



HAL
open science

Compte-rendu des visites de vergers à graines et de pépinières forestières en Nouvelle-Zélande

Laurent Bouffier

► **To cite this version:**

Laurent Bouffier. Compte-rendu des visites de vergers à graines et de pépinières forestières en Nouvelle-Zélande. [Rapport Technique] Inrae. 2018. hal-03341442

HAL Id: hal-03341442

<https://hal.inrae.fr/hal-03341442v1>

Submitted on 2 Oct 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

**Compte-rendu des visites
de vergers à graines et de pépinières forestières
en Nouvelle-Zélande**

**Laurent Bouffier, chargé de recherche INRA, UMR BIOGECO
laurent.bouffier@inra.fr**

Septembre 2018

Chercheur à l'INRA en amélioration génétique forestière depuis 2012, j'ai réalisé une mobilité de 9 mois (novembre 2017 – juillet 2018) à l'institut forestier SCION (Rotorua, Nouvelle-Zélande). Au cours de ce séjour, j'ai visité des vergers à graines et des pépinières forestières (**Figure 1**). Le rapport présenté ici constitue un compte-rendu de ces visites.

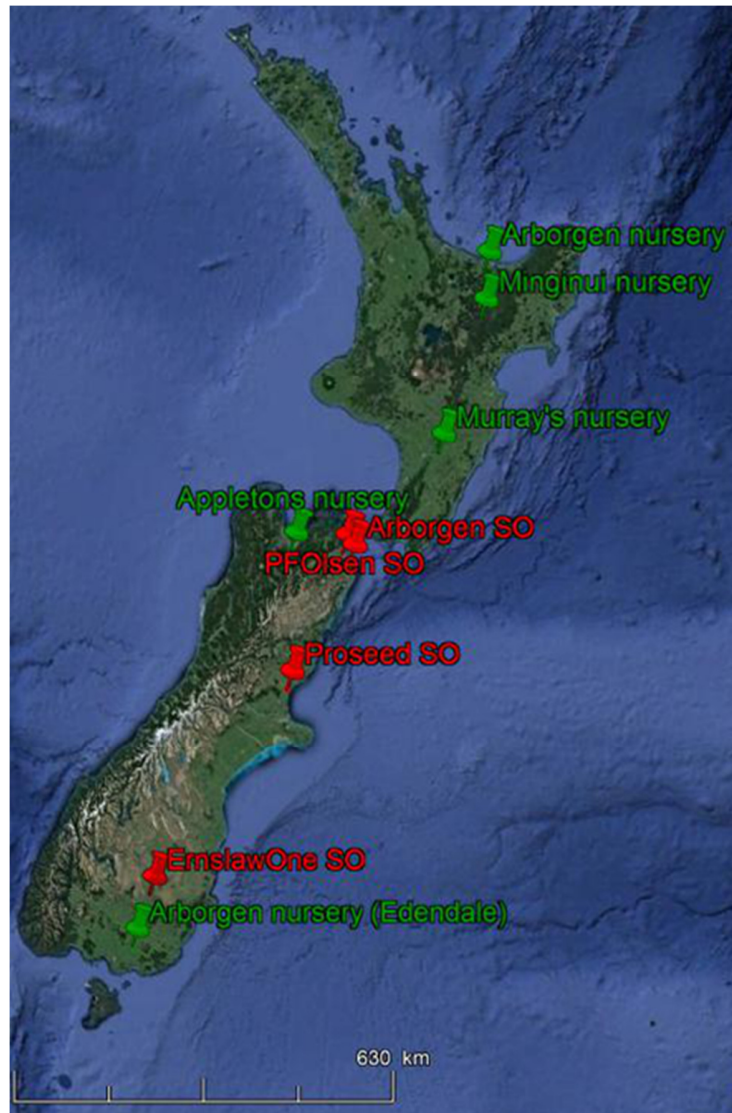


Figure 1 : Localisation des vergers à graines (en rouge) et pépinières (en vert) visités.

SOMMAIRE

1- Les forêts en Nouvelle-Zélande

2 – L'amélioration génétique du pin radiata et du douglas en Nouvelle-Zélande

2-1 Programme d'amélioration du pin radiata

2-2 Programme d'amélioration génétique du douglas

3 - Les vergers à graines de pin radiata et de douglas

3-1 Vergers à graines de pin radiata

3-2 Vergers à graines de douglas

4- Les pépinières forestières

4-1 La production de plants de pin radiata

4-2 Recherches menées par SCION sur la mycorhization des plants

4-3 La production de plants de douglas

5- Conclusion

Références bibliographiques

Contacts

1- Les forêts en Nouvelle-Zélande

Deux types de forêts coexistent aujourd'hui en Nouvelle-Zélande : la forêt « naturelle » et la forêt plantée (<http://www.fao.org/forestry/country/57478/fr/nz/>).

Les forêts naturelles couvrent plus d'un quart du territoire (7,8 millions d'hectares) et sont majoritairement détenues par l'état (environ 80%). Avant l'arrivée des premiers polynésiens (il y a plus de 1 000 ans), la forêt néozélandaise couvrait 80% du territoire. Ce pourcentage a diminué jusqu'à environ 50% au début du 19^{ème} siècle, principalement en raison de feux incontrôlés. Puis les européens ont très largement accéléré cette déforestation pour développer des terrains agricoles (et secondairement pour la récolte de bois). Cette politique de déforestation initialement encouragée par l'état s'est poursuivie jusque dans les années 80. En parallèle, l'état a développé des plantations d'espèces exotiques plus productives dès le début du 20^{ème} siècle. Les forêts naturelles sont aujourd'hui protégées et l'exploitation du bois y est très réglementée voire interdite. Ces forêts sont dominées, selon les conditions pédo-climatiques, soit par les podocarpes (rimu, miro, totara, matai... dont les cônes ressemblent à des baies et sont dispersés par les oiseaux) en association avec un sous étage de feuillus / fougères arborescentes, soit par les nothofagus (4 espèces endémiques : hard beech, red beech, silver beech, mountain beech).



Le nord du pays (au nord d'Auckland) était, avant l'arrivée des européens, caractérisé par de grandes forêts de kauri. Le kauri (*Agathis australis*) est un conifère emblématique de la Nouvelle-Zélande, en raison notamment de son importance dans la culture maori. La plupart des kauris ont été coupés par les européens jusqu'au début du 20^{ème} siècle. Il est aujourd'hui protégé mais, une maladie, « dieback disease » (*Phytophthora agathidicida*), menace les spécimens restants depuis quelques années.

Pour une description plus complète, des espèces forestières natives, voir : <https://www.doc.govt.nz/nature/native-plants/>

Te Matua Ngahere, un kauri qui se trouve dans la forêt de Waipoua au nord d'Auckland ; il a un diamètre de plus de 16m. Son âge est estimé à 2 000 ans.

Les forêts de plantation couvrent environ 5% du territoire soit 1,7 million d'hectares en 2016 (FOA, 2017a). La **Figure 2** présente l'évolution de la superficie des forêts de plantation depuis 1920. On observe une forte augmentation entre 1960 et 2000 suivie d'une légère diminution. En effet,

l'augmentation du prix du lait depuis les années 2000 a entraîné une conversion d'une partie des plantations forestières en pâturage pour les bovins laitiers. La réglementation sur l'usage des terres étant très limitée en Nouvelle-Zélande, l'agriculture et la plantation forestière sont donc directement en concurrence. Le développement de l'une ou l'autre dépend fortement des prix mondiaux. La réévaluation de la compensation carbone (peu incitative dans les années 2000) permet aujourd'hui de réguler un peu cette compétition en donnant un avantage aux plantations forestières.

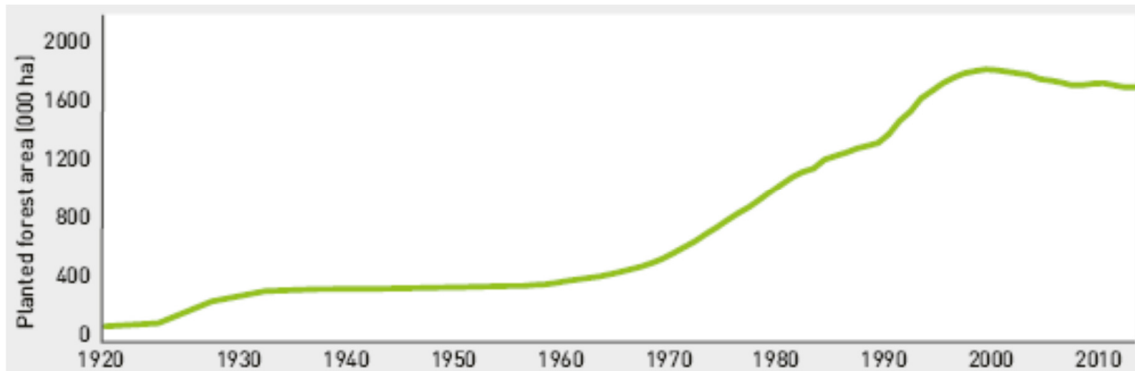


Figure 2 : Superficie des forêts de plantation en Nouvelle-Zélande depuis 1920 (FOA, 2017b).

Les forêts de plantation néozélandaises sont très majoritairement privées depuis la libéralisation du secteur forestier à la fin des années 80 (le taux de forêts plantées privées est passé de 48% à 94% entre 1987 et 1996). Elles constituent 519 millions de m³ sur pied en 2017 pour un âge moyen de 17 ans (FOA, 2017a). Plus de 30 millions de m³ ont été récoltés en 2016 dont une majorité destinée à l'exportation de grumes vers l'Asie (Figure 3).

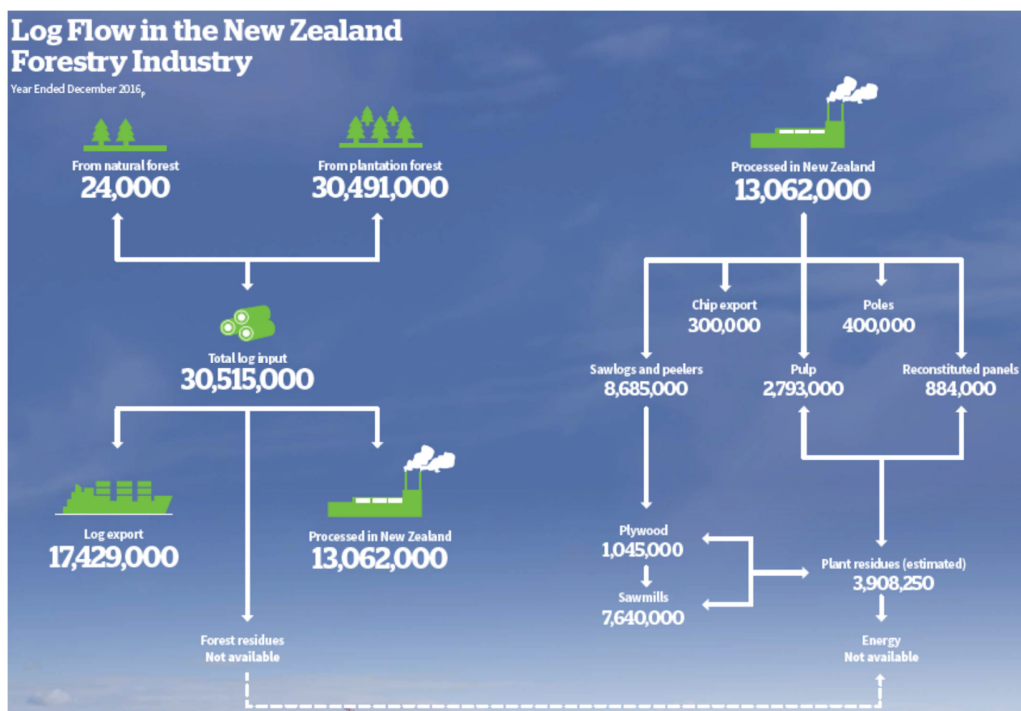


Figure 3 : Destination du bois récolté d'après FOA (2017b).

Le pin radiata est l'espèce très largement majoritaire avec 90% des plantations, devant le douglas (6%). Les cyprès (*Cupressus lusitanica*, *Cupressus macrocarpa* et des hybrides) et les eucalyptus (*E. fastigata*, *E. nitens*, *E. regnans*...) représentent chacun 1% des plantations (Figure 4).



Figure 4 : Espèces utilisées en plantation (FAO, 2017a).

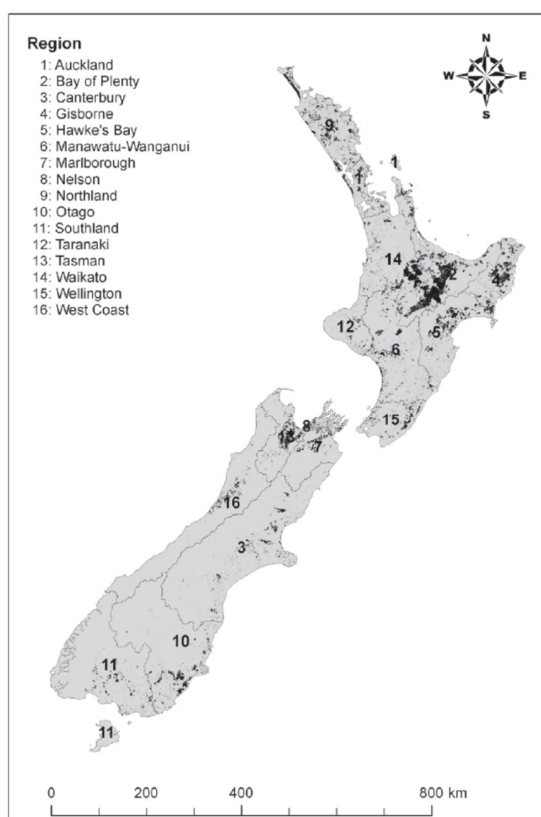


Figure 5 : Carte de distribution des forêts de plantation en Nouvelle-Zélande (Watt et al., 2011).

Le pin radiata présente beaucoup d'avantages. Contrairement aux autres espèces de plantation, sa croissance est bonne quel que soit le site en Nouvelle-Zélande. On trouve des plantations de pin radiata dans tout le pays (Figure 5). La principale maladie du pin radiata est le *Dothistroma* needle blight (*Dothistroma septosporum*) qui entraîne une défoliation l'été et donc un ralentissement de la croissance de l'arbre. Des traitements au cuivre sont utilisés pour combattre cette maladie. Une autre maladie récente (premières observations en 2007) et présente sur l'île du nord est la « red needle cast » (*Phytophthora pluvialis*). Mais la principale menace pour les plantations de pin radiata reste le pitch canker (*Fusarium circinatum*) qui s'est répandu à travers le monde depuis les Etats-Unis mais n'a jamais été détecté en Nouvelle-Zélande.

Les plantations de pin radiata (Figure 6) sont installées sur des sols peu préparés (les souches et les branches restent sur place, il n'y a pas de labour). Mais un traitement d'herbicide (glyphosate) après la coupe rase permet d'éliminer les adventices avant la plantation (Figure 7). Les terrains sont généralement très hétérogènes et en pente. Une fertilisation a lieu après plantation (azote, phosphate et bore). La durée d'une rotation du pin radiata est de 25-28 ans avec généralement une seule éclaircie vers 10 ans. L'élagage est pratiqué pour environ la moitié des plantations.



Figure 6 :
Plantation à
Kaingaroa forest
(île du nord), la
plus grande
forêt de
plantation de
Nouvelle-
Zélande
(190 000 ha).
 C'est un sol
 volcanique très
 pauvre. Les
 arbres sont
 plantés sur de
 petites buttes
 pour éviter les
 dommages liés au
 froid.

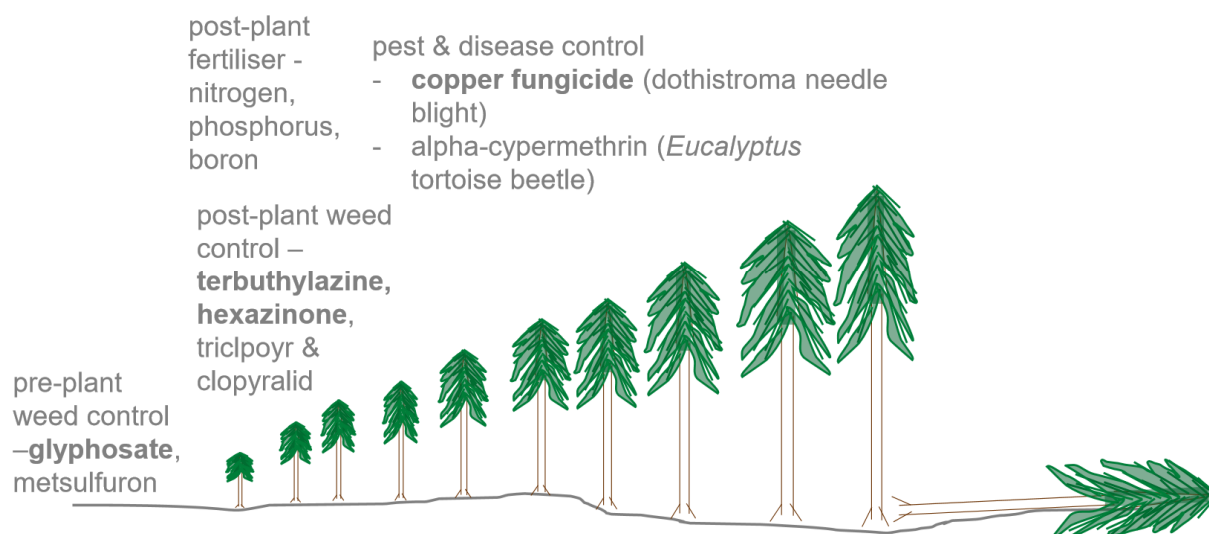


Figure 7 : Fertilisants et pesticides utilisés dans les forêts de plantation (d'après Baillie *et al.*, 2017). Les conséquences sur la qualité de l'eau sont décrites dans Baillie *et al.* (2015).

Le douglas est la seconde espèce de plantation en Nouvelle-Zélande (6% des plantations). Le bois produit est de meilleure qualité mais la durée de rotation est plus longue (environ 40 ans). De plus, la « Swiss needle cast » (*Phaenocarpa gaeumani*) limite fortement la croissance du douglas dans l'île du nord alors que les problèmes de « wilding » limite l'extension des plantations de douglas sur l'île du sud (**Encadré 1**).

La demande en eucalyptus et cyprès est actuellement assez limitée ce qui explique leur faible extension. De plus, les cyprès sont touchés par le canker (*Seiridium unicorne* et *Seiridium cardinale*), en particulier *Cupressus macrocarpa* (les hybrides semblent plus résistants).

Encadré 1 : « Wilding » (SCION, 2015)

« Wilding » correspond à la dispersion de certains conifères sur des sites dans lesquels ils sont indésirables. Les principales espèces concernées par le wilding sont les pins (contorta et nigra), le mélèze et le douglas. En 2012, 1,2 millions d'hectares sont concernés par ce problème. Il s'agit essentiellement d'écosystèmes naturels ou semi-naturels de l'île du sud. Pour lutter contre le wilding un mélange de trois herbicides est pulvérisé sur les arbres indésirables par hélicoptère. Un programme de recherche « managing wilding conifers » a été initié en 2013 à SCION afin :

- 1/ d'assurer un suivi des sites concernés
- 2/ d'évaluer les conséquences économiques
- 3/ de mener des recherches sur la fructification et la germination du douglas.

Encadré 2 : Opérateurs de vergers à graines

Proseed est une entreprise, créée en 1987 lors de la privatisation des vergers de l'état. Elle est détenue par un groupe Maori (tribu Ngai Tahu) depuis 2001 (cette tribu possède également 20 000 ha de forêts sur l'île du sud). Proseed est le plus gros producteur de graines de Nouvelle-Zélande. Ses vergers se situent sur un seul site (160 ha) à Amberley (près de Christchurch, île du Sud). Les graines sont extraites et conditionnées sur place. 95% des graines produites par Proseed sont aujourd'hui du pin radiata ; mais il y a quelques années les autres espèces (douglas, eucalyptus, cyprès, pin maritime...) représentait près de 20% de la production. Les principaux clients de Proseed sont bien sûr néozélandais mais Proseed vend également en Australie. Cela s'explique notamment par la difficulté de produire des graines en Australie en raison d'un prédateur (le « cockatoo »). Proseed joue un rôle important à la fois pour la conservation des collections (elle détient l'essentiel des collections de pin radiata, douglas, eucalyptus, cyprès) et pour la réalisation des croisements contrôlés pour les programmes d'amélioration. Proseed a conservé des liens étroits avec SCION.

PF Olsen est une entreprise néozélandaise qui fournit des services forestiers. Elle ne possède pas de forêt mais travaille pour les investisseurs, groupes Maori, agriculteurs, forêt publique... PF Olsen possède deux vergers de pin radiata qui lui permettent de vendre des graines et de fournir sa pépinière.

ArborGen est une entreprise internationale basée aux Etats-Unis (Caroline du sud). Elle possède des filiales au Brésil et en Australasie (Whakatane, Nouvelle-Zélande). Elle est spécialisée dans la production de plants de très haute qualité génétique (boutures et clones). Seule sa pépinière de Te Teko produit des plants en godets.

Ernslaw One est une entreprise établie en 1990 et détenue par un groupe malaysien. Elle a acheté des terres et des licences d'exploitation à l'état néozélandais (environ 100 000 ha) et détient également scieries et papeteries. Dans le Southland, Ernslaw One a 30 000 ha (72% douglas / 21% pin radiata) mais la totalité des nouvelles plantations se font avec du douglas. L'objectif est de produire des grumes de grande qualité et de taille moyenne pour l'exportation vers l'Asie.

2 – L’amélioration génétique du pin radiata et du douglas en Nouvelle-Zélande

L’institut de recherche SCION (Crown Research Institute) mène des recherches relatives à la forêt, au bois et aux biomatériaux. Il comporte deux sites : un site principal à Rotorua (île du nord) et un site de plus petite taille à Christchurch (île du sud). Le financement de la recherche provient notamment d’une taxe prélevée sur la récolte de bois. Elle est confiée à la Forest Owners Association (FOA) qui gère le « Forest Growers Research » via des programmes de recherche : Growing confidence in forestry’s future (augmentation de la productivité et la rentabilité de la forêt), Healthy trees healthy future (protection des forêts) et des programmes en partenariat avec l’industrie et le gouvernement (notamment sur les espèces alternatives ie. douglas – eucalyptus). SCION dirige l’ensemble des programmes d’amélioration (Dungey *et al.*, 2015) c’est-à-dire le douglas, les eucalyptus (*E. nitens*, *E. fastigata*, *E. regnans*), les cyprès (*Cupressus macrocarpa*, *C. lusitanica* et les hybrides), à l’exception notable du pin radiata qui est géré par la Radiata Pine Breeding Company (RPBC) depuis 2001.

2-1 Programme d’amélioration du pin radiata

Le programme d’amélioration génétique du pin radiata a été initié par le Forest Service mais il a été transféré à une coopérative à la fin des années 80 quand l’état a vendu un grand nombre de ses plantations. Depuis 2001, c’est la Radiata Pine Breeding Company (RPBC) qui gère le programme : gestion des collections, stratégie d’amélioration, propriété intellectuelle sur les génotypes... La RPBC regroupe des membres néozélandais et australiens (New South Wales). Des collaborations ponctuelles sont établies avec SCION ou des universités pour répondre à une problématique particulière (calcul des valeurs génétiques, développement de marqueurs moléculaires, sélection génomique, qualité du bois...).

Il est assez difficile d’avoir des informations précises sur ce programme d’amélioration. Deux articles sont néanmoins disponibles : Jayawickrama *et al.*, (2000) et Dungey *et al.* (2009). Des changements importants de personnels sont intervenus récemment dans l’organisation de la RPBC et il semble y avoir une volonté de rapprochement avec SCION.

Le programme d’amélioration du pin radiata est un schéma de sélection récurrente initié dans les années 50 à partir de sélections d’arbres « plus » faites dans les plantations néozélandaises (le pin radiata a été introduit dès 1859 à partir des Etats-Unis, de l’Angleterre et de l’Australie). Il s’agit essentiellement des provenances Monterey et Año Nuevo. Les principales caractéristiques de ce programme sont les suivantes :

- Une restructuration de la population principale dans les années 2000 pour augmenter la variabilité génétique (beaucoup trop faible au début des années 2000). Il existe désormais une population principale d’environ 360 génotypes répartis en deux sublignes non apparentées (en particulier dans l’optique de déployer des croisements contrôlés biparentaux).
- Les génotypes de la population principale ont été sélectionnés en forward (génotypes de 2nde et 3^{ème}e génération) et ont ensuite été évalués sur descendance (open-pollinisation). A partir de cette évaluation, les meilleurs individus de la population principale constituent la population élite (environ 1/3 des arbres). Les efforts de croisements et d’évaluation se concentrent sur la population élite.
- Les descendants obtenus par croisements contrôlés des 360 arbres de la population sont maintenant évalués en tests clonaux multi-sites.

- La sélection s'effectue vers 8 ans.
- Une seule zone de sélection pour la Nouvelle-Zélande et le sud-est de l'Australie (en raison des faibles interactions GxE).
- Historiquement, il existait différentes lignées en fonction d'objectif de sélection (long entre-nœuds, volume-rectitude, qualité du bois, résistance au *Dothistroma*). Ces lignées sont en partie intégrées à la population principale.
- Les marqueurs moléculaires ne sont pas utilisés dans ce programme jusqu'à présent mais des investissements importants ont été faits en sélection génomique.

Afin de comparer la performance génétique des lots de graines ou des génotypes, le « Seed Certification Service (SCS) » a été mis en place en 1987 par le Forest Research Institute. Cela consiste à attribuer une notation pour un index croissance - rectitude (60%-40%) à tous les lots de graines. Afin de prendre en compte les nouveaux critères de sélection, ce système a été étendu en 1998. Il est devenu le « GFplus » (RPBC, 2002). Chaque génotype (ou lot de graines) a une note spécifique pour les 6 critères de sélection suivants : croissance, rectitude, branchaison, résistance au *Dothistroma*, qualité du bois et angle du fil. La note de chaque génotype correspond à la valeur génétique pour le caractère considéré. Dans le cas d'un lot de graines, la note est une pondération de la valeur génétique des génotypes présents. Ainsi chaque lot de graines doit être vendu avec le « GFplus seed certificate ». Le prix du lot de graines inclut des royalties qui doivent être reversées à la RPBC.

2-2 Programme d'amélioration génétique du douglas

Le douglas a été introduit en Nouvelle-Zélande dès 1859 et les premières plantations du service forestier datent du début du XX^{ème} siècle. En 1959, le Forest Research Service met en place un test de provenances sur plus de 20 sites à travers toute la Nouvelle-Zélande pour évaluer un large éventail de provenances (Washington – Oregon – Californie). L'évaluation de ce dispositif en 1972 démontre que les provenances californiennes sont supérieures à la « NZ landrace » (plantations néozélandaises du début du XX^{ème} siècle, principalement issues de l'état de Washington). Les premières observations de dégâts du SNC (*Swiss needle cast*, *Phaeocryptopus gaeumannii*) dans les années 70 limitent le développement des plantations de douglas, en particulier sur l'île du nord. Dans les années 80, de nouvelles plantations sont établies à partir de lots de graines issus de Fort Bragg (Californie) suite aux résultats du dispositif de comparaison des provenances. Afin de sélectionner les meilleures provenances californiennes, de nouveaux tests sont mis en place en 1996. En 2003, l'introduction de nouveau matériel est interdite en raison du risque d'introduction du pine pitch canker. Il y a aujourd'hui environ 110 000 ha de Douglas en Nouvelle-Zélande, essentiellement sur l'île du sud.

La sélection génétique (Dungey *et al.*, 2012) s'est historiquement focalisée sur le diamètre, la rectitude du tronc, l'absence de fourche / ramicorne, la branchaison. Plus récemment, un poids important a été mis sur la densité du bois et la rigidité.

En 1993 a été formé la « Douglas-fir research coopérative » dissoute en 2008. Les recherches relatives au douglas sont aujourd'hui menées dans le cadre des fonds levés par la FOA (sur la vente de bois) dans le programme « Diverse species ». SCION dirige le programme d'amélioration avec Proseed (**Encadré 2**) qui gère les collections et réalise les croisements contrôlés / récoltes pour l'établissement des nouveaux dispositifs.

3 - Les vergers à graines de pin radiata et de douglas

Les vergers à graines de pin radiata et de douglas sont détenus par des opérateurs privés. Les génotypes appartiennent, soit à la RPBC pour le pin radiata, soit à SCION pour le douglas. Les opérateurs reversent des royalties pour l'utilisation de ces génotypes.

3-1 Vergers à graines de pin radiata

Il existe deux types de vergers à graines pour le pin radiata en Nouvelle-Zélande : les vergers à pollinisation libre (OP) et les vergers à pollinisation contrôlée (CP).

En 2017, environ les trois quarts des plantations de pin radiata ont été réalisées avec des plants issus de CP et un quart avec des plants issus de vergers OP (**Figure 8**). Les plantations clonales ne représentent qu'un pourcentage faible.

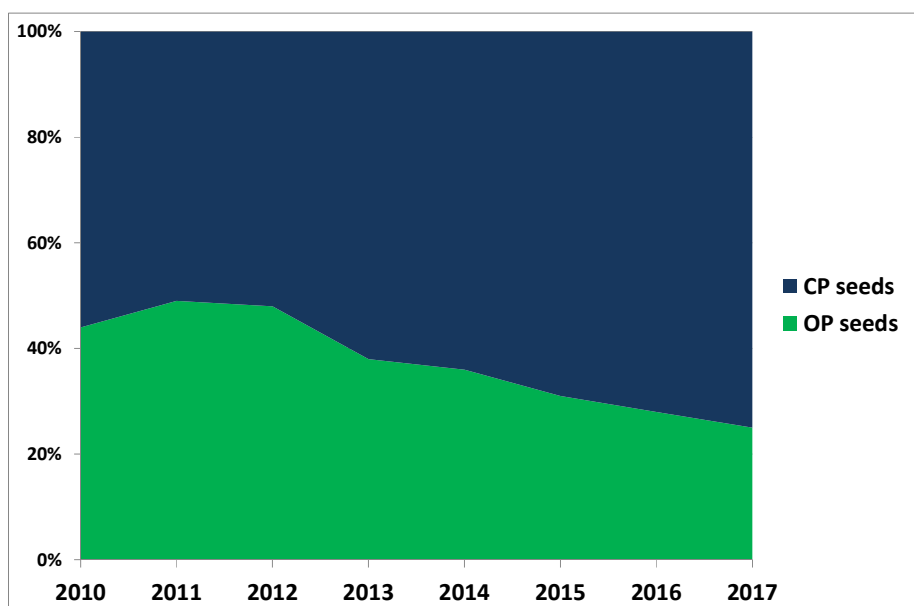


Figure 8 : Catégories (pollinisation libre vs. pollinisation contrôlée) des plants de pin radiata vendus depuis 2010 (Ministry of Primary Industry, 2017)

La demande en CP a fortement augmenté ces dernières années en raison : de la baisse des coûts de production des CP, des excellentes performances des plantations établies avec des graines CP et de la mise en place du système d'évaluation « GFplus » qui facilite la comparaison des génotypes pour les 6 critères de sélection. La production actuelle des CP ne permet pas de répondre complètement à la demande. Les gestionnaires de vergers à graines souhaitent augmenter leur production de CP dans les années à venir. Les plants issus d'OP sont réservés aux terrains les moins productifs (sols peu fertiles, terrains en pente...).

Il y a quelques années, certains opérateurs faisaient des polymix pour les CP mais désormais, les clients demandent des croisements spécifiques pour un objectif de production précis (volume, qualité du bois, résistance à *Dothistroma*...). Leur choix est basé sur l'évaluation « GFplus » et sur leur évaluation personnelle des géniteurs sur le terrain (il s'agit d'une observation empirique ou d'une évaluation génétique plus formelle pour les plus grosses entreprises). Le lot CP demandé

peut être constitué d'un seul croisement ou d'un mélange de croisements (entre 1 et 150 croisements mais le plus souvent autour de 10 croisements). Le nombre de croisement dans un lot de graines dépend également de la quantité de graines souhaitée. Lorsque le nombre de graines demandé est important, il s'agit obligatoirement d'un mélange de croisements. D'après Wei-Young Wang (PF Olsen, Rotorua), le meilleur génotype male serait le père d'environ 10% des arbres plantés !

Seuls trois opérateurs possèdent des vergers à graines de pin radiata : Proseed, PF Olsen et Arborgen. Proseed est une entreprise néozélandaise (née lors de la privatisation du Forestry Service à la fin des années 80) qui vend des graines forestières (Proseed, 2018), PF Olsen est une entreprise de services pour les propriétaires forestiers (plantation et gestion forestière) et Arborgen est une entreprise internationale (son siège est aux Etats-Unis) spécialisée dans la fourniture de plants améliorés (**Encadré 2**).

Localisation des vergers (Figure 1)

Proseed gère, à Amberley (près de Christchurch, île du sud), 45 ha de vergers CP et deux vergers OP (65 ha) de pin radiata. PF Olsen possède un verger CP de 40 ha (Blenheim, île du sud) et un verger, historiquement utilisé pour les CP, mais en cours de conversion en OP (10 ha à Seddon, île du sud). ArborGen possède un seul verger CP à Seddon (14 ha) géré par un sous-traitant (Buck Forestry Services) et un verger OP à Napier (Hawkes'bay).

La localisation des vergers est primordiale. Ils sont le plus souvent situés sur des terrains peu fertiles dans des régions caractérisées à la fois par des étés chauds et secs, afin de favoriser le stress et donc la fructification, et par une influence océanique pour réduire le risque de gelées. En Nouvelle-Zélande, les vergers à graines se trouvent en dehors des zones de plantation du pin radiata mais en concurrence avec la vigne ce qui rend le prix des terrains très chers ! Les vergers de Seddon et Blenheim se trouvent dans la principale région viticole de Nouvelle-Zélande (le Marlborough, célèbre pour le Sauvignon blanc) et celui de Napier dans la région de Hawkes' Bay, une autre région viticole.

Composition des vergers

L'ensemble de ces vergers a été installé à partir de clones greffés appartenant à la RPBC (il n'existe pas de vergers de famille). Le nombre total de génotypes gérés par les opérateurs est limité (~80 pour PF Olsen renouvelés à 10-20% par an, 50-70 pour Arborgen, ~200 pour Proseed car il gère également les archives clonales de la RPBC). Les vergers OP sont constitués de peu de génotypes. Par exemple, Proseed possède deux vergers OP : l'un avec 21 parents non apparentés et un autre avec 45 parents apparentés. Le verger OP de PF Olsen comporte une dizaine de génotypes. Je n'ai pas pu ni visiter ni obtenir d'information sur le verger OP d'Arborgen à Napier.

Les génotypes sont greffés sur des plants de 1 an (« cleft grafting ») en juillet - août. Seul Proseed réalise ce greffage en interne depuis quelques années grâce à la construction d'une serre (40-50 000 greffes / an avec un taux de succès de 70%). La plantation se fait en juin (Année 1). Les premières fleurs sont observées en Année 3 mais l'entrée en production se fait en Année 4. Les arbres sont généralement conservés 10 – 12 ans avant d'être renouvelés (mais certains arbres sont conservés plus de 20 ans). Le top-grafting n'est pas utilisé en verger à graines. Dans les vergers CP, une ligne correspond à un seul génotype pour faciliter les croisements contrôlés.

Gestion des vergers

La densité de plantation est élevée de façon à favoriser la fructification au jeune âge. La densité est traditionnellement aux alentours de 2 500 tiges / ha (verger de type « meadow orchard ») avec, par exemple, 2mx2m pour PFOlsen. Cependant, afin de faciliter le passage des machines pour le broyage des branches après élagage, Proseed a développé un design de type « twin row » où deux lignes sont espacées de 2m (avec 2m entre les arbres sur la ligne) puis un inter-ligne de 4m permet le passage des tracteurs (après mortalité due à des incompatibilités porte-greffe / greffon, le verger a une densité finale de 1 000 tiges/ha). PFOlsen expérimente un design similaire. Arborgen est passé récemment à un design de type 4m x 1.5m.



Verger CP "twin row" (Proseed)

La taille est une étape essentielle pour la gestion des vergers. En effet, la pollinisation et la récolte des cônes se font exclusivement depuis le sol (pour des raisons de sécurité et pour faciliter le travail). La taille est réalisée entre novembre et février ; elle a pour but d'obtenir des arbres avec un port buissonnant. Afin de limiter la hauteur des premières branches, le point de greffe est le plus bas possible avec parfois une plantation dans une dépression. Puis dès la première année, la coupe de l'axe principal permet le départ de plusieurs nouvelles branches depuis la base de l'arbre. Ensuite (en théorie chaque année, mais tous les 2 ans chez PFOlsen), les arbres sont élagués au-dessus des cônes qui viennent d'être pollinisés pour maintenir les arbres à une hauteur maximale de 1,5 à 2m. Les branches laissées au sol sont broyées. Arborgen utilise des sécateurs électriques avec une batterie portable en sac à dos. Si cette opération n'est pas réalisée tous les ans, une coupe plus sévère est réalisée (« topping ») pour couper les arbres au-dessus d'une certaine hauteur. Afin de maximiser la floraison, les arbres doivent être en état de stress avant la pollinisation (sol peu fertile, climat sec, forte densité, taille sévère). Par contre, afin d'assurer un bon développement des cônes, Arborgen et PFOlsen utilisent l'irrigation de septembre à janvier (goutte-à-goutte au pied de chaque arbre). Proseed n'irrigue pas ses vergers (en raison d'un coût trop important). Une fertilisation est éventuellement utilisée après analyse des aiguilles (azote et bore). Aucun traitement pesticide n'est utilisé (très peu de maladie en raison du climat sec, pas d'insectes qui s'attaquent aux cônes). Par contre, l'herbe est tondue très régulièrement. Proseed utilise des moutons pour une partie du verger (comme cela se fait pour la vigne après les vendanges).



Verger CP (PFOlsen)



Verger CP (Arborgen)

Croisement contrôlés

Tous les opérateurs utilisent les gibbérellines pour favoriser la fructification (injection à la base des arbres en février – mars). La

réponse est assez variable selon les génotypes. Entre juin et septembre, les croisements contrôlés nécessitent l'embauche de personnel supplémentaire (80 temporaires sont embauchés à Proseed, 10 à Arborgen et 20 à PF Olsen). Les sacs utilisés semblent identiques pour les 3 entreprises : ce sont des sacs conçus pour stériliser du matériel médical (avec un côté blanc constitué d'un papier plastifié et un côté transparent). La face blanche est orientée nord pour protéger du soleil et limiter la condensation. Il y a un décalage d'environ 6 semaines entre les génotypes les plus précoces et les plus tardifs. Les sacs sont mis environ deux semaines avant le stade de réceptivité des fleurs. Proseed pose chaque année 200 - 300 000 sacs ; Arborgen 40 - 100 000 sacs et PF Olsen 70 - 80 000 sacs. Il y a en moyenne 2-3 cônes par sac. A maturité, un arbre peut porter de 20 à 50 cônes femelles. La pollinisation se fait exclusivement depuis le sol (seul Arborgen utilise un compresseur pour la pollinisation avec une batterie qui se porte en sac à dos). Proseed et Arborgen font deux pollinisations par semaine dans tous les sacs (plus de 10 applications pour les premiers sacs posés). PF Olsen utilise des liens de couleurs pour différencier les stades de maturité des fleurs femelles et pollinise au moment optimal (environ 3 applications par sac). Tous les sacs sont retirés début octobre après avoir supprimé les cônes non ensachés.



Pollinisation dans un verger CP (Proseed)

La localisation des vergers de PF Olsen et Arborgen permet d'éviter les gelées tardives, il y a très peu d'avortements. Par contre, Proseed subit un taux d'avortement de 5 à 40% selon les années en raison du froid (mais aussi peut être en raison de problèmes de pollinisation). Aucun moyen préventif contre les gelées n'est mis en œuvre (aspersion, hélicoptère) en raison du coût.

Les trois opérateurs gèrent entre 50 et 80 croisements différents par an mais avec un nombre de pères limités (maximum 30 chez Proseed mais certains sont très peu utilisés). Proseed récolte chaque année environ 200 L de pollen pour les croisements contrôlés. PF Olsen n'utilise que du pollen frais (les autres utilisent du pollen conservés à -80°C) ce qui contraint fortement ses plans de croisements. Il n'utilise d'ailleurs que 6-8 pollens différents (uniquement des génotypes précoces).

Récolte des cônes

Tout comme les croisements contrôlés, la récolte des cônes se fait uniquement depuis le sol (sans échelle ni élévateur). Si certains cônes sont trop hauts, ils sont récoltés après avoir coupé la branche. La récolte a lieu généralement en novembre – décembre (cônes marron). L'extraction des graines se fait de mars à juin, après la période de taille des arbres. Proseed récolte les cônes issus de CP en juin (cônes vert) pour pouvoir vendre les graines en septembre (gain de 1 an pour la diffusion des plants). Proseed et Arborgen disposent de locaux et de matériel permettant le séchage, l'extraction et le tri des graines sur le même site que les vergers. FPOlsen procède à ces étapes dans des locaux éloignés d'une dizaine de kilomètres des vergers.

Chaque lot de graines obtient un « GFplus seed certificate » avec une note pour les 6 critères de sélection et la composition du mélange (identité des familles et contribution).

Les graines destinées à l'exportation (Australie par exemple) sont traitées dans un bain d'hypochlorite de sodium (1%).

Production

Arborgen est autosuffisant en CP pour ses pépinières mais ne vend pas de graines. Il détient 40% du marché des plants de pin radiata en Nouvelle-Zélande.

De même, PFOlsen produit presque exclusivement des CP soit pour ses pépinières soit pour vendre les graines (600-800 kg/an mais sa capacité maximale serait d'une tonne).

Proseed produit ~2 000 kg/an de graines de pin radiata (600 kg CP + 1 400 kg OP) vendues en Nouvelle-Zélande mais aussi en Australie en raison de la difficulté de produire des graines en Australie (graines mangées par un perroquet).

Ces dernières années, la production des vergers OP n'était pas suffisante pour répondre à la demande (en raison des incendies en Australie et de la baisse de production OP de Proseed). Ainsi, s'est développée la vente de graines récoltées dans des plantations CP ayant subi la première éclaircie à 7-9 ans. Ces graines sont vendues en tant que « stand select OP ».

La **Table 1** donne un ordre de grandeur des prix pour chaque catégorie des graines de pin radiata (\$1NZ ~ 0,6€).

	Prix au kg incluant les royalties (~25 000 graines / kg)	Royalties versées à la RPBC
« Stand select » OP	\$ 1 000	\$ 100
GF19 OP	\$ 1 400	\$ 200
CP	\$ 3 500 - \$ 3 800	\$ 400

Table 1: Prix des graines de pin radiata en 2017 chez Proseed (d'après http://www.proseed.co.nz/radiata_pricing.php).

3-2 Vergers à graines de douglas

Le principal opérateur pour les vergers à graines de douglas est Ernslaw One (**Encadré 2**). Ernslaw One est particulièrement intéressé par le douglas pour l'exportation vers l'Asie. Afin de développer les plantations de douglas sur l'île du sud (la majorité des nouvelles plantations de Ernslaw One dans le Southland sont du douglas), il a choisi d'avoir son propre verger à graines.

Proseed possède également un verger de douglas mais la demande en graines étant très faible, Proseed préfère désormais se concentrer sur les vergers de pin radiata. Il conserve son verger à graines de douglas mais ne récolte que les bonnes années et réalise les croisements contrôlés pour le programme d'amélioration.

Tous les vergers de douglas sont gérés en pollinisation libre. Il n'y a pas de croisements contrôlés sauf pour la mise en place de dispositifs génétiques.



Verger OP (Ernslaw One)



Verger OP (Proseed)

L'essentiel de ce chapitre est consacré aux vergers à graines de Ernslaw One ; seul le paragraphe final concerne le verger de Proseed.



Figure 9: Plan des vergers de douglas de Ernslaw One.

Localisation

Les vergers de douglas de Ernslaw One sont situés sur un même site (**Figure 9**) à Millers flat dans l'Otago (île du sud, **Figure 1**). Ils s'étendent sur 14 ha découpés en 10 blocs. Le terrain, un ancien verger de pommes, a été acheté en 1997. Le choix du site s'explique par :

- le déficit hydrique de la région qui favorise la floraison
- la présence de vent qui limite les froids hors-saison
- la présence d'un système d'irrigation et de bâtiments pour le stockage et l'extraction des graines
- la proximité de l'agence d'Ernslaw One pour le Southland

Composition

Il y a 4 différents vergers OP sur le site de Millers flat (mais aucune séparation entre ces vergers !).

- Tramway (provenances de Washington), Blocs 1-2-3-4-8-9

Les arbres ont été sélectionnés dans des plantations néo-zélandaises : une pré-sélection sur 10 critères (diamètre, hauteur, rectitude, branchaison, défauts, maladie, forme du tronc, nombre de cônes) a permis de retenir des candidats qui ont été évalués pour la densité du bois. Ce verger est composé de 29 génotypes sélectionnés dans des plantations de Tramway (près de Gore) et de 3 génotypes sélectionnés dans des plantations de Dusky. Ce verger a été réalisé en 2001 (120 ramets par génotype).

- Rankleburn (Californie + Oregon), Blocs 5-6

Ce verger a été planté en 2005 à partir de 19 génotypes sélectionnés à Rankleburn (test de provenances établi en 1959) et de 6 génotypes sélectionnés à Pomahaka (plantation réalisée avec des graines de Rankleburn). Il y a 26 ramets par génotype. Ce verger n'est pas récolté actuellement.

- Fort Bragg (Californie), Bloc 7

Ce verger a été installé en 2005 à partir de 19 génotypes sélectionnés par SCION à Kaingaroa forest (île du nord) en mettant un poids important pour la qualité du bois.

- Pomahaka (Californie et Oregon), Bloc 10

Ce verger a été établi en 2006 à partir de 20 génotypes (14-15 ramets par génotype) sélectionnés par SCION dans des plantations réalisées avec des graines du verger Rankleburn.

Les résultats des dispositifs génétiques montrent une interaction GxE pour la croissance, en particulier entre l'île du nord et le Southland. Mais cette interaction est, en partie, confondue avec la sensibilité au SNC (Swiss Needle Cast) qui touche principalement l'île du nord (l'interaction pourrait résulter d'une plus forte sensibilité de certains génotypes au SNC). Toutefois, il semblerait que dans les régions avec des étés secs, l'origine Fort Bragg soit la meilleure alors que les provenances Tramway et Pomahaka sont recommandées pour les sites où la sécheresse estivale est moins fréquente. Aujourd'hui, ce sont essentiellement des graines de Tramway qui sont commercialisées.

Gestion des vergers

Une personne travaille à temps plein pour l'entretien des vergers.

Ernsalw One utilisait des porte-greffes compatibles américains mais ils ne peuvent plus les importer pour des raisons sanitaires (pitch canker). Comme Ernsalw One dispose encore de génotypes compatibles en parc à clone, ils réalisent désormais deux greffes : les génotypes compatibles sont greffés sur un porte-greffe lambda, puis le génotype d'intérêt est greffé sur le greffon compatible (« inter-stock »).

Les arbres sont plantés en 5m x 7m avec un entretien très régulier : tonte entre les arbres et herbicide (glyphosate) sous les arbres (pour limiter la compétition et faciliter l'irrigation). L'année prochaine, des moutons seront utilisés pour la tonte.

Une taille est réalisée tous les ans (élagage des branches les plus basses pour faciliter la circulation de l'air et limiter la stagnation du froid). La hauteur des arbres est également limitée par une taille régulière (« topping »).



Système d'irrigation

La présence d'une mare permet d'avoir de l'eau pour irriguer le verger l'été (goutte-à-goutte).

Il n'y a pas de maladie ni de pestes majeurs à part le phytophthora (les sols sont contaminés car c'était un ancien verger de pommes). Pour lutter contre le phytophthora, une attention particulière est portée sur le drainage et une pulvérisation de fongicides est pratiquée deux fois par an (automne et printemps).

Il n'y a pas de prévention particulière pour lutter contre les froids tardifs, à part assurer une bonne circulation de l'air par la taille des arbres.

Récolte

La première récolte a lieu 4 ans après le greffage. Elle a lieu à la fin du mois de février avec une échelle (2-3 mètres maximum) et dans de rares cas avec une nacelle élévatrice. Environ 30 personnes participent à cette opération pendant 2-4 jours (généralement une association qui souhaite lever des fonds). Quand la production de cônes est importante, seuls les 10 meilleurs génotypes sont récoltés.

Les cônes sont stockés dans des sacs de jute. Le séchage se fait d'abord dehors pendant 2 jours puis à 37°C dans une chambre de séchage. L'extraction des graines, le désailage et le tri se font sur place. Il n'y a pas de traitement des graines.

Production

Ernslaw One produit, tous les ans, environ 15 kg de graines pour ses propres plantations et ~60 kg pour la vente. Il pourrait produire beaucoup plus mais la demande est faible en Nouvelle-Zélande. Ernslaw One espère pouvoir vendre des graines aux américains. En effet, les meilleurs lots de graines américaines sont utilisés par les grandes coopératives pour leurs clients. Les petits propriétaires n'ont pas accès à des graines de qualité. Ernslaw One a importé il y a quelques années de bonnes familles des Etats-Unis et a installé deux dispositifs dans l'espoir de pouvoir développer des vergers à graines pour le marché américain.

Verger à graines de Proseed

Proseed a installé un verger en 1999 à partir d'une sélection de 80 génotypes dans le test historique de provenances (établi en 1959). Il renouvelle régulièrement les génotypes depuis 2005 avec de nouvelles sélections. Les génotypes sont des provenances Californie et Oregon.

La floraison est très variable dans ce verger et la récolte des cônes ne se fait que s'il y a suffisamment de cônes.

Ce verger sert surtout d'archive clonale pour le programme d'amélioration. Proseed réalise également les CP sur demande de SCION pour la mise en place de dispositifs génétiques.

4- Les pépinières forestières

En 2017, il s'est vendu 48 millions de plants de pin radiata et 2 millions de plants de douglas en Nouvelle-Zélande (Ministry of Primary Industry, 2017).

4-1 La production de plants de pin radiata

Les plants de pin radiata sont généralement très robustes. La plupart des pépinières les élève en racines nues sur ~9 mois (plus de 75% des plants sont élevés en racines nues) avec un très bon taux de réussite pour les plantations. PFOlsen a fait le choix de développer les plants en godets (« containers ») : 3,5 millions de plants en godets (110 mL) dans une pépinière près d'Auckland avec une prévision de 8 millions de plants dans quelques années. L'intérêt principal des godets est d'étendre la période de plantation ce qui semble important en raison de la difficulté de trouver de la main d'œuvre pour les plantations. Qu'ils soient en racines nues ou en godets, l'élevage des plants se fait :

- à partir de graines (« seedlings ») issus de verger OP ou CP
- par bouturage (« cuttings ») pour multiplier les meilleures familles à partir de pied-mères. Les plants obtenus par bouturage sont réputés plus résistants, en particulier au froid ; le diamètre au collet est plus important (2 années de croissance au lieu d'une pour les semis).
- par bouturage pour cloner les meilleurs génotypes. Arborgen est le principal acteur pour le développement de plantations clonales (pied-mères obtenus à partir d'embryogénèse somatique).

Arborgen produit plus de 40% des plants de pin radiata en Nouvelle-Zélande (soit environ 20 millions de plants).

Pépinières d'Edendale et d'Appleton

Comme la plupart des pépinières néozélandaises de pin radiata, les pépinières d'Edendale (Arborgen) et d'Appleton produisent des plants en racines nues sur 1 an : 6-9 millions de plants par an pour Edendale et 4 millions de plants sur 45 ha pour Appleton. Ces plants sont issus de graines pour la majorité mais aussi de boutures. Les boutures proviennent de pied-mères de 4 ans maximum (les premières boutures sont prélevées après 1 an de croissance).

A Appleton, qui est situé sur un site assez fertile (dépôt fluvial) contrairement aux sols volcaniques de la région de Rotorua (pépinière de Timberlands, par exemple), l'apport en engrais est limité. Il y a une rotation des terres : 3 ans pin radiata – 3 ans gazon. Les plants sont taillés (« topping ») une ou plusieurs fois si besoin ce qui ne semblent pas engendrer de problème de forme de la tige (une seule tige reprend la dominance) et permet de conserver des plants de taille inférieure à 30cm. L'aspersion est utilisée lorsqu'il y a un risque de gelée.

Pépinière de Te Teko (Whakatane, Arborgen)

Cette pépinière est la seule pépinière d'Arborgen spécialisée dans l'élevage des plants en godets. Elle produit annuellement 1,7 million de boutures et 0,5 millions de semis. Cette pépinière fournit l'essentiel des plants d'Arborgen pour les plantations clonales.

Arborgen possède des génotypes de la RPBC mais elle a également développé un programme d'amélioration. Il s'agit essentiellement de comparaison de clones. L'utilisation de l'embryogénèse somatique permet à Arborgen de conserver et multiplier à grande échelle les génotypes les plus

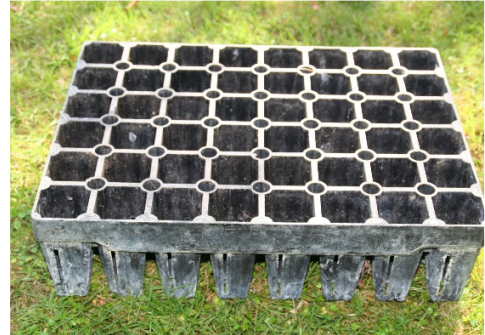
performants. Les pied-mères ainsi obtenus sont conservés 3 ans (~5 boutures la première année, ~10 la seconde, ~20 la troisième). Quand le pied-mère est trop âgé, les boutures se développent moins bien. Seuls 6 clones sont actuellement commercialisés par Arborgen pour toute la Nouvelle-Zélande.

Le développement des racines chez les boutures ne nécessite pas d'hormone (taux de réussite ~90%). Après 16 semaines dans une serre tunnel, les plants sont élevés en extérieur. Il faut ~12 mois avant la commercialisation des plants.

Les intrants utilisés sont des herbicides, une fertilisation azotée solide et liquide, des traitements contre *Dothistroma* et red needle cast. Les plants sont taillés à 27 cm, plusieurs fois si cela est nécessaire (max 33 cm de hauteur et diamètre minimal de 4 mm).



Plants en godet (Arborgen)



110 mL containers (Arborgen)

Murray's nursery

Cette pépinière est spécialisée dans l'élevage de pin radiata en racines nues à partir de semis (ce qui permet de ne pas avoir à conserver et entretenir de pied-mères). Patrick Murray, a choisi d'automatiser au maximum la production pour avoir des plants de meilleure qualité tout en simplifiant le travail.

Il dispose actuellement d'environ 40 ha pour une capacité maximum de 16 millions de plants par an. La moitié de sa production est sous-contrat (les clients apportent leurs lots de graines) et l'autre moitié est faite à partir de graines achetées à Proseed (essentiellement des OP).

Il a conçu ses propres machines pour le semis et l'arrachage des plants. Le semoir réalise à la fois : la préparation du terrain, le semis en 10 rangées, la fertilisation (190 kg/ha) et la mycorhization. Le nombre de passage est ainsi réduit de 4 à 1, ce qui entraîne une moindre compaction des sols. Cette automatisation permet de semer environ 100 000 plants/heure. Un GPS (précision 1-2 cm) permet d'avoir une très grande uniformité et de limiter la main d'œuvre (une personne au lieu de 2 auparavant).

Voir les video sur TVNZ et youtube :

<https://www.youtube.com/watch?v=luoVrN5lAWs>

<https://www.ruraldelivery.net.nz/stories/Murray-s-Nurseries>

Après le semis, il n'y a pas d'autre passage pour la fertilisation (réduction de 40% de la quantité d'azote utilisée par rapport au standard d'il y a quelques années).



Ancien semoir



Nouveau semoir

De même, le “root pruner” a été conçu pour augmenter la précision et la rapidité du travail tout en travaillant à une seule personne (la taille des racines est une étape clé). Un fongicide est appliqué derrière les disques pour éviter le développement du Botrytis (plus particulièrement après la taille). Le GPS est aussi utilisé pour la taille en hauteur (« topping ») et la coupe sous les racines (« under cutting » à 10 cm).



Ancien “root pruner”



Nouveau “root pruner”

Actuellement, la production de 7 millions de plants est gérée par 2 personnes. Mais lorsque le processus d'automatisation sera finalisé, une seule personne pourra gérer 7 millions de plants. Toutefois, cela nécessitera des personnes plus qualifiées et aussi le développement de système de surveillance des cultures (par drone par exemple) car, le personnel est moins présent pour la surveillance des cultures.

Le semis commence début octobre (c'est la pépinière qui sème le plus tard) et les plants doivent être prêts en avril – mai (les dernières plantations se font en septembre). Ce sont des semis de 9 mois. Généralement, 2 à 4 tailles en hauteur (« topping ») sont nécessaires.

Il n'y a pas de gestion du froid (la température peut descendre jusqu'à -6°C) sauf pour l'arrachage des plants. Celui-ci ne doit pas se faire quand il gèle ; les plants sont donc couverts si nécessaire avant l'arrachage.

L'irrigation (« travelling boom ») est utilisée uniquement au moment du semis et parfois juste avant la coupe sous les racines.

De grandes haies de *Thuja plicata* (Western Redcedar ou thuya) taillés à 6,5 m sont disposées régulièrement, afin d'éviter les dégâts sur les jeunes plants (un vent de 120 km/h n'est pas exceptionnel).

La quantité de produit chimique est limitée au maximum afin de permettre un meilleur développement des racines (il n'y a pas eu de traitement fongicide les deux dernières années à part contre le Botrytis). Patrick Murray collabore avec SCION afin de limiter les traitements chimiques. Une fois les plants arrachés, le conditionnement se fait dans le champ pour éviter toute erreur d'identification. Il n'y a pas de stockage ; les plants sont expédiés juste après l'arrachage. Les plants étant arrachés selon la demande, cela nécessite d'être très réactif (embauche d'un surplus de main d'œuvre à cette période pour être réactif) mais c'est une garantie pour avoir des plants de qualité.



Coupe des racines à 10 cm (« under-cutting ») de semis en racines nues (Murray's nursery).



Plants en racines nues (7 mois)



Racines mycorhizées

4-2 Recherches menées par SCION sur la mycorhization des plants

Dans les années 70-80, la Nouvelle-Zélande était leader dans les recherches sur la mycorhization des plants en pépinière. Cependant, les applications n'ont pas été à la hauteur des attentes ce qui a entraîné une baisse des financements pour ces recherches.

Aujourd'hui, certaines pépinières forestières utilisent la mycorhization (soit à partir de champignons récoltés en forêt, soit à partir de mélanges de souches), d'autres non. L'utilisation de la mycorhization reste très empirique.

Depuis 2009, Simeon Smaill, de SCION (Christchurch), dirige des recherches pour étudier l'impact de la fertilisation et des fongicides sur les communautés d'ecto-mycorhizes ainsi que les conséquences pour la croissance après plantation. Trois études ont été menées ou sont en cours.

1^{ère} étude (Smaill et Walbert, 2013) :

Elle a été menée en 2009 à la pépinière de Te Ngae (Timberland) sur des pins radiata en racines nues. Le traitement standard est l'utilisation de fertilisants et de fongicides (les quantités utilisées dépendent des conditions météorologiques et des observations de terrain).

L'expérience a consisté à faire varier de plus ou moins 25% les quantités de fertilisants (N, P, K) et de fongicides. La principale conclusion est que le traitement influence peu la quantité totale de mycorhization mais change sa composition. En particulier, ils observent (observations morphologiques) moins de Rhizopogon pour des quantités importantes de fertilisants et de fongicides.

Après plantation, aucun impact du niveau de fertilisation en pépinière n'est observé sur la croissance (positif ou négatif). Mais les traitements avec moins de fongicides ont une meilleure croissance à 2 ans (pas significatif à 1 an).

2^{ème} étude

Elle a été menée en 2014 dans la pépinière de SCION sur des plants en racines nues. Une large gamme de combinaisons entre la quantité de fertilisant (0 / 50 / 100 / 150% du standard) et de fongicide (0 / 50 / 100% du standard) a été testée sur des plants de *Pinus radiata* et *Pinus attenuata* x *Pinus radiata*.

Plus la quantité de fongicide est importante, moins on observe de Rhizopogon chez le pin radiata. Cela ne s'observe pas chez l'hybride pour qui le niveau de Rhizopogon est très faible quel que soit le traitement. Par contre, l'hybride présente une plus grande diversité de mycorhizes, ce qui pourrait expliquer sa meilleure adaptation à des sites difficiles.

Ces plants ont ensuite été plantés dans 5 sites. Dans un des sites, une mycorhization plus importante en Rhizopogon, est associée à une meilleure croissance. Ce n'est pas observé dans les 4 autres sites mais ils correspondent à des environnements plus froids où la mycorhization pourrait nécessiter plus de temps pour être efficace. Cette expérience se poursuit.

3^{ème} étude

Cette étude a été menée avec Arborgen et a débuté en 2015.

Deux paramètres sont testés :

- nutrition : diammonium de phosphate (fertilisation N et P) / biuret (solide donc moins lessivable)
- fongicide : avec / sans

La communauté ecto-mycorhizienne est analysée à partir de séquençage de l'ADN (extrait des racines). Les premiers résultats montrent que moins de fongicide est associé à plus d'azote dans les aiguilles ainsi qu'à un meilleur taux de survie.

Cette expérience est en cours.

Les pépinières néo-zélandaises sont très intéressées par ces études et certaines ont commencé à diminuer le niveau de fertilisation et de fongicide utilisé. Les principaux avantages sont :

- Hygiène et sécurité (moins de produits chimiques manipulés par le personnel)
- Gains économiques
- Impact environnemental (l'utilisation des produits chimiques est la principale limitation du développement des pépinières en raison d'une réglementation devenue plus stricte).

L'objectif, selon Simeon Smaill, est : « to move from protected trees to healthy trees ». Les recherches sur cette thématique se poursuivent à SCION. Il a évoqué différentes pistes de recherches:

- Adaptation de l'élevage des plants selon le site de plantation
- Elargir les recherches en cours aux semis en godets et aux pied-mères
- Prise en compte de la composante génétique (sélection d'un génotype et sa communauté microbienne associée)
- Etude de la sensibilité des ecto-mycorhizes selon le fongicide utilisé (3 sont actuellement utilisés)
- Développer un réacteur de mycorhizes pour chaque pépinière

4-3 La production de plants de douglas

Ernslaw One utilisait des plants de douglas en godet (« containerised seedling ») il y a quelques années mais il a arrêté. La raison donnée par Phil De La Mare (ErnslawOne, Southland) est que, bien que le choc de transplantation soit limité avec les godets et que la saison de plantation puisse être étendue, les plants en godet de 1 an sont généralement de petite taille ce qui les rend plus sensible aux prédateurs (lapins...). Aujourd'hui, les plants de Douglas sont élevés soit en racines nues de 2 ans soit en « plug+1 ».

Ernslaw One a un contrat avec deux pépinières près de Edendale: deux tiers de ses graines sont élevés par une pépinière Arborgen en « plug+1 » et le tiers restant est élevé en racines nues sur deux ans.

J'ai pu visiter la pépinière d'Arborgen à Edendale. C'est la seule pépinière à élever le douglas en « plug+1 » (1 million de plants par an pour Ernslaw One).



50cc trays pour le semis (pépinière Edendale)

Les trous permettent le “air root pruning” (pour l'eucalyptus, du cuivre est utilisé comme “chemical root pruning” pour éviter la torsion des racines).

Le semis se fait, en septembre (début du printemps), dans une serre (structure métallique avec double paroi plastique et contrôle de la température par le toit) pour mieux contrôler les conditions de germination (taux de germination de ~70%). Cette opération est aujourd'hui manuelle mais une machine vient d'être achetée pour le semis. Le semis se fait dans des « trays » de 50cc. Après 5-6 mois (racines d'environ 10 cm), les plants sont plantés en champs (l'objectif étant d'avoir les plants prêts le plus tôt possible) en janvier – février. En mars, est pulvérisée une solution contenant une ecto-mycorhize (Ernslaw One récolte l'inoculum dans les forêts de douglas). Les plants sont fertilisés en même temps que l'irrigation en serre ; puis un fertilisant sous forme solide est utilisé en champ.

Il y a une rotation pour l'utilisation du paddock : 1-2 ans de pin radiata (pour casser le sol), 2 ans de douglas puis 4 ans de gazon. Il semble y avoir peu ou pas de problème de pestes ou de froid.

La récolte des plants se fait en hiver après une saison de végétation à l'extérieur. Ils sont emballés par 100 dans des sacs imperméables pour les maintenir humides et stockés à 2-4°C (cette période de stockage devant être le plus courte possible).

Douglas-fir

1	Species and Type	Quantity	Price \$/1000
	Tramway ESO		\$

2 Specification for Douglas-fir Seedlings

- 2.1 Minimum acceptable height 250mm measured from the root collar to the terminal bud.
- 2.2 Maximum acceptable height 500mm measured from the root collar to the terminal bud.
- 2.3 Minimum acceptable root collar diameter of 6mm.
- 2.4 Roots trimmed to 150mm from the root collar.
- 2.5 No double or multi-leaders - single leader only.
- 2.6 Terminal buds must be healthy and fully set.
- 2.7 No form pruning of any kind is acceptable without prior discussion with the Company.
- 2.8 Seedlings must have at least 4 lateral buds.
- 2.9 No excess soil on the roots.
- 2.10 Foliage to be a healthy green colour.
- 2.11 Stem must be straight with no excessive kinks or wobbles.
- 2.12 No insect, fungal or physical damage acceptable.
- 2.13 Seedlings packed 'moist', 100 to a bag.
- 2.14 Packed bags not to exceed 15kg in weight.
- 2.15 The Nursery must ensure that the seedlings are fully hardened off prior to lifting.

Spécifications demandées par Ernslaw One à la pépinière pour l'élevage des plants de douglas



Elevage du douglas en « plug+1 » (ici peu après la plantation des « plugs »).



Système racinaire du “plug” après la plantation en champ.



« Plug+1 » après une année de croissance en champ.



Système racinaire après une année en champ (racines mieux développée que des plants en racines nues de 2 ans).

5- Conclusion

Les forêts de plantation néo-zélandaises sont à plus de 90% des forêts de pin radiata. Cela s'explique par la forte productivité de cette espèce sur presque tous les sites de Nouvelle-Zélande, des pathogènes sous contrôle avec les traitements actuels (cuivre pulvérisé par hélicoptère) et une grande rusticité des jeunes plants limitant le coût d'installation de la plantation. Malgré la menace du pitch canker, cette position dominante semble bien établie.

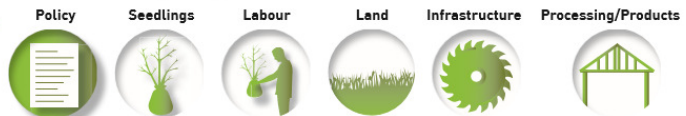
La superficie des plantations forestières est en léger recul depuis les années 2000 en raison de la concurrence des terres avec l'élevage laitier. Cependant, la politique du nouveau gouvernement (Labor/NZfirst/Greens) devrait relancer les plantations puisqu'il a fixé un objectif d'un milliard d'arbres en 10 ans (**Figure 10**). La Nouvelle-Zélande plante annuellement environ 50 millions d'arbres, cela revient donc à doubler ce chiffre pendant 10 ans. Les principaux objectifs de cette politique sont : le développement rural, le stockage de carbone, une utilisation des terres permettant d'améliorer la qualité des eaux (les eaux sont très polluées en raison de l'agriculture). Trois défis sont à relever pour parvenir au milliard d'arbres en 10 ans : trouver les terres (et convaincre les propriétaires de planter), trouver la main d'œuvre pendant la saison de plantation, être en capacité de produire assez de plants. Cette politique de plantation devrait s'accompagner d'une plus grande diversification des espèces utilisées puisque la production n'est pas le seul objectif. SCION a, par exemple, développé avec une tribu maori une pépinière pour produire des plants d'espèces forestières endémiques (essentiellement des podocarpes en utilisant la propagation végétative).

One billion trees – Reclaiming our forest heritage together

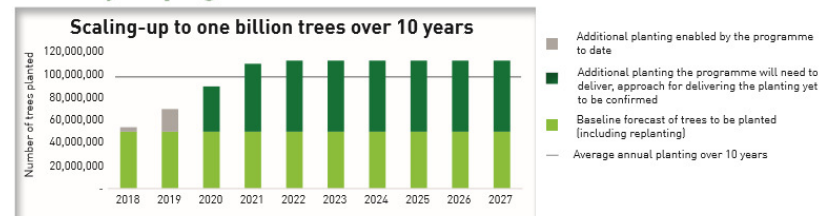
It's about:



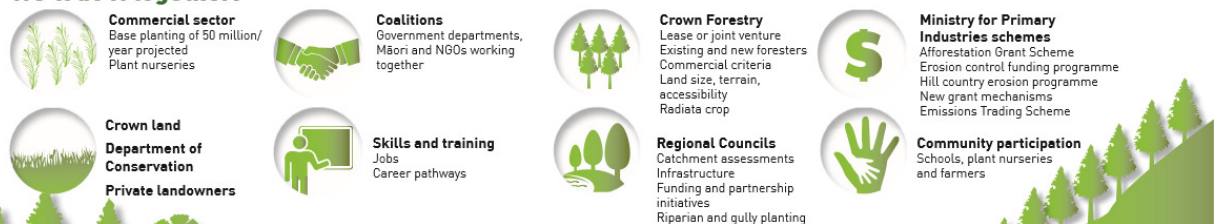
It requires:



It's a 10 year programme:



We'll do it together:



We'll plant:
Natives and exotics in traditional and innovative locations

March 2018

Figure 10: Objectif du nouveau gouvernement : la plantation d'un milliard d'arbres dans les 10 prochaines années.

On observe une certaine diversité des stratégies choisies par les entreprises forestières quant à leurs activités (**Figure 11**). Il n'existe qu'une entreprise spécialisée uniquement dans la production de graines (Proseed issue de la privatisation des vergers de l'état). Proseed exporte même des graines de pin radiata en Australie (essentiellement issues de vergers OP). Arborgen est spécialisée dans la production de plants de haute qualité génétique (clones et CP) ; ses vergers lui permettent d'être totalement autonome pour la fourniture des graines. PF Olsen, la principale entreprise de services forestiers, dispose de vergers et de pépinières afin de réaliser les plantations de ses clients. Ermslaw One qui possède des forêts, investit fortement dans les plantations de douglas et a choisi d'avoir ses propres vergers. Il sous-traite l'élevage de ses plants à des pépinières. Timberland possède la plus grande forêt de plantation (Kaingaroa forest, 190 000ha) et a ses propres pépinières pour réaliser ses plantations. Enfin les autres entreprises qui possèdent des forêts s'approvisionnent généralement auprès de pépinières.

	Verger	Pépinière	Gestion forestière	Forêts
PF Olsen	x	x	x	
Arborgen	x	x		
Proseed	x			
ErmslawOne	x			x
Timberland		x		x
Murray's nursery		x		

Figure 11 : Diversité des activités des entreprises forestières néozélandaises.

Une très grande attention est portée au déploiement du gain génétique, en particulier pour le pin radiata. Les vergers sont localisés dans des sites favorisant la fructification et en dehors de toute pollution pollinique. La gestion de ces vergers est très intensive avec des tailles régulières, l'utilisation de l'induction florale et de l'irrigation. Depuis plusieurs années, les utilisateurs conquis par les gains génétiques des vergers CP ont clairement fait le choix des croisements contrôlés (~75% des plantations). Seules les plantations sur des sites les moins productifs sont réalisées avec des graines OP. La forêt clonale reste encore très minoritaire (seul Arborgen fournit des plants pour les plantations clonales). Le prix des plants est directement lié à leur qualité génétique donnée par le système GFplus (rapport de 1 à 4 entre les plants issus de OP et de CP).

L'absence de régulation sur le gain et la diversité génétique donne une très grande liberté à la fois aux gestionnaires des vergers et aux propriétaires forestiers. Les vergers OP contiennent un nombre limité de génotypes et leur composition peut évoluer. La plupart des propriétaires choisissent un mélange d'une dizaine de familles CP en fonction des objectifs de production (volume, qualité du bois, long entre-nœud...) et des caractéristiques de leurs sites (résistance au *Dothistroma* par exemple). Cette faible diversité n'a pas eu, pour le moment, d'effets négatifs sur la production. Toutefois, la composition de la population d'amélioration du pin radiata a dû être revue dans les années 2000 en raison de sa trop faible diversité. Malgré cela, la gestion de la diversité dans la population d'amélioration semble être encore un point critique qui s'explique, entre autre, par le manque de séparation claire entre population de production et population d'amélioration.

La très grande majorité des pépinières produisent des plants en racines nues (à partir de graines ou de boutures) en raison de la grande rusticité du pin radiata. Murray's nursery investit très fortement dans l'automatisation de la production de plants en racines nues pour réduire au maximum les coûts

de production et obtenir des plants de meilleure qualité. Seule PFOlsen produit uniquement des plants en godets (actuellement 4 millions de plants mais sa capacité de production va atteindre 8 millions de plants dans les prochaines années). Timberland est en train de développer des infrastructures pour produire des plants en godets. Arborgen utilise l'élevage en godets pour son matériel destiné à la foresterie clonale. L'élevage en godets pourrait se développer dans les années à venir en raison de l'extension de la saison de plantation (liée à la difficulté à trouver de la main d'œuvre et au projet « One billion trees »).

Les marqueurs moléculaires sont actuellement très peu (voire pas) utilisés quel que soit le programme d'amélioration considéré. Toutefois des moyens très importants sont investis en sélection génomique pour le pin radiata, l'eucalyptus et le douglas. L'arrivée de la sélection génomique suscite à la fois beaucoup d'espoirs et de craintes selon les acteurs de la filière. Proseed craint, par exemple, que la forêt clonale soit particulièrement avantagée par la sélection génomique rendant les graines CP moins attractives.

Références bibliographiques

Baillie B, Neary D (2015) Water quality in New Zealand's planted forests: a review. NZ Journal of Forestry Science. 45(7).

Baillie B, Neary D, Rolando C (2017) Use of pesticides and fertilisers in New Zealand's planted forests – implications for water quality.

Référence disponible sur:

https://www.fs.fed.us/rm/boise/AWAE/labs/awae_flagstaff/publications/2017_IMAV-Baillie-et-al-chemicals-planted-forest-water-quality.pdf

Dungey H, Brawner J, Burger F, Carson M, Henson M, Jefferson P, Matheson A (2009) A new breeding strategy of *Pinus radiata* in New Zealand and New South Wales. *Silvae Genetica* 58(1-2):28-38.

Dungey H, Low C, Lee J, Miller M, Fleet K, Yanchuk A (2012) Developing breeding and deployment options for Douglas-fir in New Zealand: breeding for future forest conditions. *Silva Genetica* 61(3):104-115.

Dungey H, Shula B, Suontama M, Li Y, Low C, Stovold T (2015) Quantitative genetics and developments in Scion's tree breeding programmes. NZ Journal of Forestry. 60(1):12-16.

FOA – 2017a - Forest Owners Association - Figures and Facts 2016-2017 – 31p.

FOA – 2017b - Forest Owners Association – National Exotic Forest Description – 62p.

Jayawickrama K, Carson M (2000) A breeding strategy for the New-Zealand Radiata Pine Breeding Cooperative. *Silvae Genetica* 49(2):82.

Ministry of Primary Industry (2017) Provisional estimates of tree stock sales and forest planting in 2017

Proseed (2018) General presentation of the Proseed seed orchard.

RPBC (2002) Rating the genetic quality of radiata pine. RPBC information bulletin n°1.

SCION (2015) Updates in wilding conifer management.

Smaill S, Walbert K (2013) Fertilizer and fungicide use increases the abundance of less beneficial ectomycorrhizal species in a seedling nursery. *Applied soil ecology* 65:60-64.

Watt S. M., Palmer D. J., Höck B. K. (2011) Spatial description of potential areas suitable for afforestation within New Zealand and quantification of their productivity under *Pinus radiata*. NZ Journal of Forest Science. 41:115-129.

Yao RT, Barry LE, Wakelin SJ, Harrisson DR, Magnard L-A, Payn TW (2013) Planted forests. In Dymond JR ed. *Ecosystem services in New Zealand*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.

Personnes rencontrées

Arborgen

Smith Wayne (Tree improvement manager, participe aux réunions de la Southern Tree Breeding Association en Australie)

Nathan Milne (Te Teko nursery)

Kevan Buck (Seddon seed orchard, Buck Forestry Services Ltd)

Ernslaw One

Mark Dean (Forestry planner)

Phil de la Mare (Regional manager)

Julie-Anne Kelly (Seed orchard manager)

Murray's nursery

Patrick Murray (Manager)

PF Olsen

Wei-Young Wang (Seed orchard and nursery manager)

Rodger Fenwick (Blenheim seed orchard)

Proseed

Shaf van Ballekom (Manager)

shaf@proseed.co.nz

SCION, Christchurch

Simeon Smaill (Researcher)

SCION, Rotorua

Craig Ford (Nursery scientist)

Paul Keech (Nursery manager)