IV Annexes

GIP ECOFOR Contributions Groupe filière

1	Présentation réunion « expertise » du 17 décembre 2009	33
О	<u>Contributions</u>	34
О	Perspectives bois d'industrie	35
О	La montée du bois énergie	37
О	La disponibilité en bois ronds	40
О	Les produits connexes de scieries	41
О	Perspectives de l'offre en bois d'industrie en pin maritime	43
О	Conclusion bois d'industrie	45
О	La demande en bois d'œuvre	45
О	L'offre en bois d'œuvre	47
О	L'équilibre de la récolte / Demande	49
О	Perspectives - potentiel du massif landais (2010 – 2015)	51
О	Conclusion générale : Bois d'œuvre – Bois d'industrie	56
О	Propositions pour limiter le déséquilibre	57
2	IFN : La ressource pin maritime en Aquitaine - Etat des lieux à partir des résultats IFN	_
3	FCBA : Evaluation du potentiel de production du pin maritime de la forêt aquitaine avant et après la tempête de janvier 2009	-
4	INRA : Sol forestiers landais : caractéristiques et effets des pratiques de gestion	_
5	Université Bordeaux IV et CRPF : Flux et stocks de carbone des massifs forestiers aquitain et landais	-
6	FCBA: Synthèse des besoins possibles dans de nouveaux procédés, à l'échelle du territoire français	-
7	Cellule Biomasse DRAAF Aquitaine : Contribution bois énergie	_

Gip Ecofor

Groupe Filière
Pérennité de la ressource forestière
et son adéquation avec les besoins

17 décembre 2009

Contributions

- Contributions ressources et demande :
- IFN, La ressource pin maritime en Aquitaine, État des lieux à partir des résultats IFN
- **FCBA**, Évaluation du potentiel de production du pin maritime de la forêt aquitaine avant et après la tempête de janvier 2009
- **DRAAF**, Bois énergie et biomasse,
- Synthèses des contributions :
- FIBA: Bois d'industrie
- FIBA: Bois d'œuvre
- Contributions annexes :
- INRA : Les sols forestiers landais : caractéristiques et effets des pratiques de gestion
- CRPF Bordeaux IV : Flux et stock de Carbonne des massifs forestiers aquitain et landais

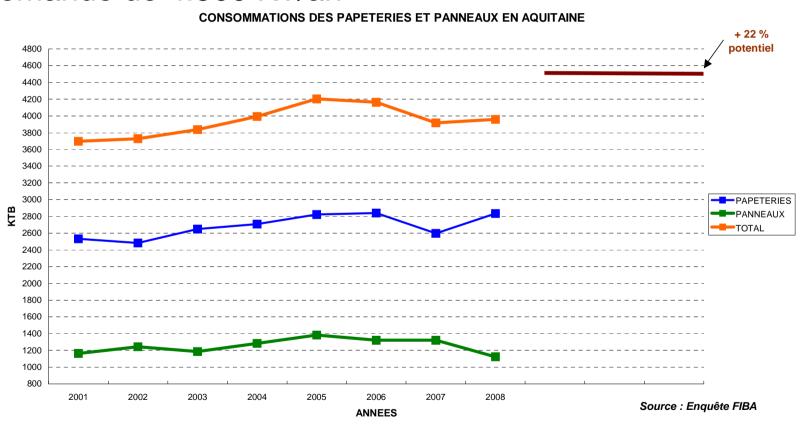
Perspectives Bois d'industrie

- Au cours de cette décennie, la consommation des usines de pâte et panneaux a progressé régulièrement. Cela est dû aux marchés servis qui restent en croissance, même si elle est modérée, et aux investissements importants qui ont été effectués sur les sites industriels.
- Cette progression régulière dans la période 2001-2006 a été ralentie par un accident industriel survenu à Facture début 2007 (incendie de la salle informatique de la machine 6), qui a provoqué un arrêt de l'usine de 3 mois et une moindre consommation de l'usine de 300 KT.
- En 2008, le début de la crise économique a d'abord touché l'industrie des panneaux et s'est étendue à la papeterie en 2009.
- 2010 devrait être marquée par un retour à une situation plus normale des marchés et voir l'entrée en production de nouveaux équipements (nouvelle ligne chez EGGER, SERIPANNEAUX, fin du développement de la machine 5 chez SMURFIT), tant et si bien que le potentiel de consommation de l'industrie aquitaine des pâtes et panneaux est aujourd'hui estimé à pleine capacité à 4 500 KT, soit 800 KT de plus qu'en 2001 (+ 22 %).

Perspectives Bois d'industrie

Bois de trituration - pâte et panneaux

Une demande de 4.500 KT/an



La montée du bois énergie

- Hors bois de chauffage, le besoin devrait passer de 460 KT en 2010 à 2 Mio de tonnes en 2015. La part du pin maritime dans ce développement représente 90 %.
- De plus, il est à remarquer que les plans d'approvisionnement de l'ensemble de ces nouveaux utilisateurs (principalement les pellets) font appel à des quantités croissantes de produits connexes de scieries (100 KT en 2010 – 376 KT en 2015) aujourd'hui utilisés par l'industrie de la pâte et des panneaux.
- Cette concurrence d'usage s'exprime aussi sur les rondins, même si les chiffres fournis ne permettent pas de séparer ce produit des plaquettes forestières

GIP ECOFOR FILIERE

17 décembre 2009

utilisation / année		2010 2015								
		fore	€t				for	ê t		
	TOTAL	rondins ou plaquettes forestières	rémanents	connexes	DIB /JEV	TOTAL	rondins ou plaquettes forestières	rém anents	connexes	DIB /JEV
bois de chauffage (1)	2 000 000	2 000 000				2 000 000	2 000 000			
bols de chadhage (1)	2 000 000	2 000 000				2 000 000	2 000 000			
Chaufferie collectives (2)	7 000	3 500		1 500	2 000	50 000	45 000		2 000	3 000
CRE I (3)	30 000	15 000		3 000	12 000	40 000	25 000		3 000	12 000
	,									
Tartas		100 000		20 000	20 000	140 000	50 000	50 000	20 000	20 000
CRE II (4) Facture		100 000		2.500	2.500	240 000	100 000	140 000		5.000
St Pau	20 000	10 000	5 000	2 500	2 500	40 000	30 000		5 000	5 000
24	1					60 000	50 000		5 000	5 000
22	1					80 000	80 000		3 000	3 000
CRE III (5) 40						200 000	120 000	80 000		
64						200 000	140 000	60 000		
Fords Obstant (C)	1 20000	0.5.00				60.000		•		
Fonds Chaleur I (6) 40	30 000	25 000		5 000		60 000	50 000		10 000	
Fonds Chaleur II						80 000	50 000	20 000	5 000	5 000
Fonds Chaleur III						100 000	70 000	20 000	5 000	5 000
Industries (7)	30 000	20 000		5 000	5 000	100 000	90 000		5 000	5 000
muustiles (r)	30 000	20 000		3 000	3 000	100000	90 000		3 000	3 000
AgroCarburants						80 000	80 000			
Hors Aquitaine (8)	15 000	15 000				70 000	70 000			
Sciures et plaquettes pour granulation (9)	88 000	25 000		63 000		460 000	144 000		316 000	
TOTAL (10)	460 000	313 500	5 000	100 000	41 500	2 000 000	1 194 000	370 000	376 000	60 000

Source Cellule Biomasse DRAAF Aquitaine

- 1 Enquête CEREN (non comptabilisé)
- 2 Commission d'Attribution des Aides ADEME
- 3 Projet Marcillac 33
- 4 Projets en cours de réalisation
- 5 30 % des projets retenus

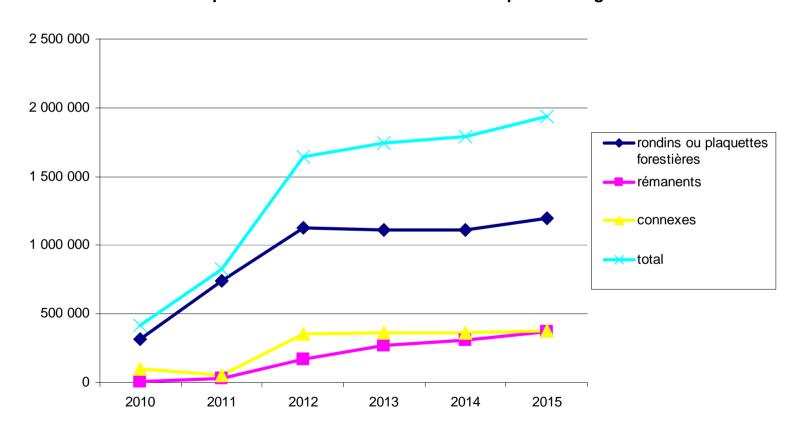
- 6 Projets retenus
- 7 Prévisions Commission d'Attribution des Aides ADEME
- 8 Prévisions Fonds Chaleur et CRE III
- 9 Prévisions CRE III et Fonds Chaleur
- 10 Hors bois de chauffage

Bois énergie

Une explosion de la demande : 2.000 KT en 2015

Source cellule biomasse DRAAF

Perspectives de consommations de bois pour l'énergie



La disponibilité en bois ronds

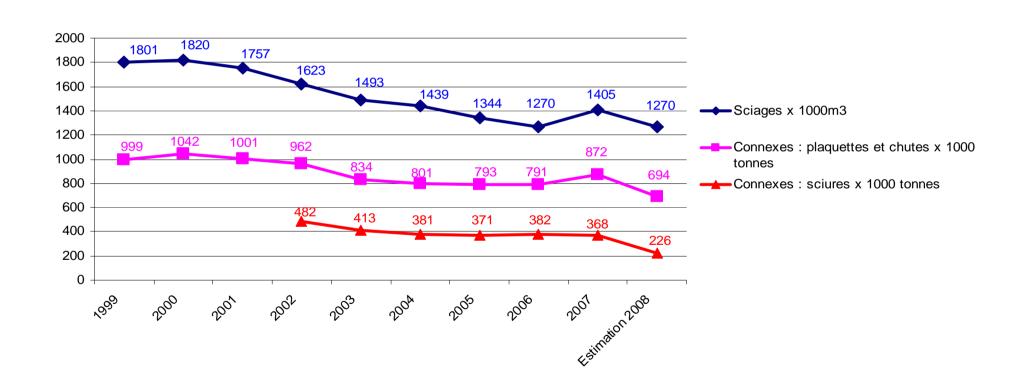
- La tempête Martin a amputé le potentiel de production annuelle du massif de pin maritime de 1,3 Mio de m3/an dont 400 km3/an de rondins de trituration. Les premiers effets de la reconstitution de ce potentiel ne se feront sentir qu'à partir de 2020 et sur des volumes faibles (1ères éclaircies).
- La tempête Klaus a affecté plus lourdement ce potentiel et les premières évaluations situent cette réduction à 2,2 Mio de m3/an soit 650 km3/an de bois d'industrie.
- Même si la disponibilité de la forêt après le passage de la tempête Klaus doit être précisée par une étude de ressource plus détaillée, les variations du potentiel de production sont suffisamment importantes pour que nous puissions dresser un premier bilan et nous appuyer sur ces chiffres pour faire une première évaluation du déséquilibre offre / demande.

Les produits connexes de scieries

- En complément de l'offre de bois ronds, l'approvisionnement de l'industrie des pâtes et panneaux est fortement dépendant de l'activité des scieries (produits connexes). Au cours de la décennie écoulée, le sciage aquitain a connu une forte diminution qui a affecté d'autant les quantités de connexes commercialisées (enquête E.A.B.).
- Après le passage de la tempête Klaus, le groupe sciage a établi 2 hypothèses :
- hypothèse basse : 1,3 millions de m3 (1,2 Mio de m3 sciés + 0,1 de déroulage),
- hypothèse haute : **1,4** millions de m3 (1,3 Mio de m3 sciés + 0,1 de déroulage)
- qui libèreront respectivement **870 KT** et **941 KT** de produits connexes commercialisés (extrapolation sur les bases 2008).
- <u>N.B.</u>: les chiffres 2008 sont les estimations provisoires fournies par la DRAAF Aquitaine. Ils font apparaître une nouvelle dégradation du sciage (10 %) et une réduction proportionnellement beaucoup plus forte sur les produits connexes commercialisés (21 % sur les chutes et plaquettes et 39 % sur les sciures) en raison du développement de l'autoconsommation pour l'énergie.

Production de sciage Source E.A.B.

Évolution de la commercialisation des produits connexes de sciage de pin maritime en Aquitaine



GIP ECOFOR FILIERE

17 décembre 2009

Perspectives de l'offre en Bois d'industrie pin maritime

Évolution de l'offre KT	1999	2007	2015 Sciage bas	2015 Sciage haut
Bois ronds (Potentiel de récolte)	3.100	2.800	2.100	2.150
Produits connexes	1.500	1.240	870	941
Total	4.600	4.040	2.970	3.091

Conclusion - Bois d'industrie

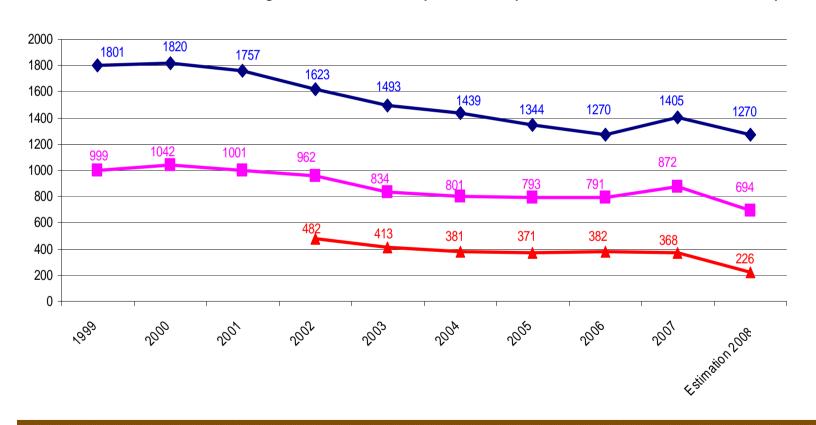
- Un déficit très important de l'ordre de 40 à 50 % des besoins, qui peut être aggravé suivant la stratégie retenue pour le développement du bois énergie en Aquitaine
- Comment prendre en compte cette situation consécutive au passage de la tempête Klaus dans la mise en place des politiques forestière, industrielle et énergétique
- Quelle coordination possible entre les différents décideurs (État, Région, Départements)
- Quel rôle d'arbitrage peut (et doit) jouer la cellule Biomasse régionale

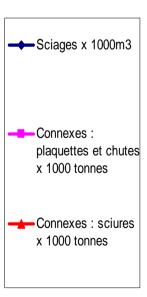
La demande en Bois d'œuvre

Évolution depuis 10 ans

Production de sciage Source E.A.B.

Evolution des sciages de Pin Maritime en Aquitaine et des produits connexes commercialisés correspondants



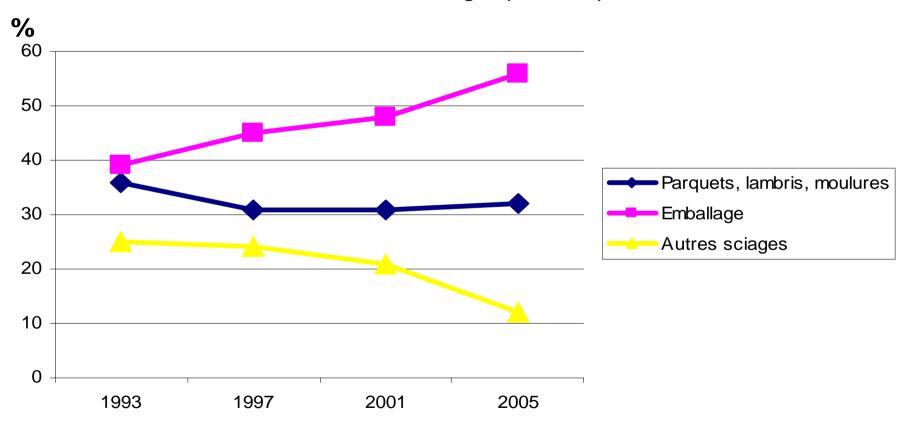


La demande en Bois d'œuvre

Évolution des marchés du sciage Pin Maritime

En pourcentage de la production de sciage totale

Destinations des sciages (Générale)



L'offre de Bois d'œuvre

Impact Klaus / Potentiel de production annuel

Potentiel bois accessible pour l'Industrie du bois d'œuvre :

Potentiel de production (Millions d'unités)	1999	2007 après Martin	2009 après Klaus
Bois d'œuvre (m3)	6	5,1	3,6
Bois d'œuvre (Tonnes)	5,4	4,5	3,3

Estimation FCBA Etude GIP Ecofor 2009 1 T = 1,12 m3 de bois ronds avec écorce.

L'offre de Bois d'œuvre

Prospective sciage sur 5 ans

REPRISE ET EVOLUTIONS DES MARCHES DE SCIAGE ET DEROULAGE EN AQUITAINE JUSQU'EN 2015

	CHUTE	CROISSANCE / ANNEE N-1			reprise
	2009/2007	2010	2011	2012/15	2015/2009
emballage+palettes	-24%	8.0%	9.0%	1.0%	21%
lambris -parquets-décor	-23%	7.0%	10.0%	2.0%	25%
Bricolage/menuiserie	-18%	6.0%	8.0%	2.0%	22%
construction+ maisons bois	-15%	5.0%	6.0%	12.0%	59%
déroulage	-14%	4.0%	3.0%	3.0%	19%

	part 2009 e	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	part 2015
emballage (palettes)	51.0%	597	644	702	709	717	724	731	48.7%
lambris -parquets-décor	24.5%	287	307	337	344	351	358	365	24.3%
Bricolage/menuiserie	10.0%	117	124	134	137	139	142	145	9.7%
construction+ maisons bois	8.5%	99	104	111	124	139	156	174	11.6%
déroulage	6.0%	70	73	75	77	80	82	85	5.6%
	100.0%	1170	1253	1360	1392	1426	1462	1500	100.0%

niveau estimé 2009 1170

L'équilibre de la récolte / Demande

Estimation de la demande en grumes

En millions de m3 NIVEAUX DE PRODUCTION				
Production Sciage	1,2	1,3	1,4	1,5
Demande en grumes Sciage	2,73	2,95	3,18	3,41
Production Déroulage	0,1	0,1	0,11	0,11
Demande en grumes Déroulage	0,24	0,24	0,27	0,27
TOTAL Demande grumes Aquitaine	2,97	3,19	3,45	3,68
Export grumes	1	1	1	1
TOTAL Demande	3,97	4,19	4,45	4,68

Bois d'œuvre l'équilibre de la récolte / Demande

Adéquation avec l'offre à moyen et long terme :

- Le potentiel maximal du massif forestier est estimé à 3,6 millions de m3 annuels en bois d'œuvre.
- Les besoins régionaux peuvent être estimés entre 3 et 3,65 millions de m3 bois d'œuvre

Perspectives - potentiel du massif landais (2010 - 2015)

Le potentiel du massif pour répondre à la demande de l'industrie pour la période immédiate est composé de quatre facteurs :

- Les stocks de bois chablis utilisables en bois d'œuvre (Ils vont dépendre de la vitesse de dégradation visuelle ou physique du bois : bleuissement, scolytes). Ils ne sont déjà plus adéquats pour les marchés menuiserie/produits rabotés. Pour l'emballage, on peut prévoir une utilisation en 2010 et jusqu'en 2011 au maximum. Néanmoins, cette exploitation reste aléatoire en 2011.
- Les stocks de bois sur pied immédiatement exploitables (coupes de régularisation et peuplements ayant atteint l'âge d'exploitation). Ils sont disponibles en quantité suffisante mais leur mise en marché par les sylviculteurs va dépendre de l'avancement de l'exploitation des chablis et du niveau de la demande.
- Le potentiel de production annuel du massif. Ce dernier jouera plus à moyen et long terme. Il doit encore être affiné par périodes.
- Le déstockage des bois sous aspersion qui permettra de compléter l'approvisionnement (1 an de production).

Perspectives - potentiel du massif landais (2010 - 2015) : Tensions à venir

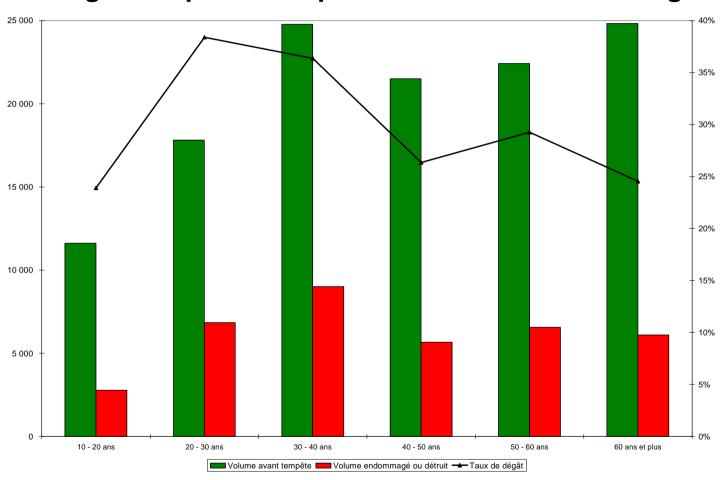
Pour éviter le conflit d'usage :

- Utiliser au maximum les chablis
- Mobiliser des ressources suffisantes en bois vert à court terme
- La mise en marché rapide des coupes de régularisation et le déstockage des peuplements âgés peu touchés par Klaus
- Optimiser le développement du bois énergie

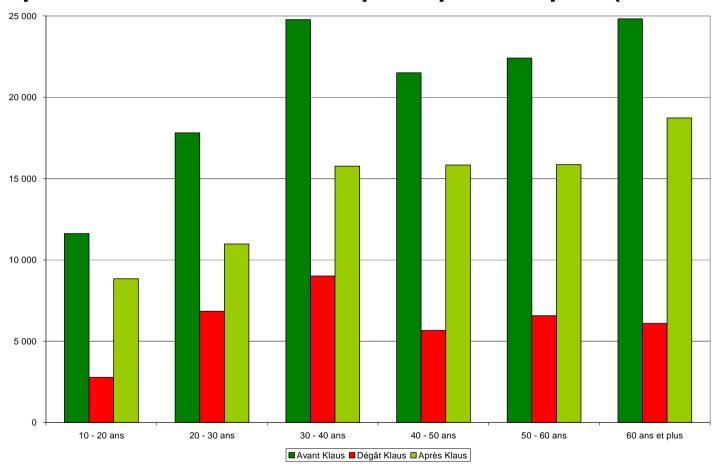
A moyen terme :

- L'impact très fort de Klaus dans les peuplements en devenir de classe d'age 10-40 ans est inquiétant
- Le maintien des surfaces productives, leur reconstitution rapide par plantation (liaison du nettoyage et de la reconstitution), et la priorité qui sera donnée à la vocation économique de ces espaces
- L'adaptation de la sylviculture (Rotation, ...)

Volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit et taux de dégât des pinèdes aquitaines selon la classe d'âge

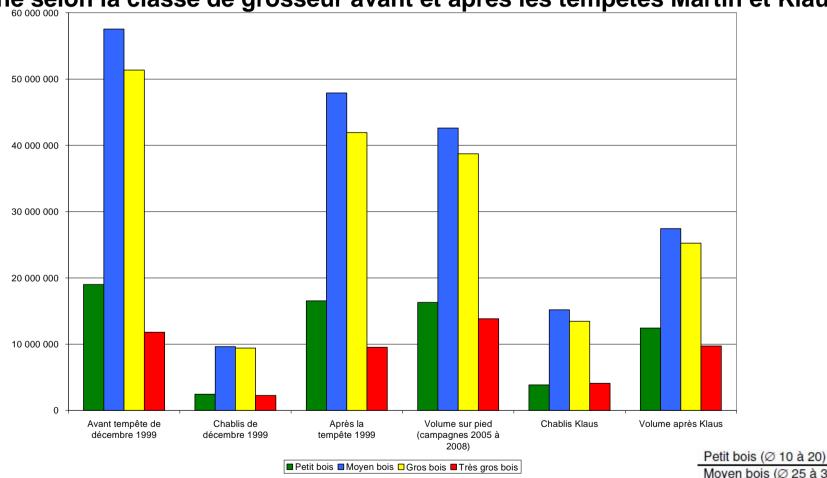


Volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit par la tempête et volume restant sur pied après tempête (x 1 000 m3)



Volume sur pied et volume chablis de pin maritime dans le Massif des Landes de

Gascogne selon la classe de grosseur avant et après les tempêtes Martin et Klaus



Très gros bois (Ø 55 et +)

Conclusion générale Bois d'œuvre - Bois d'industrie

- Des pistes à court terme existent pour réduire les déficits en bois : il faut les mettre en place
- Des pistes à long terme sont à évaluer (Étude prospective sur la ressource et sur l'équilibre de l'offre et de la demande)

Propositions pour limiter le déséquilibre

1) Conforter l'approvisionnement des industries du sciage

- Déstockage de vieux bois (sensibilisation des propriétaires forestiers)
- Coupes de régularisation (regrouper les opérations de reboisement et de nettoyage)

2) Stratégie de mobilisation des chablis

- Maximiser l'utilisation des chablis par l'industrie locale
- Stockages

Propositions pour limiter le déséquilibre

- 3) Aménager la gestion forestière (raccourcissement des cycles)
- 4) Création d'un compte épargne forêt (déstockage de vieux bois)
- 5) Création d'une assurance forêt (reconstitution)
- 6) Optimiser le développement du bois énergie pour obtenir des gains environnementaux, économiques et sociaux
- 7) Structurer une filière d'importation de bois pour l'industrie et l'énergie
- 8) Augmenter l'utilisation des produits de recyclage (Bois et fibres)

La ressource pin maritime en Aquitaine – Etat des lieux à partir des résultats de l'IFN

Introduction

Cet état des lieux s'appuie sur les données collectées par l'IFN dans le cadre de différentes opérations. Les concepts utilisés et les définitions sont ceux de l'IFN; le lecteur pourra se reporter à l'annexe, au site internet de l'IFN (http://www.ifn.fr/spip/?rubrique164) ainsi qu'aux deux dernières publications nationales de l'IFN pour connaître leur signification précise.

Jusqu'en 2004, l'IFN réalisait des inventaires départementaux et périodiques tous les douze ans en moyenne. Les années de référence des derniers inventaires départementaux de la région Aquitaine sont les suivants :

Dordogne: 1992
Gironde: 1998
Landes: 1999
Lot-et-Garonne: 2000
Pyrénées-Atlantiques: 1995

Les départements de la Gironde, des Landes et du Lot-et-Garonne étaient alors inventoriés pour la $4^{\rm e}$ fois alors que ceux de la Dordogne et des Pyrénées-Atlantiques l'étaient pour la $3^{\rm e}$.

Pour évaluer les dégâts de la tempête Martin du 27 décembre 1999, l'IFN est retourné sur les placettes des 4^e inventaires de la Gironde et des Landes. Dans le département de Lotet-Garonne, les chablis ont été observés lors des levers (2000).

Depuis 2005, l'inventaire forestier est systématique et annuel sur l'ensemble du territoire métropolitain. Ce nouvel inventaire a permis d'estimer statistiquement les dégâts de la tempête Klaus du 24 janvier 2009 dans le Sud-Ouest de la France par retour sur les placettes de lever des campagnes 2005 à 2008.

Les statistiques issues de l'inventaire systématique et annuel peuvent fluctuer légèrement en fonction du nombre de campagnes prises en compte. Les statistiques de cette note qui s'appuient sur les campagnes 2005 à 2008, tout comme la publication IFN 2009, sont plus précises que celles calculées uniquement à partir des campagnes 2005 à 2007 (publication IFN 2008, If n° 21 consacré à la tempête Klaus).

Les statistiques issues de l'inventaire systématique et annuel sont accompagnées le plus souvent de leur intervalle de confiance au seuil de 95%. Ceci signifie que la valeur réelle à 95% de chances de se situer effectivement dans l'intervalle fourni.

Outre les inventaires statistiques, les dégâts occasionnés dans les pinèdes du Massif des Landes de Gascogne par les tempêtes Martin (décembre 1999) et Klaus (janvier 2009) ont fait l'objet d'une cartographie semi-automatique à partir d'images satellitales. La première cartographie a été réalisée à partir d'images Landsat (résolution de 30 mètres) alors que la seconde a été réalisée à partir d'images Spot (résolution de 10 ou 20 mètres selon les années).

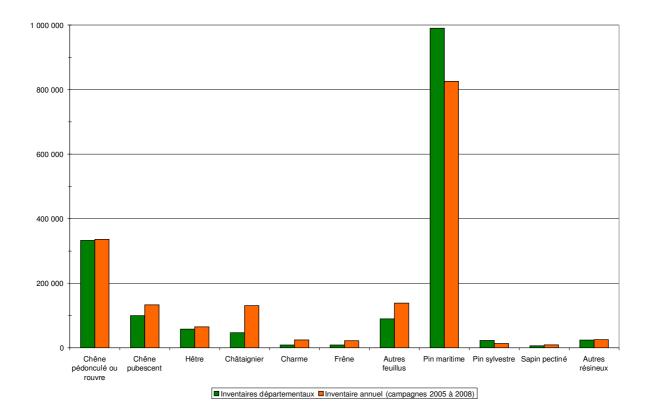
La forêt aquitaine

L'IFN a retenu la définition internationale de la forêt : territoire occupant une superficie d'au moins 50 ares avec des arbres capables d'atteindre une hauteur supérieure à 5 m à maturité *in situ*, un couvert arboré de plus de 10 % et une largeur moyenne d'au moins 20 mètres. Elle n'inclut pas les terrains dont l'utilisation du sol prédominante est agricole. Les bosquets dont la surface est inférieure à 50 ares sont exclus.

Tableau 1 : évolution de la surface des forêts (à l'exclusion des peupleraies) et des bosquets de production de la région Aquitaine selon l'essence principale du peuplement

Essence princ	ipale	Inventaires	Inventaire	Evolution	Evolution
•	•	départementaux	systématique	(ha)	%
		(ha)	(ha)		
Feuillus	Feuillus Chêne pédonculé ou rouvre		335 949	3 389	1.0%
	Chêne pubescent	99 534	133 343	33 809	34.0%
	Hêtre	58 193	64 828	6 635	11.4%
	Châtaignier		130 534	83 929	180.1%
	Charme	8 759	24 598	15 839	180.8%
	Frêne	8 851	22 026	13 175	148.8%
	Autres feuillus	89 912	138 504	48 592	54.0%
Total Feuillu		644 416	849 782	205 366	31.9%
Résineux	Pin maritime	990 072	825 911	-164 161	-16.6%
	Pin sylvestre	23 026	13 442	-9 584	-41.6%
	Sapin pectiné	6 428	9 387	2 959	46.0%
	Autres résineux	24 023	25 269	1 246	5.2%
Total Résineux		1 043 548	874 009	-169 539	-16.2%
Coupe rase ou I	ndéterminé	49 716	52 223	2 507	5.0%
Total		1 737 680	1 776 014	38 334	2.2%

Figure 1 : évolution de la surface des forêts (à l'exclusion des peupleraies) et des bosquets de production de la région Aquitaine selon l'essence principale du peuplement



La surface totale des forêts de production de la région Aquitaine a peu évolué entre les derniers inventaires départementaux et l'inventaire systématique et annuel. En effet, la légère progression observée est à peine significative du point de vue statistique.

En termes de composition, les deux séries ne sont pas strictement comparables car le protocole de détermination de l'essence principale du peuplement a évolué. Lors des inventaires départementaux, l'essence principale était l'essence dont le taux de couvert libre relatif dans la strate de futaie – lorsqu'elle existait, dans le taillis sinon – était le plus élevé. Dans le cadre du nouvel inventaire, il n'est plus tenu compte de la strate. De plus, l'essence principale était notée directement par le chef d'équipe auparavant. Dans le cadre du nouvel inventaire, l'essence principale est calculée à partir du couvert libre relatif des essences présentes sur la placette de lever (20 ares).

Malgré ces réserves, il apparaît toutefois que les peuplements feuillus ont progressé au détriment des peuplements résineux. Parmi les feuillus, les chênes et le châtaignier se sont étendus ; le pin maritime quant à lui enregistre une régression significative.

Le croisement de l'échantillon systématique et annuel avec la carte des dégâts occasionnés par la tempête Martin de décembre 1999 permet d'appréhender ce que sont devenus les peuplements endommagés à l'époque. Pour des raisons méthodologiques, la carte des dégâts a été réalisée uniquement pour les peuplements composés principalement de pin maritime. La cartographie forestière avait été utilisée comme masque à cet effet.

Tableau 2 : effectif de placettes de levers de l'inventaire systématique et annuel (campagnes 2005 à 2007) dans le Massif des Landes de Gascogne selon la classe de dégâts de la tempête Martin de décembre 1999 et l'essence principale

			Classe de dégâts de la tempête Martin							
Essence p	rincipale	0%-20%	20%-40%	40%-60%	60%-80%	80%-100%	Total	%		
Résineux Pin maritime		488	22	22	24	30	586	81%		
	Autre résineux	1	1 1							

Sous-total résineux		489	22	23	24	30	588	81%
Feuillu	Chêne pédonculé	52	2	2	4	8	68	9%
	Chêne pubescent	1					1	0%
	Châtaignier	6					6	1%
	Charme	3					3	0%
	Autre feuillu	23		1			24	3%
Sous-total	feuillu	85	2	3	4	8	102	14%
Coupe rase ou indéterminé		15	2	4	4	10	35	5%
Total	•		26	30	32	48	725	100%

Au sein des types cartographiés à base de pin maritime, 94% des forêts de la région avaient effectivement comme essence principale le pin maritime lors du 4° inventaire. L'essence principale des 6% restant était feuillue. Les proportions sont nettement différentes lorsqu'on ventile les échantillons des campagnes 2005 à 2007 sur la carte des dégâts 1999. La proportion de placettes pour lesquelles l'essence principale est feuillue est beaucoup plus importante (14%) même si la majorité des placettes de lever de l'échantillon systématique ont le pin maritime pour essence principale (81%). Par ailleurs, 5% des placettes correspondent à des coupes rases ou des peuplements dont l'essence principale est indéterminée. Il se confirme donc qu'une proportion non négligeable de pinèdes endommagées par la tempête Martin n'a pas été reconstituée. Dans un certains nombre de cas, des feuillus se sont alors développés (chêne pédonculé majoritairement mais également châtaignier ou robinier). Pour des raisons techniques liées à l'organisation de la chaîne de traitement des données, il n'est pas possible d'en déduire des statistiques de surface.

La pinède aquitaine

La pinède désigne dans ce document les forêts de production dont l'essence principale est le pin maritime. La plupart des pinèdes aquitaines sont conduites en futaie régulière ; une analyse par classe d'âge est alors d'un grand intérêt.

L'IFN mesure les arbres dont le diamètre à 1,30 m du sol est supérieur à 7,5 cm. Selon la fertilité de la station, le pin maritime devient recensable entre 10 et 15 ans. Les peuplements non recensables ont été regroupés avec la classe d'âge « moins de 10 ans » en première approximation. Certaines placettes de lever, bien qu'en forêt, ne comportent pas d'arbres ; cette situation, qui reste rare, justifie la classe singulière « absence d'arbres ».

Ressource avant la tempête Klaus

Tableau 3 : surface et volume sur pied des pinèdes de la région Aquitaine par classe d'âge

Classe d'âge	Superficie		Vo	olum	ie	Volume à l'ha		
	(ha)		(x 1.	000	m³)	(m³/ha)		
Moins de 10 ans ou non recensable	155 728	±	22 507	1 069	±	847		7
10 - 20 ans	169 218	±	23 314	11 620	±	2 280	69	9
20 - 30 ans	127 262	±	20 537	17 819	±	3 521	140	0
30 - 40 ans	118 933	±	19 983	24 776	±	5 136	208	8
40 - 50 ans	86 527	±	17 037	21 501	±	5 465	248	8
50 - 60 ans	85 308	±	16 745	22 417	±	5 152	26	3
60 ans et plus	80 012	±	16 251	24 823	±	6 326	310	0
Absence d'arbres		n.s.			n.s.		n.s.	
Total	825 911	±	35 097	124 025	±	12 253	150	0

Les jeunes peuplements (moins de 20 ans) couvrent des surfaces importantes (325 000 ha). L'effort de reconstitution suite à la tempête Martin de décembre 1999 a été

important puisque les peuplements de moins de dix ans et les peuplements non recensables couvrent 156 000 ha même si quelques peuplements chablis de 1999 n'ont pas fait l'objet de nouvelle plantation. Les surfaces des peuplements d'âge compris entre 10 et 20 ans sont d'ailleurs légèrement supérieures à celles des peuplements plus jeunes témoignant du fait que certains sylviculteurs n'ont pas décidé de replanter suite à la tempête Martin. C'est notamment le cas dans le Nord du Massif Landais.

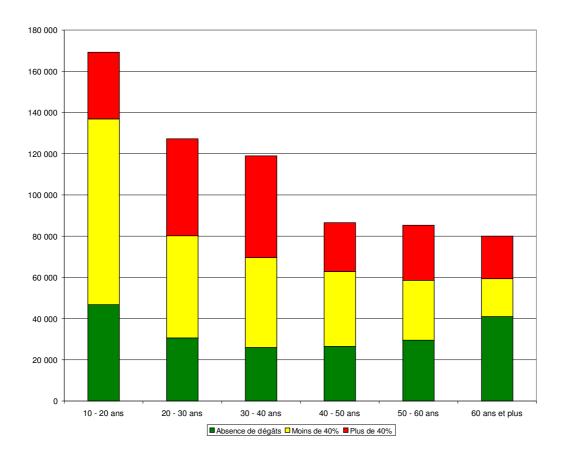
Les peuplements de plus de 50 ans couvrent une superficie de 165 000 ha ; cette surface s'élève même à 252 000 ha si on y inclut la classe 40 à 50 ans. L'âge d'exploitabilité des futaies régulières de pin maritime se situant entre 40 et 45 ans en moyenne, beaucoup de ces peuplements font plutôt l'objet d'une gestion à vocation patrimoniale plus que de production. Ces peuplements, lorsqu'ils ont été épargnés par la tempête Klaus, constituent un potentiel de récolte important.

Dégâts de la tempête Klaus

Tableau 4 : surface des pinèdes de la région Aquitaine selon la classe d'âge et la classe de dégât

	C			
Classe d'âge	Absence	Moins	Plus	Total
	de dégâts	de 40%	de 40%	
Moins de 10 ans ou non recensable	130 201	22 327	3 200	155 728
10 - 20 ans	46 831	90 029	32 357	169 217
20 - 30 ans	30 621	49 594	47 047	127 262
30 - 40 ans	25 960	43 625	49 347	118 932
40 - 50 ans	26 471	36 408	23 649	86 528
50 - 60 ans	29 502	29 054	26 752	85 308
60 ans et plus	40 981	18 360	20 670	80 011
Absence d'arbres	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Total	333 491	289 397	203 022	825 910

Figure 2 : surface des pinèdes de la région Aquitaine selon la classe d'âge et la classe de dégât



L'ensemble des peuplements de moins de dix ans et des peuplements non recensables correspondent pour beaucoup à un sous-échantillon de placettes pour lesquelles les dégâts n'ont pas été observés car elles ne comportaient pas d'arbres levés. La fréquence des dégâts dans ce cas particulier est donc sous-estimée. Hormis cette classe singulière du fait de la méthode d'inventaire, on relève que toutes les classes d'âge ont été fortement atteintes par la tempête Klaus.

La fréquence des dégâts est sensiblement la même pour les peuplements dont l'âge se situe dans une très large gamme comprise entre 10 et 50 ans. Pour toutes ces classes d'âge, la fréquence des peuplements comportant des dégâts se situe entre 65% et 80%. Il en était tout autrement en décembre 1999, la tempête Martin ayant quelque peu épargné les peuplements les plus jeunes et les moins hauts. De façon surprenante, les pinèdes âgées de plus de 60 ans auraient été proportionnellement moins affectées.

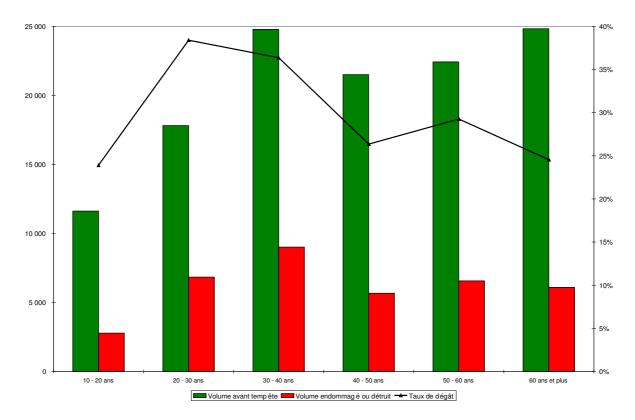
Si la fréquence des dégâts est quasiment indépendante de l'âge des peuplements, il en est différemment de leur intensité. L'intensité des dégâts est nettement plus faible pour les peuplements dont l'âge est compris entre 10 et 20 ans. Dans cette classe d'âge, la surface des peuplements endommagés à moins de 40% représente presque le triple des surfaces détruites à plus de 40% : 90 000 ha contre 32 000 ha. Les surfaces des pinèdes endommagées et de plus de 20 ans se répartissent ensuite sensiblement à parts égales de part et d'autre du seuil de 40% de dégâts : 177 000 ha endommagés à moins de 40% contre 167 000 ha endommagés à plus de 40%.

Tableau 5 : volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit et taux de dégât des pinèdes aquitaines selon la classe d'âge

Classe d'âge	Volume avant tempête (x 1 000 m³)			Volume endommagé ou détruit (x 1 000 m³)	Taux de dégât
Moins de 10 ans ou non recensable	1 069	±	847	Evalué partiellement	
10 - 20 ans	11 620	±	2 280	2 777 ± 1 019	24%

20 - 30 ans	17 819	±	3 521	6 843	±	2 096	38%
30 - 40 ans	24 776	±	5 136	9 009	±	3 155	36%
40 - 50 ans	21 501	±	5 465	5 666	±	2 632	26%
50 - 60 ans	22 417	±	5 152	6 561	±	2 674	29%
60 ans et plus	24 823	±	6 326	6 094	±	2 946	25%
Total	124 025	±	12 253	37 147	±	5 869	30%

Figure 3 : volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit et taux de dégât des pinèdes aquitaines selon la classe d'âge



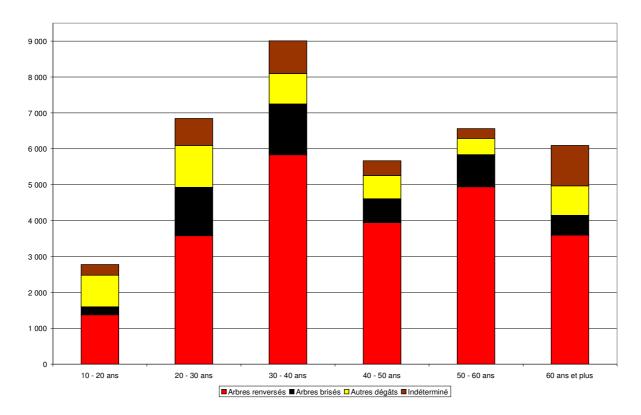
L'analyse des surfaces des pinèdes endommagées selon l'âge doit être complétée par l'analyse des volumes de pin maritime. Les volumes endommagés ou détruits et les taux de dégâts les plus élevés concernent les classes d'âge qui devaient arriver prochainement à maturité. Les peuplements âgés entre 20 et 40 ans totalisent un volume endommagé ou détruit de 15,9 Mm³ (43% du total) et les taux de dégât les plus élevés (37%). Les volumes endommagés et les taux de dégâts des jeunes peuplements sont sensiblement plus faibles (24% pour la classe 10 à 20 ans). Bien que les taux de dégâts dans les peuplements les plus âgés (40 ans et plus) soient légèrement inférieurs aux peuplements âgés entre 20 et 40 ans, les volumes endommagés correspondant s'élèvent tout de même à 18,3 Mm³ (49% du total).

Tableau 6 : volume endommagé ou détruit dans les pinèdes aquitaines selon l'âge et le type de dégât (x 1 000 m^3)

Classe d'âge	Arbres	Arbres	Autres	Indéterminé	Total				
	renversés	brisés	dégâts						
Moins de 10									
ans ou non		Evalué partiellement							
recensable									
10 - 20 ans	1 375 ± 652	224 ± 141	878 ± 461	301 ± 358	2 777 ± 1 019				
20 - 30 ans	3 579 ± 1 369	1 350 ± 685	1 164 ± 525	750 ± 800	6 843 ± 2 096				
30 - 40 ans	5 833 ± 2 006	1 416 ± 827	849 ± 422	910 ± 1167	9 009 ± 3 155				
40 - 50 ans	3 948 ± 1 878	659 ± 491	647 ± 461	413 ± 874	5 666 ± 2 632				

50 - 60 ans	4 940	±	2 132	898	±	640	451	±	461	271	±	1 023	6 561	±	2 674
60 ans et plus	3 598	±	2 135	550	±	501	820	±	568	1 126	±	1 950	6 094	±	2 946
Total	23 433	±	3 939	5 100	±	1 260	4 842		1 183	3 772		2 522	37 147		5 869

Figure 4 : volume endommagé ou détruit dans les pinèdes aquitaines selon l'âge et le type de dégât (x 1 000 m3)



Le type de dégât occasionné par la tempête Klaus a été déterminé précisément pour un volume total estimé à 33,4 Mm³ soit pour 90% du volume endommagé ou détruit dans les pinèdes.

La majorité des arbres ont été renversés : 63% des volumes chablis soit encore plus des deux tiers des dégâts dont la nature a été identifiée. Les arbres brisés sont moins importants que ne laissait supposer l'impression visuelle lors de tournées sur le terrain (14%). L'importance des autres dégâts (arbres encroués, courbés, dégâts dans le houppier) est similaire à celle des arbres brisés (13%).

La proportion d'arbres renversés croît progressivement avec l'âge des peuplements : 49% d'arbres renversés pour les peuplements dont l'âge est compris entre 10 et 20 ans contre 75% pour les peuplements dont l'âge est compris entre 50 et 60 ans.

La proportion d'arbres brisés est la plus importante pour les peuplements d'âge intermédiaire. Avec 2,8 Mm3 de volis, les peuplements âgés entre 20 et 40 ans comptabilisent 54% des dégâts de ce type en volume.

Les peuplements les plus jeunes comportent la plus forte proportion de dégâts ne correspondant ni à des arbres renversés, ni à des arbres brisés. Une proportion importante de ces dégâts correspond à des arbres courbés dont l'avenir sylvicole est compromis.

Ressource après tempête

En première approximation, on estime le volume restant sur pied après tempête de la façon suivante :

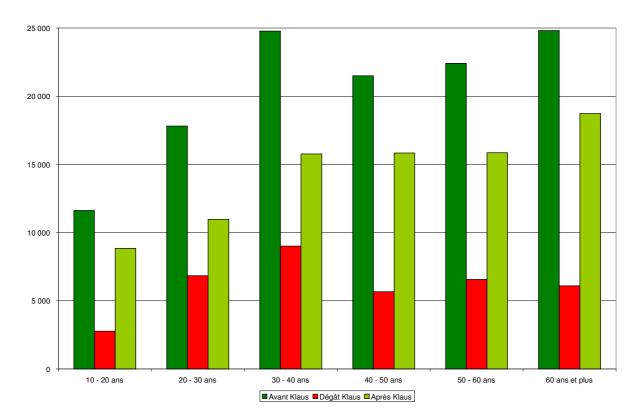
Volume sur pied avant tempête - Volume endommagé ou détruit

Il s'agit bien d'une approximation car cette estimation ne prend en compte ni l'accroissement biologique, ni le recrutement entre les levers et la tempête (période comprise entre 0 et 4 ans selon la campagne). Ces deux flux seront quantifiés dans le cadre de l'étude de ressource et de disponibilité forestières suite à la tempête.

Tableau 7 : volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit par la tempête et volume restant sur pied après tempête (x 1 000 m 3)

Classe d'âge	Volume sur pied avant Klaus			Volume en	_	Volume sur pied après Klaus			
Moins de 10 ans ou non recensable				Evalué pa	ement	Indéterminé			
10 - 20 ans	11 620	±	2 280	2 777	±	1 019	8 843	±	2 898
20 - 30 ans	17 819	±	3 521	6 843	±	2 096	10 976	±	9 437
30 - 40 ans	24 776	±	5 136	9 009	±	3 155	15 767	±	11 002
40 - 50 ans	21 501	±	5 465	5 666	±	2 632	15 834	±	13 918
50 - 60 ans	22 417	±	5 152	6 561	±	2 674	15 857	±	15 417
60 ans et plus	24 823	±	6 326	6 094	±	2 946	18 729	±	15 399
Total	124 025	±	12 253	37 147	±	5 869	86 878	±	23 465

Figure 5 : volume sur pied avant tempête, volume endommagé ou détruit par la tempête et volume restant sur pied après tempête (x 1 000 m^3)



Avec la tempête Klaus, les pinèdes aquitaines se trouvent amputées de 30% de leur matériel sur pied.

La production biologique

Tableau 8 : surface forestière, accroissement de surface terrière total et par hectare des pinèdes de la région Aquitaine selon la classe d'âge avant et après la tempête Klaus

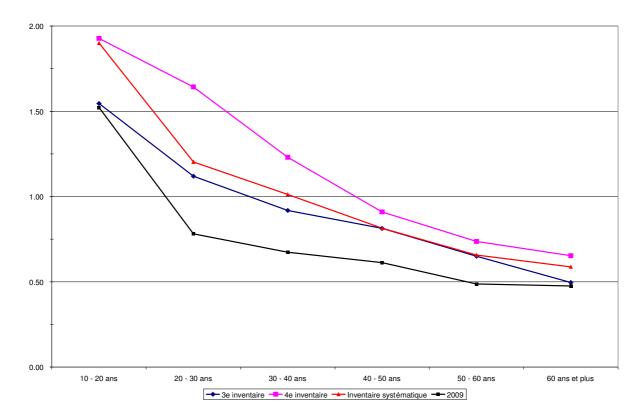
Classe d'âge	Surface (ha)			Accroissement de surface terrière avant Klaus (m²/an)			Accroissement de surface terrière après Klaus (m²/an)		
Moins de 10 ans ou non recensable	155 728	±	22 507	38 508	±	17 792	33 530	±	15 387
10 - 20 ans	169 218	±	23 314	321 516	±	55 514	257 545	±	49 756
20 - 30 ans	127 262	±	20 537	153 110	±	29 259	99 504	±	24 246
30 - 40 ans	118 933	±	19 983	120 362	±	24 409	80 094	±	20 799
40 - 50 ans	86 527	±	17 037	70 472	±	17 058	53 045	±	15 183
50 - 60 ans	85 308	±	16 745	56 080	±	12 218	41 613	±	10 979
60 ans et plus	80 012	±	16 251	47 025	±	11 221	38 076	±	10 189
Absence d'arbres	n.s		n.s.		n.s.				
Total	825 912			807 073			603 407		

Classe d'âge	Accroissement de surface terrière à l'ha avant Klaus (m²/ha/an)			Accroisse terrière à (n		ès Klaus
Moins de 10 ans ou non recensable	0.25	±	0.12	0.22	±	0.10
10 - 20 ans	1.90	±	0.42	1.52	±	0.36
20 - 30 ans	1.20	±	0.30	0.78	±	0.23
30 - 40 ans	1.01	±	0.27	0.67	±	0.21
40 - 50 ans	0.81	±	0.25	0.61	±	0.21
50 - 60 ans	0.66	±	0.19	0.49	±	0.16
60 ans et plus	0.59	±	0.18	0.48	±	0.16
Total	0.98			0.73		

Tableau 9 : évolution de la production de surface terrière des pinèdes aquitaines à l'hectare et par classe d'âge $(m^2/ha/an)$

Classe d'âge	3 ^e inventaire	4º inventaire	Inventaire systématique avant Klaus	Après Klaus
Moins de 10 ans ou non recensable	0.20	0.39	0.25	0.22
10 - 20 ans	1.55	1.93	1.90	1.52
20 - 30 ans	1.12	1.64	1.20	0.78
30 - 40 ans	0.92	1.23	1.01	0.67
40 - 50 ans	0.81	0.91	0.81	0.61
50 - 60 ans	0.65	0.74	0.66	0.49
60 ans et plus	0.50	0.65	0.59	0.48

Figure 6 : évolution de la production de surface terrière des pinèdes aquitaines à l'hectare $(m^2/ha/an)$



L'augmentation de la productivité des pinèdes entre le 3° et le 4° inventaire avait déjà été mise en évidence. Les résultats de l'inventaire systématique montrent que la productivité des pinèdes a diminué depuis le début des années 2000. Avant la tempête Klaus, la productivité des pinèdes se situait entre celle mesurées lors des 3° et 4° inventaires. Il faut sans doute voire ici un double effet de la diminution du capital sur pied suite à la tempête Martin et de la sécheresse de 2003. Depuis la tempête Klaus, la productivité des pinèdes est même inférieure à celles des pinèdes lors du 3° inventaire.

La pinède du Massif des Landes de Gascogne

Le Massif des Landes de Gascogne est défini comme l'ensemble des quatre régions forestières nationales suivantes : Plateau Landais, Dunes littorales de Gascogne, Marensin et Bazadais.

Le 4º inventaire des départements de la Gironde (1998), des Landes (1999) et de Lot-et-Garonne (2000) ainsi que l'inventaire systématique et annuel permettent de suivre l'évolution de la ressource pin maritime depuis la fin des années 90 jusqu'à aujourd'hui. Les dégâts de la tempête Martin du 27 décembre 1999 avaient fait l'objet d'une estimation à partir du retour sur les placettes d'inventaire du 4º inventaire pour les départements de la Gironde et des Landes. L'inventaire des dégâts dans le département de Lot-et-Garonne et été conduit en même temps que l'inventaire (2000).

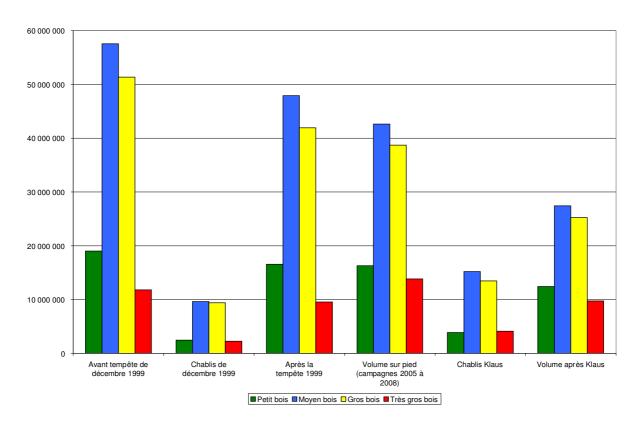
Tableau 10 : volume sur pied et volume chablis de pin maritime dans le Massif des Landes de Gascogne selon la classe de grosseur avant et après les tempêtes Martin et Klaus

Classe de dimension	Avant tempête de décembre 1999	Chablis de décembre 1999	Après la tempête 1999
Petit bois (Ø 10 à 20)	19 019 626	2 466 252	16 553 374
Moyen bois (Ø 25 à 35)	57 544 534	9 633 604	47 910 930
Gros bois (∅ 40 à 50)	51 357 861	9 416 746	41 941 115

Très gros bois (Ø 55 et +)	11 812 614	2 268 641	9 543 973
Total	139 734 635	23 785 244	115 949 392

Classe de dimension	Volume sur pied (campagnes 2005 à 2008)	Chablis Klaus	Volume après Klaus	
Petit bois (Ø 10 à 20)	16 301 828	3 871 822	12 430 006	
Moyen bois (∅ 25 à 35)	42 632 922	15 206 043	27 426 879	
Gros bois (Ø 40 à 50)	38 723 594	13 466 906	25 256 688	
Très gros bois (Ø 55 et +)	13 855 615	4 118 089	9 737 526	
Total	111 513 959	36 662 860	74 851 099	

Figure 7 : volume sur pied et volume chablis de pin maritime dans le Massif des Landes de Gascogne selon la classe de grosseur avant et après les tempêtes Martin et Klaus



Les volumes de pin maritime endommagés par la tempête Klaus dans le Massif des Landes de Gascogne s'élève à 36,7 Mm³ contre 23,8 Mm³ pour la tempête Martin. Le facteur entre les deux tempêtes est donc de 150%.

Le volume sur pied de pin maritime s'élevait à 139,7 Mm³ avant la tempête Martin ; il est descendu à 74,8 Mm³ après la tempête Klaus. Il a donc diminué de près de la moitié en dix ans (-46%). Le volume sur pied juste après la tempête Martin (115,9 Mm³) est similaire au volume sur pied inventorié lors du nouvel inventaire (111,5 Mm³). Ceci signifie qu'entre les deux tempêtes les prélèvements dans les pinèdes ont représenté des volumes similaires à la production biologique.

Annexe: définitions IFN

Forêt et forêt de production (nouvelle méthode) : Un espace est qualifié de forêt s'il répond à un certain nombre de critères :

- avoir un couvert arboré supérieur à 10 %;
- s'étendre sur une superficie supérieure à 50 ares ;
- - avoir une largeur minimale de 20 m;
- posséder des essences forestières capables de dépasser 5 m de haut.

Une forêt de production est une forêt dont la vocation principale ou secondaire est la production de bois.

Volume: Le volume de bois sur pied correspond au volume bois fort, écorce comprise, des arbres appartenant à des essences forestières et mesurant plus de 7,5 cm de diamètre à 1,30 m. Dans ce volume, seul est pris en compte le tronc jusqu'à une découpe fin bout de 7 cm. La souche et les branches ne sont pas comptabilisées.

Production courante annuelle brute: Elle correspond à l'augmentation du volume de bois vif sur pied par an. Elle est la moyenne annuelle de la production courante brute évaluée sur la période de 5 ans précédant les mesures sur le terrain. La production brute courante annuelle correspond à la somme de l'accroissement courant annuel et du recrutement courant annuel.

Accroissement courant annuel: L'accroissement courant annuel est calculé sur la période de 5 ans précédant l'année du sondage. Il tient compte de deux composantes: l'accroissement des arbres recensables (diamètre supérieur à 7,5 cm à 1,30 m) et l'accroissement des arbres coupés ou déracinés pendant la période durant laquelle ils étaient encore sur pied. L'accroissement en hauteur et en circonférence, mesurés sur le terrain, servent au calcul de l'accroissement courant annuel.

Recrutement courant annuel : C'est la moyenne annuelle du volume des arbres devenant recensables au cours de la période de 5 ans définie plus haut. Le diamètre de recensabilité des arbres est fixé à 7,5 cm.

Ressource : c'est la quantité totale de bois existant dans une zone et à une date donnée.

Disponibilité: c'est la quantité totale de bois qui pourra être prélevée pendant une période et dans une zone donnée, si l'on applique des règles raisonnables de gestion. Celles-ci doivent être entendues aujourd'hui comme aptes à assurer la gestion durable des forêts de la zone étudiée. Elles doivent ainsi intégrer les différents objectifs de production, d'accueil du public et de protection générale des milieux et paysages ainsi que les contraintes liées à la structure actuelle des peuplements et foncière de la forêt privée.

Références

- 1. Le nouvel inventaire forestier de l'IFN Un sondage systématique et annuel, Bélouard et al., http://www.symposcience.org/exl-doc/colloque/ART-00002046.pdf
- 2. La forêt française Résultats des campagnes d'inventaire 2005 à 2007, IFN, 2008
- 3. Tempête Klaus du 24 janvier 2009, If n° 21, 1er trimestre 2009, IFN
- 4. La forêt française Résultats des campagnes d'inventaire 2005 à 2008, IFN, 2009
- 5. <u>www.ifn.fr</u>



Octobre 2009

Evaluation du potentiel de production du pin maritime de la forêt aquitaine avant et après la tempête de janvier 2009

L'objectif de ce document est d'évaluer les conséquences des deux tempêtes de 1999 et 2009 sur le potentiel de production du pin maritime en aquitaine. Il s'agit d'une estimation globale réalisée à partir des derniers chiffres officiels (IFN et EAB) disponibles concernant le pin maritime dans la région administrative aquitaine. Nous mettrons en correspondance la récolte de pin maritime avec une estimation de la production de pin maritime suite aux deux tempêtes. Elle ne prétend donc pas se substituer à une étude ressource nécessaire à l'approfondissement des résultats présentés ici, mais simplement d'obtenir, dans des délais courts, un premier niveau d'information pour la mission GIP Ecofor. Ce document s'articule en trois partie. La première partie présente un état des lieux de la forêt landaise suite à la tempête de 1999. La seconde partie propose une actualisation de ce même état des lieux suite à la tempête de 2009. Enfin la dernière partie évoque les stratégies à mettre en œuvre pour tenter de limiter le déficit de bois entre la production et la consommation.

I) <u>Potentiel de production et récolte après la tempête de 1999</u>

I.1) Stock sur pied

A l'aide des résultats des inventaires départementaux de 1989 et 1999 ainsi que ceux des campagnes d'inventaire de 2005, 2006 et 2007 il est possible de représenter l'évolution du stock sur pied de pin maritime sur les vingt dernières années (Figure 1). Les dernières données disponibles estiment le stock sur pied avant tempête à **128 million de m3**.

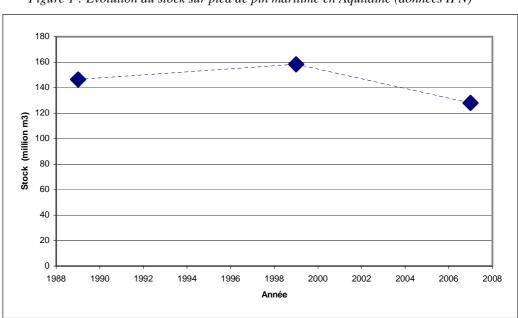


Figure 1 : Evolution du stock sur pied de pin maritime en Aquitaine (données IFN)

I.2) Production

A partir des mêmes sources de données (IFN) nous disposons de la production brute annuelle. Connaissant le stock de l'année considérée ainsi que de cette production annuelle, nous pouvons calculer un accroissement relatif en volume (accroissement annuel bois fort par m³ sur pied, voir II.2). La figure 2 montre que ce taux est en légère augmentation sur la période considérée en passant de 6,13 % en 1989 à **6,56** % en 2007.

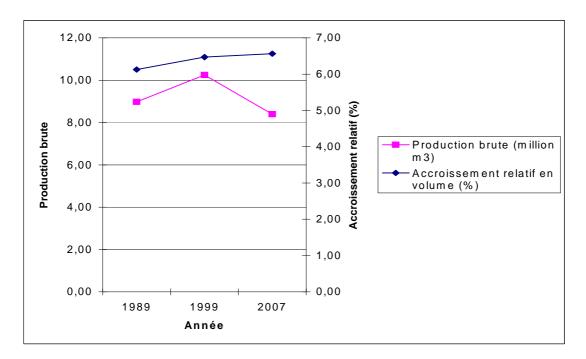


Figure 2 : Evolution de la production du pin maritime en Aquitaine (d'après les données IFN)

I.3) Volume de bois coupé et récolte

La récolte de bois est évaluée à partir des données de l'Enquête Annuelle de Branche (EAB) réalisée auprès des exploitants forestiers. Ceux-ci déclarent les quantités annuelles exploitées par département. Cependant ces résultats ne sont pas directement comparables aux évaluations du stock sur pied car il faut prendre en considération les pertes d'exploitation et autres sources d'écarts.

Il est possible d'évaluer les pertes et variations en considérant le bilan suivant (sont figurés en gras les éléments connus sur les périodes étudiées, à savoir entre 1989 et 1999 d'une part et entre 1999 et 2007 d'autre part) :

Stock final - Stock initial = Production – (Volume exploité + pertes d'exploitation + autres écarts)

Ce calcul permet ainsi d'évaluer les pertes et variations à 12,5 % au cours de la période 1989-1999 et à 30% au cours de la période 1999-2007 (figure 3).

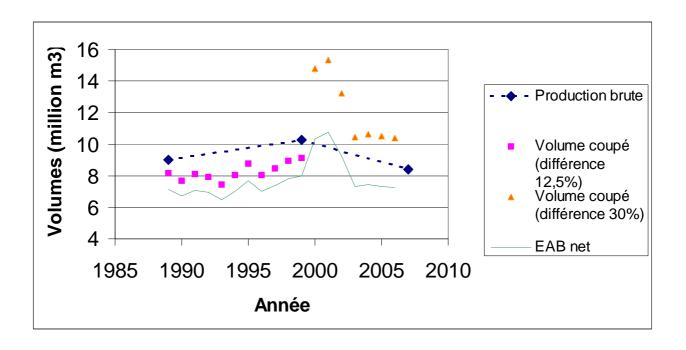


Figure 3 : Comparaison entre production et récolte de pin maritime en Aquitaine (d'après données IFN et EAB).

Ce très fort chiffre de pertes d'exploitation et autres écarts lissé sur la période 1999-2007 doit cependant être expliqué et pris en considération de façon plus précise. Il est en fait constitué :

- de pertes plus importantes lors de l'exploitation des chablis de la tempête de 1999;
- de la non-exploitation de certains chablis ou arbres endommagés suite à la tempête de 1999 ;
- de l'augmentation des pertes (écorce) liées à la mécanisation de la récolte ;
- d'erreurs de conversion entre m³ et tonne liées à des différences de siccité du bois ;
- d'imprécisions éventuelles d'estimation des stocks ou des volumes exploités (entreprises étrangères, par exemple).

Afin de proposer une évaluation de la récolte et de la production au cours de la période 1999-2007, nous avons donc recherché le volume de bois vert productif suite à la tempête de 1999 permettant d'assurer la correspondance entre les séries statistiques de l'IFN (stock de pin maritime sur pied et production brute annuelle) et de l'EAB.

Les hypothèses de travail pour réaliser ce calcul sont les suivantes :

- la production des arbres sur pied non-endommagés par la tempête est identique à celles constatées en 1999 et 2007. Nous utilisons pour la calculer un accroissement relatif (production brute divisée par volume de bois vert productif) constant sur la période de 6,5%;
- les pertes d'exploitation, erreurs de conversion et imprécisions d'estimation liées uniquement aux bois verts sont estimées à 15%;
- la répartition de la récolte entre bois vert et chablis ou arbres endommagés est la suivante (d'après données SERFOB et enquête FIBA) :

Année	Proportion de bois vert	Proportion de bois chablis et arbres
	(% du volume)	endommagés (% du volume)
2000	8,6	91,4
2001	42,8	57,2
2002	66,8	33,2
2003	90	10
2004	95	5
2005	95	5
2006	96	4
2007	97	3

Tableau 1 : Hypothèses de la répartition entre bois vert et chablis ou arbres endommagés dans les récoltes suite à la tempête de 1999.

Moyennant ces hypothèses, nous obtenons 117 millions de m³ de bois vert productif suite à la tempête de 1999 et 41 millions de m³ de bois non-productif ou chablis. Pour mémoire, les chablis au sens strict ont été estimés à 24 millions de m³. La réalité du phénomène n'est certainement pas aussi dichotomique : il existe vraisemblablement un volume plus important de bois avec un accroissement relatif inférieur à 6,5%.

Afin de compléter le calcul de la récolte de bois sur la période 1999-2007, nous avons pris les hypothèses de calcul suivantes concernant les bois chablis et arbres endommagés :

- la production des chablis et des arbres endommagés par la tempête est considérée comme nulle :
- les pertes d'exploitation, erreurs de conversion et imprécisions d'estimation liées uniquement aux bois chablis et arbres endommagés sont estimées à 50% en 2000 et 2001, 40% en 2002, 30% en 2003 puis 20% pour les années suivantes ;
- une correction liée à la siccité a été appliquée sur les volumes en considérant que cette dernière passe de 46% en 2000 à 54% pour les années suivantes.

L'ensemble des hypothèses de ce calcul permet d'assurer une bonne correspondance entre les différentes sources de données. Nous constatons cependant à la fin de la période considérée un excédent de bois chablis ou endommagés d'environ 2 millions de m³ qui peuvent provenir soit de chablis non-encore exploités, soit d'estimations trop optimistes des pertes d'exploitation de chablis, soit de sources d'écarts liées à la récolte des chablis et mal appréhendées.

Il est cependant possible de proposer une comparaison entre récolte et production brute plus réaliste que celle de la figure 3 (voir figure 4).

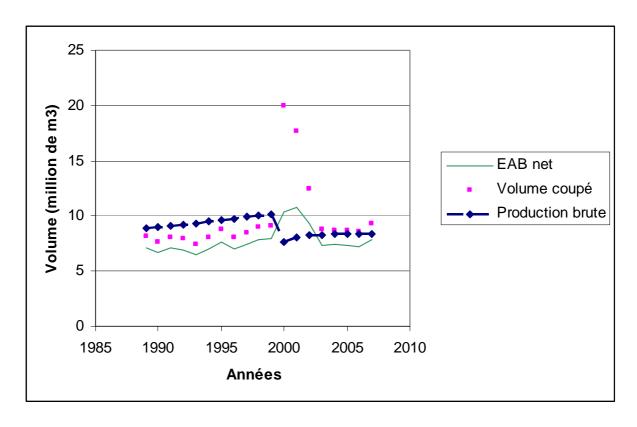


Figure 4 : Comparaison entre production et récolte de pin maritime en Aquitaine (d'après estimations de la répartition des pertes d'exploitation et autres variations entre récolte et stock, en différenciant bois verts et bois chablis ou endommagés).

I.4) Conclusion

Cette synthèse réalisée à partir de données mesurées avant la tempête de 2009 montre que la tempête de 1999 a fortement endommagé le capital de production du pin maritime. En outre, suite à cette tempête, le niveau de récolte est toujours resté supérieur à la production, empêchant ainsi le massif de retrouver les niveaux de production d'avant 1999.

II) Potentiel de production après la tempête de 2009

En reprenant les graphiques présentés précédemment, il est possible de les compléter par l'information liée à la tempête de 2009.

II.1) Stock sur pied

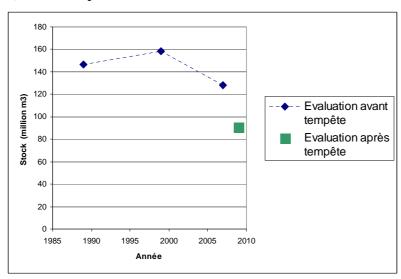


Figure 5 : Conséquence de la tempête de 2009 sur les stocks.

II.2) Production

La production de pin maritime après 2009 n'étant pas disponible à cette date, nous proposons ici d'en réaliser une estimation à l'aide d'un critère le plus robuste possible.

Nous nous sommes intéressés pour cela à l'évolution l'accroissement relatif en volume qui correspond au rapport suivant :

Accroissement relatif en volume=Production annuelle brute Volume total

Pour évaluer l'évolution de cet accroissement relatif en volume, nous en calculons la valeur à partir des données du 4^{ème} inventaire (avant tempête 1999) et de l'inventaire systématique de l'IFN (données brutes disponibles à date, à savoir campagnes 2005, 2006 et 2007). Les calculs sont réalisés à partir des placettes situées dans les départements Gironde, Landes et Lot et Garonne, pour les futaies régulières de pin maritime. Les résultats sont exposés figure 6.

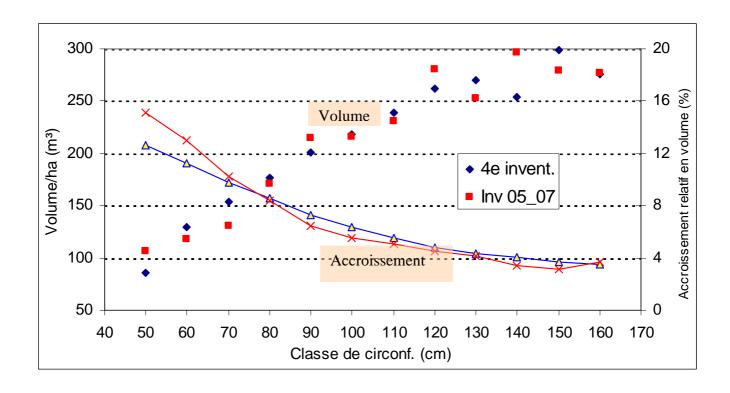
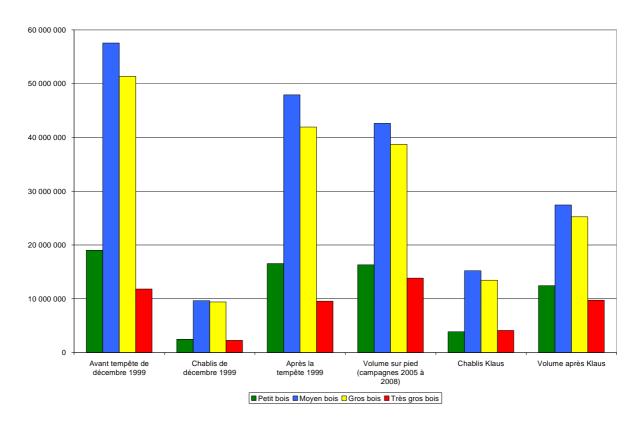


Figure 6 : Volume moyen à l'hectare et son accroissement relatif par classe de circonférence.

Ce graphique montre que les variations en accroissement relatif entre le 4^{ème} inventaire et l'inventaire nouvelle méthode sont assez faibles en dépit de l'occurrence d'une tempête et de phénomènes climatiques forts (sécheresse). La moyenne calculée sur l'ensemble des classes de circonférence est d'ailleurs sensiblement égale (à 0,01%).

Par ailleurs, même si le taux de dégâts n'est pas identique en fonction des classes de circonférence, la tempête n'a pas engendré un profil radicalement différent de la répartition des volumes en fonction des classes de circonférence (voir figure 7 issue du document de Thierry Bélouard : La ressource pin maritime en Aquitaine – Etat des lieux à partir des résultats de l'IFN).



T. Bélouard, IFN

Figure 6 : volume sur pied et volume chablis de pin maritime dans le Massif des Landes de Gascogne selon la classe de grosseur avant et après les tempêtes Martin et Klaus

D'après ces résultats, nous pouvons donc raisonnablement penser que le stock sur pied après la tempête va présenter en 2009 un accroissement relatif en volume proche de celui avant tempête, à savoir 6,56%. Il est alors possible de replacer cette estimation de la production sur la figure 2 pour aboutir à la figure 8.

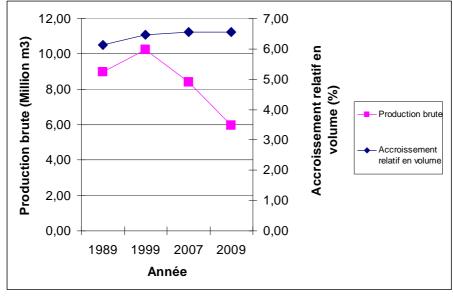


Figure8: Conséquences estimées de la tempête de sur la production.

Le calcul de la production amène à une évaluation de la production à 6 millions de m³. Nous pouvons également replacer ce chiffre sur la figure 3 afin d'obtenir une comparaison entre ce niveau de production et les récoltes constatées dans le passé (Figure 8).

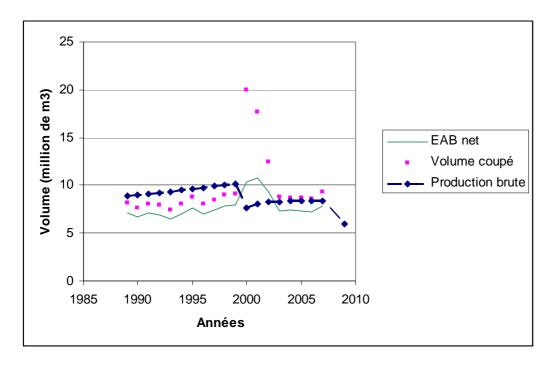


Figure 9 : Situation de la production brute par rapport à l'utilisation de bois .

L'utilisation à court terme des bois de chablis favorisera l'augmentation du stock de bois vert. Sur la base d'une production de 7 millions de m³ et d'une récolte équivalente (avec une perte d'exploitation de 15%), on pourra récolter 3,6 millions de m³ de bois d'œuvre et 2,4 M m³ de bois d'industrie ce qui bien inférieur aux valeurs de 1999 ou 2007 (5 M m³ de BO et 2,9 M m³ de BI).

III) Eléments de réflexion pour la prospective sur l'état de la ressource suite à la tempête de 2009

Suite à la tempête de 1999, la ressource aquitaine en pin maritime ne permettait pas de subvenir à la consommation actuelle. La tempête de 2009 ne fait qu'aggraver problème et seule une inversion de la tendance, à savoir une augmentation du stock sur pied permettra de retourner vers un équilibre offre/demande.

A titre prospectif il est donc possible de signaler les facteurs et stratégies favorisant un retour à l'équilibre offre-demande:

Dans un premier temps:

- Stockage d'un maximum de chablis,
- Consommation des chablis en priorité par l'industrie locale : taux et vitesse de consommation

Dans un deuxième temps

- Récolte de coupes provenant de peuplements endommagés (régularisation) afin de reboiser les parcelles concernées et augmenter ainsi leur productivité moyenne (production non optimale à défaut). La vitesse de régularisation dépend notamment du couplage ou non des aides de nettoyage et reboisement.
- Anticipation modérée de l'âge des coupes rases : l'utilisation de vieux peuplements (supérieurs à 60 ans) contribue à augmenter le taux de productivité moyen du stock.
- Diversifier les scénarios sylvicoles permettant d'augmenter la production (amélioration des plants, durées de révolution raccourcies, etc.).

Cette rapide approche mériterait d'être approfondie à l'aide de données actualisées et en entrant plus dans les détails de la ventilation des bois (BI/BO) et de l'analyse de l'impact des scénarios de mobilisation des chablis et de la reconstitution forestière. Ce sera l'objet d'une étude de ressource approfondie, sur la base de données précises par classe d'âge.





Les sols forestiers landais : caractéristiques et effets des pratiques de gestion

23 octobre 2009 Laurent Augusto, Mark Bakker UMR TCEM (INRA-ENITA de Bordeaux)

Compétences et spécificités de l'unité mixte de recherche TCEM

L'UMR TCEM a des compétences fortes en physico-chimie des sols et a pour objectifs de prédire la biodisponibilité des éléments nutritifs (ou éléments traces métalliques) et leur prélèvement par les plantes. L'étude conjointe des processus biologiques et physico-chimiques pour l'approvisionnement des plantes en éléments minéraux et la modélisation mécaniste de ces processus constituent un premier axe de nos travaux de recherche. L'effet des pratiques de gestion sur les cycles biogéochimiques à l'échelle du temps de la culture ou d'une révolution forestière constituent le deuxième grand volet de nos recherches.

L'étude des différents flux (entrée/ sortie, flux internes, prélèvements) ainsi que la quantification des stocks en éléments nutritifs sont centrales dans nos approches. Plus particulièrement pour la forêt landaise, nous mettons l'accent sur l'azote (N) et le phosphore (P) étudiés conjointement avec le carbone (C), avec également des ébauches d'étude d'ordres de grandeurs pour d'autres éléments (calcium Ca, magnésium Mg, potassium K).

La durabilité du système forestier landais (sous contrainte d'un environnement changeant, ou sous effet de pratiques sylvicoles plus au moins intensives) dépend de notre point de vue du bilan (le 'stock' d'éléments nutritifs) en fonction des flux (processus biologiques et physico-chimiques d'approvisionnement ou lixiviation; les apports (fertilisation, compostage, épandage de cendres), les exportations, flux par dépôts ou fixation symbiotique, notamment.

Autrement dit:

1// est-ce que les apports et approvisionnements – par minéralisation, par altération, par la nappe, par fixation symbiotique, par déposition aérienne – compensent-ils les exportations par biomasse ? Ou encore, si les compensations sont insuffisantes, combien de temps faudra-t-il pour atteindre un déséquilibre important et donc une baisse de productivité de ce système ?

2// Comment différentes options sylvicoles peuvent-elles jouer sur ce bilan et sur ce facteur temps?

Contexte et objet d'étude

Suite à la tempête de janvier 2009, il a été demandé aux divers acteurs impliqués dans la gestion de la forêt landaise de produire une expertise et des recommandations quant à l'avenir de ce massif à différentes échéances. Compte tenu de ses compétences, l'UMR TCEM s'est focalisée sur les questions de la caractérisation des sols, du fonctionnement biogéochimique (en nutriments : C, N, P, K, Ca et Mg) des écosystèmes et du maintien de leur fertilité en relation avec les opérations de gestion. Les sols décrits ci-dessous sont ceux du massif forestier landais, tel que définis par l'IFN (régions forestières 404, 330 et, plus minoritairement 334 et 401 ; considérées avec un couvert forestier en pin maritime).

Caractéristiques des sols forestiers landais

L'UMR TCEM possède une base de données des propriétés physico-chimiques des sols intégrant des informations sur plus de deux mille six cents horizons de sols répartis sur plusieurs centaines de profils. Le filtrage des données peu pertinentes, ou redondantes, conduit à une masse de données exploitables concernant 349 sites localisés sur l'ensemble du massif. Cette base de données se divise en deux jeux de données : i) les sols analysés par TCEM (n=83) et ii) les sols dont les analyses ont été recueillies dans la littérature (n=266). Le premier jeu de données est assez complet d'un point de vue analytique, mais partiel et hétérogène dans sa représentation spatiale du massif. A l'inverse, le second jeu de données concerne l'ensemble du massif, mais il est extrêmement hétérogène et incomplet pour ce qui est de la caractérisation physico-chimique des sols. En conséquence, la base de données ne permet pas la production d'une carte fiable et représentative des propriétés des sols landais. Seule une collaboration avec un ou plusieurs partenaires dans le cadre d'un programme pluriannuel pourrait produire une telle cartographie. A l'inverse, la base de données est un outil pertinent pour caractériser <u>les sols des principales stations</u>. Dans le présent document, nous présenterons les valeurs moyennes des principales propriétés des sols des quatre stations, telles que présentées dans Jolivet et al. (2007) : dune forestière (majorité de la région IFN 330, partiellement 401 et frange ouest de 404); lande sèche ; lande mésophile et lande humide.

Les sols ont été étudiés pour un volume allant de la litière en place à 1.2 mètre de profondeur. Ce volume inclut l'ensemble des racines participant à la nutrition des arbres en lande humide, la grande majorité des racines en lande sèche et, très probablement (manque de données sur ce dernier point), la majorité des racines en dune.

Propriétés physiques

C'est bien connu, les sols landais sont sableux. Tous les sols du massif contiennent une proportion importante de sables grossiers (taille : $200-2000~\mu m$ soit 0.2-2~mm) avec la majorité des grains ayant une taille d'environ $280-320~\mu m$.

Cette propriété discrimine néanmoins le massif landais en deux zones : la plaine landaise (mise en place du sédiment sableux au Pléistocène \approx -12000 ans) et la frange dunaire (\approx -6000 jusqu'à nos jours). Le matériau n'est donc pas le même et n'a pas le même âge partout. Il en résulte que la proportion de sables grossiers est significativement différente en dunes (94–98% du sol) et en plaine (80–92%). De manière concomitante, les fractions les plus fines sont plus faibles en dunes. Dans tous les cas, les fractions fines sont très, voire ultra, minoritaires. Or, ce sont de loin les phases les plus fines qui présentent l'essentiel de la réactivité des sols (en termes de fourniture / mise en réserve de nutriments) et des stocks en nutriments rapidement biodisponibles pour la croissance des arbres (et des végétaux en général).

La composition minéralogique des sols landais indique une dominance quasi exclusive du quartz et de ses apparentés. Le quartz (SiO₂) ne contient aucun nutriment et ne présente aucune réactivité de surface. Autrement dit, les sols landais sont composés presque entièrement d'un minéral qui n'a aucune "valeur nutritionnelle". Dans ces conditions, les **propriétés biogéochimiques** de ces sols sont à rechercher dans les phases minérales minoritaires (par ex : oxydes de Fe et Al ; cf. ci-dessous) et les **phases organiques**.

Par ailleurs, les sols landais sont acides (pH) et peu saturés (S) en cations non acides (K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+). L'acidité est marquée mais n'est pas exceptionnelle au regard de l'ensemble des sols forestiers français métropolitains. Là encore, il faut distinguer les dunes (pH=4.9 en surface et 5.4 en profondeur ; $S\approx40-15\%$) des sols de plaine (pH=4.3 en surface et 5.1 en profondeur ; $S\approx35-5\%$).

Notion de biodisponibilité des nutriments

Il est souvent assez facile de quantifier la concentration totale d'un nutriment d'un sol. Cette information est utile car elle indique la limite théorique maximale des réserves en cet élément. Toutefois, chaque élément chimique a plusieurs formes (c'est ce qu'on appelle la "spéciation" des éléments) et peut s'associer selon des modes très divers. Il y a donc potentiellement une grande hétérogénéité de propriétés associées à un même élément chimique. Les plantes ne peuvent pas prélever toutes les formes d'un nutriment. Sur la base des connaissances actuelles, on peut dire que les formes assimilables des nutriments majeurs sont : le nitrate (NO_3^-) et l'ammonium (NH_4^+) pour l'azote ; le phosphate $(H_2PO_4^-$ et $HPO_4^{2-})$ pour le phosphore ; les formes cationiques $(K^+$; Ca^{2+} ; $Mg^{2+})$ pour le potassium, calcium et magnésium.

Pour l'essentiel, les plantes s'approvisionnent en nutriments dans l'eau du sol *via* leurs racines fines² et les symbiotes mycorhiziens. Autrement dit, les plantes ne sont pas en mesure se s'alimenter directement depuis les grains solides du sol; elles pompent l'eau du sol dans laquelle se sont solubilisées les substances issues des phases solides du sol (on parle de solution du sol).

La capacité d'un sol à "nourrir" la plante est donc dépendante des quantités de nutriments qui sont dans la solution du sol et qui seront, à court et moyen termes, sous une forme assimilable. Toutefois, la très grande majorité des nutriments d'un sol est, à un instant donné, non pas dans la solution du sol mais dans la phase solide du sol. Au final, la "fertilité d'un sol" (du point de vue de la nutrition minérale) dépend donc i) des quantités de nutriments contenus dans le sol, ii) de la spéciation des nutriments (notamment la proportion des formes assimilables), iii) de la dynamique des processus qui changent la spéciation des nutriments et iv) de la capacité du sol à réguler dans le temps la quantité de nutriments sous forme assimilable dans la solution du sol. Tous ces facteurs sont en forte interaction et contribuent à l'établissement dans un sol donné d'un niveau de **biodisponibilité en nutriments**.

L'azote (N) et le carbone (C)

Dans les sols, le nitrate est peu retenu et est ainsi soit rapidement prélevé, soit rapidement perdu dans les eaux de drainage. A l'inverse, l'ammonium est retenu dans les feuillets des minéraux argileux.

Cet élément n'est pas le principal facteur limitant la croissance en plaine³ (Trichet *et al.*, 2009). Toutefois, il peut s'avérer l'être lorsque la contrainte du phosphore est levée (Trichet *et al.*, 2008). Dans les sols landais, la fraction de minéraux argileux⁴ est insignifiante (Augusto *et al.*, 2010) ce qui implique que la capacité de rétention de l'ammonium de ces sols est très faible. **L'azote est stocké dans les sols landais sous forme de matières organiques** (débris morts ou microorganismes). Le carbone des sols acides étant sous forme de matière organique, les stocks d'azote et de carbone sont étroitement liés.

Les phénomènes de mise à disposition pour la plante de l'azote sont donc dépendants des **processus** biologiques de décomposition des matières organiques mortes et de la dynamique de renouvellement des microorganismes du sol (essentiellement des bactéries et des champignons). Dans le massif landais, les stocks de C et N dépendent de la station. Il existe ainsi un gradient depuis les dunes ($C\approx60$ t/ha; $N\approx2.2$ t/ha) vers les landes mésophiles et humides ($C\approx200$ t/ha; $N\approx8$ t/ha) avec les landes sèches en position intermédiaire ($C\approx150$ t/ha; $N\approx5$ t/ha).

³ L'azote est assez probablement le principal facteur limitant en dunes, mais cela reste à confirmer.

¹ Certaines espèces peuvent également prélever des formes organiques (acides aminés).

² Racines ayant un diamètre inférieur ou égale à 2 mm.

 $^{^4}$ Il ne faut pas confondre les minéraux argileux (famille de cristaux silicatés : "phyllosilicates") et les argiles granulométriques d'un sol (particules de moins de 2 μ m en taille). La confusion provient que la plupart des phyllosilicates sont de très petites tailles.

Le phosphore (P)

Dans la très grande majorité des sols mondiaux, le phosphore assimilable est très fortement retenu sur la phase solide du sol. Son passage en solution est étroitement contrôlé par les fractions réactives du sol. Dans les sols acides, ces fractions sont souvent des oxydes de fer et d'aluminium.

Dans les sols landais, les **stocks en phosphore sont exceptionnellement bas**, ce qui classe ces sols parmi les plus **déficients** du globe (Achat *et al.*, 2009). Dans ces conditions, il est logique que la fertilisation en P soit une pratique largement efficace dans le massif (Trichet *et al.*, 2009).

Les sols landais présentent une autre particularité assez exceptionnelle. En effet, et contrairement à la très grande majorité des cas, beaucoup d'entre eux ont une capacité physico-chimique nulle ou extrêmement faible à retenir et échanger⁵ le phosphore assimilable, au moins dans le haut du profil de sol (Achat *et al.*, 2009). Cette capacité est étroitement liée à la concentration en oxydes des sols (Achat, 2009) qui est très variable dans le massif (Augusto *et al.*, 2010). Très grossièrement, on peut dire qu'elle est très basse ou nulle en dunes et en landes sèches mais, en moyenne, significative en landes mésophile et humides. Il est à noter qu'il existe une forte variabilité au sein des landes mésophiles et humides : certains sites sont dépourvus d'oxydes (sites dits "non réactifs") alors que d'autres ont des teneurs assez élevées (sites "réactifs"). Cette capacité à échanger le phosphore des sols joue probablement un rôle très important dans la productivité du massif. En effet, le programme Sylvogene a montré que le premier facteur expliquant la hauteur des pins maritimes à un âge de 8 ans est la concentration des sols en oxydes (Meredieu *et al.*, 2008). Ce même programme a montré que la classification actuelle en quatre stations n'était pas discriminante pour expliquer la croissance des peuplements.

En plus de ce phénomène d'échange de phosphore assimilable entre la phase solide du sol et la solution du sol, des processus biologiques interviennent dans tous les cas. En effet, hormis lors d'une fertilisation, le phosphore qui retourne au sol est sous forme organique (litières aériennes et racinaires). Les **processus biologiques** (dégradation des matières organiques du sol ; dynamique des populations microbiennes) **participent à l'approvisionnement du sol en phosphore assimilable**. Dans les sites non réactifs, ce sont les seuls processus permettant le recyclage du phosphore sous forme biodisponible pour les plantes. Il est à noter que, contrairement aux processus physicochimiques, les processus biologiques sont d'intensité très variable dans le temps car soumis à l'activité de la biocénose du sol, elle-même très dépendante des conditions du milieu (principalement humidité et température).

Les autres nutriments majeurs (K, Ca et Mg)

La forme assimilable des ces éléments est le cation (ion chargé positivement : K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+}). Les cations sont retenus dans les sols par i) des minéraux argileux (phyllosilicates) et ii) la matière organique. La capacité totale d'un sol à retenir, et échanger, les cations est appelée capacité d'échange cationique (CEC) et augmente logiquement avec les teneurs en argiles et en matières organiques. Comme cela a été signalé plus haut, les sols landais ont une teneur en minéraux argileux qui est insignifiante (ce qui constitue une nouvelle originalité de ces sols par rapport à la plupart des sols connus). Ceci veut dire que la **capacité des sols landais à échanger les cations est directement proportionnelle à leur teneur en matière organique** (Augusto $et\ al.$, 2010).

Il existe peu de données pour déterminer si ces nutriments sont limitants dans le cas du massif landais. Il est assez probable que les dunes, soumises aux embruns océaniques et ayant des stocks totaux relativement élevés, ne présentent pas de déficience grave en ces nutriments. En plaine, des travaux anciens suggèrent une déficience en magnésium (Demounem, 1979). Les stocks des sols en potassium sont très élevés mais la fraction directement assimilable est à l'inverse très faible (Augusto *et al.*, 2010). Le caractère déficient en potassium resterait donc à explorer, même si les essais de fertilisation n'ont pas été concluants (Trichet *et al.*, 2009).

⁵ Echanges entre la phase solide du sol et la solution du sol (et inversement).

Notion de bilan entrées-sorties biogéochimique

Comme nous l'avons vu, la biodisponibilité en nutriments dans un sol dépend de plusieurs facteurs dont les propriétés de réactivité. Elle dépend aussi de la **quantité de nutriments stockés dans l'écosystème**. Dans les écosystèmes forestiers peu anthropisés, les nutriments circulent en circuit fermé, à savoir qu'ils passent du sol à la plante (nutrition des plantes), puis de la plante au sol (litière ; mort des plantes) etc... C'est le **cycle biogéochimique**⁶. Il est important de souligner que, fonctionnant en circuit fermé entre la plante et le sol, aucun de ces processus n'enrichit ou n'appauvrit l'écosystème puisque ce dernier est la somme des compartiments "sol" et "végétation". Ainsi, une chute de litière ne doit pas être perçue comme une fertilisation du sol puisque les nutriments contenus dans la litière ont été au préalable puisés dans le sol ; c'est juste une partie du recyclage permanent qui existe entre le sol et la plante.

A l'inverse, tous les processus qui font entrer, ou sortir, des nutriments de l'écosystème (écosystème = système sol+plante) l'enrichissent ou l'appauvrissent (on parle de "flux entrant" et de "flux sortant"; notés ici "flux E/S"). Pour un nutriment donné, c'est la somme des flux entrants moins la somme des flux sortants qui détermine si un écosystème s'enrichit ou s'appauvrit ($\Delta F = \Sigma flux$ entrants – $\Sigma flux$ sortants). On parle de **bilan biogéochimique** (ou de bilan entrées–sorties).

Il existe de nombreux flux E/S. Dans le cas du massif landais, les principaux flux 7 entrants sont (Augusto, 2003) : i) les intrants (fertilisation ; cendres ?), ii) les dépôts atmosphériques et iii) la fixation symbiotique de l'azote. Les principaux flux sortants sont : iv) les récoltes de biomasse et v) les pertes de nutriments dans les eaux de drainage.

Effets des pratiques de gestion sur le fonctionnement biogéochimique du massif landais

Dans le présent document, nous ne passerons pas en revue les différents itinéraires car notre objectif n'est pas de promouvoir, ou de jeter l'opprobre, sur un itinéraire en particulier. Notre objectif est de fournir les bases scientifiques permettant aux acteurs des filières forêt—bois—papier—énergie régionales de prendre des décisions raisonnées. A ce titre, nous présentons quelques règles d'appréciation des effets des différentes pratiques de gestion sur le fonctionnement biogéochimique de l'écosystème forestier landais (cf. Annexe pour un tableau synthétique avec les exemples de N et P).

Exportations de biomasse ("récoltes")

Les exportations de nutriments augmentent logiquement avec la quantité de biomasse récoltée. Toutefois, il est très important de prendre en compte le fait que **les quantités de nutriments** ("minéralomasse") ne sont absolument pas proportionnelles aux quantités de matière ("biomasse"). En effet, les concentrations en nutriments varient très fortement au sein des plantes et des arbres en particulier. Ainsi, pour le pin maritime (Augusto *et al.*, 2008^a), le phosphore contenu dans 1.0 tonne d'aiguilles équivaut au phosphore contenu dans :

- 2.3 t de branches
- 3.6 t d'écorce

• 10.1 t de bois d'aubier

• 40.0 t de bois de cœur

Par ailleurs, au sein même d'un compartiment, il existe des disparités. Par exemple, plus une branche est de petit diamètre et plus sa concentration⁸ en nutriments est élevée.

D'une manière générale, on peut retenir comme règles que plus un compartiment est de petit diamètre et plus il est riche en nutriments. De même, plus un organe est "vert" (à savoir

⁶ "bio" pour biologique (plantes et autres organismes vivant), "géo" pour géologique et "chimique".

⁷ Il existe un déficit de données concernant certains flux empêchant de déterminer a priori leur importance dans l'écosystème landais (par ex : flux latéral de nappe).

⁸ Attention à ne pas confondre la concentration (une quantité de nutriment par gramme de biomasse) et un stock ou une minéralomasse (qui sont des quantités en absolue).

physiologiquement actif) et plus il est riche en nutriments. Ainsi, le raccourcissement des révolutions sylvicoles augmentent sensiblement les exportations de nutriments (cf. Annexe) car ce sont des compartiments plus fins qui sont récoltés.

La récolte de plus de compartiments, dans le cadre d'une révolution sylvicole classique (~40 ans), conduit aussi à des augmentations des pertes en nutriments : modérées pour les souches ; très importantes pour les rémanents (branches et aiguilles).

La mise en place de cultures dédiées à la production de biomasse conduit à une multiplication des exportations en nutriments. En ce qui concerne ces nouvelles cultures, les TTCR (taillis à très courte révolution) n'ont pu être évalués, faute de données fiables de production. Toutefois, il est d'ores et déjà certain que ces cultures s'apparentent plus à une gestion de type agricole que forestière. Elle ne pourra se faire sans fertilisation répétée, avec toutes les contraintes associées comme c'est le cas en agriculture.

Travail du sol

Actuellement, dans la plupart des parcelles, le sol est travaillé en bandes lors de l'installation du peuplement. Des questions se posent quant à l'opportunité de modifier ces pratiques (retour à un travail en plein ; profondeur de travail ? ; fréquence ? ; outil ? etc ...).

Ce choix étant multicritères, les seules considérations biogéochimiques ne permettent pas d'indiquer la marche à suivre. Néanmoins, les paramètres suivants seront à prendre en compte :

- le travail du sol provoque un enfouissement partiel de la matière organique du sol. De plus, il stimule la dégradation de la matière organique. Il y a donc une diminution notable des stocks de matière organique dans le haut des profils de sol. Une bonne partie de la richesse et de la réactivité biogéochimique sont ainsi perdues⁹. Le stock de matière organique tend à être négativement corrélé à la fréquence du travail du sol (par exemple : raccourcissement des révolutions) et à l'intensité du travail (ex : labour profond en plein).
- ii) le carbone du sol est contenu dans la matière organique (2 t de MO ≈ 1 t de C). Le travail du sol est ainsi contre-productif dans le cadre des politiques de réduction des émissions de CO₂.
- le travail du sol est généralement effectué à l'installation. Il s'agit d'une période durant laquelle les besoins de la végétation en nutriments sont très faibles parce que les pins ne sont que des plantules et que, généralement, la végétation accompagnatrice a été supprimée. Dans le même temps, on assiste à une forte dégradation de la matière organique. Les sols landais ayant une faible capacité à retenir les nutriments assimilables, il y a des risques forts de perte de nutriments par lessivage (lors des pluies).

Apport de cendres de bois

La conséquence logique de la mise en place d'une filière bois–énergie est la production de volumes importants de cendres de bois. Les effets de l'épandage de cendres de bois ont été étudiés sur base d'une synthèse bibliographique (Augusto *et al.*, 2008^b). Pour simplifier, il est possible de dire que les cendres de bois s'apparentent à un amendement calcaire (2 t de cendres ≈ 1 t de CaCO₃). L'ajout de cendres dans une parcelle a donc pour effet premier de remonter le pH. Cet apport constitue par ailleurs une restitution des nutriments prélevés (nutriments prélevés par l'arbre, exportés avec la biomasse et finalement concentrés dans les résidus de combustion). Toutefois, la restitution n'est que partielle car certains éléments sont partiellement ou complètement (C et N) perdus dans l'atmosphère lors de la combustion.

Les effets de l'épandage de cendres sont dépendants de la dose apportée. Les résultats de la littérature indiquent que les effets sont modérés quand la dose reste inférieure à 12 t/ha et par révolution (~40 ans). Les apports de cendres sont à éviter sur les jeunes plantations.

Il est enfin à noter que les cendres de bois sont assez concentrées en éléments traces métalliques (ETM *alias* "métaux lourds"). Ce phénomène résulte d'un effet de concentration lors de la combustion : les ETM naturellement contenus dans 1 tonne de bois se retrouvent, après combustion, dans 20–30

⁹ La matière organique des sols joue aussi d'autres rôles, comme pour la réserve en eau utile.

kilogrammes de cendres. Cette concentration n'est pas un problème tant que la dose de cendres épandues est proportionnée à la quantité d'ETM contenu dans la biomasse récoltée. Dans ce mode de gestion, on restitue à l'écosystème la même quantité d'ETM qui avait été exportée lors des récoltes de biomasse. A l'inverse, l'épandage systématique des cendres produites par une unité de combustion sur une même zone restreinte conduira à une accumulation de métaux lourds dans les sols (ce système revient à récolter des ETM sur l'ensemble de l'aire d'approvisionnement en biomasse de la centrale bois—énergie et à les concentrer sur une aire d'épandage beaucoup plus petite).

Orientations générales et perspectives

Les recherches conduites sur le massif forestier landais ont apporté de nombreux résultats dont certains nous éclairent sensiblement sur le fonctionnement de cet écosystème. Toutefois, des zones d'ombre subsistent et un modèle mathématique permettant de simuler avec fiabilité les impacts de changements de pratiques de gestion sur l'environnement et la fertilité des sols n'existe pas encore. Plusieurs flux de nutriments n'ont pas encore été pris en compte dans nos études. Il reste donc très périlleux de calculer des bilans biogéochimiques. Des résultats sont néanmoins relativement précis et fiables :

- i) les dunes forestières de la frange littorale sont sans conteste les zones les plus pauvres du massif en C et N. Ces sols présentent également une faible réactivité biogéochimique. Ces propriétés, en lien avec les difficultés de gestion causées par le relief, incitent au maintien d'une gestion non intensive des peuplements. Par ailleurs, la relative richesse en Ca et Mg de ces écosystèmes et la faible acidité du milieu rendent peu attractif un éventuel apport de cendres de bois.
- ii) les landes sèches ont des stocks en C et N plus importants que les dunes. Toutefois, la fertilité reste intrinsèquement faible et cette station ne peut probablement pas supporter des itinéraires intensifs, sans restitution de fertilité appropriée aux sols sableux, au-delà du court terme.
- de toutes les stations, les landes mésohygrophiles sont les plus riches. Toutefois, ce n'est qu'un classement relatif. Dans l'absolue, même les "meilleurs" sols landais restent très pauvres. La bonne croissance du pin maritime est d'ailleurs source d'interprétations erronées. Si le pin maritime pousse plutôt bien sur les sols landais, c'est parce qu'il est exceptionnellement frugal (et pas parce que les sols sont fertiles). Le fait que cette essence soit quasiment la seule à pousser correctement dans la *Grande Lande* est très démonstratif sur ce point (y compris en comparaison avec des essences de sols pauvres comme le pin *taeda*). Ainsi, même les meilleures stations doivent faire l'objet d'une gestion raisonnée. Une intensification modérée des pratiques est possible (notamment dans les sites relativement bien fournis en nutriments, en matière organique et en oxydes), mais des mesures compensatoires seront inévitables au-delà du court terme. Il est difficile de conclure quant à une intensification très prononcée (ex : TTCR) du fait du manque de données, mais, compte tenu des propriétés des sols landais, elle semble *a priori* non adaptée au milieu.

En ce qui concerne les pratiques de fertilisation en tant que mode de compensation, il faudra garder à l'esprit que cela ne constitue pas une panacée (coût des engrais lié à celui du pétrole ; bilan en CO_2 ; difficulté économique à compenser les pertes de tous les nutriments (oligoéléments ? Mg?) ; nécessité d'apporter l'azote de manière fractionnée ; risque de pollution des cours d'eau (lacs ; bassin)...).

Les perspectives de recherche dans l'unité TCEM portent à moyen terme (2010–2014) sur :

- la modélisation des systèmes de prélèvement des arbres et du sous-bois (racines fines et système mycorhizien pour le prélèvement de nutriments),
- la modélisation des processus de réapprovisionnement en phosphore biodisponible
- la modélisation de la distribution des nutriments dans la biomasse végétale
- la modélisation du flux de fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses du sous-bois
- la quantification de certains flux E/S dans le cadre de la plate-forme ECOSYLVE.

Références bibliographiques

- Achat DL. 2009. Biodisponibilité du phosphore dans les sols landais pour les peuplements forestiers de Pin maritime. Thèse, Université Bordeaux 1, 291 p.
- Achat DL, Bakker MR, Augusto L, Meredieu C, Saur E, Morel C. 2009. Evaluation of the phosphorus status of highly P-deficient spodosols in temperate pine stands: combining isotopic dilution and extraction methods. *Biogeochemistry*, 92: 183-200.
- Augusto L. 2003. Cycles biogéochimiques des éléments minéraux dans les écosystèmes forestiers. Progamme initial de recherche. Rapport interne INRA, 30 p.
- Augusto L, Crampon N, Saur E, Bakker MR, Pellerin S, de Lavaissière C, Trichet P. 2005. High rates of N_2 fixation of *Ulex* species in the understory of Maritime pine stands (*Pinus pinaster*) and potential effect of P fertilisation. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 : 1183-1192.
- Augusto L, Meredieu C, Bert D, Trichet P, Porté A, Bosc A, Lagane F, Loustau D, Pellerin S, Danjon F, Ranger J, Gelpe J. 2008^a. Improving models of forest nutrient export with equations that predict the nutrient concentration of tree compartments. *Annals of Forest Science*, 65: 808 (n° art.).
- Augusto L, Bakker MR, Meredieu C. 2008^b. Wood ash applications to temperate forest ecosystems potential benefits and drawbacks. *Plant Soil*, 306: 181-198.
- Augusto L, Bakker MR, Morel C, Meredieu C, Trichet P, Badeau V, Arrouays D, Plassard C, Achat DL, Gallet-Budynek A, Merzeau D, Canteloup D, Najar M, Ranger J. 2010? Is 'grey literature' a reliable source of data to characterize soils at the scale of the region? A case study in a maritime Pine forest in south-western France. European Journal of Soil Science (en cours de finalisation).
- Jolivet C, Augusto L, Arrouays D, Trichet P. 2007. Les sols du massif forestier des Landes de Gascogne : formation, histoire, propriétés et variabilité spatiale. *Revue Forestière Française*, 59 : 7-30.
- Meredieu C, Augusto L, Porté A, Najar M. 2008. Qualifier les potentialités de croissance initiale des peuplements en ligniculture (GIS Coopérative de données). Programme SYLVOGENE, tache 2.1.1., pp. 68-76.
- Thompson TD, Morris LA, Lee AH, Wells CG. 1986. Estimates of nutrient removal, displacement and loss resulting from harvest and site preparation of a *Pinus taeda* plantation in the Piedmont of North Carolina. *Forest Ecology and Management*, 15: 257-267.
- Trichet P, Loustau D, Lambrot C, Linder S. 2008. Manipulating nutrient and water availability in a maritime pine plantation: Effects on growth, production, and biomass allocation at canopy closure. *Annals of Forest Science*, 65: 814 (n° art.).
- Trichet P, Bakker MR, Augusto L, Alazard, P, Merzeau D. 2009. Fifty years of pine fertilization experiments in the Landes of Gascogne (France). *Forest Science*, 55 : 390-402.

Annexe – Tableau de synthèse des effets des pratiques de gestion sur le fonctionnement biogéochimique de l'écosystème forestier landais

Pratiques / Tendances	Premières estimation des principaux flux de nutriments (par ex : N et P)									Bilan		
-	Exportation de l	piomasse	Lixiviation	-	Apports		Fixation s	symbiotique	Dépôts at	mosphériques (+)	∑ Flux	
	(-)		(-)		(+)		(+)					
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Fertilisation-P		•				7	4 ⁽¹⁾		≥ ? ⁽²⁾		7	7
Apport de cendres 7			7 ?			7].	7
Révolution sylv.	7 20-30%	7 20-30%	77 (3)	7 ? ⁽⁴⁾			7 (5)		≥ ? ⁽²⁾		¥ ?	7
Récolte souches	7 20% ⁽⁶⁾	7 40% ⁽⁶⁾	7 ? ⁽⁸⁾	7 ? ⁽⁸⁾			1.				7	7
	7 30% ⁽⁷⁾	7 20% ⁽⁷⁾										
Récolte rémanents	7 70% ⁽⁶⁾	7 130% ⁽⁶⁾									77	77
	7 80% ⁽⁷⁾	7 30% ⁽⁷⁾										
Semi-dédiés "biomasse"	7 60% ⁽⁶⁾	7 60% ⁽⁶⁾	İ.				4 ⁽⁹⁾				צע	77
Dédiés "biomasse"	7 ~250% ^(6&10)	7 ~250% ^(6&10)	cf. révol.	cf. révol.	1.		?(5&9)		3 (2)		עעע	עעע

Les chiffres présentés dans le tableau sont relatifs à une sylviculture "classique" (révolution de ~40 ans ; exportations du tronc-bois fort)

- (1) : la fertilisation phosphatée augmente le flux de fixation symbiotique de l'azote (Augusto et al., 2005)
- (2) : les dépôts atmosphériques augmentent avec la surface foliaire qui est elle-même stimulée par la fertilisation (Trichet et al., 2008) et est dépendante de l'âge.
- (3) : le raccourcissement des révolutions sylvicoles augmentent la fréquence du travail du sol et donc des pertes en nutriments qui lui sont fréquemment associées (par ex : Thompson et al., 1986)
- (4): généralement, le phosphore est peu mobile dans le sol. Malheureusement, certains sols du massif landais n'ont pas les propriétés physico-chimiques suffisantes pour interagir efficacement avec cet élément chimique (Achat et al., 2009)
- (5): les perturbations du système ayant des périodicités de moyen terme (≈ 10-20 ans) favorisent l'implantation des espèces fixatrices d'azote rencontrées spontanément dans le massif landais (Mathieu, 2008)
- (6) : estimations issues de simulations intermédiaires (Augusto, données non publiées)
- (7) : estimations produites par l'expérience du Nezer (Sylvogène)
- (8) : l'arrachage des souches pourrait stimuler la minéralisation des matières organiques du sol
- (9) : la forte densité de plantation est préjudiciable à la survie des espèces fixatrices présentes spontanément dans le massif landais (Mathieu, 2008)
- (10) : les données sur la productivité réelle et les itinéraires de peuplements dédiés sont fragmentaires ce qui rend les calculs de simulation imprécis.







FLUX ET STOCKS DE CARBONE DES MASSIFS FORESTIERS AQUITAIN ET LANDAIS

Jean Jacques Malfait GREThA – Université Bordeaux 4

Expertise Gip-Ecofor Décembre 2009.

Etude réalisée avec le soutien financier de la région Aquitaine, en partenariat avec Sébastien Drouineau du Centre Régional de la Propriété Forestière d'Aquitaine.

La délimitation du massif forestier Landais, si elle réalisable sur le plan strictement forestier, se heurte, au fur et à mesure de la transformation des produits, à un suivi administratif dont la référence devient la région. On peut cependant pour le cas particulier du pin maritime et compte tenu de sa concentration départementale, établir un suivi relativement précis des flux de bois sur le massif Landais.

Le diagramme de la page suivante représente l'ensemble des essences d'Aquitaine réparties en 4 catégories : les feuillus y sont regroupés, les autres conifères sont séparés du pin maritime. Pour cette dernière essence on a considéré que les peuplements des trois départements intégrés au massif Landais (Girondes, Landes et Lot et Garonne) étaient représentatifs du massif. Les peuplements de pin maritime de la Dordogne et ceux accessoires des Pyrénées Atlantiques sont décomptés à part. Les volumes de bois correspondant aux stocks de carbone correspondent aux campagnes d'inventaire 2005-2007 de l'IFN. Les volumes de feuillus retenus s'élèvent à 118 millions de m3 (Mm3), ceux de pin maritime à 128 Mm3 (dont 8 Mm3 hors massif¹) et ceux des autres conifères à 10 Mm3². Les volumes de bois sont ceux fournis par l'IFN³.

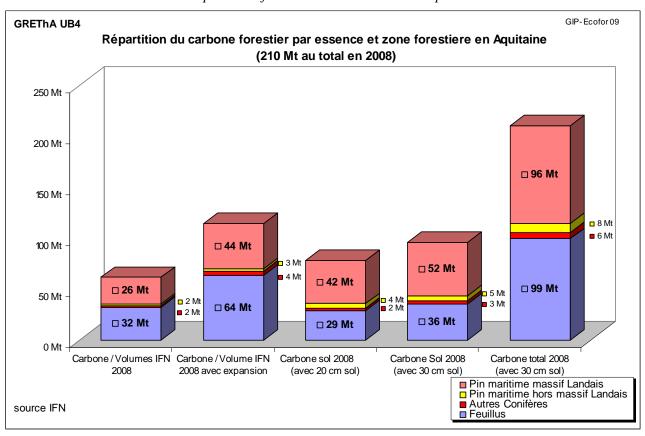
Les surfaces concernées par le stockage du carbone dans les sols sont celles du 4° inventaire, compte tenu de la précision de la ventilation des surfaces par essence qui y est fournie⁴.

¹ La répartition observée, après la prise en compte des chablis de la tempête de 1999 sur les résultats du 4° inventaire est conservée.

² Cf IFN "La forêt française : les résultats issus des campagnes d'inventaire 2005, 2006, 2007", juin 2008 p.142. L'adjonction de la campagne 2008 induirait une baisse des stocks de feuillus à 115 Mm3 et de ceux de conifères à 134 Mm3 dont 125 Mm3 de pin maritime.

³ Il s'agit des volumes de bois fort (découpe 7 cm de diamètre fin bout).

⁴ Les résultats de la période 2005-2008 montreraient une évolution positive des surfaces forestières de 1,5%.



Le passage aux quantités de carbone nécessite le calcul des quantités de matières sèches contenues dans les volumes de bois. On utilise l'infradensité des bois ou les taux de siccité⁵. On a retenu une infradensité moyenne de 0,54 pour les feuillus et de 0,43 pour le pin maritime et les autres conifères. On passera ensuite aux quantités de carbone par un coefficient commun de 0,5⁶. Les quantités de carbone sont exprimées en millions de tonnes (Mt). Le stock de carbone de "bois fort" de pin maritime du massif forestier Landais (26 Mt) représentait 40% du stock Aquitain (62 Mt) avant la tempête de 2009.

Cependant le volume de bois est loin de représenter la totalité du carbone stocké dans les ressources ligneuses. On retient un coefficient dit "d'expansion" qui permet d'intégrer le carbone de branches et des racines. Il est traditionnellement de **2** pour les feuillus et de **1,6** pour les conifères. Le déséquilibre au profit des stocks de feuillus en est légèrement accentué (44 Mt pour le massif Landais pour 64 Mt de feuillus).

Les dernières données disponibles auprès de l'IFN conduiraient à diminuer le stock de pin maritime de 1Mt de carbone et celui des feuillus de 1,5 Mt.

La prise en compte du carbone du sol complète l'évaluation des stocks de carbone. Sa part est bien souvent voisine ou supérieure à celle du carbone ligneux. Les experts s'accordent, en règle générale, pour dire que, plus que le couvert feuillus ou résineux, c'est la qualité des sols qui caractérise le potentiel de séquestration⁷. De plus, selon la profondeur retenue, cette quantité augmente sensiblement. On retient un chiffre de 45 t/ha de carbone pour un horizon de 20 cm et 55 t/ha pour un horizon de 30 cm⁸. Le couvert forestier de pin maritime étant voisin de 950 000 ha pour le massif Landais et de 650 000 ha pour le couvert forestier feuillu Aquitain, le rapport des stocks entre essences s'inverse avec 55% pour les sols de pin maritime du massif Landais (52 Mt sur un total de 96 Mt pour les sols à un horizon de 30 cm)⁹.

Au total le stock de carbone associé au couvert de pin maritime du massif Landais équilibre le stock restant de l'Aquitaine (96 Mt contre 113 Mt) et le couvert total de pin maritime pour l'Aquitaine conduit à un équilibre presque parfait (104 Mt contre 105 Mt).

⁵ Pour l'infradensité la quantité de matière sèche est à rapporter au volume de bois (exemple : un coefficient de 0,54 induit 540 kg de matière sèche par m3 de bois), pour la siccité la quantité de matière sèche est à rapporter à la masse de bois (exemple : un taux de siccité de 0,46 induit 460 kg de matière sèche par tonne de bois).

⁶ Le rapport Carbofor affine ce coefficient selon les essences de bois.

⁷ Les podzols aquitains sont un milieu plutôt pauvre et moins séquestrateur de carbone.

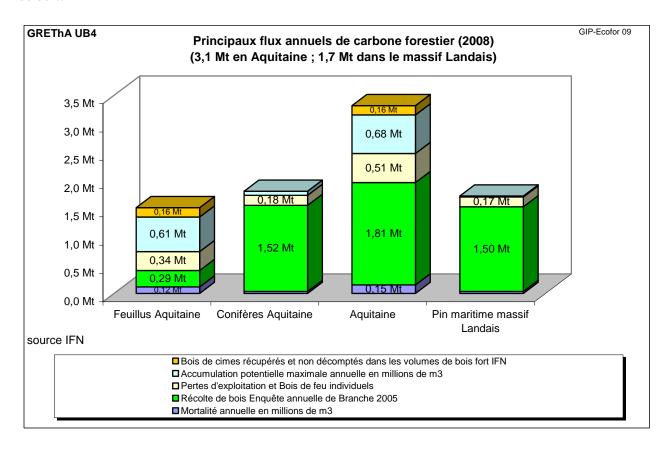
⁸ Voir COLIN A., "Evaluation des stocks et des flux de carbone liés à l'activité forestière en Aquitaine" IFN, CRPF, OFORA, Rapport final, Novembre 2004, P.43.

⁹ Il s'agit ici de stocks indicatifs, l'affectation précise selon l'essence ou le peuplement principal pouvant conduire à des variations non négligeables.

Jusqu'en 2007 l'IFN fournissait un chiffre de production brute qui représentait la croissance annuelle des peuplements forestiers ¹⁰. Cette production comprenait la mortalité naturelle, les prélèvements sur la ressource, composés de la récolte de bois et des pertes d'exploitation ; par différence on déterminait l'accumulation dans les stocks des peuplements existants.

Le *diagramme ci-dessous* présente ces flux de carbone. L'ancienne méthode d'inventaire rendait complexe les analyses régionales¹¹. Les dernières données disponibles indiquaient une production brute de 4,9 Mm3 (5 Mm3 avec les peupliers) pour les feuillus et 8,8 Mm3 pour les conifères (8,4 Mm3 pour le seul pin maritime en Aquitaine)¹². Le calcul des flux de carbone est fait à partir des coefficients siccité¹³ et de passage des quantités de matière sèche aux quantités de carbone.

La mortalité et les prélèvements sont déterminés à partir des proportions observées lors des inventaires départementaux ¹⁴. Sous ces hypothèses de maintien des taux de mortalité et de pertes d'exploitation, on constate la grande différence entre les types d'affectations, en particulier des parts récoltées des feuillus et des conifères. Le pin maritime se caractérise par une affectation presque exclusive à la récolte de bois.



Les 1,35 Mt de carbone des feuillus se répartissent surtout en accumulation des stocks existants (45%) et pertes d'exploitation (25%). La récolte ne représente finalement qu'environ 20% de la production. Notons que l'autoconsommation de bois de feu (2 Mm3 en Aquitaine) utiliserait la totalité des pertes d'exploitation et induirait une récupération d'une partie des bois de cimes.

Les 1,8 Mt de carbone des conifères d'Aquitaine correspondent par contraste pour 85% en récolte de bois commercialisée. Les pertes d'exploitation résultant de l'application de la méthode des bilans de l'IFN correspondent à 10%. Le reste correspond à la mortalité naturelle et à une petite augmentation des stocks des conifères autres que le pin maritime.

¹⁰ Elle se décompose en accroissement pour les peuplements existants et en recrutement pour les peuplements nouvellement recensés.

¹¹ Du fait que les inventaires avaient lieu successivement par département et par rotation tous les 10 ans.

¹² Cf IFN op.cit. p.143.

¹³ Coefficient de 0,6 à 0,5 selon les feuillus, 0,46 pour le pin maritime.

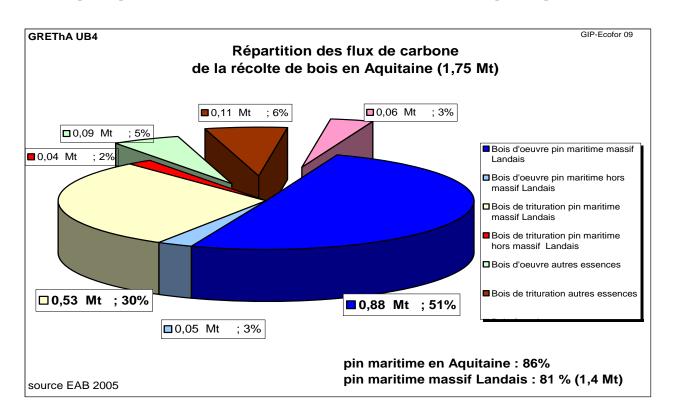
¹⁴ Lors des 3° et 4° inventaires. Les prélèvements étaient estimés par la méthode des bilans. Les pertes d'exploitation étaient déduites par différence avec la récolte de bois recensée par l'enquête de branche (EAB) sur les périodes correspondantes. Les mortalités auraient été voisines de 9% pour les feuillus et de 2% pour le pin maritime. Les pertes d'exploitation se seraient élevées à 30% pour les feuillus, y compris la récolte non commercialisée et à 10% pour les conifères et le pin maritime,. L'accumulation pour les feuillus avoisinerait les 45% et serait inférieure à 4% pour les conifères et 1% pour le pin maritime.

Restreint au cas du pin maritime les proportions sont quasi-identiques. Une remarque particulière doit être faite sur le taux de prélèvement du pin maritime. Il est proche de 100 % (99%) en année "normale" avant la tempête de 2009. Notons cependant que l'année 2007 montrait un dépassement du taux de 100%, avec 9 Mm3 de récolte pour 8,4 Mm3 de production disponible, induisant l'idée d'un déstockage sur cette essence.

Il est assez difficile de répondre à cette question du déstockage de la ressource en pin maritime. Notons simplement qu'on estime que le stock de pin maritime était voisin de 158 Mm3 en Aquitaine à la veille de la tempête de 1999. On retient généralement un chiffre de 28 Mm3 de dégâts pour le pin maritime en Aquitaine pour cette même tempête. Il serait donc resté un solde de 130 Mm3 après la tempête. Comparé au 128 Mm3 à la veille de la tempête on peut parler de stagnation des stocks, ces différences étant dans les marges d'erreurs des valeurs retenues. Cependant la dernière campagne de 2008 indique un stock revu à la baisse pour le pin maritime 15 à 125 Mm3. Le phénomène de déstockage serait peut-être plus important que ce que laissait supposer les premiers résultats. Nous n'entrerons pas ici dans l'analyse des raisons de cette distorsion 16. Cette question méritera des analyses complémentaires.

On retiendra simplement que, pour l'essentiel, la récolte de bois provient du pin maritime, récolte qui va contribuer à la séquestration du carbone dans les produits bois.

La ventilation de la récolte de bois est déterminée par l'enquête annuelle de branche (EAB) du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Le *diagramme ci-dessous* illustre de façon plus détaillée la part prépondérante du pin maritime sur l'année 2005. Le bois d'œuvre de pin maritime (récolte de 4,6 Mm3) représentait à lui seul la moitié des quantités de carbone, les bois de trituration un tiers (récolte de 2,7 Mm3)¹⁷. On a isolé la récolte de pin maritime hors massif (Dordogne). Comparativement les grumes de feuillus le pèsent pour moins de 5% du carbone, les bois de trituration de feuillus pour un poids voisin¹⁹.



¹⁵ Mais aussi pour les feuillus qui ne représenterait que 115 Mm3.

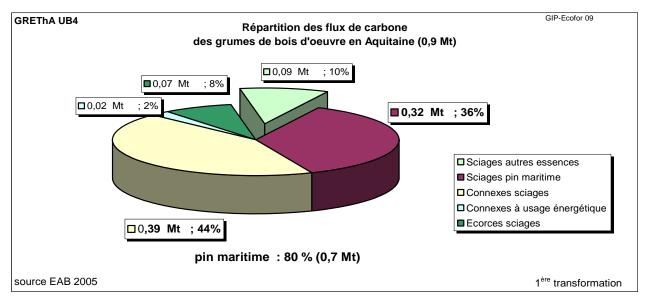
¹⁶ Il a été avancé au cours des discussions que la récolte pouvait être sous-estimée du fait des pertes d'écorce non prises en compte dans le passage des tonnages aux volumes. Ce point mérite d'être sérieusement exploré. Les quantités de chablis non récoltées auraient pu être également sous estimées ou non prises en compte dans la récolte. Enfin les pertes d'exploitation, déterminées par la méthode du bilan, pourraient elles aussi être sous estimées.

¹⁷ Plus spécifiquement pour le pin maritime on a retenu une masse volumique de 880 kg/m3 avec 25% d'écorces, qui comptent pour 11% du poids de grumes et rondins. Le taux de siccité (quantité de matières sèches par tonne de bois) retenu est de 0,46. Il y a 0,5 tonne de carbone dans une tonne de matière sèche. Selon les essences de feuillus des coefficients spécifiques sont appliqués. Les taux de siccité sont en général plus élevés pour les feuillus.

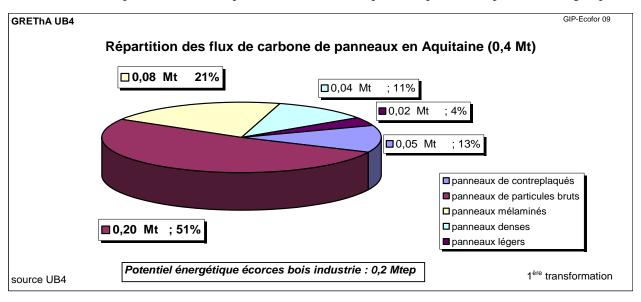
¹⁸ Composées essentiellement de chênes, peupliers et châtaigniers.

¹⁹ Pour une quantité de matières sèches par m³ plus importante pour les chênes et châtaigniers.

Le processus de transformation des grumes conduit à une seule catégorie de connexes toutes essences confondues comme l'illustre le *diagramme ci-dessous*. Les quantités de matières sèches correspondantes sont importantes. Si on sépare les écorces, les connexes représentent plus de 45 % de la ressource disponible. Les écorces de plus faible densité²⁰ voient leur part en carbone diminuer. La partie des connexes destinée à des usages énergétiques est celle recensée par l'enquête de branche, elle est sans doute minorée. Les écorces peuvent avoir un usage énergétique ou "décoratif de jardin". On retrouvera les sciages dans les produits bois de 2° transformation. Les connexes sont une source importante de matière première des branches "panneaux" et "pâtes à papier".



Le *diagramme ci-dessous* montre la répartition des panneaux fabriqués dans le massif Landais. Pour près des trois-quarts (72%) il s'agit de panneaux de particules, qu'ils soient bruts (0,75 Mm3) ou mélaminés (0,31 Mm3). Les panneaux denses (0,17 Mm3) et les contreplaqués (0,17 Mm3) complètent la répartition en carbone. La faible densité des panneaux légers (0,11 Mm3) rend leur contribution limitée²¹. Les écorces des bois de trituration représentent 0,2 Mtep (Millions de tonnes équivalent pétrole) de potentiel énergétique.

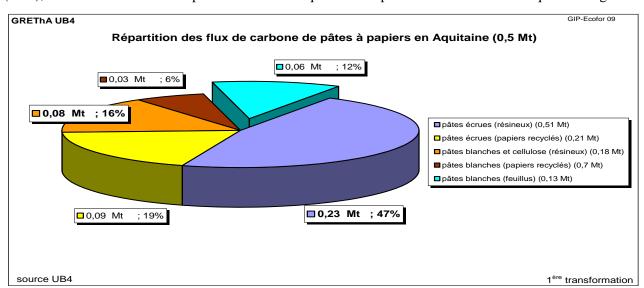


Les panneaux utiliseraient environ 0,2 Mt de bois recyclés, 0,9 Mm3 de bois de trituration sur écorce et 0,7 Mm3 de connexes. Le tonnage total de bois humide hors écorce serait voisin de 1,65 Mt, y compris les 0,2 Mt de bois recyclés, les parts relatives à la trituration sous écorce et aux connexes étant équivalentes.

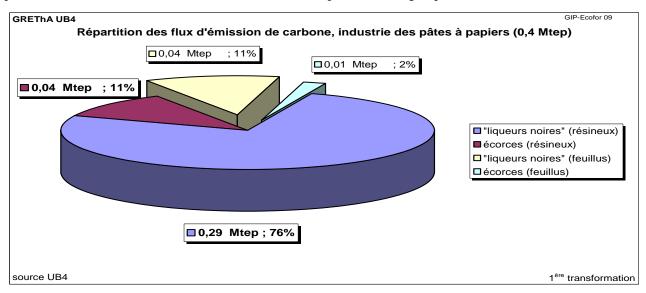
²⁰ Dans le cas du pin maritime, si on sépare matière ligneuse et écorces, les 25% d'écorce, qui représentent une masse volumique de 11% des rondins, pèseraient environ 390 kg/m3. Le bois proprement dit pèserait une tonne par m3 (0,88*0,89/0,75 =1,044 t). Ces caractéristiques sont étendues aux grumes. Le taux de siccité reste égal à 0,46. La quantité de carbone est 0,5 t par tonne de matière sèche. Pour les principales essences de feuillus (chênes, châtaigniers, hêtres et peupliers) les masses volumiques des grumes et celle des écorces, ainsi que leurs proportions, varient. Un coefficient moyen pondéré a été retenu.

²¹ Le poids des panneaux de particules peut varier entre 630 et 650 kg. Il faut compter environ 15% pour les colles et l'humidité résiduelle. Pour les panneaux denses les poids peuvent varier de 540 à 750 kg avec 80% de matières sèches. Les panneaux légers pèseraient de l'ordre de 250 kg, mais seraient uniquement composés de matières sèches.

La branche pâtes à papiers est l'autre utilisatrice des bois de trituration et de connexes. Elle se caractérise aussi par un fort emploi de papiers-cartons recyclés. Le *diagramme ci-dessous* donne la répartition entre pâtes écrues et pâtes blanches, y compris la production de produits à base de cellulose. Les quantités de carbone contenues dans les matières sèches sont identiques pour toutes les pâtes²². Les pâtes issues strictement des feuillus ne représentent que 12% du carbone. La part du papier recyclé est importante (25%), essentiellement dans les pâtes écrues²³. Les quantités de pâtes concernées sont indiquées en légende.



La fabrication des pâtes à papiers se caractérise par un principe de séparation de la cellulose et de la lignine. Cette dernière, sauf cas particulier, trouve une valorisation sous forme énergétique²⁴. Les écorces des bois de trituration ont en principe cette même destination. Le *diagramme suivant* donne les flux d'émission correspondants²⁵. Si on enlève les 0,13 Mt de carbone représenté par les pâtes obtenues à partir des papiers-cartons recyclés, on peut rapporter le complément de 0,37 Mt de carbone de pâtes, obtenues directement à partir des bois verts, aux 0,45 Mt de carbone (0,38 Mtep) utilisé énergétiquement.



La fabrication des pâtes à papiers utiliserait environ 0,28 Mt de papiers-cartons recyclés, 2,7 Mm3 de bois de trituration sur écorce (dont 0,5 de feuillus) et 1 Mm3 de connexes. Le tonnage total de bois hors écorce serait voisin de 3,25 Mt (dont 0,4 Mt de feuillus) ²⁶, la part relative à la trituration sous écorces (1,8 Mt) pour le pin maritime étant presque double de celle des connexes (1 Mt).

²² On considère, en règle générale, qu'une tonne de pâtes ne contient qu'une humidité résiduelle de 10%.

²³ Notons que la moitié de ces papiers-cartons recyclés sont directement transformés en tubes ou cartons d'emballage en Aquitaine.

²⁴ Dénommées traditionnellement "liqueurs noires". Dans les faits la transformation est plus complexe, la séparation n'étant pas parfaite. On peut admettre une répartition à peu près équivalente entre pâtes et liqueurs noires d'origine végétale. En réalité les liqueurs noires représentent des quantités plus importantes, compte tenu de la présence de soude caustique et de sulfite de sodium introduits lors de la phase de lessivage.

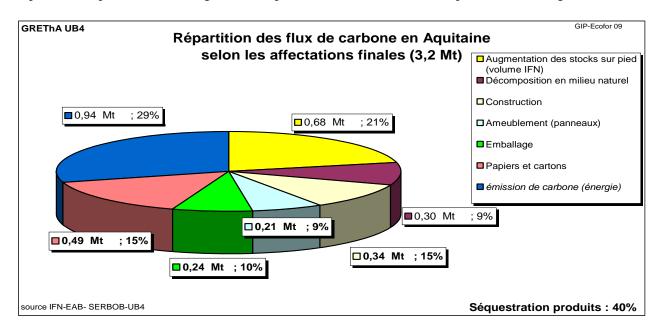
²⁵ Il y a 0,43 tonne équivalent pétrole par tonne de matière sèche, à comparer au 0,5 tonne de carbone par tonne de matière sèche.

²⁶ Ces 2,85 Mt de pin maritime ajoutées aux 1,45 Mt utilisées par les panneaux donnent un total de 4,3 Mt, ce total comprenant les 0,2 Mt de panneaux de contreplaqués. Le chiffre de 4,1 Mt est donc tout à fait comparable à celui indiqué lors des travaux du Gip-Ecofor (4,2 Mt), une légère différence dans les taux d'humidité des connexes suffisant à expliquer cette différence.

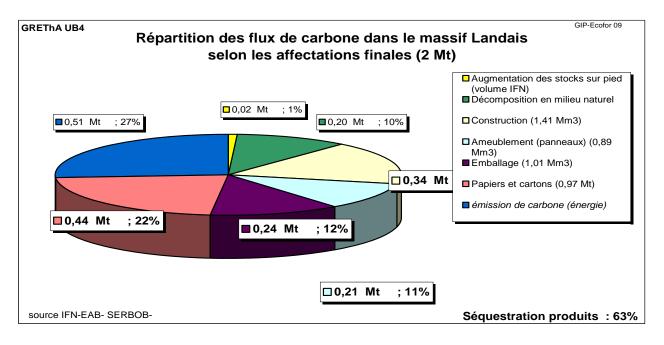
La répartition des flux selon la destination finale des produits donne le potentiel de séquestration par grandes catégories. On donne dans les *diagrammes ci-dessous* cette répartition pour l'Aquitaine comparativement avec celle limitée au massif Landais.

On constate que la *séquestration dans les produits* représente environ 40% *des 3,2 Mt du carbone*, que les émissions, sous forme énergétique ou de décomposition en milieu naturel, en représentent un peu plus d'un quart et que le dernier quart correspond à un accroissement des stocks de feuillus sur pied.

Dans les produits on constate que la part des papiers-cartons est importante, *elle représente près d'un sixième des flux de matière sèche*²⁷. La ventilation des autres flux entre les trois grandes catégories résulte de l'enquête complémentaire réalisée en Aquitaine par le SEFOB²⁸. Si la construction occupe la part la plus importante, la place de l'emballage, dont les palettes, se confirme être une spécificité de la région.



La restriction des flux au seul massif Landais, soit 2 Mt de carbone²⁹, fait passer la part des produits à près de 65% des flux de matière sèche. On donne en légende les volumes de produits correspondants. La construction comprend, pour presque la moitié (45%), des volumes de panneaux.

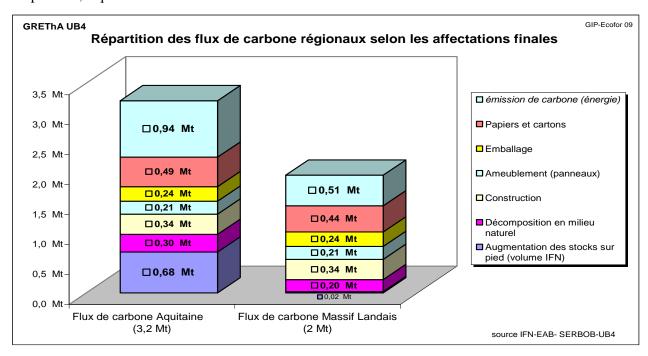


²⁷ Rappelons que l'on applique ici un coefficient standard de 0,5 tonne de carbone par tonne de matière sèche, quelle que soit la transformation des produits.

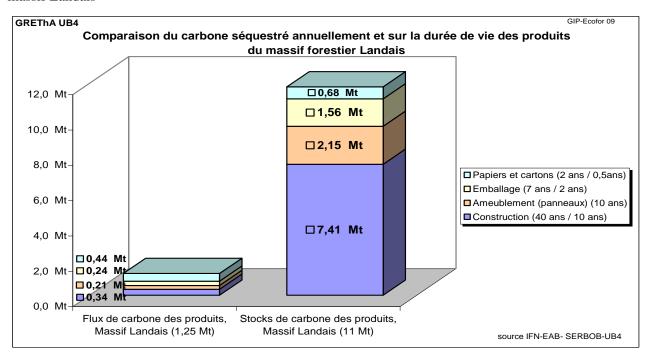
²⁸ Service Régional de la Forêt et du Bois de la DRAAF Aquitaine. Enquête réalisée par questionnaire auprès des professionnels de la filière tous les 4 ans. Le taux de réponse à l'enquête est très important pour ce type d'enquête (non obligatoire).

Les flux de carbone précédents sont réduits des accroissements de feuillus, des pertes d'exploitation des feuillus, de l'autoconsommation de bois de feu et des pâtes issues des feuillus.

Le *diagramme ci-dessous* redonne comparativement des deux répartitions des destinations finales des produits, Aquitaine / massif Landais. ³⁰



Pour l'essentiel la réduction de plus de 1 Mt de carbone entre les flux aquitains et ceux du massif Landais provient de l'absence d'accumulation sur pied dans le massif Landais (55 % de 1,2 Mt), de pertes d'exploitation plus faibles, de l'absence d'autoconsommation de bois de conifères sous forme de "bois bûches" (40% de 1,2 Mt) et de la production spécifique des pâtes blanches à partir des feuillus récoltés hors massif Landais



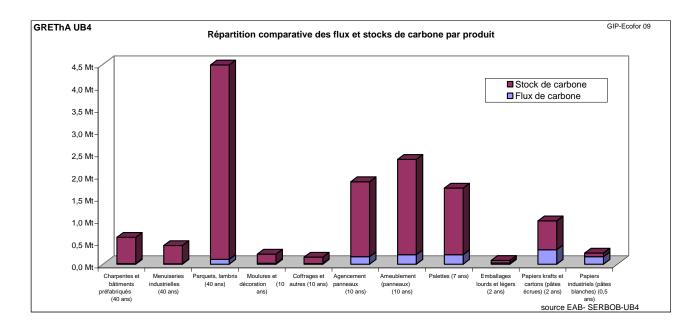
Considérons le sous-ensemble de produits bois-papiers-cartons qui représentent 1,25 Mt de carbone annuel. On peut donner un ordre de grandeur grossier du stock de carbone accumulé dans les produits en appliquant une règle simple qui consiste à remplacer les produits en fin de vie par les nouveaux produits de l'année courante³¹. Les durées de vie sont celles retenues par les organismes techniques de la filière³².

³⁰ Notons que les exportations de pin maritime sont plus que compensées dans le bilan par l'adjonction des quantités de carbone apportées par les vieux papiers et les bois recyclés

³¹ Bien sûr l'hypothèse peut être considérée comme forte pour les durées de vie longue, comme pour la construction où les durées retenues sont de 40 ans. Ce sont en effet les flux d'il y a 40 ans qui sont en fin de vie. Ils pouvaient être différents de ceux actuels. On voit bien qu'il s'agit simplement de donner un ordre de grandeur de ces stocks.

³² On pourra se reporter aux études du FCBA (Institut technologique Forêt, Cellulose, Bois, Ameublement) citées en fin de texte.

Il s'agit de durées conventionnelles qui mériteraient d'être précisées. Le *diagramme ci-dessous* montre l'influence de la durée de séquestration sur la constitution des stocks, avec le poids encore prédominant des parquets-lambris³³. Les autres produits du bâtiment provenant du sciage représentent de faibles flux pesant peu sur les stocks. Un allongement de la durée des panneaux intégrés aux bâtiments suffirait cependant à sensiblement augmenter le poids de ce type de produits.



La problématique de la séquestration du carbone dans les produits bois induit celle des émissions évitées par substitution à des matériaux au cycle du carbone moins favorable. Cette question ne peut être abordée sans mettre en œuvre des bilans carbone complets au travers d'analyse des cycles de vie des produits à comparer.

Cependant en première analyse, concernant le potentiel du bois en tant que matériau de substitution, on peut se référer à l'étude de Claude Roy (1999). Il estime qu'un mètre cube de bois transformé utilisé dans le bâtiment évite l'émission *nette* de 1,2 tonne de Co2 ³⁴ s'il remplace de l'acier, et de 0,3 tonne de Co2 s'il remplace du béton.

Nos propres estimations, fondés sur les émissions de carbone par type de matériaux ainsi que le poids des structures selon qu'elles soient en bois ou en acier, nous conduiraient à un potentiel de substitution de 1,8 tonne de Co2 (0,5 Mt de carbone) *nette* évitée pour un mètre cube de bois dans le bâtiment, lorsque ce bois remplace de l'acier³⁵.

De façon générale l'ADEME³⁶ considère qu'un mètre cube de bois supplémentaire dans la construction permet en moyenne d'éviter 0,8 tonnes d'émission de Co2. Pour donner un ordre de grandeur, 1 Mm3 de bois affecté à la construction permettrait de séquestrer environ 0,8 Mt de Co2 (0,22 t de carbone).

On montre que ces calculs sont fortement dépendants de nombreuses hypothèses, relatives notamment à la résistance et au poids des matériaux, aux types de bâtiments, structures envisagées, ou encore au type de bois que l'on va utiliser. Une estimation plus précise exigerait des développements importants relatifs aux relations entre les matériaux, leur poids, résistance et émissions générées par leur fabrication.

La tempête de 2009 va entraîner une réduction de la ressource en bois nécessaire à la filière boispapiers provenant du massif Landais. La ressource forestière compensatrice disponible se trouve dans les forêts de feuillus d'Aquitaine. Il n'est pas sûr que les conditions socio-économiques soient réunies pour que cette mobilisation se réalise. C'est sans doute au sein du massif lui-même qu'il faudra mobiliser cette ressource.

³³ Ces deux produits ne sont pas dissociés dans l'enquête du SERFOB.

³⁴ On considère qu'il y a 3,67 tonnes de Co2 dans une tonne de carbone.

³⁵ Voir tableau n° 3, annexe 2, J.J. MALFAIT- Guillaume PAJOT GREThA UMR CNRS 5113, Macaulay Institute, UK "Séquestration des flux de carbone forestier: Mise en place d'un projet d'additionnalité des usages du bois dans la construction", Cahiers du GREThA n° 2008-16.

³⁶ Charte Bois-Construction-Environnement

L'effort de recyclage des vieux papiers est déjà important avec plus de 25% (0,28 Mt) des pâtes produites. Il reste des marges de progression, mais avec des limites techniques dues aux caractéristiques des produits du massif Landais. Le recyclage des bois participe pour plus de 0,2 Mt à l'alimentation de l'industrie des panneaux³⁷. Il existe là aussi des potentiels de ressource, mais difficilement mobilisables. Les déchets verts (0,15 Mt), affectés pour l'essentiel actuellement au compost, pourraient être affectés à des usages énergétiques avec un effet cependant très limité. Enfin le potentiel des rémanents de coupes, dont le gisement mériterait d'être précisé, pourrait servir de complément face à la progression de la demande de bois énergie.

On donne en note les principales sources utilisées dans ce document³⁸. Pour plus de détails on se rapportera au document complet cité en note³⁹.

_

³⁷ Tonnage estimé avec un taux résiduel d'humidité moyen de 35%.

³⁸ Principales références :

AGRESTE, "Récolte de bois et production de sciage en 2005", Chiffres et Données Agroalimentaires, numéro 150, Août 2007.

COLIN A., "Evaluation des stocks et des flux de carbone liés à l'activité forestière en Aquitaine" IFN, CRPF, OFORA, Rapport final, Novembre 2004.

FCBA, "Comptabilisation du carbone dans les produits bois en France, en vue d'un rapportage volontaire dans l'inventaire national 2006 des émissions et absorptions de gaz à effet de serre, réalisé au titre du protocole de Kyoto", Mars 2008.

IFEN, "Le recyclage des déchets du bâtiment et des travaux publics peut progresser" Le 4 pages IFEN, numéro 116, février 2007.

IFN, "La forêt française, les résultats des campagnes d'inventaires 2005, 2006 et 2007", juin 2008.

IFN, "Tempête klaus du 24 janvier 2009", l'IF n° 21 1° trimestre 2009.

MEMENTO AFOCEL 2006.

PIGNARD G., "Estimation des prélèvements de bois dans la forêt française. Approche forestière de l'autoconsommation" IFN & ADEME, avril 1994.

ROY Claude (1999), Options techniques et socio économiques de réduction des émissions de Co2 et d'augmentation des stocks de carbone, Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, Bilan et gestion des gaz à effet de serre dans l'espace rural, Volume 85, n°6, pp 311-321.

MALFAIT JJ-PAJOT G., GREThA UMR CNRS 5113, Macaulay Institute, UK "Séquestration des flux de carbone forestier: Mise en place d'un projet d'additionnalité des usages du bois dans la construction", Cahiers du GREThA n° 2008-16.Voir également http://www.ifn.fr

MALFAIT JJ, "Flux, stocks de bois en Aquitaine et séquestration du carbone : état de référence avant la tempête de janvier 2009", GREThA. Université Bordeaux 4. octobre 2009.

Synthèse des besoins possibles en biomasse dans de nouveaux procédés, à l'échelle du territoire français, FCBA Grenoble (Intechfibres)

Activité	Degré de maturité de la technologie / délais d'industrialisation	Type de ressource	Quantité bois nécessaire	Métiers nécessaires	Adéquation avec ressource PM existante	Adéquation avec tissu industriel existant
Pâtes spéciales (papeterie, composites, etc)	Moyen-Fort / 2-5 ans	Plaquettes papetières	5 M tons	Chimie, Papeterie, Matériaux, Génie des procédés, Marketing	Elevé	Moyen-Elevé
Fibres fonctionnalisées (papeterie, composites, ameublement, etc)	Moyen / 2-5 ans	Plaquettes papetières	0,5 M tons	Chimie, Papeterie, Matériaux, Génie des procédés, Marketing	Elevé	Moyen (Investissements nécessaires pour la chimie des fibres)
Raffinage du tall-oil pour production d'intermédiaires chimiques	Moyen / 5-10 ans	Plaquettes papetières, résidus riches en résine	0,5-2 M tons	Chimie, Génie des procédés, Marketing, Législation (REACH)	En fonction de la teneur en résine	Elevé (extraction) - Moyen (fractionnement)
Valorisation des extraits en chimie	Moyen / 5-10 ans	Résidus d'exploitation ou de classage	¹ 0,05-0,2 M tons	Chimie, Matériaux, Génie des procédés, Marketing, Législation (REACH), Autorisation de mise sur le marché (Cosmétologie, Pharmacologie)	En fonction de la présence des composés recherchés	Elevé (extraction) - Moyen (purification)
Extraction hémicelluloses pour additifs	Moyen / 5-10 ans	Plaquettes papetières	5 M tons	Chimie, Papeterie, Génie des procédés, Marketing	Moyen	Moyen (nécessité d'adaptation des installation industrielles et d'investissement sur la purification et modification chimique)
Extraction hémicelluloses pour bioéthanol	Fort (extraction) / 2-5 ans Faible-Moyen (Fermentation) 5-10 ans	Plaquettes papetières	5-20 M tons (en fonction du développement du bioéthanol)	Logistique, Biochimie, Génie des procédés biochimiques, Génétique,	Elevé	Moyen (production des sucres, en fonction des technologies retenues) / Faible (investissements nécessaires pour la fermentation et distillation)
Valorisation de la lignine pour énergie (pellets)	Fort / 2-5 ans	Plaquettes papetières	5-6 M tons	Chimie, Energie, Papeterie, Génie des procédés	Moyen	Moyen (nécessité d'adaptation des installation industrielles et d'investissement sur le système de précipitation, purification et pelletisation de la lignine type LIGNOBOOST)
Valorisation de la lignine pour matériaux composites	Moyen / 5-10 ans	Plaquettes papetières	5-6 M tons	Chimie, Génie des procédés, Marketing, Législation (REACH)	Elevé	Moyen (extraction, idem ligne précédente); faible (installations de modification chimique de la lignine à créer)
Valorisation de la lignine pour la chimie	Moyen / 5-10 ans	Plaquettes papetières	5-6 M tons	Chimie, Génie des procédés, Marketing, Législation (REACH)	Elevé	Moyen (extraction, idem ligne précédente); faible (cracking de la lignine et purification)
Biocarburants de 2ème génération - voie biochimique	Fort (extraction) / 2-5 ans Faible-Moyen (Fermentation) 5-10 ans	Plaquettes papetières	5-20 M tons (en fonction du développement du bioéthanol)	Biochimie/petrochimie, Génie des procédés biochimiques, génétique	Elevé	Moyen (nécessité d'adaptation des installation industrielles et d'investissement sur la purification et modification chimique)
Biocarburants de 2ème génération - voie thermochimique	Faible / 10-20 ans	Résidus d'exploitation, bois énergie, ressource dediée	10-20 M tons (en fonction de la technologie de gazéification adoptée)	Chimie, Energie/petrochimie, Papeterie, Génie des procédés, Génétique	Forte (résidus d'exploitation); bois énergie ; faible-moyen (ressource dediée)	Faible (Nouvelles installations industrielles de très grande taille nécessaires; seule les étapes en amont sont utilisables)
Chimie verte à partir des sucres issus de fermentation de la cellulose et des hémicelluloses	Faible / 10-20 ans	Plaquettes papetières	???? (en fonction des produits obtenus, de leurs marchés respectifs et du % de remplacement de la sources pétrolière)	Chimie, Biochimie, Matériaux, Génie des procédés chimiques/biochimiques, Marketing, Génétique	Forte (résidus d'exploitation); bois énergie ; faible-moyen (ressource dediée)	Moyen-Faible (Extraction directe des sucres possible sur les installations actuelles; installations chimiques de conversion des sucres en synthons à créer)
Production et fonctionnalisation de micro- et nano-objets de cellulose (papeterie, composites, ameublement,)	Moyen/5 ans	Pâtes à papier	?	Chimie, Papeterie, Panneaux, Génie des procédés, Matériaux	Moyen	Moyen

GIP Ecofor GT "ressources"





Contribution au travaux du GIP EcoFor

Jean-Bernard CARREAU

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt d'Aquitaine



UN CONTEXTE EUROPEEN



Cadre global

- réduction des émissions de GES
- substitution des énergies fossiles par des sources renouvelables (solaire thermique et photovoltaïque, éolien, hydraulique fluvial et marin, géothermie, biomasse)

Cadre européen: 3 x 20

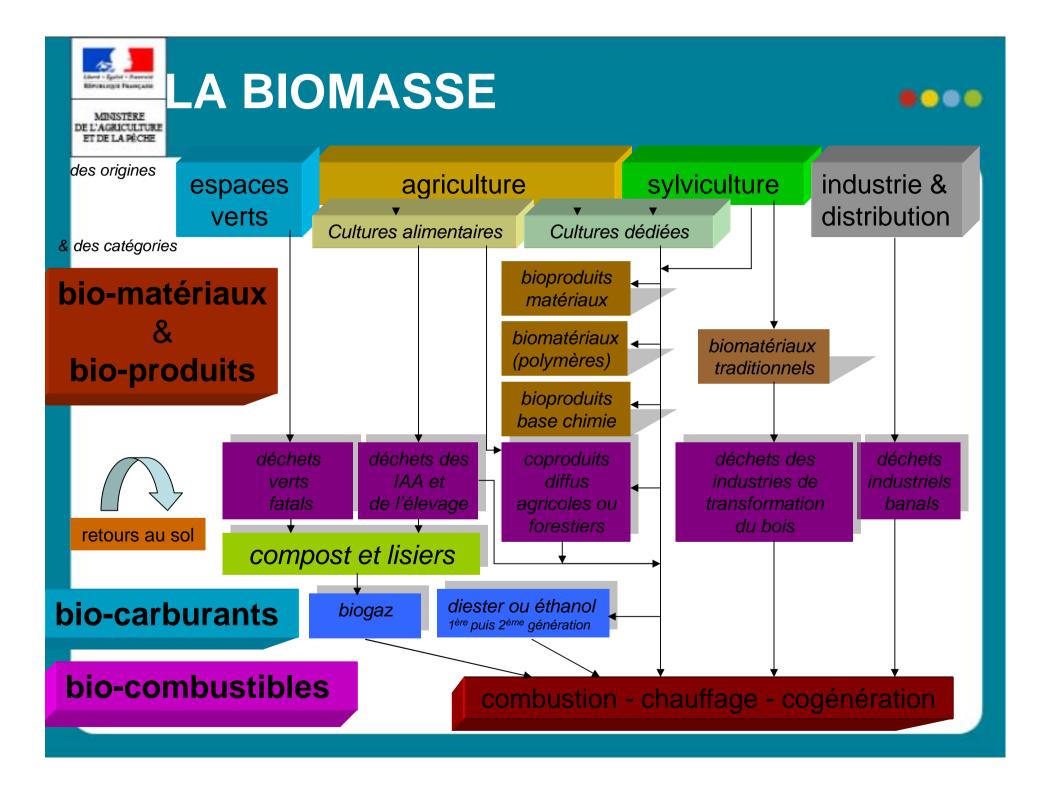
- réduction de 20% des émissions de GES
- amélioration de 20% de l'efficacité énergétique
- 20% d'énergie renouvelables dans le panel des énergies primaires

et 10 % de biocarburants dans les carburants de transport



DES ENGAGEMENTS FRANCAIS •••







LE BOIS ENERGIE







LE BOIS ENERGIE



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURI ET DE LA PÈCHE





LE BOIS ENERGIE







LE BOIS ENERGIE







LE BOIS ENERGIE



130 producteurs de granulés sur le marché francophone européen. Granulés de produits agricoles Projets aquitains Granulés de bois et granulés de produits agricoles

 Production peu présente en Aquitaine, mais en fort développement :

- 3 projets en Gironde
- (cadre CRE III)
- 2 projets dans les Landes

(cadre CRE III et Fonds Chaleur)



LE BOIS ENERGIE



LE BOIS RECYCLE

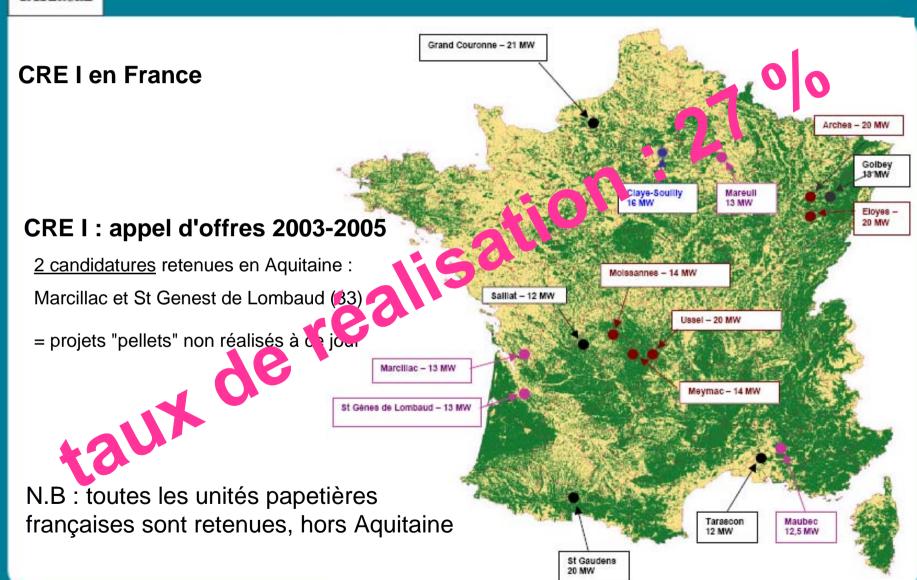
Gisement important, mais des filières peu fiables en terme de qualité





CRE I (2005)



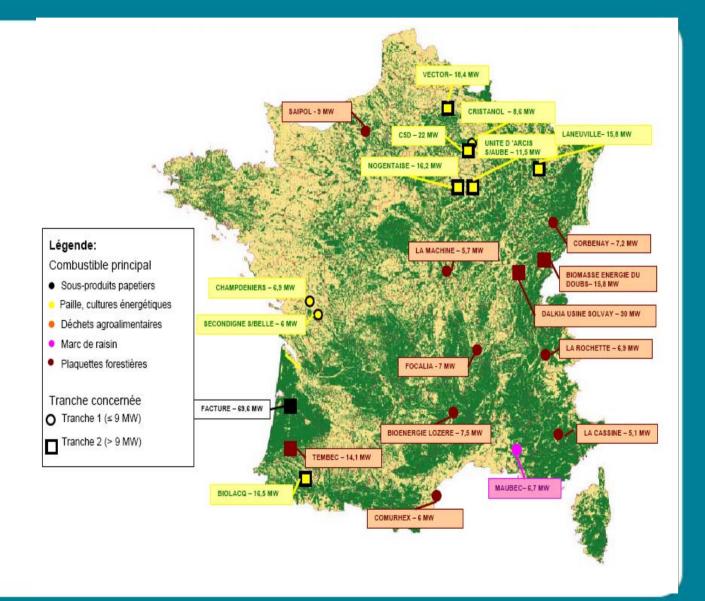




CRE II (2007)



CRE II en France



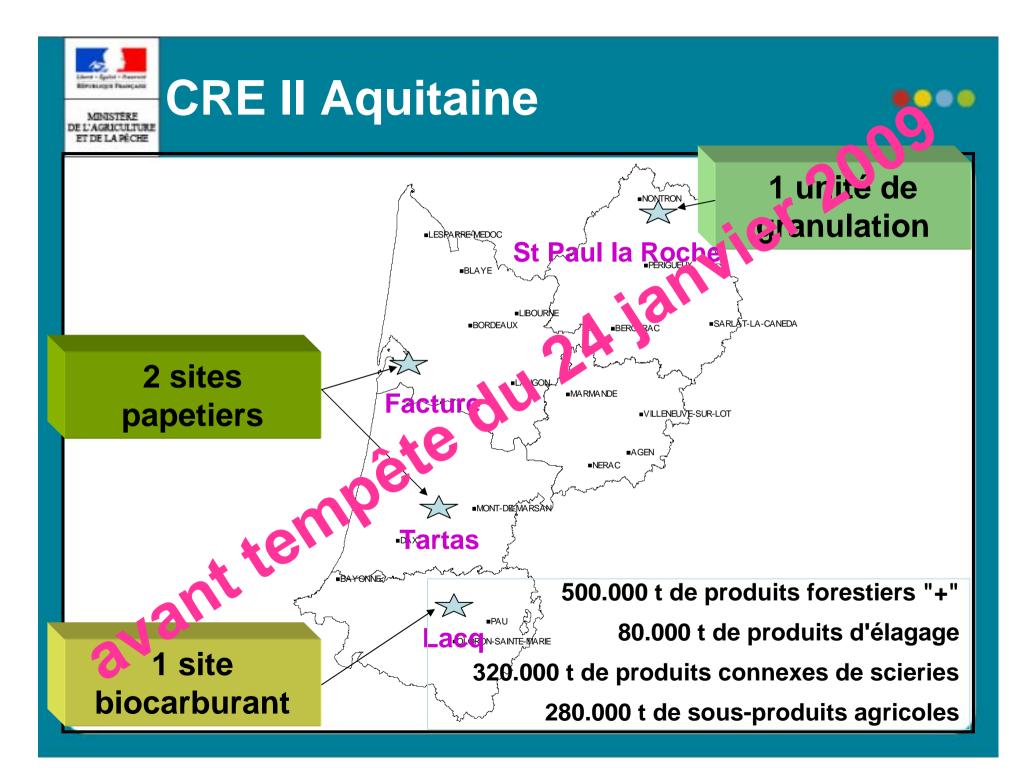


CRE II (réalisation 2010-2011)



PROJETS RETENUS CRE II

	< 9 Mw		> 9 Mw nb P		Total		%
1 Aquitaine	1	6	3	100	4	106	33
2 Champagne-Ardennes 3 Franche-Comté	1 1	9	3 2	<u>50</u> 46	4 3	59 53	19 17
4 Picardie	-		1	18	1	18	6
5 Lorraine 6 Languedoc-Roussillon	2	14	1	<u>16</u>	1 2	16 14	5 5
7 Rhone-Alpes	2	14			2	14	5
8 PoitouCharentes	2	13			2	13	4
9 PACA	2	12			2	12 9	4
10 Hte-Normandie 11 Bourgogne	1	9 6			1	6	2
TOTAL	13	84	10	230	22	314	
prévu		80		220			





CRE II Aquitaine



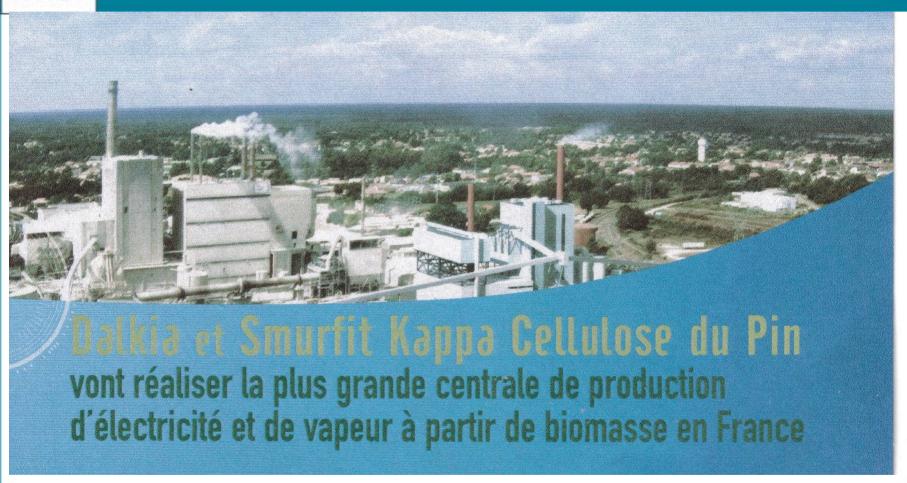
Une chaudière biomasse en Aquitaine : Tartas pour 14 Mwé /





CRE II Aquitaine





200.000 t de chablis pendant 5 ans, puis 175.000 t de souches pendant 15 ans



CRE III (2009)



3^{éme} appel d'offre en cours

- Critères d'aménagement du territoire

 Plans d'approvisionnement en expertise par la Cellule Biomasse Préfectorale entre le 29 mai et le 10 juillet 2009

- Réponse du MEEDDAT à l'automne





CRE III les projets

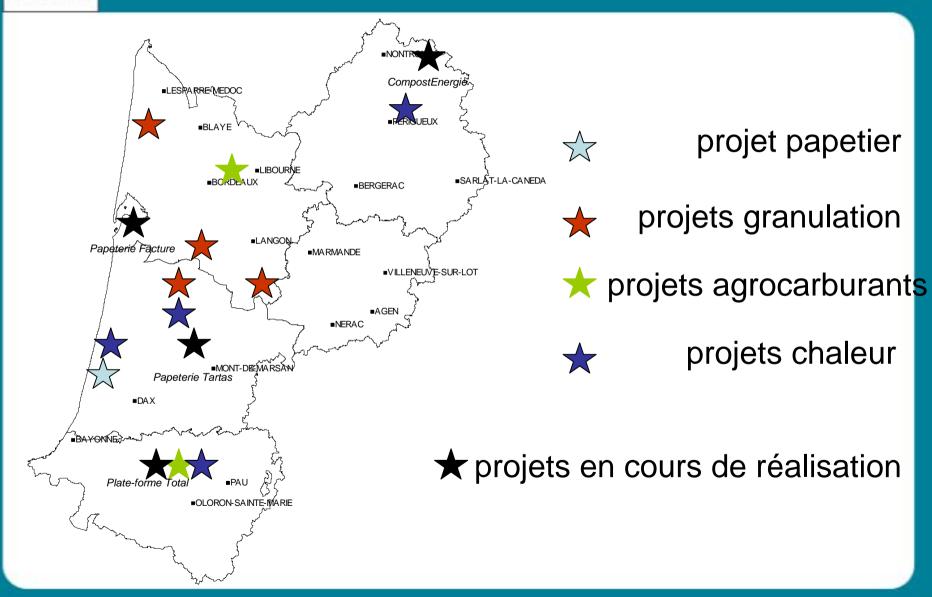


Région	Nombre de projets	Puissance cumulée (MWe)
RHONE-ALPES	12	117,8
BOURGOGNE	12	103,5
LORRAINE	11	107,6
AQUITAINE	12 (1 ^{ère} ex-aequo)	96,7 (4 ^{ème})
CHAMPAGNE-ARDENNE	5	63,9
NORD-PAS-DE-CALAIS	7	59,4
ILE-DE-FRANCE	3	57,0
AUVERGNE	7	50,9
HAUTE-NORMANDIE	1	50,0
CENTRE	6	39,8
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR	4	35,5
BRETAGNE	7	34,1
PICARDIE	5	32,6
MIDI-PYRENEES	4	23,3
ALSACE	2	14,8
LIMOUSIN	3	14,3
CORSE	1	12,0
PAYS DE LA LOIRE	2	10,9
FRANCHE-COMTE	1	8,0
LANGUEDOC-ROUSSILLON	1	4,0



CRE III les projets aquitains







FONDS CHALEUR (2009)

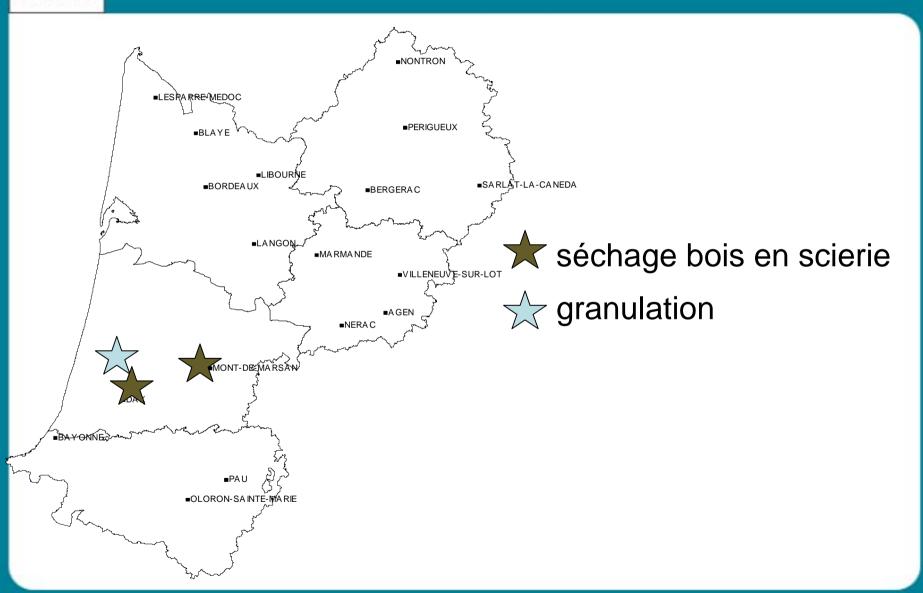


Appel à projets « Biomasse Chaleur Industrie et Agriculture »

- Production de chaleur à partir de biomasse
- Reconduit pendant 3 ans
- Critères d'économie d'énergie fossile pour la production de chaleur
- Plans d'approvisionnement en expertise par la Cellule Biomasse Préfectorale entre le 29 mai et le 18 août 2009
- Réponse par l'ADEME



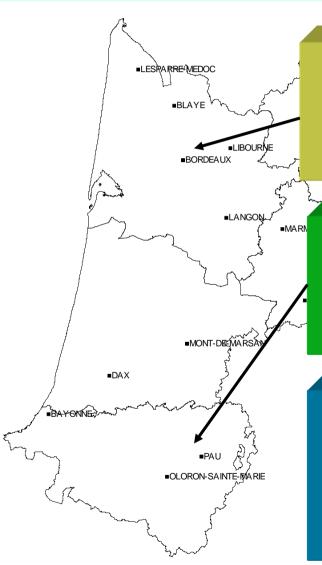
FONDS CHALEUR (Aquitaine 2009)





LES AGRO-CARBURANTS





33. BASSENS / DIESTER Industrie diester : 250.000 t/an soient 250.000 t ou 75.000 ha de colza - tournesol / an

64. LACQ / AB BIOENERGY France bio-éthanol : 200.000 t/an soient 314.000 t ou 40.000 ha de maïs / an

AGRO-CARBURANTS DE SECONDE GENERATION

bio-éthanol : 300.000 t/an soient 450.000 t ou 50.000 ha de matière ligneuse / an



la tempête Klaus du 24 janvier 2009

VALORISATION BOIS ENERGIE AQUITAINE

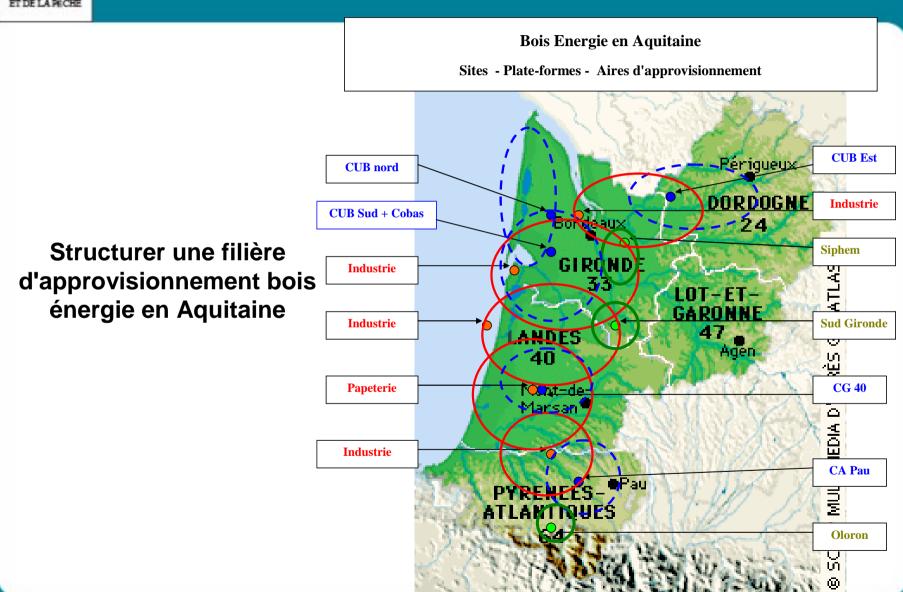
Chaufferies bois et industries

	_		-	1		1	1	
utilisation / année		20	010	2011	2012	2013	2014	2015
	_	<u> </u>						I
bois de chauffage (1)		2 00	0 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000	2 000 000
	_							
Chaufferie collectives (2)			7 000	12 000	15 000	20 000	30 000	50 000
CRE I (3)	_	- 3	000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
CKL I (3)	_		000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
	Tembec	14	0 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000
CRE II (4)	Facture	6	000	200 000	200 000	200 000	200 000	200 000
	St Paul	2	000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
			•					1
	24		Į.	50 000	60 000	60 000	60 000	60 000
CRE III (5)	33		ļ.	40 000	80 000	80 000	80 000	80 000
` '	40 64		ŀ	50 000	200 000	200 000	200 000	200 000
	64		L	100 000	200 000	200 000	200 000	200 000
Fonds Chaleur I (6)	40	3	000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
1 01140 01141041 1 (0)				00 000	00 000	00 000	00 000	00 000
Fonds Chaleur II			Γ	40 000	80 000	80 000	80 000	80 000
			-		-			
Fonds Chaleur III					50 000	100 000	100 000	100 000
	_		1					
Industries (7)		3	000	40 000	50 000	60 000	80 000	100 000
AgroCarburants							г	80 000
Agrocarburants							L	80 000
Hors Aquitaine (8)		1	5 000	30 000	40 000	50 000	60 000	70 000
TOTAL (9)		33	2 000	842 000	1 255 000	1 330 000	1 370 000	1 500 000
			•			•		

- 1 enquete CEREN (non comptabilisé)
- 2 Commission d'Attribution des Aides ADEME
- 3 Projet Marcillac 33
- 4 Projets en cours de réalisation
- 5 30% des projets retenus
- 6 Projets retenus
- 7 Prévisions Commission d'Attribution des Aides ADEME
- 8 Prévisions Fonds Chaleur et CRE III
- 9 Hors granulés bois



STRUCTURATION D'UNE FILIERE





OBSERVATOIRE DES MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA RÈCHE BIOMASSES



RESSOURCES FORESTIERES

- produits de dépressage et d'éclaircie
- rémanents de coupe rase : branches ; souches
- bois dépréciés : incendies ; événements climatiques ; dépérissements ; pathologies ...
- peuplements semi dédiés & peuplements dédiés

RESSOURCES AGRICOLES

- cultures dédiées à l'énergie de combustion
- sous-produits de cultures : cannes de maïs ; pailles de céréales ; déchets d'arboriculture ; produits de taille de la vigne
- sous-produits de l'industrie agro-alimentaire : rafles de maïs ; tourteaux de protéagineux ; noyaux de fruits ; issues de silo ; fines de classement ...

RESSOURCES DES ESPACES VERTS

produits d'élagage urbain et de route - Refus de compostage

RESSOURCES DES INDUSTRIES

- connexes des industries du bois : écorces ; sciures ; copeaux ; délignures ; chutes ; autres
- produits de récupération et de recyclage = déchets industriels banaux
- palettes ; emballages ; bois de démolition ; autres



OBSERVATOIRE DES MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE L'AGRICULTURE BIOMASSES







DE NOUVEAUX GISEMENTS







DE NOUVEAUX GISEMENTS



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÉCHE

CULTURES DEDIEES





DE NOUVEAUX GISEMENTS







2 m

DE NOUVEAUX GISEMENTS



PEUPLEMENTS SEMI DEDIES

X 2,25 m

Densité initiale

2 222 t /ha

Densité après éclaircie biomasse

1 111 t /ha

Exploitation une ligne sur 2 m

ÉCLAIRCIE BIOMASSE dans un peuplement de Pin maritime 40 t lha à 8-10 ans



DE NOUVEAUX GISEMENTS





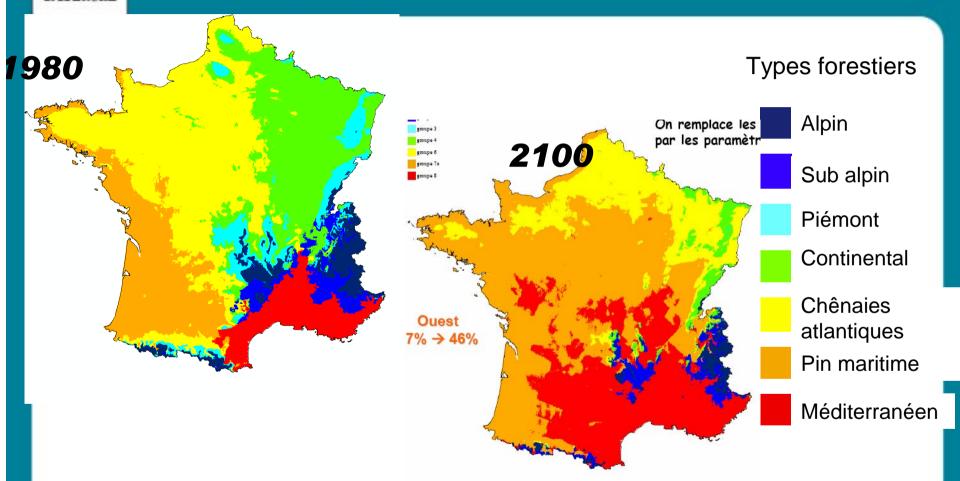


30/04/2007



DE NOUVEAUX GISEMENTS





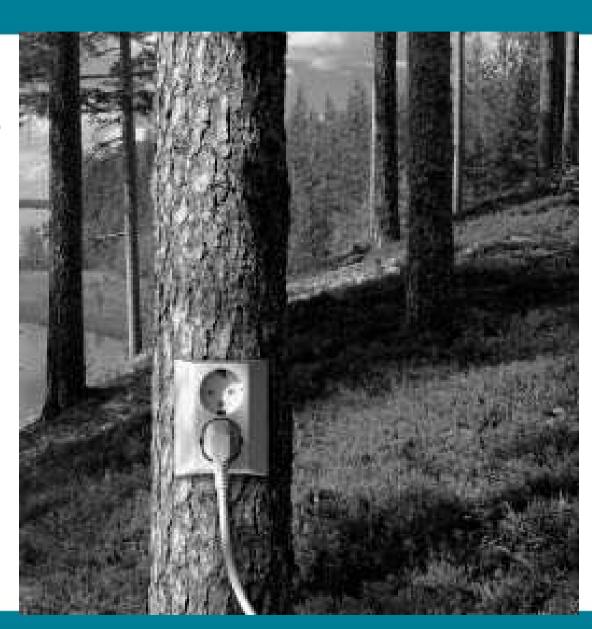
(Badeau et Dupouey, INRA Nancy 2007)



EN CONCLUSION ...



Une forêt adaptée ...



... à des enjeux de demain.



EN CONCLUSION ...





La forêt des Landes de Gascogne est une forêt cultivée depuis plus de 150 ans, dans le respect d'une gestion durable et avec une industrie intégrée qui a su s'adapter aux évolutions économiques et technologiques ...



Mais aussi ...







GIP Ecofor GT "ressources"



