



HAL
open science

Harmonisation des différentes composantes mesurées sur les arboretums scientifiques de l'ONF

Valentin Bouttier

► **To cite this version:**

Valentin Bouttier. Harmonisation des différentes composantes mesurées sur les arboretums scientifiques de l'ONF : Rapport de 1ère année d'étude d'ingénieur par apprentissage AgroParisTech. Sylviculture, foresterie. 2018. hal-03190744

HAL Id: hal-03190744

<https://hal.inrae.fr/hal-03190744>

Submitted on 6 Apr 2021

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.

Rapport d'activité

Valentin Bouttier

31/08/2018

Maître d'apprentissage : Brigitte MUSCH

Enseignant tuteur : Yves EHRHART



PHOTOGRAPHIE DE L'ARBORETUM DU CANEIRET – THIERRY LAMANT

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser tous mes remerciements à ces personnes sans qui ce travail n'aurait pas été possible :

Mme. **Brigitte MUSCH**, maître de stage, pour m'avoir encadré pendant cette première année d'apprentissage, pour avoir répondu aux différentes questions que je me suis posées, pour m'avoir aidé dans la rédaction du présent rapport et pour son très bon accueil au CGAF.

M. **Thierry LAMANT**, assistant de recherche et développement, pour avoir pris le temps de répondre à mes nombreuses questions et demandes tout au long de cette première année. Pour avoir été toujours disponible pour m'accompagner sur le terrain et pour son enthousiasme dans le partage de ses connaissances en dendrologie.

M. **Anthony DUBOIS**, assistant de recherche et développement, pour sa bonne humeur et les bons moments partagés ensemble.

Mme. **Benedicte LE GUERROUE** et **Yves ROUSSELLE** pour leur accompagnement lors de cette année d'apprentissage.

M. **Yves EHRHART**, tuteur AgroParisTech, pour les conseils et l'accompagnement qu'il m'a apporté.

Au personnel du département Recherche Développement et Innovation de l'ONF pour leur accueil chaleureux et notamment à **Christine DELEUZE** pour sa bonne humeur et sa compréhension.

Au reste du personnel de l'UMR BioForA, pour leur bon accueil et les repas partagés ensemble.

TABLE DES MATIERES

I.	Introduction.....	1
II.	Partie 1 : Contexte de travail et objectifs visés.....	1
1.	ONF	1
	Une organisation déconcentrée:.....	2
	De multiples missions d'intérêt général	2
2.	RDI.....	3
3.	UMR Biofora.....	4
4.	CoRe.....	4
5.	Présentation des arboretums scientifiques de l'ONF	6
6.	Les autres outils à notre disposition	7
7.	L'étude dendroécologique.....	8
2.	L'étude dendrometrique et etat sanitaire	10
3.	Mon positionnement dans le projet	12
III.	Partie 2 : Mes différents travaux au cours de cette première année	14
1.	L'harmonisation des arboretums	14
A.	Les bases de données des arboretums scientifiques.....	14
B.	Les plans géoréférencés des arboretums	21
2.	Les autres travaux.....	22
A.	Les échantillons de bois.....	22
B.	Restitution des avancées en réunion	23
C.	La Base de Gestion des essais du département RDI de l'ONF.....	24
D.	Les comptes rendus d'installation	25
3.	Les formations.....	25
A.	Recherche bibliographique.....	25
B.	La Formation dendrochronologie/dendroécologie	26
C.	La Formation au logiciel R.....	26
4.	Prévisions pour l'an prochain	27
IV.	Conclusion :.....	27

I. INTRODUCTION

Le présent rapport vise à synthétiser les différentes activités réalisées lors de ma première année d'apprentissage au « Conservatoire Génétique des Arbres Forestiers » (CGAF). Ce pôle du département recherche, développement et innovation de l'ONF est dans l'Unité Mixte de Recherche Biologie Intégrée pour la valorisation de la diversité des Arbres et de la Forêt (UMR BioForA). Cette année fût riche en enseignements tant sur le plan personnel que professionnel aussi bien en ce qui concerne la partie scolaire à AgroParisTech que la partie apprentissage à l'Office National des Forêts (ONF).

Je présenterai les compétences et les qualités professionnelles que j'ai pu acquérir durant ma première année d'apprentissage afin de préparer le bilan de compétences. Celui-ci sera réalisé avec ma maître d'apprentissage et mon tuteur enseignant. Ce bilan permettra également de planifier mes activités pour les deux années restantes et les compétences complémentaires à acquérir.

Dans la première partie, je présenterai le contexte de cette première année d'apprentissage ainsi que les objectifs de celle-ci puis dans une seconde partie le déroulé détaillé de cette année.

II. PARTIE 1 : CONTEXTE DE TRAVAIL ET OBJECTIFS VISES

Ici, je vais m'attacher à présenter mon environnement de travail, en débutant par la structure qui m'emploie (l'ONF), puis, le département Recherche Développement et Innovation (RDI) en présentant ses domaines de recherches auquel je suis rattaché au sein de l'ONF et enfin l'équipe Conservation et Reproduction des arbres forestiers (CORE) de l'UMR BioForA, en focalisant sur ses thématiques de recherche et son fonctionnement.

1. ONF

L'ONF est un Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) qui a succédé à l'administration des eaux et forêts en 1964 dont les statuts ont été redéfinis en 1966.

Il est sous la double tutelle du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et du ministère de la Transition écologique et solidaire. L'ONF est lié à l'État par un Contrat d'Objectif et de Performance (COP) renouvelé tous les 5 ans. Celui-ci fixe sa feuille de route pour cette période. Le COP actuel embrasse la période 2016-2020.

L'établissement dont le siège se situe à Paris est dirigé par M. Dubreuil directeur général nommé en conseil des ministres. Il est conseillé dans sa gestion par le conseil d'administration et son président M. Caullet nommés par décret du gouvernement.

L'ONF emploie environ 10 000 personnes soit 9104 équivalents temps plein. Le personnel est pour 61 % fonctionnaires ou contractuels publics, pour 35 % de contrats privés majoritairement des ouvriers forestiers et pour 4 % d'emplois aidés (chiffres de 2016). L'ONF prévoit d'ici peu un fort renouvellement entre 2015 et 2020 dû au départ à la retraite d'1/4 de son effectif.

UNE ORGANISATION DECONCENTREE:

- La Direction Générale (DG) coordonne la politique de l'établissement au niveau national.
- Six Directions Territoriales (DT) et 5 Directions Régionales (DR) fixent les objectifs en matière de mobilisation de bois et de ressources humaines. Les DT ont été modifiées en 2017 pour correspondre aux nouvelles régions issues de la loi Nouvelle Organisation Territoriale de la République (NOTRe) (voir annexe n°1).
- Les Agences Territoriales (AT) servent d'intermédiaire entre la DT et les Unités Territoriales découpage ultime du territoire. Les agences sont de taille très variable de la région à l'infra-département. Elles ont pour rôle d'assurer l'adéquation des politiques des DT aux spécificités territoriales.
- Les Unités Territoriales (UT) se chargent de la gestion courante des forêts et font remonter les problèmes aux agences. Selon la surface des massifs gérés, leur taille oscille entre inter et infra-départementale.

L'ONF comporte aussi différentes directions et départements assurant des fonctions de support comme le département Recherche Développement et Innovation (RDI).

DE MULTIPLES MISSIONS D'INTERET GENERAL

Les missions de l'ONF sont de différentes natures au sein d'un même territoire afin d'atteindre une gestion multifonctionnelle des forêts publiques (11M d'hectares en métropole et dans les DOM) alliant des objectifs de production (1), de protection de l'environnement et du territoire (2), d'accueil du public (3) et de police en forêt (4).

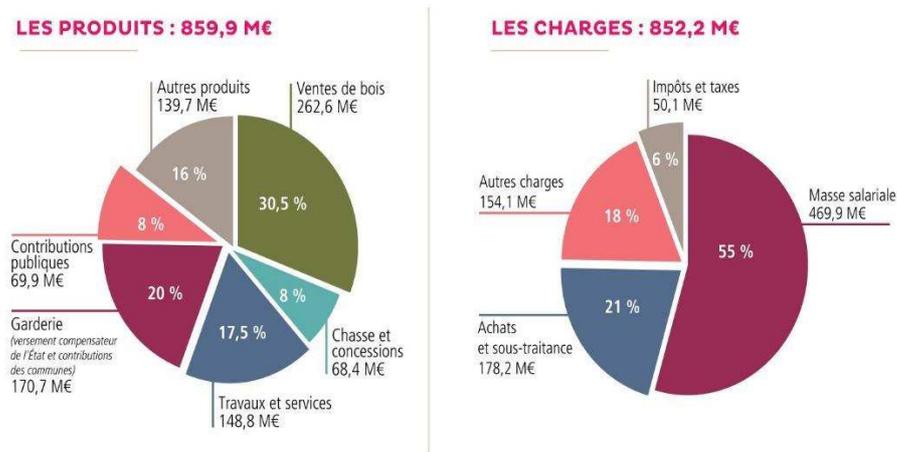


Figure 1: Produits et charges de l'ONF en 2015

(Compte rendu d'activité ONF 2015)

1. Du fait de son statut d'EPIC, l'ONF a un objectif de rentabilité. Le total des produits s'élève en 2015 à 859,9 M€, le total des charges à 852,2 M€. L'équilibre financier est difficile à maintenir à cause du désengagement de l'État dans son financement mais il est aussi très tributaire des cours des ventes de bois.

L'ONF a pour objectif d'accroître les volumes de bois vendus notamment par le biais de la contractualisation des ventes (évitant les invendus) permettant d'atteindre l'objectif fixé par le COP de 15M de m³ de bois vendus par an en 2020.

2. L'ONF doit concilier ce rôle de production avec un rôle de protection et conservation de l'environnement. L'ONF joue un rôle majeur dans la préservation des écosystèmes avec 254 réserves biologiques en 2016 pour une surface de 151 435 hectares visant à protéger des habitats ou espèces vulnérables. Il a aussi une action volontariste en conservant du bois mort sur pied, entretenant des zones humides et mobilisant des spécialistes de la faune et flore. L'ONF a également mis en place différents réseaux à objectif de conservation, de protection et d'étude des écosystèmes forestiers tels que le REseau National de suivi à long terme des ECOsystèmes FORestiers (RENECOFOR) visant à détecter et comprendre les changements à long terme dans les écosystèmes forestiers ou bien le réseau d'Unités Conservatoires (UC), réseau de conservation *in situ* des ressources génétiques.

L'ONF est aussi un acteur reconnu dans la protection du territoire. L'office gère aussi bien des forêts littorales fixant les dunes que des forêts en montagne (Restauration des Terrains en Montagne). Ces forêts sont très importantes pour fixer les sols limitant l'érosion, les chutes de pierres et les avalanches mais requièrent une sylviculture adaptée.

3. L'établissement a un rôle de pédagogie et de sensibilisation du public au respect de l'environnement et dans la compréhension des équilibres sous-jacents. Il met en place et entretient différents aménagements pour pouvoir accueillir le public comme des sentiers, des parcours pédagogiques et des arboretums. L'office est aussi à l'écoute des demandes de la société, ainsi l'ONF souhaite généraliser la gestion en futaie irrégulière sur toutes les forêts peri-urbaine, gestion jugée moins « agressive » visuellement pour les riverains.
4. L'ONF joue aussi le rôle de police en forêt. Les agents assermentés peuvent constater des infractions au code forestier (vol de bois, abattage illicite d'arbres) et au délit de droit commun (dépôt d'ordures, incendie volontaire...).

Parmi ses nombreuses actions, l'ONF avec son département RDI assure la recherche finalisée sur 3 thématiques : l'aménagement, la sylviculture et les ressources génétiques en lien avec le réchauffement climatique. C'est au sein de ce dernier que j'effectue mon apprentissage.

2. RDI

Le département RDI est constitué de 7 pôles et 3 pépinières expérimentales sous la direction des DT depuis janvier 2017. Au sein de la direction du département, outre l'équipe de direction et le staff technique, se trouve RENECOFOR et le Conservatoire Génétique des Arbres Forestiers (CGAF). Les personnels qui forment cette entité sont rattachés au siège. Le département compte 72 personnes.

Le département se concentre sur 4 domaines :

- Adapter l'aménagement forestier aux changements climatiques, technologiques et socio-économiques.
- Concevoir les sylvicultures de demain en intégrant de nouveaux besoins et de nouvelles approches.
- Conserver, qualifier et élargir les ressources génétiques forestières – assurer leur gestion et leur valorisation.
- Suivre, imaginer, projeter, les évolutions de l'environnement et de l'activité de l'ONF.

Le CGAF dans lequel j'ai réalisé mon début d'apprentissage œuvre plus particulièrement dans le troisième domaine.

Au cours de ma présence dans l'équipe, celle-ci a subi une modification majeure. Le CGAF était une Unité Sous Contrat avec l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) de juin 1996 à décembre 2017. Depuis le 1^{er} Janvier 2018, c'est une composante de l'Unité Mixte de Recherche BioForA.

3. UMR BIOFORA

Cette UMR est la première de ce genre. En effet, il s'agit de la première UMR entre l'ONF et l'INRA. Elle a été créée le 1^{er} janvier 2018 faisant suite à la signature de la convention cadre ONF-INRA du 21 février 2017. Cette UMR a des compétences en génétique, génomique et physiologie. Elle est sous la direction conjointe de l'ONF et de l'INRA. Le directeur est Marc Villar (INRA) et les 2 directrices d'unité adjointes sont Véronique Jorge (INRA) et Brigitte Musch (ONF).

Les thèmes de recherche de l'UMR BioForA sont la « compréhension de l'élaboration du phénotype de l'arbre » et « la valorisation des ressources génétiques forestières en maintenant la compétitivité des systèmes de production tout en gérant durablement les écosystèmes forestiers ». Son organisation est la suivante :

- L'équipe physiologie moléculaire de la formation du bois (BOIS), a pour objectif de comprendre les mécanismes moléculaires impliqués dans la formation du bois et dans la définition de ses propriétés, chimiques et mécaniques. L'équipe développe une approche originale de biologie intégrative des différents mécanismes.
- L'équipe Génétique de l'Adaptation et Amélioration étudie les bases génétiques des caractères soumis à sélection (naturelle et artificielle) par des approches de génétique quantitative, de cartographie génétique et de génétique d'association. Elle développe aussi des méthodologies de sélection adaptées aux besoins des filières et dans le cadre de la gestion durable de la diversité.
- L'équipe COnservation et REproduction des arbres Forestiers (CoRe) comprend la totalité du CGAF de l'ONF ainsi que des membres des trois autres équipes. L'originalité de cette équipe tient dans la thématique émergente sur la reproduction où les physiologistes et généticiens travaillent pour comprendre l'impact des réchauffements climatiques sur la qualité des graines. Cette équipe est aussi très tournée vers la filière et a pour objectif de répondre aux attentes des gestionnaires en matière de ressources génétiques adaptées aux futures conditions climatiques.

L'organigramme de l'unité est en annexe n°2.

4. CORE

L'équipe CoRe travaille sur des thématiques de conservation et reproduction, les approches de ces thématiques pouvant être assez variées allant de l'étude des flux de gènes à l'embryogenèse somatique et de la physiologie du développement de la graine. Les compétences au sein de l'équipe sont très complémentaires.

Les thématiques de cette équipe sont :

- La conservation génétique *in situ* et *ex situ* : Unités Conservatoires, les arboretums et la cryoconservation.
- La recherche de nouvelles essences et provenances face aux changements climatiques.
- L'impact du changement climatique sur la reproduction par des approches de génétique, physiologie des graines, et embryogenèse somatique.

Cette équipe utilise de nouvelles techniques telles que la biologie prédictive, les sciences participatives et la bio-économie.

Au sein de cette équipe, mon projet s'inscrit dans la recherche et sélection d'essences allochtones à bon potentiel de croissance et de survie en France dans un contexte de climat changeant. Mon travail vient nourrir le domaine Ressources Génétiques Forestières (RGF) du projet de recherche du département RDI de l'ONF. Ce domaine traite de l'adaptation des ressources génétiques forestières face au changement climatique. J'apporte des références scientifiques et non « direx d'expert ». Mon travail sera également utilisé comme aide dans d'autres projets du département RDI :

- DEFIFORBOIS : Projet visant à identifier les nouvelles pratiques de récolte, à concevoir des options sylvicoles et à proposer de nouvelles essences adaptées au changement climatique. Mon travail s'inscrit dans le volet R3 du projet par la proposition d'une liste d'essences nouvelles pour les reboisements.
- CARAVANE : Projet visant à mettre à disposition des expérimentateurs une base de données et des fiches descriptives de nouvelles essences par le biais d'un site web interactif. Mon travail s'inscrit dans la tâche 1, il servira à compléter les fiches descriptives des nouvelles essences.
- RENEssences : Projet visant à mettre un place un nouveau réseau expérimental pour expérimenter de nouvelles essences et provenances en remplacement des essences actuelles dans les forêts publiques à enjeu fort et pour lesquelles on suspecte une mauvaise adaptation de l'essence actuelle. Les tests seront effectués sur des essences témoins actuelles déplacées géographiquement dans des zones avec des conditions pouvant ressembler à celles de leurs zones de départ d'ici 30 – 50 ans. Ce réseau s'articulera autour de deux types de dispositifs : des dispositifs de RDI avec des petites placettes unitaires de ressources génétiques répétées dans le dispositif et entre sites, et des « îlots d'avenir » plantations forestières d'au moins ½ ha d'une essence/provenance. Mon travail consistera à proposer des essences nouvelles adaptées aux enjeux.
- Esperance : Projet ayant pour objectif la mise en place d'un réseau d'expérimentations multi-partenaires sur de nouvelles essences forestières. Ce projet a pour objectif d'expérimenter des essences et provenances peu connues qui pourraient être utilisées en reboisement dans un contexte de changement climatique. Il vise aussi la création de méthodologie expérimentale, de protocoles de recherche, d'achat et d'élevage des plants communs entre les différents organismes. Ce projet fédère les principaux acteurs de la filière et la recherche ; le CNPF (Centre National de la Propriété Forestière), le FCBA (Forêt Cellulose Bois-construction Ameublement), l'INRA, l'ONF... Mon travail permettra d'orienter certaines de ces recherches sur des essences que j'aurai identifiées comme prometteuses.

On voit à travers tous ces projets la grande importance de cette thématique. Elle vise à aider à la sélection raisonnée et documentée d'essences allochtones résistantes aux événements climatiques extrêmes avec de bons potentiels de production de bois de qualité. Il s'agit d'un enjeu majeur pour l'ONF qui, vu la durée des révolutions en forêt, doit adapter les forêts publiques aujourd'hui pour demain face aux

FIGURE 2 : LOGO DE L'OFFICE NATIONAL DES FORETS



bouleversements environnementaux. Il est donc impératif d'agir dès maintenant, comme le dit la nouvelle signature de l'ONF « Demain prend racine aujourd'hui » (voir figure n°2). L'objectif est donc de pouvoir conseiller directement au personnel de terrain des essences autochtones adaptées à leur climat qu'ils pourront utiliser en reboisement.

5. PRESENTATION DES ARBORETUMS SCIENTIFIQUES DE L'ONF

L'équipe CORE a à sa charge l'animation du réseau d'arboretums d'intérêt national de l'ONF. Ce réseau regroupe 15 arboretums répartis sur 3 catégories d'intérêts différents : les arboretums « patrimoniaux » à objectif pédagogique et d'accueil du public, les arboretums « conservatoires » regroupant des espèces menacées et les arboretums « scientifiques » qui ont de par leur nature, un intérêt pour les chercheurs.

En effet, cette dernière catégorie a pour particularité d'accueillir des essences et provenances allochtones mises en comparaison avec les essences locales, d'avoir été conçus comme un dispositif de recherche avec au minimum 15 individus par parcelles unitaires et d'avoir fait l'objet d'un suivi régulier depuis leur mise en place. Ainsi, ces arboretums présentent toutes les qualités pour faire une étude statistiquement valide jusqu'au niveau de la provenance dans des climats contrastés sur un espace temporel de plus de 40 ans.

Ces arboretums mis en place par l'INRA entre 1969 et 1976 à des fins d'élimination sont au nombre de 6. L'objectif était au sein de nombreuses essences et provenances de sélectionner les plus résistantes et vigoureuses par élimination des plus faibles faces aux différentes crises biotiques et abiotiques :

- L'arboretum de Roumare - Forêt Verte (76) a été mis en place pour trouver des essences résistantes à la pollution notamment au fluor et au soufre provenant des usines de Rouen dans les années 70 (BLANDIN et STEINER 1996).
- Les arboretums du Col des 3 sœurs (48) et de Sainte-Anastasie (15) ont été mis en place pour chercher des alternatives à l'épicéa commun dans les reboisements en altitude du Massif-Central (MONS 1993).
- Les arboretums du Caneiret (83), du plan de l'Esterel (83) et du Treps (83), ont été mis en place pour les 2 premiers dans le massif de l'Esterel et le troisième dans le massif des Maures. Leur objectif initial était double : trouver un substitut au pin maritime, victime de la cochenille et trouver des essences favorables à la reconstitution de couvert végétal limitant l'impact des incendies (PESTOUR 1984).

Ces arboretums sont constitués de différentes parcelles unitaires (PU), une PU est une entité d'un seul tenant qui regroupe la totalité des plants plantés initialement d'une espèce, d'une accession (une date et lieu de récolte identique) et qui ont été plantés en même temps (en général). La taille de ces PU varie selon le nombre de plants la constituant à l'origine ou « Effectif initial » et de la densité de plantation. La majorité des parcelles unitaires ayant un effectif initial de 30 individus sur la totalité des arboretums.

Ces arboretums scientifiques ont été mis en réseau par le CGAF de par les connaissances sur ces essences allochtones qu'il pouvait apporter mais aussi car il couvre un gradient climatique assez important. Cette mise en réseau permet donc l'étude d'une essence dans plusieurs contextes climatiques différents.

En revanche, la précision des connaissances disponibles sur ces arboretums a rendu cette mise en réseau assez difficile car ils n'ont pas été constitués pour être étudiés sous cet angle. En effet, ceux-ci ont été mis en place il y a déjà plus de 40 ans par des équipes différentes et également différentes de celles qui les gèrent actuellement, ce qui pose des problèmes d'archivage et de traçabilité des différentes

opérations effectuées. Ces dispositifs sont très importants tant en nombre de parcelles unitaires, 3 225 sur la totalité des arboretums, qu'en terme d'effectif planté, supérieur à 80 000 plants.

On obtient donc des entités assez hétérogènes (entre les arboretums) avec des jeux de données conséquents qui ne sont pas tous disponibles et/ou informatisés. Cela pose divers problèmes que je vais tenter de résoudre dans la suite de ce rapport.

Les arboretums scientifiques n'avaient pas été conçus pour être mis en réseau et chacun répondait à sa propre logique. Or, face aux questions qui nous sont posées par les changements climatiques, ces dispositifs sont précieux et la possibilité de les mettre en réseau va permettre d'augmenter la puissance des résultats que nous allons obtenir. C'est donc un travail complexe mais qui permettra d'obtenir beaucoup d'informations sur les essences contenues dans les arboretums avec un panel climatique varié.

Sans attendre cette harmonisation, des travaux ont déjà été menés sur ce réseau d'arboretums afin de tirer des enseignements sur les essences allochtones à potentiel dans le contexte de changement climatique.

Les arboretums scientifiques ont fait l'objet individuellement dans le passé de différents travaux de recherche (Pestour...) mais depuis 2011, ils entrent collectivement dans un projet de recherche validé par la commission d'évaluation du département RDI en 2015. Dans ce cadre, plusieurs étudiants ont travaillé au sein de l'ONF, je me focaliserai ici uniquement sur deux d'entre eux plus proche de ma thématique.

6. LES AUTRES OUTILS A NOTRE DISPOSITION

Au-delà des arboretums scientifiques, la composante ONF de l'équipe CoRe a aussi en charge l'animation d'autres dispositifs de recherche dans lesquels ces espèces peuvent être présentes mais aussi d'autres types d'arboretums et de plantations en gestion. L'ensemble de ces objets peuvent apporter des informations supplémentaires dans l'étude de ces espèces.

Ces autres outils accessibles au sein de l'ONF se répartissent en 3 catégories :

- Les expérimentations de comparaison d'espèces et/ou provenances : Comparé aux arboretums, elles se focalisent sur un nombre d'espèces moindre mais elles échantillonnent un plus grand nombre de provenances par espèce. Elles ont aussi l'avantage de suivre un plan expérimental, d'avoir un nombre d'individus par répétition plus conséquent, des prises de données régulières et tracées ce qui rend cet outil très puissant.
- Les arboretums non scientifiques : Ces arboretums n'ont pas été retenus dans la catégorie scientifique soit à cause d'informations trop lacunaires soit parce que l'effectif planté est insuffisant pour être statistiquement valable. Ils n'ont pas été suivis régulièrement ni mesurés et ne suivent pas un plan d'expérimentation. Toutefois ceux-ci offrent une diversité d'espèces très intéressantes et malgré la faible représentation par espèce, la totalité de ces arboretums permettrait de faire un maillage plus important du territoire métropolitain et donc compléter pour certaines essences les conditions pédoclimatiques des arboretums.
- Les peuplements atypiques : On entend par peuplements atypiques des peuplements hors dispositif de recherche d'au moins 10 arbres appartenant soit à une espèce allochtone soit une espèce autochtone en dehors de son contexte écologique habituel (pin maritime en altitude dans les Vosges par exemple). Ceux-ci, en forêt publique ont été recensés par enquête du département RDI en 2015. Les informations disponibles sur de tels peuplements sont bien moins

précises que sur les dispositifs de recherche mais ils permettent comme pour les arboretums non scientifiques d'affiner la connaissance des conditions pédo-climatiques favorables à ces essences sur le territoire.

7. L'ETUDE DENDROECOLOGIQUE

Le travail réalisé par Loukas BENARD (BENARD 2013) portait sur la réaction des essences allochtones face à des événements climatiques exceptionnels par une étude dendroécologique. Pour ce faire, il a donc effectué des carottages sur 16 essences (6 feuillus et 10 résineux) considérées comme à bon potentiel de production (BIMONT 2012) dans l'arboretum scientifique de Roumare-Forêt Verte. Pour chaque espèce, il a échantillonné une trentaine d'individus. Seules 10 essences résineuses ont été retenues suite à des problèmes méthodologiques pour les essences feuillues.

Dans un premier temps, la variabilité des facteurs suivants pour les 10 essences ont été décrit :

- Largeur de cerne
- Largeur de bois initial
- Densité

Dans un deuxième temps, les événements climatiques exceptionnels ont été définis, pour la température, comme une année dont la température moyenne annuelle se situait 10% supérieure à celles enregistrées sur la période 1987-2012 ; pour la pluviométrie, comme une année dont la somme des précipitations était au moins 25% inférieure à la moyenne de la somme de celles sur la même période et une année aride comme une année à la fois sèche et chaude.

Dans un troisième temps, Il a ensuite recherché l'impact immédiat de ces événements sur cette variabilité. Les réactions ont été classées en trois types : augmentation, diminution ou aucune modification significative pour les 3 variables du bois étudiées. Seules 3 espèces ont montré des modifications pour les années sèches et leur réponse est assez faible et différente selon les sites. Ces résultats sont présentés dans l'annexe n° 3.

Ces réactions ont classé les espèces dans 2 groupes, celles dont la croissance radiale uniquement est affectée durant les années chaudes, sèches ou arides et celles dont à la fois la croissance radiale et la densité du bois sont affectés durant les années chaudes, sèches ou arides.

J'ai compilé ses résultats dans le tableau en annexe n°4.

La temporalité (réaction immédiate ou différée) des variations de ces 3 caractères pour une même essence entre différents arboretums au cours du temps a aussi été étudiée.

Ce travail réalisé par Loukas BENARD donne déjà de bonnes indications sur les réactions aux conditions climatiques difficiles. Il pointe aussi des faiblesses et offre des marges de progression. Je classerai celles-ci en 3 catégories : l'échantillonnage, les données biotiques et abiotiques, les méthodes.

ECHANTILLONNAGE

Travailler uniquement sur les essences résineuses ne me semble pas possible bien que celles si soient sur-représentées dans les arboretums. Il sera nécessaire d'avoir des résultats dendroécologiques sur des essences feuillues qui constituent actuellement la majeure partie des peuplements. La raison pour laquelle le travail n'avait été réalisé que sur les essences résineuses est due à un verrou méthodologique. En effet, les essences feuillues peuvent faire du polycyclisme ce qui se matérialise dans le bois par

des faux cerne. La délimitation automatique des cerne sur les échantillons feuillus par le logiciel [WinDENDRO (version 2012c) 2012] était plus aléatoire ne faisant pas la distinction entre faux et vrai cerne. Un travail plus minutieux sera nécessaire, ce qui n'avait pas pu être réalisé pendant les 3 mois de stage de Loukas Benard. De plus, depuis 2012, des progrès technologiques ont été faits en particulier sur le hêtre (Bontemps 2012).

Un autre point de progrès concerne l'étude de la variabilité intra espèce. Cette étude n'a été réalisée qu'à l'échelle de l'espèce or compte tenu de la richesse des arboretums scientifiques en termes de provenances, il me paraît important d'intégrer pour quelques essences cette composante de la diversité. Ceci permettra peut-être de classer, au sein d'une essence, certaines provenances et de trouver les provenances les plus adaptées.

Loukas Benard n'a testé qu'un nombre limité de sites (4 au maximum dont 2 très proches). L'échantillonnage n'a pas été réalisé selon un gradient climatique. Il n'a pas pu mettre en évidence le gradient de réaction des essences selon les conditions climatiques et modéliser leur réaction selon différents scénarii climatiques.

DONNEES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES

L'état sanitaire et la survie des essences n'ont pas été pris en compte. Par exemple, les *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco au Treps ont subi une descente de cime après la canicule de 2003, qui ne ressort pas dans cette analyse. De même l'étude n'a porté que sur les arbres sains et vivants, il faudrait pondérer les résultats par une note sanitaire. Cela permettrait de déclasser des essences à fort potentiel de croissance dont seuls quelques individus ont résisté aux années climatiquement défavorables. C'est notamment le cas d'*Abies grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl. qui a un taux de survie assez faible (20% de taux de survie en 35 ans, avant éclaircie) dans l'arboretum de Roumare. De manière générale, les données dendrométriques ont été utilisées au début de l'étude pour sélectionner les essences mais pas dans comme facteurs explicatifs des résultats.

Le sol a une influence certaine sur la réaction des essences face au climat augmentant donc fortement le bruit dans les résultats s'il n'est pas pris en compte dans les analyses. Des études récentes comme celle de Valoraiso pointent l'importance de la prise en compte du sol dans ce type d'études. Ceci explique peut-être pourquoi ce travail a pu mettre en évidence que peu de réactions des espèces aux conditions climatiques. Des données sont disponibles sur l'ensemble des arboretums scientifiques et seront donc à intégrer comme variables.

Les données climatiques utilisées, somme des précipitations sur l'année et la température moyenne annuelle, sont à un niveau macro et très imprécises. Les variations au cours d'une année pouvant être fortes et donc cette classification d'année sèche ou chaude est assez peu fiable. En utilisant des données climatiques mensuelles, on augmenterait fortement la précision, notamment sur les mois où le risque de sécheresse est le plus important, c'est-à-dire en été. Les données SAFRAN pourraient être utilisées pour les années les plus anciennes et pour les dernières années l'installation de Hobo enregistreurs dans les arboretums permettra d'avoir des données très précises. Le choix des variables climatiques sera aussi peut-être à revoir et à mettre en lien avec celles utilisées dans différents modèles comme IKS (modèle développé au département RDI).

METHODES

Au niveau de l'étude dendroécologique, les différents résultats ont été obtenus par l'analyse brute des différents caractères (largeur de cerne, largeur du bois initial, densité). Il n'y a pas eu d'interdatation

(comparaison des chronologies individuelles des échantillons avec la chronologie moyenne pour retrouver les erreurs dans les chronologies individuelles) ou de standardisation (retirage des effets de variations climatiques à long et moyen terme, comme les effets de concurrence, d'augmentation du taux de CO₂ dans l'air, la pollution atmosphérique) des jeux de données. Cette absence rend celles-ci assez peu fiables pour une telle étude où les effets sont peu marqués et l'échantillon faible.

La méthode de calcul permettant de classer en variabilité forte ou faible n'est pas explicitée tout comme celle de la significativité des réactions. De plus, les méthodes elles-mêmes ne sont pas les plus appropriées. Il aurait été préférable d'utiliser des fonctions de réponses ou de corrélations aux différents facteurs climatiques, ce qui est utilisé classiquement lors des études dendroécologiques.

Compte tenu de cet ensemble de critiques, il a été nécessaire de reprendre le travail ébauché. Une analyse intégrant les données dendrométriques et le taux de survie à l'échelle intra spécifique a été réalisée par Bertrand CROISILLE sur la totalité du réseau des arboretums scientifiques.

2. L'ETUDE DENDROMETRIQUE ET ETAT SANITAIRE

L'étude réalisée sur le réseau d'arboretums scientifiques de l'ONF par Bertrand CROISILLE (CROISILLE 2017) se distingue fortement de la précédente car elle ne prend en compte que les données d'inventaires des 6 arboretums mais à l'échelle intra spécifique et non plus à l'échelle de l'espèce. Il a aussi pris le parti de ne travailler que sur une partie des données disponibles :

- Le nombre de parcelles unitaires mises en place dans l'arboretum
- L'effectif par parcelle unitaire en 2011-2012
- La circonférence à 1,3m moyenne par parcelle unitaire en 2011-2012.
- La hauteur moyenne des 3 arbres les plus gros par parcelle unitaire en 2011-2012.
- Le taux de survie juvénile
- Le taux de survie adulte calculé du premier inventaire en 2008 avant éclaircie.

L'objectif étant de sélectionner les meilleures essences en prenant en compte la variabilité intra spécifique (année ou lieu de récolte) au sein de chaque arboretum. Les critères pris en compte sont la croissance, le taux de survie juvénile et adulte. Pour cela, il a proposé la « méthode des moyennes séparées ». Elle consiste à faire la moyenne de toutes ces données dendrométriques de 2011-2012 par arboretum, en traitant séparément les angiospermes et les gymnospermes qui n'ont pas les mêmes vitesses de croissance, et ne sélectionner que les données supérieures à cette moyenne tronquée à l'unité. Cette méthode permet d'appliquer un filtre sans a priori sur les différentes essences. On obtient donc 2 tableaux de seuils minimums disponibles en annexe n° 5 et n°6.

Les critères de nombres de parcelles unitaires et d'effectif par parcelle unitaire doivent permettre d'atteindre une bonne robustesse statistique. Il semble très compliqué de faire des préconisations aux gestionnaires basées sur des effectifs de 1 ou 2 arbres.

Les critères de circonférence et de hauteur servent à ne sélectionner que les essences avec un bon potentiel de production. Ce filtre permet d'éliminer de nombreuses espèces mal venantes mais avec un taux de survie acceptable alors qu'il n'est pas souhaitable de les conseiller en reboisement. Cela permet également de retirer une majorité des arbustes présents dans les arboretums.

Les taux de survie juvénile et adulte permettent de sélectionner des essences compatibles avec les critères en vigueur en gestion. Ce critère peut être très dépendant du site.

Ce filtre a permis des sélections au sein chaque arboretum. Afin de prendre en compte le climat, une seconde sélection inter-arboretum a été menée cette fois selon 3 contextes bioclimatiques où n'a été retenue que l'échelle spécifique.

Les arboretums n'ayant pas été structurés en réseau lors de leur création, il n'y a pas de cohérence infra spécifique sur les 6 sites.

La compatibilité partielle des arboretums a conduit à ne sélectionner que les ressources génétiques plantées dans au moins 2 contextes bioclimatiques et ayant survécu au moins dans 2, le dernier critère étant que cette ressource génétique ait été sélectionnée au moins au sein d'un arboretum. Le résultat de cette seconde sélection est compilé dans le tableau en annexe n°7.

Afin de consolider cette sélection, une visite pour constater l'état sanitaire de ces ressources a été effectuée. A la suite de ce travail de sélection, les 13 essences suivantes ont été retenues comme innovantes et à bon potentiel classées selon un ordre d'intérêt décroissant :

- *Abies alba* Mill.
- *Abies nordmanniana* ssp.*equi-trojani* (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen
- *Betula pendula* Roth
- *Larix decidua* Mill.
- *Pinus flexilis* var.*reflexa* Engelm.
- *Pinus nigra* ssp.*laricio* Maire
- *Pinus nigra* ssp.*pallasiana* (Lamb.) Holmboe
- *Pinus nigra* J.F.Arnold
- *Picea abies* (L.) H. Karst
- *Picea omorika* (Pancic) Purk.
- *Pinus peuce* Griseb.
- *Robinia pseudoacacia* L.
- *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl.

Ce travail contrairement au précédent s'est attaché à bien prendre en compte la variabilité infra spécifique, l'état sanitaire et le taux de survie actuel mais il ne permet pas de projeter dans le futur les réactions de celles-ci. La simple visite ponctuelle pour vérifier l'état sanitaire semble insuffisamment documentée pour projeter la réaction face aux différents événements climatiques extrêmes que vivront les peuplements.

De même, le choix fait lors de la deuxième sélection inter arboretum de ne pas appliquer de filtre de survie est discutable. En effet, une espèce peut être sélectionnée car elle répond à tous les critères de sélection dans un contexte bioclimatique et être présente qu'avec seul individu dans un autre contexte bioclimatique. On en déduit alors que l'espèce tolère le second contexte bioclimatique. Afin de conseiller une espèce dans des conditions climatiques variées, il faut que les mêmes critères en terme de survie soient appliqués dans les différents contextes. Je pense qu'il aurait été plus judicieux d'appliquer au moins le critère de sélection taux de survie adulte à ce moment, moins strict que le juvénile, afin d'éviter ce biais.

Un autre écueil de ce protocole est qu'il n'est pas forcément judicieux pour faire les sélections entre sites. En effet, dès lors que l'espèce n'a pas été plantée dans 2 des 3 contextes, elle est écartée de la sélection. Il me semble aberrant que les eucalyptus qui font partis du haut de la sélection dans les arboretums méditerranéens ne soient pas retenus. Or, si l'on comprend bien la volonté d'asseoir statistiquement les résultats obtenus en procédant de la sorte, la mise en réseau récente des arboretums rend ce critère

prépondérant sur les autres. Comme pour l'étude de Loukas BENARD, le nombre de sites est trop faible, donnant aux points extrêmes un poids très fort dans l'analyse et la sélection des ressources génétiques.

Cela implique d'augmenter le nombre de points de mesures et donc d'aller chercher les informations dans d'autres dispositifs afin de créer non plus des contextes bioclimatiques très contrastés mais des gradients climatiques plus intéressants pour analyser l'autécologie des espèces pour peu qu'il y ait un nombre d'individus suffisant.

Comme dans de nombreuses études, l'aspect pédologique est complètement absent de cette analyse, alors qu'il existe des contrastes forts entre les sites et même au sein de ceux-ci qui pourraient aussi expliquer les résultats obtenus.

Le travail entrepris par les précédents stagiaires permet d'avoir une idée plus claire des potentialités mais aussi des faiblesses de ces dispositifs. Il me semble donc qu'il faut dans un premier temps se focaliser sur l'homogénéisation des données des arboretums pour pouvoir étudier plus en profondeur la réaction de ces différentes essences face aux événements climatiques extrêmes qui seront de plus en plus fréquents.

3. MON POSITIONNEMENT DANS LE PROJET

Dans la suite de ce rapport, tout ce que je vais appeler « base de données » sont en fait des fichiers de tableur. Ce ne sont donc pas des bases de données dans le sens informatique du terme.

Le travail déjà effectué apporte des données sur l'autécologie et les potentialités de reboisement de différentes espèces allochtones. Il me semble important de continuer ce travail en l'approfondissant et en se focalisant plus spécifiquement sur la réaction de ces espèces allochtones face aux événements climatiques extrêmes. Ces événements sont en effet le facteur limitant le moins exploré par les études précédentes alors que ceux-ci risquent de s'amplifier avec les changements climatiques. Il me paraît primordial de s'y intéresser avant de conseiller ces essences à la plantation. Cette étude viendra compléter le « dire d'expert » qui est la seule information actuellement disponible à ce sujet.

Un tel travail de sélection des essences/provenance en fonction de la résistance et/ou résilience aux événements climatiques extrêmes servira à consolider la liste des essences fournies par Bertrand CROISILLE et donc de donner au gestionnaire une information plus fiable et précise. Les données acquises seront reversées au site Caravane.

Pour mener à bien au cours de mon apprentissage cette étude, je vais utiliser des méthodes de dendroécologie, comme l'avait fait précédemment Loukas BENARD. Je veillerai toutefois à apporter dans ce nouveau travail les différentes corrections décrites plus haut notamment avec des conditions de travail différentes des siennes :

- Plus de temps disponible pour traiter les données, car j'ai une période d'apprentissage plus longue (3 ans au lieu de 3 mois),
- Une meilleure connaissance des méthodes de dendroécologie, par le travail de recherche bibliographique et la formation que j'ai reçue,

- Plus de données potentielles disponibles, avec la liste des arboretums non scientifiques, la base de données des dispositifs du département RDI et l'enquête essences atypiques que j'ai à ma disposition,
- Accessibilité de données climatiques plus précises de météo France dans l'UMR BioForA,
- Une liste d'essences à tester déjà sélectionnées par Bertrand CROISILLE à consolider
- Des données clarifiées, accessibles, homogènes et complètes, grâce à la création de la base de données.

Toutefois, avant de commencer ce travail sur l'étude dendroécologique, il s'avère nécessaire d'homogénéiser les données déjà recueillies sur les arboretums scientifiques. Ces arboretums ayant des origines et un historique variés, leur mise en réseau n'a pas été chose aisée, les problèmes de multiplication des fichiers, des numérotations (différentes pour quasiment chacune des mesures réalisées), d'archivage, etc. ont déjà posé problème lors du travail de Bertrand CROISILLE (CROISILLE 2017). Il est donc impératif de corriger ce problème avant tout prochain travail sur ces arboretums, qui n'en sera que plus facile, rapide et fiable.

La première tâche est de terminer formellement la mise en place d'une base unique regroupant la totalité des données des arboretums scientifiques de l'ONF en homogénéisant et actualisant les données et les bases associées (base essais et base des essais génétiques du département RDI, InSylva). Ce travail aura été le fil conducteur de ma première année d'apprentissage au CGAF puis dans l'équipe CORE. Il a été réalisé avec une forte participation de Thierry LAMANT assistant de recherche et développement dans l'équipe qui a en charge la gestion du réseau national des arboretums de l'ONF depuis 1998.

Ce travail de mise en place d'une base de données sur les arboretums a été accompagné de la mise en place de plan géoréférencé et actualisé des arboretums et de chaque parcelle unitaire les composant. Cela permettra la prise de nouvelles mesures de façon beaucoup plus aisée mais surtout traçable, ce qui me sera indispensable dans le cadre de mon étude.

Ces 2 actions doivent être menées pendant ma 1^{ère} année d'apprentissage, elles permettront de rendre l'utilisation de ces arboretums à forte valeur scientifique plus fiable et libre d'utilisation puisqu'ils permettront de travailler dessus en totale autonomie, ce qui n'était pas le cas jusqu'alors. Avant ce travail, la localisation des arboretums et les données associées n'étaient disponibles que par le biais de Thierry LAMANT et quelques personnels de terrain. Il serait impensable de perdre les multiples informations que contiennent ces arboretums scientifiques par concentration des connaissances en quelques personnes clés. Ce travail s'inscrit aussi dans la politique de libre accès aux données scientifiques et leurs interopérabilités pour garantir et faciliter leur réutilisation.

III. PARTIE 2 : MES DIFFERENTS TRAVAUX AU COURS DE CETTE PREMIERE ANNEE

1. L'HARMONISATION DES ARBORETUMS

A. LES BASES DE DONNEES DES ARBORETUMS SCIENTIFIQUES

L'ETAT DES LIEUX

J'ai donc eu pour mission principale lors de cette première année, la création d'une base de données pour les arboretums scientifiques de l'ONF, ce qui peut sembler étrange en première approche puisque ces dispositifs ont déjà été utilisés dans différentes études et ont fait l'objet de publication.

Loukas BENARD (BENARD 2013) s'en est affranchi en n'utilisant aucune ancienne donnée, la sélection des essences objet de l'étude a été faite à dire d'expert. Il n'avait donc pas de nécessité d'avoir une base de données correcte pour son étude. Bertrand CROISILLE (CROISILLE 2017) a eu une tâche plus complexe de par l'analyse inter arboretums, il avait eu besoin de concaténer les données contenues dans les différents fichiers des arboretums, il a donc lui-même mis en place ce qu'il a appelé une base de données (voir annexe n°8). Cette dernière lui a permis de répondre à sa problématique mais n'avait pas vocation à permettre d'autres applications et études car elle comporte plusieurs problèmes :

- Ne se trouvent dans cette base de données que les données utiles pour son étude, ainsi la base de données ne contient pas toutes les données disponibles et elle est hétérogène car elle contient sans distinction des données brutes et des données calculées.
- Les numéros de PU ont évolué avec le temps sur plusieurs arboretums et ne sont plus concordants avec ceux des plans existants. Les numéros de PU inscrits dans cette base ne sont pas forcément liés à la même numérotation pour un même arboretum, ce qui les rend introuvables sur le terrain.
- De plus, cette base a été créée automatiquement en concaténant les différents fichiers pas forcément cohérents entre eux, il y a donc plusieurs données fausses ou notées NA alors qu'elles seraient trouvables.

Toutes ces raisons font que cette base de données n'est pas utilisable de façon pérenne, il est donc nécessaire d'en recréer une nouvelle plus adaptée.

Cette difficulté s'explique par l'hétérogénéité des fichiers, pour essayer d'illustrer la difficulté de la mise en place de cette base de données je vais prendre un cas précis : l'arboretum du Caneiret. Toutefois, il est important d'avoir à l'esprit que pour chaque arboretum les fichiers sont différents et les questions aussi. Aucun protocole ne peut être appliqué sur l'ensemble des fichiers d'arboretums.

A mon arrivée, il existait :

- Un fichier « méditerranée » (voir annexe n°9) avec les informations disponibles à l'échelle de la PU, contenant à la fois des informations récentes (d'effectifs uniquement) collectées par le CGAF mais aussi anciennes recueillies dans le rapport Pestour. Certaines PU de ce fichier n'étant pas numérotées, ce sont des PU que j'ai appelée « remplacés », c'est-à-dire que les plants qu'ils contenaient sont totalement morts rapidement puis ont été replantés par une ou 3 nouvelles essences redivisant ces PU. Ce fichier contient une feuille par arboretum méditerranéen.

- Un fichier « avec regarnis » (voir annexe n°10) avec les informations disponibles à l'échelle de la PU, présentant certaines des PU que j'ai appelé « remplacés » mais ce fichier n'est malheureusement pas exhaustif.
- Un fichier « inventaire 2011-2012 avant martelage » (voir annexe n°11) avec les informations disponibles à l'échelle du plant, présentant les informations du dernier inventaire de 2011-2012, dont les informations sur les arbres martelés.

En plus de ces fichiers, j'avais à ma disposition différents rapports (BLANDIN et STEINER 1996; MONS 1993; PESTOUR 1984), qui m'ont permis de retracer l'historique des arboretums. Il est important de noter que ce sont des rapports d'analyses de données à 10 ans au minimum. Ils ne sont donc pas exhaustifs et ne retracent pas la vie de ces arboretums.

Pour finir, j'avais à ma disposition un plan par arboretum, dont aucun n'est à jour. Pour illustrer ceci, deux exemples extrêmes sont disponibles en annexes, un plan d'une partie de Roumare-Forêt Verte (voir annexe n°12) très complet en information et un plan d'une partie du Caneiret (voir annexe n°13), très incomplet.

Tous ces différents fichiers se trouvaient à la disposition uniquement de Thierry LAMANT, qui de par sa bonne connaissance de ces arboretums peut également servir de personne ressource pour des questions précises.

LES OBJECTIFS

Je me suis donc attaché à la création d'une base de données qui regroupera la totalité des informations à la disposition du CGAF sur les arboretums. La forme de rendu de cette base a évolué avec le temps et les problèmes rencontrés.

En première analyse, je pensais créer dans un tableur une première feuille regroupant la totalité des informations sur tous les arboretums à l'échelle de la parcelle unitaire, et une deuxième feuille avec l'information à l'échelle de la PU par arboretum lorsqu'elle est disponible. Il y aurait donc eu une feuille avec dans une colonne le nom de l'arboretum puis toutes les informations sur les arboretums à l'échelle de la PU plus 6 autres feuilles avec ces mêmes informations mais avec seulement un arboretum par feuille.

Suite à l'expertise de tous les fichiers disponibles des arboretums, j'ai mis en évidence que les données à ma disposition ne permettaient pas de mener à bien ce fichier. Après une discussion avec Brigitte MUSCH, nous avons conclu qu'il serait plus judicieux de créer des feuilles avec une échelle de précision variable. En effet, pour un des arboretums (Col des 3 Sœurs), on ne dispose pas de l'information à l'échelle de la parcelle unitaire mais uniquement de l'accession. La ligne de direction qui a été choisie est de conserver l'information la plus précise possible.

Ce fichier prendra donc la forme qui suit. Toutes les feuilles citées ci-dessous seront inter-arboretum, on aura donc un fichier commun à tous les arboretums. Il sera toutefois possible d'en extraire les informations spécifiques à un arboretum si le besoin d'avoir des bases spécifiques à chaque arboretum se fait sentir.

- Une feuille avec les informations de l'inventaire de 2017-2018 à l'échelle du plant.
- Une feuille avec les informations de l'inventaire de 2011-2012 à l'échelle du plant.
- Une feuille avec les informations disponibles à l'échelle de la PU, contenant les informations pré-CGAF et celles des derniers inventaires.
- Une feuille avec les informations disponibles à l'échelle infra spécifique (année ou lieu de récolte), contenant les informations pré-CGAF et celles des derniers inventaires.

- Une feuille avec les informations disponibles à l'échelle de l'espèce, contenant les informations pré-CGAF et celles des derniers inventaires.

Ce dernier fichier aura pour objectif d'être unique, clair, homogène tant en forme qu'en données, rigoureux dans les données inscrites et donc cohérent de manière à le rendre facilement utilisable alors que ce n'était pas le cas des fichiers jusqu'alors qui s'accumulait à chaque nouvelle série de mesures.

La création de ces bases de données a aussi exhumé des demandes du département RDI ou du CGAF. Celles-ci n'avaient pu jusqu'à présent être satisfaites du fait de l'absence d'ordonnancement de ces différents fichiers. Celles-ci sont de types variés, cela peut simplement être des extractions directes des bases de données mais aussi le remplissage de la base de données de Gestion Des Essais du département RDI de l'ONF (GDE) mais aussi l'inventaire des échantillons de bois du CGAF (carottes + rondelles), la présentation de l'Arboretum de Roumare-Forêt Verte lors d'une réunion dans le cadre du projet DEFIFORBOIS, ou encore la rédaction des comptes rendus d'installation des arboretums (CRI).

La mise en place de la base de données unique n'est pas encore terminée à ce jour à cause des différents problèmes rencontrés dans la mise en place des arboretums mais aussi et aussi à causes des demandes annexes mais elle a permis de répondre à des questions que se posait le département et l'équipe, ce qui prouve l'utilité de ce travail.

LA REALISATION

LA NUMEROTATION

Le premier chantier que j'ai ouvert est la renumérotation des PU de façon homogène intra et inter arboretums. Pour ce faire, j'ai décidé de refaire totalement la numérotation des arboretums, indépendamment des précédentes.

J'ai choisi une numérotation par cheminement (voir annexe n°14), qui me semble la plus adaptée à la prise de données sur le terrain, d'autant plus que se repérer dans les arboretums est assez difficile du fait de la mortalité importante dans ceux-ci. J'ai toutefois gardé des séparations spatiales existantes entre groupes de parcelles unitaires formant ce que j'ai nommé des « subdivisions » d'un seul tenant de taille variable suivant les arboretums (environ 100 PU par subdivision).

J'ai donc appliqué cette méthodologie de numérotation à tous les arboretums dans un premier temps uniquement sur le plan, la numérotation n'est toutefois pas définitive et elle sera souvent révisée en fonction des fichiers (apparition de PU non présent sur le plan, séparation de PU, PU découpée pour ne conserver qu'une essence par PU). Par exemple, sur l'arboretum de Roumare Forêt-Verte, il y avait initialement 815 PU et dans mon fichier final on en trouvait 826 alors que sur l'arboretum du Caneiret, on est passé initialement de 511 à 559 PU.

Cette numérotation a été réalisée sur le logiciel de retouche photo Paint (*Paint* (version 6.1) 2009) sur les anciens plans déjà scannés ou directement sur les plans papier puis scannés. Ces plans nouvellement numérotés sont temporaires (en attendant le géoréférencement) donc la qualité n'était pas la priorité. Cette technique était la plus rapide de mon point de vue, ce qui était le but recherché compte tenu des 3 225 PU à numéroter.

Pour compléter, j'ai créé un « identifiant PU » unique à chaque parcelle unitaire. Certains arboretums se trouvent sur plusieurs parcelles forestières comme Roumare ou le Treps, il convient alors d'avoir un identifiant qui permette de connaître l'emplacement de la PU dans la parcelle et la parcelle dans l'arboretum. La numérotation actuelle n'indique pas la parcelle et redémarre à 1 dans chacune des

parcelles, ainsi, il y a 3 PU N°1 à Roumare ce qui est source de confusion. Cette réinitialisation permet de travailler sur ces parcelles indépendamment, le gestionnaire n'étant pas forcément la même personne en fonction de la parcelle forestière. Un exemple d'identifiant de PU est : ROU_V062_001, ROU signifiant que c'est une PU de l'arboretum de Roumare-Forêt Verte, V062 que cette PU est située en forêt Verte (d'où le V) sur la parcelle forestière 62 et 001 et il s'agit de la PU numéro 1.

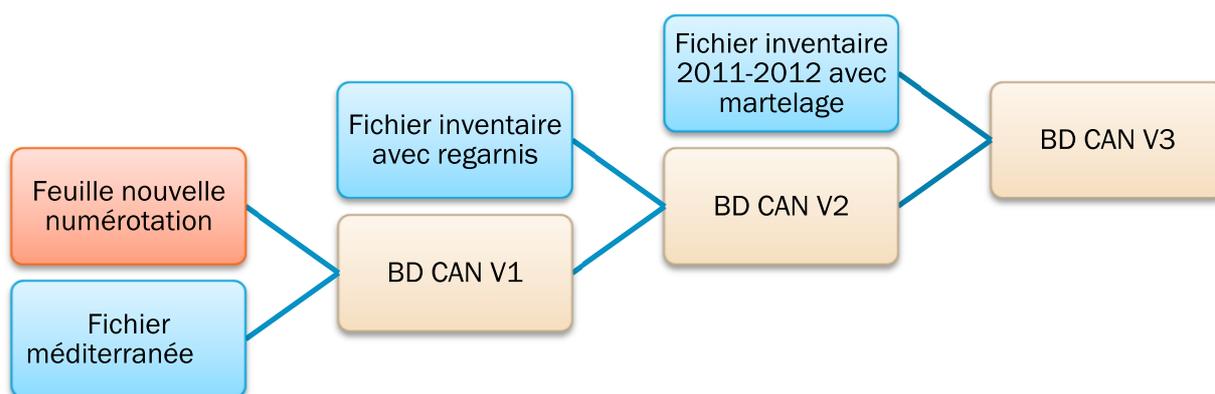
LA CORRESPONDANCE ENTRE LES FICHIERS

Une fois la nomenclature de la numérotation précisée, j'ai introduit celle-ci sous Excel [Excel (version 2010) 2010] afin d'établir une correspondance avec une numérotation d'un des fichiers en ma possession. Cela permet de commencer à créer une feuille pour la totalité des arboretums, feuille que j'ai appelé « table de correspondance » (l'annexe n°15 montre une partie de la table de correspondance de l'arboretum de Sainte-Anastasie), celle-ci conserve les différents numéros attribués à une PU au cours du temps de manière à pouvoir se repérer dans les fichiers et en récupérer les informations.

J'ai donc eu besoin de faire correspondre les différents fichiers (et donc les différentes numérotations) entre eux. J'ai donc commencé par importer la totalité des fichiers à ma disposition sur l'arboretum dans un fichier commun, comportant une feuille par fichier importé.

Par la suite, j'ai créé une feuille commune entre 2 des fichiers (les différentes versions sont appelées BD ...Vx, où « ... » correspond au 3 première lettres de l'arboretum et « x » au numéro de version), où je faisais correspondre les différentes informations, soit en utilisant la numérotation quand elle était similaire, soit en recréant la numérotation lorsqu'elle n'était pas disponible, soit en recalant par le biais des numéros d'accession et des noms d'essences lorsque les 2 cas précédents n'étaient pas possibles. J'ai fait de même entre cette nouvelle feuille commune et la nouvelle feuille à ajouter de sorte à pouvoir tracer les feuilles « de base » ainsi que les feuilles créées par mes soins. J'ai illustré cette procédure de création de la base de données dans la figure n°3 ci-dessous.

FIGURE 3 : PROCEDURE SIMPLIFIEE DE CREATION DE LA BASE DE DONNEES DU CANEIRET ; ROUGE : CREE A PARTIR DU PLAN ; BLEU : IMPORTER DES FICHIERS DU MEME NOM ; ORANGE : NOUVELLE FEUILLE



Dans un souci de traçabilité, j'ai rédigé un protocole de création de ma base de données (rédigé uniquement pour le Col des 3 sœurs, ayant été le plus difficile à réaliser) expliquant les différentes étapes mises en place dans chaque feuille et comment passer d'une feuille à la suivante.

LA MISE EN FORME DE LA BASE DE DONNEES

Une fois la totalité des informations disponibles sur chacun des fichiers, il était impératif d'avoir une phase de mise en forme de la version la plus récente de la base de données. Cette mise en forme passant par :

- Une localisation précise de la parcelle (arboretum, forêt, parcelle forestière, subdivision, numéro de PU)
- Une taxonomie complète et à jour (avec les noms d'auteurs notamment qui étaient absents des fichiers). Cette étape a été réalisée grâce au fichier de « Nomenclature » créé par Thierry LAMANT qui regroupe une majorité des essences contenues dans les arboretums, ma liste de référence étant celle du site ThePlantList.org (*The Plant List* (version 1.1) 2013) (voir annexe n° 16)
- Une information sur les origines du lot de graines. Cette étape a été réalisée grâce au fichier de « Provenances » créé par Thierry LAMANT qui regroupe une majorité des numéros d'accessions (et des informations relatives à ceux-ci) contenues dans les arboretums (voir annexe n° 17).
- Une retranscription des données sous la forme de mesures et non plus de calculs (le taux de survie par exemple a été retranscrit sous forme d'effectif)
- Une standardisation des mesures dans la même unité avec la précision adéquate

Chacune de ces phases mène à la création d'une nouvelle version de la base de données afin d'arriver à une version finale qui sera la même entre tous les arboretums. A l'heure actuelle, cette version définitive n'est atteinte pour aucun des arboretums pour des raisons que je vais maintenant expliciter.

LES DIFFICULTES RENCONTREES

L'un des problèmes récurrents rencontrés a été la non adéquation entre mes besoins pour progresser et les informations et données fournies par Thierry LAMANT bien que les données soient disponibles. Cette situation s'est représentée pour la grande majorité des arboretums et dans différentes phases de mon travail, problème qui fût assez chronophage, tant pour lui que pour moi. Pour donner un exemple de ce problème, il m'a été fourni un fichier contenant les données de l'inventaire de 2011-2012 (Annexe n° 18) que j'ai utilisé comme référence et j'ai inclus les informations dans mes bases de données. Je me suis rendu compte 4 mois plus tard que ce fichier était finalement incomplet car c'était l'inventaire après martelage sur l'arboretum de Roumare uniquement. Il m'a donc été fourni le nouveau fichier, fichier contenant les données de l'inventaire 2011-2012 avant martelage (Annexe n° 11), duquel il a fallu que je recorrige les différentes coquilles précédemment détectées dans le premier fichier puis j'ai dû réintégrer les informations contenues dans ce nouveau fichier à mes bases de données.

Pour résoudre ces difficultés communicationnelles, je pense qu'il aurait été préférable d'utiliser une autre méthode dès le départ. Par exemple, en demandant directement à Thierry LAMANT la totalité des fichiers en sa possession sur ces arboretums. Ce qui m'aurait évité de travailler avec des informations lacunaires. J'aurais pu faire un état des lieux. Ceci a été fait mais très tardivement (mi-août pour un travail débuté mi-novembre) et les fichiers qui m'étaient utiles m'avaient déjà tous été fournis à cette date. Aussi, ma méthodologie de demande des fichiers n'était probablement pas la plus adaptée. La plupart des demandes de fichier que je lui ai faites ont été des demandes orales où je lui expliquais mon problème puis lui demandais le fichier de solution. J'aurais dû accompagner cette demande orale d'une demande préalable par mail pour en conserver une trace et pour qu'il puisse me signaler si ma demande n'était pas claire.

Une autre question soulevée par mon travail est la traçabilité des fichiers et leur stockage. Je pense que si j'avais eu dès le départ la totalité des fichiers, il m'aurait été très compliqué de les tracer dans le temps

et les ordonner. Aucun des fichiers ne comprend dans son nom une date ou l'auteur du fichier. Ceci est dû que jusqu'alors seul Thierry Lamant manipulait ces fichiers et avait sa propre organisation. Une réflexion sur l'homogénéisation de la prise de données a eu lieu au sein du département RDI, il me semble nécessaire d'avoir la même démarche pour le stockage des données tant sur l'explication de ce que contient le fichier que l'endroit où il est stocké. En effet, tous les fichiers n'étaient stockés que sur le disque dur de l'ordinateur de Thierry Lamant, ce qui sécurise très peu les données, d'autant qu'étant sur un site INRA, la sauvegarde sur un serveur n'est pas automatique. Il me semble important de progresser dans cette tâche avec en particulier la possibilité d'utiliser plus aisément les outils de l'ONF.

Un autre problème est un problème d'archivage des informations. Ces arboretums sont maintenant âgés de plus de 40 ans et ont changé de propriétaire (INRA puis ONF), une partie des informations est introuvable. Les éléments les plus fiables sont les différents rapports de stage cités précédemment. Cela entraîne des lacunes notamment sur l'arboretum du Col des 3 sœurs où aucune archive d'inventaire n'a été retrouvée et où l'information n'est pas forcément disponible à l'échelle de la parcelle unitaire (voir annexe n°19). Ce problème d'archivage n'est pas dû uniquement à l'âge des dispositifs et à la disparition des archives, certains fichiers ou plans récents ont été difficiles à trouver voire introuvables, comme certaines correspondances de numérotation, qui avaient pourtant été faites. Beaucoup de travail a été perdu faute de rigueur et procédure claire.

Pour ce qui est de l'archivage, j'ai essayé de corriger les différents problèmes rencontrés en mettant en place une arborescence des différents fichiers permettant de retrouver plus facilement les fichiers mais j'ai également veillé à ce que ceux-ci soient sauvegardés de manière presque quotidienne sur un disque dur externe. Une fois ce travail terminé, je veillerai à donner la totalité de mes fichiers à l'équipe de sorte qu'il puisse continuer avec ce rangement continue à être utilisé.

La mise à jour des plans fût assez chronophage. Le bilan selon les arboretums était assez contrasté. Pour certains, il existait des versions numérisées et pour d'autres de mauvaises photocopies. J'ai dû à de nombreuses reprises changer ma numérotation à chaque fois que je découvrais l'un de ces écueils :

- Certaines PU n'ont pas fait l'objet de mesures régulières, de ce fait, elles sont présentes sur le plan mais pas dans les fichiers,
- Certaines PU ont été créées bien après l'édition du plan et n'apparaissent donc pas sur celui-ci mais bien dans le fichier de mesures,
- Certaines PU ont vu l'essence totalement remplacée (soit par 1 nouvelle PU soit par 3 PU différentes) après la mort prématurée de tous les individus la composant,
- D'autres PU comportent 2 essences ce qui est contraire avec le postulat de départ.

Des erreurs internes aux différents fichiers ont également été détectées et dû être corrigées. Ces erreurs peuvent être dues à des erreurs de copie de données, de décalage à cause d'un mauvais copier/coller.... Elles mènent souvent à des problèmes de non correspondance entre les différentes sources pour une même information, ce qui est un problème grave dans la mise en place d'une base de données rigoureuse.

Ces erreurs du plan et de fichiers ont tout d'abord été corrigées en comparant les différents fichiers et en conservant l'information la plus complète possible. Dans le cas où deux sources d'informations se contredisaient complètement soit, c'était un cas isolé soit, c'était un cas plus général d'incohérence entre les fichiers, c'est-à-dire généralisé sur un nombre de PU conséquent (souvent plus de 10% des PU), comme illustré dans les annexes n°9 et n°10 avec les effectifs 2008 et j'allais demander directement à Thierry LAMANT la source qui faisait référence. Quand il ne disposait pas de l'information, notamment dans les PU totalement remplacées, dans les numéros d'accessions ou dans les anciens numéros de PU

je me suis référé aux différents rapports et aux plans servant d'archives pour essayer d'y trouver l'information exacte. Je vais prendre par exemple le fichier Massif Central Données (voir annexe n°19) recopié depuis le rapport de Didier MONS (MONS 1993) contenant énormément d'erreurs de recopiage (45 erreurs seulement dans les numéros de PU et dans les numéros d'accession sur 950 PU). Je n'ai toutefois pas revérifié les données entrées parce que ce travail m'aurait pris un temps trop important.

Enfin, afin de valider les corrections et lever les dernières incertitudes, une visite de terrain a été effectuée.

Bien que les fichiers de nomenclatures et de provenances fournis par Thierry LAMANT se sont révélés extrêmement utiles dans la création de mes bases de données, ceux-ci étaient incomplets avec des taxons absents du fichier et avec l'absence d'une colonne présentant le taxon sans le nom d'auteurs.

J'ai dû vérifier manuellement la totalité des informations. J'ai corrigé moi-même le fichier de provenances en ajoutant les informations qui manquaient (25 lignes ajoutées sur plus de 1500) et j'ai fait parvenir à Thierry LAMANT la liste des taxons manquants dans le fichier de nomenclature afin qu'il l'ajoute (environ 30 taxons ajoutés sur 700).

Ce travail pointe la question de la traçabilité des informations et la qualité des informations recueillies. Les prochaines mesures programmées cette intersaison pourront se faire directement sur le fichier sur un TDS ce qui permettra d'une part de vérifier la constitution du fichier mais aussi de ne plus avoir d'erreurs de report de données.

LES COMPETENCES MISES EN OEUVRE

Ce travail m'a permis de comprendre l'importance de la rigueur, de la traçabilité, de l'archivage lorsqu'on travaille sur des outils scientifiques comme les arboretums sous peine de perdre du temps à refaire un travail censé être déjà fait ou, au pire, perdre totalement l'information. J'ai fait un travail rigoureux en appliquant une procédure cohérente pour l'ensemble des arboretums et j'ai tracé l'ensemble de mes actions élémentaires pour que quiconque puisse comprendre l'ensemble de la démarche et se l'approprier.

Pour finir, j'ai pu mesurer tout au long de ce travail l'importance d'avoir une bonne communication sans quoi un travail d'équipe ne peut pas être réalisé dans des conditions optimales. Il me paraît maintenant très important de bien expliciter la raison de ma demande, pour que mon interlocuteur comprenne mon objectif, mais aussi de bien expliciter la demande en elle-même, et pour finir de garder une trace des demandes réalisées qui pourront servir d'appui si la demande a été mal comprise ou de support pour une relance.

La quasi-totalité de ce travail a été réalisé sur le logiciel Excel [Excel (version 2010) 2010], avec l'utilisation de fonctions assez simples telles que des fonctions SI(), RECHERCHE() et des mises en forme conditionnelles, il ne m'a donc pas apporté beaucoup de nouvelles connaissances sur un plan technique dans l'utilisation de ce logiciel.

Toutefois, le travail connexe à la mise en place de ces bases de données qu'était la mise en place des plans géoréférencés a été beaucoup plus enrichissant du point de vue technique.

B. LES PLANS GEOREFERENCES DES ARBORETUMS

L'ETAT DES LIEUX

Cette deuxième mission a donc été la mise en place des plans géoréférencés des arboretums et des parcelles unitaires les composant, en remplacement des plans initiaux.

En effet, les seuls plans existants jusqu'à mon arrivée au CGAF étaient des plans datant de la mise en place des arboretums qui avaient été établis dans l'objectif de servir de plan de repérage sur le terrain. Les plans ont été construits de manière relative et non absolue. Les chemins, par exemple, ne sont pas forcément à l'échelle ou avec un tracé correspondant exactement à la réalité. De même, ils ont été créés avec une échelle différente sur l'axe X de celle sur l'axe Y (voir l'annexe n°12). Ces plans n'ont jamais fait l'objet de réactualisation après la première plantation (pas de trace de regarnis par exemple), ni de modification du parcellaire

LES OBJECTIFS

L'objectif de ce travail de géoréférencement est de créer un shapefile à l'aide du logiciel QGIS (Équipe de développement de QGIS 2017) regroupant la totalité des parcelles unitaires géoréférencées de tous les arboretums pouvant être liés à la base de données afin de pouvoir en récupérer les informations par des requêtes sous QGIS (Équipe de développement de QGIS 2017). Ces plans pourront aussi être répertoriés sous le Système d'Information Géographique (SIG) de l'ONF (sylvoportail), support aux plans d'aménagement des forêts soumises doté d'un puissant moteur de recherche. Cela permettrait de rendre disponible à tout le personnel et notamment les gestionnaires des terrains concernés par les arboretums les informations sur ceux-ci.

Ces plans géoréférencés me seront indispensables pour l'échantillonnage de mon étude dendroécologique.

Pour finir, à la différence des plans papiers, le format informatisé de la carte des arboretums a l'énorme avantage de pouvoir être modifié selon les besoins. Car comme détaillé dans la partie précédente, j'ai eu à modifier, à de nombreuses reprises, la numérotation des PU.

LA REALISATION

Le principe consiste à caler la carte à géoréférencer sur un fond de carte géoréférencé. Ce calage se fait à l'aide de points fixes dont on connaît les coordonnées ou qui sont trouvables sur le fond de carte comme sur la carte à géoréférencer.

Pour mener à bien ce travail, j'ai réalisé un géoréférencement au bureau, en utilisant comme points fixes des angles de subdivisions qui étaient encore visibles sur le fond de carte.

Un shapefile a été créé dans lequel toutes les PU ont été redessinées pour correspondre au plan. Il existe donc maintenant une couche shapefile avec toutes les PU par arboretum. Ces PU sont indicées avec la numérotation précédemment décrite, de sorte à pouvoir modifier celle-ci directement sur SIG et aussi pouvoir joindre les informations des bases de données à ces cartes sous SIG.

Il a fallu toutefois augmenter le nombre de points fixes pour asseoir la cartographie. Ce qui a été fait sur le terrain grâce au GPS (« TRIMBLE GEO 7x HSTAR », précision de 10cm en XYZ). Les angles de PU ont préférentiellement été utilisés pour servir de nouveaux points fixes pour recalibrer les PU plus précisément.

Ces cartes possèdent un format qui les rend utilisables directement sur le terrain (avec notamment un étiquetage automatique des PU). Un exemple de carte créé de la sorte est disponible en annexe n°20.

LES DIFFICULTES RENCONTREES

L'une des difficultés majeures dans la réalisation de ce travail a été de trouver des points fixes communs entre les plans à géoréférencer et le fond de carte. La mortalité parfois importante dans les arboretums fait que retrouver des angles de parcelles unitaires grâce au fond de carte est parfois très complexe.

Pour le géoréférencement précédant la visite terrain, il a fallu s'y reprendre à plusieurs fois pour chaque géoréférencement en testant les points fixes un par un afin de trouver la combinaison des points fixes optimal. Mon référent pour vérifier du bon géoréférencement étant la taille des PU, qui est connue pour les arboretums. Même si le plan géoréférencé n'est pas finalement parfaitement concordant avec le fond de carte, si les PU ont la bonne taille, il est possible de les déplacer afin que celles-ci se retrouvent à la bonne place sur le fond de carte.

Il a donc été nécessaire de mettre en place la deuxième phase de géoréférencement aidée par les points fixes du GPS, servant à déplacer précisément les PU là où elles se situent réellement. Aussi, comme l'angle des PU était souvent difficile à identifier, même sur le terrain, la référence que nous avons utilisé était souvent les piquets d'angle de PU, lorsque ceux-ci étaient encore présents.

LES COMPETENCES MISES EN OEUVRES

Avant de réaliser ce travail, je n'avais jamais utilisé le logiciel QGIS, j'avais reçu uniquement une formation au logiciel Géoconcept (Groupe GEOCONCEPT 2018). Ce travail m'a permis de transférer les compétences acquises sur Géoconcept (Groupe GEOCONCEPT 2018) à QGIS (Équipe de développement de QGIS 2017) avec lequel je me sens maintenant à l'aise.

J'ai notamment acquis des compétences dans l'utilisation du géoréférenceur intégré, de l'extension OpenLayers plugin (utilisée pour récupérer les fonds de carte), la création de shapefile, de l'outil de jointure, de la calculatrice champ et de l'outil d'étiquetage.

J'ai également appris l'utilisation du GPS « TRIMBLE GEO 7x HSTAR », et notamment de son logiciel Terra-Sync.

2. LES AUTRES TRAVAUX

A. LES ECHANTILLONS DE BOIS

Afin de préparer ma deuxième année d'apprentissage, il était nécessaire de faire un inventaire des différents échantillons de bois en provenance des arboretums disponibles. Le CGAF a déjà réalisé plusieurs séries de carottages ainsi que de récoltes de rondelles lors des éclaircies en 2011-2012-2013. Le stockage n'avait pas été réalisé dans un lieu unique et l'état de la ressource ni sa traçabilité n'était connus.

Comme pour la base de données, j'ai donc créé un fichier regroupant la totalité des informations disponibles sur les échantillons ainsi que leur emplacement, afin de pouvoir retrouver ceux-ci de manière bien plus efficace. Un extrait de ce fichier est disponible en annexe n°21.

Ce fichier pourra être lié à la base de données des arboretums, ce qui permettrait de voir très efficacement les informations disponibles par PU/accession/espèce/arboretums et serait très intéressant pour quantifier les nouveaux échantillons à prélever pour mon étude.

L'un des problèmes était le classement des différentes sources d'échantillons, qui étaient rangés dans des boîtes différentes (ou non rangés dans le cas des rondelles prélevées en éclaircie) et leur identification. Dans le fichier, sont indiqués le numéro de la boîte pour la carotte et son numéro d'échantillon lorsque celui-ci était absent. C'était le cas pour des échantillons simplement identifiés par leur numéro d'accèsion, ce qui rend l'échantillon beaucoup plus difficile à retrouver dans la masse des 900 échantillons disponibles (annexe n°21).

Comme vu précédemment, la numérotation des PU a évolué dans le temps. La localisation des arbres échantillonnés est parfois complexe car les numérotations ne sont pas forcément les mêmes suivant la série de récolte. Par exemple, on dispose de deux échantillons de *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) *J.Buchholz* provenant de la PU actuellement numérotée (avec la nouvelle numérotation que j'ai mise en place) 217 de la parcelle 62 de forêt Verte dans l'arboretum de Roumare - Forêt Verte. Le premier échantillon est une carotte de juin 2011 et le numéro de PU indiqué est 3-1 (c'est-à-dire travée 3 rang 1), l'échantillon a donc été pris sur une parcelle unitaire de (Lindl.) *J.Buchholz* de la première ligne de la troisième travée et (cette première ligne contenant elle-même 22 PU différentes). Le second échantillon est une rondelle de 2013 et le numéro de PU indiqué est 750, ce 750 correspondant à la numérotation de PU précédent la mienne. On voit donc que pour une PU, elle peut être numérotée différemment selon la provenance de l'échantillon et que l'on peut avoir deux échantillons pour une même PU sans que leur identification ne l'indique. Je corrigerai cela une fois que la base de données des arboretums sera totalement terminée et que mes numéros de PU seront définitifs.

Pour finir, mon étude ne pourra pas se suffire des échantillons déjà existants sur les arboretums scientifiques de l'ONF à cause de la composition même des arboretums (annexe n°22) et de son échantillonnage. Certaines espèces sont présentes dans plusieurs PU (répétitions ou différentes récoltes) et quasi absentes d'autres. Il sera donc nécessaire de compléter cet échantillonnage par la mise en place de nouvelles récoltes stratifiées.

B. RESTITUTION DES AVANCEES EN REUNION

Afin de permettre aux gestionnaires et à certains collègues du département RDI de connaître l'avancée des analyses sur les arboretums, une réunion a été programmée en avril 2018 sur l'arboretum de Roumare - Forêt Verte. Cette réunion s'inscrit dans le cadre du projet DEFIFORBOIS. Elle s'est articulée en deux phases :

- Restitution de connaissances et point sur l'avancement des projets utilisant des espèces allochtones
- Visite de l'arboretum de Roumare avec arrêt sur quelques PU choisies pour illustrer l'importance des arboretums pour le choix des essences dans le cadre du changement climatique.

Lors de cette réunion, je devais présenter l'arboretum de Roumare-Forêt Verte et mon projet d'apprentissage (l'étude dendroécologique) ainsi que préparer pour chaque participant le plan en indiquant les PU d'intérêt dans l'arboretum.

Pour mener à bien cette tâche, très enrichissante car mettant en avant le travail effectué, j'ai présenté un état de l'art à partir des rapports de BLANDIN et STEINER (1996) et de Bertrand CROISILLE (2017) ainsi qu'une partie d'analyse des données (annexe n°23). Pour ce dernier point, je souhaitais m'appuyer

sur le travail d'analyse effectué par les stagiaires précédents et en particulier sur la sélection d'essences à bon potentiel ainsi que différentes sorties graphiques d'analyses. Malheureusement, je n'ai pas réussi à retrouver ce travail dans les fichiers archivés.

Faute de compétences et de temps suffisants j'ai réalisé des sorties graphiques sous Excel (*Excel* (version 2010) 2010) et non sous R (R Core Team 2013) en reprenant les mêmes critères que Bertrand CROISILLE :

- La croissance radiale en 2011,
- La croissance en hauteur en 2011,
- Le taux de survie en 2011 (filtré à 0% minimum puis 25% minimum puis 50% minimum)
- La distinction résineux/feuillus

J'ai également fait le choix de travailler à l'échelle de l'arboretum entier et non de la parcelle forestière, afin de donner une vision globale, la visite sur le terrain permettant de faire des zooms. Une présentation par parcelle forestière aurait pu modifier certains résultats, les croissances et taux de survie n'étant pas forcément homogènes par parcelle forestière.

Ce travail d'analyse bien que préliminaire était de mon point de vue très intéressant puisqu'il m'a permis de visualiser les potentialités des différentes essences, et la diversité inter et intra spécifiques. Il a aussi été intéressant à réaliser puisque c'était la première fois que j'avais l'occasion d'interpréter les données sur lesquelles je travaillais. Il m'a aussi permis de m'entraîner à la présentation orale dans un contexte différent de celui dont j'ai l'habitude avec une présentation devant un panel de personnes n'ayant pas forcément une connaissance précise du sujet abordé.

C. LA BASE DE GESTION DES ESSAIS DU DEPARTEMENT RDI DE L'ONF

Une tâche additionnelle m'a été confiée par Christine DELEUZE, responsable de la base de données des dispositifs du département RDI de l'ONF appelée « Gestion Des Essais » (GDE). Cette base collecte les informations élémentaires des expérimentations aussi bien sylvicoles que génétiques. Or pour les arboretums, il manquait différentes informations et principalement la liste des essences par arboretum.

J'ai implémenté cette liste dans GDE, ce qui s'est avéré plus long et complexe à réaliser que prévu. En effet, cette demande a été faite mi-novembre 2017 et l'implémentation dans GDE n'a été réalisée qu'en mi-avril 2018 (soit en 3 mois de présence au CGAF).

L'obtention de cette liste d'essences s'est faite par simple extraction des différentes bases de données que j'avais mises en place sur les arboretums. Une fois le travail sur les bases de données assez avancé, la liste a donc été très rapidement obtenue et diffusable car elle ne nécessitait que quelques travaux de mise en forme.

La difficulté de ce travail a résidé dans la non concordance des fichiers entre eux, ce qui a rendu impossible de sortir une liste fiable à partir des différents fichiers. Les extractions des listes d'essences donnaient des résultats variables suivant les fichiers, avec des écarts souvent faibles (moins de 10% de différence sur la totalité des arboretums) mais toujours présents suivant le fichier qui me servait de base, alors que la même méthode était toujours utilisée. Or, la création des bases de données m'a permis de corriger ces problèmes et donc de sortir des listes d'essences fiables, sorte de consensus entre les différents fichiers.

L'insertion des essences des arboretums dans GDE a multiplié par 6 le nombre d'essences dans cette base de données (de 111 à 645 essences), ce qui a posé plusieurs questions. Dans la forme, il a fallu décider d'homogénéiser les nouvelles essences insérées avec celles déjà présentes dans la base (certaines règles de nomenclature n'étaient initialement pas respectées). Ce travail a permis de revisiter la nomenclature de GDE et de la réactualiser. De plus, cela a permis de proposer des changements sur la liste du muséum d'histoire naturelle servant de référence en la matière.

Cette réponse à la commande du département RDI était très intéressante pour moi, c'était la première mission qui allait avoir une utilité en dehors de notre équipe. Cette mission m'a également obligé à me coordonner avec Christine DELEUZE pour faire des points réguliers et aussi à respecter les délais que nous nous étions fixés.

D. LES COMPTES RENDUS D'INSTALLATION

En plus de la tâche de compléter la base de données GDE, Brigitte MUSCH m'a également confié la mission de rédiger les Comptes Rendus d'Installation (CRI) des différents arboretums qui pourront être adossés à GDE (voir annexe n°24). Ils ont pour objectif de reprendre toutes les informations indispensables à la compréhension du dispositif et ont pour vocation à être utilisés par tous les acteurs de la RDI. Ceux-ci n'ayant jamais été rédigés, je devais les reconstituer à posteriori avec les éléments en ma possession.

La rédaction de ces CRI a été faite à partir des différents rapports présents sur les arboretums, avec lesquels s'ajoutent quelques informations qui étaient déjà présentes sur GDE et quelques informations fournies par Thierry LAMANT. Ce sont donc des compilations d'informations de sources diverses, que j'ai rédigées selon la forme qui m'avait été fournie en exemple.

Ces CRI ont été rédigés avec le maximum d'information disponible, bien que des informations y soient manquantes.

Ce travail n'a toutefois pas été terminé, surtout par contrainte de temps, la création de la base de données étant prioritaire par rapport à ce travail.

3. LES FORMATIONS

A. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

Le premier travail qui m'a été confié dès mon arrivée au CGAF a été un travail de recherche bibliographique sur les thèmes de la dendrochronologie et dendroécologie. L'objectif était que je fasse l'état de l'art sur les différentes méthodes utilisées, les essences traitées ainsi que les résultats obtenus dans le passé par les chercheurs pour mener moi-même ma future étude dendroécologique avec les méthodes les plus appropriées mais aussi de situer mon travail dans un cadre plus global.

Ce travail n'a pas été très concluant. Mon manque de connaissance dans le travail de recherche bibliographique a fait que j'étais assez inefficace dans le choix de mes mots-clés (plusieurs centaines d'articles trouvés) qui me donnait beaucoup de résultat de dendroclimatologie ou dendroarchéologie. J'ai donc arrêté ce travail après 2 semaines (du 06 au 18/11/2017), pour me concentrer sur la demande de Christine DELEUZE concernant GDE.

J'ai par la suite repris ce travail dans le cadre de l'UC Formalisme et veille scientifique d'AgroParisTech (repris le 25/04/2018), dans lequel j'ai rédigé une synthèse bibliographique sur les régresseurs climatiques en dendroécologie. Ce travail a été mené beaucoup plus efficacement pour plusieurs raisons :

- J'avais entre temps reçu une formation sur la recherche bibliographique dans le cadre de cet UC
- J'avais une meilleure connaissance de mon sujet par le biais de la formation que j'avais reçue (voir chapitre suivant)
- Mon sujet était beaucoup plus précis et délimité

J'ai donc pu acquérir de bonnes connaissances sur le sujet de la dendrochronologie/dendroécologie bien que mon premier travail de recherche bibliographique n'a pas abouti. D'autant plus que j'ai appris lors de ma formation (voir chapitre suivant), qu'il existait déjà un manuel écrit par François LEBOURGEOIS et Pierre MERIAN (Lebourgeois et Mérian 2012) qui reprenait la question qui m'était initialement posée. Il ne me semblait donc pas nécessaire de retraiter ce sujet.

Ce travail de recherche bibliographique m'a permis de comprendre l'utilisation des bases de données qui me sont accessibles grâce à mes identifiants INRA, de mieux appréhender l'importance de bien sélectionner ces mots clés mais aussi de définir un sujet clair et précis dès le départ. Il m'a également permis de m'améliorer dans ma manière de référencer les articles qui me semblent intéressants qui sont à la fois sauvegardés sous Zotero (Roy Rosenzweig Center for History and New Media 2016) et directement sur la base de données Web of Science.

B. LA FORMATION DENDROCHRONOLOGIE/DENDROECOLOGIE

Comme indiqué dans le chapitre précédent, j'ai reçu (du 19 au 27/03/2018) une formation sur la dendrochronologie et la dendroécologie fournie par l'UMR SILVA sur le site de l'INRA de Champenoux. Cette formation avait pour but, comme la recherche bibliographique de me former sur le sujet de la dendrochronologie et de la dendroécologie pour me permettre de mener à bien celle que je vais mettre en place dans la suite de mon apprentissage.

J'y ai notamment appris la différence entre la dendrochronologie, consistant simplement en la datation des cernes du bois et la dendroécologie utilisant les résultats de cette datation des cernes pour en extraire les informations sur l'écologie de l'arbre.

J'y ai acquis des connaissances sur différents aspects du travail de dendroécologie, tels que l'échantillonnage des arbres à prélever, le carottage, la datation des cernes, l'interdatation par le biais d'années caractéristiques, la double standardisation et la corrélation avec les régresseurs climatiques. Pour ce faire, j'ai notamment appris à me servir du pack-R DENDRO (MERIAN 2012), qui sera un outil très utile dans la réalisation de ma future étude.

C. LA FORMATION AU LOGICIEL R

Dans le contexte de mon travail au sein de l'équipe, il est indispensable que j'acquière des connaissances sur le logiciel R (R Core Team 2013). Il me servira obligatoirement lors de l'analyse des données que j'aurai récoltées. Lors de mon cursus, je n'avais jamais reçu de formation à la programmation et ne connaissant pas cet outil j'ai donc participé à une formation pour débutant au logiciel R organisée par l'UMR pour apprendre les bases de son utilisation.

J'y ai notamment appris les bases du langage R (syntaxe, mode des objets, affectation), de l'import de données depuis un tableur, de la création de graphiques.

Malheureusement, je n'ai pas pu assister à la totalité de cette formation. J'ai dû manquer les deux premiers jours (sur 4) de celle-ci car j'étais déjà à ce moment en formation de dendrochronologie. J'ai toutefois essayé de rattraper mon retard et je pense que je pourrai utiliser ce logiciel pour mon étude, même s'il est probable que je ne sois pas parfaitement autonome dessus dans un premier temps. De plus, il me sera possible de suivre la formation R avancée réalisée au sein de l'UMR me permettant des analyses encore plus poussées si les dates coïncident avec mes périodes d'apprentissage.

4. PREVISIONS POUR L'AN PROCHAIN

Une fois mon travail sur les bases de données des arboretums scientifiques de l'ONF terminé, il me sera dans un premier temps possible de réactualiser la liste fournie par Bertrand CROISILLE afin de valider la sélection d'une dizaine ou quinzaine d'essence allochtones qu'il serait intéressant de tester dans des dispositifs. Mon travail consistera à vérifier que ces essences sélectionnées seront aussi compatibles avec le futur climat par une étude dendroécologique.

Une fois cette liste déterminée, il faudra augmenter le nombre de sites à échantillonner pour asseoir statistiquement mon étude. Selon un gradient climatique, je devrais trouver différents dispositifs (arboretums, dispositifs R&D, espèces atypiques) contenant ces essences avec un effectif suffisant pour mon étude.

Au sein de chacune de ces sélections, j'aurai des carottes à prélever et je pourrai collecter sur ces différents sites les données pédo-climatiques. Ces données sont indispensables à mon étude dendroécologique, ces données étant probablement absentes actuellement. Ce travail risque d'être long mais est absolument nécessaire compte tenu de l'importance de la pédologie dans la réaction des arbres face aux évènements climatiques.

Toutes ces étapes doivent être réalisées lors de l'année prochaine, ce qui me permettra de traiter les données puis les analyser lors de la troisième année.

IV. CONCLUSION :

Pour conclure, mon travail lors de cette première année m'aura permis de me familiariser avec les outils que sont les arboretums scientifiques de l'ONF. Il m'a également permis de bien me préparer à l'étude dendroécologique que je vais mettre en place lors de la suite de mon apprentissage.

Même si la mise en place de la base de données des arboretums scientifiques de l'ONF peut sembler quelque peu déconnectée de l'étude dendroécologique que je vais mettre en place, celle-ci reste absolument indispensable. En effet, le manque de traçabilité et de fiabilité des informations entacheront d'incertitude toutes les études y compris la mienne. Il me semble donc dans ce contexte que la mise en place de la base de données comme point de départ était un choix judicieux pour ne pas avoir à corriger les différentes erreurs à posteriori de mon étude.

La mise en place de cette base de données aura été un travail long à mettre en place et je pense que la rigueur que j'ai pu y apporter est nécessaire dans l'utilisation de ces arboretums à des fins scientifiques. Pour finir, je pense que ce travail permettra de pérenniser et d'encourager l'utilisation de ces arboretums qui peuvent encore nous apprendre beaucoup sur l'écologie des espèces allochtones. Dans le contexte du changement climatique de telles sources d'informations ne peuvent pas être laissées à l'abandon simplement pour fautes de données difficiles d'accès.

V. BIBLIOGRAPHIE

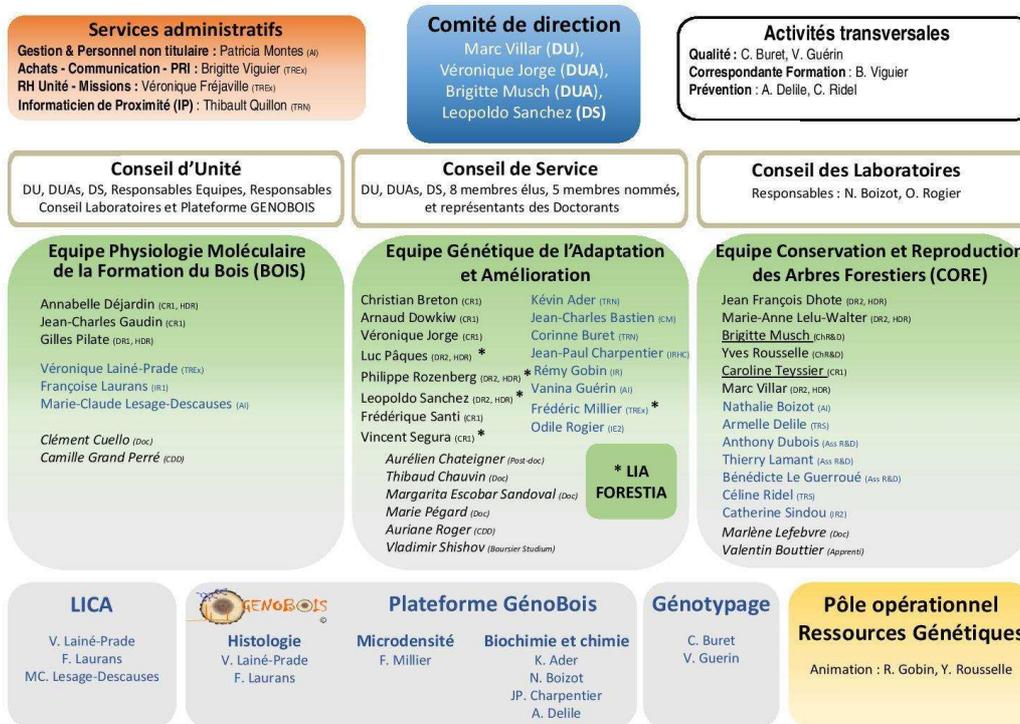
- BENARD, Loukas. 2013. « Etude de la réaction aux changements climatiques de taxons exotiques ». 45160 ARDON: CGAF - ONF.
- BIMONT, Sylvain. 2012. « Proposition d'essences d'avenir dans le contexte des changements climatiques ». Rapport de stage de BTSA GF. 45160 ARDON: CGAF - ONF.
- BLANDIN, Nicolas, et François STEINER. 1996. « Arboretum de Basse-Seine - Bilan de la période 1975-1995 ». 45160 ARDON: UR AGPF - INRA.
- Bontemps, Aurore. 2012. « Potentiel évolutif d'une population de hêtre commun sur le Mont Ventoux ». Écologie, Paul-Cézanne Aix-Marseille. <https://prodinra.inra.fr/?locale=fr#!ConsultNotice:354489>.
- CROISILLE, Bertrand. 2017. « Enseignements des plantations passées dans le contexte de changement climatique ». 45160 ARDON: CGAF - ONF.
- Équipe de développement de QGIS. 2017. *Système d'information géographique QGIS*. (version 2.18.17). Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.org/>.
- Excel (version 2010). 2010. Etats-Unis: Microsoft. <https://products.office.com/fr-fr/excel>.
- Groupe GEOCONCEPT. 2018. *Géococoncept* (version 7.3). France: Groupe GEOCONCEPT. <https://fr.geoconcept.com/>.
- Lebourgeois, François, et Pierre Mérian. 2012. « Principes et méthodes de la dendrochronologie ». PhD Thesis, AgroParisTech.
- MERIAN, Pierre. 2012. « POINTER and DENDRO - Two applications under R software for analyzing tree response to climate using dendroecological approach. », n° 64: 789-98.
- MONS, Didier. 1993. « Bilan de trois arboretums d'altitude dans le Massif-Central ». Rapport de stage de BTSA GF. 45160 ARDON: UR AGPF - INRA.
- Paint (version 6.1). 2009. Etats-Unis: Microsoft. <https://support.microsoft.com/fr-fr/help/4027344/windows-10-get-microsoft-paint>.
- PESTOUR, Jean-Louis. 1984. « Choix des espèces de reboisements en région Méditerranéenne - Premier bilan des arboretums d'élimination ». Rapport de stage de BTSA GF. 84000 Avignon: Station de Sylviculture méditerranéenne - INRA.
- R Core Team. 2013. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Roy Rosenzweig Center for History and New Media. 2016. *Zotero*. Roy Rosenzweig Center for History and New Media. www.zotero.org/download.
- The Plant List* (version 1.1). 2013. Theplantlist. <http://www.theplantlist.org/>.
- WinDENDRO (version 2012c). 2012. Canada: Regent Instruments Inc. <https://www.regentinstruments.com>.

VI. ANNEXE

ANNEXE 1 : CARTE DE L'ORGANISATION DES DIRECTIONS ET AGENCES TERRITORIALES DE L'OFFICE NATIONAL DES FORÊTS



ANNEXE 2 : ORGANIGRAMME DE L'UMR BIOFORA



ANNEXE 4: TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DE LOUKAS BENARD SUR LA REACTION DE LA LARGEUR DE CERNE ET DE LA DENSITE DE 10 ESSENCES RESINEUX DES ARBORETUMS SCIENTIFIQUES DE L'ONF FACE AUX ANNEES CHAUDES, SECHES OU ARIDES. N.S. = NON SIGNIFICATIF

Essence	Arboretum concerné	Réaction aux années chaudes	Réaction aux années sèches	Réaction aux années arides
<i>Abies grandis</i> (Dougl. ex D.Don) Lindl.	Roumare – Forêt Verte	n.s.	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière	Roumare – Forêt Verte	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	Treps	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial Réaction l'année n+1	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial Réaction l'année n+1	Diminution de la largeur de cerne, augmentation de la densité du bois initial Réaction l'année n+1
<i>Cupressus x leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim.	Roumare – Forêt Verte	n.s.	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
<i>Larix decidua</i> Mill.	Roumare – Forêt Verte	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Col des 3 Soeurs	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Sainte-Anastasie	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne, plus forte que pour les années chaudes ou sèches seules
<i>Pinus nigra ssp.laricio</i> Maire	Roumare – Forêt Verte	n.s.	n.s.	Diminution de la largeur de cerne
	Caneiret	n.s.	n.s.	Diminution de la largeur de cerne, plus forte que pour l'arboretum de Roumare – Forêt Verte
	Esterel	n.s.	n.s.	Diminution de la largeur de cerne, plus forte que pour l'arboretum de Roumare – Forêt Verte
	Treps	n.s.	n.s.	Diminution de la largeur de cerne, plus forte que pour l'arboretum de Roumare – Forêt Verte
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Roumare – Forêt Verte	n.s.	Rarement affecté	Rarement affecté
	Col des 3 Soeurs	n.s.	Rarement affecté	Rarement affecté
	Sainte-Anastasie	n.s.	Rarement affecté	Rarement affecté
<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl.	Roumare – Forêt Verte	n.s.	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Caneiret	Rarement affecté	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Esterel	Rarement affecté	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Treps	Rarement affecté	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
<i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) J.Buchholz	Roumare – Forêt Verte	n.s.	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
	Treps	n.s.	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don	Roumare – Forêt Verte	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne	Diminution de la largeur de cerne, plus forte que pour les années chaudes ou sèches seules

ANNEXE 5 : TABLEAU DES SEUILS DES CRITERES DE SELECTION POUR LES GYMNOSPERMES (CROISILLE 2017)

Arboretum	Nombre de parcelle unitaire	Nombre d'arbre en 2011-2012	Circonférence à 1,3m moyenne (cm)	Hauteur totale moyenne des 3 plus gros arbres (m)	Taux de survie « jeune »	Taux de survie « adulte »
Canereit	1	9	22	3	0,8	0,4
Col des 3 soeurs	2	20	47	9	0,6	0,3
Plan Esterel	1	7	41	7	0,9	0,5
Roumare	2	16	86	15	0,8	0,2
St-Anastasie	1	10	55	11	0,8	0,4
Treps	1	8	61	9	0,8	0,3

ANNEXE 6 : TABLEAU DES SEUILS DES CRITERES DE SELECTION POUR LES ANGIOSPERMES (CROISILLE 2017)

Arboretum	Nombre de parcelle unitaire	Nombre d'arbre en 2011-2012	Circonférence à 1,3m moyenne (cm)	Hauteur totale moyenne des 3 plus gros arbres (m)	Taux de survie « jeune »	Taux de survie « adulte »
Canereit	1	3	38	19	0,8	0,5
Col des 3 soeurs	1	1	36	8	0,2	0,2
Plan Esterel	1	3	43	10	0,8	0,4
Roumare	2	13	66	15	0,7	0,4
St-Anastasie	1	5	55	14	0,3	0,2
Treps	1	4	44	10	0,7	0,4

ANNEXE 7: TABLEAU RECAPITULATIF DE LA SELECTION DES ESSENCES INTER-ARBORETUMS.
MC : MASSIF CENTRAL, CONTEXTE MONTAGNARD ; ROU : ROUMARE, CONTEXTE OCEANIQUE ; SUD : CONTEXTE MEDITERRANEEN

Essence	Contextes plantés	Contextes où les arbres ont survécu	Contextes où les arbres sont sélectionnés	Contexte où l'essence a montré une tolérance
<i>Abies alba</i> Mill.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Abies magnifica</i> var. <i>shastensis</i> Lemmon	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Abies nordmanniana</i> ssp. <i>equi-trojani</i> (Asch. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Abies procera</i> Rehder	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Betula pendula</i> Roth	MC ROU	MC ROU	ROU	MC
<i>Larix decidua</i> Mill.	SUD MC ROU	MC ROU	ROU	MC
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon	MC ROU	MC ROU	MC ROU	MC ROU
<i>Pinus flexilis</i> var. <i>reflexa</i> Engelm.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Pinus monticola</i> Douglas ex D. Don	SUD MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Pinus nigra</i> J.F. Arnold	SUD ROU	SUD ROU	SUD ROU	SUD ROU
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>laricio</i> Maire	SUD ROU	SUD ROU	SUD	ROU
<i>Pinus nigra</i> ssp. <i>pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe	SUD ROU	SUD ROU	SUD	ROU
<i>Pinus peuce</i> Griseb.	MC ROU	MC ROU	MC	ROU
<i>Pinus strobus</i> L.	MC ROU	MC ROU	MC ROU	MC ROU
<i>Pinus sylvestris</i> L.	MC ROU	MC ROU	MC ROU	MC ROU
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	SUD ROU	SUD ROU	ROU	SUD
<i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don) Endl.	SUD ROU	SUD ROU	SUD	ROU

Annexe 8 : Base de données des arboretums scientifiques de l'ONF mis en place par Bertrand CROISILLE pour son étude

ARBO	Taxon	Num_ PU	Num_ class	Semis	repetitio n	Annee_ p	Eff_i	Eff_1	Eff_2	Circ_arb re	Ht_arbre	Eff_inv	s_init	Survie_1	Survie_2	s_inv
CAN	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	1	0	27_1973	1	1973	30	28	10	NA	NA	0	1	0,93	0,33	0
CAN	<i>Prunus integrifolia</i> (Sudw.) Sarg.	2	0	543_1974	1	1973	30	NA	10	NA	NA	0	1	NA	0,33	0
CAN	<i>Pittosporum heterophyllum</i> Franch.	3	0	467_1974	1	1973	30	24	10	NA	NA	0	1	0,8	0,33	0
CAN	NA	4	0	412_1973	1	1973	30	21	2	NA	NA	0	1	0,7	0,07	0
CAN	NA	5	0	72421	1	1973	30	9	0	NA	NA	0	1	0,3	0	0
CAN	NA	6	0	72422	1	1973	30	NA	12	NA	NA	0	1	NA	0,4	0
CAN	NA	7	0	496_1974	1	1973	30	NA	23	NA	NA	0	1	NA	0,77	0
CAN	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	8	0	299_1974	1	1973	30	27	0	NA	NA	0	1	0,9	0	0
CAN	<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	9	0	711321	1	1973	30	27	0	NA	NA	0	1	0,9	0	0
CAN	<i>Photinia nussia</i> (Buch.Ham. Ex D.Don) Kalkman	10	0	536_1974	1	1973	30	29	21	NA	NA	0	1	0,97	0,7	0
CAN	<i>Styrax officinalis</i> L.	11	0	94_1973	1	1973	30	29	4	NA	NA	0	1	0,97	0,13	0
CAN	<i>Eucalyptus pulchella</i> Desf.	12	0	72405_2	1	1973	30	28	26	NA	NA	26	1	0,93	0,87	0,87
CAN	<i>Eucalyptus pulchella</i> Desf.	12	1	72405_2	1	1973	NA	NA	NA	103,67	23,6	NA	NA	NA	NA	NA
CAN	<i>Eucalyptus pulchella</i> Desf.	12	1	72405_2	1	1973	NA	NA	NA	103,67	26,5	NA	NA	NA	NA	NA
CAN	<i>Eucalyptus pulchella</i> Desf.	12	1	72405_2	1	1973	NA	NA	NA	75,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
CAN	<i>Eucalyptus pulchella</i> Desf.	12	1	72405_2	1	1973	NA	NA	NA	43,98	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Manque d'information sur les essences

Plusieurs échelles sur un même fichier

Mélange données brutes et calculées

ANNEXE 9 : FICHER DE DONNEES DISPONIBLES SUR LE CANEIRET : FICHER MEDITERRANEE

N° PU actuel	N° PU	Taxon	Provenance	Année plantation	Effectif initial	Effectif 2008	Effectif 2012	Effectif 2013 (après ecl.)	Survie (%) & âge correspondant					Survie (%) 2008	Hauteur moyenne (cm) & âge correspondant				Circ. moyenne (cm) & âge correspondant		
									2	4	6	8	10		4	6	8	10	6	8	10
24	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	30	17	17	14	90	90	87	83	83	56.67	419	496			23.2	36.8	
385	25	<i>Photinia serrulata</i>		1973	15	0	0	0	100	67	60	60		0.00	39	51	41	40			
	26	<i>Hakea dactyloides</i>	nc	1978	20	4	3	3						20.00							
387	27	<i>Melia azedarach</i> var japonica	71 244	1973	20	5	0	0	100	100	100	100	95	25.00	178	247	273	283			
394	28	<i>Amelanchier denticulata</i>	73869	1973	10	0	0	0	80	80	80	80		0.00	115	132	142				
395	29	<i>Ligustrum lucidum</i>	73 765	1973	6	0	0	0						0.00							
396	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73 971	1973	14	12	12	11						85.71							
25	31	<i>Podocarpus elatus</i>		1973	30	11	11	11	93	87	83	80		36.67	125	177	188				
26	32	<i>Eucalyptus umigera</i>	71309	1973	30	22	8	8	100	100	97	90	90	73.33	551			23.5	33.1	42.0	
27	33	<i>Acacia melanoxylon</i>		1973	30	25	24	24	100	100	100	100		83.33	336	455	551		31.4		
28	34	<i>Eucalyptus camphora</i>	72212	1973	30	13	13	13	100	100	97	97	90	43.33	404			20.0	26.9	33.6	
		<i>Acacia bonariensis</i>		1973	30	0			67	47				0.00							
		<i>Acacia cardiophylla</i>		1973	30	0			35					0.00							

Numéro de parcelle unitaire intermédiaire

Numéro de parcelle unitaire le plus récent

Informations absentes

Mélange données brutes et calculées

Incohérence entre les fichiers

ANNEXE 10 : Fichier de données disponibles sur le Caneiret : Fichier avec regarnis

Sect.	N° PU	Nouveau PU	Taxon	Effectif initial	Effectif actuel	Année Pl.	N° Accession	Origine	Taxon initial 1 (mort)	Effectif taxon initial	Année Pl.	N° Accession	Origine
A	24	24	Eucalyptus parvula	30	16	24/10/1973	73960	Australie					
A HD	1	385	Photinia serrulata	15	0	19/02/1973		Thuret					
A HD	2	386	Hakea sp.	20	3	25/01/1978		Hobart					
A HD	3	387	Melia azedarach var.japonica	20	5	19/02/1973	71 244	Argentine					
A HD	10	394	Amelanchier denticulata	10	0	24/10/1973	73 869	USA					
A HD	11	395	Ligustrum lucidum	6	0	24/10/1973	73 765	Japon					
A HD	12	396	Eucalyptus laevopinea	14	12	24/10/1973	73 971	Australie					
B	25	25	Podocarpus elatus	30	10	19/02/1973		Thuret					
B	26	26	Eucalyptus urnigera	30	22	19/02/1973	71309	Hobart					
B	27	27	Acacia melanoxylon	30	25	19/02/1973		Thuret					
B	28	28	Eucalyptus camphora	30	13	19/02/1973	72212	Canberra					
F	135	135	Eucalyptus cephalocarpa	30	20	05/12/1973	1 177		Celtis occidentalis	30	13/12/1974	E 73.085	CNRF

Numéro de parcelle unitaire de départ

Numéro de parcelle unitaire intermédiaire

Informations absentes

Dates précises

Dates incohérentes

Incohérence entre les fichiers

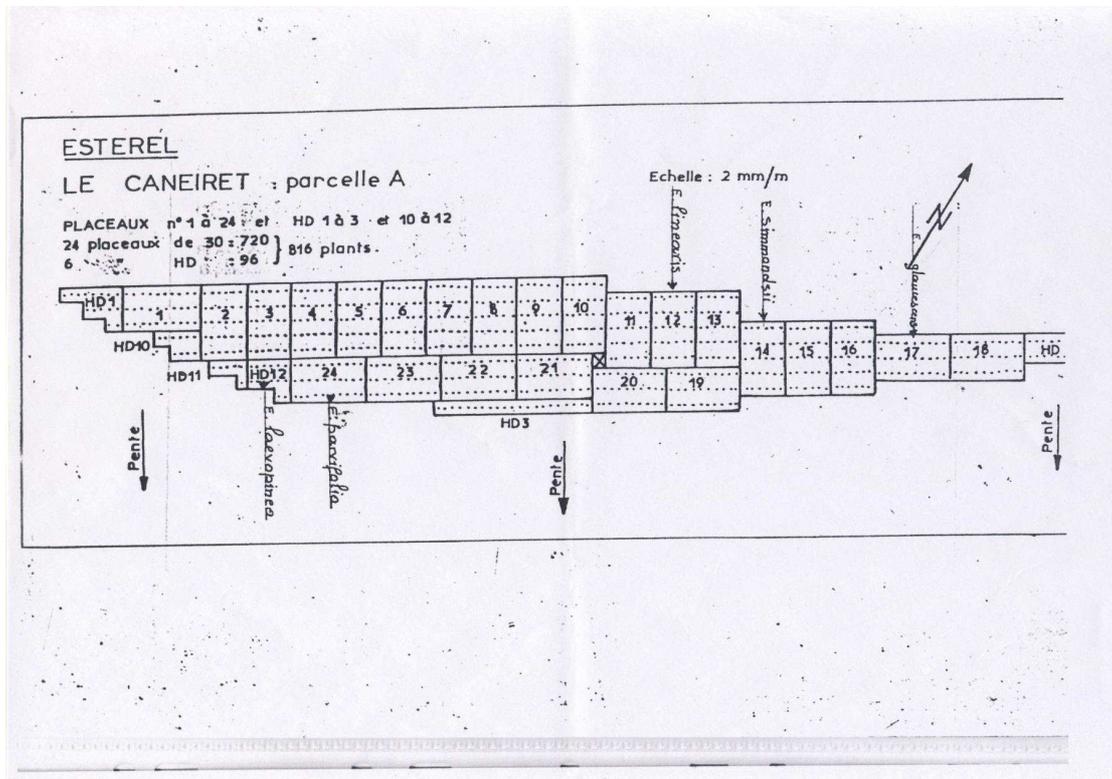
ANNEXE 11 : FICHER DE DONNEES DISPONIBLES SUR LE CANEIRET : INVENTAIRE 2011-2012 AVEC MARTELAGE

Arboretum	N° PU	Taxon	Provenance	Année de plantation	Circ. (cm)	Circ. Martelée (cm)	Ht (m)	Etat sanitaire	Observations
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	18.85	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	128.81	so	11.70	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	37.70	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	12.57	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	40.84	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	15.71	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	81.68	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	75.40	75.40	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	109.96	so	11.40	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	141.37	so	12.80	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	81.68	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	15.71	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	94.25	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	25.13	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	31.42	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	69.12	so	so	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1974	31.42	so	so	1	penché
CAN	25	<i>Photinia serrulata</i>	nc	1973	mort	mort	mort	-9	
CAN	26	<i>Hakea dactyloides</i>	nc	1978	nm	nm	nm	1	
CAN	26	<i>Hakea dactyloides</i>	nc	1978	nm	nm	nm	1	
CAN	26	<i>Hakea dactyloides</i>	nc	1978	nm	nm	nm	1	
CAN	27	<i>Melia azedarach var.japonica</i>	71244	1978	nm	nm	nm	1	
CAN	28	<i>Amelanchier denticulata</i>	73869	1974	mort	mort	mort	-9	
CAN	29	<i>Ligustrum lucidum</i>	73765	1974	mort	mort	mort	-9	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	109.96	so	25.10	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	94.25	so	22.10	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	72.26	so	so	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	15.71	so	so	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	21.99	so	so	1	

Numéro de parcelle unitaire le plus récent

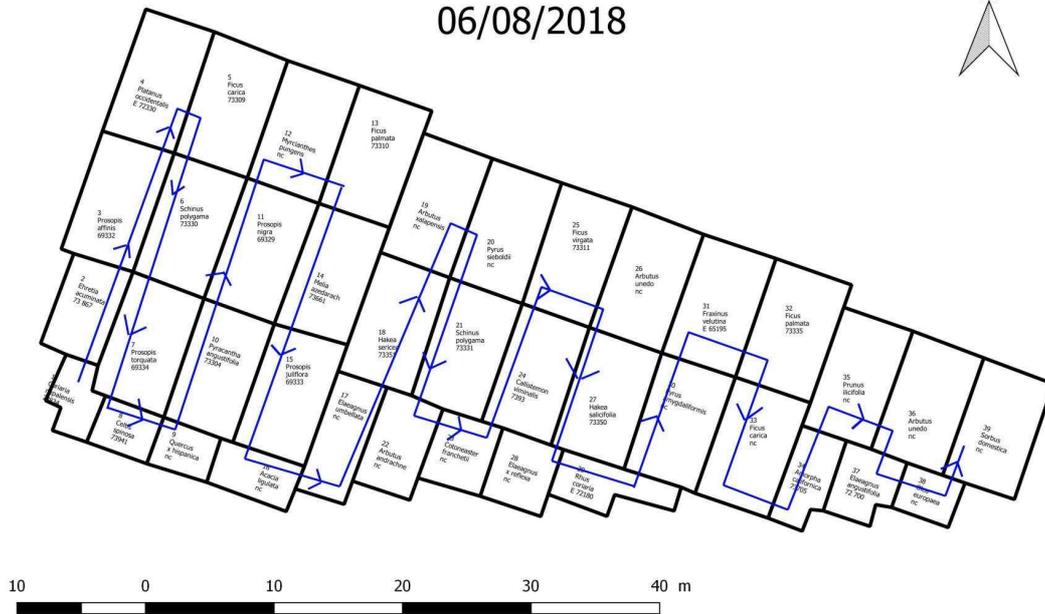
Incohérence entre les fichiers

ANNEXE 13 : PLAN INITIAL DE LA PARCELLE A DE L'ARBORETUM SCIENTIFIQUE DU CANEIRET



ANNEXE 14 : PLAN DE LA SUBDIVISION C DE L'ARBORETUM DU CANEIRET AVEC LE CHEMINEMENT

Arboretum du Caneiret - Subdivision C - 06/08/2018



ANNEXE 15 : TABLE DE CORRESPONDANCE DE L'ARBORETUM DE SAINTE-ANASTASIE

Ancien numéro de PU	Ancien numéro de PU corrigé	N° PU 2012	Taxon à jour avec auteur	Accession	Identifiant PU V3	Numéro de PU à jour au 23/08/2018
178	178		<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	71150	SAI_S000_001	1
146	146	146	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73272	SAI_S000_002	2
147	147		<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73278	SAI_S000_003	3
177	177		<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73268	SAI_S000_004	4
176	176	175	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73273	SAI_S000_005	5
175	175	174	<i>Abies lasiocarpa</i> var. <i>arizonica</i> (Merriam) Lemmon	73214	SAI_S000_006	6
174	174	173	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	71162	SAI_S000_007	7
148	148		<i>Abies sachalinensis</i> (F.Schmidt) Mast.	73049	SAI_S000_008	8
nc	145		nc	nc	SAI_S000_009	9
144	144	144	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	71165	SAI_S000_010	10
130	130	130	<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73285	SAI_S000_011	11
131	131	131	<i>Pinus cembra</i> L.	73018	SAI_S000_012	12
143	143	143	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	71166	SAI_S000_013	13
149	149		<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	71160	SAI_S000_014	14
173	173	172	<i>Abies lasiocarpa</i> var. <i>arizonica</i> (Merriam) Lemmon	73212	SAI_S000_015	15
172	172		<i>Picea engelmannii</i> Parry ex Engelm.	73267	SAI_S000_016	16
171	171		<i>Picea mariana</i> (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb.	73263	SAI_S000_017	17

ANNEXE 16 : EXTRAIT DU FICHER DE NOMENCLATURE DE THIERRY LAMANT

Synonyme couramment utilisé	Plant List	GRIN	Hillier	Gymnosperm database	Cultivar	Observations	Fiche caravane	Nom vernac
Abies pectinata (Lam.) Lam. & DC.	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.				Sapin pectiné, blanc
	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.	Abies alba Mill.				Sapin pectiné, blanc
	Abies amabilis (Dougl. ex Loud.) J.Forbes	Abies amabilis Dougl. ex J.Forbes	Abies amabilis Douglas ex J.Forbes	Abies amabilis Dougl. ex J.Forbes			1	Sapin rouge
	Abies balsamea (L.) Mill.	Abies balsamea (L.) Mill.	Abies balsamea (L.) Mill.	Abies balsamea (L.) Mill.			1	Sapin baumier
	Abies cephalonica Loudon	Abies cephalonica Loudon	Abies cephalonica Loudon	Abies cephalonica Loudon			1	Sapin de Céphalonie, sapin de Grèce
	Abies cilicica (Antoine & Kotschy) Carrière	Abies cilicica (Antoine & Kotschy) Carrière	Abies cilicica (Antoine & Kotschy) Carrière	Abies cilicica (Antoine & Kotschy) Carrière			1	Sapin de Cilicie
	Abies concolor (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	Abies concolor (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebrand	Abies concolor (Gordon) Lindl. ex Hildebr.	Abies concolor (Gordon & Glendinning) Hildebr.			1	Sapin du Colorado
	Abies firma Siebold & Zucc.	Abies firma Siebold & Zucc.	Abies firma Siebold & Zucc.	Abies firma Siebold & Zuccarini			1	Sapin de Momi
	Abies fraseri (Pursh) Poir.	Abies fraseri (Pursh) Poir.	Abies fraseri (Pursh) Poir.	Abies fraseri (Pursh) Poiret			1	Sapin de Fraser
	Abies grandis (Dougl. ex D.Don) Lindl.	Abies grandis (Dougl. ex D.Don) Lindl.	Abies grandis (Dougl. ex D.Don) Lindl.	Abies grandis (Dougl. ex D.Don) Lindley			1	Sapin de Vancouver
Abies brachyphylla Maxim.	Abies homolepis Sieb. & Zuc.	Abies homolepis Sieb. & Zuc.	Abies homolepis Sieb. & Zuc.	Abies homolepis Sieb. & Zuccarini			1	Sapin de Nikko

ANNEXE 17 : EXTRAIT DU FICHER DE PROVENANCES DE THIERRY LAMANT

Taxon	Numéro d'accession	Pays	Localité	Latitude	Longitude	Altitude
<i>Abies alba</i>	64002	Grèce	Pirine			
<i>Abies alba</i>	64003	Bulgarie	Monts Rhodope			
<i>Abies alba</i>	67195	France, Vosges	Celles sur Plaines	48° 27'	6° 58' E	500
<i>Abies alba</i>	67442	Roumanie	Targu Lapus			
<i>Abies alba</i>	68231	Italie, Calabre	Rosello			
<i>Abies alba</i>	70215	Ex Tchécoslovaquie	Pribylson			
<i>Abies alba</i>	73023	France, Meurthe & Moselle				
<i>Abies alba</i>	73024	France, Lozère	Mercoire	44°37'	3°37'	
<i>Abies amabilis</i>	62001	USA, Washington	Randle, Lewis Co.	46°40'	121°50'	1300
<i>Abies amabilis</i>	62059	USA, Washington	Lewis County	46°40'	121°50'	275
<i>Abies amabilis</i>	63068	USA, Washington	Randle, Lewis Co.	46°40'	121°50'	1500
<i>Abies amabilis</i>	68435	USA, Oregon	Wasco	44°8'	121°5'	1200
<i>Abies balsamea</i>	60135	Canada, Québec	Moneton			
<i>Abies balsamea</i>	60136	Canada, Québec	Lac Beauport			
<i>Abies balsamea</i>	61135	Canada, Québec	Lac Beauport			
<i>Abies balsamea</i>	61136	Canada, Québec	Moneton			
<i>Abies balsamea</i>	71290	USA, Michigan	Marquette	46°5'	86°	182
<i>Abies balsamea</i>	72054	Canada, Québec	Garus	48° 15'	65° 27' W	400
<i>Abies balsamea</i>	72055	Canada, Québec	Provost	46° 34'	73° 19'	480
<i>Abies balsamea</i>	72056	Canada, Québec	Tring	46° 13'	71° 57' W	375
<i>Abies balsamea</i>	72057	Canada, Québec	Woburn	45° 18'	70° 53' W	930

ANNEXE 18 : FICHER DE DONNEES DISPONIBLES SUR LE CANEIRET : INVENTAIRE ARBORETUMS SCIENTIFIQUES 2017 (QUI DATE DE 2012)

Arboretum	N° PU	Taxon	Provenance	Année de plantation	Saison de plantation	Années de végétation	Circ. (cm)	Circ. (cm / an)	Ht (m)	Ht (m / an)	Etat sanitaire	Observations
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	18.85	0.50			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	128.81	3.39	11.70	0.31	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	37.70	0.99			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	12.57	0.33			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	40.84	1.07			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	15.71	0.41			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	81.68	2.15			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	75.40	1.98			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	109.96	2.89	11.40	0.30	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	141.37	3.72	12.80	0.34	1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	81.68	2.15			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	15.71	0.41			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	94.25	2.48			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	25.13	0.66			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	31.42	0.83			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	69.12	1.82			1	penché
CAN	24	<i>Eucalyptus parvula</i>	73960	1973	A	38	31.42	0.83			1	penché
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	P	38	109.96	2.89	25.10	0.66	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	P	38	94.25	2.48	22.10	0.58	1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	P	38	72.26	1.90			1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	P	38	15.71	0.41			1	
CAN	30	<i>Eucalyptus laevopinea</i>	73971	1974	P	38	21.99	0.58			1	

ANNEXE 19 : EXTRAIT DU FICHER DE DONNEES DISPONIBLES SUR L'ARBORETUM DU COL DES 3 SŒURS : MASSIF CENTRAL DONNEES

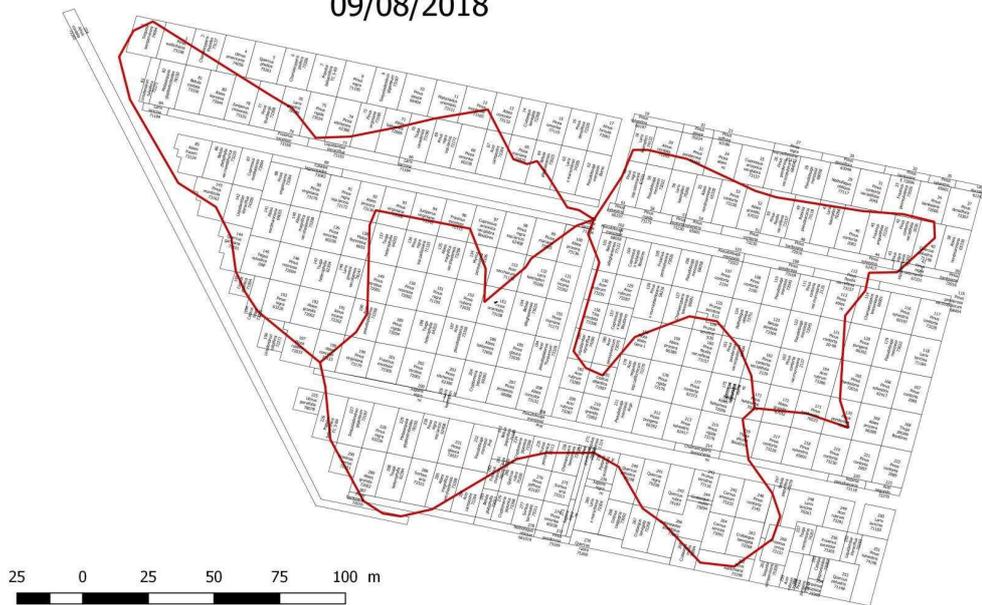
N° 1er PU	N° 2ème PU	N° 3ème PU	N° 4ème PU	N° 5ème PU	N° 6ème PU	N° 7ème PU	Taxon	Proveance	Année Pl.	Effectif initial				Effectifs 1993			
										Col	Crête	Pente	Tourb.	Col	Crête	Pente	Tourb.
152							<i>Larix decidua</i>	63277	1976		30	15			19	2	
116	353	645					<i>Larix laricina</i>	64248	1976	30	30	30		9	12	23	
117	356	660					<i>Larix laricina</i>	67212	1976	30	30	32		16	14	28	
99	649						<i>Larix laricina</i>	67483	1982	30		30		11		13	
219	528						<i>Larix laricina</i>	67484	1982	30	50			15	4		
112	morts	659	946	949	1		<i>Larix laricina</i>	70263	1979	30	30	30	60	27	0	21	10
114	364	646					<i>Larix laricina</i>	71183	1976	30	30	30		21	16	25	
115	363	661					<i>Larix laricina</i>	71184	1976	30	30	31		16	7	25	
111	352	663	945				<i>Larix laricina</i>	71185	1976	30	32	31	30	27	2	28	12
morts			2		3		<i>Larix laricina</i>	71186	1979		30	2	3		1		
113	354	632	662	944	951		<i>Larix laricina</i>	73143	1982	30	30	45	60	10	8	25	10
334							<i>Larix occidentalis</i>	67482	1982	30				8			
113	354	944	951				<i>Larix occidentalis</i>	71172	1976			15				1	
632							<i>Larix occidentalis</i>	73144	1976	30		29		10		6	
253	518	913					<i>Picea abies</i>	6741	1981	30	30	30		29	25	27	

Incohérence : Un seul numéro de PU indiqué pour 2 effectifs initiaux

Incohérence : 4 numéros de PU, dont 3 communes avec celles de *Larix laricina* 73143 pour 1 seul effectif initial

PU « jumelés » dont les informations ne sont pas disponibles à l'échelle de la PU mais seulement groupés par situations

Arboretum de Roumare
- Parcelle 268 -
09/08/2018



ANNEXE 20 : NOUVEAU PLAN DE L'ARBORETUM DE ROUMARE – PARCELLE 268 ; LE TRAIT ROUGE CORRESPOND AU CHEMIN DE L'ARBORETUM

Forêt	Situation	Essence	Numéro	Provenance	Numéro de radio (si besoin)	Type d'échantillon	Boite	Parcelle unitaire	nb de morceaux et observation	Date d'échantillonnage
Roumare	Verte	<i>Abies alba</i>	92			Rondelle	Roumare-Verte			
Roumare	Verte	<i>Abies balsamea</i>	112			Rondelle	Roumare-Verte			
Roumare	Verte	<i>Abies concolor</i>	113			Rondelle	Roumare-Verte			
Roumare	252	<i>Abies concolor</i>	25	73132		Rondelle	Roumare-252	20	2	
Roumare	252	<i>Abies concolor</i>	25	73132	3149	radio	décembre 11	20		décembre 11
Roumare	252	<i>Abies concolor</i>	26	73132	3149	radio	décembre 11	20		décembre 11
Roumare	252	<i>Abies concolor</i>	25	73132	3149	Carotte de radio	décembre 11	20		décembre 11
Roumare	252	<i>Abies concolor</i>	26	73132	3149	Carotte de radio	décembre 11	20		décembre 11
Roumare	252	<i>Abies grandis</i>	39	67032		Rondelle	Roumare-252	61		
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	1	67032	675	Radio	2013 toutes forêts	598		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	14	67032	680	Radio	2013 toutes forêts	252 1-1	dernier cerne : 2009	2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	15	67032	680	Radio	2013 toutes forêts	252 1-1		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	16	67032	680	Radio	2013 toutes forêts	252 1-1		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	22	67032	680	Radio	2013 toutes forêts	252 2-4		2013
Roumare	252	<i>Abies grandis</i>	38	67032	3150	radio	décembre 11	61		décembre 11
Roumare	252	<i>Abies grandis</i>	39	67032	3150	radio	décembre 11	61		décembre 11
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	78	67032	683	Radio	2013 toutes forêts	263 1-3		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	79	67032	683	Radio	2013 toutes forêts	263 1-3		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	140	67032	685	Radio	2013 toutes forêts	V 1-2		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	141	72002	685	Radio	2013 toutes forêts	V 3-2		2013
Roumare	Verte	<i>Abies grandis</i>	253	72002	690	Radio	2013 toutes forêts	252 3-1	2 morceaux mais exploitable	2013

ANNEXE 21 : BASE DE DONNEES DES ECHANTILLONS ET DES RADIOS CORRESPONDANTES

Arboretum	Nombre d'échantillon (% sur le total des arboretums)	Répartition en espèce (% sur le total des échantillons de l'arboretum)
Caneiret	7 (0,7%)	<i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. : 4 (57%) <i>Pinus nigra ssp.laricio</i> Maire : 3 (43%)
Col des 3 sœurs	112 (12,1%)	<i>Pinus sylvestris</i> L. : 70 (63%) <i>Larix decidua</i> Mill. : 17 (15%) <i>Alnus cordata</i> (Loisel.) Duby : 14 (13%) Autres espèces : 9%
Plan de l'Estérel	8 (0,8%)	<i>Pinus nigra ssp.laricio</i> Maire : 8 (100%)
Roumare – Forêt Verte	745 (80,6%)	<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don : 42 (6%) <i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. : 41 (6%) <i>Cupressus x leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim. : 40 (5%) <i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière : 40 (5%) <i>Nothofagus obliqua</i> (Mirb.) Oerst. : 39 (5%) <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco : 35 (5%) <i>Fagus sylvatica</i> L. : 34 (5%) <i>Quercus palustris</i> Münchh. : 32 (4%) <i>Pinus sylvestris</i> L. : 31 (4%) Autres espèces : 55%
Sainte-Anastasie	27 (2,9%)	<i>Larix decidua</i> Mill. : 22 (81%) <i>Pinus sylvestris</i> L. : 5 (19%)
Treps	25 (2,7%)	<i>Pinus nigra ssp.laricio</i> Maire : 8 (32%) <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco : 7 (28%) <i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. : 5 (20%) <i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) J.Buchholz : 5 (20%)
Total	924	<i>Pinus sylvestris</i> L. : 106 (11%) <i>Sequoia sempervirens</i> (D.Don) Endl. : 50 (5%) <i>Larix decidua</i> Mill. : 49 (5%) <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco : 43 (5%) <i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don : 42 (5%) <i>Alnus cordata</i> (Loisel.) Duby : 40 (4%) <i>Cupressus x leylandii</i> A.B.Jacks. & Dallim. : 40 (4%) Autres espèces : 61%

ANNEXE 22 : REPARTITION DES ECHANTILLONS DE BOIS DU CGAF ENTRE LES ARBORETUMS ET LES PRINCIPALES ESPECES REPRESENTEES



Arboretum de Roumare

40 ans d'expérimentation

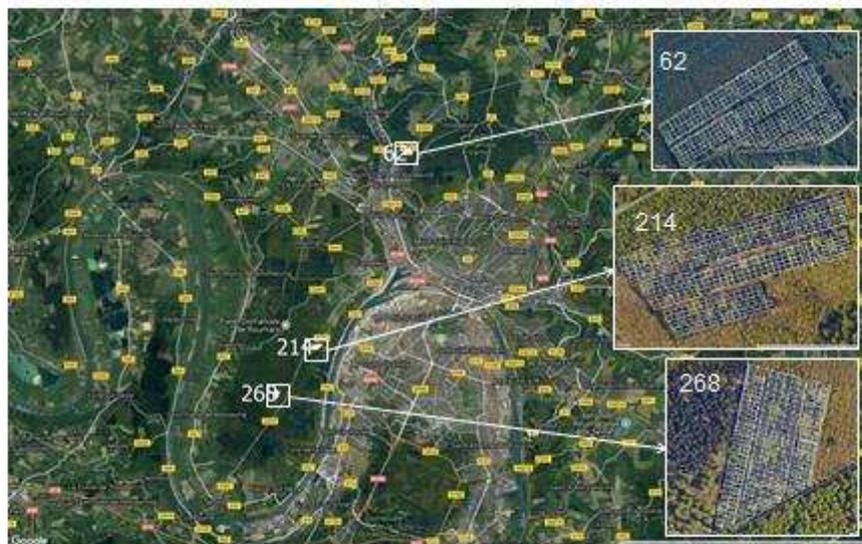
Rouen, le 26 avril 2018



ANNEXE 23-1 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



Localisation des arboretums



ANNEXE 23-2 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018

Des arboretums d'éliminations

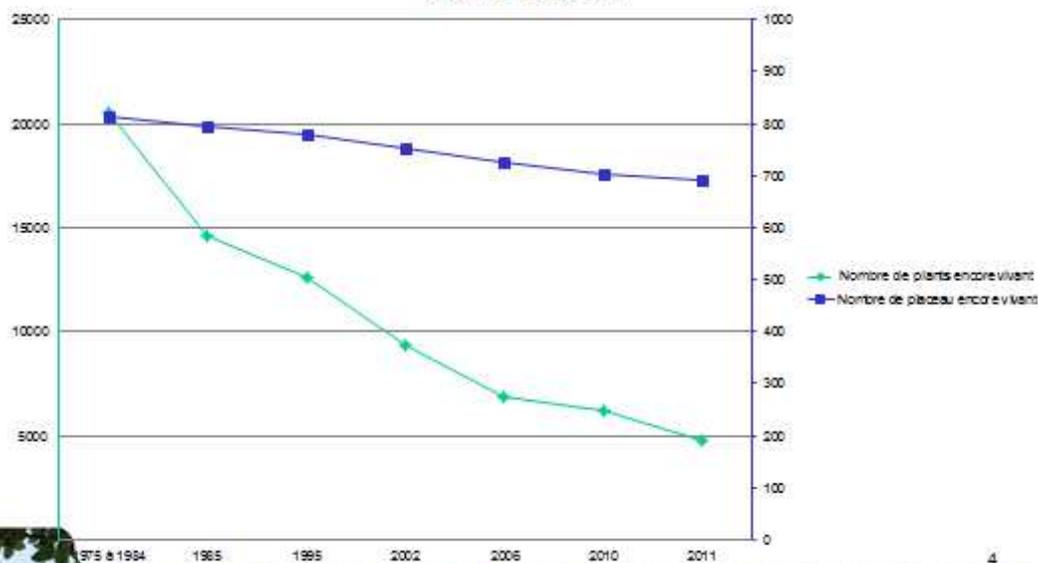
- Etude des effets de la pollution atmosphérique (principalement fluor puis soufre)
- Pollution en baisse depuis 1975, effet encore constaté en 1984 (sur la parcelle 214)
- Plantations de 1975 à 1984 (dont 60% en 1975 et 1976)
- Parcelle 214 : Site très exposé
- Parcelle 268 : Site moyennement exposé
- Parcelle 62 : Site témoin peu exposé

3

ANNEXE 23-3 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
AVRIL 2018

Evolution du nombre de plant et de placeaux vivants en fonction du temps

Arboretum de Roumare



4

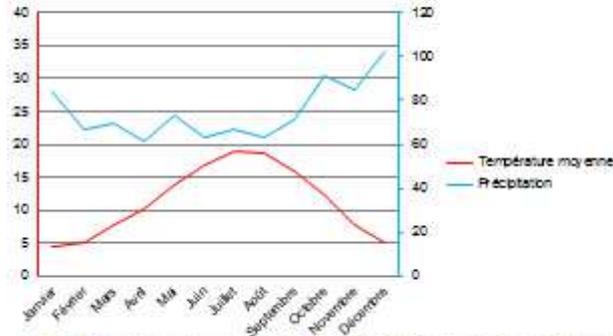
ANNEXE 23-4 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
AVRIL 2018

Un contexte océanique

- 900mm de précipitation annuelle
- Bonne répartition des précipitations
- 11,3°C de température moyenne annuelle
- 43j de gel par an (dont 1,6j en avril et mai)

Diagramme ombrothermique de Roumare

Données Aurelhy - 1961-2010



5

ANNEXE 23-5 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018

La pédologie

Roumare - Parcelle 268

- Limon sableux sur 55cm
- Reposant sur des argiles à silex très caillouteux (85%)
- pH très acide (3,5 à 4,5)

Roumare – Parcelle 214

- Limon sableux très caillouteux (80%) sur 30cm
- Reposant sur des argiles pâte à modeler très caillouteux (80%)
- pH très acide (3,5 à 4,5)
- Trace d'engorgement temporaire léger

Verte – Parcelle 62

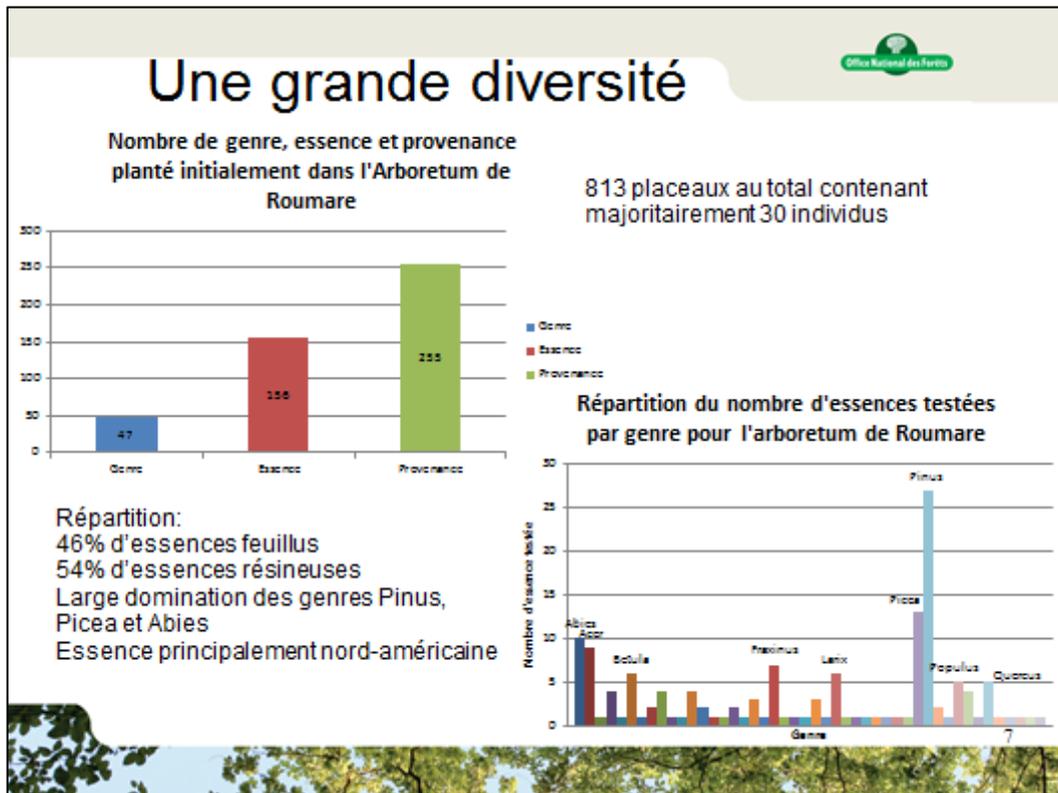
- Limon sableux sur 40cm
- Reposant sur des argiles sableux légèrement caillouteux (30%)
- pH très acide (3,5 à 4,5)

Sol peu fertile

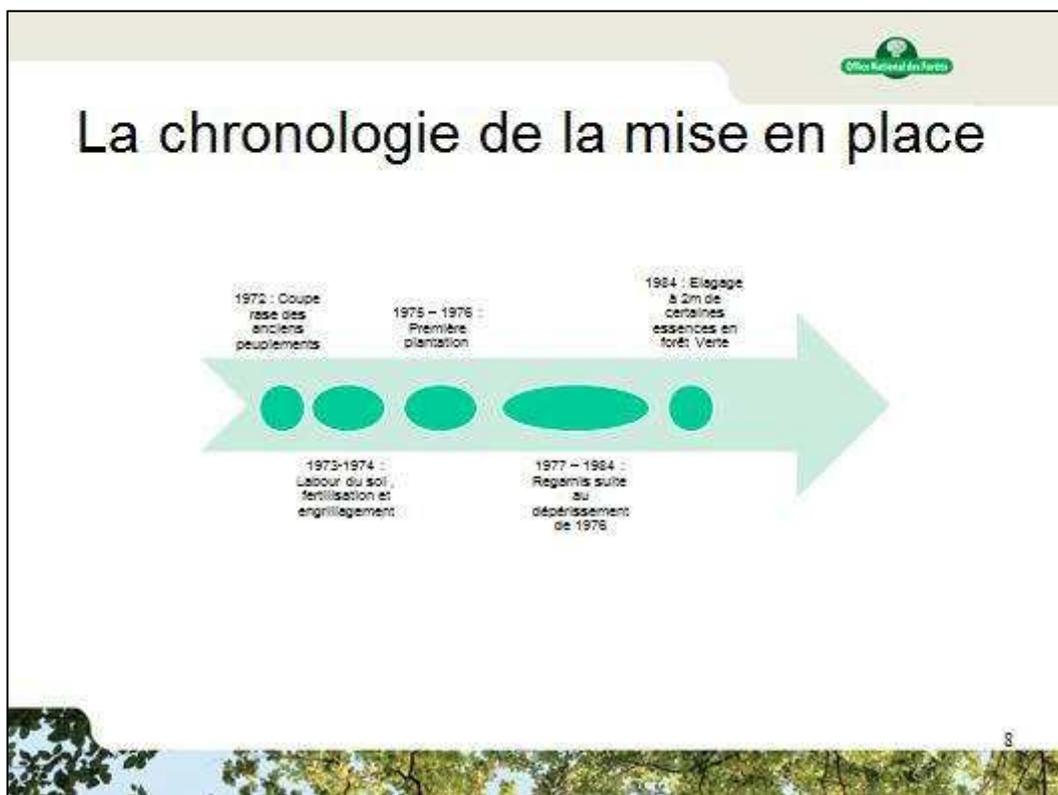
Sol fertile

6

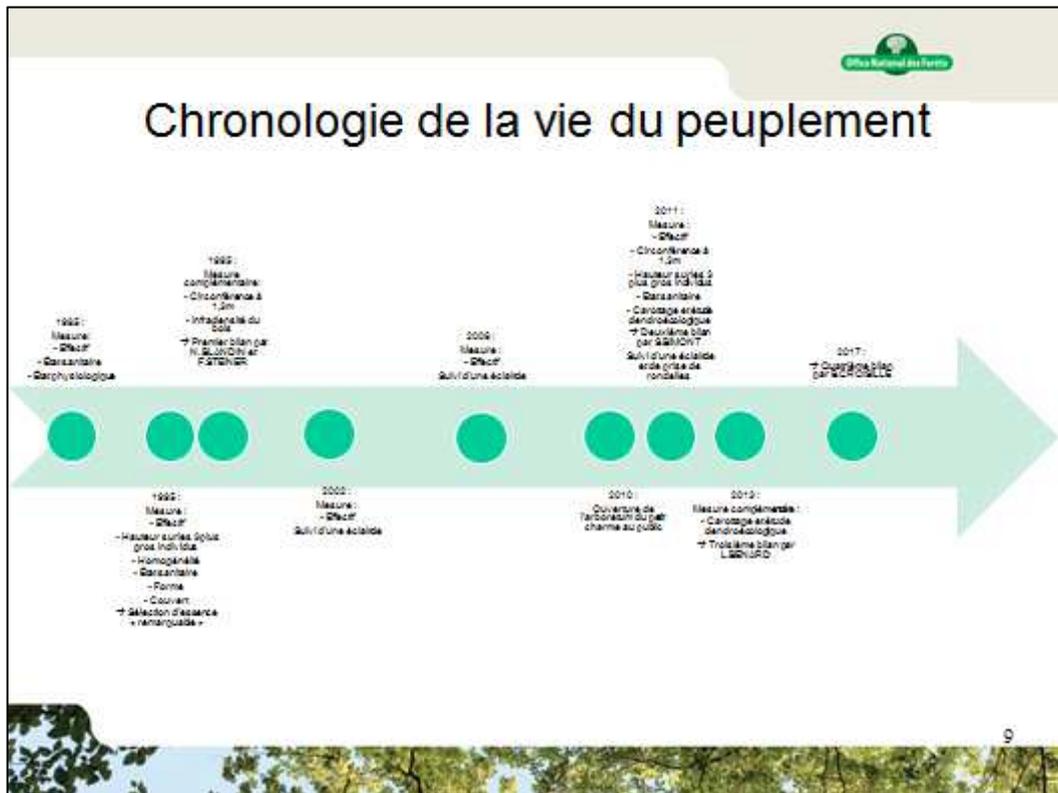
ANNEXE 23-6 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



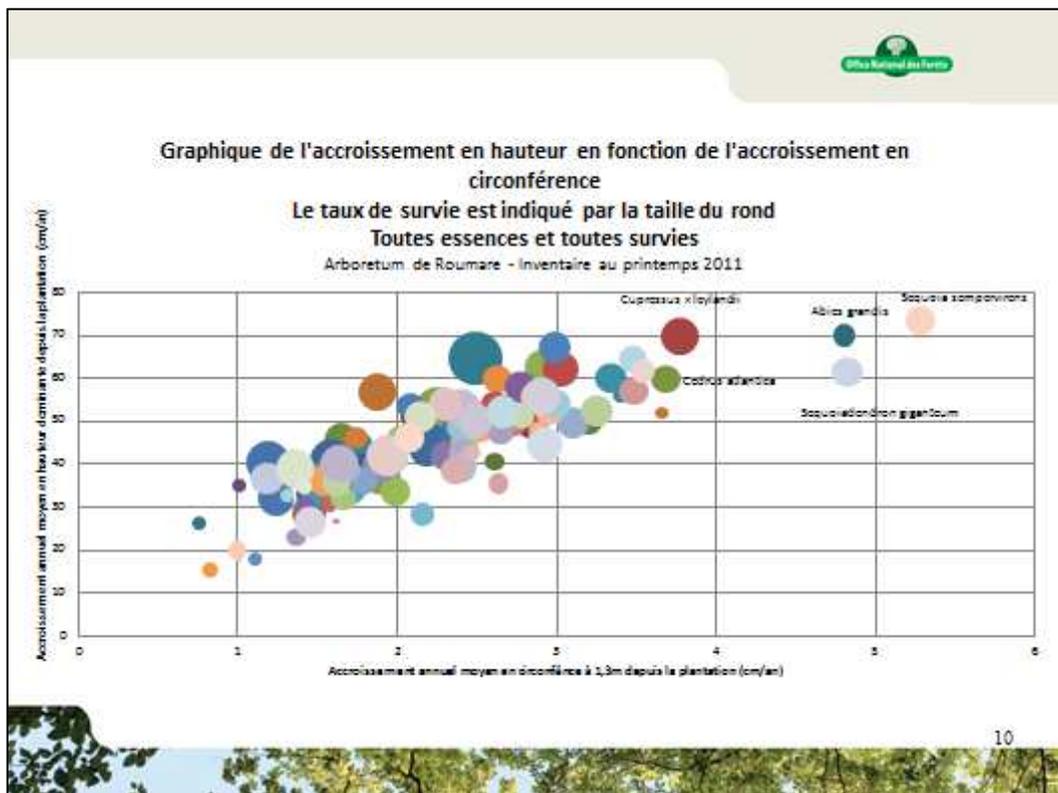
ANNEXE 23-7 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
 AVRIL 2018



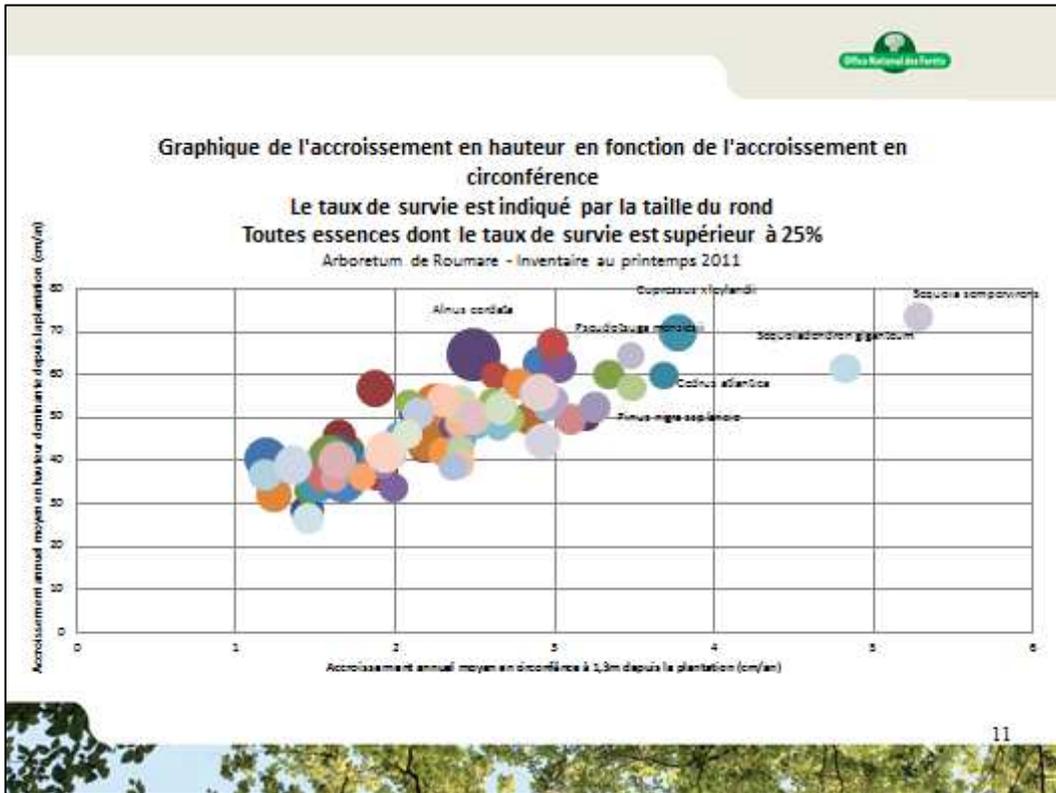
ANNEXE 23-8 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
 AVRIL 2018



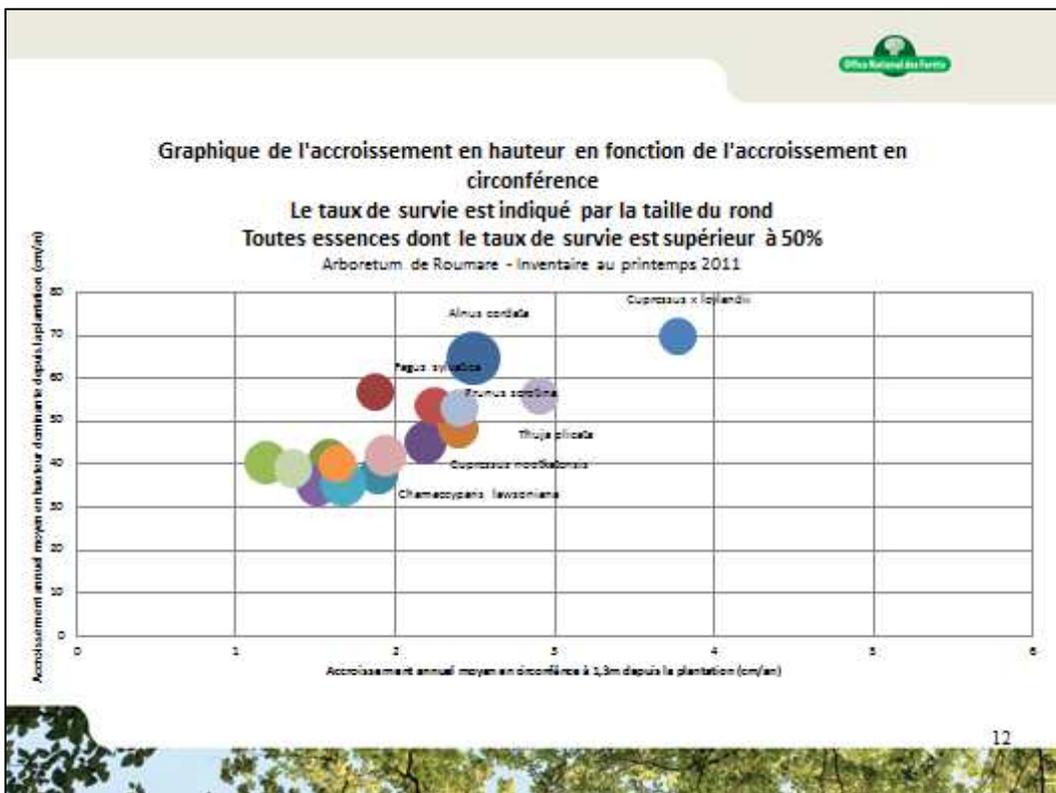
ANNEXE 23-9 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



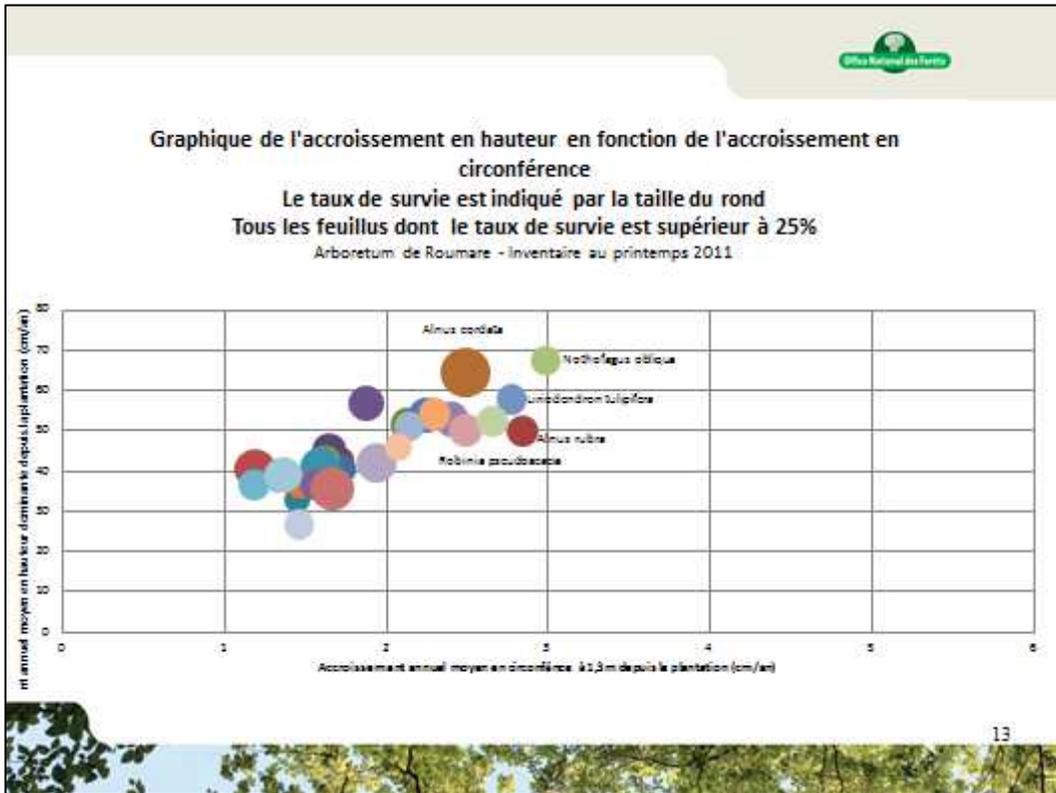
ANNEXE 23-10 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



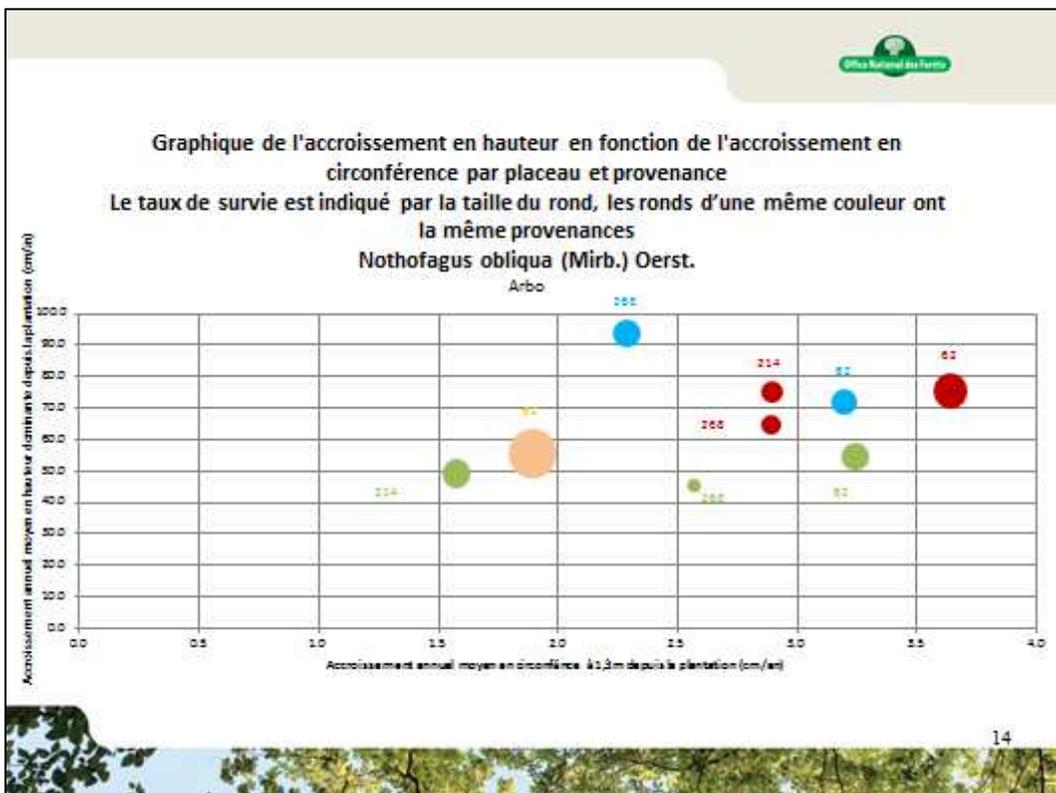
ANNEXE 23-11 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



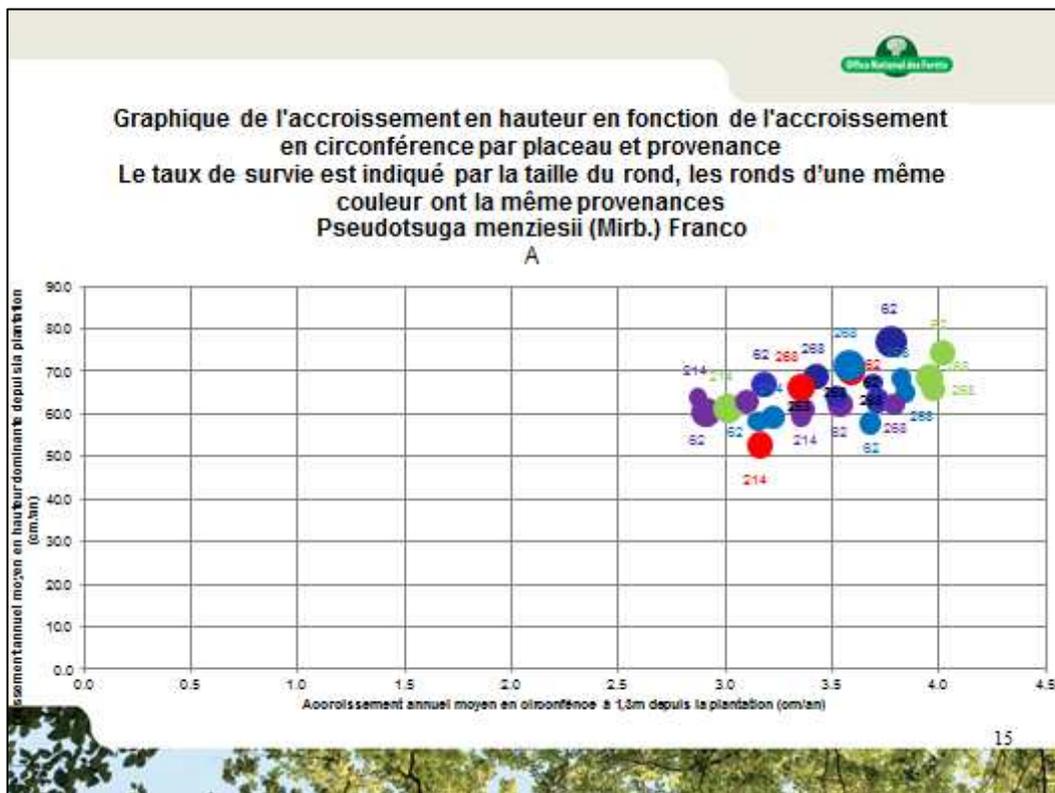
ANNEXE 23-12 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



ANNEXE 23-13 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



ANNEXE 23-14 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



ANNEXE 23-15 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018



La prochaine étude dendroécologique

Etude de la résilience face aux évènements climatiques d'essences exotiques des arboretums scientifiques

- ≈ 15 essences à étudier sur les différents arboretums
- Carottage complémentaire à celui de 2013
- Méthodologie restant à définir

→ Objectif : Définir par contexte climatique la sensibilité des essences face au climat pour prévoir leurs réactions au climat futur

16

ANNEXE 23-16 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018

La collecte des données

- Sélection des essences grâce à la liste de B.CROISILLE
- Carottage à la perceuse électrique équipée d'une tarière
- Préparation des échantillons



17

ANNEXE 23-17 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
AVRIL 2018

Le traitement des largeurs de cernes

- Mesure des largeurs de cernes
- Création des chronologies individuelles
- Repérage des années caractéristiques
- Interdatation des chronologies

Carotte d'*Abies
alba Mill.*



18

ANNEXE 23-18 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26
AVRIL 2018

Analyse des chronologies

- Standardisation des chronologies
- Récupération des données climatiques
- Réponse des essences face au climat

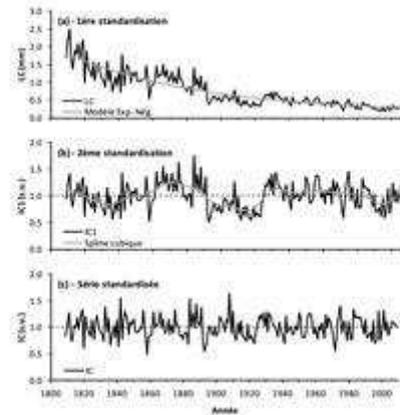


Illustration de l'étape de double standardisation des largeurs de cernes brutes sur une chronologie de Quercus petraea récolté en 2008 dans le Massif des Vosges (Forêt de Bâle, Belfort, altitude : 752 m). IC1 : indices bruts de la 1^{ère} standardisation, IC2 : indices bruts de la 2^{ème} standardisation. Paramètres de la série climatique : $k = 20$ ans, $v = 10$ %.

Lebourgeois, Méliani (2012). Manuel de Dendrochronologie.

19

ANNEXE 23-19 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018

Merci de votre attention

ANNEXE 23-20 : PRESENTATION DE L'ARBORETUM DE ROUMARE-FORET VERTE DANS LE CADRE DU PROJET DEFIFORBOIS – 26 AVRIL 2018

COMPTE RENDU D'INSTALLATION DE L'EXPERIMENTATION

Rédigé le 05/01/2018 par Valentin Bouttier

TITRE : Arboretum scientifique du Caneiret**DOMAINE DE PREOCCUPATION :** Comparaison d'espèces et provenances exotiques**LOCALISATION :**

- Région : Provence-Alpes-Côte d'Azur (21)
- Département : Var (83)
- Forêt Domaniale de l'Esterel
- Parcelle 9
- Coordonnées : Lambert IIe : x = 964102,94; y = 1843129,6
- Direction Territoriale Midi-Méditerranée (87)
- Agence Territoriale Alpes-Maritimes – Var (8770)
- Unité Territoriale Grand Esterel (877005)
- Région IFN : Esterel (83.6)

STATION :

- Altitude : 250 à 320 m
- Climat méditerranéen¹ :
 - Température moyenne annuelle : 14.6 °C – 8.5 jours de gel/an – Température minimale moyenne sur la période Déc-Jan-Fév : 4.95°C
 - Pluviométrie annuelle : 978,3 mm (74,3 jours/an), dont 99 mm de juin à août. (avec Juillet - Août subissant une sécheresse P<2T)
- Topographie : Forte Pente >30% avec 1 versant sud et 1 versant nord bien abrité du vent

Pluviométrie (mm)	Hiver	Automne	Printemps	Eté
	329,3	322,7	227,3	99

- Sol² :
 - Substrat : ryolithe amarante d'origine éruptive
 - Type de sol : brunisol à texture sablo limoneuse caillouteuse
 - Humus : mull acide
 - Hydromorphie : néant
- Végétation (avant préparation du terrain) : maquis à *Erica scoparia* avec une végétation caractéristique de l'association *Erica scoparia* et *Lavandula stoechasronce*.
- Station forestière:
 - Fertilité : Sol pauvre, faible quantité d'éléments nutritif à pH acide.
 - Facteurs limitants : Quantité limitée en élément nutritif – Forte teneur en éléments grossiers – Sécheresse estivale

PEUPELEMENT FORESTIER ANTERIEUR² :

Maquis à *Erica scoparia* résultant de la destruction d'une pineraie de pin maritime (*Pinus pinaster*) mésogéen (incendie de 1964 et dépérissement dû à *Matsucoccus*).

OBJET DE L'ESSAI – VARIABLES DE JUGEMENT :

Evaluation de l'adaptation et des performances (taux de survie, croissance, état sanitaire) de différentes espèces et provenances exotiques feuillus et résineuses en climat méditerranéen.

Facteur étudié = Essence et provenances pour un total de 375 espèces et sous-espèces et de 123 genres : voir liste en annexe

Variables de jugement :

- Taux de survie
- Accroissement en hauteur ou en circonférence des plants
- Etat sanitaire

¹ moyenne des 3 stations météorologiques les plus proches, Les Adrets de l'Esterel (pas pour les températures), St Raphaël (Dramont) et Pic de l'Ours de 1960 à 1982

² d'après le mémoire de troisième année présenté par Jean-Louis PESTOUR (1984) sur le choix des espèces de reboisements en région méditerranéenne, premier bilan des arboretums d'élimination

DISPOSITIF :

Unité expérimentale (U.E) : 337 parcelles unitaires (PU) de 30 individus et 174 PU de taille variable dit hors-dispositif. Plantation à 2m entre les lignes et 1m sur les lignes soit 60m² pour les PU de 30 individus.

Surface utile : 2,42 ha

Surface totale du dispositif : 4 ha

Calendrier des mesures et observations :

Type de test	Nombre d'années après la plantation				
	2	4	6	8	10
Evaluation	- Effectif	- Effectif - Hauteur	- Effectif - Hauteur ou - Circonférence	- Effectif - Hauteur ou - Circonférence	- Effectif - Hauteur ou - Circonférence

Nature de mesures et protocoles :

- Effectif de la PU
- hauteur totale (cm) de tous les arbres de la PU
- circonférence en cm à 1m de tous les arbres de la PU, cette mesure remplace celle de la hauteur totale à partir de 5m de hauteur moyenne sur la PU

DATE D'INSTALLATION : 1973

REALISATION ² :**Préparation du terrain avant plantation :**

- Démaquisage au bulldozer
- Passage du ripper dans le sens de la pente équivalent à un sous-solage de 50 à 80cm de profondeur
- Travaux anti-érosion par réseau de sillons parallèles de 20-30cm de profondeur espacés de 2m suivant les courbes de niveaux

Implantation du dispositif :**1973 - 1980 : Plantation**

Lots de graines issus soit de peuplements sauvages, soit de jardins botaniques ou d'arboretums. Les plants sont identifiés par leurs numéros d'accession comprenant parfois un code pour la pépinière d'élevage du plant, l'année de récolte et l'identifiant du numéro de récolte.

Plants en 1-0 : Ils ont d'abord été semés en hiver en serre froide ou directement dans les containers puis sortis de la pépinière au mois de mai. Plantation l'hiver suivant. La plupart des conifères ont été élevés en fertil pots (pots de 10x18cm soit 1,8L) à la pépinière du Ruscas. Certaines espèces, feuillus notamment, dont l'élevage nécessitait des soins particuliers ont été conditionnées en sachet polyéthylène à la pépinière d'Antibes.

- Nettoyage manuel plant par plant ou mécanique des adventices effectué périodiquement
- Taille de formation sur toutes les espèces en vue de former un tronc
- Traitement au **Dimilin** à l'automne pour éviter une prolifération des chenilles processionnaires
- 2 ans après la plantation : Fertilisation par épandage d'engrais N,P,K (10,10,10) à raison de 100g par arbre
- 1979 : Mise en place de clôture électrique pour éviter les dégâts de cerfs ou de sangliers
- 1974 – 1980 : Regarnis ou replantation sur les PU avec un fort taux de mortalité

Suivi, surveillance :

- 2 fois par an jusqu'en 1980 (automne et printemps)
- 1 fois par an en 1981 et 1982 (printemps)
- 2 fois par an en 1983 (automne et printemps)

DUREE MINIMUM : 20 ans

PREMIERS RESULTATS SIGNIFICATIFS ATTENDUS : 11 ans (1984).

COLLABORATION :

Installation : INRA-Station de Sylviculture méditerranéenne

Suivi : ONF

PLAN de PLAN du DISPOSITIF, SITUATION et d'ACCES : voir annexes