



ASIRPA

*Analyse Socio-économique des Impacts de la
Recherche Publique Agricole*

Amélioration du pin maritime

Mai 2013

Anne Jambois
Patrick Pastuszka
Annie Raffin
Laurence Colinet
Ariane Gaunand

Etude réalisée dans le cadre de l'évaluation du département
Ecologie des Forêts Prairies Milieux Aquatiques (EFPA) de l'INRA

Avec l'appui méthodologique de l'équipe ASIRPA



Cette étude de cas a été réalisée avec l'aide du GIS Pin Maritime du Futur (gpmf@pierroton.inra.fr)

Contexte et situation productive:

Le Pin maritime est l'une des essences résineuses les plus présentes en France puisqu'elle recouvre 1 094 000 ha du territoire national, soit 7 % de la surface forestière métropolitaine. Prédominant en région Aquitaine, le pin maritime représente 92 % du volume de bois récolté dans cette région où la filière bois a un poids économique indiscutable avec plus de 11 700 établissements et 32 000 emplois directs (de la production à la diffusion de produits finis), soit 16% des effectifs nationaux de la filière bois, générant un chiffre d'affaires de plus de 1 Milliard d'€ équivalent à celui des vins de Bordeaux, et un solde positif de 200 Millions d'€, alors que le déficit national de la filière Forêt-Bois est de 6 Milliards d'€ environ.

Le Pin maritime :

Le Pin maritime est un conifère de la famille des Pinacées qui peut atteindre 30 m de haut et arrive à maturité vers 40 à 50 ans. C'est l'essence la plus plantée en France. Son aire de répartition s'étend sur le pourtour méditerranéen et la façade atlantique du sud-ouest de l'Europe. Dans la zone atlantique, il couvre près de 3 millions d'ha de la Gascogne au Portugal en passant par la Galice. En Aquitaine, la surface des reboisements atteint 17 000 ha par an.

Le modèle de sylviculture standard correspond à la production de bois d'œuvre, avec 3 à 4 éclaircies effectuées entre 10 et 30 ans laissant un peuplement final d'environ 300 tiges/ha pour un âge d'exploitation compris entre 35 et 50 ans (voire 50 à 60 ans pour un objectif de production de bois d'œuvre de haute qualité).

Inputs :

Objectif des recherches :

L'objectif du programme d'amélioration du Pin maritime est l'augmentation de la productivité de cette essence, de la qualité du bois (notamment en termes de rectitude des fûts), ainsi que l'adaptation aux conditions environnementales (changement climatique, résistance à la rouille courbeuse, au froid, à la sécheresse, etc.).

Le programme d'amélioration du pin maritime se place donc clairement dans la perspective d'une «Forêt de production » installée à partir de matériel végétal amélioré, susceptible de fournir le maximum de gains génétiques par unité de temps. Il s'agit donc d'accroître la productivité forestière en améliorant la qualité du bois et des produits forestiers tout en garantissant l'adaptation de l'espèce aux conditions environnementales futures.

Historique des recherches :

Les premiers travaux relatifs à la génétique du Pin maritime en Aquitaine entrepris par la recherche forestière correspondent à l'installation du premier arboretum de provenances de cette essence (Arboretum des Arrouilles). Cette plantation, assimilable à un test de provenances de l'aire naturelle, a été installée à partir de 1926 à Mimizan dans les Landes. Il ne subsiste aujourd'hui de ce dispositif que

quelques dizaines d'arbres. Le véritable programme d'amélioration génétique du Pin maritime n'a débuté qu'à la fin des années 50 avec l'installation de la Station de Recherches Forestières dans le Sud-Ouest, d'abord à Bordeaux puis à Pierroton avec, quelques années plus tard, son développement au sein de l'INRA. Ce programme d'amélioration génétique a abouti à l'installation d'une première génération de vergers à graines, rentrés en production au début des années 80, puis à l'installation d'une deuxième génération de 1986 à 1995, rentrés en production fin 1993. A partir de 1995, l'INRA s'associe avec le FCBA et les représentants de la forêt publique et privée d'Aquitaine (ONF, CPFA, CRPF) au travers du GIS Pin Maritime du Futur (GIS GPMF) qui aboutira notamment à la création de la troisième génération de pin maritime rentrée en production en 2011.

Les générations 1 et 2 sont des obtentions 100% INRA .

Par ailleurs, une petite population d'une quarantaine de clones corses a également été constituée à l'initiative de l'AFOCEL (aujourd'hui FCBA) dans les années 60.

Tableau 1 : Les acteurs de la production de graines améliorées de Pin maritime

Verger	Obtenteur	Propriétaire	Gestion technique	Exploitation commerciale
Première génération de vergers				
Saint-Sardos	INRA	SCDP	AFOCEL	Forélite
Sore	INRA	SCDP	AFOCEL	Forélite
Cabanac	INRA	GF Tabarton	CPFA et Cemagref	GF Tabarton et AFS
Lavercantière	INRA	Etat	ONF et Cemagref	ONF et Vilmorin
Deuxième génération de vergers				
Mimizan	INRA	Etat	ONF	ONF et Vilmorin
Saint-Augustin	INRA	Etat	ONF	ONF et Vilmorin
Hourtin	INRA	CDC	SCEA Berdillan	SCEA Berdillan
Moulis, Beychac, Le Porge	AFOCEL	Forélite/SCDP	AFOCEL	Forélite
Vaquey	AFOCEL	SCDP	AFOCEL	Forélite

La troisième génération est une co-obtention FCBA-INRA.

Les critères de sélection principaux des première et deuxième générations étaient la croissance en volume et la rectitude du fût ; les troisième et quatrième générations sont sélectionnées, en plus de ces 2 critères, sur des critères supplémentaires tels que la résistance à certains pathogènes (armilaire, etc.), d'efficacité d'utilisation de l'eau, etc...

Méthodes de sélection:

Le Pin maritime est une espèce autochtone d'**Aquitaine**. Les premiers tests de comparaison de provenances installés dans les Landes dès 1926 et 1952 ont montré l'adaptation et la supériorité en croissance de la provenance locale landaise. C'est pourquoi dans les années 60, lorsque l'INRA réfléchit à l'amélioration du Pin maritime des Landes des **arbres remarquables locaux** ont été sélectionnés pour constituer la population de base du programme. Ce sont les « arbres plus », ou clones G0 (génération 0). Ces arbres, d'abord évalués sur le terrain *in situ*, ont ensuite été sauvegardés en parcs à clones par greffage. Plusieurs campagnes successives en forêt ont ainsi permis le recrutement de plus de 600 « arbres plus ». A partir de cette population de base, le programme d'amélioration du Pin maritime a été développé en suivant un schéma classique de sélection récurrente sur plusieurs générations (succession de phases de recombinaison par croisements contrôlés entre parents et de sélection sur index dans les tests de descendance).

Ressources mobilisées, compétences de l'INRA et réseau d'acteurs mobilisés :

La première génération de vergers à graines (VF1) a été installée principalement au cours des années 1970. Le matériel de base de ces vergers était constitué des familles obtenues par croisements contrôlés entre « arbres plus » (vergers de familles). Progressivement au cours des années de production de ces vergers (fin des années 1980 et années 1990), le matériel de base a été évalué *in situ* et éclairci pour ne conserver que les meilleurs individus dans les meilleures familles, choisis sur leur valeur génétique. Ces vergers sont caractérisés par une forte diversité du matériel de base (plusieurs centaines de familles à l'installation), et par une longue durée de production (plus de 15 ans).

La deuxième génération de verger à graines (VF2) a été installée de 1986 à 1995. Le matériel de base était constitué des familles obtenues par croisements contrôlés *polycross* (mélange de pollen) entre une trentaine d'« arbres plus élites » au début des années 1980. A la différence des vergers de familles du type des VF1, la sélection a eu lieu avant l'installation du verger, et aucune éclaircie génétique n'est donc nécessaire en théorie. Par rapport aux vergers VF1, les vergers VF2 de pin maritime se caractérisent par une sélection plus intensive des constituants (34 parents sélectionnés). Ils sont en production depuis une douzaine d'années, et devraient progressivement être remplacés par les vergers VF3.

Jusqu'au début des années 1990, le programme d'amélioration du pin maritime à l'INRA a été mené par un chercheur (successivement G. Illy, Ph. Baradat, C.E. Durel). Ph. Baradat a sélectionné les constituants des vergers VF2, conceptualisé le verger *polycross* (1987), et il a dans le même temps effectué les sélections permettant l'éclaircie génétique des vergers VF1. Toutes les expérimentations (croisements contrôlés, greffage, installation, suivi et mesures des tests de descendance) ont été réalisées par les équipes techniques de l'INRA.

Outputs des recherches :

Publications sur le sujet

Baradat Ph. (1987). Méthodes d'évaluation de la consanguinité chez les plants issus des vergers à graines de semis de première génération. III. Application à l'optimisation d'une alternative économique aux vergers à graines de clones d'élite : les vergers d'équivalents-clones. *Silvae Genetica*, **36**: 3-4.



Baradat Ph., Pastuszka P. (1992). Le pin maritime. *In* Gallais A. et Bannerot H., Amélioration des espèces végétales cultivées, INRA Editions, Paris, 695-709.

Baradat Ph., Durel C.E., Pastuszka P. (1992). The polycross seed orchard : an original concept. *In* IUFRO-AFOCEL Symposium on Mass production technology for genetically improved fast growing forest tree species. Bordeaux, France. 1992.

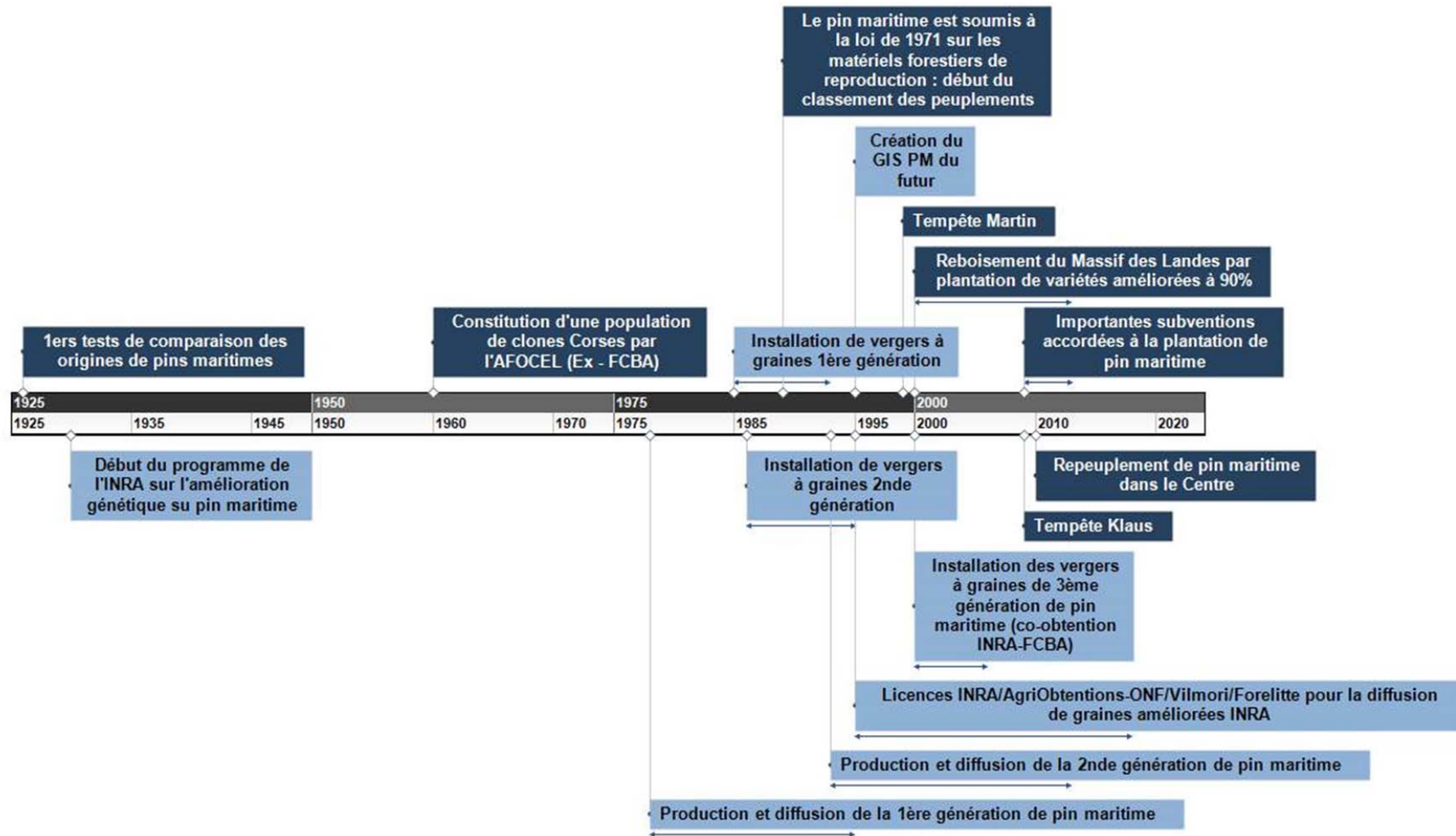
Doré C., Varoquaux F. (2006). Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. INRA, collection Savoir-faire.

Groupe Pin Maritime du Futur (2002). Le progrès génétique en forêt.

Illy G. (1966) : Recherches sur l'amélioration génétique du pin maritime. *Ann. Sci. For.*, **23**: 757-948.

Mullin, T.J., Andersson, B., Bastien, J.-C., Beaulieu, J., Burdon, R.D., Dvorak, W.S., King, J.N., Kondo, T., Krakowski, J., Lee, S.J., McKeand, S.E., Pâques, L., Raffin, A., Russell, J., Skrøppa, T., Stoehr, M., Yanchuk, A.D. (2011). Chapter 2: Economic importance, breeding objectives and achievements. *In* Genetics, Genomics and Breeding of Conifers. C. Plomion, J. Bousquet and C. Kole (eds). Science Publishers, Inc., Enfield, NH, pp. 40-127.

Chronologie:





Légende

Les événements dans
lesquels l'INRA est
directement impliqué

Les
événements
contextuels

Diffusion-médiateurs:

Le pin maritime est soumis à la loi générale sur les matériels forestiers de reproduction de 1971 qui définit précisément les conditions de récolte et de commercialisation des semences destinées à produire les matériels forestiers de reboisement, et organise le contrôle de la filière. Les semences doivent être obligatoirement récoltées sur des peuplements préalablement agréés par l'IRSTEA et le CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection), et inscrits sur le registre national des peuplements classés. La qualité génétique est ainsi certifiée par l'Etat.

La production et la diffusion des graines améliorées sont assurées par l'ONF, Vilmorin et Forélite qui ont signé des licences d'exploitation mondiale non exclusives avec AgriObtentions (filiale 100 % de l'INRA).

La sortie commerciale de la première génération d'amélioration de Pin maritime a été à l'origine de la création en 1989 de Forélite, première pépinière française de production de plants de pins en godet.

Ces 3 diffuseurs cultivent eux même des plants ou vendent ensuite les graines à des **pépiniéristes qui élèvent et vendent les plants aux gestionnaires forestiers ou aux entreprises forestières.**

Impacts 1

Le programme d'amélioration du pin maritime contribue logiquement à la dynamique des opérateurs professionnels concernés : multiplicateurs, pépiniéristes, reboiseurs, sylviculteurs, gestionnaires, et exploitants et industriels. En effet, une plus grande rectitude des troncs en particulier, réduit les déchets des scieries.

Gain génétique et utilisation des variétés améliorés

Autrefois, les reboisements traditionnels de pin maritime utilisaient la technique du semis direct de graines en forêt sur un sol préalablement travaillé. Mais depuis l'apparition de variétés améliorées, la technique de reboisement par plantation s'est très vite développée et concerne aujourd'hui 90 à 95 % des reboisements.

Tableau 2 : Vergers à graines créés à l'initiative de l'INRA et de l'AFOCEL (Ex FCBA) pour le massif forestier aquitain et issus du programme de sélection récurrente sur la race landaise.

Appellation	Première génération de vergers		Deuxième génération de vergers		
	Vergers des clones G0 Saint-Sardos	Vergers de semis Sore Cabanac Lavercantière	Vergers polycross Mimizan, Hourtin, Saint-Augustin	Verger pollinisation contrôlée Moulis, Beychac, Le Porge	Vergers de clones G1 Vaquey
Caractéristiques					
Début et fin d'installation	1962/1967	1967/1978	1986/1992	1989/1995	1987/1989
Date d'entrée en production	1975	1987	1999	1993	1995
Gain génétique sur le volume du fût (%)	15	15	30	30	30
Gain génétique sur la rectitude basale du tronc (%)	15	15	30	30	40
Surfaces installées (ha)	6	240	180	7	11
Surfaces détruites par la tempête de décembre 1999 (ha)	0	90	30	0	11
Surfaces disponibles pour la production après la tempête de décembre 1999 (ha)	6	150	150	7	0

Le contexte de la diffusion : Subventions

Des aides de l'état au reboisement ne sont accordées que pour des reboisements réalisés avec du matériel végétal forestier déclaré éligible par arrêté préfectoral : pour le Pin maritime, la variété actuellement reconnue pour l'Aquitaine est la variété de deuxième génération VF2 de l'INRA et désormais VF3 en dehors des clones « Corses » LC2. Sur les 30 millions de plants vendus en 2012, seulement un million était des clones LC2, le reste étant du VF2 ou VF3 (en début de production).

Les tempêtes de 1999 (Martin) et 2009 (Klaus) ont beaucoup découragé les gestionnaires forestiers du fait des dégâts occasionnés : 30 Mm³ de chablis en Aquitaine provoqués par la tempête Martin et 41,7 Mm³ de Pin maritime touchés par la tempête Klaus. L'existence d'une variété améliorée (VF2) a rassuré et encouragé les forestiers à replanter, incités également par les importantes **subventions du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt (MAAF)**. A la suite de la tempête Klaus, les dégâts d'insectes xylophages (scolytes et hylobes), ont constitué des obstacles aux plantations ces trois dernières années ; après avoir sorti les bois et nettoyé les parcelles sinistrées, le "plan Klaus" mis en œuvre par le MAAF se focalise sur son volet reconstitution incluant l'utilisation de variétés améliorées. La défiscalisation pour l'investissement forestier est importante.

Evaluation économique du gain génétique apporté par les variétés améliorées :

Le gain génétique s'exprime généralement en pourcentage (gain relatif) par rapport à un témoin non amélioré choisi comme référence. Il peut être estimé de deux façons différentes :

- soit un « gain espéré », calculé de manière statistique en fonction de l'héritabilité et de la variance du caractère concerné, et de l'intensité de sélection ;
- soit un « gain réalisé », scientifiquement mesuré par un test approprié conçu pour mettre en évidence les différences entre variétés améliorées et témoin connu.

En pratique, les tests de comparaison de variétés au témoin non amélioré sont évalués à 8 et 12 ans selon les caractères mesurés (âges auxquels les corrélations entre performances juvéniles et adultes sont jugées acceptables).

Les travaux du Groupe Pin Maritime du Futur démontrent que les gains génétiques espérés pour la première génération de vergers se sont effectivement exprimés dans tous les tests, dans différentes conditions de sylviculture et de milieux. On évalue les gains réalisés en moyenne à 15 % en volume et en rectitude à l'âge de 15 ans. Pour la seconde génération, le gain a été estimé à 30 %. Les premières mesures réalisées sur 4 tests installés en 1998 et 1999 et correspondant aux premières récoltes des vergers à graines VF2 au début de la période de production des vergers (moment où les arbres sont encore de petite taille et produisent peu de pollen, et où la pollution pollinique a donc le plus de risque d'être forte) indiqueraient que le gain génétique ne serait que de 15 % en moyenne (en milieu pauvre, ce gain est plus important). D'autres tests plus récents à partir de récoltes moins précoces (vergers plus âgés), et sur différents types de milieux sont encore à évaluer. Le gain réalisé n'est connu en pratique qu'après la fin de production d'un verger. Pour éviter une forte pollution génétique, il serait nécessaire de passer à une pollinisation contrôlée.

La production de bois de pin maritime était d'environ 4 m³/ha/an en 1950. Elle est aujourd'hui de 11,8 m³/ha/an, essentiellement grâce aux progrès accomplis dans les techniques d'installation et de conduite des peuplements, conjugués à l'amélioration génétique.

Une étude prospective du Groupe Pin Maritime du Futur réalisée en 2002 a estimé que le gain économique suite à l'utilisation des variétés améliorées sur 80 % des surfaces reboisées en pin maritime serait de 854 millions d'€ d'ici 2020 (valeur présente- base 2002- avec 4% de taux d'actualisation). Mais le contexte a fortement évolué entre cette prospective de 2002 et 2013, affectant notamment les gains espérés. D'une part, suite à la tempête Klaus de 2009, la forêt a été massivement replantée avec les variétés de nouvelles générations disponibles (VF2, VF3) et les vergers à graines étant plus mûrs, les



performances des nouvelles générations ont accru. D'autre part, les rendements de la VF2 se sont avérés plus faibles qu'espéré (seulement +15% par rapport à la VF1, alors qu'on espérait +30%). Enfin, le prix de vente du bois a changé, du fait du développement de nouveaux débouchés (moins de bois de charpente et davantage de bois de chauffage). Considérant ces aspects, nous avons actualisé la prospective en proposant trois scénarios de prix du bois (de 27 à 32€/m³) et de proportions des nouvelles variétés (de 100% de VF1 comme baseline à 100% de VF2 ou VF3). La modélisation porte sur 2002-2020. Ainsi, entre 2002 et 2020, l'accroissement de rendement liée à la VF2, comparé aux variétés non améliorées, a généré entre 90 et 107M€ de surplus économique (valeur présente-base€2002). En 2013, les gains espérés de la VF3 sont trop incertains pour être pris en compte dans la modélisation.

Impact sur la structuration de la filière

Production de pin maritime :

Avec l'apparition de variétés améliorées, une **filière** s'est développée et a créé un marché sur les plants (pépiniéristes...). L'évolution rapide du peuplement de pin maritime est intimement liée aux progrès réalisés en terme de création et de multiplication de variétés améliorées ainsi **qu'au développement d'une importante filière « semences et plants forestiers »**.

L'Aquitaine est la première région productrice de plants forestiers depuis plus de quinze ans. Cette situation s'explique en grande partie par l'hégémonie du pin maritime qui, en tant que première essence de reboisement au plan national, représente plus de 52% des plants vendus en France et 64% de la production résineuse. Cette tendance devrait se maintenir voire se renforcer à moyen terme avec l'augmentation progressive des chantiers de reconstitution des peuplements détruits par la tempête Klaus.

Impact sur la traçabilité:

Ministères et marchands de graines arrivent mieux à tracer l'origine génétique des bois avec les variétés améliorées.

Le programme de certification PEFC est basé sur les critères de gestion durable définis par les conférences interministérielles pour la protection des forêts en Europe (Helsinki et Lisbonne). C'est ainsi que plus de 900 000 ha de parcelles forestières en région Aquitaine sont certifiées PEFC, dont 760 000 ha en Forêt des Landes.

Impact sur l'environnement

La sélection des première et seconde générations de vergers de Pin maritime ayant été réalisée sur des critères de croissance et de rectitude, il n'a pas été noté de différence significative sur d'autres critères tels que la vulnérabilité à certains pathogènes ou la résistance au froid. Les troisième et quatrième générations ont été ou sont sélectionnés également sur des critères tels que l'adaptabilité au changement climatique et la résistance à certains pathogènes. Le GIS Groupe Pin Maritime du Futur a d'ailleurs été créé notamment pour définir au mieux ces critères de sélection, les prioriser et les tester.

Impacts 2

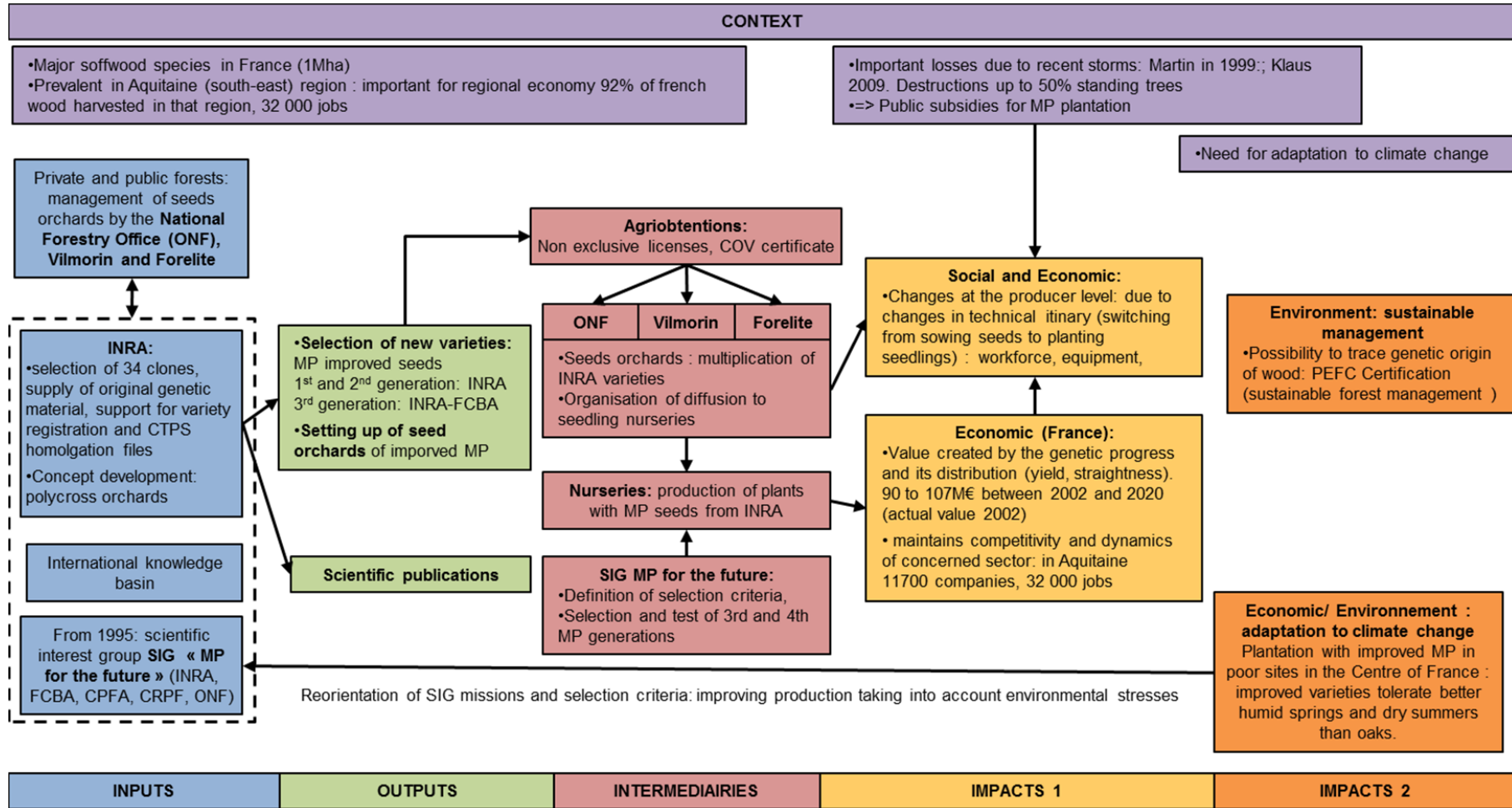
Impact environnemental : le repeuplement en Pin maritime, une stratégie d'adaptation au changement climatique

Depuis 1920, des phases successives de dépérissement massif de chêne pédonculé ont été régulièrement observées en région Centre et notamment en forêt de Vierzon, avec une accélération du processus depuis 2000. Devant l'importance économique du Pin maritime et sa capacité à évoluer dans des zones pauvres, sèches en été et inondées au printemps, les gestionnaires de l'ONF ont décidé de planter cette essence ou du Pin sylvestre à la place des chênes. Le Pin maritime autochtone n'étant plus présent, le repeuplement se fait actuellement avec les variétés améliorées de deuxième et maintenant troisième génération, permettant l'adaptation au changement climatique et changement global.

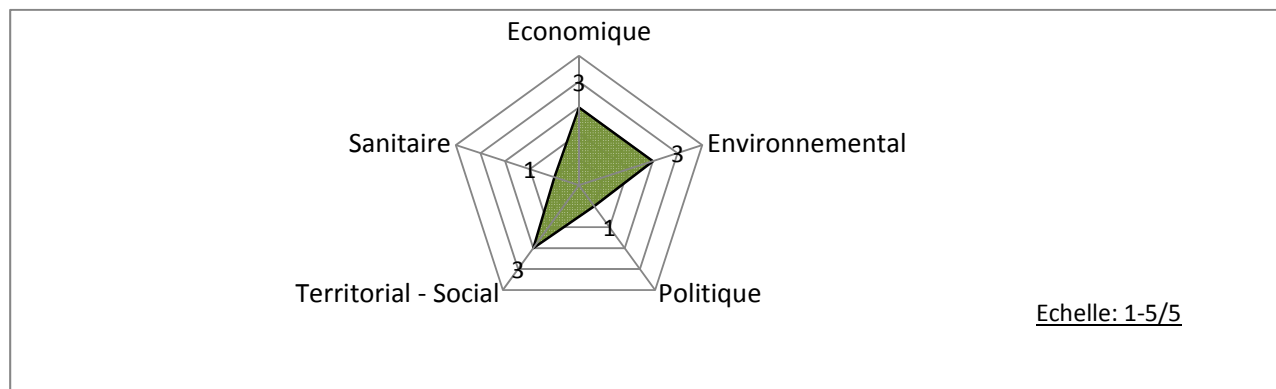
Exportation des variétés de Pin maritime INRA :

Les variétés améliorées sont peu exportées vers l'Espagne et très peu vers le Portugal car ces pays avaient beaucoup de retard en matière de sylviculture du pin. Moins de 200 000 plants en moyenne sont ainsi exportés chaque année.

Impact Pathway



Vecteur d'impacts



Dimension d'impact	Importance	
Politique	1/5	Des aides de l'état au reboisement ne sont accordées que pour des reboisements réalisés avec du matériel végétal forestier déclaré éligible par arrêté préfectoral. Pour le Pin maritime, les variétés actuellement reconnues pour l'Aquitaine sont la variété de deuxième génération VF2 de l'INRA et désormais la VF3, en dehors des clones « Corses » LC2. Le fait d'avoir à disposition du matériel amélioré a encouragé les politiques à soutenir cette filière.
Environnemental	3/5	Le pin Maritime autochtone n'étant plus présent, le repeuplement en pin maritime de forêts de la région Centre se fait actuellement avec les variétés améliorées de deuxième et maintenant troisième génération, qui tolèrent mieux des printemps humides et été secs, permettant l'adaptation au changement climatique et changement global. Traçabilité / certification PEFC (gestion durable des forêts): possibilité de tracer génétiquement l'origine des bois issus de variétés améliorées: 900 000ha de forêts d'Aquitaine sont certifiées PEFC
Territorial - social	3/5	Une filière « plantation de pin maritime » s'est développée suite à la création de variétés améliorées (fabrication de millions de plants, travaux de plantations, évolution de la sylviculture..) Secteur important en Aquitaine: 32 000 emplois Changements dans les itinéraires techniques des producteurs (de « semer » à « planter »): main d'œuvre et équipements différents
Economique	3/5	90 à 107M€ de gains économiques (en €2013) liés à l'utilisation de la VF2 pour la replantation « naturelle » et post-tempête, entre 2002 et 2020. Développement d'une filière « graines et plants », suite à la création de variétés améliorées



Source des données:

Des entretiens semi-directifs ont été conduits en 2013 avec des chercheurs INRA et parties prenantes socio-économiques:

Position	Nom
Chercheur INRA, Pierroton	Patrick Pastuszka
Chercheur INRA, Pierroton	Annie Raffin
Economiste au CRPF Aquitaine	Yves Lesgourgues
DRAAF Aquitaine et Groupement d'Intérêt Public (GIP) Aménagement du Territoire et Gestion des Risques	Pierre Maçé