

Expertise sur l'avenir du massif des Landes de Gascogne Groupe de travail itinéraires sylvicoles

Document de travail établi sur la base de celui diffusé par le CRPF en juin 2009 qui a servi de support pour les échanges dans le cadre du groupe.

En réunion du groupe trois chapitres ont été examinés :

- 1 Nettoyage,
- 2 Choix de l'essence objectif,
- 3 Reconstitution

Les éléments de bibliographie ont été complétés et regroupés en fin du document.

1 NETTOYAGE.....	3
1.1 Définition :.....	3
1.2 Approche comparative des techniques de nettoyage :.....	3
1.2.1 Importance du taux de dégât et de l'âge des bois :.....	3
1.2.2 Les différentes techniques :.....	3
1.2.3 Nettoyage et récupération pour la biomasse.....	5
Tableau 1 : Comparaison des techniques de nettoyage des peuplements de pin maritime sinistrés à plus de 40%.....	6
2 Choix de l'essence objectif / Diversification des essences dans le massif.....	7
2.1. Des conditions de stations particulièrement favorables au pin maritime.....	7
2.2. Place des feuillus.....	7
2.3. Peu de résineux supportent la comparaison avec le pin maritime.....	9
2.4. Vers de nouvelles variétés de pin maritime ?	10
2.5. En guise de conclusion.....	10
3 Reconstitution / Modalité de régénération de la futaie de pin maritime.....	11
3.1 Reconstitution de la futaie de Pin maritime par régénération naturelle.....	11
3.1.1. Conditions de mise en œuvre.....	12
3.1.2. En guise de conclusion.....	13
Tableau de synthèse sur la régénération naturelle des peuplements de pin maritime	13
3.2. Régénération artificielle	14
3.2.1 Préparation au reboisement	14
3.2.1.1 Assainissement.....	14
3.2.1.2. Débroussaillage.....	15
3.2.1.3. Fertilisation.....	15
3.2.1.4. Travail du sol.....	18
3.2.1.5.Emiettage du travail du sol pour le labour en plein ou en bandes.....	21
3.2.1.6.Travail complémentaire du sol de l'interligne pour le labour en bandes.	21
3.2.1.7. Les entretiens ultérieurs des interlignes (pour mémoire) :.....	21
En guise de conclusion à propos de la préparation du sol :	22
3.2.2.La plantation.....	23
3.2.2.1. Les plants et la plantation.....	23
3.2.2.2. Coût.....	24
3.2.3. Reconstitution par semis.....	25
3.2.3.1. Travail du sol.....	25

3.2.3.2. Les graines et le semis.....	25
3.2.3.3. Restrictions.....	26
3.3. Objectifs de production pour le pin maritime.....	27
3.3.1. A l'échelle de la parcelle : privilégier la réversibilité.....	27
3.3.2. A l'échelle de la propriété : vers une diversification de scénarios.....	29
3.3.3. A l'échelle du territoire : une nécessaire adéquation avec les besoins de l'industrie.....	30
Tableau 3 : Approche comparative de différents itinéraires sylvicoles de production pour le pin maritime dans le massif des Landes de Gascogne.....	31
4. PROPOSITIONS DE GESTION DES ESPACES INTERSTITIELS - GESTION DES AMENITES.....	32
4.1. Conservation et valorisation des feuillus.....	32
4.1.1. Conservation de feuillus dans la forêt de production de pins.....	34
4.1.2. Préservation ou création de lisières feuillues.....	34
4.1.3. Accrus	36
4.1.4. Zones feuillues.....	37
4.2. Espaces ouvert.....	38
4.2.1. Lagunes, tourbières.....	38
4.2.2. Landes.....	38
4.3. Cas particuliers.....	38
4.3.1. Peuplements en bordure des cours d'eau.....	38
4.3.2 Palombières.....	39
4.3.3. Ilots de vieillissement.....	39
Eléments de bibliographie.....	40
Sylviculture du pin maritime et résistance au vent : état des connaissances.....	40
Nettoyage des parcelles après tempête.....	41
Diversification des essences dans le massif des Landes de Gascogne.....	42
Modalité de régénération de la futaie de pin maritime.....	43
Propositions de gestion des espaces interstitiels - Gestion des aménités.....	44

1 NETTOYAGE

1.1 Définition :

Le nettoyage des parcelles sinistrées consiste à mettre la parcelle sinistrée dans un état permettant son reboisement et son accessibilité aux engins de lutte contre l'incendie (mise en sécurité du massif prévue dans l'arrêté nettoyage du 13/08/2009¹).

Cette opération intervient après exploitation des bois de chablis commercialisables, elle concerne aussi des jeunes peuplements endommagés non exploités.

Différentes techniques sont conseillées en fonction de la taille des souches, de leur densité, de la présence plus ou moins abondante de rémanents d'exploitation

1.2 Approche comparative des techniques de nettoyage :

1.2.1 Importance du taux de dégât et de l'âge des bois :

Les observations de terrain montrent une grande diversité de situation en fonction de la nature de la station, de l'âge des arbres, de la structure des peuplements avant tempête et du taux de dégâts constaté.

D'une manière générale on peut caractériser les éléments nécessaires à la prise de décision de la manière suivante, en fonction du taux de dégâts :

20 à 40%	l'utilité du nettoyage nécessite une étude au cas par cas
40 à 60%	le nettoyage est nécessaire mais la décision de reboisement sera prise au cas par cas
plus de 60%	nettoyage et reboisement obligatoire (sauf choix de régénération naturelle possible en fonction des circonstances)

L'âge des bois, la densité des souches, la taille des rémanents, la présence de bois résiduels sur pied vont fortement influencer le choix d'une technique adaptée.

1.2.2 Les différentes techniques :

Tableau 1 : comparaison des techniques de nettoyage

1 Broyage :

Le broyeur quelle que soit sa puissance ne détruit que la partie extérieure de la souche. Dans le cas des peuplements en ligne cela ne constitue pas une gêne pour le reboisement qui sera effectué dans l'interligne du peuplement précédent.

¹ Rendre le terrain accessible pour les engins de lutte contre l'incendie par réduction des rémanents d'exploitation forestière, des morts-bois et des bois non marchands et la réhabilitation du réseau hydraulique sur l'emprise de la parcelle sinistrée

Le broyage est de ce fait conseillé pour les peuplements en ligne présentant des souches de petites dimensions (notamment lorsqu'ils sont jeunes et présentent encore une densité importante de souches à traiter).

2 Déchiquetage à la cisaille :

La cisaille à souche (croque souche, Break-souche, dent Becker, ...) permet de démanteler, sans bouleverser les horizons du sol, tous les types de rémanents : souches, cimes, billons...

Après leur extraction, les souches renversées sont fragmentées en morceaux inférieurs à 40 cm de longueur qui sont alors étalés en surface, de façon à ne pas gêner le travail du sol². (cf. cahier des charges ONF, fragments de 12dm³ maximum)

3 Mise cordon :

A l'aide d'une cisaille à souche, les souches renversées sont extraites du sol, débarrassées de la terre adhérente puis sectionnées grossièrement en trois ou quatre morceaux. Elles sont ensuite alignées en cordons distants de 12 à 25 mètres. La distance entre cordons est raisonnée en fonction de la taille du matériel utilisée et de la taille des souches : plus elles sont grosses, plus les cordons sont rapprochés de manière à ce qu'ils conservent des dimensions raisonnables. La taille des cordons ne doit pas excéder 2,5 m de large et 1,5 m de hauteur. Ils sont intégrés à un futur interligne de plantation et seront dégradés en 10 ans environ.

Une anticipation du futur reboisement (sens des lignes, dimensionnement des interlignes) doit être prévue pour pouvoir jalonner correctement et systématiquement les lignes de cordon.

Les rémanents peuvent également être disposés sur le cordon.

Ces modalités qui ont fait l'objet de chantiers expérimentaux avant et après 1999 laissent la possibilité de valoriser les cordons par récupération de bois énergie pour des parcelles de dimension suffisante, sous réserve de marché demandeur de ce type de produit (à expérimenter...).

4 Enfouissement

Technique à proscrire en raison des risques sanitaires (fomès tout particulièrement) et des risques d'affaissement du terrain lors du passage d'engins sur les fosses.

Remarques générales

- Si le peuplement est conservé, il n'y a pas nécessité de traiter les souches sauf si elles gênent l'accès aux interlignes ou à de futurs travaux de débroussaillage.

- La présence sur la parcelle de pelles hydrauliques, outils polyvalents, est intéressante pour nettoyer et remettre en état les fossés.³

- Les techniques suivantes sont à déconseiller :

² incidence importante des débris par rapport au risque fomès et par rapport au système racinaire des plants en cas d'enfouissement lors des débroussailllements et de la préparation du sol.

³ contribution indispensable à la mise en sécurité du massif mais attention aux incidences par rapport à la loi sur l'eau

Le **brûlage** car il augmente le risque d'attaque d'armillaire, le risque d'incendie et accélère la perte d'éléments minéraux.

La **réalisation de gros andains** au bulldozer, même équipé de râteau fleco car les premiers centimètres du sol sont plus ou moins décapés, la matière organique se retrouve en partie dans les andains et qu'enfin plus les andains sont imposants plus ils mettront de temps à se décomposer. Il est préférable d'opter pour la technique de mise en cordon ou de râteaux flecos montés sur pelle.

- Une opération de débroussaillage est conseillée pour la mise en sécurité DFCI de la parcelle, pour faciliter les opérations ultérieures de reboisement (en particulier le travail du sol), pour favoriser éventuellement la régénération naturelle soit avant l'opération de nettoyage (ce qui améliore aussi la visibilité du chantier) soit après. Il serait alors utile de respecter un délai de quelques mois avant de procéder à un débroussaillage après nettoyage (éviter d'enfouir des fragments encore verts par rapport au risque fomes tout en augmentant sensiblement les risques de pullulation d'insectes xylophages).

1.2.3 Nettoyage et récupération pour la biomasse

Afin de réduire le coût de nettoyage, les souches et les rémanents peuvent être récupérées et broyées pour en faire des plaquettes.

Compte tenu de l'abondance de bois suite à la tempête il est peu probable que les industriels recherchent les chantiers de ce type pour approvisionner les chaudières à bois à court terme. Cependant, rien ne permet d'affirmer aujourd'hui que ces souches et rémanents n'auront aucune valeur marchande dans 4 ou 5 ans.

Dans l'objectif de récupérer la biomasse des souches voire des rémanents, les produits peuvent être stockés (mise en tas bord de route) pour faciliter leur mobilisation ultérieure mais la méthode de mise en cordon semble aussi intéressante puisqu'elle permet, tout en rendant possible le reboisement dans des délais classiques, de conserver les souches pour les broyer plus tard.

Plusieurs questions se posent cependant :

- Existe-t-il des engins capables de suivre les cordons et de mettre les souches en plaquettes sur la parcelle sans détériorer le peuplement en place ?
- Faut-il prévoir, au contraire, de transporter les souches ou plutôt morceaux de souches en bordure de parcelle (ou à côté des chaudières) afin de les broyer ?
- Qu'attendre en terme de rendement énergétique après 4 ans ou plus de séchage des souches sur la parcelle ? Résultats attendus d'une étude en cours
- Quel revenu peut-on attendre de la vente de ces plaquettes ?
- Dans le cadre de la mise en cordon ou de stockage des souches ne pourrait-il pas y avoir un engagement contractuel préalable des industriels concernés ?
- Si la valorisation des souches ne pose pas de gros problème sur le bilan minéral par contre il y a risque de fortes exportations sur la valorisation de bois verts de faible section, surtout s'il y a exportation des aiguilles (cas de récupération de la biomasse par broyage des jeunes peuplements)

Tableau 1 : Comparaison des techniques de nettoyage des peuplements de pin maritime sinistrés à plus de 40%

Technique	Type outil	Avantages	Inconvénients
Broyage lourd	Broyeur automoteur (>400 CV)	<ul style="list-style-type: none"> Rapidité / Simplicité Aspect impeccable du chantier en surface Bien adapté chantiers très encombrés, en particulier mal ou non exploités Possibilité récupération biomasse dans les jeunes peuplements non exploités à l'étude. Récupération de la biomasse permet d'éviter l'accumulation de copeaux nuisibles à la reconstitution 	<ul style="list-style-type: none"> Peu d'outil disponible (engins à chenilles) et nécessite de grands chantiers Partie souterraine intacte : gêne potentielle pour le labour Risque de dispersion et de conservation des champignons racinaires Accumulation de broyat pouvant nuire à la reconstitution Coût élevé Prévoir un autre outil pour dégager les fossés
Broyage moyen	Broyeur derrière tracteur (200 CV ou +)	<ul style="list-style-type: none"> Rapidité / Simplicité Aspect impeccable du chantier en surface Bien adapté aux jeunes boisements avec souches de faible dimension Possibilité récupération biomasse dans les jeunes peuplements non exploités à l'étude Adapté aux dégâts diffus (forte mobilité de la machine) 	<ul style="list-style-type: none"> Partie souterraine intacte : gêne potentielle pour le labour Risque de dispersion et de conservation des champignons racinaires Coût élevé Non adapté pour les gros bois et les rémanents de grosse dimension Prévoir un autre outil pour dégager les fossés
Déchiquetage fragments fins étalés (débris <40cm et 12dm ³ maxi)	Cisaille à souche Rogneuse à dent (surtout efficace sur souches en place)	<ul style="list-style-type: none"> Bonne désagrégation des débris Diminution des risques sanitaires sauf si enfouissement au rouleau débroussailleur Pas d'obligation en reconstitution de conserver les orientations des lignes initiales Adapté aux gros rémanents, aux dégâts diffus Outils polyvalents très répandus et adaptables sur quasiment toutes les pelles hydrauliques de 12 à 30 t 	<ul style="list-style-type: none"> Technique assez lente s'il reste beaucoup de rémanents, rendements très variables (importance de la part imputable au chauffeur) Nécessite le passage du rouleau débroussailleur (ou broyeur moyen) après déchiquetage Rogneuse plus lente et moins adaptée que la cisaille pour les rémanents et les souches arrachées.
Mise en cordons des souches et du bois non exploité (déchiquetage en fragments grossiers)	Cisaille à souche	<ul style="list-style-type: none"> Rapidité Economique dans la plupart des situations Diminution des risques sanitaires Possibilité récupération biomasse à l'étude 	<ul style="list-style-type: none"> Dimension et encombrement des cordons (maxi 10% de la surface) Mauvaise optimisation de l'espace si le jalonement est approximatif Raisonner les écartements des cordons en fonction des interlignes prévus en reconstitution avec l'obligation de conserver les orientations des lignes pour les jeunes peuplements Prévoir interruption des cordons pour la DFCI. Cordons constituant à priori des abris potentiels pour les lapins (non constaté sur les chantiers expérimentaux de 1999)
Extraction et stockage souches et rémanents	Pelle avec outil adapté	<ul style="list-style-type: none"> Diminution des risques sanitaires Récupération de la biomasse facilitée si stockage des souches bord de route Facilite la reconstitution 	<ul style="list-style-type: none"> Attention à la surface consacrée au stockage et à l'assurance d'écoulement des produits
Enfouissement	Pelle à godet	<ul style="list-style-type: none"> Simplicité 	<ul style="list-style-type: none"> à déconseiller en raison des risques sanitaires
Andainage	Bulldozer ou pelle avec râteau fleco	<ul style="list-style-type: none"> Facilité de mise en œuvre 	<ul style="list-style-type: none"> à déconseiller, surtout avec bulldozer : <ul style="list-style-type: none"> décapage du sol occupation de l'espace prolifération lapins

Recommandation générale :

- Prévoir, soit un débroussaillage avant le passage des matériels spécifiques, pour visualisation des souches à traiter, soit après, mais dans ce cas, il serait utile de laisser s'écouler une période sèche suffisamment longue pour limiter le développement des pathogènes cryptogamiques.
- En cas de récupération de la biomasse des souches et de rémanents faire attention au bilan minéral (surtout dans les jeunes peuplements) et à l'exportation de matière organique.
- Le brûlage doit être proscrit, il accroît le risque d'attaque d'armillaire, le risque incendie, la perte d'éléments minéraux

2 CHOIX DE L'ESSENCE OBJECTIF / DIVERSIFICATION DES ESSENCES DANS LE MASSIF

Le Massif des Landes de Gascogne est exposé, comme toute forêt, à de nombreux aléas. Si le risque incendie, longtemps reconnu comme le plus préoccupant, semble aujourd'hui bien maîtrisé grâce à une organisation exemplaire de la prévention, le risque tempête devient premier à la suite des épisodes de 1999 (24 millions de m³ renversés) et 2009 (40 millions de m³)

Les changements climatiques annoncés pourraient se traduire par des sécheresses estivales aggravées et l'apparition de nouveaux ravageurs.

Après Klaus, il est donc légitime de s'interroger sur les essences à privilégier au sein du futur massif des Landes de Gascogne

2.1. Des conditions de stations particulièrement favorables au pin maritime

Malgré un climat océanique favorable à la forêt, les conditions édaphiques des Landes de Gascogne naturellement très ingrates limitent très fortement le choix des essences.

Quelle que soit l'extension prise au XIX^e siècle par la culture du Pin maritime, il faut savoir que cette essence est spontanée dans le Sud-ouest⁴ et couvrait dès les temps historiques d'importantes surfaces. Cantonnée aux stations bien drainées des landes de Gascogne son extension a été rendue possible par d'importants travaux d'assainissement.

D'autres essences ont été testées dès le XIX^e siècle, mais peu d'entre elles supportent les sols landais très secs en été, engorgés en hiver avec des risques de froid dont les conséquences peuvent être désastreuses même pour le Pin maritime dans le cas d'utilisation de provenances inadaptées (dégâts du gel de 1985 dans les plantations de provenance portugaise).

Tous les essais ont bien fait ressortir qu'il est peu réaliste de compter sur une importante diversification avec des essences susceptibles de constituer des gisements économiquement intéressants.

Le Pin maritime traité de façon très majoritaire en futaie régulière s'est révélé la seule essence suffisamment frugale et rustique qui soit capable de bien valoriser économiquement le milieu des landes de Gascogne.

2.2. Place des feuillus

Les feuillus en général peu productifs sont minoritaires en surface mais finalement très présents dans le massif landais, souvent en mélange avec le Pin maritime.

Ces feuillus jouent un rôle important pour la biodiversité mais aussi un rôle fondamental de protection de la forêt de production de Pin maritime contre les ravageurs et les maladies. A noter cependant, le bouleau est sensible au fomes et le tremble est vecteur de la rouille courbeuse.

⁴ Traces de pollen datant de 10 000 ans.
Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

En ce qui concerne les feuillus indigènes :

- Le chêne pédonculé est omniprésent (voir la carte de répartition de l'IFN). Il peut prospérer dès que le sol est sain et peut constituer de petites forêts pures notamment autour des villages mais, sur les sols pauvres des landes, il pousse lentement et il est gélif. Cette essence est surtout intéressante comme taillis de sous étage, pour constituer des îlots de biodiversité feuillus ou en diversification sur les lisières.
- Le chêne tauzin joue un rôle similaire mais ne supporte pas les sols engorgés et occupe une place plus restreinte, son bois dur et noueux ne peut guère être utilisé que pour le chauffage.
- Le chêne vert est spontané sur la zone côtière en Gironde. Dans la lande il ne supporte pas le froid et l'excès d'humidité en hiver. Son bois dur est apprécié pour le chauffage.
- Le chêne liège essentiellement présent sur le littoral dans les Landes mais aussi dans la région de Nérac en Lot et Garonne est adapté à des landes assez riches et bien drainées et outre du bois de chauffage peut produire du liège.
- L'aulne glutineux dans les zones de marécage et en bordure des cours d'eau peut se révéler économiquement intéressant mais il pose des difficultés d'exploitation et il est actuellement très touché par la maladie de l'encre.
- Le saule en zone marécageuse, zones humides et en bordure des cours d'eau présente peu d'intérêt économique.
- Le bouleau et le tremble sont très présents dans les landes très humides.
- Le robinier peut donner de très beaux taillis très productifs sur les marges du massif, en particulier terrain humides sur sols graveleux en bordure du vignoble (Graves, Médoc, Lot-et-Garonne) mais les introductions sur les sols du plateau landais se sont révélées le plus souvent infructueuses.
- Le châtaignier n'est finalement présent que sur les stations les plus riches, sensible aux maladies, encre et souvent chancre.
- Les fruitiers sauvages (cormier, pommier, poirier) sont très disséminés et se rencontrent surtout sur les landes les plus riches.

Comme essence de production parmi les introductions d'autres feuillus on peut cependant s'intéresser :

- à l'eucalyptus qui semble bien adapté à condition d'utiliser des variétés peu sensibles au gel (qui se révèlent aussi les moins vigoureuses, par exemple Gunnii), d'éviter de toute façon certaines zones les plus froides du massif, en particulier les sols acides de la Grande Lande, et de ne l'employer que sous forme de taillis à courte révolution.

Compte tenu des risques de gel, surtout dans le jeune âge, un zonage plus précis des zones potentielles de reboisement pourrait être défini sur la base de traitement des données météorologiques ; par ailleurs, la plantation pourrait être accompagnée d'une assurance gel spécifique comme cela est pratiqué en Midi Pyrénées lorsqu'il y a financement public. Ce produit d'assurance est unique en forêt en France et on pourrait très bien concevoir d'étendre son application pour l'Aquitaine. Cette assurance couvre la période de deux ans suivant la plantation correspondant à la période jugée la plus critique. Ce reboisement peut également être assorti d'un contrat qui définit les modalités de commercialisation du bois entre un industriel et le propriétaire ainsi que le calcul appliqué au prix d'achat de la matière.

- aux chênes américains sur landes assainies, chêne rouge d'Amérique mais aussi chêne des marais qui craint d'ailleurs les sols marécageux et supporte les sables secs.
- à d'autres essences qui sont à réserver aux stations les plus riches, liquidambar, platane. Il faut faire attention à l'introduction de certaines essences potentiellement colonisatrices comme le cerisier tardif (*Prunus serotina*) qui a surtout conduit à l'installation de cultures à gibier.

2.3. Peu de résineux supportent la comparaison avec le pin maritime.

De nombreuses introductions ont été testées depuis plus d'un siècle. Seul le pin à l'encens (ou taeda) a donné des résultats satisfaisants qui supportent la comparaison avec le pin maritime sur les meilleures stations, bien drainées et bien alimentées en eau, où il peut même le surpasser en production (bois d'œuvre en moins de 30 ans). De plus cette essence se révèle moins sensible au vent et elle a connu une extension très significative dans le massif après la tempête de 1999 (surface de près de 2 000 ha actuellement). Il convient de rester prudent lors de son introduction compte tenu de ses exigences stationnelles mais aussi de sa sensibilité aux attaques de scolytes (attention en particulier à la proximité de chablis et des piles de bois) et de son appétence pour les cervidés. En outre, la provenance actuellement utilisée doit être réservée aux meilleures stations.

D'après les organismes de recherche, le potentiel d'extension du pin taeda est estimé actuellement entre 10 et 15% du massif mais l'utilisation de provenances mieux adaptées permettrait cependant de l'accroître très significativement (Recherche en cours dans le cadre du programme CLIMAQ).

Actuellement les disponibilités en pin taeda sont limitées aux ramassages sur des peuplements classés (étiquette verte, catégorie sélectionnée). De bonnes récoltes en 2008/2009 permettent d'assurer de l'ordre de 1,8 millions de plants par FORELITE mais la récolte lancée pour 2010 se heurte à des problèmes de fructification. Les classements de peuplements sont en cours et des efforts de récolte devront être entrepris pour faire face aux besoins (dans les années à venir, la bonne conservation des graines devrait permettre de faire face aux aléas de récolte)

Parmi les pins indigènes, le pin pignon, présent à l'état isolé dans les airials, donne un bois de faible qualité, le pin sylvestre frugal mais de croissance très lente se révèle peu adapté. Seul le pin laricio peut sur certaines stations donner des résultats satisfaisants mais sa croissance initiale très lente le décline nettement par rapport au pin maritime ou au pin taeda ; de plus il est très menacé par d'importants problèmes sanitaires (maladie des bandes rouges et *Sphaeropsis sapinea*).

On peut signaler marginalement d'autres résineux : en péri-landais, le cèdre de l'Atlas ou le séquoia sempervirens, le cryptomeria japonica (sud de la Chalosse) et accessoirement le sapin de Céphalonie localement envahissant ou le cyprès chauve inféodé aux zones marécageuses.

2.4. Vers de nouvelles variétés de pin maritime

L'utilisation de nouvelles variétés mises au point par le GIS Pin maritime du futur faciliteront la diversification des itinéraires : bois d'œuvre haute qualité, production

bois d'œuvre standard, courte révolution, biomasse. Le programme d'amélioration génétique du pin maritime est aujourd'hui l'un des plus avancés au monde. Il s'oriente vers les points suivant :

- Meilleure rectitude des nouvelles générations pour la production de bois d'œuvre (développement de l'amélioration du pin maritime landais mais aussi développement de la variété Landes x Corse)
- Spécialisation avec une variété "vigueur" pour les productions à courte révolution (8 à 12 ans).
- Adaptation au changement climatique avec la recherche de variétés croisées Landes x Corse, Landes x Maroc, Landes x Portugal.
- Ciblage des variétés utilisées en fonction de la station même si son appréciation n'est pas toujours très simple (La composition floristique utilisée pour définir la station n'est pas le meilleur indicateur pour caractériser sa fertilité minérale ou son potentiel de production).
- Il est également utile de diversifier les itinéraires techniques d'installation et de conduite pour faire face aux risques.

2.5. En guise de conclusion

Le pin maritime restera prédominant, avec une diversification des scénarios des itinéraires production mais aussi un choix raisonné des variétés utilisées en fonction des stations et des objectifs de production (cf. les différents itinéraires sylvicoles de production dans la partie reconstitution).

En diversification comme essences de production nous pouvons retenir le pin taeda, le robinier et l'eucalyptus :

- Le pin taeda si la station convient, mais ce sont aussi les meilleures stations sur lesquelles une diversification des itinéraires est la plus opportune (courte rotation en particulier). Son utilisation est particulièrement intéressante sur les stations bien adaptées comme relais de production compte tenu de sa possibilité de récolte assez précoce.
- Le robinier dont l'utilisation reste tout de même limitée aux marges du massif.
- L'eucalyptus malgré sa sensibilité au gel en tant que relais de production et/ou source d'énergie et de biomasse. Il faudra veiller à l'exclure des landes sèches et des zones trop froides du massif landais (cartographie des zones d'utilisation). En cas de financement public une assurance spécifique contre le gel pourrait aussi être mise en place. La commercialisation des produits pourrait être garantie par un contrat avec un industriel.

La conservation ou l'introduction de feuillus non productifs déjà prise en compte par nombre de sylviculteurs⁵ doit être recommandée en accompagnement des reboisements (utilisation très souple et plus systématique de la mesure biodiversité prévue dans les aides à la reconstitution). La valeur des feuillus comme bois de chauffage mais aussi dans un contexte de prise en considération de cultures

⁵ notamment dans les engagements du référentiel technique régional PEFC
Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

d'aménités facilitera certainement leur gestion dans les espaces interstitiels du massif de production avec cependant un risque de sur exploitation .

Cette présence de feuillus en bordure des parcelles ou par îlot ou également en sous-étage n'améliore pas la résistance au vent mais contribue à une meilleure résistance aux ravageurs et aux maladies.

3 RECONSTITUTION / MODALITÉ DE RÉGÉNÉRATION DE LA FUTAIE DE PIN MARITIME

Une analyse des conditions de l'investissement forestier doit être réalisée lors d'un diagnostic préalable à la reconstitution des parcelles de pin maritime.

La sylviculture choisie doit être adaptée aux objectifs que l'on se fixe (production bois d'œuvre, production biomasse, gestion patrimoniale, ...) et ceux-ci doivent être raisonnés en fonction :

- des potentialités de la station (fertilité minérale du sol, alimentation en eau , risques gibier),
- de sa situation géographique (environnement forestier ou péri-urbain, zones remarquables ou à forte pression sociale),
- de l'ensemble des risques encourus,
- du contexte économique et social.

En fonction des objectifs définis pour chaque parcelle, il est possible d'envisager une diversification des itinéraires sylvicoles. A côté des itinéraires standards de reboisements par semis ou plantation, des techniques axées sur la régénération naturelle ou la gestion des accrus peuvent trouver leur place. Bien adaptés aux petites parcelles difficilement mécanisables, ils nécessitent une station adaptée et (les échecs sont fréquents en lande humide) et suivi rigoureux dans le temps.

3.1 Reconstitution de la futaie de Pin maritime par régénération naturelle

Ce mode de régénération est toujours utilisé essentiellement dans la partie dunaire (ONF en particulier) mais aussi sporadiquement sur l'ensemble du massif landais.

Bien adapté aux landes sèches, il donne des résultats plus incertains dans les landes mésophiles et, sans intervention pour lutter contre la concurrence de la molinie, il réussit mal en lande humide.

La régénération naturelle est souvent "assistée" par des opérations visant à garantir une bonne levée des semis (débroussaillage, crochetage, apport complémentaire de graines).

Après installation des semis, des interventions sont nécessaires dans des bandes cloisonnées pour favoriser la croissance des pins éduqués grâce à la concurrence intraspécifique.

3.1.1. Conditions de mise en œuvre

Cette méthode ne doit s'envisager que si le peuplement à renouveler est de bonne qualité.

Techniques favorables à l'installation des semis :

- Après chablis, les souches soulevées doivent être fragmentées afin de ne pas gêner les interventions ultérieures et il faut prendre des précautions pour effectuer cette opération sans endommager les semis éventuellement déjà installés.
- Un léger travail du sol favorise l'ensemencement et le développement des jeunes semis.
- Si la régénération n'est pas acquise, la conservation de semenciers de bonne conformation en nombre suffisant (au moins 50/ha) et bien répartis ou de bouquets disséminés doit favoriser une installation homogène du semis.
- La date des coupes de régénération intervient en dehors de la période la plus favorable à l'installation des semis pour éviter des dégâts lors de l'exploitation. (L'ONF prévoit une période d'interdiction d'exploitation du 1er avril au 31 août) et les consignes d'exploitation obligent les engins à rester sur les cloisonnements pour éviter les dégâts sur les semis acquis.
- Un délai de 2 à 3 ans (au grand maximum 5 ans dans la lande) permet d'exploiter les semenciers sur des semis peu lignifiés (hauteur moyenne de 0,5 m).

Valorisation de la régénération naturelle :

- Un suivi est indispensable pour juger de l'évolution des semis. En cas de densité insuffisante il faut donc attendre au maximum 5 ans (exploitation encore possible des semenciers sans dommage sur les semis) avant de diagnostiquer la réussite ou l'échec de l'opération et choisir durant cet intervalle le meilleur moment pour intervenir.
- Mise en bande étroite et dépressage(s)
 - Pour favoriser la croissance des arbres et faciliter toutes les opérations d'amélioration ultérieures, des layons de 3 à 4 mètres de large sont ouverts en préservant des bandes boisées dont la largeur généralement inférieure à 3m est fonction de la densité des semis, de leur homogénéité, des risques divers de perte.
 - Réalisation de 1 à 2 dépressages pour ramener la densité à 1200 - 2000 tiges/ha.
- Alternatives avec mise en bande large :
 - en dune l'ONF préconise des bandes de 4 à 6 m de large avec des cloisonnements sylvicoles de 2 m qui permettent d'intervenir en dépressage et nettoyage, la largeur du cloisonnement est portée à 4m lors de la 1^{ère} éclaircie.
 - Autre solution envisagée (Evaluation à prévoir) avec un cloisonnement de 4m de large en conservant des bandes de 6m sans dépressage pour privilégier la concurrence intraspécifique mais en intervenant impérativement pour supprimer les sujets mal conformés (loups) qui gênent des sujets d'avenir.

Compléments de régénération

Dans les trouées les plus importantes (taille minimum de 0,5ha) des compléments par plantation de regarnis sont à réaliser le plus tôt possible, si possible dans les 3 ans.

Cependant il convient de noter que les trouées sont aussi des atouts en matière de diversification (présence de feuillus ou zones humides) dans la mesure où leur importance ne pénalise pas trop l'ensemble de la parcelle.

3.1.2. En guise de conclusion

L'utilisation de la régénération naturelle implique une démarche volontaire de la part du propriétaire pour un itinéraire technique délicat qui requiert un suivi régulier sous peine de surcoûts importants.

Bien ciblé et suivi, il permet d'utiliser au mieux les dynamiques naturelles et favorise la conservation de biodiversité (feuillus en particulier). Cependant, il faut bien être conscient des pertes de production par rapport à la régénération artificielle et du rallongement de l'âge d'exploitation, en partie compensée par l'obtention de bois de qualité (notamment avec une branchaison plus fine), à condition que le marché valorise cette qualité.

Tableau de synthèse sur la régénération naturelle des peuplements de pin maritime

Avantages	Inconvénients
<p>Solution adaptée pour de petites parcelles et pour une diversification partielle au sein de la propriété</p> <p>Possibilité de régénérer à l'identique des peuplements bien adaptés à leur station.</p> <p>Economie de trésorerie à l'installation par rapport à un reboisement artificiel.</p> <p>Espérance d'une bonne qualité des bois liée à une forte concurrence qui est fonction de largeur des bandes conservées après cloisonnement (branchaison plus fine qu'en boisement artificiel)</p> <p>Meilleure maîtrise des dégâts de gibier qu'en reboisement artificiel liée à une forte densité dans les bandes conservées.</p> <p>Technique qui permet de conserver des feuillus dans les bandes boisées.</p> <p>Meilleur impact paysager dans le jeune âge qu'un reboisement artificiel.</p>	<p>Rallongement de l'âge d'exploitation (50 à 60 ans au lieu de 35 à 45 ans pour les boisements artificiels)</p> <p>Perte des avantages liés à l'amélioration génétique (rectitude, croissance) plus accentuée avec un cloisonnement en bandes étroites qu'en bande large où la sélection massale est plus importante.</p> <p>Perte de production liée à l'absence des travaux d'installation des boisements artificiels (labour, engrais), qui peut être compensée partiellement par des bois de meilleure qualité.</p> <p>Nécessité d'attendre 4 à 5 ans avant de conclure sur la réussite et donc perte de temps en cas d'échec.</p> <p>Risque de contamination par le fomès lors des dépressages.</p> <p>Technique actuellement peu répandue, sauf en zone dunaire et landes sèches. Nombreux échecs en lande humide.</p>

Débats :

- Intérêt en diversification des itinéraires et au niveau de la réduction des coûts de la reconstitution.
- Intérêt pour la préservation de la biodiversité.
- Pratique non applicable sur les différents types de lande, notamment en lande humide.
- Les interventions qui concourent à se retrouver dans les conditions des semis artificiels permettent ensuite une conduite sylvicole standard bien maîtrisée.
- Une conduite raisonnée en bande large est plus favorable à la conservation de la biodiversité et permet de produire du bois de qualité.

Points à approfondir :

- Maîtrise de la technique en lande humide (analyse de réussites en lande humide)
- Expérimentations à suivre sur la conduite en bandes
- Analyse de la quantité et de la qualité des bois obtenus.

3.2. Régénération artificielle

3.2.1 Préparation au reboisement

Cette phase est indispensable pour un bon déroulement du reboisement qu'il s'agisse d'une plantation ou d'un semis. De sa réalisation dépend la croissance et la stabilité du futur peuplement.

Les souches renversées et les rémanents doivent être réduits pour permettre les travaux classiques de reboisement. (cF. Nettoyage)

3.2.1.1 Assainissement

Voir dans le document CRPF l'approche écologie, chapitre 1 "L'eau"

L'excès d'eau en hiver est un facteur limitant l'installation des peuplements et le massif n'a d'ailleurs pu se développer que grâce à d'importants travaux d'assainissement. En été, la pénurie d'eau est aussi un facteur limitant de la croissance bien que le pin soit relativement résistant à la sécheresse.

L'armature du réseau d'assainissement est déjà constituée mais le fonctionnement global de ce réseau hydraulique est perturbé par la présence des chablis et le sera très certainement par les travaux engagés à grande échelle lors des opérations de reconstitution.

Toutefois, il convient de vérifier le fonctionnement du réseau de drainage et de veiller à son rétablissement, ce qui nécessite au niveau parcellaire :

- la réhabilitation du réseau hydraulique lors des travaux de nettoyage (prise en compte dans l'option de mise en sécurité du massif),
- la rénovation ou la création de fossés et d'ouvrage de franchissement lors de la reconstitution.

En lande humide, le bon fonctionnement du réseau d'assainissement est impératif mais il est utile de préciser que parfois le drainage est techniquement difficile.

A l'échelle de la parcelle, il faut veiller à un certain nombre de caractéristiques techniques bien connues et très précises des fossés et des ouvrages de franchissement.

Il reste des questionnements importants sur cette question de l'assainissement qui se pose à une échelle plus large que la parcelle qui seront certainement abordés dans le Groupe territoire-eau-biodiversité. (en particulier interface terres agricoles et forêt, loi sur l'eau, etc...)

3.2.1.2. Débroussaillage

Un premier passage de rouleau débroussailleur après coupe rase ou exploitation des chablis permet d'écraser les houpiers et de fragmenter les résidus d'exploitation.

Après un ou deux ans, un débroussaillage en plein prépare au travail du sol.

Sur lande humide à molinie dominante (plus de 80% de couverture du sol) il faut prévoir un très fort débroussaillage préalable pour couper le chevelu racinaire avant le labour (en particulier avec un tandem lourd).

A la fois pour la qualité du travail et la limitation de la concurrence herbacée, il est aussi intéressant de traiter préventivement cette graminée avec des produits homologués forêt (matière active glyphosate, par exemple) l'été avant le travail du sol⁶. C'est encore possible mais la réglementation évolue et l'autorisation d'utiliser cette matière active en forêt est remise en cause.

3.2.1.3. Fertilisation

Les premiers essais de fertilisation sur Pin maritime ont été installés à la fin des années 1950. Les résultats spectaculaires montrant l'efficacité de la fertilisation phosphatée apportée à l'installation ont très rapidement entraîné l'extension de cette technique sur le Massif des Landes de Gascogne.

Les usages en matière de fertilisation varient d'une entreprise à l'autre, d'un sylviculteur à l'autre : dose et type d'engrais apportés, fertilisation initiale ou différée, apport sur la ligne de plantation ou dans l'interligne, méthode d'enfouissement...

Les effets de la fertilisation phosphatée :

- augmentation de la croissance en circonférence et en hauteur,
- homogénéisation des caractéristiques dendrométriques des peuplements,
- réduction de la phase d'installation,
- maintien de la fertilité minérale des sols par compensation des exports,
- amélioration de la résistance au froid.

La fertilisation a des effets défavorables sur l'insertion des branches et sur leur diamètre⁷. Cependant, ces inconvénients sont minimes par rapport au gain sur la croissance. De plus les arbres les plus défectueux sont évacués lors des premières éclaircies.

Les résultats des dispositifs les plus anciens, Mimizan (1957) et Berganton (1963), confirment :

- un effet starter : gain de 50 à 100% sur la hauteur à 5 ans,
- un arrêt de l'effet Phosphore sur l'accroissement courant annuel entre 15 et 20 (les arbres conservent leur avantage sur la durée),
- une augmentation à 40 ans, de 30 % du volume sur pied.

Ces résultats ont été confirmés par d'autres essais plus récents (Pierroton, Caudos)

Quelle dose apporter en plein ?

La fertilisation est efficace à partir de 40 U.

⁶ Par mesure de précaution, et de manière à respecter les engagements pris dans le cadre de la certification PEFC aucun traitement ne sera appliqué à moins de 10 mètres des berges de rivières, cours d'eau ou plan d'eau.

⁷ la fertilisation accroît d'environ 50% la fréquence des fourches et nœuds plongeants ainsi que le diamètre moyen des branches (augmentation de 15%) pour des variétés non améliorées sur ces critères.

Les résultats des essais dose installés par FCBA et INRA montrent que 120 unités de phosphore ne sont pas nécessaires et risquent même d'accroître les risques d'instabilité.

Une dose se situant dans une fourchette de 40 à 80 unités est généralement suffisante.

Quand apporter l'engrais phosphaté ?

Les résultats issus de l'essai FCBA de Menaut confirment l'intérêt d'une fertilisation à l'installation par rapport à une fertilisation différée. Cependant un apport différé est toujours favorable par rapport à un témoin non fertilisé mais il faut aussi noter qu'un travail du sol à 3 ans, même superficiel, détériore le système racinaire et accroît certainement le risque d'instabilité le temps que le chevelu racinaire se reconstitue⁸.

Effet de la fertilisation sur les différentes stations

L'efficacité de la fertilisation phosphatée apportée à l'installation du peuplement est significative en lande humide et mésophile, et non significative en lande sèche.

Rien ne dit qu'un apport de phosphore en lande sèche, sans impact notable la croissance des pins, ne permet pas de préserver le sol d'une dégradation à long terme en compensant les exportations.

Comment, où, et à quelle profondeur apporter l'engrais phosphaté ?

Ces questions n'ont pas eu de réponses validées scientifiquement à ce jour. Les pratiques sont très diverses : apport sur la ligne avant l'installation avec enfouissement à la charrue sur tout ou partie de la bande travaillée, apport en plein, apport dans l'interligne, enfouissement à la charrue, aux disques.

Fertilisation et résistance aux vents

L'interprétation des résultats des dispositifs de fertilisation vis-à-vis du facteur vent suite à la tempête de 1999⁹, montre que la fertilisation en induisant un développement des parties aériennes fragilise l'ancrage du pin maritime et augmente sa sensibilité au vent mais dans des proportions, qui à ce jour, ne remettent pas en cause la fertilisation.

Les observations de 1999 permettent de préciser que c'est surtout au delà de 80 unités/ha que les dégâts sont les plus marqués : on peut donc considérer que dans une fourchette de 40 à 80 unités/ha on a un bon compromis entre croissance, résistance au vent et maintien de la fertilité minérale des sols, notamment sur les landes humides.

⁸ Les jeunes plants ont une très forte dynamique racinaire, avant 3 ans la période critique "d'instabilité" est courte, de l'ordre de quelques mois, mais ce n'est plus le cas au delà de 5 à 6 ans.

⁹ Malgré la difficulté de l'interprétation des résultats des dispositifs de fertilisation vis-à-vis du facteur vent suite à la tempête de 1999 qui compare la résistance d'arbres ayant des développements très différents

En guise de conclusion :

Les débats entre les différents acteurs (scientifiques, professionnels, agents de vulgarisation...) ont abouti à un consensus assez large sur l'intérêt de la fertilisation dans la sylviculture du pin maritime pour laquelle un objectif de production est recherché ; celui-ci peut se résumer ainsi:

- la fertilisation phosphorique doit être recommandée pour le maintien de la fertilité des sols landais (compensation des exportations) et pour l'amélioration de la production : le tableau ci-dessous donne les principales recommandations en fonction des stations
- Les quantités apportées peuvent être réduites par rapport aux préconisations antérieures (120 unités /ha) : une fourchette de 40 à 80 unités/ha est un bon compromis.
- L'apport au moment du reboisement est préférable à un apport différé.

☺ conseillé ☹ possible ☹ déconseillé	ancien champ	lande sèche	lande mésophile	lande humide bien drainée	lande humide mal drainée	observations
Initiale	☹	☹	☺	☺	☺	fourchette de 40 à 80 unités
Différée (2 ans maxi)	☹	☹	☹	☹	☹	Possible mais à éviter : atteinte aux racines fourchette de 40 à 80 unités

Une enquête menée sur 68% de la surface reboisée en 2004 a permis de caractériser et d'apporter des éléments de quantification concernant les pratiques de fertilisation sur le massif (Optimisation de la nutrition minérale du Pin maritime en forêt de production, 2006). Selon cette enquête, la proportion de la surface de reboisements fertilisés est différente selon le type de lande : 60% de la surface reboisée en lande humide est fertilisée, 50% en lande mésophile et 40% en lande sèche. Depuis cette étude, les proportions ont sans doute baissé suite à la hausse du prix des engrais qui constitue un frein important à l'emploi de la fertilisation.¹⁰

- La tendance à l'abandon de la fertilisation est préoccupante. En effet, la fertilisation associée à la pratique généralisée du travail du sol est avec l'amélioration génétique, un des piliers de l'augmentation de la productivité forestière. Jusqu'à ce jour, l'habitude était de réaliser la fertilisation là où elle marquait le plus : en lande humide notamment. Afin de préserver la fertilité minérale des sols landais, il faudrait peut-être apporter du phosphate sur tous les types de landes.
- Les résultats des expérimentations qui permettent une réduction des doses avec la localisation de l'engrais sont des facteurs favorables pour généraliser la pratique de la fertilisation.

Points à approfondir

- Nous manquons de connaissance de l'impact de la fertilisation sur le développement du système racinaire notamment lors d'un apport localisé.
- Intérêt de la poursuite des essais sur les doses et la localisation de la fertilisation (suivi des essais menés dans SYLVOGENE).

¹⁰ CAFSA signale également que sur 31000ha de reboisement à la trisoc de 2002 à 2007 seulement 54% des surfaces ont fait l'objet d'un apport d'engrais.

- Les études en cours sur la minéralisation de l'azote par le travail du sol, les apports possibles d'azote par la gestion du sous-bois (légumineuses indigènes), la maîtrise des exportations réelles (fréquence et amplitude des coupes, extraction des souches et rémanents) donneront aussi de nouvelles bases scientifiques précieuses pour les gestionnaires du massif.

3.2.1.4. Travail du sol

De cette intervention qui s'est généralisée depuis les années 60, dépend la stabilité et la productivité du peuplement.

Un bon travail du sol permet :

- de supprimer la concurrence de la végétation pendant plusieurs mois,
- de favoriser le développement du système racinaire grâce à l'ameublissement des horizons superficiels du sol,
- la minéralisation de l'humus des sols landais et la mise à disposition d'azote et d'éléments minéraux pour les plants et les semis.

On trouve aujourd'hui sur le massif :

- des outils traditionnels, charrue à socs ou à disques, permettant de réaliser un travail du sol en plein ou en bandes,
- des outils traditionnels adaptés tels que les charrues escamotables (ou non stop) qui se soulèvent lorsqu'un obstacle se présente (souches, rémanents...) ou la trisocs munie d'un disque destiné à combler la dérayure.
- des outils spécifiques à une chaîne de travaux propre à une entreprise (Train d'outil, charrue rotative),

Il existe aussi d'autres outils qui effectuent un travail localisé (dent sous-soleuse, crabe, planteuse avec décompacteuse, potet travaillé à la tarière montée sur tracteur).

Quel que soit l'outil utilisé, la qualité du travail du sol dépend :

- de la largeur et de la profondeur travaillées,
- de la manière dont la matière organique est enfouie,
- de l'absence d'obstacle à l'enracinement.

Toutes les techniques ne sont pas utilisables sur l'ensemble des stations et l'on manque aujourd'hui de comparaison agronomique de certains outils présents sur le massif. De plus, il faut noter que les techniques et les outils évoluant constamment, il est très difficile de réaliser des évaluations, le temps de réponse des essais étant supérieur au temps de renouvellement des matériel.

Tableau 2: Les techniques de travail du sol sur le massif des Landes de Gascogne (Essai de synthèse, CETEF des Landes, Septembre 2005)

	Famille Outils	Modalité d'utilisation	Spécificité outils	Largeur travaillée	Profondeur du travail	Type de lande	
LES TECHNIQUES COURANTES	Labour Charrue à socs classiques ou escamotables	En plein	Tri-socs	100%	30 cm	Toutes	
			Bi-socs	100%			
			Mono-socs	100%			
		En bande	1 passage	Tri-socs			100 cm
			2 passages				250 cm
			2 passages	Bi-socs			150 cm
Décapage-décompactage Train d'outils	1 seul passage Pas de reprise		60 à 80cm	Décapage : 5 à 6 cm Décompactage : 40 à 60 cm	LS LM		
Fraisage Charrue rotative	1 seul passage et désherbage obligatoire Pas de reprise		60cm	30 cm	LH		
LES AUTRES TECHNIQUES	Fraisage horizontal, Houe rotative Rotadairon Rotavator Rotalabour	Sans sous-solage		40 à 80 cm	20 cm	LS LM	
		Avec sous-solage			20 cm + longueur de la dent (jusqu'à 120cm)	LM LH	
	Sous-solage	Désherbage en plein obligatoire			120 cm	LH	
	Travail localisé	potet travaillé à la tarière montée sur tracteur					
	Planteuse type tchèque	Désherbage obligatoire sur LH Pas de reprise		50 cm	20 cm + longueur de la dent (jusqu'à 120cm)	Toutes	
	Travaux superficiels	La charrue à disques		180 cm	15 à 30cm	LS	
Le rouleau débroussailleur Pas de reprise		200 cm	5 à 10cm	LS			

Le travail du sol en plein ou en bandes à la charrue à soc est le plus représenté dans le massif, le labour en bande étant largement majoritaire.¹¹

Le travail en plein

Réalisé à la charrue à socs (2, 3 ou 4 socs), il assure un travail du sol topographiquement plat, voire peu accidenté.¹²

En terrain sableux et naturellement bien drainé, le labour en plein accompagné d'un émiettage présente un avantage technique certain : il permet d'avoir un sol plat et une colonisation équilibrée du système racinaire sans les risques de nuisance d'une reprise des interlignes.

Il présente aussi des inconvénients :

- Coût initial plus élevé qu'un labour en bande.

¹¹ CAFSA sur la période 2002/2007 et 65% des reboisements (31 000 ha), note 20% de labour en plein.

¹² Le labour en plein à la charrue à soc est réalisé par la technique dite "en planches" puisqu'il n'existe pas de charrue réversible, les plages de labour (planches) sont séparées alternativement, à espaces réguliers, par un ados, puis une double cale (tous les 20 à 30 m).

- Recolonisation plus rapide de l'interligne par les adventices par rapport au labour en bande (mais un émiettage uniquement sur la ligne de plantation puis une reprise de l'interligne après la plantation pourraient y remédier)
- Difficulté de localisation de la fertilisation sur la ligne de plantation non définie lors du travail du sol.
- Nécessité d'un jalonnement des lignes de plantation
- Les outils actuels sont mal adaptés pour faire un travail en plein dans de bonnes conditions (travail en devers, le tracteur roule dans la dérayure)
- Le tracteur roulant dans la dérayure provoque des zones de lissage et tassement dans les terrains très humifères ou à tendance argileuse.

Le travail en bandes

Le sol est travaillé partiellement à l'endroit où seront placées les futures lignes de pins. De cette technique, découle la formation d'une dérayure ou cale de labour à la limite entre zone travaillée et zone non travaillée. Une reprise de l'interligne est nécessaire pour combler cette dérayure et elle doit être réalisée suffisamment tôt pour éviter de détériorer de façon trop importante les racines qui ont déjà colonisé les interlignes, même en présence de cette dérayure.

Pour réduire l'inconvénient de la dérayure, les constructeurs de charrue proposent d'ajouter un disque aux charrues à socs afin de limiter sa profondeur et assurer un meilleur développement des racines.¹³

Le travail en bandes est actuellement majoritaire et il est souvent réalisé à la charrue trisoc non stop en un seul passage. Cette solution qui permet au tracteur de travailler hors cale est particulièrement adaptée pour les terrains humides. (Sur lande humide difficile à drainer ce type de travail est conseillé pour assurer le drainage, en mettant les plants hors d'eau par la sur-élévation du profil du labour)

La largeur de travail utile n'est alors que de 2 sillons (1,10 m en moyenne), le premier est jeté sur terrain non labouré. La plantation doit être réalisée dans l'axe de la largeur de travail utile, planter trop près de la dérayure peut induire un déséquilibre du système racinaire.

Il serait donc préférable d'avoir une largeur utile de 3 socs :

- L'emploi de charrues 4 socs est à préconiser plutôt que 2 passages de bisocs (mêmes inconvénients techniques que le labour en plein, et coût quasiment identique au labour en plein).
- L'orientation vers ces largeur de travail nécessitera une évolution du parc de tracteurs (140 à 160 CV en moyenne) vers de plus fortes puissances (180 CV et +).

Ce travail en bandes peut présenter l'inconvénient d'espacements de lignes très irréguliers (variation des interlignes de 3,5 m à 5 m) mais ce problème est résolu par l'usage d'un GPS différentiel bien réglé.

Les autres techniques

Les autres techniques (cf tableau n°9) permettent un travail du sol topographiquement assez plat et de réaliser des espacements plutôt réguliers (4 m ou 4,50 m). Ces techniques sont très diversifiées et pour certaines déjà utilisées de

¹³ CAFSA signale que ces équipements sont en passe d'être généralisés très rapidement.
Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

façon très significative en production. Elles n'offrent peut-être pas toutes les mêmes garanties de reprise (généralement plus hétérogènes), de croissance et de stabilité par rapport au labour et doivent faire l'objet d'évaluations comparatives.

Certains matériels (train d'outil, charrue rotative par exemple) ne nécessitent pas, contrairement au labour, de reprise sur la ligne.

3.2.1.5. Emiettage du travail du sol pour le labour en plein ou en bandes

Les techniques de labour ont besoin d'une reprise pour émietter le sol en profondeur avant la plantation ou le semis.

- L'émiettage du labour doit être fait sur toute la surface travaillée en une ou deux fois (Pour un émiettage d'un labour en plein sur les lignes de plantation l'utilisation d'un GPS est alors fortement conseillé). Il peut être réalisé au Cover-Crop (train de disques asymétriques). Un tassement au Crosskill (combiné au Cover-Crop) peut être intéressant pour assurer une bonne cohésion de l'horizon de surface, notamment en période sèche.
- Que ce soit sur les labours en plein ou à moitié, on évitera le tassement au rouleau débroussilleur qui ne permet pas un bon mélange des horizons (Il peut cependant se justifier sur les landes sèches).

3.2.1.6. Travail complémentaire du sol de l'interligne pour le labour en bandes

L'interligne non travaillé initialement et présentant une dérayure sera repris avec un outil à disque après la plantation, si possible dans un délai de 2 à 3 ans maximum (à 1 an il y a risque de déstabilisation des jeunes plants). Ce travail, surtout s'il est réalisé un peu tardivement et même s'il reste assez superficiel, occasionne des nuisances sur le système racinaire qui se développe très rapidement dans les interlignes.

Ce travail permet de :

- combler la dérayure afin de favoriser le développement racinaire,
- égaliser le terrain pour l'exploitation,
- apporter éventuellement une fertilisation différée,
- ameublir le sol en profondeur pour éviter un développement superficiel des racines et réduire ainsi leur sensibilité aux passages des engins,
- réduire la végétation adventice.

3.2.1.7. Les entretiens ultérieurs des interlignes (pour mémoire) :

L'entretien des interlignes réalisé avec des débroussilleurs lourds provoquent des dommages aux racines et accentuent les risques (chablis, champignons racinaires). L'utilisation de rouleaux débroussilleurs landais adaptés est conseillée (pression à la lame de moins de 9 kg par cm et des fûts à 7 lames au moins) pour limiter la pression de coupe sur les racines des pins circulant entre 5 et 10 cm sous la surface du sol.

L'utilisation de broyeur permet aussi de pallier ces inconvénients mais avec un coût toutefois nettement supérieur.

En guise de conclusion à propos de la préparation du sol :

- Le labour en plein présente certainement un avantage agronomique quand il est praticable dans de bonnes conditions. Il peut être recommandé sur la plupart des stations à l'exception des landes les plus humides ; les quelques inconvénients (surcoût initial, problèmes d'envahissement de l'interligne, de jalonnement) peuvent être facilement surmontés.
- Le labour en bandes est actuellement généralisé mais la dérayure finale doit être moins accentuée ; dans ce cas la reprise de l'interligne doit être faite avant 3 ans. En outre les outils évoluent constamment pour réduire les nuisances de cette technique au niveau du développement du système racinaire avec l'adaptation en continu des charrues à socs (disque rajouté) et l'utilisation d'outils adaptés lors de la reprise de l'interligne (débroussilleur auto-porté et à disques motorisés : DebDisk).
- Les autres techniques de travail du sol ne faisant pas appel à la charrue à soc minimisent au moins ponctuellement le déstockage du carbone.
- Pour la préparation du lit de semence ou de plantation l'utilisation du train de disque asymétrique (associé ou non au Crosskill) est préférable à celle du rouleau débroussilleur.
- Pour les entretiens ultérieurs l'utilisation d'un broyeur (solution la plus adaptée mais coûteuse) ou l'emploi d'un rouleau débroussilleur léger (ou à plus de 7 lames) est recommandé.

Points à approfondir

- Etude du bilan carbone des différents processus de travail du sol couplé ou non à la fertilisation en tenant compte de la réponse en croissance.
- Evaluations comparatives des différentes techniques de préparation de la plantation.
- Efficacité relative du travail du sol et de la fertilisation. Evaluation qui reste à faire malgré le nombre d'études sur la fertilisation et le travail du sol.
- Comparaison de la dynamique de développement des systèmes racinaires en fonction des différents processus (travail du sol, émiettage, reprise éventuelle, entretiens) et de l'âge des peuplements.
- Dynamique du système racinaire des plantations comparativement aux semis.
- Proposition d'adaptation des outils pour optimiser qualitativement les processus sans nuire à leur dynamique économique (ce qui pose le problème du décalage entre la recherche et la mise au point de nouveaux outils)¹⁴

¹⁴ La tempête de 1999 a été un formidable accélérateur des techniques.
Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

3.2.2. La plantation

Au milieu des années 80, la plantation de Pin maritime, réservée auparavant aux anciens champs et taillis, a pris un réel essor en particulier grâce à une véritable industrialisation des grandes pépinières et à l'apparition de la graine améliorée génétiquement (vergers de 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} génération).

Les gains générés par 50 ans d'amélioration génétique et par les progrès réalisés dans les modes d'élevage des plants en font la technique la plus utilisée (plus de 80% des reboisements annuels depuis la tempête de 1999).

3.2.2.1. Les plants et la plantation

Matériel végétal

On trouve aujourd'hui en pépinière essentiellement deux types de plants :

- plants élevés en motte de tourbe pressée (100 à 200 cc)
- plants élevés en plaque alvéolaire à parois ajourées (conteneurs de 110 à 200 cc)

Les plants bien conformés doivent avoir entre 10 et 20 cm de hauteur.¹⁵

Cependant malgré les améliorations très conséquentes et les soins apportés pour obtenir des plants de bonne qualité, tout particulièrement au niveau du système racinaire, tous les types de plants disponibles présentent encore des déformations racinaires.

Point à approfondir :

- La compréhension du développement du système racinaire des plants par rapport au semis devrait permettre de faire de nouveaux progrès.

Depuis 1999, les plants de Pin maritime fournis par les pépinières proviennent de graines récoltées dans les vergers de deuxième génération. Ils bénéficient d'un gain de production et de rectitude compris entre 20 et 30% par rapport à la graine témoin (issue d'un échantillon de peuplement classé : lot témoin CEMAGREF de 1982).

De nouvelles variétés sont déjà ou seront rapidement disponibles afin de diffuser un gain génétique toujours plus important :

- Variété landes x corse LC2 disponible depuis 2008
- Variété VF3 disponible à partir de 2011 avec un gain théorique d'environ 40% pour la croissance et la rectitude par rapport au lot non amélioré.
- Variété « Elite » landaise produite par pollinisation contrôlée dans des vergers installés à partir de 2009.

Perspectives sur la disponibilité en plants

D'après la DRAAF, il n'y a pas actuellement de soucis de disponibilité en graines avec de bonnes récoltes antérieures et une réserve équivalant à 3 ans de consommation post tempête 1999. De plus, la surface en verger de 2^{ème} génération

¹⁵ Pour les conteneurs de petit volume (100 cc) la taille ne doit pas excéder 15 cm ; pour les conteneurs de plus gros volume (la seule hauteur du godet n'étant pas le bon critère) on peut aller jusqu'à 20 cm. (FCBA)

(120ha de vergers non touchés par la tempête avec une possibilité de récolte de 4 t de graines/an soit près de 60 millions de plants/an), est largement suffisante pour assurer les besoins en reconstitution après tempête (plants étiquette rose, catégorie qualifiée dont la supériorité est en cours d'évaluation).

La variété Lande x Corse, compte tenu des contraintes de production par pollinisation artificielle est disponible en plus faible quantité (1 à 2 millions de plants/an).

Mise en place

L'époque de plantation à privilégier est l'automne, sauf sur les parcelles très humides. Mais les conteneurs et les mottes utilisées permettent une plantation durant toute l'année hors des périodes de sécheresse estivale. La mise en place des plants se fait généralement avec des tubes à planter. Il faut veiller à effectuer un tassement homogène, symétrique et léger, à planter bien droit pour éviter des déformations racinaires (pivot dévié, talon) et à recouvrir la motte de 1 à 2 cm de terre pour éviter tout dessèchement par effet de mèche. Sur des terrains travaillés à moitié (labour en bandes) les plants ne doivent pas être placés trop près de la dérayure pour éviter les risques d'asphyxie et d'instabilité.

Densité de plantation

Les densités utilisées pour un objectif d'exploitation entre 35 et 45 ans sont de 1 000 à 1 400 pins/ha soit des intervalles entre pins de 2,5 à 1,8 m pour des interlignes de 4 mètres.

La question de l'adaptation de la densité en fonction de la station se pose (1000 à 1250/ha sur les stations les moins fertiles ; 1250 à 1400/ha pour les plus fertiles). La densité de 1250/ha constitue cependant un bon compromis.

Pour les interlignes (attention au respect des espacements dans le cas d'un labour en bandes), la tendance est d'aller à un interligne de 4,50 m (pour diminuer le linéaire de travail et favoriser l'exploitation mécanisée). L'inconvénient est d'être obligé de resserrer la densité sur la ligne (pour 1400 tiges/ha les arbres sont à 1,60 m sur la ligne). Lorsque les arbres sont trop proches les uns des autres (moins de 1,80 m) la concurrence est supérieure sur la ligne par rapport à un motif plus équilibré et les houppiers ont tendance à se développer préférentiellement en direction de l'interligne, ce qui entraîne un risque d'augmentation de la courbure basale des troncs qui diminue la stabilité.

3.2.2.2. Coût

Il faut compter entre 0,30 et 0,38€ pour le prix du plant et sa mise en place (campagne 2009). Suivant la densité de plantation et les travaux du sol effectués, le coût à l'hectare peut donc varier de façon importante.

Il est judicieux de demander aux entrepreneurs de travaux un devis détaillé précisant :

- Le type d'outil utilisé,
- La nature et les doses d'engrais apportées,
- La provenance et le type de plants utilisés, leurs traitements éventuels en pépinière (phytosanitaires et fertilisation)
- L'écartement entre les lignes et les plants.

3.2.3. Reconstitution par semis

Il s'agit d'une technique de reboisement traditionnelle abandonnée progressivement depuis les années 1980 au profit de la plantation, ce qui permet de bénéficier de l'amélioration génétique.

3.2.3.1. Travail du sol

Le semis nécessite un travail du sol et une préparation soignée du lit de semence. La régularité du lit de semence conditionne une levée régulière.

Afin d'affiner le lit de semence, le labour de préférence en plein, est ensuite émietté en un ou deux passages pouvant associer les outils suivants : disques, Crosskill. Attention au rouleau débroussailleur qui n'émiette pas le sol en profondeur.

La semence est déposée derrière la roue du tracteur ou derrière une roue spécifique du semoir.

3.2.3.2. Les graines et le semis

Matériel végétal, origine et disponibilité

Les semences doivent être achetées chez des marchands agréés (garantie d'origine et de qualité). La graine utilisée pour les semis provient essentiellement de peuplements classés (étiquette verte, catégorie sélectionnée, qui correspond à des récoltes sur des arbres issus de graines des vergers à graines de 1^{ère} génération actuellement et 2^{ème} génération dans quelques années). Des efforts seraient à faire pour adapter les récoltes aux besoins compte tenu qu'il n'y a pas actuellement de stock et que les peuplements classés sont plus ou moins détruits par la tempête. Cependant le problème sera facilement résolu dans la mesure où il est plus facile de récolter en verger où la récolte est largement excédentaire.

La dose habituellement utilisée est de 2 à 3 kg/ha. Cette quantité peut être diminuée notamment sur lande sèche, sur lit de semence homogène, finement émietté et régulier. Lorsqu'on utilise de la graine de vergers de deuxième génération pour bénéficier de l'amélioration génétique (étiquette rose, catégorie qualifiée), il est souhaitable de baisser la dose à 1 kg/ha voire 750 g/ha pour des raisons de coût et de disponibilité.

Pour éliminer les graines vaines, elles sont mises à flotter pendant 24 h puis ressuyées.

Enfin, pour assurer un meilleur taux de germination, la graine de Pin maritime peut être exposée à la lumière pendant 4 à 5 jours. (résultat des tests ONF-CPFA semis faibles densités)

Mise en place

La période de semis la plus favorable se situe de février à mai puis d'août à fin septembre en lande très humide.

Les semoirs majoritairement utilisés sont les semoirs mécaniques qui ne conviennent pas pour assurer une répartition régulière, il faut privilégier des semoirs électriques ou pneumatiques. Ils sont de préférence placés derrière la roue du tracteur.

Un interligne de 4,5 m d'axe en axe est aujourd'hui le meilleur compromis entre production, mécanisation et exploitation.

3.2.3.3. Restrictions

Les dépressages sont des occasions pour le fomès de contaminer de nouveaux arbres. La technique du semis est donc à proscrire dans les zones fortement infestées par le champignon. Or c'est l'ensemble du massif des Landes de Gascogne qui peut aujourd'hui être considéré comme fortement infesté.

Ainsi, à l'exception du semis basse densité qui limite les interventions de dépressage, le semis peut être déconseillé pour des raisons sanitaires.

3.3. Objectifs de production pour le pin maritime

Par delà les initiatives individuelles respectables qui concourront à augmenter la naturalité, l'essentiel des reboisements va s'inscrire dans un petit nombre d'itinéraires que l'on peut essayer de décrire à grands traits. Ces itinéraires devront répondre, à notre avis, à quatre critères principaux :

- une espérance de gain pour le sylviculteur,
- une certaine réversibilité (objectifs révisables) pour s'adapter à des situations économiques fluctuantes,
- une recherche de la limitation des risques,
- le souci de conserver ou d'introduire de la diversité dans les boisements.

3.3.1. A l'échelle de la parcelle : privilégier la réversibilité

Différents objectifs de production sont proposés ci dessous. Toutes les techniques de reboisement exposées précédemment (le semis, la plantation, la régénération naturelle) permettent d'atteindre l'ensemble des objectifs . Toutefois, si les révolutions indiquées sont valables pour des peuplements issus de plantation, les peuplements issus de régénération naturelle ou de semis atteindront les volumes indiqués avec une révolution plus longue.

Le Tableau 3 : Approche comparative de différents itinéraires sylvicoles de production pour le pin maritime dans le massif des Landes de Gascogne, en fin de chapitre donne les grands traits des itinéraires retenus.

3.3.1.1 Les itinéraires bois d'œuvre

Les itinéraires bois d'œuvre (1, 2 et 3 du tableau 3) devront être impérativement sécurisés par un système d'assurance fiable et acceptable financièrement.

Ces itinéraires qui impliquent des éclaircies régulières et des rotations longues sont par nature plus risqués que les itinéraires courts. Pour ces sylvicultures, il sera donc particulièrement important de prendre un certain nombre de précautions :

- Soigner l'installation du peuplement,
- Dans le cas de la plantation, veiller à la qualité du système racinaire,
- Favoriser le développement des racines, éviter de les endommager,
- Veiller à la qualité du matériel végétal (Utilisation des variétés améliorées en plantation et semis artificiel)
- Améliorer le parcellaire de manière à constituer des parcelles conséquentes et n'offrant pas de pointes plus sensibles au vent,
- Eviter les éclaircies tardives, pratiquer une sylviculture dynamique,
- Ne pas retarder l'âge d'exploitation.

3.3.1.2 L'itinéraire biomasse

Il répond à la volonté politique de produire de la biomasse à grande échelle pour la production d'énergie renouvelable ou de carburant de 2^{ème} génération (plus de 1 million de tonnes prévues dans le massif à partir de 2013).

Il prévoit une coupe rase au stade habituel de la première éclaircie mais on manque de données techniques sur les itinéraires à conseiller

Un itinéraire avec une densité initiale de 1 250 tiges/ha conduit à une perte de production pour une exploitation entre 10 ou 12 ans mais des itinéraires à haute densité, 1 600 à 2 000 tiges/ha (voire semis) sont certainement envisageables pour une coupe rase possible à 12 ans. Le GIS Pin maritime du Futur travaille à la création d'une "variété vigueur" qui permettrait de réduire la révolution à 8 ou 10 ans¹⁶.

Dans l'état actuel de nos connaissances il semble prudent de réserver cet itinéraires aux stations les plus fertiles (à éviter sur lande sèche) et de ne pas enchaîner deux itinéraires biomasses sur la même parcelle.

Il reste à définir le pourcentage de l'espace forestier qui serait réservé à cet itinéraire et le type de contrat qui devrait lier le propriétaire et l'industriel assurant le débouché.

Cet itinéraire est en cours d'évaluation, notamment dans le cadre du programme CLIMAQ.

3.3.1.3 Les itinéraires semi-dédiés

Les peuplements semi-dédiés sont à objectifs mixtes : bois d'œuvre et bois énergie. Il s'agit d'un concept nouveau développé par la CAFSA depuis 2008. Ce sont des peuplements installés à forte densité initiale afin de prélever, autour de la 9^{ème} année, 50% des tiges pour produire de la plaquette (2 ou 3 ans avant la première éclaircie). Le reste du peuplement suivra un itinéraire sylvicole classique.

Il s'agira, en règle générale, de peuplements issus de plantation, mais on peut aussi imaginer une récolte intermédiaire de biomasse, au même âge que précédemment pour les plantations, à partir de semis et de régénération naturelle.

Les premières installations ont permis de tester différents motifs qui sont en cours d'évaluation par la CAFSA et par les partenaires du programme CLIMAQ. Se pose en particulier la question de la stabilité des plants en privilégiant des motifs de plantation à interligne réduit plutôt qu'une sur-densité de plants sur la ligne.

Quels que soient les résultats de ces tests, il est impératif que des engagements (date, modalités et engagement financier) très précis soient pris pour l'exploitation du bois énergie. Tout retard de réalisation compromettra en effet les objectifs de production de bois d'œuvre.

¹⁶ Cependant, au plan économique actuel, le coût de la plantation haute densité étant difficile à rentabiliser avec la valeur créée à la coupe finale, un itinéraire biomasse pourrait paraître plus réaliste sur régénération naturelle dense.

Comme pour le semis, cet itinéraire, en prévoyant une intervention de dépressage supplémentaire, augmente les risques de contamination par le fomès.

De nombreuses inconnues subsistent sur l'impact de la production dédiée au bois énergie sur :

- la croissance des arbres restants après l'exploitation du bois énergie
- l'impact sur la fertilité de la station qui est certainement fort,
- la stabilité du peuplement,
- les modalités de réalisation des premiers entretiens

3.3.1.4 La réversibilité des itinéraires

Quel que soit l'objectif de production choisi lors de l'installation du peuplement, il est important de pouvoir adapter cet objectif au contexte économique et aux évolutions techniques en matière de transformation des bois.

L'objectif de production n'est pas attribué définitivement au peuplement lors de son installation mais est redéfini régulièrement en fonction de la répartition des classes d'âge au sein de la propriété, de l'état du marché, de l'état des peuplements...

La réversibilité d'un itinéraire est lié au choix du sylviculteur de réaliser une éclaircie au moment opportun pour pouvoir changer d'objectif en prolongeant la durée de révolution du peuplement.

3.3.2. A l'échelle de la propriété : vers une diversification de scénarios

Chaque sylviculteur, peut chercher à réduire l'impact économique d'une éventuelle tempête ou autres aléas en diversifiant les objectifs de production (Bois d'Oeuvre, Biomasse...) et donc les révolutions des peuplements au sein de sa propriété.

Le choix de tel ou tel itinéraire doit être raisonné par le niveau de fertilité du sol (courtes révolutions et production biomasse sur les stations les plus fertiles sans renouvellement de cet itinéraire sur la même parcelle) ainsi que de la situation particulière de la parcelle (à proximité directe d'une zone agricole, en bordure d'une agglomération en expansion...).

Il paraîtrait judicieux de diversifier les scénarios sur une même propriété dans la mesure où la surface et les stations le permettent. Ainsi, il pourrait être raisonnable d'orienter de l'ordre de 10% de la surface d'une propriété vers des scénarios courtes révolutions et production biomasse.

3.3.3. A l'échelle du territoire : une nécessaire adéquation avec les besoins de l'industrie

Il semble donc qu'il faille, peut-être plus qu'avant, adapter les solutions techniques envisagées pour la restauration de la forêt à l'échelle de la parcelle et de la propriété. Il n'empêche que ces adaptations se réaliseront dans un cadre général de forêt cultivée, dont on a vu que les principales options (itinéraires, objectifs de production) se résumaient à quelques grandes familles.

L'enjeu de conserver un massif de production cohérent doit en effet être rappelé :

- La taille et l'accessibilité du gisement en bois sont des facteurs essentiels de la compétitivité internationale des entreprises. A titre d'illustration, les besoins en bois des papeteries compétitives au niveau mondial se chiffrent en centaine de milliers de tonnes, et le plus souvent en millions de mètres cube. Ces grandes unités, dont nous bénéficions en Aquitaine, doivent être assises sur une ressource bien caractérisée, facilement mobilisable et pérenne
- Il convient particulièrement de s'assurer que les scénarios proposés sont en adéquation avec les besoins de l'industrie bois d'œuvre (parquet, lambris, emballage mais aussi les nouveaux besoins en bois construction), bois d'industrie, bois énergie.
- L'importance des surfaces relevant d'une même « famille » d'itinéraire technique est sans conteste un facteur d'abaissement des coûts. Avec de telles surfaces en jeu, il est possible de réaliser des économies d'échelle importantes aux différentes étapes de la sylviculture (par le jeu des regroupements de chantier notamment) et les opérateurs sont en mesure de réaliser un travail de recherche et développement soutenu.
- Enfin, la performance économique du système sylvo-industriel est également liée à la possibilité de mutualiser des coûts par exemple les infrastructures des réseaux de pistes et hydraulique et de façon générale la protection contre l'incendie (Lutte et prévention).

Tableau 3 : Approche comparative de différents itinéraires sylvicoles de production pour le pin maritime dans le massif des Landes de Gascogne

Itinéraires pin maritime	1 - Haute qualité	2- Standard (*)	3 - Courte révolution Version 1 (*)	4 - Courte révolution Version 2 (*)	5 - Semi dédié (*) Biomasse et Bois d'œuvre	6 - Biomasse (*) (°)
Régénération N naturelle / A artificielle (1)	N ou A	N ou A	A	A	A	A (N ?)
Révolution	45 à 60 ans	35 à 45 ans	30-35 ans	25 ans	9 ans (Biomasse) 35 ans ou plus pour le reste du peuplement	8 à 12 ans (variété vigueur)
Objectif de production	Bois d'œuvre de haute qualité	Bois d'œuvre	Petits sciages	Petits sciages	Biomasse et Bois d'œuvre	Biomasse
Bois d'œuvre (vol.unit.) (3) Biomasse totale	> 1,5 m ³	1 à 1,2 m ³	0,6 à 0,8 m ³	0,3 à 0,4 m ³	1 m ³ ou + 30 t/ha à 40% d'humidité (2)	sans objet (vu<0,1 m ³) 70 t/ha à 40% d'humidité(2)
densité initiale bonne fertilité fertilité faible	1250 à 1400 tiges/ha 1000 à 1250 tiges/ha	1250 à 1400 tiges/ha 1000 à 1250 tiges/ha	1250 à 1400 tiges/ha 1000 à 1250 tiges/ha	1250 à 1400 tiges/ha sans objet	2500 à 3000 tiges/ha 2000 à 2500 tiges/ha	1600 à 3000 tiges/ha sans objet
Densité mini à obtenir en régé. nat. (N) ou semis après dépressage(s)	1250	1250	-	-	-	pas d'intervention après semis
Densité finale (3) bonne fertilité fertilité faible	250 à 300 tiges/ha 200 à 250 tiges/ha	300 à 350 tiges/ha 250 à 300 tiges/ha	500 à 600 tiges/ha 450 tiges/ha	700 tiges/ha sans objet	300 à 350 tiges/ha 250 à 300 tiges/ha	
Nombre d'éclaircie(s) (3)	4 à 5 éclaircies	3 à 4 éclaircies	2 à 3 éclaircies	sans ou 1 éclaircie	1 éclaircie biomasse puis 3 ou 4 éclaircies	Pas d'éclaircie
Impact sur la durabilité des sols	très faible	faible	assez fort	assez fort	fort	très fort (4)
Remarques	Prise de risque sur la durée Bois élagué Marché de niche			A éviter sur les stations les moins fertiles Ne pas renouveler sur la même parcelle	A réserver aux stations les plus fertiles Ne pas renouveler sur la même parcelle	A réserver aux stations les plus fertiles Ne pas renouveler sur la même parcelle Rentabilité ?

(1) semis ou plantation ; (2) données CAFSA, juin 2009 ; (3) données FCBA, septembre 2009 ; (4) manque de données sylvicoles pour juger avec précision de l'impact réel.

(*) itinéraire applicable au taeda ; (°) itinéraire applicable taeda et eucalyptus

4. PROPOSITIONS DE GESTION DES ESPACES INTERSTITIELS - GESTION DES AMENITES

Au sein d'un massif de production d'une grande homogénéité, la présence de formations forestières feuillues ou mixtes et de milieux naturels particuliers est d'une grande importance au niveau de la biodiversité faunistique et floristique, de la protection même de ce massif et enfin du paysage.

La gestion de ces milieux n'est pas toujours incompatible avec des objectifs de production (bois de chauffage dans les zones feuillues) et l'entretien de ces espaces ne nécessite pas de réaliser obligatoirement des travaux mais des suivis peuvent être très utiles pour diagnostiquer s'il faut intervenir (par exemple pour éviter la fermeture du milieu ou régénérer un peuplement dépérissant).

La clause biodiversité ¹⁷ des aides à la reconstitution ou des aides aux investissements en forêt de production correspond à cette prise en compte d'aménités dans les choix de gestion. En outre les engagements pris dans le cadre de la certification PEFC par rapport au respect de l'environnement, en particulier la préservation des lisières feuillues, vont dans ce sens.

4.1. *Conservation et valorisation des feuillus*

La présence des feuillus est un complément utile de la sylviculture du Pin maritime par leurs avantages concernant :

- un rôle très important sur la biodiversité en favorisant la diversité des milieux et des espèces qui contribuent au bon fonctionnement de l'écosystème forestier,
- leur rôle phytosanitaire de protection de la forêt de production : îlots et lisières réduisent le développement des scolytes, hylobes, pyrales et chenilles processionnaires en abritant des parasites et des oiseaux qui régulent les populations des principaux ravageurs du Pin maritime, en constituant des barrières qui limitent l'installation des ravageurs (chenille processionnaire en particulier) et la progression des maladies par contact racinaire (fomès, armillaire – à l'exception du bouleau), leur rôle en matière de DFCI : moindre inflammabilité des feuillus par rapport au Pin maritime qui contribue lors d'un incendie au ralentissement de sa progression.
- le rôle éventuel de brise-vent des lisières sur les jeunes plantations à condition qu'il y ait une stratification et une perméabilité suffisantes pour être réellement efficaces
- leur rôle d'atténuation du risque de gel sur les jeunes régénérations
- un rôle de production si l'essence est bien adaptée et que la régénération naturelle se révèle peu coûteuse. La production de bois est très faible lorsque les

¹⁷ Clause biodiversité : possibilité d'affecter dans la surface éligible des projets de boisement ou de reboisement un pourcentage maximal de la surface du projet (20% pour les aides aux boisements en forêt de production, 30% pour les aides à la reconstitution après tempête) à des opérations d'amélioration à but environnemental (maintien d'une partie du peuplement existant ou de certains espaces ouverts, plantation d'essences diverses en bouquet ou en rideaux, valorisation de peuplements existants tels que haies, ripisylves ou bouquets d'arbres) sous réserve que ces espaces fassent l'objet d'une gestion appropriée. Les travaux liés à la diversification sont financés selon les mêmes barèmes que les travaux principaux.

feuillus sont en mélange pied à pied avec les pins, mais un sous-étage feuillus contribue à l'élagage naturel du peuplement principal et les feuillus contribuent au maintien d'une ambiance forestière favorable à la conservation de la fertilité minérale du sol. La production devient appréciable lorsque les feuillus sont conservés en îlots ou en lisière suffisamment larges

- un rôle favorable pour la production de champignons sylvestres
- un rôle important comme habitat et source d'alimentation indispensable pour la faune et le gibier en particulier
- un rôle paysager : amélioration de l'image des forêts par leur ombrage estival, leur coloration, leur aspect paysager et la rupture de la monotonie des peuplements de pin.

Les feuillus sont très présents mais ils sont relativement peu diversifiés et parfois peu représentés dans le cœur du plateau landais. Ils sont par contre très abondants et diversifiés le long des cours d'eau, sur les franges du massif ou en bordure des zones habitées et des arials.

Il est préférable d'éviter de favoriser ou d'introduire des espèces exotiques qui présentent des avantages en croissance, reprise et coût initial d'installation, mais aussi des risques potentiels vis à vis de l'envahissement des lisières naturelles et de diminution de la biodiversité. De plus le cortège de champignons et d'insectes des exotiques est moins développé que celui des espèces autochtones et apporte sans doute une protection phytosanitaire plus réduite.

Feuillus indigènes :

- le Chêne pédonculé est très présent sur tous les milieux (voir carte de distribution IFN),
- le Chêne tauzin en landes sèches et mésophiles sèches, bordure des cours d'eau,
- le Bouleau verruqueux dans les landes humides et mésophiles humides, bordure des cours d'eau,
- l'Aulne glutineux en lande humide, zones marécageuses et bordure des cours d'eau,
- les Saules roux et marsault en lande humide, zones marécageuses et bordure des cours d'eau,
- le Châtaignier dans les landes mésophiles,
- le Chêne liège dans les landes mésophiles, surtout dans le Marensin et sur vieilles dunes en Lot et Garonne,
- le Tremble en lande humide, zones humides et bordure des cours d'eau, mais cette essence favorise le développement de la rouille courbeuse,
- le Chêne vert, plutôt en zone de dune dans la partie médocaine,
- les fruitiers sauvages (Poirier, Pommier, Cormier) dans les landes mésophiles mais finalement présents de façon très disséminés sur l'ensemble du massif,
- le Frêne en bordure des cours d'eau mais rare.

Feuillus exotiques qui peuvent être très intéressants pour installer rapidement et à moindre coût une lisière ou un îlot feuillu efficace :

- le robinier (presque spontané), rare sur les landes, mais très présent en bordure du massif landais et parties drainées en bordure des cours d'eau. Cette

essence très intéressante lorsque la station lui convient est à éviter dans les ripisylves où elle peut devenir dominante,

- le chêne rouge, accessoirement le chêne des marais,
- le cerisier tardif (*Prunus serotina*) très envahissant localement, il peut supplanter le robinier, serait plutôt à éviter.

En revanche, en bordure des cours d'eau l'ailanthe, l'érable negundo et le catalpa sont des essences à proscrire.

4.1.1. Conservation de feuillus dans la forêt de production de pins

Les techniques d'installation des peuplements de production ne sont globalement pas favorables aux feuillus et si dans les peuplements de production, conserver des feuillus en mélange pied à pied est possible sur les lignes, ils sont éliminés dans les interlignes pour ne pas gêner les entretiens.

D'autre part il convient de ne pas s'acharner sur les petits îlots de reboisement qui ne réussissent pas et de les laisser évoluer naturellement en peuplement feuillus ou en lande, de faire des coupes de taillis ou d'amélioration pour l'entretien de ces îlots.

4.1.2. Préservation ou création de lisières feuillues

Il est difficile de définir l'état idéal pour une lisière mais il est possible d'explicitier quelques principes :

- Elle doit être suffisamment large et 8 mètres de lisière boisée semble un minimum. De plus la circulation des engins doit être possible entre la lisière et les pins, 6 mètres au moins, et il est nécessaire de maintenir un espace d'au moins 4 mètres en bordure de la parcelle. Il y a donc une perte d'espace non négligeable pour la forêt de production qui est à mettre en relation avec le rôle de protection de la lisière ou d'autres enjeux comme la chasse, les champignons ou le paysage.
- Elle doit être la plus naturelle possible et diversifiée. Il est préférable d'éviter de favoriser ou d'introduire des espèces exotiques.

Le choix des essences est finalement assez restreint :

- le chêne pédonculé pousse dans tous les milieux,
 - le chêne tauzin en landes sèches et mésophiles sèches,
 - le bouleau verruqueux, dans les landes humides et mésophiles humide, qui présente l'avantage de pouvoir se passer de protection contre le gibier mais attention à sa sensibilité au fomes.
 - l'aulne glutineux en lande humide,
 - le châtaignier dans les landes mésophiles,
 - les fruitiers sauvages (poirier, pommier, cormier) dans les landes mésophiles.
- L'INRA a pu déterminer qu'une lisière efficace au niveau de la protection phytosanitaire contre la chenille processionnaire doit au moins être aussi haute que les pins sans d'ailleurs faire apparaître d'effet largeur ou volume.

- Pour une efficacité maximum en matière de brise-vent (profil type non connu et même rôle qui reste à confirmer dans le massif) ou en matière paysagère elle doit être structurée (strate herbacée, arbustive et arborée) et perméable au vent avec une hauteur totale au moins égale à celle du peuplement de pin. Une lisière naturelle en bordure des pins est très vite dépassée par leur croissance en hauteur, ce qui réduit son efficacité. De plus elle ne peut généralement pas progresser dans les milieux voisins et se referme naturellement, ce qui impose des interventions pour conserver une structure adaptée.

Valorisation de la dynamique naturelle

Il suffit souvent de préserver une bande non plantée suffisamment large en bordure du reboisement pour que des accrus s'installent, malheureusement les dégâts de cervidés compromettent fréquemment l'avenir des sujets, à l'exception des bouleaux qui sont généralement épargnés (résultats des tests mis en place dans le cadre l'étude d'installation de lisière feuillus par CRPF ET PNRLG en 2002/2003). Attention aux trembles qui favorisent le développement de la rouille courbeuse et qu'il faut veiller à éliminer lors des entretiens.

Il peut être intéressant de compléter ces lisières par des enrichissements à adapter en fonction du type de station (cf. étude CRPF-PNRLG) en recherchant une diversification des essences, en particulier avec des fruitiers sauvages.

Restauration de lisières existantes

Des interventions sont utiles :

- dans le cas de lisières préexistantes étroites avec une mise à distance à au moins 8 mètres du reboisement, la dynamique naturelle comble les vides,
- le recépage des feuillus malvenants favorisent le renouvellement et l'hétérogénéité de la structure,
- dans le cas de lisières dépérissantes, des regarnis sont parfois nécessaires, les semis permettant de privilégier la naturalité (glands, châtaignes).

Création de lisières

Cette solution est toujours assez coûteuse et la lisière ne sera vraiment efficace qu'au bout de 10 à 15 ans.

Il faut commencer par raisonner la largeur de lisière en fonction du boisement concerné et des objectifs recherchés par le sylviculteur. Par exemple un haie paysagère ou une haie réalisée dans un but cynégétique pourront être relativement larges.

L'utilisation de semis est possible mais requiert une grande technicité et elle est particulièrement onéreuse.

Les plantations sont plus faciles à maîtriser mais restent assez coûteuses:

- Les plants feuillus sont coûteux, plus chers que les résineux, notamment parce qu'ils sont commandés en nombre assez restreint,
- Il faut prévoir une installation soignée de mélanges d'essences. La diversité sera assurée avec au moins 50% de chênes (tauzin ou pédonculé) et l'introduction

d'autres essences en fonction de la station, en particulier de fruitiers même en faible nombre,

- Les plants doivent être protégés contre les dégâts de gibier.

Le choix d'une espèce exotique d'installation et reprise assez facile n'est pas forcément à rejeter : le chêne rouge ou le chêne des marais en mélange avec du chêne pédonculé permettent d'obtenir rapidement une lisière efficace.

Une densité de 600 tiges/ha (4 x 4 mètres) est largement suffisante, 500 tiges/ha (4 x 5 mètres), 400 tiges/ha (5 x 5 mètres ou 4 x 6 mètres) restent raisonnables. La réduction de la densité permet bien sûr de réduire les coûts (la plantation d'un feuillu installé avec une protection individuelle coûte près de 10 fois celle d'un pin) mais avec des densités plus faibles de 300 tiges/ha (ce qui permet une installation à un coût voisin de celui de la plantation des pins) la réussite est plus aléatoire.

Il faut veiller à la protection individuelle des plants (à l'exception possible des bouleaux) et à l'enlèvement de ces protections dès que les risques de dégâts disparaissent. Dans les 10 premières années, la réalisation de 1 à 3 dégagements est indispensable.

Entretien de lisière

Il s'agit de préserver une lisière hétérogène sans exclure à priori la conservation de quelques pins maritimes, si possible bien stratifiée et de préférence ouverte. Comme pour les pins, l'entretien est également nécessaire en matière de prévention contre l'incendie mais le gyrobroyage est préférable au passage d'un rouleau landais plus destructeur.

Entre les arbres espacés de 4 à 12 mètres, les strates herbacées et arbustives pourront se développer. Un recépage tous les 5 à 10 ans d'une partie des individus permet d'entretenir l'hétérogénéité des strates et le mélange des essences. Une lisière bien aérée permet l'expression du sous-étage et un apport de lumière au sol favorable pour la faune et la flore.

La lisière ne se gère pas comme un peuplement feuillu de production : il ne faut pas hésiter à couper des brins pour diversifier la structure, il ne faut pas élaguer les tiges, les branches offrant des possibilités de nidification.

4.1.3. Accrus

Les accrus peuvent être aussi mixtes, feuillus et résineux, les accrus strictement résineux sont traités comme des régénérations naturelles.

Dans les peuplements sinistrés, le délai entre les opérations de nettoyage et de reconstitution permet de juger de l'opportunité d'utiliser les processus naturels de régénération et de choisir éventuellement la valorisation des accrus :

- Au bout de 2 à 5 ans après une coupe rase ou après les opérations de nettoyage, il est possible de juger de l'intérêt d'une régénération naturelle. Le choix de valorisation des accrus est évidemment toujours possible en l'absence d'une régénération naturelle de pins suffisante.
- Dans les peuplements feuillus les recrues et les accrus sont toujours présents mais pas toujours bien adaptés à la station pour permettre d'obtenir des

peuplements de valeur. Un reboisement en plein ou par enrichissement permet souvent de mieux valoriser ces parcelles.

La valorisation des accrues est effectuée par l'ouverture de layons de 4 mètres tous les 12 à 15 mètres et éventuellement préservation des essences intéressantes pour la biodiversité (chênes vert, liège ou tauzin, châtaignier, fruitiers sauvages en particulier) avec la mise en place de protection contre le gibier, voire enrichissement.

4.1.4. Zones feuillues

Pour être intéressante une zone feuillue doit atteindre une surface suffisante qui reste à déterminer. Si 1 à 4 ha se sont révélés efficaces par rapport aux peuplements voisins d'après les études conduites par l'INRA, il faut remarquer que des surfaces inférieures contribuent aussi à la biodiversité. Il semble très probable que des surfaces réduites mais nombreuses et bien réparties dans l'espace contribuent à une bonne efficacité pour préserver la biodiversité faunistique et floristique (communications INRA) en favorisant la connectivité entre les populations.

Gestion des zones feuillues :

Dans les petits îlots feuillus, le but est juste d'assurer un couvert feuillu avec possibilité de quelques clairières. Il suffit de laisser les arbres évoluer le plus naturellement possible sans intervention : conservation des arbres morts, des vieux arbres, du sous-bois. Ces surfaces constitueront des îlots de vieillissement ou de sénescence particulièrement intéressants au niveau de la biodiversité.

Pour les surfaces importantes le but principal de conservation d'un peuplement naturel feuillu peut s'accompagner d'une gestion classique des peuplements feuillus : des éclaircies tous les 10 à 15 ans si c'est utile au niveau sylvicole avec mise à distance des arbres et récolte, une récolte éventuelle de bois de chauffage. Ces coupes sont aussi très favorables à la pousse des champignons et à l'entretien des forêts dans le cadre de la DFCI. Les entretiens, s'ils sont nécessaires lors des coupes ou pour la DFCI, sont à réaliser de préférence au gyrobroyeur plutôt qu'au rouleau landais et en limitant les surfaces à traiter. Un cloisonnement de 4m tous les 20 à 25m facilite dans tous les cas, voire rend possible dans des peuplements difficilement pénétrables, ces interventions.

La gestion en taillis est possible avec des coupes localisées sur de petites surfaces.

Création d'îlots feuillus

La création d'îlots feuillus est toujours onéreuse. Comme pour les lisières, le semis requiert une grande technicité et son coût est très élevé. Les plantations de feuillus restent aussi très coûteuses en raison des protections indispensables contre le gibier et de la nécessité de densités d'au moins 600 tiges/ha pour obtenir une réussite d'au moins 400 à 500 tiges/ha. Cette faible densité ne permet pas d'obtenir des bois de production de qualité satisfaisante mais cet objectif pourrait être atteint en 2e génération. Des regarnis ne sont pas forcément utiles car les trouées favorisent la biodiversité.

Le choix des essences est bien évidemment conditionné par la station. Comme pour les lisières, les mélanges, sur la base d'une majorité de chêne, sont intéressants

pour favoriser la biodiversité. Cependant le bouleau ne supporte pas la concurrence et il doit être introduit en peuplements purs (milieux humides) ou par bouquets purs. Il est particulièrement intéressant d'installer ou de favoriser le développement des îlots feuillus dans les trouées liées aux dégâts de fomes (sauf bouleau) ou d'armillaire.

Comme pour les lisières prévoir selon la nécessité la réalisation de 1 à 3 dégagements dans les 10 premières années, le gyrobroyage d'une interligne sur deux facilitant l'accès à la parcelle.

4.2. Espaces ouverts

Les milieux ouverts présentent une très grande diversité faunistique et floristique qui est en rapport avec l'évolution particulière du territoire landais avant sa mise en valeur forestière ou agricole.

Le maintien de ces milieux nécessite des interventions par fauchage ou pâturage.

4.2.1. Lagunes, tourbières

Les lagunes sont des espaces très originaux du massif landais qui ont fortement régressé depuis le milieu du 20ème siècle. Ce sont des milieux qu'il convient de préserver avec délimitation de la zone de reboisement et passage progressif à la lagune par une zone tampon, entretien par fauchage ou gyrobroyage, voire par pâturage.

Il est possible de restaurer une lagune :

- par le rétablissement de sa dynamique hydrique si elle est perturbée,
- ou par le contrôle d'une végétation envahissante dans la lagune ou dans la zone tampon.

4.2.2. Landes

Tous les types de landes sont intéressants pour la biodiversité mais ce sont les landes sèches ou les landes très humides les plus menacées de disparition qui sont à préserver en priorité. La sylviculture du pin par l'importance des coupes rases sur des surfaces assez grandes a permis de conserver la biodiversité floristique et faunistique très originale de ces milieux.

Le maintien en lande nécessite d'intervenir par fauchage ou gyrobroyage, en fonction du développement de la végétation arbustive, voire l'entretien par pâturage.

De petites surfaces sont suffisantes pour préserver la biodiversité floristique mais au niveau de l'avifaune il faudrait certainement des surfaces très importantes, le relais étant pris par les coupes rases de régénération du pin. L'entretien de pare-feux sur des surfaces parfois très importantes mais aussi des bordures de pistes favorise la conservation de ces milieux.

4.3. Cas particuliers

4.3.1. Peuplements en bordure des cours d'eau

Les ripisylves, galeries de feuillus plus ou moins denses en bordure des cours d'eau, constituent des milieux particulièrement riches et originaux. Ces bandes boisées jouent un rôle important en limitant les rejets (surtout agricoles) dans les cours d'eau et participent au maintien de la qualité des eaux et des milieux aquatiques. Ce sont des peuplements associant aulne glutineux, frêne avec une strate herbacée riche en carex. Ils doivent faire l'objet d'une gestion raisonnée.

- Dans les taillis, les interventions d'exploitation des bois par coupe rase doivent rester très limitées en surface en évitant d'intervenir dans les zones trop marécageuses où cependant des interventions sont parfois nécessaires pour renouveler certains vieux taillis.

- Dans les mélanges taillis-futaie et les futaies, la conservation de gros bois permet de maintenir le couvert, de favoriser la biodiversité faunistique (chauve-souris notamment), de faciliter les possibilités de régénération naturelle dans les espaces ouverts ; la conservation de bois morts est utile pour accroître la biodiversité ; dans certains cas, l'exploitation de gros bois est indispensable pour rajeunir les peuplements en particulier sur régénération acquise.

- Pour favoriser la continuité de la ripisylve , on peut être amené à convertir des peuplements résineux ou des mélanges feuillus résineux en peuplements feuillus. Des contrats sont proposés pour ce type d'opération par les documents d'objectif Natura 2000 pour le Ciron ou la Leyre.

4.3.2 Palombières

La présence de nombreuses palombières contribue de façon importante à la préservation de peuplements feuillus, mixtes ou résineux âgés en marge des parcelles de production ou sur de petites parcelles.

4.3.3. Ilots de vieillissement

Des parcelles déjà âgées de feuillus (ce qui rejoint la conservation d'ilots feuillus), mais aussi de peuplements mélangés avec des résineux ou même de résineux purs peuvent être conservées volontairement sans intervention pour la biodiversité dans la mesure où ces parcelles ne présentent pas de risques incendie pour la forêt de production (parcelles bien circonscrites ou facilement pénétrables en cas d'incendie). Dans certains cas il peut s'agir d'ilots de sénescence sur des surfaces très limitées et dans des conditions très spécifiques, en particulier des zones isolées peu accessibles.

ÉLÉMENTS DE BIBLIOGRAPHIE

Sylviculture du pin maritime et résistance au vent : état des connaissances

BECQUEY J (1986). **Les chablis, imprévoyance ou fatalité ?** Forêt entreprise, n°34, pages 6 à 48, 1986

BECQUEY J (2001). **Adapter la méthode de nettoyage à l'option de reconstitution**, Forêt entreprise, n°142, 2001/6, pages 44 à 50,

BIROT Y, ANDMANN G, BOHEME I (2009). **La forêt face aux tempêtes**, Edition Quae, 476 pages

BOUCHON J (1987). **Etat de la recherche relative aux dégâts forestiers dus aux tempêtes**. Revue Forestière Française, n°XXXIX, 4, pages 301 à 312

CRPF Aquitaine (2009) **Tempête du 24 janvier 2009 : Eléments de réflexion pour aborder la reconstitution forestière du Massif des landes de Gascogne**, juin 2009

DANJON F, FOURCAUD T, BERT D (2005). **Root Architecture and Wind-Firmness of Mature Pinus pinaster**. New Phytologist, Volume 168, No. 2 (Nov., 2005), pp. 387-400

DANJON F, BERT D, GODIN C, TRICHET P (1999). **Structural root architecture of 5-year-old Pinus pinaster measured by 3D digitising and analysed with AMAPmod**, [Plant and Soil](#), [Volume 217](#), [N°1-2, décembre 1999](#), pages 49 à 63

DANJON F, FOURCAUD T (2009). **L'arbre et son enracinement**. Carrefour de l'Innovation Agronomique, 30 juin 2009, pages 155 à 172

DANJON F, DRENOU C, DUPUY L, LEBOURGEOIS F (2009). **Racines, sol, mécanique de l'ancrage de l'arbre et stabilité**, In : *La forêt face aux tempêtes*. Versailles : Ed. Quae, pages 229-259

BRUNET Y, DUPONT S, SELLIER D, FOURCAUD T (2009). **Les interactions vent-arbre, de l'échelle locale à celle du paysage : vers des approches déterministes**, In : *La forêt face aux tempêtes*. Versailles : Ed. Quae, p. 229-259

De CHAMPS J (1987). **Mesures sylvicoles préventives**. Revue Forestière Française, n°XXXIX, 4, Pages 313 à 322

Dégâts des tempêtes aux forêts : facteurs de sensibilité ou de résistance, La Forêt Privée, n°255, pages 22 à 33

DHÔTE JF. **Composition, structure et résistance des peuplements**, in « les écosystèmes forestiers dans la tempête, pages 101 à 116, ECOFOR, 133 pages

DOLL D. (1988) **Les cataclysmes météorologiques en forêt**, Thèse de doctorat de l'université de Lyon II, 1988

MATHEVET A (2004). **La répartition des trouées de chablis dans le massif du Pilat**, Forêt entreprise, n°156, 2004/2, pages 39 à 42

MATHEVET A (2004). **Que savons-nous de la biomécanique racinaire ?**, Forêt entreprise, n°156, 2004/2, pages 39 à 42

MERDIEU C, STOKES A, CUCCHI V (2009). **L'apport de la modélisation à la prédiction de la stabilité des peuplements. Le cas du Pin maritime dans les Landes de Gascogne**, In : *La forêt face aux tempêtes*. Versailles : Ed. Quae, p. 229-259

RIOU-NIVERT Ph (2000). **Chablis : La sylviculture est-elle en cause ?**, Forêt entreprise, n°131, 2000/3, pages 70 à 76

RIOU-NIVERT Ph (2001). **Facteurs de stabilité des peuplements et gestion de l'équilibre**, Forêt entreprise, n°139, 2001/3, pages 17 à 25

SEVRIN E (2001). **Stabilité, Structure du peuplement et mélange d'essence**, Forêt entreprise, n°139, 2001/3, pages 38 à 41

Nettoyage des parcelles après tempête

ARMAND G, VAN LERBERGHE Ph, LANTER O (2000). **Déblaiement mécanisé des parcelles sinistrées : des solutions**, Forêt entreprise, n°135, 2000/5, pages 31 à 32

ARMAND G, LANTER O (2000). **Les pelles hydrauliques à chenilles**, Forêt entreprise, n°135, 2000/5, pages 33 à 38

BECQUEY J (2000). **Parcelles de chablis : quelles techniques de nettoyage**. Forêt entreprise n°135, 2000/5, pages 25 à 30, 2000

BECQUEY J, VIDAL C (2002). **Bonnes et mauvaises surprises sur des chantiers de reconstitution résineux**. Forêt entreprise, n°145, 2002/3, pages 40 à 43

BOULET-GERCOURT B, LEBLEU G (2000). **Les plantations d'enrichissement : leur utilisation après chablis**. Forêt entreprise, n°135, 2000/5, pages 48 à 59

CAFSA (2001). **Nettoyage des parcelles sinistrées par la tempête**. Trait d'Union n°39, juin 2001

CEMAGREF, CRPF Lorraine Alsace, ENGREF, IDF, INRA, ONF (2001). **Après la tempête que faire avant de reconstituer la forêt ?** 10 fiches, Avril 2001

Groupe de travail Nettoyage CPFA, CRPF Aquitaine, ARDFCI, IDF(2001) **Fiches**

Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

techniques Nettoyage

LANTER O (2000). **Le déblaiement des parcelles sinistrées après chablis**, 80 pages

MERZEAU D, De BOISSESON JM, FRAYSSE JY, MARIS C (2001). **Reconstitution de la forêt de Pin maritime en Aquitaine : Itinéraires techniques de nettoyage, conséquence sur le travail du sol**. Fiche Informations Forêt AFOCEL n°4-2001, Fiche n°39

MERZEAU D, ALAZARD P, (2003). **Influence des itinéraires de nettoyage après chablis sur la réussite des reboisements en pin maritime** . Fiche information Forêt AFOCEL n°668 (2-2003)

MERZEAU D, De BOISSESON JM, FRAYSSE JY, MARIS C (2002). **Reconstitution des peuplements de Pin maritime dans le massif des landes de Gascogne**. Forêt entreprise, n°145, 2002/3, pages 27 à 35

SYLVOGENE (2009). **Exportation de biomasse et fertilité**, sous tâches 213 a et 213 b Sylvogene, 26 mars 2009, Restitution Final, Publication à venir

VAN LERBERGUE Ph, LANTER O (2000). **Remise en état des parcelles sinistrées par broyage**, Forêt entreprise, n°135, 2000/5, pages 39 à 47

Diversification des essences dans le massif des Landes de Gascogne

ABRAHAM G, LIARCOU JR, CHANTRE C, FRAYSSE JY (2003). **Le Pin taeda : Un potentiel de production prometteur sur les bonnes stations en Aquitaine**, Fiche Informations-Forêt, AFOCEL, n°72 2003

AFOCEL (1996). **Bilan des introductions de Pin taeda dans le Sud-Ouest de la France**.

ARBEZ (1987). **Les ressources génétiques forestières en France**, INRA, BRG,

CRPF Aquitaine (2005). **SRGS des forêts privées d'Aquitaine**.

CRPF Aquitaine (2009) **Tempête du 24 janvier 2009 : Eléments de réflexion pour aborder la reconstitution forestière du Massif des landes de Gascogne**, juin 2009

CRPF Aquitaine (2004). **Guide des milieux forestiers en Aquitaine**.

DESTREMAUX D (1981). **De l'introduction des exotiques**, Fiche Informations-Forêt, AFOCEL-ARMEF, n°169 1981

DESTREMAUX D (1978). **Quel substitut pour le pin maritime dans les landes**. Fiche Informations-Forêt, AFOCEL-ARMEF, n°3, 1978

FLORAC Th. (1987). **Mise au point sur le comportement de diverses essences résineuses exotiques introduites dans le sud-ouest de la France**, mémoire de stage BTS Ecole forestière de Meymac, INRA Pierroton.

INRA (2004), **Projet ISLANDES**, 2001-2004

LALLEMAND (1948). **La forêt girondine, sa mise valeur**, Bois et résineux, n°1465 à 1472

Ministère de l'Agriculture et de la pêche. **Orientations Régionales Forestières Aquitaine**. 2001

SARGOS J (1998). **Histoire de la forêt landaise, du désert à l'âge d'or**.

Modalité de régénération de la futaie de pin maritime

AFOCEL (1994) **Manuel pratique de sylviculture** 145p. Chantre G, Copeaux D, Alazard P, Najar M, Morogues (de) F, Merzeau D, Coincy (de) X (2003) « Plantation de pin maritime : comment satisfaire les attentes des acteurs économiques » Colloque ARBORA, dec 2003, 17p.

AFOCEL (2003). **Reconstitution de la forêt de pin maritime en Aquitaine : rapport final convention MAAPAR 293/155**

AFOCEL (2003). **Fiche technique reconstitution post tempête**

ALAZARD P (1990). **Régénération du pin maritime : semis ou plantation**. FIF AFOCEL n°2 1990

ALAZARD P (1980). **Influence de la ligniculture sur les caractères de forme et de branchaison du pin maritime**. Annales AFOCEL

AUGUSTO L, BAKKER M (2009). **Les sols forestiers landais : caractéristiques et effets des pratiques de gestion**. UMR TCEM (INRA-ENITA de Bordeaux). 23 octobre 2009.

CEMAGREF (2003). **Conseils d'utilisation des matériels forestiers de reproduction**. Octobre 2003

CHANTRE G, NAJAR M (2007). **Diversifier la production de pin maritime dans les Landes de Gascogne** FIF n°748

CHAPERON H (1990). **Fertilisation initiale du pin maritime dans les Landes de Gascogne**. FIF AFOCEL N°2 1990

CHAPERON H, ALAZARD P (1982). **Amélioration de la stabilité des peuplements de pin maritime**. FIF AFOCEL n°1 1982

COTTREAU. R (1973). **Travail du sol et croissance des semis de pin maritime**. Annales AFOCEL 1973 pp 91-140
Itinéraires sylvicoles Novembre 2009

CREMIERE L (1994). **Conteneurs : quelles conséquences pour le pin maritime.** FIF AFOCEL N°477, 1994

CRPF Aquitaine (2002). **Après la tempête...Reconstitution des peuplements de Pin maritime** Avril 2002

GPF Sud Landes, (2008), **La préparation du sol un enjeu majeur**, Document de tournée décembre 2008.

CETEF des Landes, (2005), **Les techniques de travail du sol dans le massif des Landes de Gascogne**, Essai de synthèse septembre 2005.

CAFSA, Document non daté (1997), **Manuel des méthodes de Sylviculture**

FRAYSSE JY (1998) **Réussite des plantations de pin maritime : influence de la qualité des plants produits en conteneur et de la période d'installation.** FIF AFOCEL N°570

LESGOURGUES Y., DROUINEAU S., 2009. **Elaboration de nouveaux itinéraires techniques de régénération de la forêt landaise en réponse aux scénarios possibles.** Innovations Agronomiques 6, 101-112 (Article pdf, 278 Ko)

MAUGE JP (1987). **Le pin maritime premier résineux de France.** CPFA- IDF

MAUGE. JP (1973). **Fertilisation minérale et développement racinaire du pin maritime** . Annales AFOCEL 1972 pp 57-88

MAUGE .JP (1972). **Fertilisation et croissance du pin maritime dans la région landaise** . Annales AFOCEL 1973 pp 141-175

TRICHET P, BAKKER MR, AUGUSTO L, ALAZARD P, MERZEAU D, SAUR E (2009). **Fifty years of fertilization experiments on pinus pinaster in southwest France : the importance of phosphorus as a fertilizer.** Forest Science 55 2009, 13 p. (390-402)

Propositions de gestion des espaces interstitiels - Gestion des aménités

CRPF Aquitaine (2004). **Guide des milieux forestiers en Aquitaine.**

DINTILLAC V (2004). **Etude technico-économiques pour l'introduction de feuillus dans le massif landais.** Mémoire stage BTS GF, CRPF Aquitaine - PNRLG,

ENGREF-IDF-ONF (2000). **Gestion forestière et diversité biologique**, France Domaine Atlantique.

ONF Direction territoriale Sud Ouest (2003). **Guide de sylviculture du Pin maritime de lande.**

Ministère de l'Agriculture et de la pêche (2001). **Orientations Régionales Forestières Aquitaine.**

PASCAL B (2002). **La reconstitution des forêts sinistrées : mise en œuvre de la clause diversification.** Mémoire de stage Maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes, DDAF Gironde

VILLIERS T (2005). **Guide de gestion de la biodiversité.** Agence ONF de Bordeaux mai 2005