



HAL
open science

Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne : Cas de l'arboretum du plan Estérel

Marie-Alice Mathat

► **To cite this version:**

Marie-Alice Mathat. Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne : Cas de l'arboretum du plan Estérel. Sciences du Vivant [q-bio]. 2012. hal-02811039

HAL Id: hal-02811039

<https://hal.inrae.fr/hal-02811039>

Submitted on 6 Jun 2020

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.



Université d'Auvergne, Institut Universitaire de Technologie de Clermont-Ferrand, Département Génie Biologique, Site d'Aurillac

Travail encadré par Catherine Ducatillon,
Directrice de l'Unité Expérimentale Villa Thuret à Antibes

**Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les
espèces exogènes, en région méditerranéenne :
Cas de l'arboretum du Plan Estérel**



Rapport présenté par MATHAT Marie-Alice,
Seconde année option Agronomie,
Avril à Juin 2012

Remerciements

Je remercie ma maîtresse de stage, Catherine Ducatillon, Conservatrice du jardin Thuret et Directrice de l'Unité Expérimentale de la Villa Thuret (UEVT), pour son accueil chaleureux, ses précieux conseils et sa bonne humeur. Elle m'a également donné l'opportunité d'effectuer ce stage passionnant.

Mes remerciements s'adressent aussi à Richard Bellanger, Directeur adjoint de l'UEVT, et à Aurore Portier, Responsable technique du patrimoine non vivant, toujours enthousiastes de m'accompagner sur le terrain. Ils m'ont également aidé pour mon rapport et notamment pour la cartographie.

Je remercie l'Office National des Forêts, et plus particulièrement Luc Blaison, pour leur soutien technique.

Une pensée également aux jardiniers et techniciens de la Villa Thuret, Yannick Mellerin, Joëlle Chevalier et Gabriel Zizzo avec qui j'ai passé d'agréables moments.

Et enfin, je tiens à remercier mes collègues de stages et colocataires au Cap d'Antibes, Antoine, Frédérique, Juliette, Marine P. et Marine V., Marion et Maurane, avec qui j'ai passé trois mois inoubliables.

Résumé

Dans les années 60, la **forêt méditerranéenne** régressait sous l'influence de nombreux facteurs tels que l'augmentation de la fréquence des incendies ou l'apparition de nouveaux ravageurs. Pour accélérer sa régénération, des espèces pionnières, supportant les conditions locales méditerranéennes, devaient être trouvées rapidement. Des **arboretums d'élimination** ont été créés à partir de 1973 par l'INRA ; il s'agit de collections dendrologiques comparatives comportant des **espèces exotiques** et indigènes. Aujourd'hui, avec la problématique des invasions biologiques, la question est de savoir si des espèces exotiques ont réussi à se **naturaliser** voire à devenir **invasives** en l'espace de 38 ans. Ce travail a été mené dans l'arboretum du Plan Estérel, situé dans le Var, dans le massif de l'Estérel. Pour cela, des inventaires de la flore indigène et exogène ainsi qu'une **cartographie** des espèces se reproduisant naturellement sur le site ont été effectués. Sur les 327 espèces plantées au départ dans l'arboretum, environ 15 se ressemment spontanément. Le comportement de quatre taxons qui se naturalisent au Plan Estérel, *Acacia melanoxylon*, *Cupressus goveniana*, *Hakea salicifolia* et *Hakea sericea*, a été **comparé** avec celui exprimé sur un autre site. Nous avons pu constater que les conditions du milieu dans lequel se trouvent les espèces exotiques ainsi que la concurrence locale et le mode de gestion jouent un rôle très important dans le comportement des espèces exotiques (221 mots).

Mots clés : forêt méditerranéenne – arboretums d'élimination – espèces exotiques – naturalisation – invasion biologique – cartographie – comparaison.

Abstract

In the 60s, the **Mediterranean forest** regressed under the influence of many factors such as increased fires or the appearance of new pests. To accelerate regeneration of pioneer species, supporting local Mediterranean conditions, had to be found quickly. **Arboretums disposal** were created in 1973 by INRA, it is dendrological comparative collections including **exotic** and native species. With strong problem of biological invasions, the question is whether alien species have managed to become **naturalized** or even **invasive** during these 38 years. This work was carried out in the arboretum Plan Esterel, located in the Var, in the Esterel mountains. For this, inventories of native flora and exogenous as well as a **mapping** of naturally reproducing species have been performed. Of the 327 species initially planted in the arboretum, about 15 to reseed naturally. The behavior of four taxa are naturalized Plan Esterel, *Acacia melanoxylon*, *Cupressus goveniana*, *Hakea salicifolia* and *Hakea sericea* was **compared** with that expressed on another site. We have found that environmental conditions in which alien species as well as local competition and the management style play a very important role in the behavior of exotic species (189 words).

Keywords : Mediterranean forest - arboreta disposal - exotic species - naturalization - invasion - mapping - comparison.

Sommaire

Remerciements

Résumé

Abstract

Introduction

I. Organisme d'accueil

I.1. INRA

I.2. Villa Thuret

I.2.1. Unité Expérimentale

I.2.2. Missions de l'UEVT

I.2.3. Jardin Botanique

I.3. Projet RecArbo

I.4. Objectifs

II. Préambule sur les plantes envahissantes

II.1. Historique des invasions biologiques

II.2. Processus d'invasion

III. Matériels et méthodologie

III.1. Descriptif du site d'étude

III.1.1. Situation géographique

III.1.2. Mise en place

III.1.3. Les espèces

III.2. Méthodologie

III.2.1. Inventaire des espèces présentes dans l'arboretum en 2012

III.2.2. Cartographie des espèces susceptibles de se naturaliser

IV. Résultats

IV.1. Inventaires

IV.1.1. Echantillonnage des espèces introduites

IV.1.2. Relevés des espèces à régénération spontanée

IV.1.3. Flore indigène

IV.2. Représentation qualitative des espèces se ressemant de manière dynamique

IV.3. Observations au Caneiret

V. Analyse et interprétation

V.1. Typologie des espèces au Plan Estérel

V.1.1. Les espèces indigènes

V.1.2. Les espèces dites anecdotiques

V.1.3. Les espèces naturalisées

V.1.4. Les espèces invasives

V.2. Application de la règle de Williamson

V.3. Etude comparative avec le Caneiret

V.4. Risques et impacts de la naturalisation des plantes exotiques

Conclusion

Bibliographie

Table des sigles

Glossaire

Table des tableaux et des figures

Table des annexes et annexes (de 1 à 9)

Introduction

Dans le cadre de ma seconde année de Diplôme Universitaire de Technologie (DUT) option Agronomie à l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) d'Aurillac j'ai eu l'opportunité de réaliser un stage au sein de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et plus précisément au sein de l'Unité Expérimentale de la Villa Thuret (UEVT) située au Cap d'Antibes. Cet organisme public travaille essentiellement sur des problématiques liées à l'alimentation, à l'environnement et à l'agriculture.

Mon étude, qui a lieu dans le cadre du projet RecArbo (acronyme de Recolonisation des Arboretums) porte sur un thème lié à l'écologie avec une approche technique de cartographie.

Il y a 50 ans la forêt méditerranéenne était régulièrement ravagée par des incendies ou par l'apparition de nouveaux ravageurs. Ces phénomènes ont induits des risques pour les zones dévastées ; par exemple, les zones ne possédant plus aucune végétation étaient plus sensibles au phénomène d'érosion. Pour reconstituer une couverture végétale forestière, il était nécessaire de faire appel à des espèces capables de supporter des contraintes environnementales difficiles et de s'installer rapidement entre deux incendies. Les chercheurs de l'époque ont donc créé des dispositifs expérimentaux appelés arboretums* d'élimination. Ceux-ci avaient pour objectif de tester des espèces alors inconnues sur notre territoire, vis-à-vis notamment d'une future exploitation forestière.

Un suivi a été réalisé les premières années afin d'identifier les espèces les plus prometteuses. Une fois ces résultats obtenus, l'entretien et la gestion de ces arboretums ont été confiés à l'Office National des Forêts (ONF). Aujourd'hui ces ressources biologiques prennent un nouvel intérêt pour les chercheurs, dans le contexte du changement global et en particulier le changement climatique. Le service recherche-développement de l'ONF a réalisé un premier inventaire des espèces présentes ; par ailleurs, l'INRA s'interroge vis-à-vis des risques que pourraient engendrer ces espèces alors inconnues pour la flore locale.

Durant mon stage deux tâches m'ont été confiées :

- réaliser un inventaire, plus actuel, des espèces présentes sur un arboretum
- identifier parmi les espèces exotiques introduites celles qui pourraient poser des problèmes et envahir les écosystèmes locaux dans le futur

Ce travail se construit, tout d'abord, autour d'une présentation de l'Inra, ainsi que d'un rappel sur les plantes invasives. Nous étudierons, après une description de l'arboretum, la méthodologie utilisée, et pour finir nous analyserons les résultats obtenus.

I. Organisme d'accueil

I.1. INRA

L'INRA, fondé en 1946, est un organisme de recherche scientifique publique finalisée, placé sous la double tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Il est le premier institut de recherche agronomique en Europe.

Cet institut remplit plusieurs missions, telles que produire et diffuser des connaissances scientifiques, donner des pistes pour les décisions des acteurs publics et privés à l'aide de son expertise, concevoir des innovations et des savoir-faire, etc. Les sujets de recherches sont guidés par les nombreux défis planétaires posés, entre autres, par l'alimentation, l'environnement ainsi que la valorisation de territoires, et que l'agriculture et l'agronomie ont à relever (Site INRA) [1].

Plus spécifiquement, l'INRA Provence-Alpes-Côte d'Azur (INRA PACA) résulte de la fusion récente (2010) des centres INRA d'Avignon et de Sophia-Antipolis.

Le dispositif scientifique a ainsi pu être consolidé autour de trois pôles : Adaptation au Changement Global (ACG) et Production Horticole Intégrée (PHI) à Avignon, Pôle Santé des Plantes (PSP) à Sophia-Antipolis (Site INRA) [1].

I.2. Villa Thuret

I.2.1. Unité Expérimentale

C'est en 1964 que l'INRA reçoit formellement la villa Thuret en dotation (Fig. 1a et 1b). A partir des années 70, les principaux travaux de l'équipe de botanique consistaient en la rénovation des collections du jardin et en la végétalisation des zones dégradées, avec notamment la création des arboretums méditerranéens d'élimination ; puis la valorisation des espèces s'est effectuée dans la filière plantes ornementales.

En 2004, l'ensemble des services de l'INRA déménage à Sophia-Antipolis, laissant sur le Cap d'Antibes le jardin botanique et l'équipe chargée de sa gestion et de son entretien.

En janvier 2012, le statut de la Villa Thuret a évolué, avec le changement de département scientifique, passant du département Santé des Plantes et Environnement (SPE) au département Ecologie des Forêts, Prairies et milieux Aquatiques (EFPA) et la création d'une nouvelle unité, l'Unité Expérimentale de la Villa Thuret (UEVT), sur le centre INRA PACA (Ducatillion, commentaire personnel, 2012).



1a



1b

Figures 1a et 1b : Photographies de la villa Thuret, à la fin de sa construction (1a) et de nos jours (1b)

Sources : Archives de la Villa Thuret (1a) et Slagmulder Christian (1b), 2011

I.2.2. Missions de l'UEVT

La mission de cette Unité Expérimentale (UE) concerne « le phénotypage de l'acclimatation en milieu méditerranéen de végétaux ligneux forestiers ayant un intérêt pour la production de bois de qualité ainsi que la production de biomolécules, ou le maintien d'un couvert forestier. Cela inclut, de fait, l'étude des plantes envahissantes » (Site INRA) [1].

En parallèle, la villa est aujourd'hui engagée dans un projet en partenariat avec les collectivités locales et d'autres partenaires scientifiques et techniques, en vue de développer l'ouverture du jardin botanique au public, de constituer une vitrine du paysage en méditerranée et d'étendre les activités d'enseignement et d'expérimentation. Pour cela, outre l'UEVT, la Villa Thuret accueille, dans le cadre de conventions avec l'INRA, les antennes départementales du Conservatoire Botanique National Méditerranéen (CBNMed) et du Conservatoire d'Espaces Naturels de PACA (CEN PACA), le Centre Permanent d'Initiative pour l'Environnement de Cannes (CPIE) et l'association des Amis de la Villa Thuret. Elle a également développé des liens étroits avec l'établissement d'enseignement horticole d'Antibes.

I.2.3. Jardin Botanique

L'UEVT est chargée de l'entretien et de la gestion des collections de la Villa Thuret y compris d'un jardin botanique. Celui-ci a été créé en 1857 par Gustave Thuret (1817-1875), algologue et botaniste, reconnu pour ses travaux sur la reproduction des algues (Fig.2). Il y réalise des travaux d'acclimatation et d'étude de végétaux de zones subtropicales et

méditerranéennes. Les débuts du jardin sont difficiles en raison des conditions climatiques particulières de la région. Gustave Thuret se heurte également à la difficulté de trouver les plantes qu'il recherche et met alors en place un réseau de correspondants qui lui envoient des graines du monde entier.

Il poursuit ses travaux avec son ami Edouard Bornet (1828-1911), à qui l'on doit, entre autres, la première classification des lichens et la création de nombreux hybrides de cistes. L'ensemble de leurs travaux a largement contribué à la transformation du paysage végétal de la Côte d'Azur et à l'essor de l'horticulture méditerranéenne.

En 1877, peu après la mort de Gustave Thuret, la propriété devenue jardin botanique est léguée à l'État français, afin que des recherches botaniques et scientifiques y soient poursuivies.

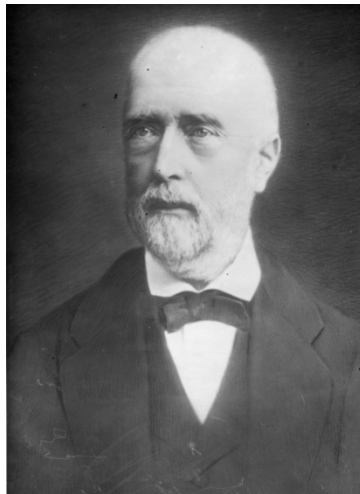


Figure 2 : Portrait de Gustave Thuret
Sources : Archives de la Villa Thuret

Enfin, en 1927, le jardin est confié à l'Institut de Recherches Agronomiques (IRA) qui devient l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) en 1946 (Ducatillion et Blanc-Chabaud, 2010) [1].

Actuellement, le jardin occupe une surface de 3,5 ha. La biodiversité qu'il présente est très riche ; en effet on y trouve environ 1600 espèces, principalement exotiques, provenant de pays à climat de type méditerranéen (Afrique du Sud, Australie, Californie, Chili, Mexique, pays du bassin méditerranéen) et d'autres régions du monde à climat subtropical ou tempéré chaud (Chine, Japon, Nouvelle Zélande...).

Les végétaux se développent librement, sans traitement phytosanitaire chimique. Ces conditions permettent de tester la capacité des plantes introduites à tolérer les conditions locales (climat, sol,...). Les formes naturelles des arbres sont également respectées et les rares activités de taille ou d'élagage sont destinées à assurer la sécurité des visiteurs et la libre circulation dans les allées. L'arrosage, effectué manuellement, est réservé aux premières années après plantation, afin d'aider les arbres à s'installer. Enfin, les litières d'écorce et de feuilles sèches, ainsi que le bois mort, sont conservés afin de favoriser la constitution d'humus et de préserver l'équilibre biologique (Site INRA) [1].

C'est à partir des résultats obtenus grâce au travail d'introduction et d'acclimatation et à l'expertise acquise pendant plus d'un siècle que des arboretums d'élimination ont pu être créés dans les années 70.

I.3. Projet RecArbo

Mon stage a lieu dans le cadre d'un projet récent, le projet RecArbo.

Dans les années 60, la forêt méditerranéenne française a connu des 'années noires' avec le surpâturage, l'érosion, principalement hydrique, l'apparition de nouveaux ravageurs (en particulier le *Matsuccoccus* qui s'est attaqué au pin maritime, l'arbre pionnier par excellence des massifs cristallins), l'urbanisation et les incendies sur plusieurs milliers d'hectares. Ces catastrophes ont eu pour conséquence une prise de conscience vis à vis de l'intérêt paysager, biologique, et agricole de ces espaces alors dévastés. Il était donc nécessaire de trouver des solutions pratiques afin de re-végétaliser, voir rendre productives ces zones. Ainsi, pour remplacer les espèces naturelles décimées ou en mauvais états, de nouveaux taxons, supportant les conditions locales méditerranéennes, ont du être recherchés et testés.

C'est dans ce contexte, ainsi que dans le cadre de la loi sur la reconstitution de la forêt méditerranéenne que des arboretums écologiques forestiers d'élimination, dont fait partie l'arboretum du Plan Esterel, ont été créés par l'INRA. Ces derniers comprennent des espèces locales et introduites. Il s'agit de collection dendrologiques comparatives permettant de sélectionner les pools génétiques les plus intéressants, c'est-à-dire les mieux adaptés. Au niveau du dispositif de terrain, il était donc suffisant que chaque lot soit représenté par un nombre limité d'individus (30 en général).

Ces arboretums ont été suivis pendant 15 ans et les résultats ont été publiés par Pierre Allemand en 1989.

Ce travail est repris de nos jours car plusieurs aspects n'ont pas été traités ou approfondis. Par exemple, personne n'a encore pris en compte le caractère invasif que pouvaient avoir certaines des espèces introduites. A titre d'exemple, nous pouvons rappeler que le mimosa (*Acacia dealbata* Link), importé d'Australie à la fin du XIX^{ème} siècle, est devenu l'une des invasions les plus critiques pour l'Estérel et la Côte d'Azur (Breton *et al.*, 2008) [2].

Ainsi, de nombreuses questions surviennent ; peut-on identifier dans les arboretums d'élimination, des espèces en train de se naturaliser ou susceptibles de le faire, voire de devenir invasives ? Quelle est la proportion de ces espèces par rapport au nombre de taxons testés ? La naturalisation ou le caractère invasif, sont-ils prévisibles au regard des connaissances botaniques dont on dispose ? Enfin, ces arboretums d'élimination constituent-ils un danger pour les écosystèmes locaux ?

I.4. Objectifs

C'est dans ce contexte que se place mon étude sur l'arboretum d'élimination du Plan Estérel. Je dois, au cours de ce travail, répondre à plusieurs questions que se posent les agents INRA et ONF : Quelles espèces introduites ont survécu aux crises climatiques et sont encore vivantes de nos jours ? Sont-elles capable de se multiplier ? Quels taxons se sont réellement naturalisés et lesquels sont susceptibles de devenir envahissants ?

II. Préambule sur les plantes envahissantes

II.1. Historique des invasions biologiques

Les espèces sauvages constituent un immense réservoir de ressources, qu'elles soient d'origine autochtone* ou allochtone*. De nombreuses découvertes réalisées lors des grandes explorations géographiques du XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle ont permis d'élargir l'éventail des connaissances sur ces espèces (Dattée *et al.*, 2008) [3].

Un nombre important de plantes cultivées, principalement les céréales, ont été introduites de manière délibérée ou accidentelle, en Asie du Sud-ouest et en Europe du Sud il y a 6000 ans ainsi que lors de deux derniers millénaires (Vanderhoeven, 2007) [4].

Toutefois, ce n'est qu'à partir du XVI^{ème} siècle, et plus récemment avec l'augmentation des transports à longue distance, que d'importantes modifications sont survenues dans la distribution des espèces (Vanderhoeven, 2007) [4].

En Europe, afin de savoir si on considère telle ou telle espèce comme indigène* ou exotique*, une date pivot a été retenue. Si son introduction date d'avant les années 1500, elle sera indigène (ou archéophyte), mais si son introduction s'est produite après cette date, elle sera considérée comme exotique (ou néophyte) (Pysek *et al.*, 2004) [5]. Cette date correspond à la découverte des Amériques et au début de la globalisation du transport des espèces.

Mais, malgré l'augmentation des moyens de transports intercontinentaux, la principale voie d'entrée des espèces exotiques reste l'horticulture ornementale. Heywood estime, en 2009, que 80% des plantes exotiques envahissantes en Europe ont été introduites pour l'ornement ou pour l'agriculture. Néanmoins, d'autres voies d'accès existent dans une moindre mesure telle que les jardins botaniques, les arboretums et les pépinières (Bresch, 2008) [6]. La France serait le pays européen possédant le plus d'espèces naturalisées avec 700 espèces sur les 6000 environs que comporte la flore française (Fried, 2009) [7].

Ce n'est qu'à partir de la seconde moitié du XX^{ème} siècle qu'est apparue la notion d'invasion biologique, pour devenir de nos jours un problème très préoccupant. C'est Charles Elton qui fut le premier à se rendre compte des dangers liés aux invasions biologiques et il affirme qu'il est indispensable de les comprendre afin de mieux les maîtriser (Richardson *et al.*, 2000) [8].

Cependant, la prise de conscience du phénomène ne connaît un véritable essor que depuis les années 80, ce qui fait de l'étude des invasions biologiques une des disciplines les plus récentes de l'écologie. Les études se multiplient très rapidement, ce qui conduit, entre autre, à la mise en place de groupes d'études et de programmes internationaux de sensibilisation et de gestion des plantes invasives.

II.2. Processus d'invasion

Richardson *et al.* (2000) [8] décrivent le processus d'invasion comme une séquence introduction-naturalisation-invasion. Le passage d'une étape à l'autre nécessite le franchissement d'une ou de plusieurs barrière(s) naturelle(s) allant de son introduction, principalement sous forme de propagules*, à sa naturalisation jusqu'à son expansion dans sa nouvelle aire de répartition (Fig. 3). La phase d'expansion peut être précédée d'une phase de latence de quelques dizaines voir centaines d'années. Il peut s'agir du temps nécessaire aux organismes pour surmonter les contraintes écologiques et/ou du temps nécessaire à l'acquisition de nouvelles capacités permettant l'adaptation des individus.

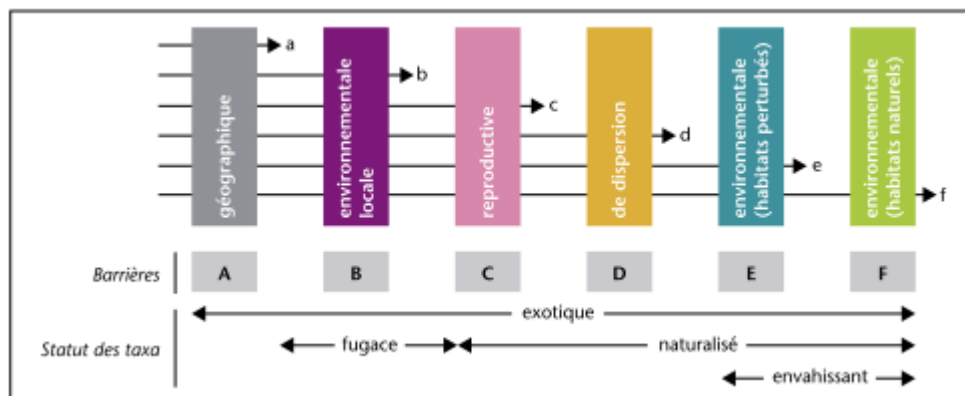


Figure 3 : Représentation schématique des principales barrières limitant l'expansion d'espèces exotiques introduites

Sources : Modifiée d'après Richardson & al. , 2000

Lors de ces différentes études, de nombreux adjectifs sont utilisés ; ceux-ci peuvent créer une confusion, c'est pourquoi il est nécessaire de les définir afin d'assurer la bonne compréhension de ce rapport par tous ses lecteurs.

- Une espèce sera considérée comme exotique (introduite ou encore allochtone), opposé à indigène, si sa présence sur un territoire géographique donné est due à l'implication, intentionnelle ou non de l'homme et s'il lui a permis de franchir une barrière géographique majeure (A).
- Une espèce exotique fugace est, quant à elle, capable de se reproduire occasionnellement dans son aire d'introduction, mais elle ne forme pas de populations stables ; son maintien dépend donc d'introductions répétées.
- Selon Pysek *et al.* (2004) [5], quand une espèce végétale est à même de se reproduire et de se maintenir depuis au moins 10 ans sans intervention directe de l'homme, nous pouvons parler d'espèce naturalisée. Celles-ci ont réussi à surmonter les barrières environnementales (B) ainsi que les obstacles à la reproduction régulière (C). Ces espèces naturalisées produisent souvent leurs descendants près des plants adultes et n'envahissent pas nécessairement les écosystèmes naturels, semi-naturels ou construits par l'homme (Bresch, 2008) [6].
- Les espèces invasives, sous-groupe des espèces naturalisées, présentent un potentiel de dispersion important, ce qui leur permet de surmonter les barrières. Elles peuvent donc créer une descendance nombreuse et se propager loin des sites d'introduction (D) (Richardson *et al.*, 2000) [8].

- Le terme d'espèces transformatrices évoque les espèces végétales invasives qui provoquent des changements dans le caractère, la condition, la forme ou la nature des écosystèmes qu'elles occupent (Richardson *et al.*, 2000) [8].

Les espèces invasives et transformatrices sont au centre des préoccupations écologiques. En effet, étant la seconde cause d'appauvrissement de la biodiversité au niveau mondial, elles peuvent avoir de graves conséquences écologiques et économiques pour le pays d'introduction : elles peuvent parfois nuire à la santé humaine (ex : l'ambroisie dont le pollen est la première cause d'allergie respiratoire en France) (Site RNSA) [2].

Etant donné l'existence des différentes barrières, seule une faible fraction d'espèces va pouvoir se naturaliser ou devenir envahissante. Williamson (1996) [9] a d'ailleurs défini la « règle des 3x10 » qui caractérise chacune des étapes de l'invasion biologique et qui s'applique aux espèces végétales (Fig. 4). Pour 1000 espèces de plantes introduites, on compte seulement 100 espèces fugaces (10%), 10 espèces naturalisées et une seule espèce qui présente des propriétés réellement envahissantes.

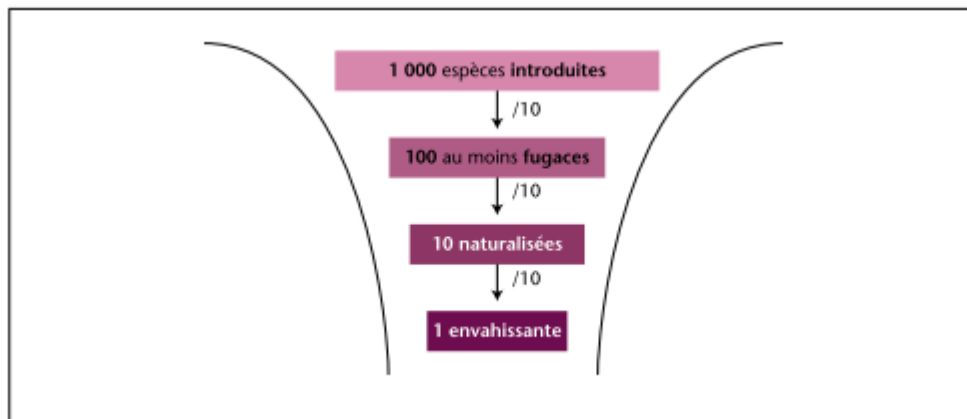


Figure 4 : Règle des 3x10 (the 3 ten rule) d'après Williamson 1996

Sources : Richardson & *al.* , 2000

III. Matériel et méthode

III.1. Descriptif du site d'étude

III.1.1. Situation géographique

En 1973, deux massifs, les Maures et l'Estérel, ont été choisis pour les expérimentations de re-végétalisation. Ceux-ci sont soumis à des conditions climatiques

extrêmes, forte sécheresse, fort ensoleillement en été, froids rigoureux en hiver. Cette réalité climatique si particulière a facilité la sélection des plants résistants.

Plusieurs arboretums ont ainsi été implantés :

→ Dans l'Estérel

- 3 arboretums au Mourlanchin
- 1 arboretum au Caneiret
- 1 arboretum au Plan Estérel
- 1 arboretum au Castelly

→ Dans les Maures au Treps

- 1 arboretum en crête
- 1 arboretum en fond de vallon

Enfin, l'arboretum de Ceyreste, situé dans les Bouches-du-Rhône, sur substrat calcaire, complète ceux installés en zone cristalline dans les Maures et l'Estérel (Fig. 5).



Figure 5 : Localisation des neufs arboretums créés par l'INRA et la Villa Thuret en région PACA

Sources : Buchlin, 2011

L'étude de la recolonisation des arboretums devait initialement être réalisée sur plusieurs sites, dans des conditions pédoclimatiques différentes, afin de pouvoir comparer les observations.

Un premier travail a été effectué l'année dernière par une étudiante de Master II, Sophie Buchlin, sur l'arboretum du Caneiret. Le projet de cette année s'est porté sur l'arboretum du

Plan Estérel. A terme, l'objectif est de pouvoir comparer les comportements d'espèces identiques sur ces deux sites.

Le Plan Estérel se situe dans le massif de l'Estérel (Var) à 43°29'32'' de longitude Nord et 6°49'20'' de latitude Est (Système de projection World Geodetic System 84 (WGS 84)) (Fig. 6).



Figure 6 : Situation géographique et topographique du Plan Estérel

Sources : Google image et Carte Garmin

C'est un plateau qui se situe à une altitude comprise entre 410 et 420 m. La roche mère est de la ryolithe amarante et le sol est de type brun acide, moyennement caillouteux avec une structure relativement fine (Allemand, 1989) [10].

Cet arboretum est un des plus importants en superficie (4ha), après le Caneiret (5ha) et en termes de richesse floristique. En effet, 327 espèces de 512 provenances différentes ont été plantées sur cet arboretum (Allemand, 1989) [10]. Le recensement de 2006 nous a servi de référence. Enfin, son accès plutôt rapide depuis Antibes (environ 50 minutes de voiture) nous a permis de planifier facilement des journées, voire des demi-journées de terrain.

III.1.2. Mise en place

Lors de la mise en place du dispositif, la végétation présente a été gyrobroyée et décapée afin d'éliminer les souches des arbres. Enfin, un sousolage* a été réalisé a environ 60-80 cm de profondeur afin d'améliorer la retenue et l'infiltration de l'eau.

Les plants, âgés de moins d'un an, ont ensuite pu être mis en terre. Les plantations avaient lieu de novembre à février de façon à profiter des pluies automnales et printanières favorisant la reprise et le bon départ en végétation. Aucun engrais de fond n'a été apporté au moment de la plantation (Allemand, 1989) [10].

Le site est divisé en 3 parcelles (A à C) subdivisées en 406 placeaux contenant chacun une espèce avec des effectifs initiaux connus, allant de 10 à 30 individus (Annexe 1). Afin d'utiliser tout le terrain disponible des placeaux plus petits (entre 5 et 30 individus), de forme irrégulière, ont également été mis en place en périphérie de chaque parcelle, permettant ainsi de tester des lots de faible importance numérique. La densité de plantation est de 2 x 1 m. Chaque espèce est répertoriée avec sa parcelle et son placeau (ex : *Nerium oleander* « *Luteum Plenum* » : Parcelle C, placeau n° 260). De plus, la plupart des taxons portent un numéro d'accession permettant de connaître leur provenance géographique.

Pendant les trois premières années un binage a été effectué autour de chaque plant afin d'éviter la concurrence herbacée. Ensuite, un débroussaillage a été réalisé tous les deux ans jusqu'en 1986-87 afin de limiter le développement des fougères et de la callune.

III.1.3. Les espèces

Entre janvier 1974 et janvier 1978, 10513 plants représentant les 327 espèces sont installés dans l'arboretum. Une même espèce peut avoir été introduite dans plusieurs placeaux, soit pour tester sa tolérance relative aux conditions de milieux, soit pour comparer des provenances. Il n'y a pas de répétition au sens strict ; ce qui ne permet pas une interprétation statistique (Allemand, 1989) [10].

III.2. Méthodologie

L'objectif de mon étude est d'actualiser l'inventaire des espèces présentes sur le Plan Estérel et d'identifier les espèces qui ont pu se naturaliser entre 1974 et 2012 (soit une durée de 38 ans).

Pour mener à bien ce travail, nous nous sommes servis de l'inventaire réalisé par l'ONF en 2006, recensant les espèces encore présentes sur leur placeau d'origine (Lamant, 2006) [11]. Cet inventaire avait pour but de recenser uniquement les espèces pouvant avoir un intérêt forestier. Seul un décompte des individus restant a été effectué. Les plants issus de

semis naturels n'ont pas été pris en compte, ni dans le périmètre des placeaux d'origine, ni en dehors.

III.2.1. Inventaire des espèces présentes dans l'arboretum en 2012

Nous avons tout d'abord inventorié toutes les espèces encore présentes en 2012 par rapport à celles plantées en 1974 en nous aidant de l'inventaire de 2006. Le cheminement dans l'arboretum étant relativement simple, seuls certains placeaux peu dissociables entre eux nous ont parfois posé problème. Cette partie de l'étude m'a également servi de formation pour la reconnaissance de la flore exotique et indigène méditerranéenne.

Afin de vérifier l'identité des espèces, nous avons utilisé deux techniques en parallèle : des photographies de chaque espèce ont été prises sur le terrain et des échantillons prélevés pour être mis en herbier. La technique d'échantillonnage et de mise en herbier est décrite dans l'Annexe 2.

III.2.2. Cartographie des espèces susceptibles de se naturaliser

Il n'existe pas de carte précise de l'arboretum, nous ne disposons que de quelques dessins sans échelle. Lors d'un second passage dans l'arboretum, nous avons cherché à repérer toutes les propagules. Puis, nous avons sélectionné les espèces qui ont un nombre de propagules élevé et qui commencent à sortir de leur placeaux voire à se disséminer. L'inventaire des plantes issues de semis naturels (hors dispositif initial) nous a permis d'identifier les espèces à forte dynamique de reproduction et capables de se naturaliser ; un aperçu global de la localisation des espèces se régénérant spontanément était donc indispensable.

Nous avons pour cela utilisé un « Global Positioning System » (GPS Garmin) de randonnée. A l'aide de celui-ci nous avons pu relever les points des bordures des zones d'expansion des différentes espèces qui se propagent de manière importante. Après extraction et conversion des données nous avons pu les intégrer dans un Système d'Information Géographique (SIG), afin de réaliser une cartographie d'occupation de terrain des espèces se régénérant en utilisant l'orthophotographie* de la zone (Annexe 3).

Enfin, à l'aide de la cartographie créée, les distances de propagation des espèces par rapport à leur placeau d'origine ont été mesurées. Ceci nous a permis d'avoir une appréciation des distances de dissémination des graines.

IV. Résultats

IV.1. Inventaires

IV.1.1. Echantillonnage des espèces introduites

La vérification systématique des placeaux de l'arboretum, avec l'aide de l'inventaire de 2006, a permis d'actualiser la liste des espèces végétales exotiques encore vivantes. Cet inventaire, étant le plus complet, servira « d'inventaire de référence » du Plan Estérel pour les travaux ultérieurs.

Il contient toutes les espèces qui ont réussi à se maintenir depuis leur plantation en 1974, mais aussi les espèces qui ont réussi à se régénérer ou à se recéper* suite aux accidents climatiques de 85/86 (hivers rigoureux, jusqu'à -12°C dans l'Estérel) (Allemand, 1989) [10]. Ainsi, sur les 327 espèces que l'INRA avait plantées, 97 ont été recensées en 2006 et retrouvées en 2012, 12 ont été rajoutées par nos soins ; ce qui porte à 109 le nombre de taxons présents au Plan Estérel.

IV.1.2. Relevés des espèces à régénération spontanée

Certaines espèces végétales exotiques pouvant se régénérer naturellement dans l'arboretum ont été dénombrées (Tab. Ia et Ib). Nous avons trouvé 15 espèces auxquelles il faut rajouter certains taxons d'*Eucalyptus*.

Elles se régénèrent soit par reproduction sexuée (*Hakea salicifolia* par exemple), soit par reproduction végétative (par les racines) ou encore des deux manières, comme c'est le cas pour *Acacia melanoxylon*.

- Le terme plantule employé ici signifie que le plant échantillonné fait moins de 10 cm de hauteur et porte encore les cotylédons, alors que le terme « jeunes plants » fait référence aux plants ayant une hauteur comprise entre 10 cm et 1 m et dont l'appartenance à leur taxon est irréfutable.

En ce qui concerne les espèces du genre *Eucalyptus* (Annexe 4), l'arboretum compte 45 espèces, de morphologie et de phénotype relativement proches ; ce qui ne facilite pas leur identification. De plus, l'hétérophyllie* et les possibilités d'hybridations compliquent celle-ci. Ainsi, la comparaison adulte-jeune plant est rendue impossible sans posséder une expertise sur le genre *Eucalyptus*. Je n'ai pas pu identifier précisément les espèces et les ai traitées sous le terme générique d'*Eucalyptus spp.*

Un travail spécifique à ce genre sera nécessaire en amont afin de pouvoir discerner les espèces. Celui-ci devra être réalisé à l'aide de l'herbier de référence réalisé au début de mon

stage : des échantillons représentatifs de feuilles juvéniles, intermédiaires et adultes ont été prélevés.

IV.1.3. Flore indigène

Le tableau II recense les espèces indigènes qui ont une dynamique forte ; c'est-à-dire, qui ont réussi à reprendre possession du milieu et que l'on rencontre abondamment au Plan Estérel.

Tableau II : Liste des espèces indigènes retrouvées fréquemment au Plan Estérel

Source : Personnelle avec comme référence pour la nomenclature ars-Grin

Famille	Nom latin	Nom commun
<i>Ericaceae</i>	<i>Arbutus unedo</i> L.	Arbousier commun
<i>Liliaceae</i>	<i>Asphodelus cerasifer</i> J. Gay	Asphodèle
<i>Fabaceae</i>	<i>Calicotome spinosa</i> (L.) Link	Calicotome/Cytise épineux
<i>Ericaceae</i>	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	Bruyère commune/Callune
<i>Cistaceae</i>	<i>Cistus albidus</i> L.	Ciste cotonneux
<i>Cistaceae</i>	<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Ciste de Montpellier
<i>Cistaceae</i>	<i>Cistus salviifolius</i> L.	Ciste à feuilles de sauge
<i>Thymelaeaceae</i>	<i>Daphne gnidium</i> L.	Daphné garou/Saint-bois
<i>Ericaceae</i>	<i>Erica arborea</i> L.	Bruyère arborescente/Bruyère blanche
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia characias</i> L.	Euphorbe characias/Euphorbe des garrigues
<i>Asteraceae</i>	<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench	Immortelle commune/Immortelle des dunes
<i>Cupressaceae</i>	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Genévrier épineux/Genévrier cade
<i>Lamiaceae</i>	<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lavande maritime/Lavande à toupet
<i>Myrtaceae</i>	<i>Myrtus communis</i> L.	Myrte commun
<i>Liliaceae</i>	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	Dame de onze heures
<i>Oleaceae</i>	<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Filaire à feuille étroite/droite
<i>Pinaceae</i>	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pin maritime/Pin des Landes
<i>Fagaceae</i>	<i>Quercus suber</i> L.	Chêne liège
<i>Rhamnaceae</i>	<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Nerprun alaterne
<i>Rosaceae</i>	<i>Rubus plicatus</i> Weihe & Nees	Ronce commune
<i>Rosaceae</i>	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Crantz	Alisier des bois

Ces espèces ont recolonisé le milieu et il semble qu'à certains endroits elles arrivent à concurrencer certaines espèces exotiques, faisant disparaître, en refermant totalement le milieu, celles ayant besoin d'une forte lumière pour se développer.

Effectivement, nous avons observé qu'aux endroits où les espèces indigènes sont fréquentes et denses, nous n'avons, par exemple, pas retrouvé de jeunes plants d'*Acacia*

melanoxylon. Nous supposons que la flore locale, si elle arrive à prendre de l'ampleur avant la croissance de certaines exotiques, pourrait réoccuper en grande partie le milieu.

Un suivi de cette flore devrait être effectué afin d'affirmer nos hypothèses (Annexe 5).

IV.2. Représentation qualitative des espèces se reproduisant de manière dynamique

Parmi les espèces (environ 15) pour lesquelles des plantules et/ou jeunes plants et/ou drageons ont été répertoriées (Tab. Ia et Ib), nous en avons choisi quatre que nous avons localisé et géo-référencé sur une carte. Les *Eucalyptus* ont été mis à part pour les raisons exprimées ci-dessus et nous n'avons pas pris en compte les espèces de cyprès pour lesquelles le nombre de jeunes plants et/ou plantules était inférieur à 50. De plus, certaines ont déjà un passif en tant qu'envahissantes.

La cartographie a donc été réalisée avec les espèces suivantes :

- *Acacia melanoxylon* (Annexe 6)
- *Cupressus goveniana* (Annexe 7)
- *Hakea salicifolia* (Annexe 8)
- *Hakea sericea* (Annexe 8)

Les cartes réalisées (Fig. 7 et 8) illustrent les zones d'extension des espèces naturalisées par rapport à leurs placeaux d'origine. Un code couleur a été mis en place pour chacune d'elles ; les espèces déjà représentées dans le mémoire de Sophie Buchlin garderont le même code couleur afin de faciliter la comparaison entre les deux arboretums. Enfin, le fond de carte provenant de Google Map présente approximativement la zone prospectée autour de l'arboretum pour la recherche de semis.

La carte met en évidence que l'*Acacia melanoxylon* se propage relativement bien ; notamment dans la parcelle B, où le placeau d'origine est devenu un bosquet dense et d'où des jeunes plants se sont échappés (Fig. 7). Cependant cette espèce ne paraît pas très dangereuse pour le moment. En effet, dans les deux placeaux de la parcelle C les semis naturels sont majoritairement des plantules et celles-ci restent relativement bien concentrées autour des « plants parents » contrairement aux *Hakea salicifolia*. Effectivement, des semis naturels de cette espèce se sont échappés de manière importante. De plus, ces plants se sont bien développés et certains se sont déjà ressemés.

Nous pouvons ensuite remarquer que pour *Hakea sericea*, la dissémination reste plutôt timide à l'heure actuelle ; toutefois, certains individus sont en train de sécher, ce qui provoque

l'ouverture des fruits. Ainsi, si les conditions deviennent optimales une germination massive pourrait se produire, chaque pied peut contenir 52 000 graines ailées, amenant ensuite un rapide développement des plantules (Buchlin, 2011) [12]. Si cela arrivait ces plants asphyxieraient la flore actuellement en place pour prendre le dessus ; il y a donc un risque potentiel d'invasion.

Enfin, pour *Cupressus goveniana*, nous observons un développement important de jeunes plants notamment aux abords des placeaux parents (Fig. 8). Cependant, nous ne pouvons affirmer de manière exacte que ces jeunes plants sont issus de « plants parents » de *goveniana*. En effet, la présence de nombreuses autres espèces de cyprès nous laisse penser que des hybridations sont possibles voir probables. Ainsi, nous avons uniquement placé dans « *Cupressus goveniana* » les plants sensiblement identiques à leurs parents. Sous l'appellation « *Cupressus sp.* » nous avons regroupés les plants sur lesquels un fort doute persistait ; par exemple, certains avaient un port ressemblant à celui du *goveniana*, mais leurs cônes apparaissaient sensiblement plus gros, ressemblant alors sur ce point plus à l'espèce *Cupressus arizonica*. Cette difficulté d'identification nous montre la nécessité de récolter une collection de plantules de références pour les prospections futures.

Nous avons ensuite mesuré, grâce à Map Info, les distances de propagation pour chaque espèce (Tab. III). Pour les points éloignés de leur placeau d'origine les semis naturels ont pu être disséminés par le vent, les animaux ou encore par l'eau (ce dernier facteur est toutefois négligeable puisque nous sommes sur un plateau). Nous avons donc pris la distance vis-à-vis du placeau d'origine qui paraissait le plus probable par rapport à la topographie du terrain. Nous avons ensuite fait la moyenne de toutes les zones (lorsque l'espèce avait plusieurs placeaux d'origine) afin d'obtenir la distance moyenne de propagation de chaque espèce.

Les distances calculées sont cohérentes avec ce que l'on peut observer sur la carte ; ce sont les *Acacia melanoxylon* qui se propagent le plus loin.

IV.3. Observations réalisées au Caneiret dans un but comparatif

Lors de notre visite dans le Caneiret nous nous sommes principalement intéressés aux espèces présentes sur ma carte afin de faciliter la comparaison entre les deux arboretums. De plus, les résultats de Sophie Buchlin, différents des miens, m'ont intriguée ; ceci m'a également poussé à me rendre sur place, au Caneiret, afin de mieux me rendre compte des invasions.

Nous avons remarqué que trois des quatre espèces représentées connaissent une augmentation de population au Caneiret. En effet, les six placeaux d'*Acacia melanoxylon* se sont bien développés et ont une forte tendance à s'agrandir. Cependant, les jeunes plants restent non loin du placeau parent, ce qui limite, pour le moment, l'invasion. Les *Hakea sericea* ont, eux aussi, bien poussé ; ils forment de véritables buissons piquants empêchant toute autre plante de croître proche d'eux. Les individus hors placeau restent pour le moment en nombre limité. Cependant, d'après le rapport de Sophie Buchlin, des individus sont morts ou se sont cassés il y a environ un an, ce qui a pu favoriser l'ouverture des fruits et la dissémination des graines. De plus, la présence d'un pare-feu* en bordure de ces placeaux constitue un milieu totalement ouvert et donc une zone idéale de germination et de croissance pour de jeunes *Hakea*. Effectivement, les *Hakea salicifolia* se sont multipliés de manière exponentielle et sont très largement sortis de leur placeaux d'origine. Nous avons ainsi pu en retrouver à de nombreux endroits de l'arboretum, même éloignés de leur point d'origine. Cette espèce s'est également propagée en dehors de l'arboretum, au-delà du pare feu.

En ce qui concerne les cyprès, le nombre de placeaux plantés était inférieur à ceux du Plan Estérel, et ceux-ci ont moins bien évolué. En effet, les plants sont de taille réduite (2 m maximum contre 5 m au Plan Estérel) et peu de plantules sont visibles ; il est donc probable que des facteurs, influant directement sur la croissance des plantes, divergent entre le Caneiret et le Plan Estérel.

Enfin, certaines espèces locales ont eu un développement particulier. Par exemple, le *Cistus ladanifer*, dont deux placeaux avaient été plantés (aucun au Plan Estérel), a littéralement colonisé le milieu. En effet, les deux placeaux, plantés chacun à un bout de l'arboretum, se sont rejoint. De même, les *Cotoneaster sp.*, anecdotiques au Plan Estérel, se sont naturalisés au Caneiret. A contrario, les *Pinus nigra*, de taille normale (4-5 m) au Plan Estérel sont restés de petits arbres (< 2 m), voire de petites pousses se recépant régulièrement sur le pied d'origine au Caneiret. Ces observations, comme celles énoncées ci-dessus pour les cyprès, montrent que malgré une faible distance entre les deux arboretums des différences existent entre eux.

V. Analyse et interprétation

L'objectif principal de mon étude était de recenser les espèces présentes au Plan Estérel et d'identifier les taxons exotiques capables de se naturaliser, voire de devenir invasives dans l'arboretum du Plan Estérel.

Nous pouvons déjà constater que, d'après les tableaux Ia et Ib, sur les 327 espèces introduites, seul un faible nombre, environ 15 taxons, se régénère. Par conséquent, la première conclusion que nous pouvons tirer de ces résultats est que, même si les introductions intentionnelles sont réelles avec cet arboretum, le risque d'invasion semble tout de même limité.

Selon Pysek *et al.* (2004) [5], trois décisions cruciales doivent être prises pour pouvoir définir le statut d'une espèce végétale dans une région donnée ; à savoir :

- le statut d'origine, c'est-à-dire est-ce que le taxon est natif de la région ou exotique ?
- le statut de résidence : quand l'espèce a-t-elle été introduite ?
- le statut d'invasion : quel est le degré de naturalisation de l'espèce en question et celui de sa possible invasion ?

Une fois le statut d'invasion défini, si l'espèce a passé le stade de la naturalisation, c'est-à-dire que celle-ci a réussi à s'établir, à se maintenir et à se reproduire de manière dynamique il faut trouver des moyens de lutte pour contrecarrer sa dissémination. Toutefois, il ne faut pas faire de généralisation car toute espèce exotique n'est pas invasive (bien que l'inverse soit vrai).

Tout d'abord nous allons donner un statut aux espèces pour lesquelles nous avons retrouvé des semis naturels, ce qui me permettra de les classer et de comparer leur statut à celui qui leur est attribué dans le reste de l'Europe et/ou le reste du monde. Nous comparerons ensuite le Plan Estérel au Caneiret afin de voir que le statut de l'espèce peut évoluer en fonction du milieu. Enfin nous analyserons les risques et impacts de ces plantes sur les écosystèmes locaux.

V.1. Typologie des espèces au Plan Estérel

Selon plusieurs auteurs (Pysek, Bresch, Richardson, etc.) des traits morphologiques, physiologiques, d'histoire de vie et de reproduction peuvent être mis en avant chez plusieurs espèces signalées comme invasives, mais en aucun cas un « portrait-robot » d'un envahisseur potentiel universel ne peut être dressé (Tab. IV) (Rejmanek & Richardson, 1996) [13].

Tableau IV : Caractéristiques des plantes invasives-types

Source : Adaptées d'après Baker, 1974

Physiologie	<ul style="list-style-type: none">• croissance rapide et acquisition rapide des ressources (photosynthèse-respiration-transpiration)• grande flexibilité d'allocation des ressources• résistances physiologiques• grand potentiel d'acclimatation
Démographie	<ul style="list-style-type: none">• croissance rapide des populations• maturité sexuelle précoce• allocation importante à la reproduction• production de graines en conditions environnementales variées• grande dispersion des graines dans l'espace et dans le temps• moindre pression des prédateurs et des pathogènes
Génétique	<ul style="list-style-type: none">• auto-compatibilité, structure florale non spécialisée, pollinisation par un pollinisateur généraliste• allo-pollinisation possible• apomixie, multiplication végétative vigoureuse• grande variation génétique• polyploïdie

Grâce aux différentes études réalisées durant mon stage et aux observations de terrain, nous avons identifié plusieurs traits et caractéristiques utilisables pour faire des catégories incluant les espèces se ressemant naturellement au Plan Estérel.

Ainsi, la typologie des espèces a été réalisée en fonction de :

- la densité d'individus dans l'arboretum : trois classes ont été déterminées, de 1 à 5 ; de 5 à 50 ; supérieur à 50
- l'origine de l'espèce : indigène ou exotique
- l'histoire d'invasion, si l'espèce en question en est pourvue
- la distance de propagation par rapport aux placeaux d'origine
- le temps de résidence, depuis quelle année les plantes sont-elles établies dans l'arboretum ?

Quatre statuts ont ainsi pu être établis.

V.1.1. Les espèces indigènes

Elles sont au nombre de trois, regroupant *Arbutus unedo* (Arbousier), *Pinus pinaster* (Pin maritime) et *Quercus pubescens* (Chêne pubescent). Ces trois espèces se retrouvent régulièrement dans le massif de l'Estérel, leur aire de répartition naturelle étant le bassin méditerranéen. Elles ont également été plantées lors de la création du site expérimental, c'est pourquoi les plants issus de semis naturels que nous avons rencontrés dans l'arboretum

peuvent tout aussi bien provenir des individus parents plantés au Plan Estérel que des individus indigènes du massif.

V.1.2. Les espèces dites anecdotiques

Nous avons classé dans ce groupe toutes les espèces ayant produit une descendance mais a très faible densité par rapport au temps de résidence.

Par exemple, pour *Hakea sericea*, seul trois plants issus de semis naturel ont été retrouvés et pourtant il est déclaré invasif dans divers pays comme le Portugal ou la Nouvelle-Zélande.

Une autre espèce est classée dans cette catégorie, il s'agit de *Cupressus lusitanica* pour laquelle nous avons inventorié quelques très jeunes plants. Ce genre n'a pas d'histoire d'invasion connue.

V.1.3. Les espèces naturalisées

Par définition, une espèce est naturalisée quand elle est à même de produire une descendance qui arrive par la suite à se maintenir. Généralement, les semis naturels se retrouvent assez près des plants parents et n'envahissent pas nécessairement les écosystèmes naturels ou anthropiques (Bresch, 2008) [6].

Au Plan Estérel, ce statut a été attribué aux diverses espèces de cyprès non citées précédemment, c'est-à-dire à *Cupressus arizonica*, *atlantica*, *goveniana* et *sempervirens*. En effet, lors de nos sorties terrain nous avons pu vérifier que les plantules de ces espèces ne se disséminaient jamais très loin des plants parents. De plus, la moyenne des distances de propagation pour *C. goveniana* est de 28 m environ, ce qui serait trop faible pour parler d'espèce invasive.

V.1.4. Les espèces invasives

Nous avons placé trois espèces dans ce groupe : *Acacia melanoxylon*, *Eucalyptus sp.* et *Hakea salicifolia*.

De nombreux jeunes plants issus de semis naturel ainsi que des plantules ont été retrouvées dans l'arboretum pour ces trois taxons. Cependant, pour le genre *Eucalyptus*, nous ne pouvons savoir si les plants proviennent des individus de l'arboretum ou s'ils arrivent des plantations réalisées aux alentours par le personnel ONF ou les agents des communes voisines. Nous ne disposons pas de la liste des espèces et nous ne savons pas distinguer les espèces entre elles, même si certains phénotypes nous paraissent plus fréquents que d'autres.

Parmi ces trois taxons, les *Acacia melanoxylon* et les *Hakea sericea* sont signalées comme invasives dans le reste du monde ; il y a également des espèces invasives dans le genre *Eucalyptus*.

En 2000, Richardson a ajouté à la définition d'une espèce invasive une échelle approximative des distances de propagation. Selon lui, une espèce invasive se reproduisant par graines ou autre propagule, introduite depuis plus de 50 ans peut être envisagée comme telle si l'on retrouve ses descendants à plus de 100 mètres des plants parents. Toutefois, cette définition ne peut pas réellement s'appliquer au genre *Hakea* puisque leurs graines se propagent uniquement à la mort de l'individu et pas chaque année comme c'est le cas pour *Acacia melanoxylon*. De plus, dans notre cas, les espèces ont toutes 38 ans de présence sur le site ; c'est pourquoi un suivi régulier dans le temps sera nécessaire afin de confirmer ou non ces hypothèses.

V.2. Application de la règle de Williamson

Il y a environ 330 espèces introduites au départ dans cet arboretum. Selon la « règle des 3×10 », (cf. II.2) nous devrions avoir 33 espèces fugaces, 3 naturalisées et 0,3 invasives. Dans notre cas nous avons 7 espèces naturalisées dont 3 invasives. Ainsi, la différence observée, c'est-à-dire des résultats supérieurs pour le Plan Estérel, peut être expliquée par l'étape de pré-sélection d'espèces déjà acclimatées au jardin botanique.

Un grand nombre d'espèces avaient été planté, mais une très faible proportion commence à impacter le milieu.

V.3. Etude comparative avec le Caneiret

Nous avons vu précédemment que pour une même espèce, située dans deux milieux différents, la reproduction varie. Ceci a également eu un impact sur la typologie que leur a donnée Sophie Buchlin. En effet, celle-ci a placé l'ensemble des cyprès dans les espèces anecdotiques, les *Acacia melanoxylon* et *Eucalyptus* dans le groupe naturalisé et enfin les *Hakea* en tant qu'espèce invasives.

Malgré la faible distance séparant les deux arboretums à vol d'oiseaux (environ 1 km) il existe des différences notables entre eux, qui peuvent probablement expliquer les différences de croissance observées et donc le classement. Les principales distinctions que nous pouvons faire entre ces deux arboretums sont :

- l'exposition : le Plan Estérel est un plateau tandis que le Caneiret comprend de nombreuses pentes orientées Nord, Sud-Est et Sud.

- les provenances : une même espèce de provenances différentes peut ne pas avoir le même potentiel germinatif, de croissance, etc.
- les conditions pédoclimatiques : ces deux sols sont acides mais celui du Caneiret est beaucoup plus caillouteux. Ceci a pu jouer un rôle important dans la pousse des *Hakea* qui préfèrent un sol pauvre et drainant. De plus, au Plan Estérel le vent se fait plus ressentir qu'au Caneiret ou la chaleur est vite étouffante.

Ainsi, ces différents aspects ont pu avoir un impact aussi bien positif que négatif sur la croissance des différentes espèces présentes dans ces arboretums et sur leur capacité de naturalisation (Tab. V).

V.4. Risques et impacts de la naturalisation des plantes exotiques

Les espèces invasives peuvent avoir des impacts environnementaux, économiques et sociétaux (Fried, 2009) [7] dans la région ou le territoire où elles ont été introduites. En ce qui concerne les impacts économique au Plan Estérel, ils n'existent pas encore ; ce sont les premiers résultats découverts lors de mon étude qui vont orienter la suite des événements et permettre de décider si des fonds doivent être investis dans la lutte.

De plus, en raison de l'augmentation de ces espèces non-indigènes, des modèles pour prédire la capacité d'invasion des espèces végétales ont commencé à voir le jour ainsi que des analyses de risques. Leur objectif est de réussir à décider quelles espèces devraient être répertoriées sur les listes nationales dites « nuisible ». Malheureusement, la quantité de données disponibles sur la démographie et l'écologie des espèces (masse des graines, durée de la période juvénile, etc.) reste limitée, ce qui empêche sérieusement l'identification de caractères communs chez ces espèces végétales invasives.

En 1996, Rejmanek et Richardson [13] ont mis au point un arbre de décision permettant de classer de manière simple les espèces végétales en trois groupes (risque élevé, risque bas, exige plus d'informations). Leur travaux ont été repris en 2004 par Weber [14] qui a proposé un système de cotation pour l'Europe centrale, donnant un score aux espèces végétales testées (3 à 20 : risque faible ; 21 à 27 : risque intermédiaire ; 28 à 39 : risque élevé) selon l'aspect biogéographique, écologique et l'expérience. Des tests ont été menés sur des échantillons dont le statut était connu (invasifs ou non) ; ceux-ci ont finalement permis de démontrer que l'outil a une précision de 76,6% pour reconnaître les espèces invasives et une précision de 61,9% pour la reconnaissance des non-invasives. Même si la précision n'est pas parfaite, cet outil est maintenant utilisé par de nombreux experts comme le CBNMed [3]. Le

Conservatoire a noté l'*Hakea sericea* et a obtenu un score de 34 (Annexe 9). Ceci le classe dans le groupe des espèces à risque élevé, c'est-à-dire que, si l'espèce se naturalise, elle a de grandes chances de devenir une menace pour l'environnement (Isabelle Mandon, commentaire personnel, 2012).

Ainsi, il devient important de disposer d'outils simples afin de reconnaître les espèces végétales potentiellement invasives avant leur introduction, principalement dans un but économique (ornement, recherche ou sylviculture), sur le territoire.

Malgré tout, ces systèmes d'évaluation ne sont pas fiables à 100% ; certaines espèces potentiellement invasives peuvent passer à travers les filtres mis en place et d'autres anodines peuvent être bloquées. C'est pourquoi une surveillance continue du territoire doit tout de même avoir lieu.

Conclusion

Outre l'actualisation de l'inventaire, cette étude a mis en évidence la présence de plantes invasives dans l'arboretum du Plan Estérel. Malgré leur faible nombre, 3 espèces invasives recensées parmi les 327 taxons introduits, il ne faut pas minimiser l'impact que ces dernières peuvent avoir sur la flore locale. En effet, dans certains pays ces espèces arrivent à impacter très fortement l'environnement alors que leur nombre reste limité. Leur croissance rapide, la forte dissémination, la tolérance à de nombreux types de sols et à de nombreuses conditions climatiques, etc., peuvent faciliter leur succès.

De nombreuses espèces exogènes ont été introduites dans les arboretums plantés en région méridionale française. Il est donc indispensable d'avoir un suivi de ces arboretums et d'y étudier leur recolonisation afin de pouvoir intervenir lorsque c'est encore possible techniquement car l'expérience montre que les tentatives d'éradication d'espèces invasives sont rapidement difficiles et coûteuses.

Peu de moyens de lutte (non chimiques) existent contre ces espèces envahissantes. Aujourd'hui, la gestion la plus efficace reste la prévention avec l'utilisation des outils d'analyses et de prévention des risques.

Il est étonnant que des espèces menacées dans leur pays d'origine, comme *Cupressus goveniana*, arrivent à se naturaliser voire à devenir invasives sur d'autres continents.

Cette étude ouvre des perspectives pour des axes de recherche et d'analyse :

- étudier l'impact du milieu sur le comportement des espèces afin de mieux définir leurs statuts (différences observées entre les deux arboretums).
- poursuivre l'étude commencée, et notamment identifier les *Eucalyptus* de manière morphologique et/ou moléculaire.
- faire une étude de biomasse pour préciser l'allocation des ressources des espèces dans un but préventif.
- suivre de manière durable l'évolution des arboretums d'élimination et la progression des espèces invasives avec leur changement éventuel de statut dans le cas des changements climatiques.

Bibliographie

- Livres et publications scientifiques

- [1] Ducatillion, Catherine ; Blanc-Chabaud, Landy. *L'art d'acclimater les plantes exotiques : Le jardin de la Villa Thuret*. Paris : Quae, 2010. 192 p.
- [2] Breton, Catherine ; Guerin, Jenny ; Ducatillion, Catherine [et al.]. *Reply to comment on Breton et al. : "Taming the wild and 'wilding' the tame : Tree breeding and dispersal in Australia and the Mediterranean"*. Plant science, 2008. 2 p.
- [3] Dattée, Yvette ; Cadic, Alain ; Ducatillion, Catherine. *Amélioration génétique et création de diversité en horticulture : Gérer la biodiversité au jardin X^{ème} colloque scientifique de la SNHF*. 2008. 8 p.
- [4] Vanderhoeven, Sonia ; Branquart, Etienne ; Grégoire, Jean-Claude [et al.]. Les invasions biologiques. *Forêt Wallonne*, 2007, N°89, p. 24-31.
- [5] Pysek, Petr ; Richardson, David M. ; Pergl, Jan [et al.]. *Geographical and taxonomic biases in invasion ecology*. Cell press, 2004. 8 p.
- [6] Bresch Cécile, 2008. *Végétaux ligneux allochtones : adaptation d'un outil d'évaluation du risque d'invasion en région méditerranéenne française*. 135 p. Mémoire d'ingénieur : Montpellier : Montpellier AgroSup ; INRA : 2008.
- [7] Fried, Guillaume ; Mandon-Dalger, Isabelle ; Ehret, Pierre. *L'analyse de risque comme outil dans une stratégie de lutte contre les plantes invasives (émergentes) en France : XIII^{ème} colloque international sur la biologie des mauvaises herbes*. Dijon, 2009. 12 p.
- [8] Richardson, David M. ; Pysek, Petr ; Rejmanek, Marcel [et al.]. *Naturalization and invasion of alien plants : concepts and definitions*. Diversity and Distribution, 2000. 15 p.
- [9] Williamson, Mark H. ; Fitter, Alastair. *The characters of successful invaders*. Biological Conservation, 1996, volume 78, p. 163-170.
- [10] Allemand, Pierre. *Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne : Bilan des arboretums forestiers d'élimination*. Paris : INRA, 1989. 146 p.
- [11] Lamant, Thierry. *Inventaire des espèces présentes dans l'arboretum du Plan Estérel*. 2006. Fichier excel. (Document à usage interne, non publié).

[12] Buchlin, Sophie. *Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne*. 25 p. Mémoire de stage de Master II : Nancy : Université Henri Poincaré ; INRA : 2011.

[13] Rejmanek, Marcel ; Richardson, David M.. *What Attributes Make Some Plant Species More Invasive?*. Ecology, 1996, volume 77, p. 1655.

[14] Weber, Ewald ; Gut, Daniel. *Assessing the risk of potentially invasive plant species in central*. Journal for Nature Conservation, 2004, N°12, p. 171-179.

- **Webographie**

[1] INRA : Institut National de la Recherche Agronomique. [En ligne]. <<http://www.inra.fr/>> (consultation le 23-04-2010).

[2] RNSA : Réseau National de Surveillance Aérobiologique. [En ligne]. <<http://www.pollens.fr/accueil.php>> (consultation le 21-05-012).

[3] CBNMED, 2009 - SILENE : Système d'Information et de Localisation des Espèces Natives et Envahissantes. [En ligne]. <<http://silene.cbnmed.fr>> (consultation le 10-05-2012).

Table des sigles

- **ACG** : Pôle Adaptation au Changement Global
- **CBNMed** : Conservatoire Botanique National Méditerranéen
- **CEN** : Conservatoire d'Espaces Naturels
- **CNRF** : Centre National de la Recherche Forestière
- **CPIE** : Centre permanent d'Initiative pour l'Environnement
- **DUT** : Diplôme Universitaire de Technologie
- **EFPA** : Département de recherche INRA Ecologie des Forêts, Prairies et milieux Aquatiques
- **INRA** : Institut National de la Recherche Agronomique
- **IRA** : Institut de la Recherche Agronomique
- **IUT** : Institut Universitaire de Technologie
- **GPS** : Global Positioning System
- **ONF** : Office National des Forêts
- **PACA** : Région Provence-Alpes-Côte d'Azur
- **PHI** : Pôle Production Horticole Intégrée
- **Projet RecArbo** : Projet de Recolonisation des Arboretums
- **PSP** : Pôle Santé des Plantes
- **SIG** : Système d'Information Géographique
- **SPE** : Département de recherche INRA Santé des Plantes et Environnement
- **UE** : Unité expérimentale
- **UEVT** : Unité Expérimentale de la Villa Thuret
- **UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- **WGS 84** : World Geodetic System 1984 (Système géodésique mondial, révision de 1984)

Glossaire

- **Allochtone** : Se dit d'une espèce animale ou végétale d'apparition récente dans une région.
- **Arboretum** : Parc consacré à la culture expérimentale d'arbres et arbustes en vue d'étudier leur comportement.
- **Autochtone** : Originaire du pays qu'il habite, dont les ancêtres ont vécu dans ce pays.
- **Drageon** : Rameau issu d'un bourgeon situé sur les racines
- **Exotique** : Qui appartient à des pays étrangers et lointains.
- **Hétérophyllie** : Caractère propre aux plantes qui ont normalement des feuilles de plusieurs formes.
- **Indigène** : Originaire du pays où il vit.
- **Orthophotographie** : Document photographique obtenu par redressement, mise à l'échelle et assemblage des surfaces élémentaires d'une photographie aérienne.
- **Pare-feu** : Synonyme de coupe-feu. Large bande de terrain que l'on maintient, dans une forêt, dépourvue de végétation pendant l'été pour arrêter la propagation des incendies.
- **Propagule** : Terme générique qui regroupe des jeunes plants issus de reproduction sexuée ou asexuée.
- **Recéper** : Pratiquer le recépage, c'est-à-dire, l'action de couper un arbre près de terre afin d'obtenir de nouvelles pousses.
- **Sousolage** : Ameublissement profond du sol sans retournement de la terre.

Source de ces définitions : Dictionnaire Larousse

Table des tableaux et figures

- Tableaux

Tableau Ia et Ib : Inventaire des espèces pour lesquelles des plants issus de semis naturel ont été retrouvés dans leur placeaux (Ia) et hors placeaux (Ib)

Tableau II : Liste des espèces indigènes retrouvées fréquemment au Plan Estérel

Tableau III : Distances moyennes de propagation des jeunes plants (en mètre par rapport au placeau d'origine) pour les espèces se ressemant dynamiquement dans l'arboretum

Tableau IV : Caractéristiques des plantes invasives-types

Tableau V : Tableau comparatif du statut des espèces naturalisées au Caneiret et au Plan Estérel

- Figures

Figure 1a et 1b : Photographies de la villa Thuret, à la fin de sa construction (1a) et de nos jours (1b)

Figure 2 : Portrait de Gustave Thuret

Figure 3 : Représentation schématique des principales barrières limitant l'expansion d'espèces exotiques introduites

Figure 4 : Règle des 3x10 (the 3 ten rule) d'après Williamson 1996

Figure 5 : Localisation des neufs arboretums créés par l'INRA et la Villa Thuret en région PACA

Figure 6 : Situation géographique et topographique du Plan Estérel

Figure 7 : Schématisation des zones d'expansion des espèces naturalisées (*Acacia melanoxylon*, *Hakea salicifolia* et *Hakea sericea*)

Figure 8 : Schématisation des zones d'expansion de l'espèce naturalisée *Cupressus goveniana*

Table des annexes et annexes

- **Annexe n°1** : Plan de l'arboretum d'élimination du Plan Estérel
- **Annexe n°2** : Technique d'échantillonnage et de mise en herbier
- **Annexe n° 3** : Méthodologie de conversion des données GPS pour la réalisation des cartes sur MapInfo
- **Annexe n° 4** : Le genre *Eucalyptus*
- **Annexe n°5** : Flore indigène
- **Annexe n°6** : L'espèce *Acacia melanoxylon*
- **Annexe n° 7** : L'espèce *Cupressus goveniana*
- **Annexe n°8** : *Hakea salicifolia* et *Hakea sericea*
- **Annexe n°9** : Exemple d'évaluation réalisée par le CBNMed ; cas de l'*Hakea sericea*

Annexe n°2 : Technique d'échantillonnage et de mise en herbier

Les échantillons doivent être représentatifs de l'espèce, c'est-à-dire qu'ils permettent, par exemple, de visualiser l'insertion des feuilles les unes par rapport aux autres sur le rameau. Pour cela il faut évidemment collecter des feuilles adultes en bon état, et, si possible, en fonction de la période, récolter des feuilles juvéniles, des fleurs, des fruits ou encore des graines. Ces échantillons ont été numérotés selon leur placeau et leur zone.

Une fois la récolte effectuée, les échantillons doivent être séchés le plus rapidement possible. Pour cela ils ont chacun été placés dans une feuille de journal pour ensuite être empilés et placés dans une presse. La pression exercée par cette dernière doit être suffisante afin d'avoir un séchage optimal et des échantillons bien plats. De plus, il est nécessaire de régulièrement changer les feuilles de journal puisque celles-ci absorbent l'humidité des échantillons.

Lorsque les échantillons sont secs, entre deux semaines et un mois en fonction des espèces, il est temps de les monter sur papier support. Celui-ci doit être de pH neutre afin d'éviter les parasites et/ou la détérioration des échantillons dans le futur. Sur chaque feuille doivent figurer la dénomination taxonomique, la date et le lieu de récolte ainsi que le nom du collecteur.

Les planches doivent ensuite être classifiées et conservées à l'obscurité et à l'abri de la poussière.

L'ensemble des planches constituera ainsi un herbier de référence qui servira, pour la suite des travaux d'inventaire complet de la flore du Plan Estérel, mais aussi qui permettra la vérification des espèces.

Sur la page suivante sont présentées différentes mises en page d'herbier ; celles-ci divergent en fonction de la période de création des planches.

Les photos d'algues ci-dessous proviennent directement de l'herbier de Thuret. Ce sont les planches les mieux conservées. En bas à gauche nous pouvons observer des photos d'une autre partie de l'herbier de Thuret ; celle-ci présente des plantes du genre *Polypodium* ou plus vulgairement des fougères possédant un rhizome horizontal. Enfin, les photos situées en bas à droite sont celles des échantillons d'herbier réalisé par Sophie Buchlin il y a un an. Celui-ci est en train d'être monté ; les échantillons que nous avons prélevés seront mis en page de la même façon d'ici un an (ceux-ci doivent être totalement sec).



Figures : Photographies de planches de l'herbier de Gustave Thuret (algues et polypodes) ainsi que de l'herbier de Sophie Buchlin (Eleagnus, arboretum du Caneiret)

Sources : Personnelles

Annexe n°3 : Méthodologie de conversion des données GPS pour la réalisation des cartes sur MapInfo

L'utilisation d'un GPS de randonnée Garmin Etrex 30 présente l'inconvénient de ne pas être très précise. En effet, nous avons une précision de l'ordre de 2 m. Ceci n'a pas été dérangeant lors de la création des cartes puisque nous avons réalisé des sorties terrain, ce qui nous a permis de bien visualiser l'orientation et l'emplacement des placeaux.

Une fois les points enregistrés sur le terrain nous avons dû les télécharger sur ordinateur. Pour cela une connexion par câble USB a été suffisante. Nous avons pu récupérer les points grâce au logiciel Garmin Base Camp (fourni avec le GPS) ; ceux-ci étaient alors en format gpx. non compatible avec MapInfo. Nous avons également pu, par l'intermédiaire de ce logiciel, créer différents dossiers afin de classer les points par espèces ; ceux-ci forment les futures couches utilisées dans MapInfo.

Nous avons ensuite utilisé le logiciel MapSource afin de convertir ces dossiers au format dxf. reconnu par MapInfo.

Ensuite, lors de la création du SIG sur MapInfo, nous nous sommes servis d'une orthophoto téléchargée sur Google Earth ; ceci nous a permis de pouvoir, par la suite, visualiser nos points. Celle-ci a auparavant dû être callée. Ceci signifie que nous avons référencé à l'aide de coordonnées précises certains points, pixels de la photo. Ainsi, quand nous avons ouvert nos fichiers (dxf) de points relevés sur le terrain, ceux-ci se sont automatiquement placés à leurs coordonnées, localisées grâce au calage. Après enregistrement des tables sous MapInfo, nous avons créé les couches et pu tracer les emplacements des placeaux, définir les couleurs ainsi que la taille des points isolés. Le titre, la rose des vents et l'échelle ont également été placés à l'aide de MapInfo.

Enfin, comme la légende proposée par le logiciel ne nous convenait pas, nous l'avons réalisée de manière manuelle.



Figure : Photographie du GPS Garmin utilisé pour les relevés terrains

Source : Personnelle

Annexe n°4 : Le genre *Eucalyptus*

Originaires d'Australie, les *Eucalyptus* (ou gommiers) forment un groupe très riche d'arbres comprenant environ six cents espèces. Ces arbres, à croissance rapide, peuvent monter jusqu'à plus de 80 m de haut. Ils possèdent également toute une gamme de mécanismes d'adaptation, ce qui leur permet d'être présents dans une grande gamme d'environnement. Leur écorce peut présenter de grandes différences dans leur apparence (dure, fibreuse, lisse, etc.), ce qui peut parfois permettre une identification. Les feuilles bleutées, couvertes de glandes à huile (production d'eucalyptol), leur confère des vertus thérapeutiques puisque cette substance permet de soigner de nombreuses infections de l'appareil respiratoire. Enfin, leurs fleurs sont très variées en fonction des espèces ; en effet, la taille ainsi que la couleur (blanche, jaune, rose ou rouge) sont les principaux caractères qui diffèrent.

Feuilles adultes



Arbres adultes



Ecorce



Fleurs



Fruits

Figures : Photographies de différentes espèces d'*Eucalyptus*

Sources : Personnelles

Annexe n°5 : Flore indigène

Dans cette annexe nous présentons quelques photographies d'espèces indigènes/locales au bassin méditerranéen. Celles-ci, du fait de conditions idéales pour leur développement, ont été retrouvées très régulièrement dans l'arboretum.

Arbutus unedo :



Asphodelus cerasifer :



Cistus albidus :



Cistus monspeliensis :



Cistus salviifolius :



Calluna vulgaris :



Lavandula stoechas :



Pinus pinaster :



Annexe n°6 : L'espèce *Acacia melanoxylon*

L'Acacia melanoxylon (ou mimosa à bois noir) est très répandu dans l'Est de l'Australie. Les plus grands arbres se trouvent au sud de son aire de répartition, en Tasmanie, où ils peuvent atteindre jusqu'à 40 m de haut ; ailleurs ils ont habituellement une taille comprise entre 10 et 20 m. Cet arbre touffu à croissance rapide s'adapte à de nombreux milieux de terrains et de climats mais il préfère les climats frais. La floraison de cette espèce se produit généralement à la fin de l'hiver dans le nord et à la fin du printemps dans le sud. Cependant dans certaines régions une floraison et une fructification ont été observées tout au long de l'année. Les fleurs jaune pâle sont suivies par des gousses brun rougeâtre ; les graines rondes, noires et luisantes, de 2-3 mm de diamètre sont cerclées par une membrane rose-rouge (Henderson, 1995. PIER, 2002). *L'Acacia melanoxylon* est un arbre fixateur d'azote. Le bois de cette espèce est très apprécié pour tous les travaux d'ébénisterie, ce qui explique sa culture dans certaines zones du sud de l'Australie.



Figures : Photographies de l'espèce *Acacia melanoxylon*

Sources : Personnelles

Annexe n°7 : L'espèce *Cupressus goveniana*

Le cyprès de Gowen (*Cupressus goveniana*), est un arbre originaire de Californie (Etats-Unis). Les peuplements sont, en général, peu importants et la population compte au total moins de 2000 individus ; c'est pourquoi il est considéré comme une espèce menacée et figure dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). C'est un arbre monoïque de forme conique et de taille variable en fonction des conditions du milieu (de 1 m à 60 m en conditions optimales). Le feuillage forme des rameaux denses, de couleur vert foncé à jaune vert. Les cônes de forme globuleuse sont formés de 6 à 10 écailles, vertes au début et devenant gris brun à maturité, environ 20 à 24 mois après la pollinisation. Ces derniers restent fermés pendant plusieurs années, ne s'ouvrant qu'après la mort de l'arbre géniteur lors d'un incendie. Ce processus permet aux graines de coloniser le sol nu libéré par le feu. Les cônes mâles, plus petits, libèrent leur pollen en février mars.

Cônes mâle (pollen)



Cônes femelle



Cônes femelle



Placeau de *Cupressus goveniana*

Propagules

Figures : Photographies de l'espèce *Cupressus goveniana*

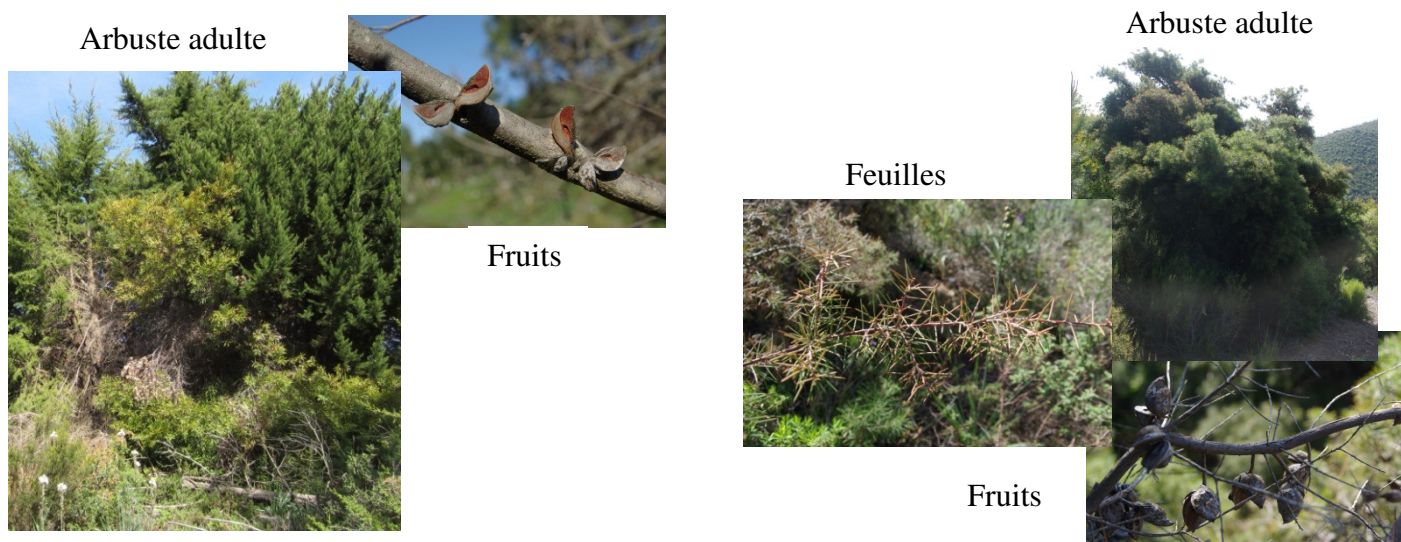
Sources : Personnelles

Annexe n°8 : *Hakea salicifolia* et *Hakea sericea*

Hakea est un genre de 149 espèces de buissons ou d'arbustes originaire d'Australie. On les trouve dans tout le pays mais c'est dans le sud-ouest de l'Australie occidentale que se situent le plus grand nombre d'espèces. Pour avoir une croissance optimale les *Hakea* ont besoin d'un sol pauvre et très drainant.

L'*Hakea salicifolia* (ou anciennement *Hakea saligna*) est un grand arbuste buissonnant ou petit arbre pouvant atteindre 5 à 8 m de haut. Son feuillage pale à mi-vert permet une bonne distinction des jeunes pousses bronze au printemps. Les fleurs sont blanches et apparaissent généralement en fin d'hiver. Elles sont suivies par des gousses ligneuses contenant 2 graines ailées (nombre habituel pour ce genre) ; leur libération va avoir lieu à la mort du rameau ou de la plante. La fiabilité de cette espèce a permis d'en faire un porte greffe très utilisé.

Les *Hakea sericea* (ou *Hakea soyeux*) ont quant à eux un port étalé, très ramifié et dense pouvant monter jusqu'à 5 m de haut. Les feuilles sont rigides, longue (6 cm) et très épineuses. Ces arbustes, échappés de cultures ornementales, se répandent au détriment de la flore locale. Ils ont pour cela le titre d'invasif dans plusieurs pays comme, par exemple, la Nouvelle-Zélande, l'Afrique du Sud ou le Portugal. Les fleurs hermaphrodites, blanches ou roses, sont présentes de juillet à octobre en Australie (en fin d'hiver pour la France) et le fruit, une capsule dure et ligneuse, permet, principalement lors d'incendies, la libération de graines ailées.



Figures : Photographies des espèces *Hakea salicifolia* (à gauche) et *Hakea sericea* (à droite)

Sources : Personnelles