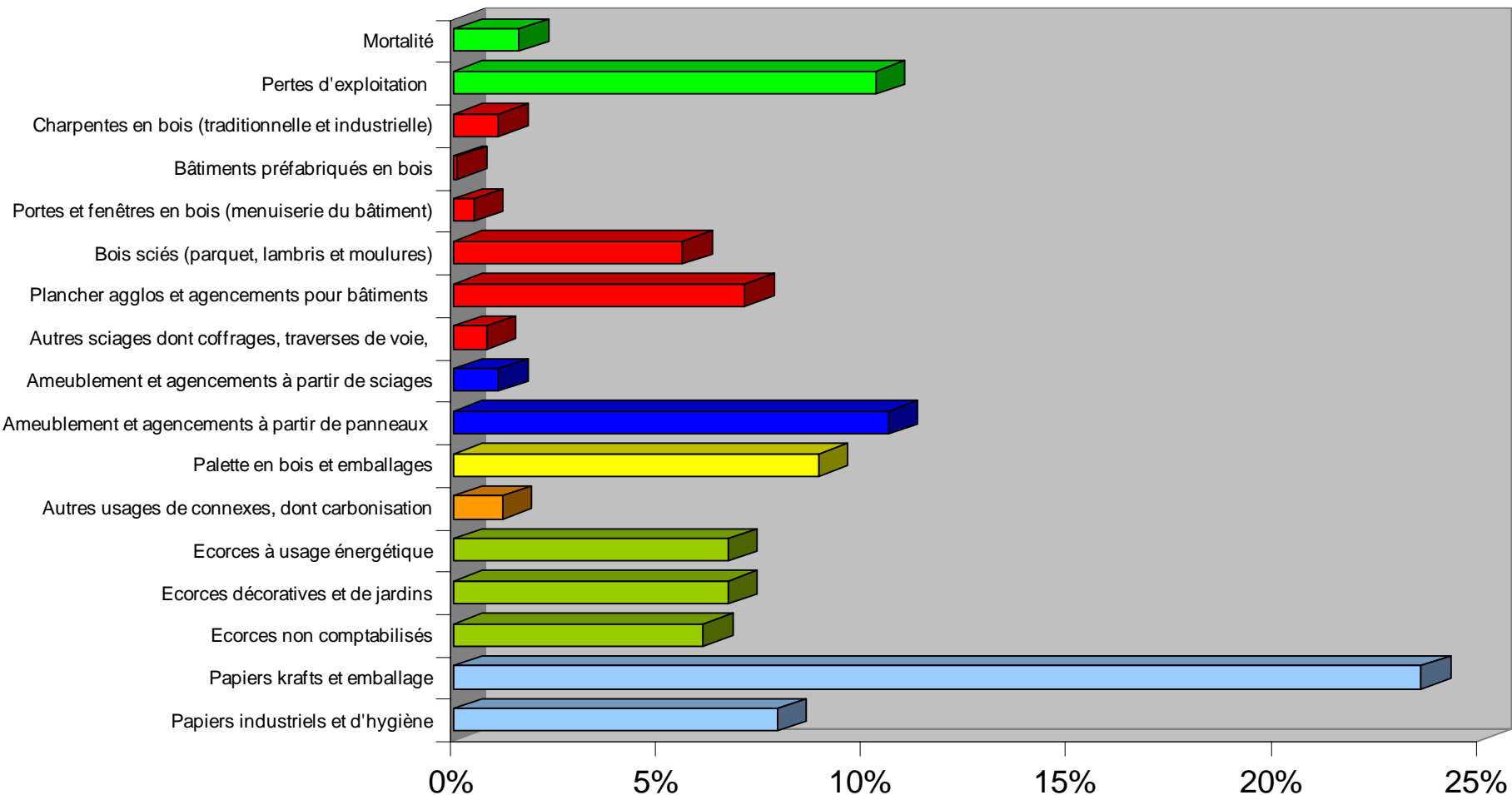


Schéma de transformation de la ressource en bois selon la destination finale des produits



Quantités : Milliers de m³ de bois vert

Répartition annuelle en % des volumes de bois par destination des produits



SYNTHESE SUR LA DETERMINATION DES FLUX DES PRODUITS LIGNEUX :

LIMITES DES SERIES UTILISÉES

⇒ Les enquêtes de branche menées par le ministère de l'agriculture (SCEES-SERFOB)

- L'enquête de branche "exploitation forestière" fournit les quantités de *grumes de bois d'œuvre (placage et sciage)* (m3 sur écorce) et de *bois de trituration* (m3 sous écorce reconvertis) de pin maritime sur la période comprise entre le 3^o et le 4^o inventaire conduisant à une moyenne comparable aux données IFN.

- *Les autres types d'usage, bois de mines, poteaux, bois ronds représentent des quantités très faible*

- L'enquête de branche "sciage" fournit les quantités de sciage par catégorie de qualité et les différents types de connexes associés (plaquettes, chutes brutes, sciures, et divers connexes commercialisés ou non tels que les écorces). (coefficients de ventilation 1999)

- *Pour les écorces, sur la base des coefficients utilisées pour les publications de récolte annuelle, on doit réintroduire une partie d'entre elles non comptabilisés*

- *En région Aquitaine on bénéficie régulièrement (tous les 4 ans) d'une enquête complémentaire sur la destination des sciages. Cette dernière s'avère très utile pour la ventilation fine des produits selon leur durée de vie .*

⇒ Les enquêtes de branche du Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie (SESSI)

- Les enquêtes de branche "Pâtes à papier" et "Fabrication de panneaux en bois" ne sont pas exploitées pour les quantités physiques au niveau régional. (Les résultats pourraient se heurter à la question du secret statistique).

⇒ Les enquêtes auprès de professionnels sont une solution de repli pour ces deux branches d'activité.

- Inconvénients : collecte de renseignements confidentiels, données temporelles ponctuelles, coût de collecte

- Avantages : précision dans les résultats, suivi complet de la ressource ligneuse.

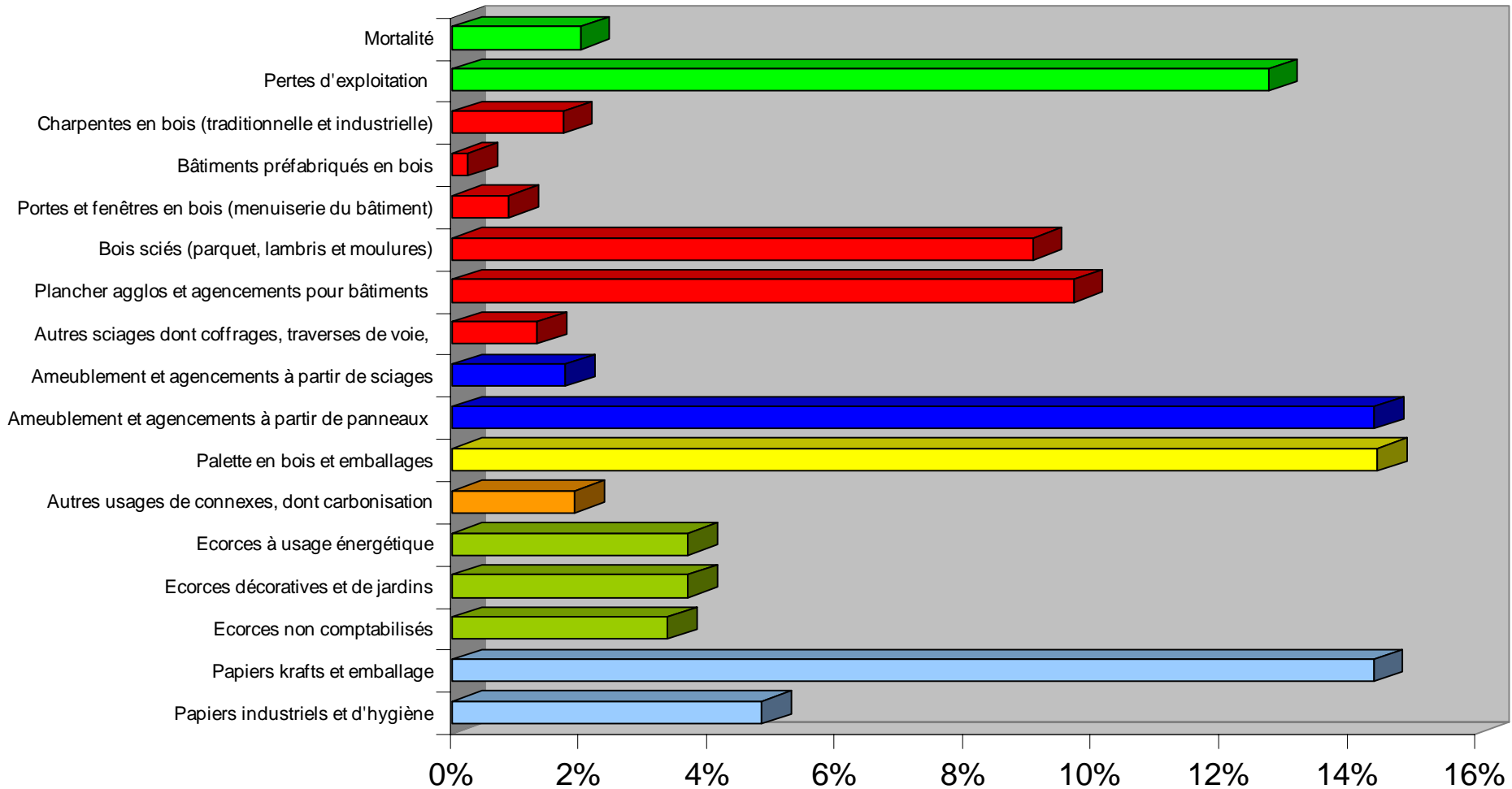
- *Exemple : détermination possible des parts respectives de connexes ou de bois de trituration dans la fabrication des pâtes et des panneaux*

*Le passage en tonnes de carbone
des flux de produits ligneux*

LE PASSAGE AUX QUANTITES DE CARBONE: la nécessité d'un ensemble de coefficients

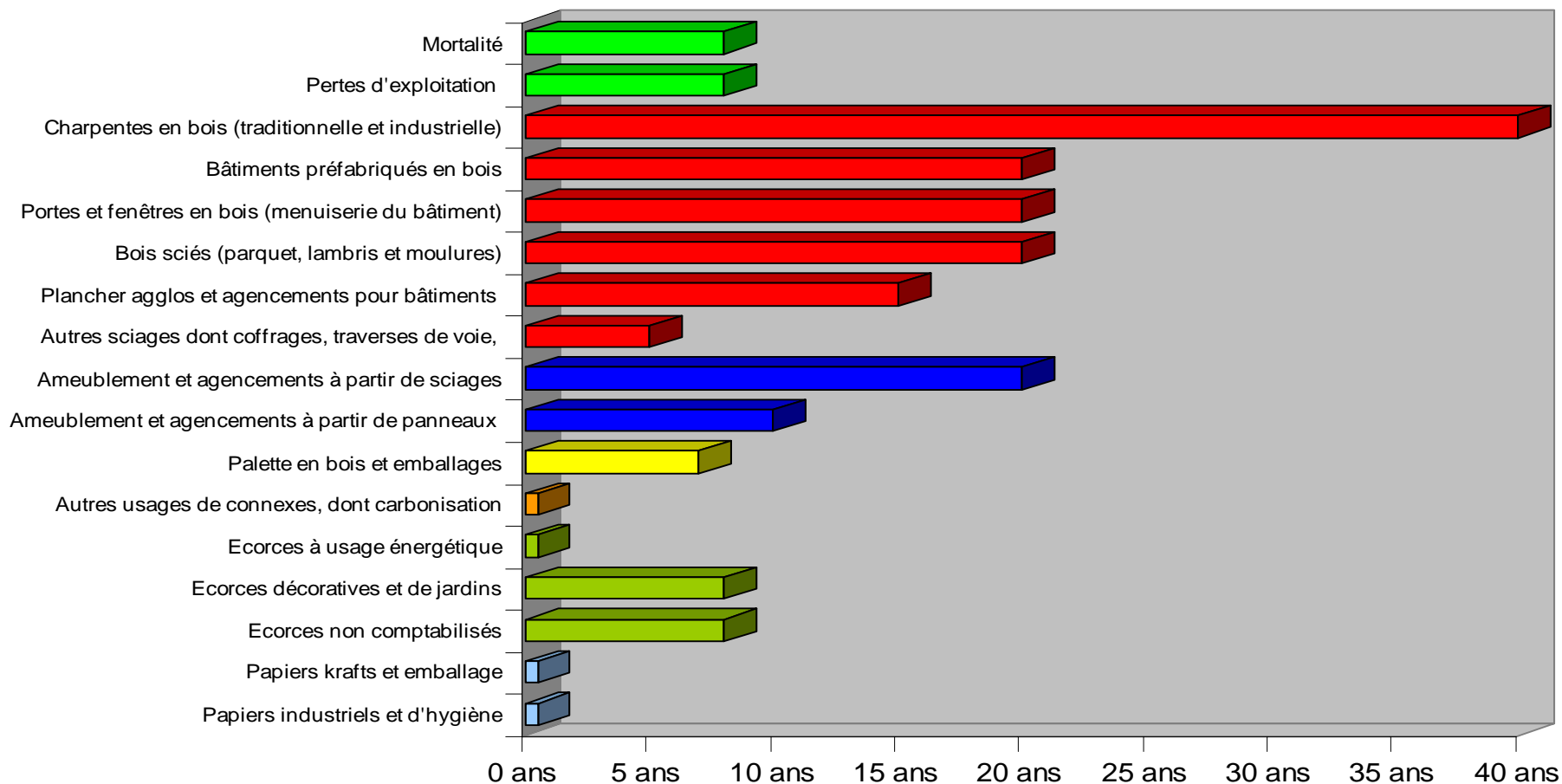
- *Le passage à la quantité de carbone s'effectue en déterminant la quantité de matière sèche contenue dans le produit puis en convertissant cette dernière en quantité de carbone. Pour tous les produits, il y a 0,5 tonne de carbone dans une tonne de matière sèche.*
- La ressource ligneuse dégradée dans le milieu naturel
 - Mortalité et pertes d'exploitation : les volumes sur écorces obtenus contiennent 410 kg de matière sèche par m3 de bois rond (AFOCEL)
- Les sciages destinés au bâtiment, à l'ameublement, à l'emballage
 - Les quantités de sciages obtenues contiennent en moyenne 535 kg de matière sèche,
 - Les quantités **des panneaux effectivement produites** (perte de volume lors du processus de fabrication), contiennent en moyenne 535 kg de matière sèche (correspond aux panneaux de particules pesant 640 kg et contenant 540 kg de matière sèche)
- Les Écorces dans leurs différents usages propres contiennent environ 180 kg de matière sèche (énergétique, "décoratif", dégradés dans le milieu naturel)
- Les papiers d'emballages et à "usage industriel" contiennent environ 850 kg de matière sèche **par tonne de papier ou de pâtes à papier** (Il a équivalence de fait entre une tonne de pâtes et une tonne de papier, il y a une perte de volume de bois très important dans le processus de fabrication de la pâte à papier)
- *Les diagrammes des pages suivantes donnent la répartition des flux et des stocks de carbone dans les différents produits*

Répartition annuelle en % des quantités de carbone par destination des produits



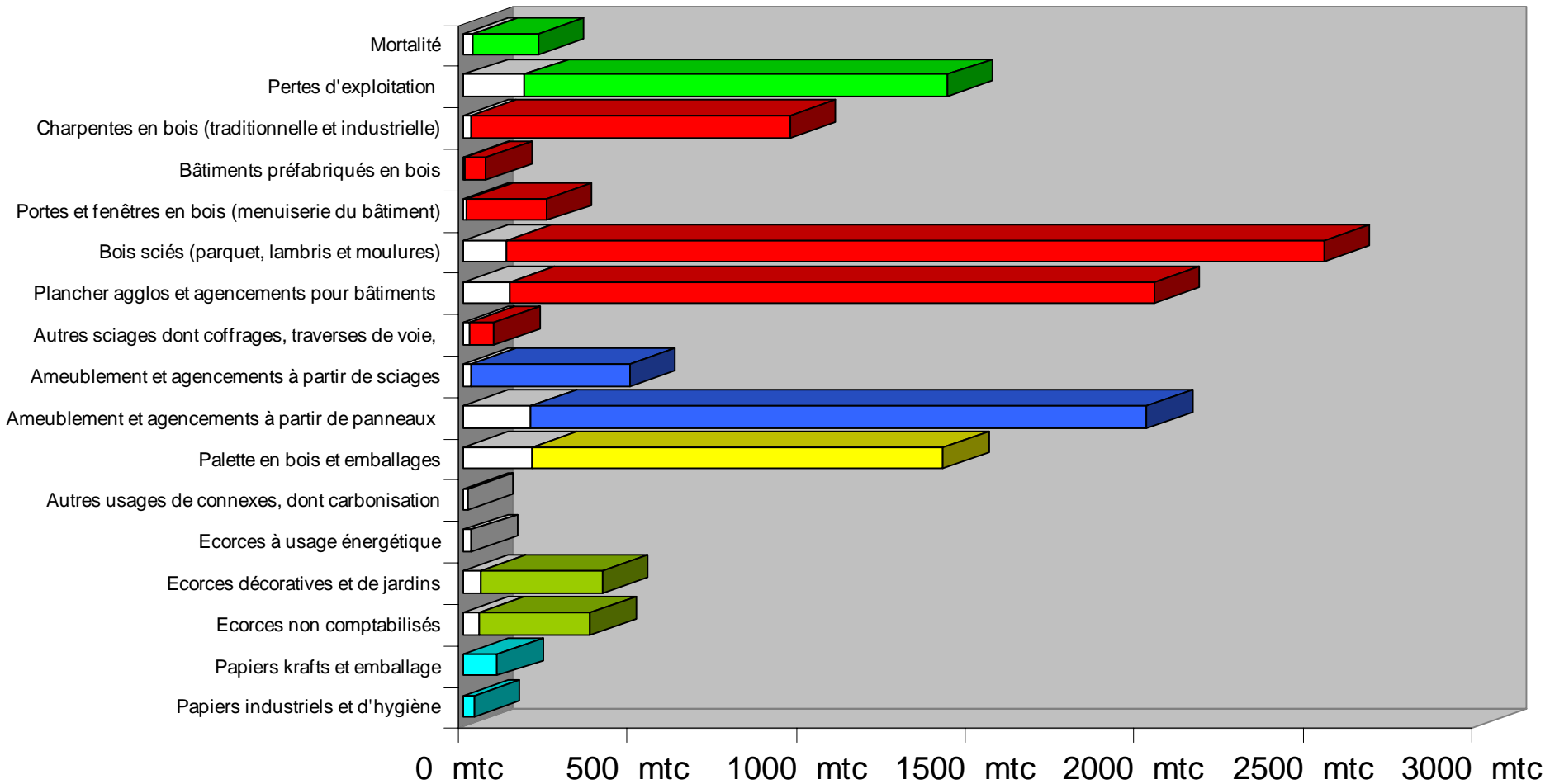
Équivalent carbone aux 8,3 millions de m3 de pin maritime : 1,4 million de tonnes de carbone

Durée de vie des produits ligneux



Durées de vie extraites principalement du rapport sur l'extension de l'éligibilité de la séquestration forestière du carbone à l'ensemble des stocks de la filière bois du CTBA et pour les durées de dégradation en milieu naturel de Höen st Solberg, 1994

Stocks de carbone en quantités par type de produit ligneux sur le long terme



Le stock de carbone dans les produits ligneux issus du pin maritime s'élèverait à 12,5 millions de tonnes de carbone, dont 10 millions hors dégradation naturelle (mortalité, pertes, consommation d'écorces)

milliers de tonnes

La fin de vie des produits bois

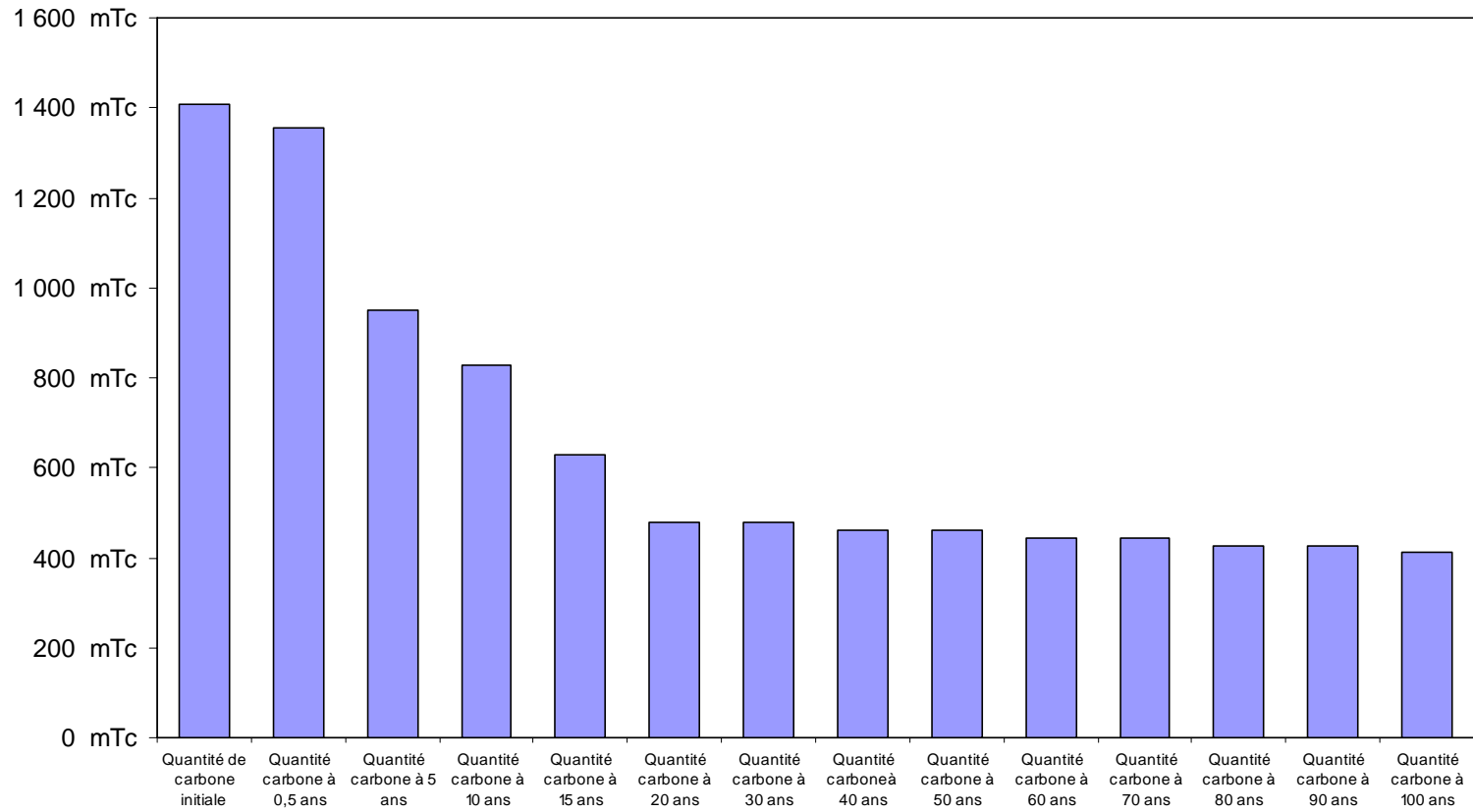
Évaluation des destinations finales des produits bois – papiers

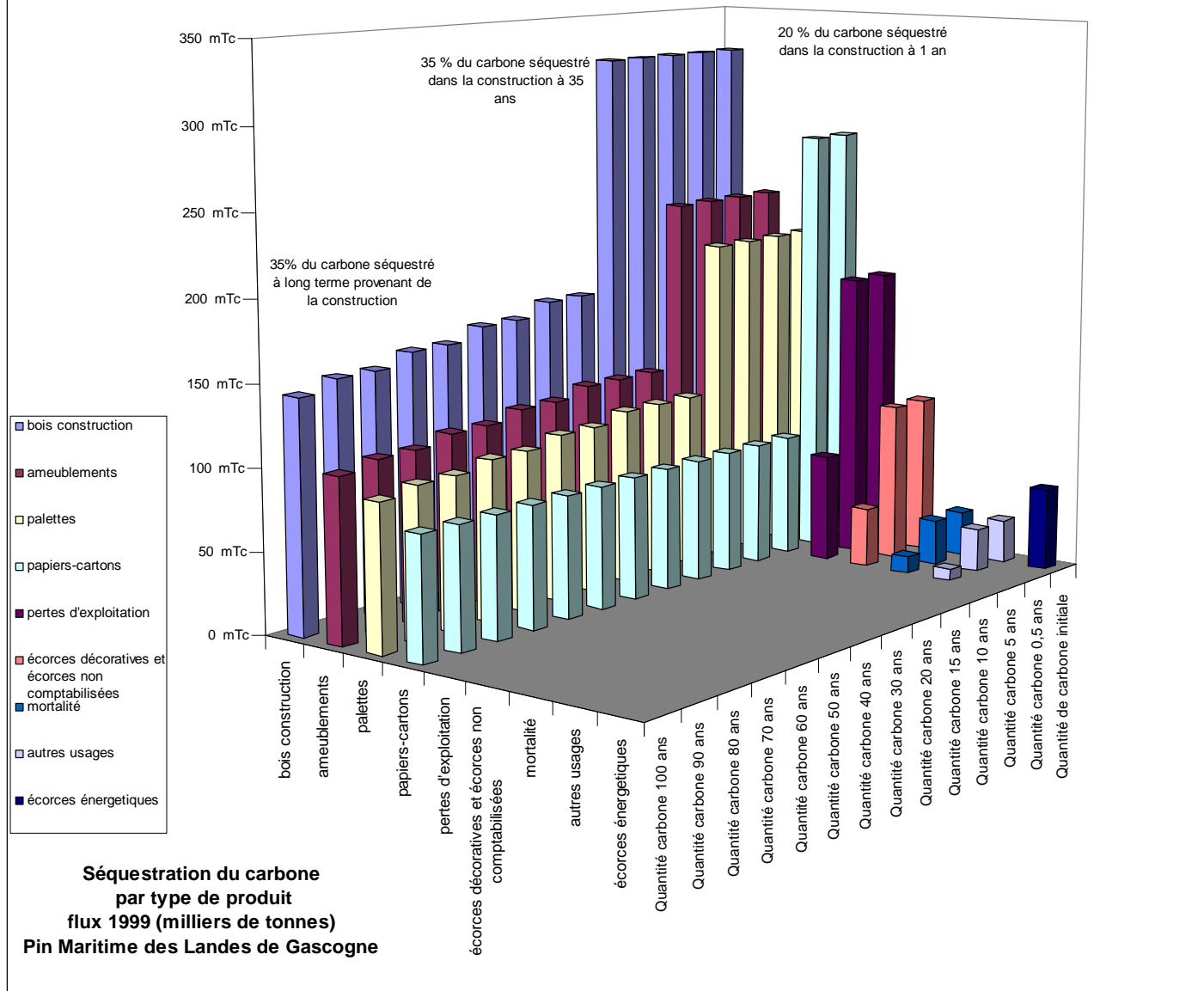
- Les chutes brutes et sciures et plaquettes sont incorporées en majorité dans des produits de 2° transformation (panneaux ou pâtes à papiers), ou utilisées comme produits énergétiques lors des activités de 1° transformation.
- Sauf pour les usages énergétiques directs, les produits bois peuvent être :
 - recyclés, après passage en déchetterie,
 - enfouis dans des décharges de classe II,
 - incinérés après collecte,
 - laissé dans le milieu naturel pour décomposition (résidus d'exploitation forestière, ..)
- Les études scientifiques montrent que le produits ligneux enfouis et sans contacts avec l'air émettent une faible quantité de CO₂ et de méthane au début du cycle de décomposition, les émissions étant ensuite stoppées sur le long terme
- Le tableau de la page suivante détaille les hypothèses plausibles sur les émissions et le stockage à long terme des carbone séquestrés.
- Les diagrammes des pages suivantes visualisent les quantités stockées durablement à l'horizon d'un siècle, **de façon globale** en fonction de la production moyenne du massif landais en 1999, **puis selon les différents types de produits.**

Tableau n° 1 : Hypothèses relatives aux quantités de carbone séquestrées par type de produits

Nomenclature de produits	Durée de vie	Processus de déperdition du carbone
mortalité et pertes d'exploitation	<i>décomposition en 8 années</i>	décomposition linéaire sur 8 années ; reste 3/8 du carbone au bout de 5 années, décomposition totale à 10 ans
bois construction	<i>durée moyenne de 18,5 années : 20 ans pour la plupart des produits, 40 ans pour le gros oeuvre (1,1% des flux)</i>	A 20 ans 70% de produits vont en décharge ou sont recyclés avec une perte de 20% du carbone enfoui, soit un solde de 56 %. A 40 ans on enlève 5% du à l'incinération d'une partie des produits recyclés et ainsi de suite tous les 20 ans
ameublements	<i>durée moyenne 11,1 ans (10 ans pour l'usage principal)</i>	A 15 ans 70% de produits vont en décharge ou sont recyclés avec une perte de 20% du carbone enfoui, soit un solde de 56 %. A 20 ans on enlève 5% du à l'incinération d'une partie des produits recyclés et ainsi de suite tous les 20 ans
palettes	<i>durée de vie moyenne 7 ans</i>	On compte un recyclage complet donc une séquestration sur 10 ans, puis 70% de produits vont en décharge ou sont recyclés avec une perte de 20% du carbone enfoui, soit à 20 ans un solde de 56 %. A 40 ans on enlève 5% du à l'incinération d'une partie des produits recyclés et ainsi de suite tous les 20 ans
autres usages	<i>durée 6 mois</i>	A 5 ans 70 % des produits vont en décharge ou sont recyclés avec une perte de 40% du carbone enfoui, soit à 5 ans un solde de 42%
écorces décoratives et non comptabilisées	<i>décomposition en 8 années</i>	décomposition linéaire sur 8 années ; reste 3 / 8 du carbone au bout de 5 années, décomposition totale à 10 ans
écorces énergétiques	<i>émission immédiate</i>	-
papiers -cartons	<i>durée 6 mois</i>	Les papiers et cartons sont recyclés à 50 %, 25% de ceux collectés ont fait l'objet d'une incinération, les 25 % restants vont en décharge. Les papiers et cartons enfouis en décharge perdent 40% du carbone présent à l'enfouissement, soit un solde de 30% La deuxième année on renouvelle le même traitement, au bout de 5 ans environ la moitié du papier issu du flux a été enfoui en décharge (5 recyclage au maximum pour une fibre)

Séquestration du carbone des produits (flux 1999) en fonction du temps - Pin maritime des Landes de Gascogne

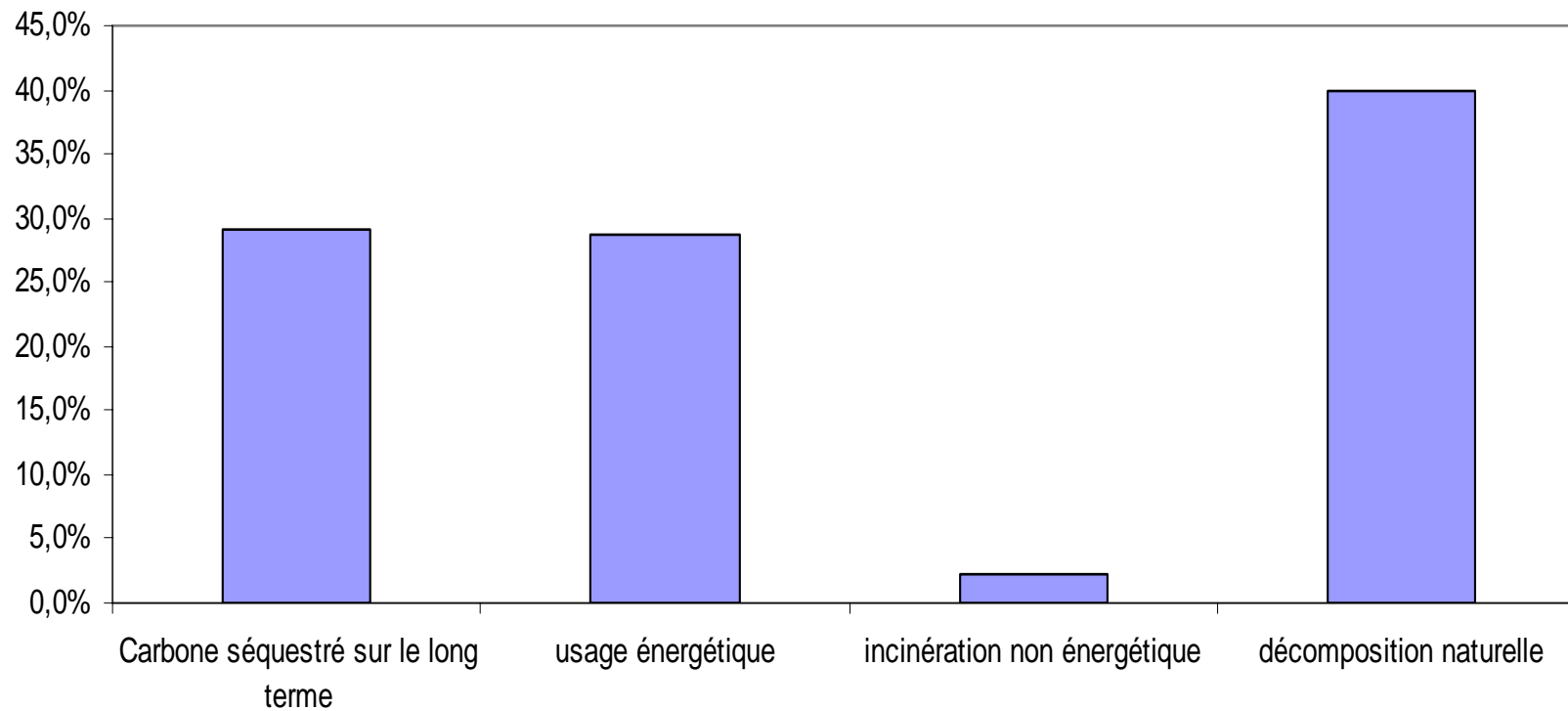




La séquestration durable du carbone

- Ce sont les trois principaux usages construction, ameublement, emballages, qui expliquent l'essentiel de la séquestration du carbone des produits bois.
- En définitive la séquestration finale sur le long terme du carbone issue des flux de la ressource du massif forestier landais de pin maritime pourrait avoisiner le tiers de ces derniers comme le montre le digramme suivant.
- *Cependant autant qu'un usage durable des produits il semble que ce soit l'hypothèse d'un enfouissement stable de ces produits qui garantisse ce résultat.*

Affectation finale des volumes de pin maritime récoltés en % (flux 1999)



Les gisements potentiels de réduction d'émission des gaz à effet de serre

Les autres enseignements que l'on peut déduire de ces investigations concernent :

- La part importante de **production énergétique** qui serait dégagée par ces produits,
- La possibilité de **valoriser énergétiquement** les produits actuellement enfouis en fin de vie
- La **ressource potentielle** que représenterait toutes les **formes de décomposition naturelle des bois** qui pourraient être mobilisées pour des usages apportant plus de valeur ajoutée.

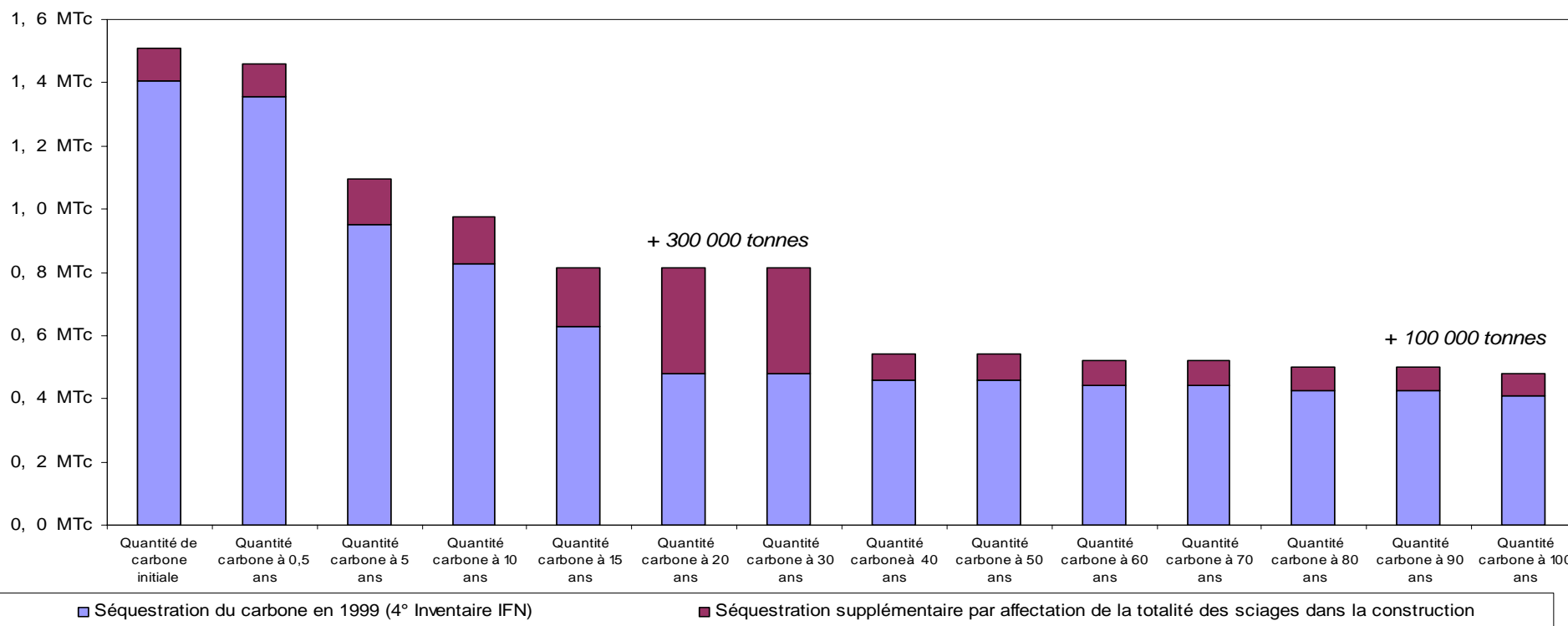
Des scénarios pour le long terme

Un exemple de scénario de réaffectation des sciages de pin maritime vers des usages de longue durée

*Une demande de la Société Forestière de la Caisse des Dépôts et du Syndicats des
Sylviculteurs de Sud Ouest*

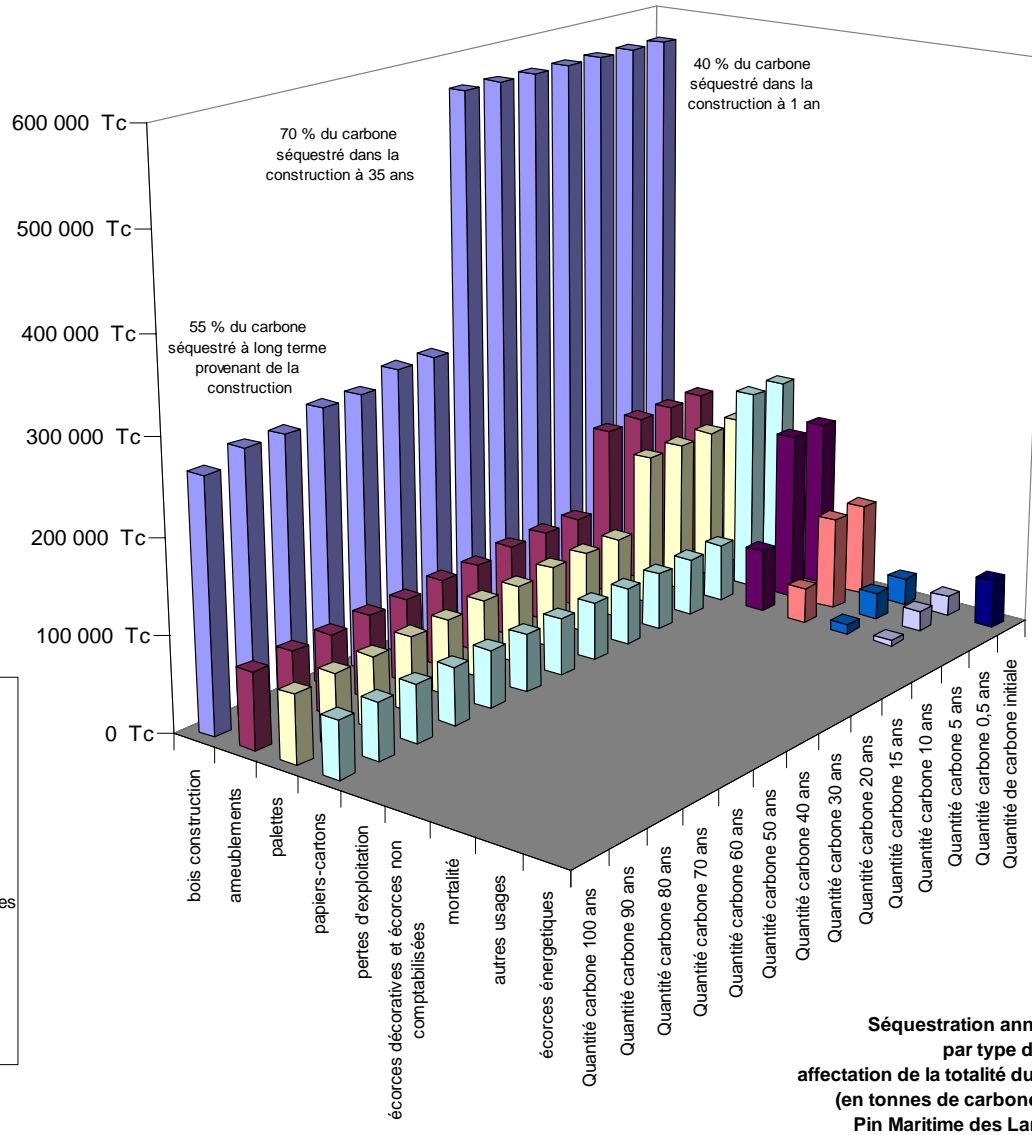
- ⇒ *On réaffecte 1 million de m³ de sciage vers la branche bâtiment*
- ⇒ *Quelle augmentation de séquestration à long terme ?*

Carbone séquestré dans la ressource ligneuse issue annuellement du pin Maritime des Landes de Gascogne (millions de tonnes)



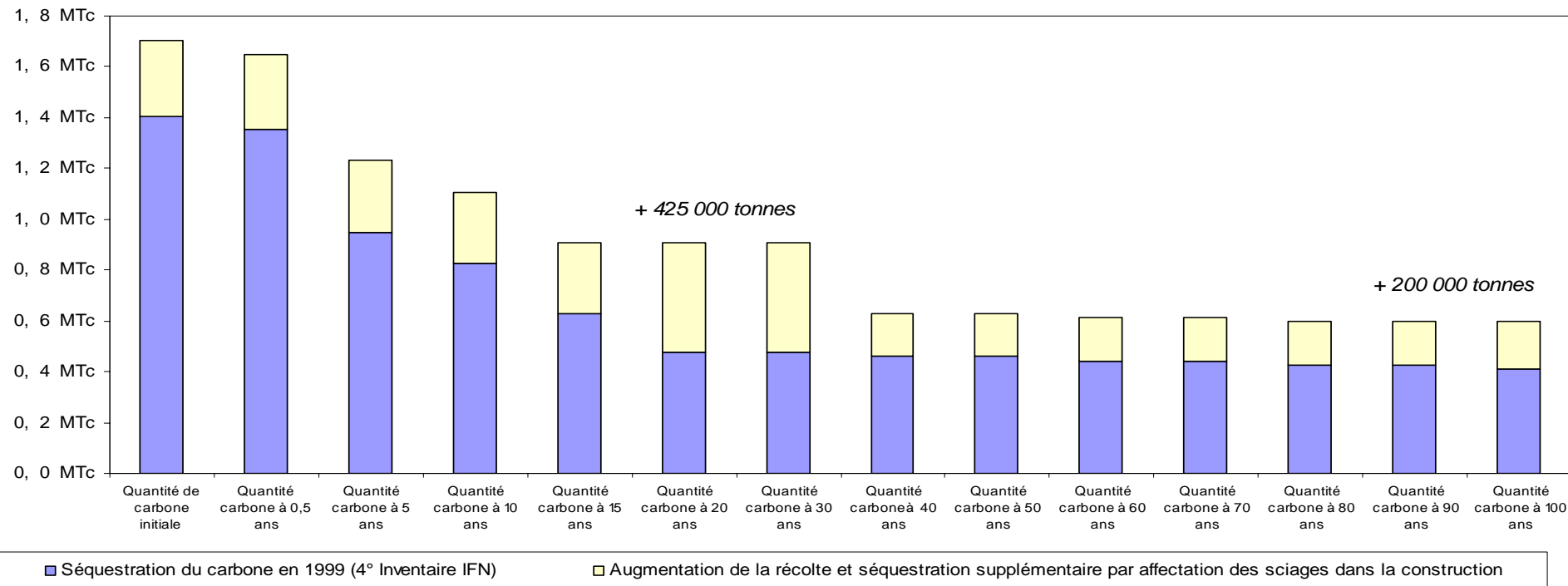
L'augmentation de séquestration est surtout sensible entre 15 et 30 ans après la mise en service des produits

La réaffectation de la ressource se fait ici sans compensation pour les branches où elle est retirée



La branche construction concentre alors l'essentiel de la séquestration de carbone à moyen terme

Carbone séquestré dans la ressource ligneuse issue annuellement du pin Maritime des Landes de Gascogne (millions de tonnes)

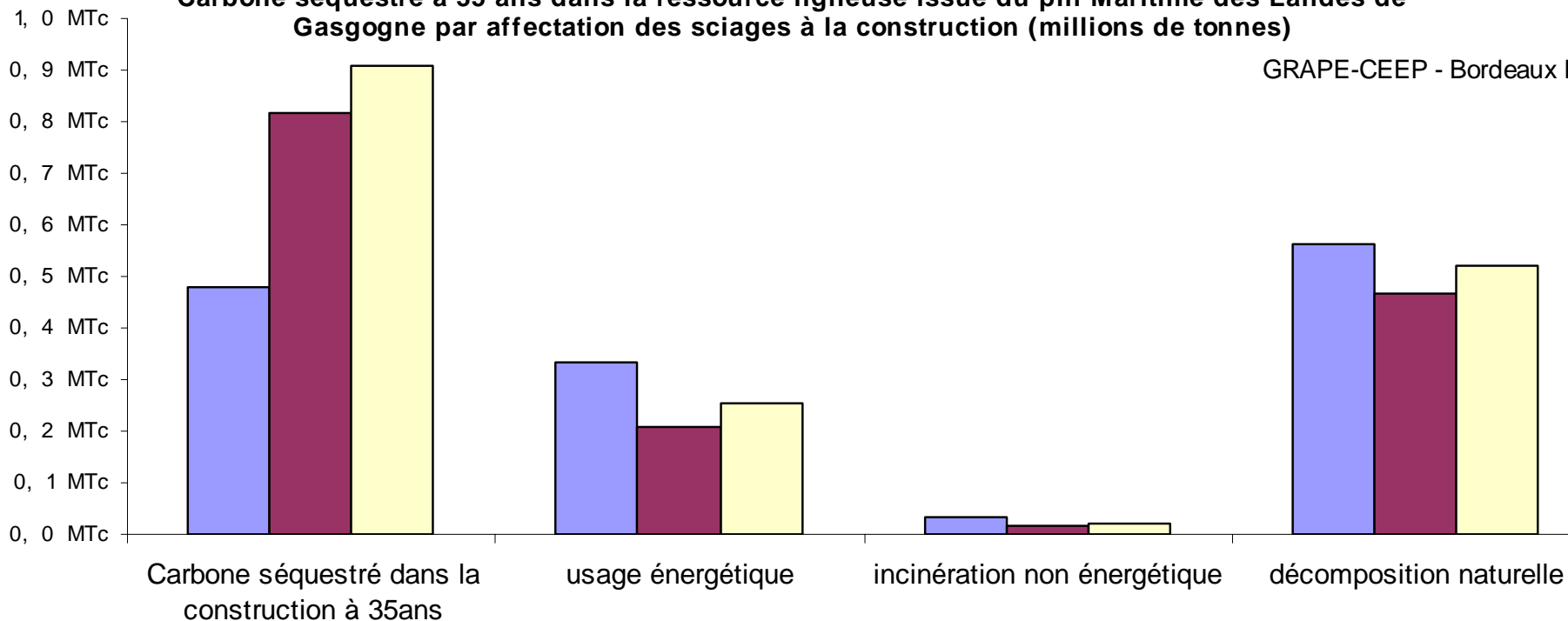


La réaffectation de la ressource se fait ici avec augmentation des prélèvements sur la ressource

L'augmentation de séquestration est prêt du double de la situation de référence entre 15 et 30 ans

Carbone séquestré à 35 ans dans la ressource ligneuse issue du pin Maritime des Landes de Gascogne par affectation des sciages à la construction (millions de tonnes)

GRAPE-CEEP - Bordeaux IV



- Séquestration du carbone répartition 1999 (4° Inventaire IFN)
- Séquestration du carbone par affectation des sciages dans la construction
- Augmentation de la récolte et séquestration des sciages dans la construction

Le scénario envisagé conduit bien à une augmentation sensible de la séquestration du carbone à moyen terme

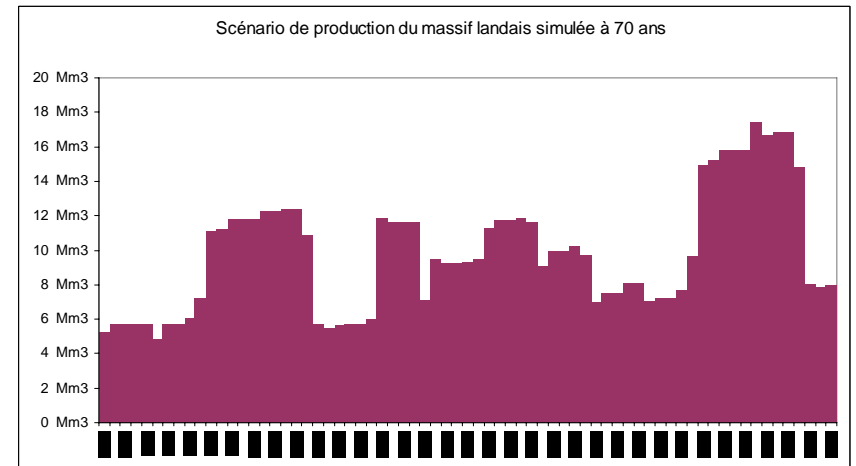
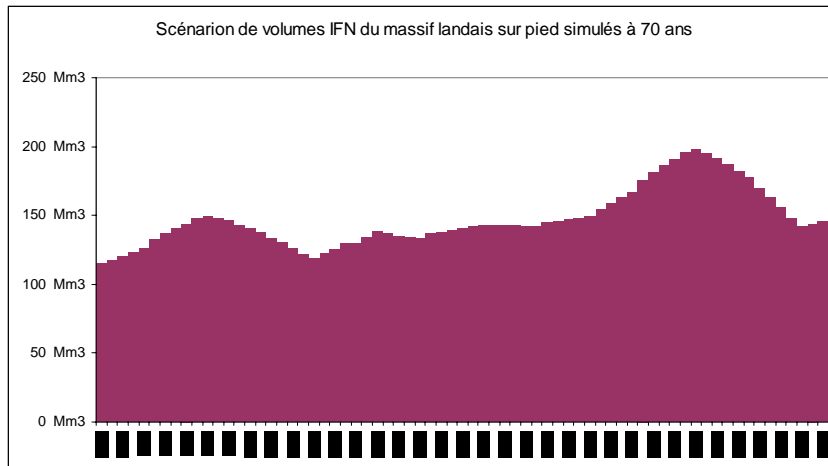
Des scénarios pour le long terme

Un scénario de simulation de l'offre de ressource forestière de pin maritime

Application d'un modèle de cohorte (à partir du logiciel OptimFor)

Le modèle de simulation de cohorte permet par zone forestière (ici le massif dans son entier) et pour chaque génération d'arbre de choisir un modèle de pousse et de gestion adapté au scénario choisi.

Un scénario envisageable est une plus grande productivité du massif suite à une amélioration génétique et à une optimisation des prélèvements.



Les diagrammes ci-dessus montrent les effets des déséquilibres actuels entre classes d'âges sur les stocks et productions attendues

Des scénarios pour le long terme

Un scénario de modification de la demande de produits bois issus du pin maritime

Application d'un tableau d'entrées-sorties pour analyser les effets de la demande

L'objectif de la simulation

- Le niveau de la production (X) dépend de la demande finale (Y) :
 $Y = (I-A)^{-1}X$ avec A la matrice des coefficients techniques
- La demande finale correspond à la demande de bois en fin du processus de production
- En faisant varier la demande finale (augmenter le bois dédié à la construction ou à l'énergie), on peut observer les conséquences pour toute la filière bois jusqu'à la sylviculture (sciage, exploitation forestière, ...)
- *Construction des TES*
- *2 TES vont être créés et reliés :*
- *1 TES « en volume » : ce sont les flux en nature (utilisation du bois exprimée en tonnes de carbone).*
- *1 TES « en valeur » : Ce sont les flux monétaires. Ces flux recensent les achats de consommations intermédiaires, les valeurs ajoutées et les productions (exprimés en euros).*

Les utilisations du modèle entrées-sorties

- Suivant les scénarios en faisant varier la **demande finale** (développer le bois construction ou bois énergie, ...), on pourra observer les conséquences :
- **économiques** (l'évolution des VAB)
- **physiques** (les productions en carbone et en m3)
- **environnementales** (les émissions émises et séquestrées)
