



HAL
open science

Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne

Sophie Buchlin

► **To cite this version:**

Sophie Buchlin. Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne. Biodiversité et Ecologie. 2011. hal-02811251

HAL Id: hal-02811251

<https://hal.inrae.fr/hal-02811251v1>

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.



Nancy-Université

Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les espèces exogènes, en région méditerranéenne



Mémoire présenté par
BUCHLIN Sophie

Travaux encadrés par
Vincent Badeau et Catherine Ducatillion

Septembre 2011

MASTER FAGE
Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie
et l'Environnement

Spécialité
Fonctionnement et Gestion des Ecosystèmes

Etude de la recolonisation des arboretums d'élimination par les
espèces exogènes, en région méditerranéenne

Sophie BUCHLIN

Mémoire de stage, soutenu à Nancy le 05/09/2011

Vincent Badeau, Ingénieur de recherche
Catherine Ducatillion, Ingénieur d'étude

INRA Nancy, Forêt d'Amance, 54280 Champenoux
INRA Antibes, 90 Chemin Raymond, 06160 Antibes Juan-les-Pins



Je remercie mes maîtres de stage, Catherine Ducatillon et Vincent Badeau de m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage passionnant avec eux

Je remercie les agents de l'ONF avec lesquels j'ai eut la chance de travailler sur l'arboretum d'élimination du Caneiret et tout particulièrement Luc Blaison, Thierry Lamant et Christophe Pint-Girardon

Mes remerciements s'adressent aussi Partrice Brahic et Marie de la Pépinière des Milles pour avoir pris soin de mes graines

Je remercie Isabelle Mandon chargée de mission au Conservatoire Botanique National Méditerranéen de Porquerolles de m'avoir fait part de son expérience des invasives en méditerranée

Une pensée également à Marc Bottin de m'avoir guidée dans la forêt départementale de Théoule-sur-mer,

Mais aussi les jardiniers et techniciens de la Villa Thuret qui m'ont grandement aidés pour venir à bout des Hakea spp. : Richard Bellanger, Gabriel Zizzo, Aurélien Leydet et Aurore Gili, toujours enthousiaste de m'accompagner sur le terrain

Et enfin, je tiens à remercier mes collègues de stages et colocataire au Cap d'Antibes avec qui j'ai passé cinq mois parfaits.



Arbutus glandulosa



Eucalyptus sp.

SOMMAIRE

Introduction	1
1. Présentation de l'organisme d'accueil – INRA/Villa Thuret.....	1
2. Les acteurs partenaires.....	1
3. Etat des connaissances sur les invasions biologiques.....	1
4. Contexte et historique du sujet.....	4
5. Objectifs.....	4
II. Matériels et méthodes	5
1. Descriptif du site d'étude.....	5
a) Choix et situation du site.....	5
b) Les espèces.....	6
2. Méthodologie.....	6
a) Inventaire des espèces présentes dans l'arboretum en 2011.....	7
b) Inventaire des espèces se reproduisant spontanément.....	7
c) Cartographie des espèces susceptibles de se naturaliser.....	7
d) Evaluation des capacités de reproduction et de dissémination.....	8
i. Capacité de dissémination.....	8
ii. Allocation à la reproduction.....	8
e) Etudes comparatives de trois espèces.....	9
f) Analyse de la dynamique de croissance entre natives et non-natives.....	10
III. Résultats	10
1. Les inventaires.....	10
a) L'échantillonnage des espèces introduites.....	10
b) Les relevés des espèces à régénération spontanée.....	10
c) La flore indigène.....	11
2. Représentation qualitative et quantitative des espèces se ressemant de manière dynamique.....	12
a) Méthode qualitative.....	12
b) Méthode quantitative.....	14
i. Comptage dynamique.....	14
ii. Etude de biomasse.....	15
3. Observations du Lairé et de Théoule-sur-Mer.....	15
IV. Discussion	15
i. Typologie des espèces au Caneiret.....	16
a) Les espèces indigènes.....	16
i. Au sens strict.....	16
ii. Au sens large.....	17
b) Les espèces fugaces.....	17
c) Les espèces dites anecdotiques.....	17
d) Les espèces naturalisées.....	18
e) Les espèces invasives.....	18
ii. Application de la règle de Williamson.....	19
iii. Etudes comparatives.....	19

a) Le Lairé.....	19
b) La forêt domaniale de Théoule sur mer.....	20
V. Analyses des risques et impacts des espèces exotiques.....	21
Perspectives et conclusion.....	22
BIBLIOGRAPHIE.....	24
Annexes	



Tapis plantulaire d'*Acacia melanoxylon*

Introduction

1. Présentation de l'organisme d'accueil – INRA/Villa Thuret

L'Institut National pour la Recherche Agronomique (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.

Cet institut a plusieurs missions, telles que produire et concevoir des connaissances scientifiques, donner des pistes pour les décisions des acteurs publiques et privés à l'aide de son expertise, concevoir de innovations, etc. Les sujets de recherches sont guidés par les nombreux défis planétaires posés, entre autre, par l'alimentation, l'environnement et la valorisation de territoires, et que l'agriculture et l'agronomie ont à relever (Site INRA¹).

Le travail présenté ici a été réalisé en partenariat avec deux équipes INRA (Nancy et Antibes). L'Equipe Phytoécologie Forestière (Unité Mixte de Recherche INRA-Nancy Université 1137 « *Ecologie et Ecophysiologie Forestières* ») travaille essentiellement à la compréhension des mécanismes du fonctionnement (et des dysfonctionnements) des écosystèmes forestiers. Depuis 2005 elle s'est fortement impliquée dans la valorisation des collections ligneuses installées depuis plus d'un siècle dans les arboretums publics français (dont l'Arboretum d'Amance à Champenoux), regroupés dans le *Réseau National des Arboretums Publics* dont V. Badeau est responsable.

La Villa Thuret (Antibes) va devenir en janvier 2012 une Unité Expérimentale du Département EFPA. Historiquement, ce jardin botanique a été créé en 1857 par Gustave Thuret. Les collections du Jardin (1500 taxons sur 3,5 ha) et celles des arboretums d'élimination des Maures et de l'Estérel font partie du *Réseau National des Arboretums Publics*. Les recherches menées actuellement dans cette unité concernent essentiellement l'acclimatation des végétaux exotiques.

2. Les acteurs partenaires

Mon stage a été réalisé en partenariat avec trois acteurs :

- l'Office National des Forêts (ONF) est le principal partenaire dans cette étude. Il est l'actuel gestionnaire des arboretums dans l'Estérel et dans les Maures.
- la Pépinière administrative des Milles à Aix en Provence est une plateforme expérimentale, spécialisée dans l'élevage expérimental des plants forestiers et autres plantes des milieux méditerranéennes ainsi que dans la conservation d'espèces.
- le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles (CBNMED) a pour mission principale l'étude et la conservation des espèces et des habitats en région méditerranéenne française. Il crée une base de données 'SILENE' recensant les espèces dans la région PACA.

3. Etat des connaissances sur les invasions biologiques

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

Beaucoup d'espèces végétales utilisées sur le continent européen par les agriculteurs, les horticulteurs et les exploitants forestiers ont été introduites de différentes parties du monde, délibérément ou accidentellement, par les activités humaines, à diverses époques lors des deux

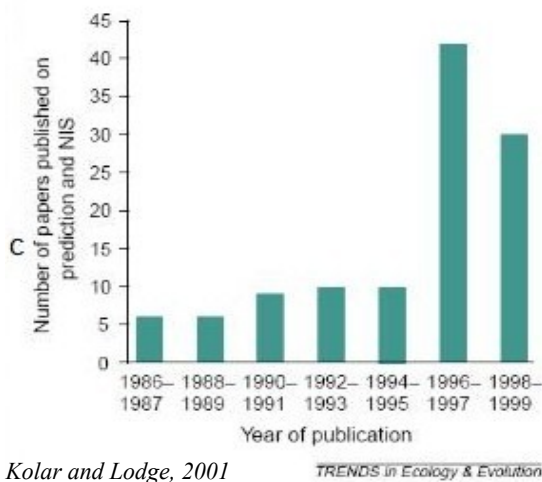
1 <http://www.inra.fr>

derniers millénaires (Heywood & Brunel, 2009). Pour 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 (encore appelée archéophyte) mais si son introduction s'est produite après cette date, elle sera considérée comme une exotique (encore nommée néophyte) (Pysek *et al*, 2004). Cette date marque historiquement le début de l'intensification des échanges commerciaux intercontinentaux (Vanderhoeven, 2007).

C'est à partir du XVI^{ème} siècle que l'on commence à observer des changements majeurs dans la distribution des espèces exotiques avec l'augmentation des moyens de transports intercontinentaux (Vanderhoeven, 2007), mais la principale voie d'entrée des espèces exotiques reste l'horticulture ornementale. Heywood, en 2009, estime 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 telles que les jardins botaniques, les arboretums et les pépinières (Bresch, 2008). La France serait le pays européen possédant le plus d'espèces naturalisées avec 700 espèces sur les 6 000 espèces environ que comporte la flore française (Fried, 2009).

A partir de la seconde moitié du XIX^{ème} siècle est apparue la notion d'invasion biologique (De Candolle, 1855 ; Darwin, 1859 ; Naudin, 1887² in Pysek, 2004) pour devenir, de nos jours, un problème très sérieux, de plus en plus préoccupant.

Le domaine de l'écologie des invasions a réellement commencé à prendre de l'ampleur avec le travail de Charles Elton³ ; il est le premier scientifique à se rendre compte des dangers liés aux invasions biologiques et affirme que leur compréhension est un outil indispensable pour réussir à les maîtriser (Kolar & Lodge, 2001 ; Richardson & Pysek, 2008).



C'est seulement à partir des années 80 que la problématique écologique majeure que constituent les invasions biologiques commence à préoccuper le monde scientifique, et les études dans ce domaine se développent très rapidement (Monty & Mahy, 2009). Cet engouement conduit, entre autre, à la mise en place de groupes d'études et de programmes internationaux de sensibilisation et de gestion des plantes exotiques invasives tels que le Scientific Committee On Problems of the Environment (SCOPE), le Global Invasive Species Programme (GISP), mais aussi à une augmentation exponentielle du nombre de publications sur ces espèces, tous règnes confondus (cf graphe).

L'ascension rapide dans le domaine public a mené à une utilisation intensive d'adjectifs tels que 'invasive', 'naturalisée', 'indigène', 'exotique', 'envahissante', etc., (Colautti & MacIsaac, 2004) créant une confusion dans le monde scientifique.

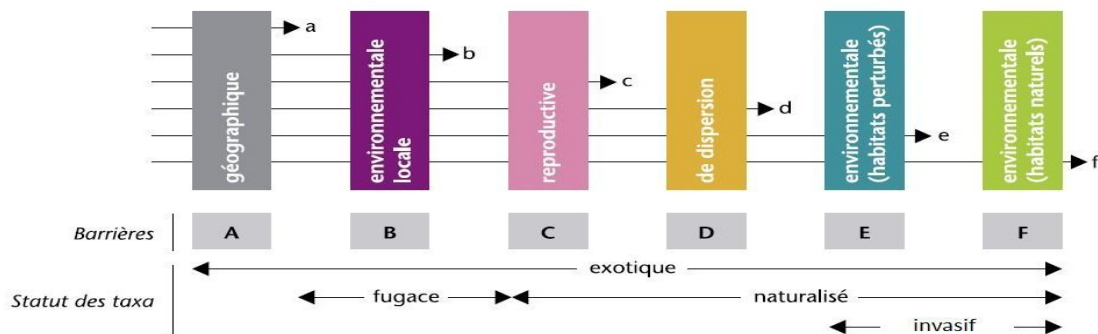
En simplifiant le schéma du processus d'invasion, pour qu'une espèce exotique devienne invasive, elle doit réussir à passer plusieurs barrières, allant de son introduction à sa naturalisation jusqu'à

2 Naudin était directeur de la Villa Thuret de 1878 à 1899 : [...] *L'acclimatation* est l'introduction et la culture de plantes (= espèces végétales) dans un pays autre que leur pays d'origine. En cela l'**acclimatation** diverge de la **naturalisation** qui désigne le fait qu'une espèce étrangère se maintienne et se propage dans un pays d'accueil sans nécessiter d'intervention humaine. Une espèce naturalisée peut devenir nuisible si elle *se propage malgré les efforts de l'homme pour arrêter sa diffusion* [...]

3 *The ecology of invasion by animals and plants*, 1958, devenu une référence dans le domaine

son expansion dans sa nouvelle aire de répartition (Cf figure 2).

Figure n°1 : Processus d'invasion pour une espèce exotique végétale (Modifiée d'après Richardson & al., 2000)



Afin d'éviter toute confusion ou mauvaise utilisation des termes, voici la terminologie que j'emploierai dans mon rapport, afin de m'assurer une bonne compréhension pour tous les lecteurs :

Une espèce sera considérée comme **exotique**⁴ (introduite ou encore allochtone) opposé à *indigène*, si sa présence dans une région donnée est due à l'implication, intentionnelle ou non, de l'homme (Pysek *et al.*, 2004) lui permettant de franchir une barrière géographique majeure (A) Cf figure 2.

Selon Pysek *et al.* (2004), une fois que l'espèce végétale est à même de se reproduire et de se maintenir depuis au moins 10 ans sans intervention directe de l'homme, on peut alors parler d'**espèces naturalisées**⁵; elles ont réussi à surmonter les barrières environnementales (B) et les obstacles à la reproduction régulière (C) Cf figure 2. Ces espèces naturalisées produisent souvent leurs descendants près des plants adultes et n'envahissent pas nécessairement les écosystèmes naturels, semis naturels ou construits par l'homme (Bresch, 2008).

Les **espèces invasives**⁶, sous groupe des espèces naturalisées, ont, les capacités de surmonter les barrières liées à la dispersion (D) Cf figure 2. Elles peuvent créer une descendance nombreuse et se propager loin des sites d'introduction (Richardson *et al.*, 2000).

Depuis les années 2000, Richardson *et al.*, dans une synthèse sur la terminologie, emploie le terme d'**espèces transformatrices**⁷ pour évoquer les espèces végétales invasives qui provoquent des changements dans le caractère, les conditions, la forme ou la nature de l'écosystème qu'elles occupent. Les transformatrices sont un sous groupe des espèces invasives.

Les espèces invasives et les transformatrices, tous règnes confondus, sont au centre des préoccupations écologiques, étant la deuxième cause d'appauvrissement de la biodiversité au niveau mondial après la destruction des habitats naturels (Meerts *et al.*, 2006). Elles peuvent avoir de graves conséquences écologiques et économiques pour le pays d'introduction, mais également nuire à la santé humaine (Heywood & Brunel, 2009). Une étude menée pour les États-Unis estimerait à 97 milliards de dollars par an les dommages de 79 espèces exotiques de 1906 à 1991 (Pimentel, 2000).

Selon Pysek *et al.*, il y a déjà eu 2670 papiers traitant de 892 espèces invasives en 2008. La totalité des taxons est étudiée mais le plus important reste le règne végétal avec 48,3%, comprenant les plantes vasculaires et les bryophytes (44%), les algues (2%) et les champignons (2%), contre 36,3% pour les invertébrés et 14,7% pour les vertébrés. Ce taxon est le plus étudié en raison de la facilité d'observations et de représentations des impacts sur les écosystèmes.

4 Traduit de l'anglais *alien plant*

5 Traduit de l'anglais *naturalized plant*

6 Traduit de l'anglais *invasive plant*

7 Traduit de l'anglais *transformers*

4. Contexte et historique du sujet

Dans les années 60 la forêt méditerranéenne française a connu des 'années noires' avec l'augmentation de la population, les gels, les ravageurs, et surtout les incendies sur plusieurs milliers d'hectares. Ces catastrophes firent prendre conscience de l'intérêt paysager de ces espaces et qu'il était nécessaire de trouver des solutions pratiques pour la re-végétalisation, voire la production. Pour remédier aux espèces naturelles décimées et en mauvaises états, de nouveaux taxons, peu inflammables (ou supposés tels), résistants aux ravageurs, aux froids et à la sécheresse (supportant les conditions locales méditerranéennes), furent recherchés et testés.

C'est dans ce contexte que les arboretums écologiques forestiers d'élimination, dont fait partie l'arboretum du Caneiret, ont été créés par l'INRA dans le cadre de la loi sur la reconstitution de la forêt méditerranéenne (Allemand, 1989). Ces arboretums comportent des espèces locales et introduites. Il s'agit de collections dendrologiques comparatives permettant de contre-sélectionner les espèces les moins adaptées. Ces arboretums ont été suivis pendant 15 ans et les résultats ont été publiés par Pierre Allemand en 1989⁸.

Le travail de Allemand pourrait être repris aujourd'hui sous plusieurs aspects. Le premier, qui n'a pas été traité dans cette étude, concerne la classification des espèces en quatre groupes selon leurs intérêts pour la re-végétalisation et la production ligneuse. Les taxons « confirmés » et « prometteurs » peuvent-ils toujours être qualifiés comme tels et que sont devenus les taxons « abandonnés » et « non significatifs » ?

La seconde question, base de ce travail, concerne le caractère invasif de certaines espèces. 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'invasion la plus critique pour l'Estérel et la Côte d'Azur (Breton *et al.*, 2008). Au terme de 38 ans d'essais 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 était-il prévisible au regard des connaissances botaniques dont on disposait à l'époque ? Enfin, ces arboretums d'élimination constituent-ils un danger pour les écosystèmes locaux ?

5. Objectifs

Mon étude comporte deux types d'objectifs : des objectifs scientifiques et des objectifs de gestion. Dans un premier temps, je vais identifier si certaines espèces exotiques implantées au Caneiret sont capables de se ressemer naturellement et déterminer si, en l'espace de 38 ans, des espèces ont les moyens de se naturaliser dans le milieu. Après avoir décelé ces espèces, je vais essayer de comprendre quels sont les mécanismes de la naturalisation ; qu'est-ce qui fait qu'une espèce se naturalise, voire devienne invasive. Enfin, j'évaluerai l'impact de ces espèces invasives sur le milieu dans lequel elles se trouvent ; pour cela des observations seront menées à l'extérieur du Caneiret à des fins comparatives.

En ce qui concerne les objectifs de gestion, il s'agira de proposer quels moyens mettre en œuvre localement contre ces espèces invasives. Existe-t-il des méthodes de lutte efficace ? Y a-t-il des documents indiquant si telle ou telle espèce arrivera à se naturaliser et par conséquent, aura des chances de devenir invasive ? Peut-on poser "un diagnostic" rapide ?

8 Livre intitulé "Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne"

II. Matériels et méthodes

1. Descriptif du site d'étude

a) Choix et situation du site

Les massifs des Maures et de l'Estérel sont soumis à des conditions climatiques extrêmes (forte chaleur, forte sécheresse et fort ensoleillement en été ; froids rigoureux en hiver⁹). C'est pour cette raison que ces deux massifs ont été choisis pour les expérimentations de re-végétalisation en 1973 avec l'implantation de plusieurs arboretums :

- dans l'Estérel : 3 arboretums au Mourlanchin, 1 arboretum au Caneiret, 1 arboretum au Plan Estérel et 1 arboretum au Castelly ;
- dans les Maures : 2 arboretums au Treps.

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.

Carte n°1 : Localisation des neuf arboretums créés par l'INRA en région PACA et de la Villa Thuret



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.

Une première visite des arboretums a donc été organisée pour évaluer : i) l'accessibilité des sites ; ii) la possibilité de retrouver les placeaux originels ; iii) la qualité des inventaires les plus récents ; iii) la richesse spécifique ; iv) la présence d'un sous-étage abondant ; etc. Après avoir visité le Plan Estérel, Ceyreste et le Caneiret il nous est apparu judicieux, vu le temps imparti, de concentrer nos efforts sur le Caneiret.

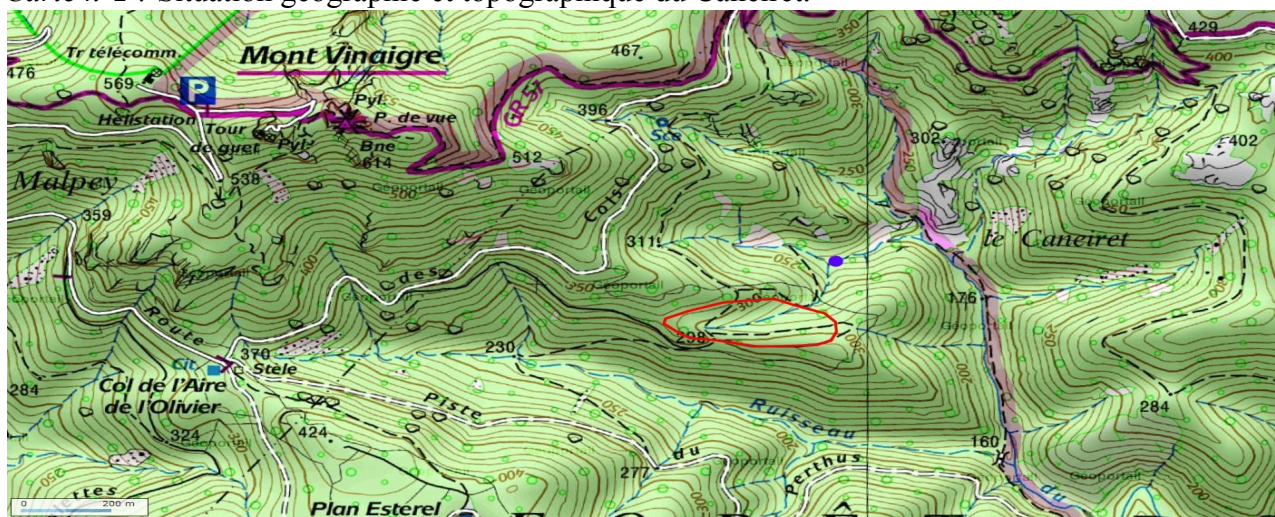
Cet arboretum est le plus grand (5 ha de terrain) et le plus riche (398 taxons) ; un inventaire y a été réalisé en 2008 et les placeaux sont relativement identifiables. Enfin, son accès est assez rapide depuis Antibes (de l'ordre de 40 minutes de voiture et 20 minutes de marche) ce qui permet de planifier facilement des journées, voire des demi-journées de terrain. D'un point de vue plus

⁹ Respectivement -12,6°C et -11°C en moyenne de 1985 à 1987

pratique, cet arboretum devait être soumis dès cette année à des travaux de débroussaillage ; il était donc urgent de sensibiliser les gestionnaires locaux tant du point de vue scientifique que du point de vue de la gestion des espèces envahissantes.

Le Caneiret se situe dans le massif de l'Estérel (Var) à 43°29'47" Nord et 6°49'58" Est (Système de projection WGS84) (cf Carte n°2), son altitude est comprise entre 260 m et 320 m. Il possède trois pentes principales se rejoignant en un ravin au centre du terrain (cf Annexe n°1) ; son exposition est Nord, Sud, Sud-Est. Le sol, assez caillouteux, est composé de rhyolite amarante, roche volcanique, avec un mull acide bien structuré (Allemand, 1989).

Carte n°2 : Situation géographique et topographique du Caneiret.



Lors de la mise en place du dispositif, la végétation a été gyrobroyée ; les souches d'arbres et d'arbustes ont été arrachées ; et un sousolage a été réalisé pour améliorer l'infiltration de l'eau.

Le site est divisé en 11 zones (A à K) subdivisé en 519 placeaux contenant chacun une espèce avec des effectifs initiaux connus, allant de 10 à 30 individus (cf Annexe n°1). Chaque espèce est répertoriée avec sa zone et son placeau (ex : *Abies pinsapo* : Zone J, placeau n°270) ; la plupart des taxons portent un numéro d'accession permettant de connaître leur provenance géographique.

Pendant les 3 premières années, un binage était effectué sur chaque plant pour éviter la concurrence herbacée, le débroussaillage était réalisé tous les 2 ans à l'intérieur des placeaux afin de limiter le développement de la flore locale (fougère ou bruyère par exemple), jusqu'en 1986-87 après les gelées de 1985. Depuis, seul un débroussaillage en périphérie est effectué, en guise de pare-feu, laissant les zones autour du site bien ouvertes.

b) Les espèces

A partir de 1973, 12 395 plants représentant 398 espèces sont installés dans l'arboretum. Une même espèce peut avoir été introduite dans plusieurs placeaux, soit pour tester leur tolérance relative aux conditions d'exposition, soit pour comparer des provenances. Il n'y a donc pas de répétition au sens strict. En janvier 1977, certaines espèces ont été remplacées en raison d'échecs immédiats. En 1989, à la fin de l'étude, 120 espèces étaient encore vivantes : 73 ont été sélectionnées (en fonction des critères de croissance retenus à l'époque) et 47 n'ont pas été sélectionnées ou ont été abandonnées.

2. Méthodologie

L'objectif de mon étude est d'identifier les espèces qui ont pu se naturaliser entre 1973 et 2011 (soit sur une durée de 38 ans) et de chercher à comprendre le(s) mécanisme(s) de leur naturalisation.

Pour mener à bien ce travail, je me suis servie de l'inventaire réalisé par l'ONF en 2008, recensant les espèces encore présentes dans leur placeau d'origine (Lamant, 2008). 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. Disposant de cette base de travail, j'ai moi-même vérifié et complété l'inventaire des espèces présentes puis j'ai regardé lesquelles étaient fertiles pour ensuite déterminer celles capables de se reproduire spontanément.

a) Inventaire exhaustif des espèces présentes dans l'arboretum en 2011

Tout d'abord, afin de reconnaître les espèces qui étaient susceptibles de se naturaliser, mon premier travail consistait à inventorier toutes les espèces encore présentes en 2011 par rapport à celles plantées en 1973 en m'aidant de l'inventaire de 2008. Cette partie de l'étude a également servi à me former à la flore exotique et indigène méditerranéenne. Des photographies de chaque espèce ont été prises sur le terrain ainsi que des échantillons représentatifs de chaque plant. Il s'agissait de prélever un ou plusieurs fragments de branches du taxon puis de les numéroter selon leur placeau et leur zone. Cet échantillonnage exhaustif des espèces a abouti à la création d'un herbier de référence qui servira, pour la suite des travaux, d'inventaire complet de la flore du Caneiret mais aidera également pour la vérification des espèces.

b) Inventaire des espèces se reproduisant spontanément

Les espèces ne peuvent se naturaliser que si elles sont capables de produire des graines viables. J'ai donc récolté les graines et les fruits parmi tous les taxons qui en étaient pourvus. La récolte n'a cependant pas été exhaustive ; parfois trop précoce ou trop tardive par rapport à la phénologie de l'espèce. Les graines ont ensuite été envoyées à la Pépinière administrative des Milles à Aix en Provence afin de tester leurs capacités germinatives. Par la suite, les plantules obtenues seront mises en herbier pour créer un référentiel de jeunes semis naturels qui sera essentiel pour la confirmation, ou tout simplement pour la reconnaissance des plantules sur le terrain (arboretums ou milieu naturel méditerranéen).

c) Cartographie des espèces susceptibles de se naturaliser

Il n'existe pas de carte précise de l'arboretum, seuls des dessins sans échelles. 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 indispensable.

Un GPS¹⁰ a été utilisé pour prendre les points des bordures des zones d'expansion des différentes espèces qui se propagent de manière importante. Les relevés ont été extraits (GPS Utility), puis convertis en Lambert 2 étendue (Circé¹¹). Ces données ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique (Quantum Gis¹²), afin de réaliser une cartographie d'occupation de terrain des espèces se régénérant en utilisant l'orthophotographie de la zone (mission IGN de 20xx). L'annexe 2 présente les espèces qui se propagent dynamiquement dans l'arboretum.

A l'aide de la cartographie créée, les distances de propagation des espèces par rapport à leur placeau d'origine ont pu être mesurées afin d'avoir une appréciation des distances de dissémination des graines.

10 GPS Garmin

11 Version 4.0 ; Site web : www.ign.fr

12 Version Capiaco 1.6.0 : Site Web : www.gnu.org/licenses

d) Évaluation des capacités de reproduction et de dissémination

Pour appréhender le pouvoir de dissémination et le pouvoir de reproduction des espèces végétales naturalisées, nous avons dû chercher une méthode d'échantillonnage adéquate et facilement reproductible pour le suivi temporel.

Un échantillonnage régulier espaçant de 2 mètres chaque point a été programmé afin d'obtenir une vision statistique des espèces ; les coordonnées de chaque maille devaient être intégrées dans un GPS et chaque point devait être visité afin d'installer une placette d'échantillonnage de surface constante. Malheureusement, ce protocole n'a pas pu être appliqué sur le terrain (pentes trop fortes, présence d'un ravin, végétation arbustive trop dense, contrainte de temps, etc).

Un échantillonnage stratifié a alors été réfléchi, situant nos points en fonction de l'ensoleillement, des pentes et de l'humidité relative (près du ravin notamment). Là aussi, une surface constante devait être définie pour être adaptée aussi bien aux petits arbrisseaux (*Cotoneaster spp.*) qu'aux grands arbustes (*Hakea spp.*).

Compte tenu de la contrainte de temps, des contraintes topographiques, des morphologies très divergentes des espèces végétales et des moyens à mettre en œuvre pour ces protocoles, nous avons choisi de concentrer nos efforts sur l'étude d'un seul genre : le genre *Hakea*. Ce genre est australien et plusieurs espèces de ce taxon tel que *Hakea sericea*, sont déjà considérées comme invasives dans d'autres pays du monde (Afrique du Sud par exemple). Il semblait donc intéressant de confronter nos observations sur les *Hakea spp.* du Caneiret avec les publications existantes. De plus, contrairement à d'autres groupes (les *Acacias spp.* en particulier), les différentes espèces d'*Hakea* sont identifiables quel que soit leur stade de développement.

i. Capacité de dissémination

Toutes les espèces du genre *Hakea* stockent leurs graines dans des fruits ligneux pérennes. Les fruits sont déhiscents mais ne s'ouvrent que si la branche qui les porte, voire l'arbre entier, vient à mourir libérant deux petites graines ailées. Cette coque protège également les graines du feu. L'évaluation du nombre de fruits est intéressante pour pouvoir estimer la population potentielle qu'il y aurait au Caneiret si tous les individus venaient à mourir.

Pour réaliser notre comptage dynamique, nous avons dénombré la population actuelle d'*Hakea spp.* ainsi que le nombre de graines porté par un individu de chaque espèce. Nous en déduisons un pouvoir de dissémination. Une extrapolation suffit à donner une estimation du nombre d'individus potentiels, c'est-à-dire le nombre d'individu qu'il devrait y avoir si toutes les graines avaient germé après 1985.

Quatre espèces d'*Hakea* sont concernées par cette étude :

- *Hakea dactyloides*
- *Hakea salicifolia*
- *Hakea sericea*
- *Hakea sp.* (espèce indéterminée)

ii. Allocation à la reproduction

Afin de déterminer les capacités de reproduction des quatre espèces d'*Hakea*, nous avons décidé d'étudier la biomasse en émettant l'hypothèse que l'énergie allouée pour la croissance doit être plus importante que pour la reproduction ; les fruits étant persistants, les espèces n'ont pas besoin de produire énormément de graines chaque année pour avoir des chances de se maintenir dans le milieu, comme c'est le cas pour *Acacia melanoxylon*. Les quatre espèces d'*Hakea* étant retrouvées

dans des proportions différentes, nous suggérons qu'il doit exister des variations de biomasse entre elles.

Pour effectuer cette expérimentation, un individu de chaque espèce a été choisi de manière arbitraire. La hauteur du plant, la surface de projection du houppier au sol et la circonférence des troncs ont été mesurés puis les arbres ont été débités sur place et transportés à la Villa Thuret. Nous avons séparé les feuilles, les troncs, les fruits et les branches en évitant toute dissémination hasardeuse. Les branches ont été regroupées dans deux classes :

- les branches ayant un diamètre de moins de 1 cm (qui seront broyées)
- celles supérieures à 1 cm

Tout a ensuite été séché en serre puis pesé à l'aide d'une balance.

Des rondelles, prélevées à la base des troncs, ont été conservées afin d'analyser la dynamique de la croissance radiale (dendrochronologie) et d'estimer l'âge des individus. Les premiers tests réalisés dans ce sens sont pour l'instant peu concluants. On trouve sur les sections d'*Hakea* spp. des successions de bois sombre (sans vaisseaux apparents) et clair (avec beaucoup de vaisseaux) mais ces éléments anatomiques ne correspondent pas à une rythmicité annuelle (cf Photographie n°1). Des contacts ont été pris dans le milieu des dendrochronologues mais pour l'instant il semblerait que la croissance radiale des *Hakea* spp ait été peu, voire pas encore étudiée.

Photographie n°1 : Photographie d'une tranche de bois d'*Hakea dactyloides*



e) Etudes comparatives de trois espèces

Selon le milieu dans lequel des espèces sont implantées, leur comportement mais aussi leur pouvoir invasif peut différer. Afin d'analyser l'importance du milieu dans le comportement d'espèces invasives, deux études comparatives ont été menées. Une concernant *Acacia melanoxylon* dans l'arboretum du Lairé en forêt domaniale (Var), et une autre pour *Hakea salicifolia* et *Hakea sericea* en forêt départementale de Théoule-sur-Mer (Alpes Maritimes).

L'arboretum du Lairé comprend essentiellement des espèces du genre *Eucalyptus* et de l'*Acacia melanoxylon*. Il est géré par l'ONF ; son entretien consiste à garder une zone pare-feu autour de l'arboretum et à nettoyer le sous-bois. Le dernier débroussaillage remonte à l'année 2006. Un dessouchage des jeunes plants d'*Acacia melanoxylon* a eut lieu en 1996.

L'arboretum d'essai de Théoule-sur-Mer a, quant à lui, été créé entre 1923 et 1925 par Georges Poirault. Selon Pierre Chouard, dans un article paru dans la revue horticole de 1936-1937, « c'est une expérience pratique d'acclimatation en pleine campagne ». Les plans et les inventaires n'ont pas été retrouvés mais il semble que l'*Hakea sericea* ait été introduit dans cet arboretum qui se trouvait à 1 km au Nord de la maison forestière du Gratadis. Quant à *Hakea salicifolia*, une parcelle a été retrouvée au-dessus de la pointe de l'Aiguille, mais l'origine de sa plantation est encore inconnue.

f) Analyse de la dynamique de croissance entre natives et non-natives

Depuis l'implantation de l'arboretum, la flore locale s'est développée en même temps que les espèces exotiques. En caractérisant et en inventoriant cette flore nous souhaitons obtenir quelques éléments sur la dynamique des espèces dans leur aire naturelle (en dehors du périmètre de l'arboretum) et au sein même de l'arboretum, afin de mettre en évidence des contraintes de concurrence, voire des modifications des assemblages végétaux.

III. Résultats

1. Les inventaires

a) L'échantillonnage des espèces introduites

La vérification systématique des placeaux de l'arboretum, avec l'aide de l'inventaire de 2008, a permis d'actualiser la liste des espèces végétales exotiques encore vivantes. Cet inventaire étant le plus complet, il servira « *d'inventaire de référence* » du Caneiret pour les travaux ultérieurs. Il contient toutes les espèces qui ont réussi à se maintenir depuis leur plantation en 1973-1974, mais aussi les espèces qui ont réussi à se régénérer ou à se recéper suite aux accidents climatiques de 85/86. Sur les 398 espèces que l'INRA avait plantées, 151 ont été recensées en 2008 et retrouvées en 2011 ; 49 ont été rajoutées par mes soins, ce qui porte à 200 le nombre de taxons présent au Caneiret.

b) Les relevés des espèces à régénération spontanée

Dix-huit espèces végétales exotiques pouvant se régénérer naturellement dans l'arboretum, ont été dénombrées. Elles se régénèrent, soit par reproduction sexuée (*Hakea salicifolia* par exemple), soit par reproduction végétative (par les racines) comme pour *Acacia implexa* ou encore des deux manières, comme c'est le cas pour *Acacia melanoxylon*. Le tableau n°1 présente les espèces indigènes et exotiques pour lesquelles nous avons retrouvé des plants issus de semis naturels.

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.

Les espèces du genre *Cupressus*, ainsi que celles du genre *Cotoneaster*, ont leurs plantules qui se ressemblent fortement. Leur identification formelle a été impossible d'où la nécessité d'avoir une collection de plantules de référence pour les prospections futures. Pour l'instant elles sont globalisées sous l'appellation *Cupressus sp.* et *Cotoneaster sp.*

En ce qui concerne les espèces du genre *Eucalyptus*, l'arboretum compte 46 espèces. Leur identification n'est pas aisée, aussi bien pour les plantules que pour les grands arbres qui se sont échappés il y a plusieurs années déjà ; la morphologie et le phénotype des espèces du genre sont très similaires. A l'aide de l'herbier de référence réalisé au début de mon stage, un travail devra être réalisé spécifiquement sur les *Eucalyptus* pour réussir à les reconnaître. Lors de la création de mon herbier, j'ai prélevé des échantillons représentatifs de feuilles juvéniles et de feuilles adultes quand celles-ci différaient chez une même espèce et parfois même des feuilles que j'ai nommé 'feuilles intermédiaires' (entre le stade juvénile et le stade adulte).

Tableau n°1 : Inventaire des espèces pour lesquelles des plants issus de semis naturels ont été retrouvés (Référence pour la nomenclature : ars-Grin¹³)

Statut de l'espèce	Espèce	Famille	Origine	Régénération naturelle			Abondance
				Jeunes plants	Drageons	Plantules	
Indigène	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz	Poaceae	Bassin méditerranéen	x			b
	<i>Arbutus unedo</i> L.	Ericaceae	Bassin méditerranéen	x			b
	<i>Cistus ladanifer</i> L.	Cistaceae	Bassin méditerranéen				c
	<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	Bassin méditerranéen			x	b
	<i>Quercus suber</i> L.	Fagaceae	Bassin méditerranéen	x		x	b
Exotique	<i>Acacia implexa</i> Benth.	Fabaceae	Australie		x		b
	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Fabaceae	Australie	x	x	x	c
	<i>Arbutus glandulosa</i> Mart. & Galeotti	Ericaceae	Mexique	x			a
	<i>Banksia integrifolia</i> L. f.	Proteaceae	Australie	x			a
	<i>Callistris tasmanica</i> R. Br. Ex Rich.	Cupressaceae	Australie	x			a
	<i>Cotoneaster</i> sp.	Rosaceae	Asie tempérée et tropicale	x			c
	<i>Cupressus</i> sp.	Cupressaceae	Hémisphère nord	x			a
	<i>Eucalyptus</i> sp.	Myrtaceae	Australie	x			b
	<i>Hakea dactyloides</i> (Gaertn.) Cav.	Proteaceae	Australie	x		x	c
	<i>Hakea salicifolia</i> (Vent.) B. L. Burt	Proteaceae	Australie	x		x	c
	<i>Hakea sericea</i> Schrad. & J. C. Wendl	Proteaceae	Australie	x		x	c
	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Rosaceae	Amérique du nord			x	a
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Fabaceae	Amérique du nord	x			b	

Légende : Approximation du nombre de plants issus de semis naturels trouvés : **a** : Inférieure à 5 individus ; **b** : Entre 5 et 50 individus ; **c** : Supérieure à 50 individus

On peut déjà constater que sur les 398 espèces introduites, seulement 18 se régénèrent. Par conséquent, la première conclusion que nous pouvons tirer de ces résultats est que, même si le risque d'introduction intentionnelle est réel avec cet arboretum, il semble rester tout de même limité.

L'annexe n°3 présente les 50 espèces ayant germées en conditions expérimentales ; 69 espèces formant des graines ont été répertoriées mais 77 lots de graines ont été envoyées à la Pépinière (une espèce aura plusieurs lots si la provenance des plants sur les placeaux est différente) et 9 lots ne contenaient pas de propagules (erreurs d'échantillonnages).

c) La flore indigène

Le tableau n°2 recense les espèces indigènes avec une dynamique forte (c'est-à-dire qui ont réussi à reprendre possession du milieu et que l'on rencontre abondamment au Caneiret ; la Bruyère par exemple). Ces espèces ont recolonisé le milieu et il semble qu'elles arrivent à concurrencer de

13 <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/index.pl>

nombreuses espèces exotiques, faisant disparaître, en refermant totalement le milieu, celles ayant besoin d'une forte lumière pour se développer.

En effet, nous avons observé qu'aux endroits où les espèces indigènes sont fréquentes et denses, nous n'avons pas retrouvé de jeunes plants d'*Hakea* spp. ou d'*Acacia* spp. par exemple. Nous supposons que la flore locale, si elle arrive à prendre de l'ampleur avant la croissance de certaines exotiques, ces dernières n'arrivent plus à se développer. Un suivi de la flore locale devrait être effectué afin d'affirmer nos hypothèses.

Tableau n°2 : Liste des espèces indigènes retrouvées fréquemment au Caneiret

Nom latin	Nom commun
<i>Arbutus unedo</i>	Arbousier
<i>Calluna vulgaris</i>	Bruyère commune
<i>Calycotome spinosa</i>	Calycotome épineux
<i>Cistus monspeliensis</i>	Ciste de Montpellier
<i>Cistus salvifolius</i>	Ciste à feuilles de sauge
<i>Erica arborea</i>	Bruyère arborescente
<i>Euphorbia characias</i>	Euphorbe characias
<i>Euphorbia spinosa</i>	Euphorbe épineuse
<i>Helichrysum stoechas</i>	Immortelle commune
<i>Inula viscosa</i>	Inule visqueuse
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Genévrier oxycèdre
<i>Lavandula stoechas</i>	Lavande à toupet
<i>Lonicera implexa</i>	Chèvre feuille
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Filaire à feuilles droites
<i>Phillyrea latifolia</i>	Filaire à feuilles larges
<i>Pinus maritima</i>	Pin maritime
<i>Pistacia lentiscus</i>	Pistachier lentisque
<i>Osyris alba</i>	Rouvet blanc
<i>Pteridium aquilinum</i>	Fougère aigle
<i>Quercus suber</i>	Chêne liège
<i>Rhamnus alaternus</i>	Nerprun alaterne

2. Représentation qualitative et quantitative des espèces se ressemant de manière dynamique

a) Méthode qualitative

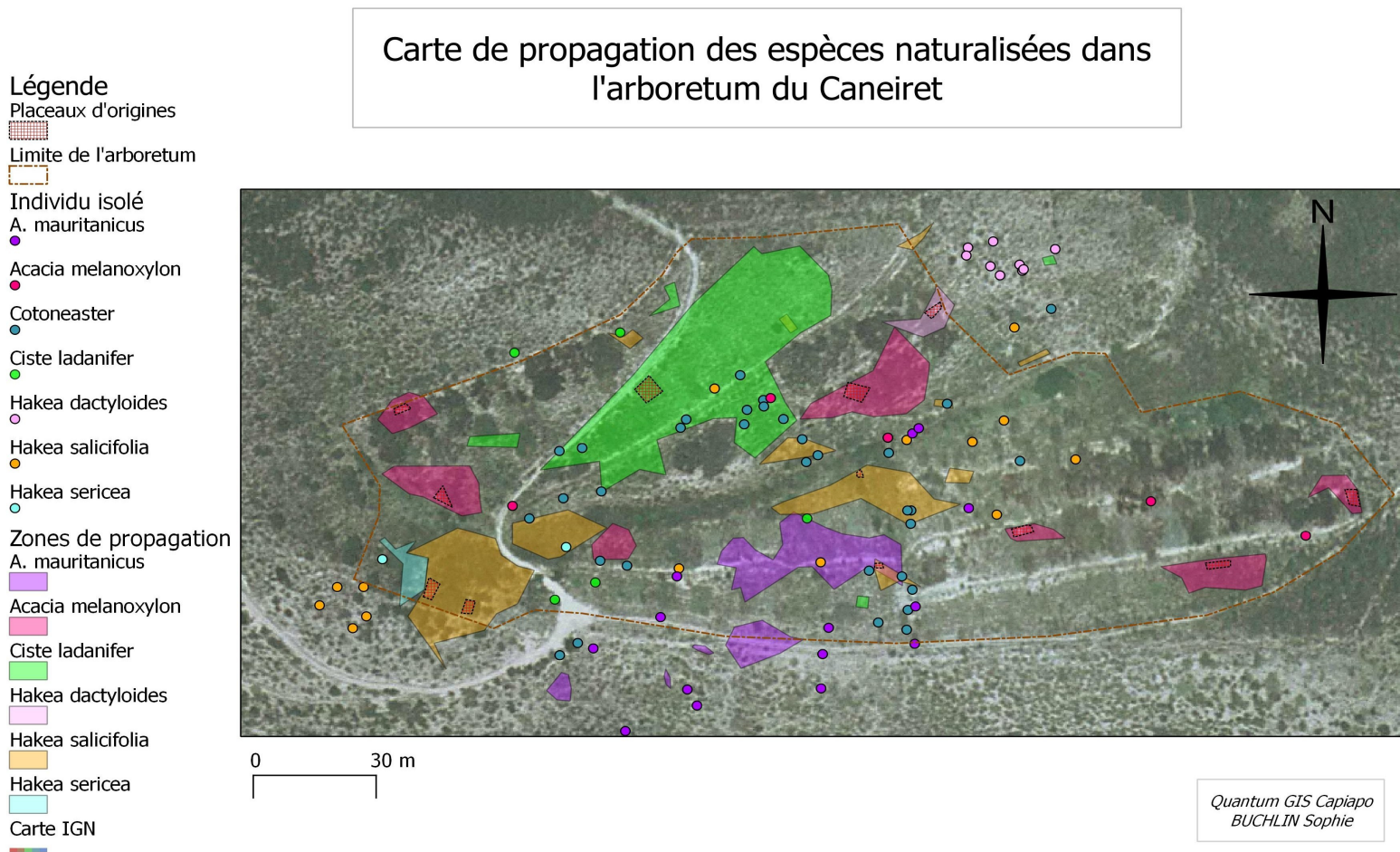
Des 18 espèces pour lesquelles des plantules et/ou jeunes plants et/ou drageons ont été répertoriées (cf *Tableau n°1*), nous avons choisi de représenter sept espèces ; la fréquence et la densité des plants issus de semis naturels dans l'arboretum sont bien visibles. La cartographie a été réalisée avec les espèces suivantes :

- *Acacia melanoxylon*
- *Ampelodesmos mauritanicus*
- *Cotoneaster* sp.
- *Cistus ladanifer*
- *Hakea dactyloides*
- *Hakea salicifolia*
- *Hakea sericea*

La carte ci-dessous illustre les zones d'extension des espèces naturalisées par rapport à leurs placeaux d'origine, avec un code couleur pour chacune. Le fond de carte IGN donne approximativement la zone prospectée autour de l'arboretum pour rechercher des semis. Le vallon a fait l'objet d'une prospection particulière (cf *Carte n°2*) pour vérifier s'il ne serait pas une voie de

propagation préférentielle (transport des graines par le cours d'eau ou conditions hydriques plus favorables). Aucune espèce exotique n'a été trouvée sur un parcours de 200 m mais il serait judicieux de continuer la prospection plus bas.

Carte n°3 : Schématisation des zones d'expansion des espèces naturalisées.



Le cas de l'*Ampelodesmos mauritanicus* va être traité à part ; cette espèce est une graminée à caractère patrimonial ; elle est protégée. Elle ne fait pas partie de la liste initiale du dispositif au même titre que les autres espèces, mais elle a bien été introduite lors de l'implantation de l'arboretum dans le cadre d'un autre dispositif dit 'Dispositif talus'. Ce dernier avait comme objectif de fixer la terre en tentant de limiter l'érosion et nous pouvons constater que l'espèce se propage plutôt bien. Il en va de même avec *Cistus ladanifer* dont la zone de propagation est très importante et qui ne semble pas être gêné par la concurrence.

Nous remarquons que *Cotoneaster sp.* ne s'étend pas par zone comme les six autres, mais se dissémine de manière aléatoire dans l'arboretum. De plus, son plateau d'origine n'est pas indiqué, car nous ne savons pas quelle espèce de *Cotoneaster* se naturalise (*C. pannosus* ou *C. franchetii*).

Le cas d'*Acacia melanoxylon* ne paraît pas très dangereux pour le moment. Certes on voit qu'il y a beaucoup d'*Acacia* sur la carte mais il y a 6 placeaux d'origine et les semis naturels restent relativement bien concentrés autour des 'plants parents' contrairement aux *Hakea salicifolia* dont les semis naturels se sont échappés de manière importante depuis la destruction des 3 placeaux en 1985.

On remarque que pour les deux autres *Hakea* (*H. sericea* et *H. dactyloides*), la dissémination reste plutôt timide à l'heure actuelle ; toutefois quatre *H. sericea* et trois *H. dactyloides* sont récemment tombés. On peut constater aussi que les plants issus de semis naturels d'*H. dactyloides* s'échappent

préférentiellement vers la zone pare-feu (milieu totalement ouvert) ; c'est aussi le cas des jeunes plants d'*H. sericea* et d'*H. salicifolia* se situant à l'ouest de l'arboretum.

Nous avons mesuré les distances de propagation pour chaque espèce sur Quantum GIS. Pour certaines zones représentées sans plateau d'origine, les semis naturels ont pu être disséminés par le vent, par les animaux ou par l'eau, j'ai donc pris ce qui me paraissait le plus probable suivant la topographie du terrain. J'ai ensuite refait la moyenne de toutes les zones (quand l'espèce avait plusieurs plateaux d'origine) pour obtenir la distance moyenne.

Le tableau n°3 ci-dessous, présente les distances moyennes de propagation pour chacune des six espèces (*Cotoneaster sp.* n'a pas de zones de propagation définies ni de parcelle d'origine connue).

Tableau n°3 : Distances moyennes de propagation (en mètre) pour les espèces se ressemant dynamiquement dans l'arboretum

	<i>Acacia melanoxydon</i>	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i>	<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Hakea dactyloides</i>	<i>Hakea salicifolia</i>	<i>Hakea sericea</i>
Zone 1	7	84	97	26	80	31
Zone 2	29	---	---	---	51	---
Zone 3	25	---	---	---	13	---
Zone 4	9	---	---	---	---	---
Zone 5	14	---	---	---	---	---
Zone 6	11	---	---	---	---	---
Distance moyenne	16	84	97	26	48	31

Les distances calculées sont cohérentes avec ce que l'on peut observer sur la carte n°3. On voit que c'est le Ciste ladanifer qui se propage le plus loin, ce qui est confirmé dans le tableau n°3

b) Méthode quantitative

i. Comptage dynamique

Le nombre total de fruit pour un individu de chaque espèce a été compté. Le tableau n°4 indique la population potentielle que nous devrions trouver en 2011.

Tableau n°4 : Nombre d'individu potentiel par rapport au stock de graines

	<i>H. dactyloides</i>	<i>H. salicifolia</i>	<i>H. sericea</i>	<i>H. sp.</i>
Nbre de graines / individu	50 000	2 000	52 000	200
Nbre d'individus au départ	20	48	30	5
Population potentielle	1 000 000	96 000	1 560 000	1 000

La première constatation de cette expérimentation est que les *Hakea spp.* ont une pression de dissémination intense par individu (exceptée pour *Hakea sp.* mais les individus trouvés sont des cépés et ne se ressement pas au Caneiret).

ii. Etude de biomasse

Tableau n°5 : Biomasse de quatre espèces d'Hakea (en kg) par compartiment et poids de 150 graines (en g).

	Troncs	Branches (diam. > 1 cm)	Branches (diam < 1 cm)	Feuilles	Fruits	Poids de 150 Graines (g)
<i>H. dactyloides</i>	128,4 (32,9%)	43,2 (11,1%)	62 (15,9%)	100,8 (25,8%)	56 (14,3%)	3
<i>H. salicifolia</i>	220,2 (55,2%)	72,7 (18,2%)	65,5 (16,4%)	37,4 (9,4%)	3,2 (0,8%)	2
<i>H. sericea</i>	208,2 (34,7%)	46,2 (7,7%)	42,8 (7,1%)	88,4 (14,7%)	215 (35,8%)	5
<i>H. sp.</i>	2,7 (16,8%)	7,3 (45,4%)	3,23 (20,1%)	2,4 (14,9%)	0,445 (2,8%)	---

Les biomasses me sont parvenues juste avant l'impression de ce rapport. Le tableau n°5 ne donne que des résultats partiels (présence possible d'eau dans les compartiments) qui devront être complétés et vérifiés avant d'être interprétés. On note cependant que, pour des individus de taille semblable, l'investissement dans les fruits chez *H. sericea* est nettement supérieur à *H. salicifolia* et de plus de la moitié par rapport à *H. dactyloides*

3. Observations au Lairé et à Théoule-sur-Mer

Au Lairé, nous nous sommes intéressés à l'*Acacia melanoxylon*. Malgré leur dessouchage en 1996, nous avons remarqué qu'ils sont extrêmement nombreux. La zone qui leur était attribuée lors de l'essai comporte les plus grands individus, plus une multitude de jeunes plants de tout âge. Les limites représentées par le pare-feu ont été dépassées et les semis naturels s'échappent dans les zones ouvertes. La stratégie d'envahissement est beaucoup plus efficace qu'au Caneiret.

A Théoule-sur-Mer, les individus de *H. sericea* (plantés dans les années 1920) et de *H. salicifolia* ne sont pas localisés au même endroit. Les individus d'*H. sericea* s'étendent, à vol d'oiseau, sur plus d'1,5 km alors que ceux d'*H. salicifolia*, restent à l'endroit de leur plantation supposée, excepté pour un individu. Les stratégies de colonisation des espèces ne semblent pas être les mêmes qu'au Caneiret.

Nous avons également pu constater que les *Hakea sericea* se situent surtout à flanc de colline près des chemins et en milieu ouvert. Nous n'en avons pas trouvé en fond de vallon, là où la végétation est plus dense. De nombreux *H. sericea* étaient à terre, soit abattus mais laissés sur place, soit déracinés, ce qui a provoqué et provoque encore (certains avaient leurs fruits encore fermés) une dissémination très importante !

IV. Discussion

L'objectif principal de mon étude était d'identifier les espèces exotiques capables de se naturaliser dans l'arboretum du Caneiret et de trouver des pistes pour avoir les moyens nécessaires à leur gestion future. Pour cela, nous avons séparé les espèces fertiles des non fertiles, déterminé les espèces se régénérant spontanément pour enfin recenser les espèces exotiques ayant les capacités de s'établir et de se maintenir dans le milieu.

Selon Pysek *et al.* (2004), 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 ou exotique de la région ?
- le **statut de résidence** : quelle est la position de l'espèce dans le processus d'invasion ; quand a-t-il été introduit ?
- 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 l'espèce 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 vraie). Selon Williamson (1996), l'introduction des espèces exotiques végétales sont soumises à la règle des 3 x 10 qui stipule que sur 100 espèces exotiques introduites, 10 se naturaliseront et une seule deviendra invasive.

Tout d'abord je vais 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. Je comparerai ensuite le site du Caneiret avec deux autres sites expérimentaux : à Théoule-sur-Mer pour les *Hakea* spp. et au Lairé pour *Acacia melanoxylon*. Nous verrons que selon le milieu dans lequel ces espèces se trouvent, leur statut peut changer.

1. Typologie des espèces au Caneiret

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 (Rejmanek & Richardson, 1996).

Grâce aux différentes études réalisées durant mon stage, aux observations de terrain et à la bibliographie, nous avons identifié plusieurs traits et caractéristiques utilisables pour faire des catégories des 18 espèces se ressemant naturellement au Caneiret.

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 ; supérieure à 50
- l'origine de l'espèce : soit indigène, soit exotique
- l'histoire d'invasion, si l'espèce en question en est pourvue
- la distance de propagation par rapport aux placettes d'origine, c'est-à-dire par rapport aux 'plants parents'
- le temps de résidence, depuis quelle année les plantes sont-elles établies dans l'arboretum ?

Cinq statuts ont été établis.

a) Les espèces indigènes

i. Au sens strict

Elles sont trois au total, regroupant *Arbutus unedo* (Arbousier), *Ficus carica* (Figuier commun) et *Quercus suber* (Chêne liège). Ces trois espèces se retrouvent un peu partout 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 en 1973, c'est pourquoi les plants issus de semis naturels que nous rencontrons dans l'arboretum peuvent tout aussi bien provenir des individus parents plantés au Caneiret que des individus indigènes du massif.

A noter que *Ficus carica* est une invasive importante en Australie et aux États-Unis, surtout en Californie. Cette information est transmise par le site 'California Invasive Plant Council' (Cal-IPC¹⁴) créée en 1999.

ii. Au sens large

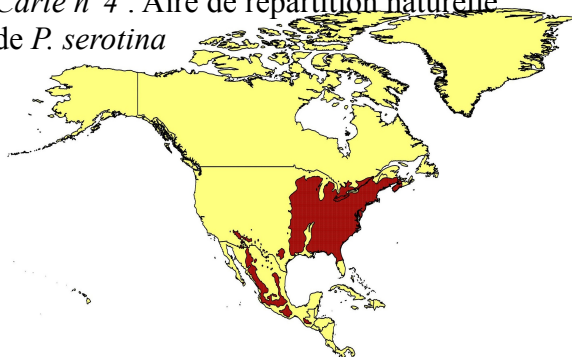
Selon plusieurs sources¹⁵, *Ampelodesmos mauritanicus* et *Cistus ladanifer* n'ont été répertoriés dans l'Estérel qu'en 2005 suite à une visite de l'arboretum d'élimination de Henri Michaud avec Catherine Ducatillion. Nous avons inventorié de nombreux plants issus de semis naturels des deux espèces comme nous le montre la carte n°3 et le tableau n°1.

Avec la définition des espèces invasives, elles pourraient presque être considérées comme telles dans ce milieu. Toutefois, même si elles n'étaient pas présentes dans le massif de l'Estérel avant la création de l'arboretum, nous ne pouvons les qualifier d'invasives car leur aire biogéographique naturelle est le bassin méditerranéen. Comme l'indique Pysek dans sa publication en 2006, si ces espèces augmentent leur aire de distribution et colonisent de nouveaux habitats dans la zone écologique où elles sont indigènes, on ne peut pas parler d'invasion même si ces changements dépendent des activités humaines. Elles devraient être appelées 'colonisatrices'¹⁶.

b) Les espèces fugaces

Nous donnons cette dénomination à *Prunus serotina* (Cerisier noir), originaire d'Amérique du Nord. Cette espèce est une invasive avérée dans presque tous les pays du nord de l'Europe et pousse principalement sur des sols acides, pauvres et sablonneux dans son aire d'introduction.

Carte n°4 : Aire de répartition naturelle de *P. serotina*



Nous avons constaté que les individus 'parents' se portent très bien dans l'arboretum, alors que leur descendance n'arrive pas à se maintenir. Nous avons trouvé des plantules de *Prunus serotina* sous les plants 'parents'. Des plantules ont également été observées lors de prospections précédentes (Ducatillion et Lamant, com. pers.) et, n'ayant pas trouvé de jeunes plants des années précédentes, nous supposons qu'ils arrivent à se reproduire chaque année mais que les plantules ne survivent pas durant l'été. En anglais, ces espèces sont nommées *casual*

plant (Pysek *et al*, 2004). Malheureusement, l'origine exacte des graines plantées au Caneiret n'est pas connue mais nous émettons l'hypothèse que cette espèce doit rencontrer un facteur limitant climatique dans le bassin méditerranéen durant l'été (manque d'eau et/ou la canicule). Il aurait été intéressant, étant donné l'amplitude de la répartition latitudinale de cette espèce dans son aire naturelle, de pouvoir mieux identifier ce facteur limitant.

c) Les espèces dites anecdotiques

Nous avons classé dans ce groupe toutes les espèces ayant produit une descendance mais à très faible densité par rapport au temps de résidence. Par exemple, pour *Banksia integrifolia* qui a été

14 Cal-IPC : <http://www.cal-ipc.org/>

15 Base de données SILENE ; Communication personnelle avec Isabelle Mandon et Henri Michaud (CBNMED)

16 Traduit de l'anglais *colonizers*

planté en 1974, une seule et unique plante issue de semi-naturel a été retrouvée et pourtant il est déclaré invasif dans les îles des Açores. Deux autres espèces sont classées dans cette catégorie, il s'agit de *Callitris tasmanica* et les espèces du genre *Cupressus* (Cyprès) pour lequel nous avons inventorié quelques très jeunes plants. Ce genre et cette espèce n'ont pas d'histoire d'invasion connue.

Le cas de *Robinia pseudoacacia* (Robinier faux-acacia) reste distinct des trois autres. Des plants issus de semis naturels ont été retrouvés près du ravin hors de leur plateau d'origine mais l'accessibilité à leur emplacement était tout simplement impossible. Je n'ai pas pu voir si des plantules étaient présentes. Cette espèce est signalée comme invasive en Europe du nord notamment et cause de gros problèmes environnementaux.

d) Les espèces naturalisées

Par définition, une espèce est naturalisée quand elle est à même de produire une descendance qui arrivent 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, semis naturels ou anthropiques. Au Caneiret, j'ai attribué ce statut à cinq espèces :

- *Acacia implexa*
- *Acacia melanoxylon*
- *Cotoneaster sp.*
- *Eucalyptus sp.*

Avec la carte n°3, nous pouvons observer que les semis naturels d'*Acacia melanoxylon* (Mimosa à bois noir) ne se disséminent jamais très loin des plants parents au Caneiret, il en est de même pour *Acacia implexa*. La moyenne des distances de propagation pour *A. melanoxylon* est de 19 m. Bien que les individus produisent un grand nombre de plantules (tapis plantulaire sous les semenciers – photo sur la dernière page du Sommaire), ces dernières ne survivent pas et on a observé qu'il y avait concurrence par la flore locale ; les jeunes plants sont très fins avec un port bien dressé. Par conséquent, au Caneiret, cette espèce ne peut être qualifiée d'invasive alors qu'elle est considérée comme telle ailleurs dans le monde.

En ce qui concerne les deux autres genres (*Cotoneaster sp.* et *Eucalyptus sp.*), mes observations m'ont permis de constater que les semis naturels sont éparpillés un peu partout dans l'arboretum ; on ne remarque pas de zones bien définies comme pour les espèces représentées sur la carte n°3. Ces deux espèces produisent des jeunes plantes issues de semis naturels ainsi que des plantules plus fréquemment par rapport aux espèces classées comme anecdotiques. Ces espèces sont également signalées comme invasives dans le reste du monde et ailleurs en France.

e) Les espèces invasives

Dans ce groupe se trouvent trois des quatre espèces d'*Hakea* présents dans l'arboretum, la quatrième espèce, *Hakea sp.*, ne produit pas de semis naturels. Les espèces en question sont :

- *Hakea dactyloides*
- *Hakea salicifolia*
- *Hakea sericea*

De nombreux jeunes plants issus de semis naturels ainsi que des plantules ont été retrouvées dans l'arboretum pour les trois espèces. Pour les grands individus inventoriés (plus de 2 mètres de hauteur), ils sont de l'ordre d'une centaine pour *H. salicifolia*, d'une vingtaine pour *H. sericea* et d'une quinzaine pour *H. dactyloides*. A noter que *H. dactyloides* a survécu au gel de 1985

contrairement aux deux autres, et qu'il n'a pas bénéficié de cet accident pour assurer sa dissémination. Il commence à se disséminer maintenant suite à la mort par accident ou sénescence.

Richardson, en 2000, a ajouté à la définition d'une espèce invasive, une échelle approximative des distances de propagation. Selon lui, une espèce invasive se reproduisant pas graines ou autres propagules, introduite depuis plus de 50 ans, peut être envisagée comme telle si on retrouve ses descendants à plus de 100 mètres des plants parents. Dans notre cas, les *Hakeas* présents ont tous 38 ans.

Toutefois, la définition de Richardson ne peut pas réellement s'appliquer pour ce genre végétal ; les graines d'*Hakea* se propagent uniquement à la mort de l'individu et pas chaque année comme c'est le cas pour *Acacia melanoxylon*. Les graines d'*Hakea* sont pourvues d'ailettes et nous pouvons constater grâce à la carte n°3 que la dissémination par le vent est très efficace pour coloniser des distances relativement grandes. Ces graines, d'ordinaire, restent dans un rayon de 10 mètres autour des semenciers mais peuvent être soufflées par le vent sur des très considérables distances (Richardson, 1987).

Pour *H. salicifolia* la moyenne des distances de propagation est de 48 m. Ce qui signifie que lors de la destruction des 3 placeaux de *H. salicifolia* en 1985 (c'est-à-dire de 48 individus), les graines ont parcouru 48 m en moyenne, avec un maximum de 229 m pour quelques individus ! La moyenne des distances de propagation est moins importante pour les deux autres espèces, de 31m pour *H. sericea* avec un maximum de 53 m et de 26 m pour *H. dactyloides* avec un maximum de 51 m comme nous le montre le tableau n°3.

2. Application de la règle de Williamson

Nous avons environ 400 espèces introduites au départ dans cet arboretum, donc 400 introduites. Selon la règle de 3 x 10, Williamson dit que sur 1000 espèces introduites, 10 % seront des espèces fugaces et que, sur ces 100 espèces fugaces, 10 se naturaliseront et une seule deviendra invasive.

Par conséquent, nous devrions avoir 40 espèces fugaces sur les 400 espèces introduites au départ, 4 naturalisées et 0,4 espèce devrait être invasive. Dans notre cas, nous avons 8 espèces naturalisées dont 3 invasives. La règle est globalement suivie dans l'arboretum, sachant que le choix des espèces avait favorisé celles ayant des capacités potentielles à s'implanter dans des milieux ouverts et difficiles. Un grand nombre d'espèces a été planté mais une très faible proportion commence à impacter le milieu

3. Etudes comparatives

Plusieurs arboretums ont été créés dans les années 1970, parfois même avant cette date, dans la région du Var au même titre que le Caneiret. Beaucoup ne reçoivent pas l'attention requise comme il serait nécessaire, sachant que de nombreuses espèces exotiques y sont plantées. Pendant mon travail de stage, j'ai visité d'autres arboretums, certains n'ayant aucune espèce problématique comme c'est le cas à Ceyreste. Toutefois, à deux endroits différents, des espèces statuées naturalisées ou invasives au Caneiret (et invasives/transformatrices ailleurs) ont été retrouvées. Il s'agit de *Acacia melanoxylon* au Lairé et de *Hakea sericea* et *Hakea salicifolia* à Théoule-sur-Mer.

a) Le Lairé

Le comportement d'*Acacia melanoxylon* au Lairé diffère du Caneiret. Au Caneiret, les semis naturels sont principalement autour des grands semenciers à quelques exceptions près, ce qui n'est pas le cas dans cet arboretum. L'espèce se comporte comme une espèce invasive dans ce dernier

site.

Le dessouchage de 1996 ainsi que les débroussaillages du sous-bois tous les trois ans laisse le milieu totalement ouvert, ce qui favorise le développement des semis naturels, de même que la topographie du terrain ; le site est en pente mais les individus sont implantés sur le pan de la colline jusqu'en haut, sur la crête. Par conséquent s'aidant de la pente pour coloniser le bas et des vents pour coloniser l'autre côté du versant, leur emplacement est parfait pour une bonne réussite dans le milieu.

L'espèce rencontre également une concurrence plus importante de la flore locale au Caneiret. En effet, nous avons pu observer que la bruyère se développe de manière très dynamique. Elle est souvent retrouvée entre et autour des individus d'*Acacia melanoxylon*, gênant le développement des semis naturels et des drageons en refermant rapidement le milieu contrairement au Lairé où il n'y a quasiment pas de concurrence herbacée locale en raison de la gestion employée ; l'espèce a tout le loisir de se développer.

b) La forêt départementale de Théoule-sur-Mer

Les *Hakea sericea* observés sur ce site d'étude se montrent beaucoup plus invasifs qu'au Caneiret. Ils sont retrouvés le plus souvent au bord des chemins ou dans des endroits avec une végétation basse. Ils semblent que cette espèce préfère les endroits de plein soleil même si, selon le volume 5 de l'*Encyclopaedia of Australian Plants*, cette espèce, ainsi que *H. salicifolia*, pousse aussi bien à l'ombre qu'en plein soleil. Nous avons également pu remarquer que de nombreux arbres étaient à terre, soit ils sont tombés sous l'effet de leur poids car leur système racinaire était affaiblis (présence d'un champignon par exemple) comme on a pu le voir au Caneiret, soit qu'ils aient été abattus parce qu'ils gênaient le passage, les laissant se disséminer.

Quant aux *Hakea salicifolia*, ils sont bien concentrés à l'endroit où il semble qu'ils ont été plantés. Leur propagation est tout de même réelle même si, pour le moment, elle s'étend sur une cinquantaine de mètre ; ne connaissant pas la date d'implantation du plateau, nous ne savons pas si le temps de résidence diffère des plantations d'*H. sericea* (1920 environ).

Les observations de terrain à Théoule-sur-Mer et au Caneiret ont montré que les deux espèces d'*Hakea* ont des comportements bien distincts suivant le milieu dans lequel elles sont implantées et très certainement aussi suivant le temps de résidence. Le pouvoir invasif exprimé comparé des 2 espèces est inversé ; ce sont les *H. sericea* les plus invasifs à Théoule-sur-Mer et les *H. salicifolia* au Caneiret. Des publications abondent dans ce sens (Richardson, 1987 ; Esler, 2010). Richardson compare les aspects reproductifs de quatre espèces d'*Hakea* (*H. sericea*, *H. gibbosa*, *H. suaveolens* et *H. salicifolia*). Il démontre que *H. sericea* a les meilleures capacités d'invasions et que *H. salicifolia* est simplement une espèce naturalisée en Afrique du sud (99 % des graines sont viables pour *H. sericea* tout âge confondu contre 0 % pour les anciennes de *H. salicifolia*). Plus de 530 000 ha de fynbos était envahi en 1979 par *H. sericea*.

Pour pouvoir affiner notre analyse, il faudrait pouvoir comparer les pressions de propagules, c'est-à-dire le nombre d'individus plantés au départ, entre les différentes espèces et entre les arboretums eux-mêmes. La pression de propagules est un critère devenu indispensable dans le processus d'invasion (Colautti & MacIsaac, 2004) ; c'est un point essentiel dans le succès du pré-établissement dans une région donnée : plus la pression de propagules est forte, plus les chances sont grandes de surmonter les barrières liées à l'environnement et, par conséquent, à une espèce de devenir invasive (Rouget & Richardson, 2003).

Cette caractéristique peut être observée au Caneiret : la pression de propagules est plus grande pour *Hakea salicifolia* avec 48 individus plantés dans 3 placeaux différents contre 30 pour *Hakea sericea* dans un seul placeau. Ceci peut expliquer en partie pourquoi on trouve plus de *H. salicifolia* que de *H. sericea*. Ce n'est pas le seul point important dans la réussite de l'établissement, d'autres critères tels que les conditions climatiques ou la concurrence jouent un grand rôle comme nous avons pu le constater avec la comparaison des peuplements d'*Acacia melanoxylon*.

Toutefois, si on prend en compte le tableau n°4, on peut remarquer que le stock de graines d'*H. sericea* est 26 fois supérieur à celui d'*H. salicifolia* ; on devrait trouver bien plus de plants issus de semis naturels d'*H. sericea* que de *H. salicifolia* au Caneiret depuis le gel de 1985. On remarque une population potentielle énorme comparée à la population réelle (100 individus pour *H. salicifolia* et 20 pour *H. sericea*), le pourcentage de germination est donc très faible. On peut supposer que ces espèces produisent énormément de graines mais que ce stock est nécessaire pour se régénérer tout en espérant agrandir un peu la population qui vient de mourir.

Depuis le développement de la problématique des invasions d'espèces, nombreux sont les chercheurs à avoir travaillé dans ce domaine et, depuis quelques années commence à apparaître des articles traitant de la prédiction des espèces à devenir invasives spécialement à l'aide des traits d'histoire de vie, des traits morphologiques et/ou des traits reproducteurs (Reichard, 1996 ; Reichard & Hamilton, 1997 ; Pysek & Richardson, 2007). Rejmanek, en 1996, affirme que les traits que l'on découvre chez les espèces invasives ne pourront jamais s'appliquer pour toutes les espèces végétales. Néanmoins il existe beaucoup de documents d'analyse des risques basés sur ces caractéristiques de traits afin d'évaluer le danger qu'une espèce devienne potentiellement invasive.

V. Analyses des risques et impacts des espèces exotiques

Les espèces invasives peuvent avoir des impacts environnementaux, économiques et sociétaux (Fried, 2009) dans la région ou territoire où elles ont été introduites. Par exemple, la situation à Théoule-sur-Mer est déjà très délicate, les *Hakea sericea* ont déjà impactés très fortement l'environnement avec une forte progression et, par conséquent, une campagne d'éradication devrait être menée pour les bloquer. En ce qui concerne les impacts économiques au Caneiret, ils n'existent pas encore ; ce sont justement les premiers résultats découverts lors de mon étude qui va orienter la suite des événements et permettre de décider si des fonds doivent être investis dans la lutte.

Avec les huit espèces recensées comme naturalisées (dont 3 comme invasives), on pourrait se poser la question d'éliminer les espèces 'trop bien' naturalisées si l'on sait quelles ont déjà une histoire d'invasion ailleurs dans le monde. Pourquoi devrait-on attendre qu'elles soient signalées invasives et donc qu'elles se soient reproduites de manière dynamique pour pouvoir les éradiquer ?

En raison justement 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. L'objectif de ces modèles et de ces évaluations est de réussir à décider quelles espèces devraient être répertoriées sur les listes nationales des espèces dites 'nuisibles'. Malheureusement, la quantité de données disponibles sur la démographie et l'écologie des espèces (comme la masse des graines, la durée de la période juvénile, le taux de croissance relative, etc.) reste limitée, ce qui empêche sérieusement l'identification de caractères communs chez ces espèces végétales invasives.

Rejmanek et Richardson en 1996, ont évalué le pouvoir invasif potentiel chez 24 espèces de pins en fonction de leur traits d'histoire de vie (masse de graines, période juvénile et intervalle de fructification) en comparant des pins invasifs et non-invasifs ; Reichard et Hamilton en 1997 ont créé un arbre de décision permettant de manière simple de classer l'espèce végétale en question

dans trois groupes différentes (risque élevé, risque bas, exige plus d'informations). Weber, en 2004, a proposé un système de cotation pour l'Europe centrale, donnant un score aux espèces végétales testées selon l'aspect biogéographique, écologique et l'expérience. Les espèces sont ensuite classées dans trois groupes (risque élevé, risque intermédiaire et risque bas). Ils ont testés des échantillons d'espèces qu'ils savaient déjà invasives et non-invasives ; ils ont finalement démontré que l'outil a une précision de 76,6 % à reconnaître les espèces invasives et une précision de 61,9 % de reconnaître les espèces non-invasives.

Même si la précision pour reconnaître les espèces indigènes n'est pas parfaite, cet outil est maintenant utilisé par de nombreux expert comme le CBNMED. Le Conservatoire a noté l'*Hakea sericea* et a obtenu un score de 34 (cf Annexe n°6) le classant dans le groupe des espèces à risque élevé (3 à 20 : faible risque ; 21 à 27 : risque intermédiaire ; 28 à 39 : risque élevé) c'est-à-dire que, si l'espèce se naturalise, elle a de grandes chances de devenir une menace sur l'environnement (Isabelle Mandon, 2010). En Australie, une évaluation similaire a été développée par Phelloung en 1995 (Fried, 2009). Cet examen porte sur la biogéographie, l'histoire d'invasion ou de naturalisation en-dehors de son aire d'indigénat, sa biologie et son écologie.

Il devient important de disposer d'outils simples afin de reconnaître les espèces végétales potentiellement invasives avant leur introduction sur le territoire. En effet, pour l'introduction souhaitée de certaines espèces végétales (notamment à des buts économiques) comme l'ornement, la recherche ou encore la sylviculture, un analyse de risque devient pratiquement indispensable. Pratiquement tous les systèmes d'analyse de risques comportent des questions sur les traits des espèces, il devient donc essentiel d'améliorer nos connaissances sur les caractéristiques intrinsèques des espèces.

Malgré tout, ces systèmes d'évaluation ne sont pas fiables à 100 % et, par conséquent, certaines espèces potentiellement invasives peuvent passer à travers comme d'autres espèces anodines peuvent être bloquées.

Perspectives et conclusion

Cette étude nous a permis de mettre en évidence que les arboretums comportent des risques de détenir des espèces invasives pouvant causer des tords à l'environnement en remplaçant les espèces indigènes.

Néanmoins, nous avons pu constater que, bien que le danger des invasives soit réel, ce risque reste relativement faible par rapport au nombre d'espèces exotiques plantées au départ ; 3 espèces invasives recensées contre 398 taxons implantées à la création du Caneiret. Ce chiffre suit bien la règle des 3 x 10 de Williamson. Mais ce n'est pas pour autant qu'il faut minimiser le problème ; la situation à Théoule-sur-Mer avec les *Hakea sericea* et celle au Lairé avec les *Acacia melanoxylon* prouvent parfaitement que, même si un nombre infime d'espèces deviennent invasives et si le problème n'est pas contrôlé ou détecté à temps, ces espèces arrivent à impacter très fortement l'environnement. Leur croissance rapide, la forte dissémination, la tolérance à de nombreux types de sols et à nombreuses conditions climatiques, etc., leur procurent des armes pour leur succès dans l'établissement et le maintien dans leur aire d'introduction.

De nombreux arboretums d'élimination ont été plantés en région méridionale française, ce qui signifie que de nombreuses espèces exogènes ont été introduites dans le territoire. Il devient indispensable de suivre les arboretums d'élimination et d'y étudier la recolonisation par les espèces exotiques car nous sommes en amont d'un processus dont on connaît généralement les données initiales. Le protocole mis en place lors de mon étude est facilement reproductible, il pourra peut-

être applicable aux autres arboretums.

Peu de moyens de lutte (non chimiques) existent contre les espèces invasives. La lutte biologique a commencé à voir le jour notamment avec l'introduction de charançon en Afrique du Sud pour combattre les *Hakea sericea* mais la gestion la plus efficace de nos jours reste la prévention ; dans notre cas, utiliser des outils d'analyses ou d'évaluations de risques en notant les espèces exotiques. Même si cet outil n'est pas fiable à 100 %, il n'en reste pas moins essentiel pour bloquer les espèces avant que la situation n'empire.

Trois perspectives s'ouvrent à nous suite à cette étude :

- une perspective immédiate qui consiste à terminer le travail en cours.
 - L'étude de biomasse doit être approfondie, voire s'il est possible sur les hakea spp. afin de comparer nos résultats à des résultats déjà existants sur des Hakea d'origine australienne.
 - Les eucalyptus se ressemant doivent être identifiés ; pour cela l'herbier du genre Eucalyptus doit être étudié. De plus, il est très important de déterminer les espèces en cours de naturalisation car certains Eucalyptus, aux Etats-Unis sont considérés comme invasifs !
- une perspective temporelle pour le suivi des arboretums d'élimination.
 - En effet, les arboretums étant nombreux, et, par conséquent les espèces exogènes également, il faut les reprendre en main le plus rapidement possible. Il faut également prendre des décisions concernant les espèces naturalisées/invasives : faut-il les détruire ? Par quels moyens ? Doit-on garder des laboratoires vivants pour les suivre ? Comment éviter la dissémination ? Savoir quelles précautions il faut prendre pour ces arboretums.
 - Créer des outils de référence et de suivi pour chaque arboretum comme au Caneiret pour avoir un aperçu de l'évolution des espèces : herbiers et cartes de référence.
- une perspective scientifique pour tenter d'évaluer la progression des espèces invasives et le changement éventuel de statut des exotiques dans le cas des changements climatiques. Trouver des espèces comme marqueurs écologiques telles que *Prunus serotina* ou *Cistus ladanifer* ou encore *Ampelodesmos mauritanicus* qui se trouvent, au Caneiret dans leur limite de zones climatiques (limite nord pour le Ciste et la graminée, limite sud pour le prunier). Il faudra les suivre et voir si leur comportement évolue au cours du temps.

BIBLIOGRAPHIE

Allemand P., 1989. Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne – Bilan des arboretums forestiers d'élimination. *Editeur : INRA*, 1989. 146 p. **ISBN : 2-7380-0177-7**

Bresch C., 2008. Végétaux ligneux allochtones : adaptation d'un outil d'évaluation du risque d'invasion en région méditerranéenne française. *Mémoire d'ingénieur*. Dir. Navas ML. SupAgro Montpellier. 93 p. + annexes

CBNMED, 2009 - SILENE : Système d'Information et de Localisation des Espèces Natives et Envahissantes [en ligne]. Disponible sur: <http://silene.cbnmed.fr> (consulté en avril)

Colautti R. & MacIsaac H., 2004. A neutral terminologie to define 'invasive' species. *Diversity Distrib.* **10**: 135-141

DAISIE European Invasive Alien Specie Gateway (<http://www.europe-aliens.org/>)

Dattée Y., & al., 2008. Amélioration génétique et création de diversité en horticulture. *X^{ème} colloque scientifique de la SNHF*.

Elliot WR., & Jones DL. Encyclopaedia of Australian Plants : Suitable for Cultivation. Vol.5. *Edition : Lothian*, 1990. 512 p. **ISBN: 0-850-913-292**

Esler KJ., & al., 2010. A landscape-scale assessment of the long-term integrated control of an invasive shrub in South Africa. *Biol Invasions.* **12**: 211-218

Fried G., Mandon-Dalger I., & Ehret P., 2009. L'analyse de risque comme outil dans une stratégie de lutte contre les plantes invasives (émérgentes) en France. *XIII^{ème} colloque international sur la biologie des mauvaises herbes*.

Heywood V. & Brunel S., 2009. Code de conduite sur l'horticulture et les plantes exotiques envahissantes. Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe, Comité permanent. 38 p.

Kolar C. & Lodge D., 2001. Progress in invasion biology : predicting invaders. *Trends in Ecol. Evol.* **16**: 199-204

Meerts P. & al., 2006. Les plantes exotiques envahissantes et leurs impacts. In : *Biodiversité. Etats, enjeux et perspectives*. Chaire Tractebel-Environnement 2004. Ed. De Boeck, Bruxelles, pp 109-120

Monty A. & Mahy G., 2009 – Evolution des traits d'histoire de vie lors des invasions végétales. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* **13**: 449-458.

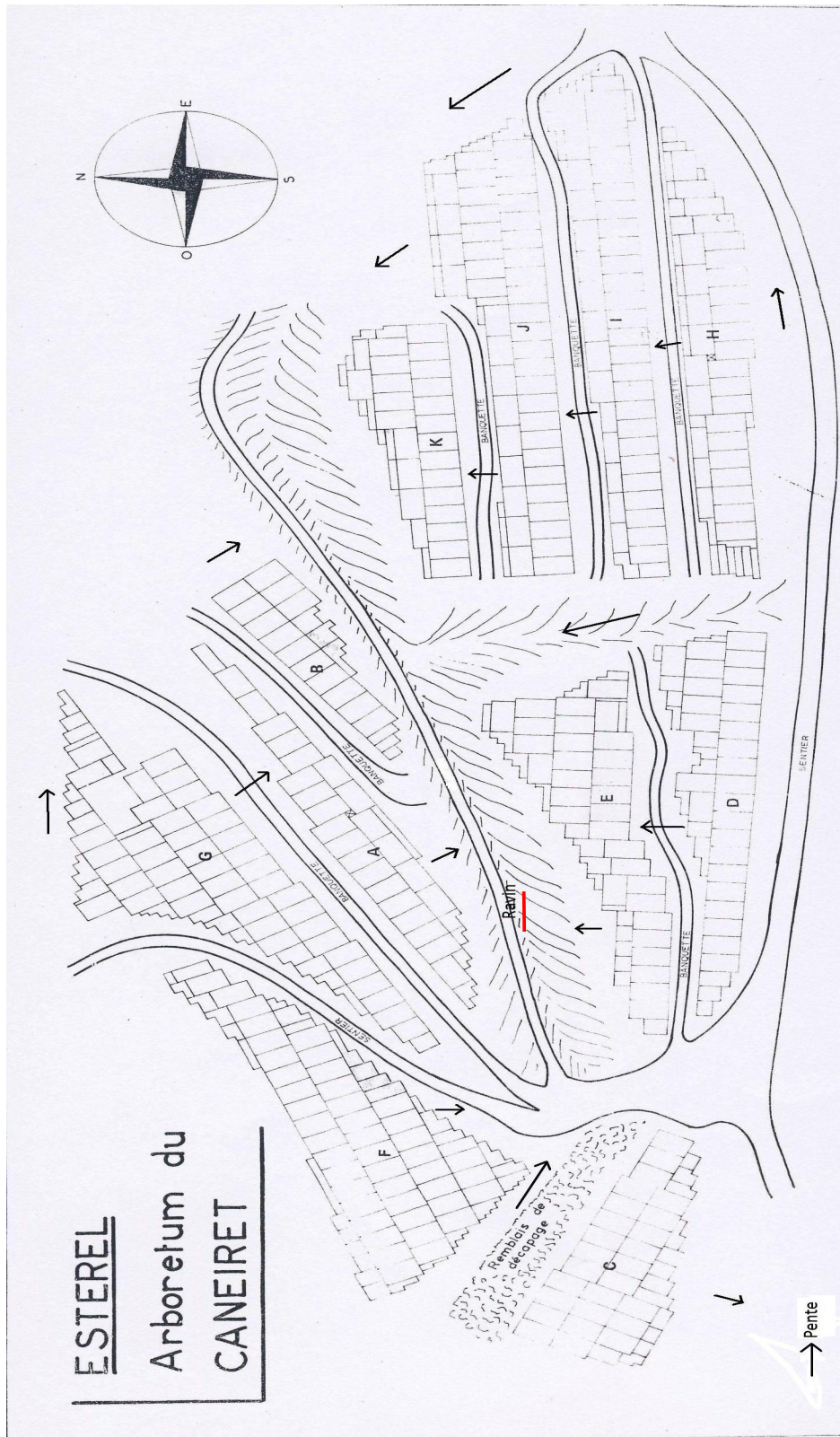
Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2010. *Inventaire national du Patrimoine naturel*, site Web : <http://inpn.mnhn.fr>

Pysek P. & al., 2004. Alien plants in checklists and floras : towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon.* **53**: 131-143

- Pysek P. & Richardson DM., 2006. The biogeography of naturalization in alien plants. *J. Biogeogr.* **33**: 2040-2050
- Pysek P., Richardson DM., 2007- Traits Associated with Invasiveness in Alien Plants: Where Do we Stand? *Ecological Studies*, 193, 97-125.
- Pysek P. & al., 2008. Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends Ecol. Evol.* **23**: 237-244
- Reichard SH., 1996. What traits distinguish invasive plants from non-invasive plants ? California Exotic Pest Plant Council. Symposium Proceeding. 10 p.
- Reichard SH. & Hamilton WH., 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. *Conservation Biology*. **11**: 193-203
- Rejmanek M. & Richardson D M., 1996. What attributes make some plant species more invasive ? *Ecology*. **77**: 1955-1661
- Richardson DM, Van Wilgen BW & Mitchell DT, 1987. Aspects of the reproductive ecology of four australian *Hakea* species (Proteaceae) in South Africa. *Oecologia*. **71**: 345-354
- Richardson DM. & al., 2000. Naturalization and invasion of alien plants : concepts and definitions. *Diversity Distrib.* **6**: 93-107
- Richardson DM. & Pysek P, 2008. Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. *Diversity Distrib.* **14**: 161-168.
- Rouget M. & Richardson DM., 2003. Inferring Process from Pattern in Plant Invasions : A Semimechanistic Model Incorporating Propagule Pressur and Environmental Factors. *The American Naturalist*. **162**: 713-724
- Vanderhoeven S., Branquart J-C. & Mahy G., 2007. Les invasions biologiques. *Forêt Wallonne*. **89**: 24-43
- Weber E., Gut D., 2004. Assessing the risk of potentially invasive plant species in central Europe. *Journal for Nature Conservation*. **3**: 171-179.
- Williamson MH, & Fitter A., 1996. The characters of successful invaders. *Biol. Conserv.* **78**: 163-170

ANNEXES

Annexe n°1 : Plan de l'arboretum d'élimination du Caneiret



Annexe n°2 : Photographies de quelques espèces exotiques

Ampelodesmos mauritanicus :



Acacia melanoxylon :



Gousses



Graines

Cistus ladanifer :



Fleurs



Fruits ouverts

Hakea dactyloides :



Fruits



Hakea salicifolia :



Fruits

Hakea sericea :



Fruits

Hakea sp. :



Annexe 3 : Liste des espèces fertiles		
Espèce	Provenance	Nombre de levées
<i>Acacia melanoxylon</i>	VT	2
<i>Acacia melanoxylon</i>	Canberra	2
<i>Acacia melanoxylon</i>	Hobart	1
<i>Acacia melanoxylon</i>	Sydney	26
<i>Cistus ladanifer</i>		2
<i>Cotoneaster pannosus</i>		1
<i>Cupressus abramsiana</i>		31
<i>Cupressus arizonica</i>		4
<i>Cupressus atlantica</i>		5
<i>Cupressus glabra</i>		54
<i>Cupressus goveniana</i>	CNRF	31
<i>Cupressus goveniana</i>	CNRF	10
<i>Cupressus goveniana</i>	CNRF R.	80
<i>Cupressus guadalupensis</i>		51
<i>Cupressus macnabiana</i>		3
<i>Cupressus sargentii</i>		2
<i>Cupressus sempervirens</i>		421
<i>Eucalyptus aggregata</i>		11
<i>Eucalyptus amygdalina</i>		7
<i>Eucalyptus cephalocarpa</i>		64
<i>Eucalyptus cinerea</i>		50
<i>Eucalyptus coccifera</i>		5
<i>Eucalyptus cordata</i>		4
<i>Eucalyptus dalrympleana</i>		30
<i>Eucalyptus glaucescens</i>		3
<i>Eucalyptus glaucescens</i>		4
<i>Eucalyptus laevopinea</i>		10
<i>Eucalyptus linearis</i>	Canberra	25
<i>Eucalyptus neglecta</i>		209
<i>Eucalyptus nicholii</i>		32
<i>Eucalyptus ovata</i>		171
<i>Eucalyptus parvifolia</i>	Canberra	25
<i>Eucalyptus parvifolia</i>	Australie	31
<i>Eucalyptus pauciflora</i>		15
<i>Eucalyptus pauciflora "Nana"</i>		4
<i>Eucalyptus perriniana</i>		1
<i>Eucalyptus risdonii</i>		1
<i>Eucalyptus rodwayi</i>		8
<i>Eucalyptus rubida</i>		13
<i>Eucalyptus sieberi</i>		8
<i>Eucalyptus stellulata</i>		5
<i>Eucalyptus urnigera</i>		28
<i>Eucalyptus x irbyi</i>		28
<i>Hakea salicifolia</i>	Protugal	40
<i>Hakea salicifolia</i>	Sydney	0
<i>Hakea sericea</i>		2
<i>Hakea sp</i>		14
<i>Pinus halepensis</i>		2
<i>Pinus muricata</i>		54
<i>Pinus nigra ssp. Nigra</i>		1

Annexe n°4 : Exemple d'évaluation ; Cas de l'Hakea sericea

Hakea sericea

Test de Weber		hakea sericea		
Questions	Réponses	Points	espèce	
1. Correspondance climatique :				
Est-ce que la répartition géographique de cette espèce (naturelle ou zones d'introduction) inclut des zones à climat méditerranéen ?	non	0		
	oui	2	2	2
2. Statut de l'espèce en Europe :				
Est-ce que l'espèce est native d'Europe ?	oui	0		
	non	2	2	2
3. Distribution géographique en Europe :				
Dans combien de pays cette espèce est-elle présente ?	0 ou 1	1		1
	2 à 5	2		
	plus de 5	3	3	
4. Etendue de sa répartition au niveau mondial				
Quelle est son étendue au niveau mondial (native et introduite) ?	La répartition est limitée, les espèces sont restreintes à une petite zone sur un continent	0		
	La répartition est étendue à plus de 15° de latitude ou de longitude sur un continent ou couvre plus d'un continent	3	3	3
5. Mauvaise herbe agricole ailleurs :				
Est-ce que l'espèce est mentionnée comme une "weed" venant d'ailleurs ?	non	0		
	oui	3	3	3
6. Taxonomie :				
Est-ce que l'espèce appartient à un genre/famille dont l'espèce est envahissante ?	non	0		
	oui	3	3	3
7. Viabilité des graines et reproduction :				
Combien de graines l'espèce produit-elle approximativement ?	peu de graines ou des graines stériles	1	1	
	beaucoup de graines	3		3
	ne sait pas	2		
8. Croissance végétative :				
Choisir une seule réponse. Si plus d'une réponse correspond, prendre celle qui a le plus de points	L'espèce n'a pas de croissance végétative	0		
	Si c'est un arbre ou un arbuste, l'espèce est capable de drageonner ou de marcotter	2		
	L'espèce est bulbeuse ou un tubercule	1		
	L'espèce développe des rhizomes ou des stolons	4		
	L'espèce se fragmente facilement, et les fragments peuvent être dispersés et produire de nouvelles plantes	4		
	Autre ou ne sait pas	2	2	2
9. Mode de dispersion :				
Choisir une seule réponse. Si plus d'une réponse correspond, prendre celle qui a le plus de points	Fruits charnus d'un diamètre inférieur à 5 cm	2		
	Fruits charnus dépassant 10 cm de longueur ou de diamètre	0		
	Fruits secs et les graines ont développé des structures pour une dispersion par le vent sur de longues distances (aigrettes, poils ou ailes)	4	4	4
	Fruits secs et les graines ont développé des structures pour une dispersion par les animaux sur de longues distances (épines, crochets)	4		
	L'espèce assure sa propre dispersion des graines	1		
	Autre ou ne sait pas	2		
10. Type biologique				
Quel est le type biologique de l'espèce ?	Petite annuelle (< 80 cm)	0		
	Grande annuelle (> 80 cm)	2		
	Ligneuse	4	4	4
	Petite herbacée vivace (< 80 cm)	2		
	Grande herbacée vivace (> 80 cm)	4		
	Aquatique flottante	4		
	Autre	2		
11. Habitats de l'espèce :				
Choisir une seule réponse. Si plus d'une réponse correspond, prendre celle qui a le plus de points	Bords de rivières ou ruisseaux	3		
	Tourbière ou marécage	3		
	Prairies humides	3		
	Prairies sèches	3		3
	Forêts	3	3	
	Lacs, rives et rivières	3		
	Autre	0		
12. Densité de population :				
Quelle est l'abondance locale de l'espèce ?	L'espèce apparaît en population éparse	0		
	L'espèce forme occasionnellement des peuplements denses	2		
	L'espèce forme de grands peuplements monospécifiques	4	4	
TOTAL				
			34	4

RESUME :

Dans les années 60, la forêt méditerranéenne régressait sous l'influence de nombreux facteurs tels que l'augmentation des incendies ou l'apparition de nouveaux ravageurs. Pour accélérer sa régénération, des espèces pionnières, supportant les conditions locales méditerranéennes, devaient rapidement être trouvées. 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. Avec la forte problématique des invasions biologiques, la question est de savoir si des espèces exotiques ont réussi à se naturaliser voire à devenir invasives dans ces arboretums en l'espace de 38 ans. Ce premier travail a été mené dans l'un d'entre eux, le plus riche sur le plan taxonomique : l'arboretum du Caneiret situé dans le Var, massif de l'Estérel. Pour cela, des inventaires de la flore indigène et exogène ainsi qu'une cartographie des espèces se reproduisant naturellement ont été effectués. Sur les 398 espèces plantées au départ dans l'arboretum, 18 se ressemment spontanément. Un taxon, d'origine australienne et signalé comme invasif dans plusieurs pays, a été étudié plus en détails ; il s'agit du genre *Hakea*. Parmi les quatre espèces implantées au Caneiret, trois présentent un comportement invasif. Un comptage dynamique et une étude de biomasse ont été effectués, ce qui a permis d'appréhender le nombre de fruits qu'un individu d'une 15aine d'années environ portait. Des variations de biomasse ont également été observées entre les individus eux-mêmes, certains s'investissant de manière importante dans leur reproduction. Le comportement de trois espèces qui se naturalisent au Caneiret a été comparé avec celui exprimé sur d'autres sites : *Hakea sericea*, *Hakea salicifolia* et *Acacia melanoxylon*. 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. Certaines signalées invasives dans le Nord de l'Europe, comme *Prunus serotina*, ne présentent aucun pouvoir invasif en région méditerranéenne.

Mots clés : Arboretum d'élimination méditerranéen – Espèces invasives – Naturalisation – *Hakea* spp. – Biomasse – Traits d'espèces