



HAL
open science

Régénération naturelle des systèmes agroforestiers : le cas des dehesas de la Sierra de Grazalema, Andalousie, Espagne

Olivier Leroy

► **To cite this version:**

Olivier Leroy. Régénération naturelle des systèmes agroforestiers : le cas des dehesas de la Sierra de Grazalema, Andalousie, Espagne. Géographie. Université Sorbonne Paris Cité, 2017. Français. NNT : 2017USPCC139 . tel-02057099

HAL Id: tel-02057099

<https://theses.hal.science/tel-02057099>

Submitted on 5 Mar 2019

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.

Thèse de doctorat
de l'Université Sorbonne Paris Cité
Préparée à l'Université Paris Diderot

École doctorale [EESC 382]

UMR Ladyss / Environnement et développement : vers un nouveau paradigme ?

Régénération naturelle des systèmes agroforestiers

*Le cas des dehesas de la Sierra de Grazalema,
Andalousie, Espagne*

Par Olivier Leroy

Thèse de doctorat de Géographie et Environnement

Dirigée par Marianne Cohen

Présentée et soutenue publiquement à l'Université Paris Diderot
le 25 Septembre 2017

Président : Alexandre, Frédéric / Professeur des Universités / Université Paris 13

Rapporteurs : Galochet, Marc / Professeur des Universités / Université de Valenciennes et du
Hainaut-Cambrésis

Dério, Pierre / Maître de Conférence HDR / Université d'Avignon et des
Pays de Vaucluse

Examinateur : Grésillon, Étienne / Maître de Conférence / Université Paris Diderot

Directeur de thèse : Cohen, Marianne / Professeur des Universités / Université Paris
Sorbonne

Membre invité : Godron, Michel / Directeur de recherche émérite / CNRS Montpellier

Titre : Régénération naturelle des systèmes agroforestiers : Cas de la Sierra de Grazalema, Andalousie, Espagne

Résumé : La régénération naturelle des peuplements de chênes verts (*Quercus ilex*) des systèmes agroforestiers de « dehesas » pose problème dans leur aire de distribution principale. La cause invoquée est l'absence de strate arbustive protégeant les semis de l'abroustissement et de la chaleur. La thèse, à travers la méthode régressive, propose d'explorer en détail cette piste. Le Parc Naturel de la Sierra de Grazalema (Andalousie, Espagne), en périphérie de la distribution des dehesas et inexploré sur ces questions, a été le lieu de nos investigations. La régénération naturelle a été analysée comme un concept évoluant dans le temps et les champs disciplinaires : c'est une technique naturalisée. A l'analyse de documents historiques, allant de 1765 à nos jours, s'ajoute un travail de terrain comprenant 71 transects mesurant les strates arbustive et arborée sur cinq terres publiques et trois terres privées. Une répartition en classes de diamètre pour la strate arborée a été effectuée et des variogrammes ont été utilisés pour analyser le patron de semis à plusieurs échelles. La distribution des classes de diamètre, suivant une distribution en « J inversé », indique une réussite de la régénération avec cependant une forte hétérogénéité entre les transect et le statut foncier. Un nombre important de jeunes arbres a été trouvés : 4516,65 semis/ha, 986 fourrés/ha et 543 gaules/ha. Les variogrammes indiquent des patrons de régénération à plusieurs échelles, une dizaine de mètres, 45 à 90 mètres, 100 à 200 mètres et proche du kilomètre. Ces résultats, très différents des études précédentes et venant compléter des trajectoires historiques, indiquent qu'il n'y a pas une forme de régénération mais plusieurs en fonction des époques mais aussi des milieux. Il y a des cas de régénération sans un passage par une « matorralisation », des cas s'inscrivant dans des dynamiques plus proches de séries (régressives ou progressives) et enfin des cas de régénération *sensu stricto*.

Mots clefs : régénération naturelle, agroforesterie, variogramme, *Quercus ilex*, approche historique

Title : Natural Regeneration in Agroforestry : the Case of Sierra de Grazalema

Abstract : The regeneration of Holm oak (*Quercus ilex*) populations remains problematic in most dehesa agroforestry systems, allegedly due to the absence of a shrub layer protecting seedlings from grazing and heat. This thesis explores the latter claim using the regressive method. Our study focuses on the Sierra de Grazalema Natural Park, a site located at the periphery of dehesa regions in Andalusia, Spain and not previously analyzed in this manner. Regeneration was interpreted as a naturalized technique that evolves over time and within disciplinary fields. Our study features an analysis of historical documents, from 1765 to the present day, as well as fieldwork including 71 transects measuring shrub and tree layers on five public lands and three private lands. The tree layer was examined using a distribution into diameter classes and variograms analyzed seeding patterns on several scales. The reverse J-shaped diameter distribution indicates successful regeneration, but with a strong heterogeneity both among transects and due to land status. A significant number of young trees were found : 4516.65 seedlings / ha, 986 thickets / ha and 543 saplings / ha. Variograms indicate regeneration patterns present at several scales; at about ten meters, at 45 to 90 meters, at 100 to 200 meters and near one kilometer. These results, very different from previous studies, complement historical trajectories, and indicate that there is not one form of regeneration but several, related to both historical eras and environments. Patterns of regeneration include cases without a matorral shrublands and woodlands stage, cases belonging to a regressive or progressive series, and finally, cases of regeneration *sensu stricto*.

Keywords : regeneration, agroforestry, variogram, *Quercus ilex*, historical analysis

Remerciements

Cet ouvrage est le fruit d'un travail collectif, de très nombreuses personnes m'ont inspiré et aidé. Je n'arriverais sûrement pas à les remercier correctement. Mes premiers remerciements font à ma directrice de thèse Marianne Cohen. Sans elle, je ne me serais pas lancé dans l'aventure. Elle m'a aidé, supporté, aiguillé, conseillé pendant de nombreuses années. Ce document lui doit d'avoir été finalisé. Il a été enrichi par son incroyable intuition, ses fines analyses et ses nombreuses expériences de terrains. C'est grâce à elle que je penche beaucoup plus vers la biogéographie que vers l'écologie.

Michel Godron a été mon encadrant « non officiel », avec tous les désagréments que ce statut implique. Ce document ne rend pas justice à nos échanges et à ce qu'ils m'ont apporté. J'espère que les convictions que nous partageons concernant l'échantillonnage, la généralisation en écologie ou encore la volonté de ne pas oublier le contenu des écosystèmes transparaissent malgré tout dans cette thèse.

Le Ladyss et ses différents membres ont nourri mes réflexions sur de très nombreux aspects. Je tiens à remercier particulièrement Étienne Grésillon, Claudia Marquez, Romain Demissy et Clemence Clos pour les nombreux bons moments et conseils que nous avons partagés. Ce travail n'aurait pas non plus eu lieu sans la gentillesse et la disponibilité des différents interlocuteurs andalous et espagnols que j'ai pu rencontrer lors de mes différents terrains, merci à eux.

Enfin, je tiens à remercier ma famille qui s'élargit petit à petit pour son soutien moral, ses corrections, transcriptions, conseils graphiques qui font de ce manuscrit un texte beaucoup moins indigeste que prévu !

Table des matières

Remerciements	iii
I Présentation des concepts et de la zone d'étude	11
1 Système agroforestier, monte et dehesa	12
1.1 Derrière la terminologie, des enjeux	12
1.1.1 Les dehesas, des « presque-savanes »?	12
1.1.2 De la savane déconsidérée à l'agroforesterie	13
1.1.3 La dehesa comme le saltus, entre Nature et Culture?	17
1.2 Les dehesas aujourd'hui en quelques chiffres	17
1.3 Une perspective historique	22
1.3.1 Données palynologiques et archéologiques	22
1.3.2 Données historiques	23
1.4 Le modèle de gestion des dehesas traditionnelles	26
1.4.1 Installation et maintien de la dehesa	26
1.4.2 La gestion des troupeaux	27
1.4.3 Des cultures en rotation	30
1.5 Crises et évolutions récentes des dehesas	32
1.6 Politiques agricoles européennes et espagnoles	32
1.7 Vers un renouveau des dehesas?	34
2 La régénération naturelle entre modèle, description de la réalité et mesure du bon usage de la forêt	36

2.1	Les définitions des manuels	37
2.2	Régénération naturelle : une technique sylvicole	38
2.2.1	Du repeuplement à la régénération naturelle	38
2.2.2	La régénération naturelle est-elle incompatible avec le pâturage ?	40
2.2.3	Régénération naturelle : du côté des sociétés pastorales	41
2.3	Régénération naturelle : de la sylviculture à l'écologie	42
2.3.1	La controverse Clements/Gleason : Holisme versus Reductionisme	43
2.3.2	La régénération : migration entre holisme et réductionnisme	46
2.3.3	La régénération dans les courants de la biogéographie	54
2.4	La régénération à travers le cycle de reproduction du chêne vert	59
2.4.1	Application de la théorie de la régénération naturelle dans les dehesas	59
2.4.2	La répartition des classes de diamètre : une résultante de la démographie passée ?	72
2.5	Une technique naturalisée très mobilisée	77
3	Le Parc Naturel Sierra de Grazalema : un terrain d'étude pour la régénération de systèmes agroforestiers ?	78
3.1	Les statuts de protection du PNSG et la végétation	81
3.2	Une évolution similaire des dehesas dans le Parc à celle d'Andalousie	83
3.3	Les séries de végétation dans le PNSG	83
3.3.1	Cinématique des séries	87
3.3.2	Séries de végétation et étagement	89
3.3.3	Régénération et séries de végétation	89
3.4	Présentation d'unité de gestion dans le Parc de Grazalema	91
3.4.1	Terres publiques	92
3.4.2	Albarranes : Une zone de pâturage éloignée	92
3.4.3	Campos de las Encinas et de los Laureles : un ancien communal	95
3.4.4	Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar : une parcelle dédiée à la protection du sapin d'Espagne	98
3.4.5	Encinalejo : une exploitation difficile d'accès	98
3.5	Terres privées	99
3.5.1	Bregna de Agua : d'une exploitation intensive à une exploitation cynégétique	99

3.5.2	El Agamazon : une exploitation agricole en expansion	100
-------	--	-----

II Régénération passée, régénération « naturelle » du passé 102

4	Le temps long, la vie des arbres	103
----------	---	------------

5	Caractériser un état initial (1765-1893) ?	107
----------	---	------------

5.1	Avant la « reconquête », de maigres informations	107
-----	--	-----

5.2	Inventaire de la Marine (1765) : une première séparation en classes d'âge .	109
-----	---	-----

5.2.1	Des communes inégalement couvertes	109
-------	--	-----

5.2.2	Déjà des différences de régénération	110
-------	--	-----

5.3	Le désamortissement : une description des biens à vendre ou à excludre de la vente (1861-1893)	113
-----	---	-----

5.3.1	Présentation et origine des sources	113
-------	---	-----

5.3.2	Localisation des anciennes terres publiques :	114
-------	---	-----

5.3.3	Des descriptions de la végétation déjà précises	116
-------	---	-----

5.3.4	Usages et techniques :	123
-------	----------------------------------	-----

5.3.5	Conclusion : des évolutions par rapport à l'inventaire de la Marine .	125
-------	---	-----

5.4	Les cartes planimétriques (1870-1956) : une première vue d'ensemble de l'occupation des terres	127
-----	---	-----

5.4.1	Présentation et numérisation des cartes dans un SIG	127
-------	---	-----

5.4.2	Les usages et occupations du sol du PNSG en 1870	129
-------	--	-----

5.4.3	Confrontation et concordance avec les descriptions des montes de districts judiciaires	133
-------	---	-----

5.4.4	Milieu XX ^{ème} les débuts d'une uniformisation ?	136
-------	--	-----

6	Plans de Gestion et d'aménagement des terres publiques par l'ancien district forestier de Cadix (1929-1972)	141
----------	--	------------

6.1	Contexte historique de ces documents	141
-----	--	-----

6.2	Présentation des documents et de leurs méthodologies	144
-----	--	-----

6.2.1	Points communs :	144
-------	----------------------------	-----

6.2.2	Spécificités :	145
-------	--------------------------	-----

6.2.3	Des origines historiques similaires :	148
-------	---	-----

6.2.4	Usages et opérations sylvicoles :	149
6.2.5	Le liège, un débouché difficile à mettre en place :	150
6.2.6	Le charbonnage, pratique en vigueur jusque dans les années soixante : 152	
6.2.7	Opérations sylvicoles :	152
6.3	État des peuplements à différentes époques	154
6.3.1	À l'échelle des terres publiques :	154
6.3.2	A l'échelle de la parcelle :	156
6.4	Description qualitative de la régénération :	171
6.5	Conclusion	177
7	Acquisitions de l'ICONA (1967-1992) : le rachat des communs	179
7.1	Contexte historique et contenu des dossiers d'acquisitions	179
7.2	Végétation : des montes peu arborés	183
7.2.1	Une strate arborée peu dense	183
7.2.2	Végétation d'accompagnement/strate arbustive	186
7.2.3	La régénération : un argument en faveur d'un achat	186
7.3	Des troupeaux en augmentation	188
7.4	Comparaison avec les descriptions des Montes de la fin du 19 ^{ème}	189
8	Les Inventaires Forestiers Nationaux Espagnols (1969-2007)	191
8.1	Présentation des inventaires et constitution des bases de données	192
8.1.1	Des inventaires de conception différente	192
8.1.2	Des sources numérisées (IFN2 et 3) et à numériser (IFN1)	193
8.1.3	Une méthode non surfacique (IFN1) et des méthodes surfaciques (IFN2 et 3)	196
8.1.4	Distribution des relevés des inventaires dans le PNSG	200
8.2	L'évolution de la structure végétale depuis les années 70	206
8.2.1	Strate arborée : une augmentation du chêne vert	206
8.2.2	Des précomptants à la régénération :	220
8.2.3	Strate arbustive et régénération	229
8.3	Conclusion : une augmentation de la densité due à une colonisation puis d'une régénération	237

9 Régénération du passé ? Régénération naturelle du passé	239
9.1 Une évolution vers la « regeneración »	239
9.2 Végétation : un chêne vert toujours présent	240
9.3 La Sierra de Grazalema : un cas unique ?	242
III Une mesure de la régénération actuelle et passée à travers la végétation actuelle	244
10 Matériels et méthodes : des choix de description de la végétation	245
10.1 Matériel	246
10.1.1 Localisation et choix d'emplacements des relevés	246
10.1.2 Un échantillonnage systématique : une position	250
10.1.3 Types de relevés et types de mesures	250
10.2 Méthodes :	270
11 Les strates arborées : résultantes de dynamiques passées	272
11.1 structure arborée d'ensemble	272
11.2 Santé et mortalité des arbres	280
11.2.1 arbres morts	280
11.2.2 état de santé des arbres	280
11.2.3 Tronc creux	283
11.2.4 Tailles des arbres	285
11.3 Variabilité floristique et structurale de l'ensemble des transects et régénération du chêne vert	291
11.3.1 Analyses descriptives multivariées et classifications	291
11.3.2 Conclusion partielle	294
11.4 structure arborée selon le statut privé ou public des terres	299
11.4.1 Terrains domaniaux : des trajectoires différentes	299
11.4.2 Exploitations agricoles privées : une régénération récente insuffisante	308
11.5 Variabilité de la structure arborée entre transects :	313
12 Régénération : les semis au crible	318
12.1 Effectifs des jeunes individus selon leur classe d'âge	318

12.1.1	Variabilité de la densité de semis de chêne vert par transect	319
12.1.2	Variabilité de la densité de fourrés de chêne vert par transect	319
12.1.3	Variabilité de la densité de gaules de chêne vert par transect	320
12.1.4	Influence du mode de propriété privée ou publique	320
12.2	Patron spatial de la régénération et autocorrélation	322
12.2.1	Généralités et méthodes	322
12.2.2	Analyse à l'échelle de l'ensemble des transects des unités de gestions :	327
12.2.3	Cas des unités de gestion localisées dans des terres publiques : . . .	328
12.2.4	Cas des unités de gestion localisées dans des exploitations agricoles privées :	335
12.2.5	Conclusion partielle à l'échelle des unités de gestion	338
12.2.6	Analyse à l'échelle des transects effectués par unité de gestion . . .	342

IV Synthèse et discussion

352

Introduction

Qui n'a pas, aujourd'hui dans le domaine forestier, entendu parler de régénération naturelle? On la retrouve de la pancarte ONF, en bordure de parcelle après exploitation, aux brochures du réseau pour les alternatives forestières (RAF) prônant une sylviculture « douce ». Le terme est tellement en vogue que l'on ne plante plus en forêt : on met en place une « régénération artificielle ». C'est, avec la gestion en futaie irrégulière, un des termes « tendance » et consensuel qui a quitté le microcosme forestier pour le représenter auprès du grand public.

L'agroforesterie connaît un destin similaire mais plus récent et peut être plus fulgurant. Elle possède depuis le 17 décembre 2015 son « plan national de développement¹ » et est au cœur de la stratégie d'entreprises florissantes proposant leurs services pour « régénérer, dynamiser et préserver les écosystèmes² ». Il est même possible que l'Amazonie, longtemps considérée comme une forêt vierge, soit constituée des vestiges de domestications d'espèces arborées par ses habitants avant l'arrivée des occidentaux (LEVIS et al. 2017), et soit quasiment une agro-forêt! L'Europe n'est pas non plus à l'écart de ce mouvement de redécouverte de systèmes anciens. L'agroforesterie ressemble en effet à s'y méprendre au système traditionnel de la complantation (FLATRÈS et PLANHOL 1980). C'est ainsi qu'en Espagne plus de 3 millions d'hectares sont couverts d'une forme d'agroforesterie : les dehesas (COSTA PÉREZ et al. 2006). Ces systèmes, après avoir connu un déclin (GROVE et RACKHAM 2003), sont aujourd'hui revalorisés par la recherche : leurs intérêts écologiques (PLIENINGER et WILBRAND 2001), patrimoniaux (GÓMEZ-LIMÓN et VICENTE DE LUCÍO FERNÁNDEZ 1999) et économiques (CAMPOS et al. 2013) ont été démontrés.

1. Site internet du ministère de l'Agriculture : <http://agriculture.gouv.fr/stephane-le-foll-lance-un-plan-pour-lagroforesterie-et-trace-les-perspectives-pour-de-nouvelles>, consultation juillet 2017.

2. Site internet de Pur Projet : <http://www.purprojet.com/fr/pur-presentation/>, consultation juillet 2017.

Cependant, des études réalisées dans les années 2000 ont commencé à pointer du doigt l'absence de régénération naturelle de ces systèmes (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PLIENINGER, F.J. et SCHAICH 2004 ; PONS et PAUSAS 2006 ; PLIENINGER 2007). Est-il possible que l'agroforesterie, dont les dehesas, censée nous « réconcilier avec la nature » ne puisse pas être durable au regard de la régénération naturelle ? En tous cas, le chêne vert n'y trouvait pas son compte. Mais comment expliquer alors, sa présence dans des systèmes affirmés comme millénaires ? Deux mises en garde de Georges Bertrand (G. BERTRAND 1975 ; G. BERTRAND 1980), nous permettent de proposer une série d'hypothèses afin de tenter de sortir de cette contradiction. La première mise en garde, presque une injonction, est la nécessité pour la recherche en sciences forestières de « sortir » de la forêt : les problèmes auxquelles elles étaient confrontées prenaient bien souvent leur source en dehors de l'espace forestier. L'agroforesterie ; dans ce sens, pourrait constituer un premier pas mais qu'en est-il de la régénération naturelle ? N'était-ce pas un modèle de référence, généralisé à tort ? La deuxième mise en garde concerne l'histoire, l'invitation à sortir de la forêt n'était-elle pas aussi une invitation à sortir de modèles et de systèmes trop figés, atemporels ? A-t-on eu une, deux, ou de multiples dehesas et comment les arbres les composant se sont-ils renouvelés ? Afin de répondre à ces questions, nous avons décidé de nous éloigner des terrains d'études déjà bien parcourus que sont l'Estrémadure (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003) et la Sierra Morena (JOFFRE, VACHER et al. 1988) pour chercher des dehesas en marge de leur aire de distribution actuelle. La Sierra de Grazalema, située entre les provinces de Cadix et de Malaga, en Andalousie, apparaissait comme une zone propice et isolée du cœur de la distribution des dehesas dans la péninsule ibérique. Parc Naturel, depuis 1984, nous pouvions aussi supposer un effet des mesures de protection sur la végétation, d'autant que près d'un tiers du foncier du Parc était public. Ce statut est différent des études précédentes basées sur des terres majoritairement privées. Ensuite, nous devions ne pas nous arrêter à la régénération actuelle mais aussi explorer la possibilité de renouvellements plus anciens, peut-être identiques, mais nous ne pouvions le présupposer sans le vérifier. Pour cela nous sommes partis dans deux directions que nous espérons complémentaires. La première consiste à interroger des sources historiques avec une méthode que Bertrand appelle « régressive » (C. BERTRAND et G. BERTRAND 2002) : nous partirons de nos connaissances du fonctionnement actuel du système (Bertrand parlerait de géosystème) et l'appliquerons aux sources puis nous

réévaluerons ainsi nos connaissances actuelles. Cette méthode nécessite d'avoir une bonne connaissance du fonctionnement de la régénération naturelle actuelle. Notre deuxième piste consiste donc à étudier la végétation actuelle, comme à la fois résultante de processus passés et témoignant des conditions écologiques actuelles de renouvellement du chêne vert. Le renouvellement d'un organisme avec une durée de vie longue n'est pas simple à saisir. Afin de pallier à cette difficulté, Forman et Godron (FORMAN et GODRON 1986) indiquaient le potentiel des pyramides des âges pour comprendre les dynamiques passées et futures : la situation actuelle allait nous aider à interpréter les sources historiques. Une autre piste que nous avons souhaité travailler concerne les liens entre les patrons et les processus (WATT 1947). C'est un vieux débat en écologie mais ce lien a été peu étudié concernant la régénération naturelle : existe-t-il plusieurs patrons, correspondant à plusieurs processus ? Dans une première partie nous définirons et contextualiserons les concepts employés. Nous commencerons par présenter les systèmes agroforestiers en mettant l'accent sur les dehesas, leur histoire, leurs évolutions récentes et les controverses qu'elles alimentent. Puis nous aborderons la régénération naturelle, depuis une origine datable de cette notion, nous la suivrons dans ses évolutions au gré de ses passages entre écologie, biogéographie et sciences forestières. Puis, nous présenterons le Parc Naturel de la Sierra de Grazalema : ses spécificités et sa végétation. Dans une seconde partie nous présenterons les sources historiques que nous avons utilisées. En partant de l'inventaire de la Marine (1765), de descriptions juridiques (1870) et des premières cartes de la Sierra de Grazalema (1870) nous établirons le paysage et les conditions d'installation des arbres les plus anciens observés actuellement. Puis, plus localement nous analyserons la végétation et les pratiques associées à travers des plans de gestion de trois terres publiques (1920 à 1972). Ensuite, nous comparerons les descriptives juridiques de 1870, préparant la vente de terres publiques avec les dossiers d'acquisition en préparant le rachat (1967-1992). Enfin, nous étudierons les différents inventaires forestiers nationaux. La troisième partie traitera de la mesure de la végétation actuelle et des différences entre les terres publiques et les terres privées. Nous nous appuyerons sur un travail de terrain important. Nous aborderons la régénération naturelle, sensu stricto, en intégrant sa dimension spatiale via des variogrammes à plusieurs échelles. Puis à travers des pyramides des âges nous analyserons à différentes échelles les succès et les faillites de régénération passée. Pour finir, nous tenterons d'établir le rôle des trajectoires historiques, des changements de pratiques dans

les patrons identifiés de régénération.

Première partie

Présentation des concepts et de la zone d'étude

The « Savanna is an affront to the ideal that vegetation ought to be in a state of climax, either forest or grassland but not something between. Foresters regard it as not proper forest, agronomists and officialdom as not proper agriculture, ecologists as a non-natural ecosystem beneath their notice, and writers on orchards as not a proper orchard.»

Grove et Rackham : « The Nature of Mediterranean Europe : An Ecological History » (2003, p. 191)

1

Système agroforestier, monte et dehesa

Cette citation d'introduction, tirée de l'excellent ouvrage de Grove et Rackham datant de 2003, nous interpelle toujours autant. A la fois en négatif et aux marges, objet ou concept, la savane aurait été déconsidérée... Cette savane correspond à un type de végétation, plus exactement à une physionomie végétale. Bien connue dans d'autres régions du monde, que vient-elle faire ici en moyenne montagne méditerranéenne ? Quel contenu peut-on lui donner ? La réponse à ces questions a, dans le cadre de nos travaux, une importance pratique car si l'on regarde les cartes ou encore les photos complétant cette citation, nous sommes au cœur du sujet (figure n° 1.1 et figure n° 1.2).

1.1 Derrière la terminologie, des enjeux

1.1.1 Les dehesas, des « presque-savanes » ?

Les savanes sont usuellement considérées en France comme des

« formations végétales intertropicales couvrant des surfaces très étendues dans des régions à climat ensoleillé, chaud en été, dont la température annuelle moyenne dépasse 26°C et où la pluviosité est faible (DAJOZ 2006, p. 568) ».

Le monde anglo-saxon, avec les termes « *savanna* » ou « *savannah* », étend cette définition à des formations que l'on retrouve dans les régions méditerranéennes californiennes et australiennes (CAMPOS et al. 2013). Ces formations végétales ont en commun le fait que le couvert arboré est ouvert et permet le développement d'une strate herbacée. Elles peuvent avoir une densité très élevée et variable d'arbres, de plus 4000 tiges/ha dans des *Cerrados* à moins de 20 arbres/ha pour certaines *dehesas*. Cette grande diversité ne peut que nous mettre en garde : les savanes, dont les *dehesas* et les *montados* (équivalent portugais) seraient des exemples méditerranéens européens et regrouperaient certainement des systèmes différents. La difficulté augmente puisque que le long d'un gradient latitudinal allant des tropiques à l'équateur, toute une gamme de savanes (herbacées, arbustives, arborées) ou encore certains stades pré-forestiers dans une succession pourraient lui ressembler. Il semble, comme l'indique la citation de Grove et Rackham, bien difficile également de les classer comme des forêts dont l'absence de strate herbacée est l'une des caractéristiques, ou comme des prairies dont la strate arborée est censée manquer. Comme d'autres auteurs (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999 ; GROVE et RACKHAM 2003) nous considérerons les *dehesas*, au moins d'un point de vue physiologique, comme des « *savannah-like* », c'est à dire des « presque-savanes ».

1.1.2 De la savane déconsidérée à l'agroforesterie

La savane « ruinée »

La thèse de Grove et Rackham cherche à nuancer, quand ils ne s'y opposent pas, une vision des régions méditerranéennes comme dévastées par l'homme (« *Ruined Landscape* » ou « *Lost Eden* »), dégradation assimilée à une désertification. Aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles se serait construite, à partir de représentations idylliques, de décalages entre ces représentations et la réalité des paysages et des premières découvertes physiologiques des plantes (la transpiration notamment), l'idée que les paysages de l'Antiquité, en Grèce, en France et en Italie auraient ressemblé à une Arcadie mythifiée et verdoyante que les actions répétées des hommes auraient ruinée, dégradée. Or, il est facile de considérer

la gamme des savanes comme un dégradé, d'abord de densité arborée ou de couvert, puis comme une dégradation de la forêt. C'est ainsi qu'il est possible de lire dans un ouvrage « classique » d'écologie qu'une strate arborée de chênes sur une strate herbacée serait une forêt résiduelle et un écosystème dégradé¹. D'autres auteurs ont un avis moins tranché. Venant de Californie, Parsons (1962) est surpris de trouver une Espagne moins désolée que ce que des écrits lui laissaient croire. Joffre et ses coauteurs (1988) montrent également la forte résistance de ce type de dehesas par rapport aux conditions du milieu (sol et climat). Qu'une « dégradation » conduise à plus de stabilité paraît paradoxal. En cas d'abandon le système évolue vers un matorral dont les qualités environnementales (résistance, biodiversité) seraient moindres. Ils utilisent le concept d'« *ecosystem mimicry* » et démontrent que les dehesas copient, ou imitent, au mieux, des écosystèmes naturels (supposés « bien » fonctionner). C'est cette idée que l'on va retrouver revendiquée par l'agroforesterie, l'agronomie « écologiquement intensive » ou la permaculture.

La dehesa, un *monte* ?

Le mot espagnol « *monte* » correspond un concept complexe, difficile à définir est encore plus à traduire (il est souvent conservé tel quel lorsqu'il est utilisé dans une autre langue (MADRIGAL COLLAZO 1994). Depuis son origine, le concept fait allusion à une double signification : c'est d'une part un monte « contenant » correspondant à une conception orographique (étymologie *mons / montis* : montagne) ; et de l'autre part un monte « contenu » qui correspond au gradient des séquences végétales et animales que l'on trouve sur un versant (cf. RAE²). C'est une première différence avec la dehesa dont nous verrons que le terme découle d'une définition juridique et donc d'usage. En Espagne, on utilise, depuis au moins 1140, le même terme pour nommer ces deux aspects (ALLUÉ ANDRADE 2004). Cette notion de gradient du haut en bas du versant a été transposée à d'autres gradients écologiques, non nécessairement liés à un relief (stabilité/instabilité ; moindre/forte productivité ; absence/présence activités humaines). Ainsi, le terme de monte recouvre une versatilité de situations, notamment en termes de structure de la végétation, dont

1. « Toutefois si, entre-temps, le sous-bois (pour les fagots) ou l'humus et la litière (pour l'écobuage) ont été exploités jusqu'à l'épuisement, la régénération forestière ne peut avoir lieu, et l'écosystème se retrouve dégradé de façon irréversible. On observe parfois dans le paysage des « forêts résiduelles » implantées sur pelouse ou sur lande, formées d'arbres clairsemés, trop vieux pour se reproduire. » (FRONTIER et PICHOD-VIALE 1995, p. 469).

2. Real Academia Española : définitions consultables à <http://dle.rae.es/?id=PjYBCi6> .

Tableau 1.1 – Classification de la superficie arborée des *Quercus* Ibériques d’après Diaz Ambrona (1998)

Classes	Densité (a/ha)	Appellations
I	1-5	Arbres dispersés sur culture ou pâturage
II	5-15	
III	15-30	dehesa arborée
IV	30-45	
V	45-60	<i>Monte adehesado</i> ou <i>Monte hueco</i>
VI	> 60	

les limites ne peuvent pas exclure « tout ce qui n’est pas ligneux » ni inclure « tout ce qui n’est pas agricole » (HUMBERT 1980). La tentation est grande de traduire monte par forêt (« *bosque* » serait plus approprié), d’autant qu’une volonté politique de transformer tous les montes jugés improductifs en pinèdes et d’y appliquer une sylviculture proche de celle pratiquée par les écoles allemandes et françaises, d’en faire des forêts, a bien existé et existe peut être encore.

Humbert (1980) considère que presque toutes les dehesas sont des montes, la catégorie monte étant alors plus large. Montoya (1989), pour les montes constitués de chênes verts, est sur une ligne assez proche. D’un point de vue légal la loi andalouse³ ne permet pas de différencier les deux. Un monte pourra correspondre à une dehesa, un bois ou une zone de pâture un peu enrochée. C’est ainsi que des terres publiques (pouvant appartenir à la nation, la communauté autonome ou une commune) à l’extérieur de la zone urbanisée sont qualifiées de « *monte publico* ». Nous reprendrons ce terme et nous en décrirons certains cas dans notre zone d’étude. D’autres auteurs considèrent que les dehesas sont une transformation voire une déclinaison du monte : une déclinaison, pour Diaz Ambrona (1998) qui considère qu’à partir de 45 arbres à l’hectare on se trouve dans un « *monte adehesado* » ou « *monte hueco* » (cf. tableau n° 1.1) et une transformation pour Plienninger et Pulido 2003) qui considère que les dehesas d’Extremadure proviennent d’un « *monte pardo* ».

3. « *los montes o terrenos forestales son elementos integrantes para la ordenacion del territorio, que comprenden toda superficie rustica cubierta de especies arboreas, arbustivas, de matorral o herbaceas, de origen natural o procedente de siembra o plantacion, que cumplen funciones ecologicas, protectoras, de produccion, paisajisticas o recreativas* ».

La dehesa comme modèle pour l'agroforesterie ?

L'agroforesterie aujourd'hui a le vent en poupe. Une des ses formes est reconnue et aidée dans la PAC (Politique Agricole Commune de l'Union Européenne) mise en œuvre le 1^{er} janvier 2015. Côté prospective, elle est mentionnée dans le rapport de l'association négaWatt (NÉGAWATT 2017, p. 22) pour sa capacité à préserver l'humus et à augmenter le volume de bois produit en France (principalement à vocation énergétique). Elle est également mentionnée pour cette dernière raison dans la « Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050 » (ADEME 2013, p. 28). Nair (1993) définit l'agroforesterie comme un usage du sol caractérisé par :

1. la présence d'arbres, de cultures ou d'élevages sur la même surface, soit sous une forme mélangée, soit par intermittence et
2. l'interaction entre la composante arborée et les composantes non arborées du système.

Ces caractères sont partagés entre les différentes formes d'agroforesterie mais les séparent des autres formes d'usages du sol⁴. Les auteurs classent les systèmes agroforestiers en fonction des usages de ces derniers. Il y a les systèmes sylvopastoraux (production intégrée d'animaux et de bois), agrosylvopastoraux (cultures, bois, animaux), agrosylvicoles (bois et cultures) et les autres systèmes (mangrove avec pêche par exemple)(NAIR 1993; GUITTON 1994). Cette classification nous aide peu car les dehesas, comme nous le verrons plus loin, peuvent entrer dans ces trois classes. D'ailleurs certains auteurs retiennent ces distinctions pour les classifier (DIAZ AMBRONA 1998). Pour l'association française d'agroforesterie cela va même plus loin. On peut lire dans « L'agroforesterie en 12 principes », au principe numéro 3 (« l'art de la transposition ») que :

« L'agroforesterie tente de transposer à l'agriculture certains principes de fonctionnement valables dans la forêt, ou plutôt dans la savane⁵ ».

4. « A strictly scientific definition of agroforestry should stress two characteristics common to all forms of agroforestry and separate them from the other forms of land use, namely :

1. the deliberate growing of woody perennials on the same unit of land as agricultural crops and/or animals, either in some form of spatial mixture or sequence ;
2. there must be a significant interaction (positive and/or negative) between the woody and non-woody components of the system, either ecological and/or economical.(NAIR 1993, p. 13-14)»

5. <http://www.agroforesterie.fr/L-agroforesterie-en-12-principes.php>, date de consultation le 12 avril 2017.

On ne peut que se réjouir de voir de nouveau émerger un intérêt pour la présence d'arbres dans les cultures et il semble que les appréhensions de Grove et Rackham sur l'absence de spécialistes s'intéressant à cette question soient en train de se résorber.

1.1.3 La dehesa comme le saltus, entre Nature et Culture ?

C'est une petite digression, ou clarification, que nous nous permettrons ici. On peut être tenté en admettant, ce qui ne serait pas une mince affaire, que du *sylva* et de l'*ager* romain, segmentation de l'espace, découlerait une séparation d'ordre cosmologique entre Nature et Culture. Il pourrait alors apparaître dans ce modèle spatial que le *saltus*, espace intermédiaire dont les dehesas pourraient être un exemple, en serait une forme de réconciliation. Entendons-nous bien, nous ne cherchons pas à nier qu'il n'y a pas eu une dissociation entre les forêts et les systèmes agraires (R. LARRÈRE et O. NOUGARÈDE 1990), que cette dissociation n'a pas eu que des effets positifs (pour les forêts comme pour les systèmes agraires) et que les systèmes agroforestiers pourraient la remettre en cause (sans en être les seuls). Cependant, dans de nombreuses agroforêts du monde, leurs praticiens peuvent les qualifier de culture, de nature, ne pas les séparer de leur espace domestique ou ne pas considérer que si leur espace domestique en est un, il est naturel (MICHON 2015). Dans le cadre des dehesas : qu'est-ce qui est naturel ou qu'est-ce qui est culturel ? Pour reprendre un bon mot de François Terrason (2007) « le poireau de votre jardin est-il naturel ou culturel » ? Ces deux catégories ne nous aident pas. Mais il reste possible que l'agroforesterie modifie la distinction entre les arbres et les systèmes agraires. La « savane » de l'Association Française d'Agroforesterie, ou la « forêt » de la permaculture nous aident peu à comprendre leurs objets mais nous informent beaucoup sur ce qu'ils se représentent comme forêt ou savane. Nous n'utiliserons ces catégories que quand elles nous aident à comprendre le discours de nos interlocuteurs.

1.2 Les dehesas aujourd'hui en quelques chiffres

Les superficies estimées de dehesas vont de 3,5 millions d'ha (COSTA PÉREZ et al. 2006) pour la péninsule ibérique à 5-6 millions d'ha (JOFFRE, VACHER et al. 1988). Ces superficies ont beaucoup évolué dans les dernières décennies mais il reste difficile de donner des chiffres concernant cette évolution. Cette difficulté provient du manque de

définitions admises pour ce système agroforestier : il ne rentre pas, par exemple, dans les inventaires forestiers. Grove et Rackham (2003), en considérant la dehesa uniquement comme une physionomie de végétation, indiquent une diminution de 40% entre 1955 et 1978 et en proposent une localisation (Figure n° 1.1). La très grande partie se retrouve localisée en Extremadure, dans le nord andalou et dans la région portugaise voisine. Elles sont constituées de chênes verts, d'un peu de châtaigniers, côté espagnol et de chêne liège côté portugais. On remarque, dans la partie gaditane, des savanes arborées dominées par les chênes lièges et, légèrement plus au sud, par les chênes verts. C'est dans cette partie que l'on trouve le PNSG, notre terrain d'étude, avec plus au sud celui de « *Los Alcornocales* ». Dès 1962, Parsons décrit une distribution similaire chez ce qu'il appelle des forêts fructifères, correspondant bien dans son texte à des dehesas (Figure n° 1.2). On peut observer une discontinuité dans la distribution des dehesas entre la partie centrale d'Extremadure et la partie la plus au sud de Cadix. Cette zone qui va de Jaén à Séville en suivant la vallée du Guadalquivir est déjà une région de productions céréalières, de fruticultures et d'oléicultures ne laissant que peu de place pour des pâturages arborés. Plus récemment, Costa Pérez (2006) propose une localisation des dehesas : on retrouve les grandes tendances déjà indiquées avec une présence de mélange un peu plus importante (figure n° 1.3). Aucun de ces auteurs n'explique cette distribution. On peut supposer que comme la partie gaditane correspond à la partie occidentale de la cordillère Subbétique, plus montagneuse, elle aurait gardé ses pâturages arborés. Dans la cartographie de Costa Pérez (2006), la plus récente (figure n° 1.3), cette zone semble être la plus mélangée. Dans sa partie sud, le chêne liège est présent avec du chêne zéen et l'olivier, plus au nord on trouve du chêne faginé, du chêne vert et un mélange de ces chênes. C'est là que se situe le PNSG. En Andalousie, les dehesas sont estimées à 1263143 ha (COSTA PÉREZ et al. 2006). Ces auteurs proposent 9 catégories de dehesas, en fonction de la couverture arborée et de la couverture arbustive que nous reprenons dans le tableau n° 1.2. Moins de 5% des dehesas présentes sont jugées comme ayant un couvert trop faible et près des deux tiers (60,83%) présentent une couverture « normale à élevée ». Cependant, presque un quart (22,30%) de ces surfaces est occupé par des « dehesas potentielles ou matorralisées » et un autre quart (24,45%) présente une couverture arbustive élevée (>20%). Ces résultats indiqueraient que les dehesas seraient actuellement davantage menacées par un embroussaillage que par une diminution de leur couverture arborée.

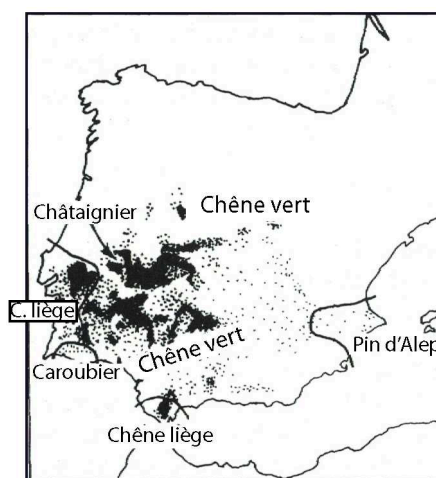


FIGURE 1.1 – Localisation des savanes arborées (*Dehesa* et *montado*) ibériques et de leurs principales essences d'après Grove et Rackham (2003)

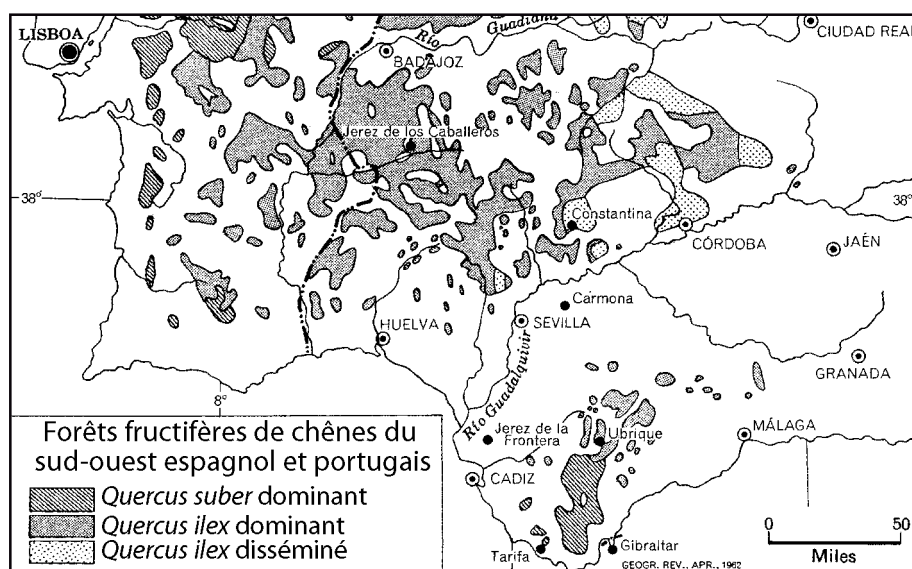


FIGURE 1.2 – Localisation des « forêts fructifères de chênes » du sud-ouest espagnol et portugais d'après Parsons (1962)

Tableau 1.2 – Répartition des catégories de dehesa en Andalousie selon Costa Pérez(2006)

Catégories de dehesas	Couv. Arborée	Couv. Arbustive	Superficie (ha)	% de superficie
Couverture déficiente avec pâturage	5-10%	<20%	42369	3,35
Couverture déficiente avec matorral et pâturage	5-10%	20-50%	19509	1,54
Couverture normale avec pâturage	10-25%	<20%	204421	16,18
Couverture normale avec matorral et pâturage	0-25%	20-50%	150939	11,96
Couverture élevée avec pâturage	25-50%	<20%	255079	20,20
Couverture élevée avec matorral et pâturage	25-50%	20-50%	157797	12,49
Dehesas avec des cultures	5-25%	<20%	119610	9,47
Pâturages	<5%	<50%	31740	2,51
Dehesas potentielles ou matorralisée	5-50%	>50%	281711	22,30

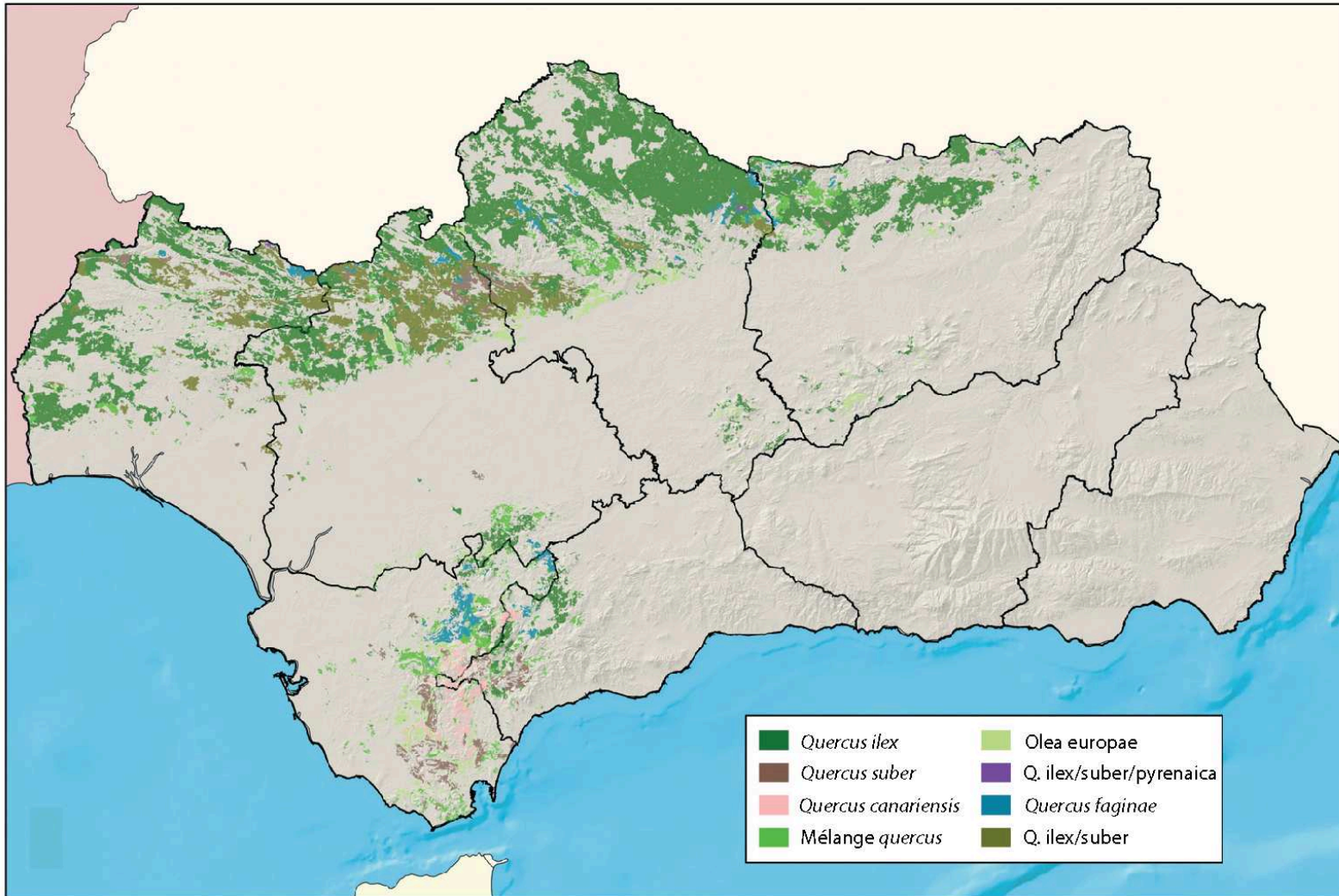


FIGURE 1.3 – Localisation des dehesas par essences dominantes selon Costa Pérez (2006)

1.3 Une perspective historique

La dehesa est souvent présentée comme un système très ancien et traditionnel d'occupation du territoire. Sa longévité supposée est alors souvent mise en valeur lors de débats sur sa durabilité (JOFFRE, VACHER et al. 1988 ; DAWSON et FRY 1998 ; GROVE et RACKHAM 2003). Nous disposons de deux types de sources : les données du sol (données palynologiques, anthracologiques et archéologiques) et les sources historiques proprement dites.

1.3.1 Données palynologiques et archéologiques

Les relevés palynologiques, anthracologiques et datations radiométriques effectués par Stevenson et Moore (1988), et ceux de Stevenson et Harrison (1992) permettent de retracer les évolutions de la végétation sur une longue période (cf. figure 1.4). Les auteurs ont également récupéré des pluies de pollens dans différentes formations contemporaines afin de tester quelles formations actuelles se rapprocheraient le plus des formations passées. On observe ainsi vers 4500 BC un faible couvert arboré de pin et de chêne. Il est accompagné d'un couvert de *Vitis* sp. (époque I) sans que l'on puisse savoir si cette vigne était plantée favorisée et/ou protégée. En parallèle, avec l'augmentation des chênes (et la diminution des pins) on voit augmenter la présence de pollens de plantes rudérales (*Rumex*, *Plantago* par exemple) qui va culminer à la seconde époque (II, 2500 BC), ces plantes conduisent au développement d'une savane arborée ou une « dehesa préhistorique ». Une série de feux très rapprochés atteint la végétation et caractérise la troisième époque (III, 1500 BC) avec une présence un peu plus importante d'arbustes (phillaire et *Erica*). La quatrième époque (IV, 500 BC) est similaire à une forme de « dehesa » proche de la seconde. Elle correspond à l'établissement urbain en Andalousie, ce qui interpelle Stevenson et Harrison : est ce une coïncidence d'observer un paysage si entretenu et le début du mode de vie urbain ? La cinquième époque voit l'apparition du pin devant correspondre à la demande de la marine. Lors de la sixième époque (750 AC), le frêne se développe, il aurait été favorisé pour ses jeunes pousses utilisées comme brouts pour le bétail.

Selon ces études, la dehesa, ici évoquée comme un paysage, aurait peu changé durant les quatrième et cinquième époques, ce qui ne correspond pas avec les autres données historiques.

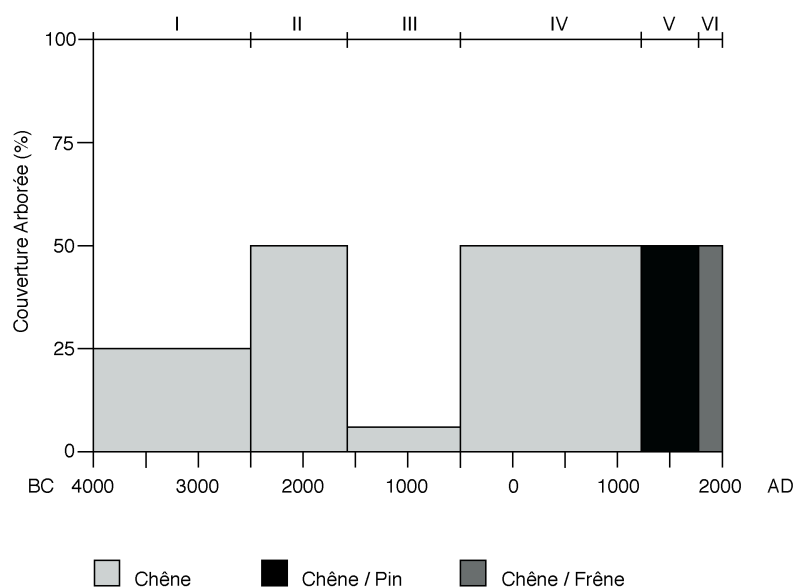


FIGURE 1.4 – Histoire paléoécologique des paysages de la province de Huelva d’après Stevenon et Harrison (1992)

1.3.2 Données historiques

Il est difficile d’obtenir des textes relatifs à l’époque romaine ou arabe. Il existe cependant des fresques (dont une sur la tombe de Philippe II de Macédoine datant de 336 BC) montrant des paysages d’arbres dispersés (GROVE et RACKHAM 2003). Grove et Rackham supposent également que le *saltus* romain (différent du *sylva* et de l’*ager*) pourrait correspondre à une savane arborée pâturée. En 924, le terme *dehesa* apparaît pour désigner une clôture. Il apparaît dans la loi « *Siete Partidas* » d’Alphonse X et définit des pâtures (VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006). Joffre en indique une utilisation encore plus ancienne dans un texte de loi du VII^{ème} siècle (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999). En 1293, dans le « *Fuero de Béjar* », les *dehesas* désignent des zones réservées à la pêche et à la chasse (VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006). Le mot *dehesa* ne fait donc pas toujours référence à des zones arborées, c’est d’abord une catégorie juridique délimitant des droits et des usages (GUZMÁN ALVAREZ 2016). Il sera cependant de plus en plus utilisé pour désigner des pâturages arborés (VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006). Comment en sommes-nous arrivés là ?

1200-1700 : les *dehesas* communautaires

La royauté donnait les *dehesas* aux communautés villageoises, à la noblesse et au clergé.

C'était une récompense obtenue pour un soutien à la « reconquête » de l'Espagne, un moyen de favoriser la réinstallation de villages et d'éviter un surpâturage par les troupeaux itinérants et une aide importante pour les communautés (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999). Elle est alors définie comme un lieu de pâture réglementé. Ce sont ces règlements ainsi que des décisions de justice qui nous permettent actuellement d'avoir une idée des usages de cette époque. Le pouvoir central semble prendre une part importante dans cette réglementation, même si une liberté semble laissée aux autorités locales. Le pâturage y est restreint (F. PARDO et GIL 2005). On y trouve moutons, chèvres, et cochons. Le bois y est collecté mais il y a une densité minimale à respecter (39 arbres/ha dans la région étudiée par Pardo et Gil (2005) et des règles de taille des arbres à suivre. Les usages des produits du bois sont variées : charbon, tanins, fourrage. Le chêne y est favorisé par une interdiction de couper dans les jeunes chênes et la récolte du liège est parfois interdite (GROVE et RACKHAM 2003). Les dehesas étaient également cultivées en céréales ou avec des vignes. Certaines municipalités possédaient les arbres des dehesas qu'elles soient communes ou privées. Des taillis d'essences variées avec une prévalence de chênes sont mentionnés dans les dehesas étudiées par Pardo et Gil (F. PARDO et GIL 2005).

La Mesta , la puissante guilde de propriétaires de troupeaux, va également avoir un fort impact écologique. Entre 1490-1550, la guilde avait presque trois millions de moutons enregistrés. Ces moutons effectuent de grandes transhumances à travers toute l'Espagne. Il est assez difficile d'évaluer la pression de pâturage mais ces immenses troupeaux ont sûrement favorisé une savane au détriment de la forêt. Il existait déjà des frictions entre les villageois et les membres de la guilde (GROVE et RACKHAM 2003). Les dehesas ont été un moyen pour les communautés d'avoir des terres protégées de ces grands troupeaux itinérants.

1700-1800 : une phase de transition

La population augmente. On atteint le nombre maximum d'animaux en transhumance (3 500 000 têtes). En parallèle, de nouvelles idées se développent : les terres doivent être clôturées, les propriétaires doivent produire ce qui est le plus rentable sur le marché. Le contrôle des dehesas par l'Etat diminue et celui des propriétaires augmente. Un début de « rationalisation » prône également de séparer le cultivé de ce qui ne l'est pas (ce qui produit du bois). L'inventaire effectué par la marine, en 1750, laisse supposer que les zones de forêts ouvertes et de dehesas étaient plus importantes à cette époque. Des

réécits de botanistes indiquent la présence de friches, ce qui permet à Grove et Rackham de penser qu'il y aurait eu un usage moins intensif des terres dans certaines zones (GROVE et RACKHAM 2003). Le conflit avec la Mesta perdure et prendra fin avec la dissolution de cette dernière en 1836. Elle aurait subi une volonté gouvernementale d'arrêter les grandes transhumances et l'appropriation des terres. La concurrence de la laine étrangère aurait joué également un rôle.

1800-1960 : les dehesas traditionnelles

Après les guerres napoléoniennes (1800-1814), les gouvernements libéraux libéralisent les marchés et privatisent les terres (lois de desamortissement 1855-1924⁶). On a une augmentation de la demande alimentaire et un développement de l'industrie. La demande en viande augmente, la population devient plus urbaine. Le cochon ibérique puis le bœuf sont les viandes les plus prisées. Le liège commence à être récolté « industriellement » dans les années 1830 d'abord pour les bouchons puis pour l'industrie comme isolant électrique. La laine est encore un produit très demandé jusqu'en 1885, année où sa production est très fortement concurrencée par les importations (VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006). Toutes ces productions sont très rentables. Il y a alors création de grands domaines privés notamment en Andalousie. La gestion de ces domaines est rationalisée pour la production de ces différents produits. C'est ainsi que se développe un système qui va porter le nom de dehesa. Nous avons choisi de le nommer « traditionnel » car c'est souvent ce système que l'on connaît le mieux et qui fait office de référence (PARSONS 1962 ; JOFFRE, VACHER et al. 1988 ; VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006 ; SCHRÖDER 2011). D'autres auteurs réservent l'adjectif « traditionnel » au système précédent (F. PARDO et GIL 2005). De nombreuses forêts, matorrals ou « *Monte pardo* » sont alors aménagés selon ce modèle, ce qui peut expliquer en partie les fortes productions de liège de l'époque (GROVE et RACKHAM 2003). La présence très faible d'arbres très anciens dans les dehesas actuelles milite également en faveur de l'hypothèse d'une création récente (GROVE et RACKHAM 2003 ; PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003 ; VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006).

L'acceptation du terme dehesa et sa structure ont évolué au cours du temps. Nous en proposons un schéma simplifié avec une division en cinq périodes (figure n° 1.7). Il est

6. Nous ne parlons ici que de celle dite de Madoz. Elle suivait quatre autres lois qui permettaient la vente de biens du clergé, de la noblesse ou de communautés villageoises.

possible qu'il y ait plus de variations encore mais nous sommes contraints et influencés par les sources qui sont maigres. Nous passons de « dehesas préhistoriques » caractérisées par la présence de vigne et d'espèces rudérales à des « dehesas communautaires » d'usages réglementés et protégés face aux troupeaux transhumants. Puis nous arrivons à une phase de transition avec un changement dans la composition des troupeaux et un début de spécialisation des espaces de production qui conduit aux « dehesas traditionnelles » maximisant les produits pour répondre aux demandes des villes sous des grandes propriétés privées. Même si les données palynologiques et anthracologiques indiquent une continuité paysagère, elles ne peuvent pas nous renseigner sur les évolutions au sein de ces paysages (alternance de phases d'abandon et d'exploitation). Les données historiques indiquent des évolutions liées à des changements fonciers, des droits d'usages, qui auraient abouti à la structure dite traditionnelle. Il est cependant difficile de conclure à un système unique avec une forte longévité et il semble que bien qu'ayant surtout des sources de nature juridique la physionomie de la végétation soit le plus petit dénominateur commun.

A partir de 1960 de nombreux paramètres vont faire évoluer cette physionomie. Ils seront décrits après avoir présenté plus en détail le modèle de gestion de la dehesa traditionnelle.

1.4 Le modèle de gestion des dehesas traditionnelles

Ce modèle a pour but la production de différents produits (viande, laine, bois, charbon et céréale) sur un même territoire. Les dehesas sont également concentrées dans d'immenses propriétés privées très extensives (à la différence de la période allant de 1200 à 1700 où les dehesas sont des zones communautaires). C'est également un système très résistant aux aléas climatiques propres au domaine méditerranéen ainsi qu'à ses sols, souvent jugés « pauvres » et ses fortes pentes (DIAZ AMBRONA 1998 ; JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999).

1.4.1 Installation et maintien de la dehesa

Le maintien de la dehesa passe par le maintien des chênes. Il est assuré par la protection contre le pâturage des jeunes chênes pendant 5 ans. Ensuite les chênes sont régulièrement élagués pour leur donner l'architecture typique : 2 à 7 branches principales à 1-2 m

au dessus du sol (MONTOYA OLIVER 1996 ; JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999). Cette conformation favorise le développement d'une grande canopée nécessaire à la production de glands (supérieure à celle des chênes en forêt) et permet à la strate herbacée d'être productive plus longtemps dans l'année. Ces opérations produisent aussi du petit bois pour le chauffage ou pour du charbon (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999 ; PLIENINGER et WILBRAND 2001). Une autre préoccupation consiste à empêcher les arbrisseaux (*Cistus* sp.) de maquis de s'installer et de rendre la zone de moindre qualité pour le pâturage (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999 ; GROVE et RACKHAM 2003). Pour éviter cela, les arbrisseaux sont retirés pied par pied à la main. C'est une classe de travailleurs très pauvres (nommés « *pegujaleros* » au centre de l'Espagne) qui effectuait ce travail contre généralement le droit d'exploiter un peu de terre. Le fonctionnement de ce système est repris dans la figure n° 1.5 avec les différentes productions associées. Il faut rajouter à ces usages des activités comme la chasse et l'apiculture (GROVE et RACKHAM 2003).

1.4.2 La gestion des troupeaux

C'est un système très flexible. Les animaux (moutons, chèvres, vaches ou cochons) sont de races que l'on considère aujourd'hui comme « rustiques ». Elles sont adaptées au climat, capables de pâturer des zones sèches et d'effectuer de longues transhumances. Les moutons et les cochons sont les animaux les plus caractéristiques et les plus fréquents de ce système. La figure n° 1.6 montre que la gestion du troupeau se fait en fonction des contraintes environnementales (JOFFRE, VACHER et al. 1988 ; GROVE et RACKHAM 2003 ; PLIENINGER et WILBRAND 2001). Il y a production d'un mouton par an à l'automne. Avant la période de sécheresse estivale, il y a une vente d'agneaux et élimination des vieilles brebis pour éviter le surpâturage et ajuster le troupeau à l'état des pâtures. La pression de pâturage est de l'ordre de 0,7 à 1 brebis allaitante par hectare (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999). Pour les cochons, l'objectif est d'utiliser au mieux la ressource en glands (entre octobre et février). Durant cette période, appelée la « *montañera* », les cochons peuvent prendre 60 kg. Il faut compter environ pour un cochon en engraissement 2 ha de dehesa avec une densité de 20 à 40 chênes verts à l'hectare. La nuit, les troupeaux sont parqués dans des petits enclos (« *carrol* ») placés sur les terres peu fertiles. Ces enclos sont déplacés régulièrement pour apporter une fertilisation sur l'ensemble de la zone (JOFFRE, RAMBAL et RATTE 1999 ; GROVE et RACKHAM 2003).

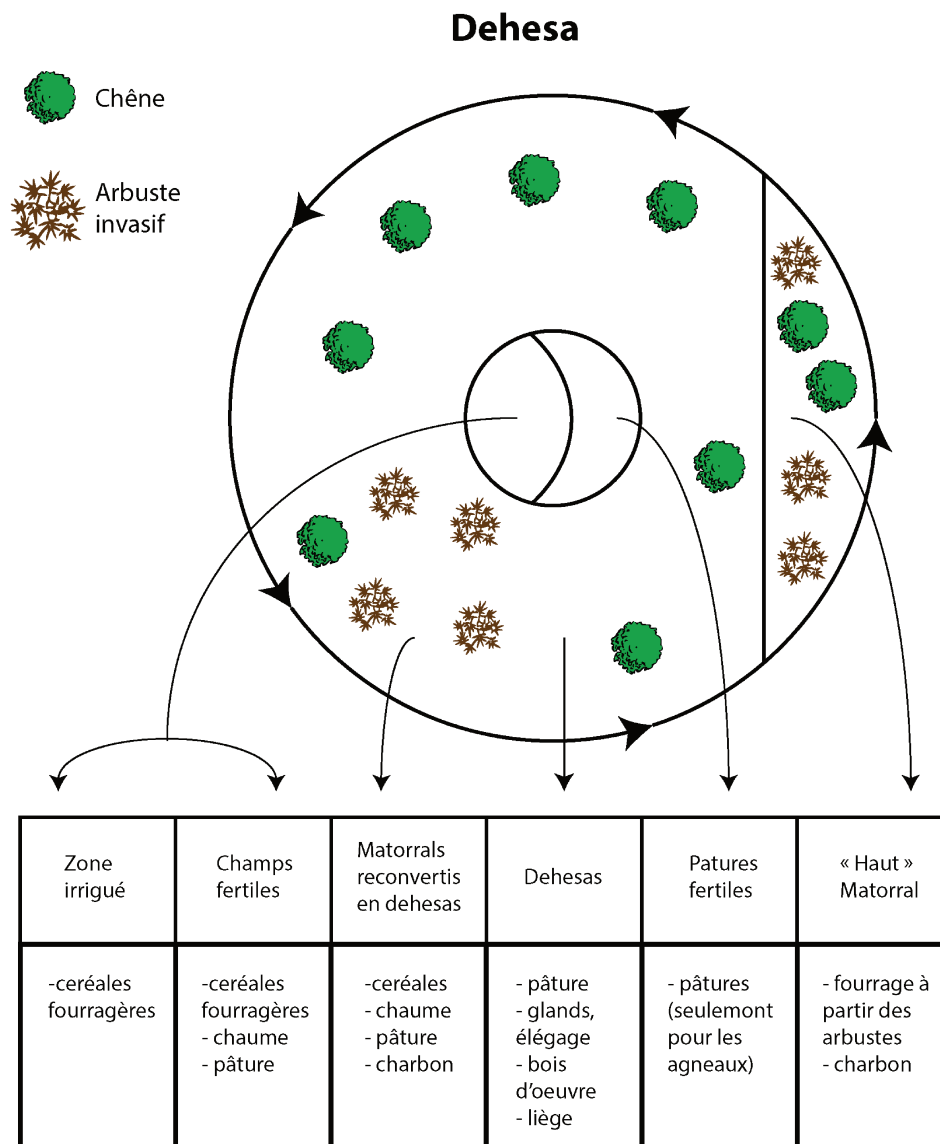


FIGURE 1.5 – Représentation schématique du fonctionnement de la gestion traditionnelle de la dehesa d’après Joffre(1988)

FIGURE 1.6 – Variation saisonnière d’utilisation des ressources en fonction de la gestion du troupeau pour les moutons et les cochons dans le système de gestion traditionnelle des dehesas (d’après Joffre (1988))

	Mouton	Ressource utilisée		Cochon engraisseur	Ressource utilisée		Cochon reproducteur	Ressource utilisée	
J		Pâture Glands		Engraissement	Glands		Mise bas	Glands	
F									
M		Pâturage		Vente				Vente	Glands Pâturage
A									
M		Pâture Fourrage Céréale		Engraissement					Chaume
J	Vente	Pâture Chaume							
J									
A		Chaume						Mise bas	Châume Grains
S									
O	Agnelage	Paturage Fourrage Céréale							Glands Fourrage
N									
D		Pâture Glands							

1.4.3 Des cultures en roatation

Les terres les plus fertiles sont mises en culture de céréales pour du fourrage (grains, paille et tige sont utilisées) et parfois, là où l'eau n'est plus une limitation (irrigation, cours d'eau), des légumes fourragers sont mis en culture (*Viscia* sp., *Lupinus* sp.). Les cultures céréalières sont en rotation de minimum 3 ans, plus souvent de 5 voir 7 ans avec du pâturage.

CHRONOLOGIE de la dehesa

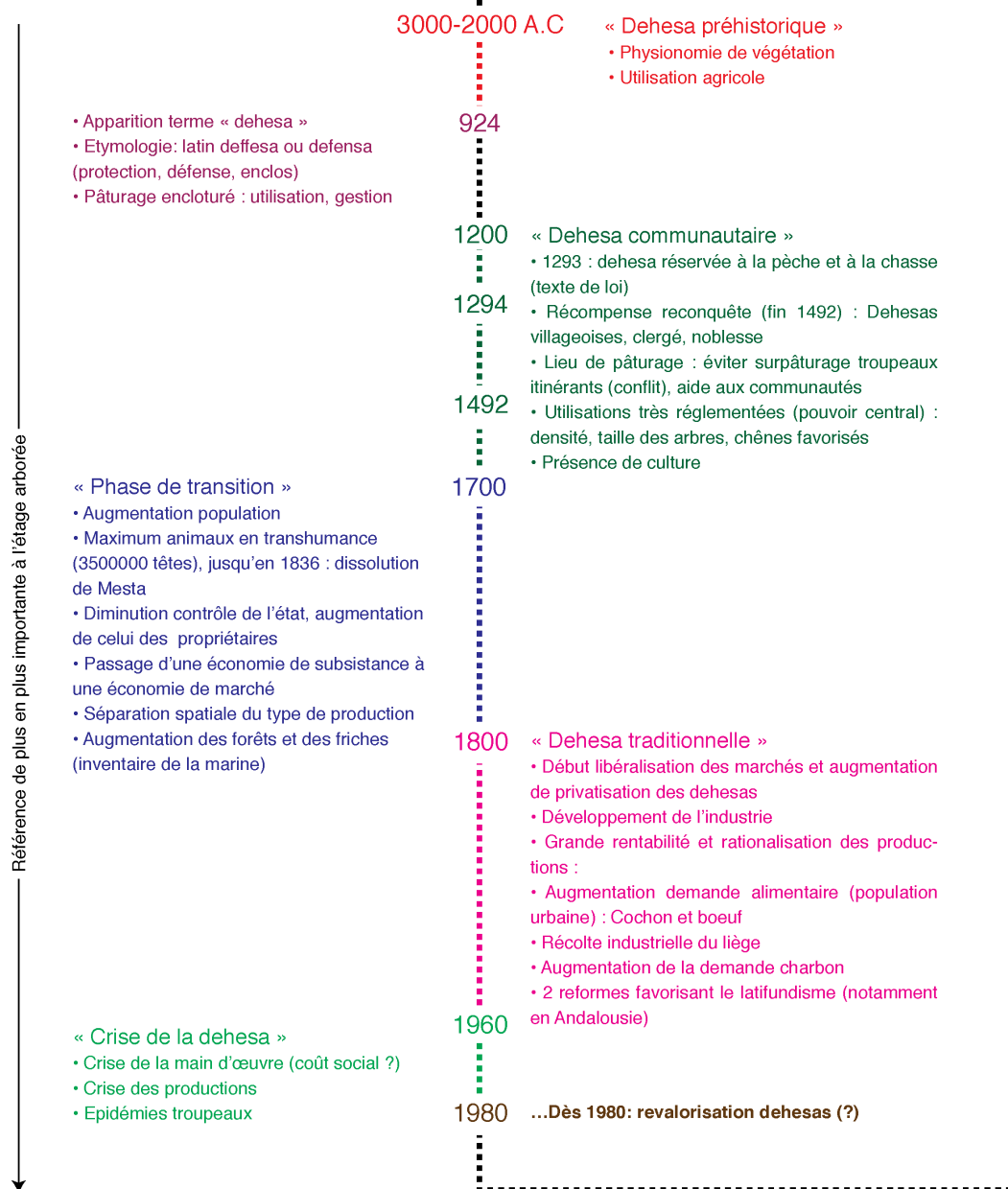


FIGURE 1.7 – Chronologie des différentes périodes et points clés de la dehesa

1.5 Crises et évolutions récentes des dehesas

Comme nous l'avons vu plus haut ce système dépend d'une abondante main d'œuvre (conduite des troupeaux, travail sur la végétation) en l'absence de marges élevées de ses productions. Dans une économie industrielle, sa rentabilité s'explique par l'utilisation de travailleurs peu rémunérés. Mais ce système va connaître une série de crises qui vont, dans les années 1960, le remettre en cause (JOFFRE, VACHER et al. 1988 ; GROVE et RACKHAM 2003 ; VINCENTE MARTÍN et FERNÁNDEZ ALÉS 2006 ; SCHRÖDER 2011). Une partie de sa main d'œuvre va migrer dans les villes et les régions d'industries. Ensuite, sous le « franquisme tardif » la mécanisation, alors peu présente, va favoriser une spécialisation des terres (SANTIAGO BUJALANCE 2004). Elle est accompagnée de l'arrivée d'intrants et de compléments alimentaires. La demande en charbon diminue au profit d'autres sources d'énergie. Les arbres et les pratiques associées productrices de ressources, perdent alors de leur intérêt et peuvent devenir une contrainte. On assiste alors à une spécialisation des terres (PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; EICHHORN et al. 2006 ; PLIENINGER 2007). Au début des années soixante une forte épidémie de fièvre africaine (fièvre catarrhale) va toucher les troupeaux de moutons et porter un coup important à une des productions clef de ce système. Conjointement les modes alimentaires vont favoriser des troupeaux de bovins dont la conduite est souvent plus simple. Ces mutations sont également observées dans les *montados*, les dehesas portugaises (PINTO-CORREIA 2000). Puis, il semble qu'un nombre important de dehesa ait été « déforesté » au profit de monocultures classiques, pour la plantation d'eucalyptus (légale ou sauvage) ou encore pour devenir des grands domaines de chasse (le matorral y est alors favorisé) (Grove et Rackham, 2001 ; Plieninger et Wilbrand, 2001 ; Eichhorn et al., 2006) Enfin, les politiques agricoles au niveau européen (Politique Agricole Commune ou PAC) avec l'entrée de l'Espagne dans l'union européenne (1986), et également au niveau national puis territorial, vont avoir des effets sur les dehesas (BLONDEL et ARONSON 1999 ; PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; EICHHORN et al. 2006 ; PLIENINGER 2007).

1.6 Politiques agricoles européennes et espagnoles

En 1986, le gouvernement régional Junta de Extremadura est le premier à légiférer sur le sujet. Il essaie de revitaliser les exploitations et l'emploi dans les dehesas en lançant

alors la loi des dehesas (Comunidad Autónoma de EXTREMADURA 1986). Cette loi donne une définition légale des dehesas (surface agraire avec des pratiques extensives de plus de 100 hectares) et définit des règles de gestion. On retrouve un contrôle des arbustes du matorral, la nécessité de tailler les arbres et des pressions de pâturage à ne pas dépasser. Cependant cette loi n'est pas appliquée et est très mal perçue par les agriculteurs (PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; PLIENINGER, MODOLELL Y MAINOU et KONOLD 2004). Par la suite en 1996, deux décrets viennent compléter ce texte. Le premier du 23 avril (Comunidad Autónoma de EXTREMADURA 1996a) encourage une agriculture extensive et traditionnelle avec l'utilisation de variétés locales. Le deuxième (Comunidad Autónoma de EXTREMADURA 1996b), en légère contradiction avec le premier, interdit dans les zones en reforestation le pâturage pendant 20 ans.

En Andalousie, un pacte pour la dehesa a vu le jour en 2005 (ANDALUCÍA 2005). Il reconnaît la dehesa comme un exemple de cohabitation soutenable⁷ entre l'homme et l'environnement. C'est une démarche volontaire et non contraignante fonctionnant plus sur le principe d'une charte : s'engage dans ce pacte qui veut, il n'y a pas de contrôle. Il sera suivi d'une loi sur la dehesa en 2010 (ANDALUCÍA 2010) et un plan andalou pour la dehesa (ANDALUCÍA 2016) est actuellement en discussion. En Andalousie, dans les deux définitions qu'elle utilise la loi n'indique pas de surface minimale (100 ha dans le cas de l'Extremadure). Elle parle dans un premier temps de « *formación adehesada* » comme une superficie forestière occupée par un couvert allant de 5% à 75% composé principalement de chênes verts, chênes lièges, chênes fagins ou oléastres qui permet à une strate herbacée d'être utilisée par un troupeau domestique ou cynégétique⁸. Puis elle définit la dehesa comme l'exploitation de cette formation « *adehesada* » par un élevage extensif utilisant à la fois les pâturages et les produits des arbres (glands, branchages). Ces définitions sont très larges, la strate herbacée caractéristique la différenciant d'un matorral ou d'une formation forestière n'est pas davantage précisée (couverture, espèces ?). Ce texte propose la mise en place d'un « plan de gestion intégral », équivalent à un plan d'aménagement

7. « *La dehesa es un paisaje humanizado que constituye un ejemplo de óptima convivencia del hombre con el medio ambiente, modelo de una gestión sostenible en la que se utilizan los recursos que ofrece la naturaleza sin descuidar su conservación.* » (ANDALUCÍA 2005).

8. « *Formación adehesada : Superficie forestal ocupada por un estrato arbolado, con una fracción de cabida cubierta (superficie de suelo cubierta por la proyección de la copa de los árboles) comprendida entre el 5% y el 75%, compuesto principalmente por encinas, alcornoques, quejigos o acebuches, y ocasionalmente por otro arbolado, que permita el desarrollo de un estrato esencialmente herbáceo (pasto), para aprovechamiento del ganado o de las especies cinegéticas* » (ANDALUCÍA 2010, p. 8).

forestier. A notre connaissance il n'a été mis en place que sous forme d'expérimentation et il est donc difficile d'en faire le bilan. Il sera utilisé, une fois défini dans le plan andalou pour la dehesa comme pré-requis pour certaines subventions et aides.

Au niveau européen, Eichhorn et ses collaborateurs signalent une volonté, au moins dans les textes, de revaloriser les zones agroforestières et les dehesas (EICHHORN et al. 2006). Cependant, non reconnues jusqu'en 2006, les dehesas n'ont pas été favorisées. Les mesures de la PAC à, travers son premier pilier, favorisaient les zones de monoculture au détriment des systèmes plus complexes. Les dehesas peuvent également prétendre aux mesures agro-environnementales mais ces mesures ne font pas le poids face aux mesures « classiques » du premier pilier (PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; EICHHORN et al. 2006). La nouvelle PAC (2015-2020) inclut une aide à l'agroforesterie dans son second pilier, (article 23 du règlement n° 1305/2013) mais elle concerne la mise en place de système agroforestier et non un maintien. En parallèle, la reclassification de certains pâturages arborés en « forêt », donc inéligibles et l'application d'un coefficient minorant l'aide reçue dans le cadre où des espèces « non pâturables » seraient présentes dans les prairies permanentes déclarées va plutôt en défaveur des systèmes agroforestiers extensifs (RUIZ et GUY 2015). Il est même triste de constater que des parcelles mises en défens pour favoriser la régénération de la strate arborée peuvent être exclues des aides « découplées » de la PAC (RUIZ et GUY 2015).

Il est certain qu'il existe des signaux d'une meilleure intégration de systèmes comme la dehesa dans les lois et dans les politiques. Cependant ces signaux restent faibles en terme d'action et ne risquent pas de mieux tenir compte de leur particularité au sein d'une PAC dont le budget se réduit.

1.7 Vers un renouveau des dehesas ?

Ces politiques accompagnent un mouvement de revalorisation des systèmes agroforestiers dont les dehesas prennent part. Leur valeur écologique est maintenant reconnue : c'est un habitat d'intérêt communautaire hébergeant une importante diversité spécifique et contribuant à une diversité paysagère. Il en va de même pour des valeurs esthétiques et de contribution aux identités espagnoles. C'est, ce qu'attestent, tout imparfait qu'ils sont, les différents textes de lois évoqués. Les productions associées ont également connu une

forte revalorisation. C'est, bien sûr, le fameux « *jamon ibérico* » de label « *pata negra* » mais aussi des productions plus spécifiques mais néanmoins primées comme le *bosqueño*, fromage au lait de brebis ou de chèvres, est un des nombreux exemples. C'est dans ce contexte de renouveau, encore incertain face à des tendances lourdes bien présentes en Espagne comme l'intensification et la spécialisation des terres, que c'est posé la question de la durabilité des systèmes agroforestiers. Très vite, il a été pointé du doigt l'absence de renouvellement des peuplements arborés associés via l'absence de régénération naturelle que nous allons voir dans le prochain chapitre.

« Le discours qui cache ce qu'il sait (au lieu de cacher ce qu'il ignore) aurait précisément valeur « théorique » en tant qu'il pratique ce qu'il sait. »

Michel de Certeau, *L'invention du quotidien* (1990, p. 96)

2

La régénération naturelle entre modèle, description de la réalité et mesure du bon usage de la forêt

L'absence de régénération naturelle dans les peuplements agroforestiers méditerranéens est un (si ce n'est le) problème affectant à long terme la durabilité de ces peuplements (EICHHORN et al. 2006 ; F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). La vision « simpliste »¹, premier niveau d'explication, d'une incompatibilité entre des « charges » pastorales, supposées toujours trop lourdes, et la régénération permet de moins en moins de cacher notre ignorance de l'ensemble des processus en cours (DUCREY 1992 ; F.M.V. PARDO 1998 ; F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Que peuvent donc être ces processus ?

1. « *Todos comprendimos que los primeros estadios de la planta son incompatibles con la altas cargas de ganado estante o caza y que los ruminantes solo permiten el desarrollo de plantas palatables cuando estas abundan en los momentos criticos, sobre todo veraniegos. [...] Era pues, una vision plana solo sustentada en principios generales que no daban respuesta a preguntas elementales que apenas eran esbozadas.* » Miguel Elena Rosello, Prologue dans F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003.

Nous proposerons dans ce chapitre une présentation de la régénération naturelle, ses définitions et ses origines puis nous expliquerons comment les séries de végétation peuvent l'intégrer pour terminer par son acceptation actuelle autour du cycle reproductif.

2.1 Les définitions des manuels

La définition de la régénération forestière donnée par André Metro (METRO 1976) dans son livre sur la terminologie forestière est la suivante :

« ((On appelle)) régénération, ((le)) renouvellement naturel d'un peuplement forestier par voie de semence, ou ((le)) renouvellement artificiel d'un peuplement forestier par semis ou par plantation effectué manuellement ou mécaniquement. On appelle « régénération naturelle » le premier phénomène de renouvellement et « régénération artificielle » le second ; le peuplement provenant de régénération naturelle est dit « peuplement de régénération naturelle »

La régénération qualifiée de naturelle est un renouvellement spontané du peuplement forestier par voie de semences qui s'oppose au renouvellement qualifié d'artificiel. Elle correspond à la fois à une série de processus et à son résultat : le peuplement.

Da Lage et Métaillé (2000), dans leur Dictionnaire de Biogéographie végétale, donnent une définition similaire, du mot « régénération » :

*« 1. Renouvellement d'un peuplement de futaie par semis, naturel ou artificiel, ou par plantation
2. Le peuplement issu de ce renouvellement. »*

Chez ces auteurs, la régénération est aussi une série de processus et un résultat de ces processus. Quatre modalités sont évoquées pour ce renouvellement, dont la modalité naturelle. À la lecture de cette définition, il n'apparaît pas clairement de savoir si ces modalités sont antinomiques ou compatibles. Les auteurs précisent que le peuplement renouvelé relève du régime de la futaie. Cette définition biogéographique et sa proche parente, la sylvicole, peuvent-elles s'appliquer au cas de systèmes agroforestiers méditerranéens ? Afin de répondre à cette question nous allons nous pencher sur l'histoire de cette notion de régénération.

2.2 Régénération naturelle : une technique sylvicole

2.2.1 Du repeuplement à la régénération naturelle

La régénération naturelle est en premier lieu une technique institutionnalisée par les écoles de sylviculture française et prussienne au début du 19^{ème} siècle. Contrairement à ce qu'écrivent Larrère et Nougarede (1993) ce ne sont pas les premiers professeurs de l'école forestière de Nancy qui la développent mais Georg Ludwig Hartig, professeur de sylviculture et inspecteur des forêts pour la Famille Orange-Nassau. Dans un manuel daté de 1791 (*Anweisung zur Holzzucht für Förster Marburg*), Hartig présente pour la première fois un moyen de repeuplement des forêts à travers les semences produites par le peuplement précédent sans passer par une plantation ou un semis. La première page de cet ouvrage, après l'introduction, commence ainsi :

« *Le repeuplement des forêts a lieu de deux manières :*

1. *Naturellement,*

Par les semences qui tombent des arbres ;

2. *Artificiellement,*

Par l'exploitation du bois en taillis ;

Par les semis des graines récoltées ;

Par les plantations ;

Et par des boutures. » (HARTIG 1791, p. 1)

Hartig y consacre ensuite la moitié de son ouvrage. On y retrouve, de manière assez frappante, les définitions données plus haut ainsi que l'opposition entre naturel et artificiel. L'« artificiel » comprend les semis et les plantations mais également le renouvellement par la voie végétative (référence au taillis et aux boutures). La distinction entre artificiel et naturel n'est ici pas évidente : l'humain intervient dans toutes les méthodes et la multiplication végétative est une caractéristique des essences prises pour modèle par Hartig (chêne et hêtre).

La nature nous semble être, chez Hartig, une justification d'une méthode au détriment des autres. Celle-ci a :

« *la supériorité des principes dictés par la nature, et dont je vais donner l'explication dans les chapitres suivants.* ».

La préférence, qu'il a également pour la forêt que produit cette méthode, la futaie,

n'est pas nouvelle. On la retrouve déjà dans « *Des semis et Plantations* [...] » de Duhamel du Monceau (1760). Mais alors que Duhamel du Monceau critique les méthodes de multiplication végétative pour prôner les semis et les plantations, Hartig va critiquer ces dernières et leur préférer le « repeuplement naturel ». Ses critiques portent sur le coût des semis et des plantations et comme le notent Larrère et Nougarede (1993), pour les premiers professeurs de l'école forestière de Nancy, sur le côté trop « artificiel » de ces derniers alors que cette opposition artificiel/naturel était très peu évoquée par Duhamel du Monceau.

La première occurrence de l'association de mots « régénération naturelle » apparaît en 1825 dans le « *Traité général des eaux et forêts* » de Baudrillart (1825). L'auteur, connu pour être l'un des rédacteurs du code forestier de 1827, était aussi le traducteur² et un fervent partisan d'Hartig (PARDÉ 1996). Nous supposons que le passage de « repeuplement » à « régénération » est dû à l'influence de l'ouvrage du géographe François Antoine Rauch³ : « *Régénération de la nature végétale* » (RAUCH 1818) que Baudrillart cite abondamment. Comme pour Hartig, la nature y est beaucoup évoquée et c'est de son observation que découle le principe de régénération :

« Si on observe, dit Mr Hartig, la marche de la nature dans le repeuplement des forêts, on remarque que les semences, après leur parfaite maturité, tombent des arbres, et qu'elles donnent naissance à de jeunes plants » (BAUDRILLART 1825, p. 105).

De même, évoquant le repeuplement naturel Hartig (1791) note que :

« c'est celui qu'indique la nature [...] il serait suffisant ; nous n'aurions pas besoin d'employer les bras des hommes pour repeupler les forêts, si nous n'exigions d'elle au-delà de nos besoins naturels. » (p)

C'est une vision romantique : une restauration du lien entre le monde vivant et les hommes. La nature suffirait à nos besoins si nous n'avions pas brisé ce lien. La régénération naturelle devient dans ce même temps la mesure du bon usage, presque de la durabilité des forêts, même si le mot n'est bien entendu pas employé à cette époque.

2. Nos citations proviennent de sa seconde édition en français (HARTIG 1805).

3. Pour plus d'information concernant François Antoine Rauch et cet ouvrage il est possible de consulter ce rapport que R. Larrère lui consacre (G. LARRÈRE 1985).

2.2.2 La régénération naturelle est-elle incompatible avec le pâturage ?

Ce sont encore Larrère et Nougarède (1993) qui nous guident vers cette question par leur affirmation :

« La régénération naturelle suppose que le bétail ne broute pas les semis. Convaincus d'avoir le Droit et la Science avec eux, les ingénieurs issus de Nancy vont s'engager dans une vague d'offensives contre les pratiques, irrationnelles à leurs yeux, des ruraux ... et se heurter à forte résistance. » (R. LARRÈRE et O. NOUGARÈDE 1993, p. 80–81)

Les trois précurseurs des sciences forestières, Duhamel de Monceau, Hartig et Baudrillart, sont unanimes effectivement pour dénoncer le pâturage en forêt, sous presque toutes ces formes : pâturage, pacage et panage. Selon eux, les troupeaux domestiques (et les enfants pour Duhamel du Monceau) vont manger, tasser la terre, ou écraser les jeunes arbres. Cependant, ils ne réduisent pas ces usages à une forme de prédation. Le pâturage, si on intègre sa conduite, peut être bénéfique pour la mise en place de la régénération naturelle. Il l'est comme un moyen de contrôle des plantes et de travail du sol :

« Ce parcours de gros bestiaux est non seulement sans danger, mais il est même très utile dans beaucoup de cas, parce qu'il donne lieu au piétinement de la couche de terre végétale, qui est ordinairement très veule, et parce les bestiaux détruisent les herbes et les plantes nuisibles. » (BAUDRILLART 1825, p. 107)

La méthode par régénération naturelle, et son extension en aménagement en futaie régulière par contenance, est même évoquée comme permettant le pâturage en forêt car il est possible de mettre en défens les parcelles en régénération à la différence d'un jardinage pratiqué sur l'ensemble de la forêt :

« L'exercice du pâturage n'empêche pas la régénération et l'accroissement de la forêt, pourvu seulement qu'on ait l'attention de défendre les coupes âgées de moins de 25 ans de l'introduction des bestiaux. » (BAUDRILLART 1825, p. 124)

Pour ces auteurs le pâturage s'inscrit dans des droits d'usages qui sont souvent en opposition apparente avec le droit de propriété qu'ils défendent (VIVIER 19976). Leurs attaques contre les droits d'usages les rendent souvent myopes sur les causes des déboisements :

« *Les usagers [...] que l'on compte souvent par milliers dans la forêt [dans les Pyrénées], portent à sa conservation un intérêt d'autant plus léger, que la jouissance en est plus divisée.[...] Les forêts de ces montagnes étaient, sous le règne de Louis XIV, en état de fournir du bois de construction et de mâture pour l'entretien de toutes les flottes de l'Europe; elles alimentaient cent seize grandes forges à fer, et le bois de chauffage y était commun, qu'il ne coûtait aux habitants que la peine de le couper : c'est ce qui est constaté par diverses pièces authentiques. Maintenant ces forêts ne présentent plus que des très faibles ressources à la marine française; les forges réduites à soixante dix sept, chôment une partie de l'année à défaut de combustible.* » (BAUDRILLART 1825, p. 476).

Ce seraient les « *usagers* » qui seraient la cause du déclin des forêts pyrénéennes et pas les 116 forges ni les besoins de la marine ! Le rôle de ces derniers a par la suite été démontré (J.-P. MÉTAILIÉ 2006). Bien qu'en accord avec Larrère et Nougarede (1993) il nous semble important de nuancer leurs conclusions. La régénération naturelle, qui va servir de base à l'établissement d'une « *Science* », légitime l'action des ingénieurs de Nancy. Elle n'interdit pas plus que les semis ou les plantations, les usages pastoraux en forêt.

2.2.3 Régénération naturelle : du côté des sociétés pastorales

Les sources que nous avons utilisées ne nous permettent pas d'appréhender les connaissances et pratiques des sociétés pastorales en France et en Allemagne concernant la régénération naturelle. Il est cependant possible de dire que ces connaissances existaient, comme l'indique un récit que nous fait Buffon :

« ... *Le baliveaux [le recit se passe dans un cas de multiplication végétative avec mise en réserve par balivage] avoient donné beaucoup de Gland : il n'en fit point ramaffer; mais dans l'automne, il fit faire dans toutes les clairieres des foffées de six pouces de profondeur & affez étroits, auxquels on donnoit toutes fortes de directions, comme on le peut voir figure 123; on avoit feulement l'attention d'étendre un peu fur le terrain la terre qu'on tiroit des foffés, afin de recouvrir les Glands qui s'y étoient répandus au hazard. Au printemps fuivant, on vit lever dans toutes les clairieres une grande multitude de chênes;*

Et comme on défendit l'entrée du bétail dans ce bois, je suis persuadé qu'une partie fera venue à bien. (BUFFON 1742, p. 355) »

Il est possible qu'Hartig se soit inspiré, tout en améliorant le système, de pratiques plus anciennes. La régénération naturelle a été définie par la sylviculture tempérée dans une volonté de prescrire des « bons » et des nettement moins « bons » usages en instrumentalisant la nature. Les forestiers ne sont cependant pas les seuls à étudier la dynamique de la végétation. À la même époque, les pionniers de l'écologie commencent leurs premiers travaux. Que proposent-ils ?

2.3 Régénération naturelle : de la sylviculture à l'écologie

La distinction entre précurseurs des sciences forestières et des sciences naturelles n'est pas, au 18^{ème} siècle, si évidente. On doit ainsi à Buffon dans un « Mémoire sur la culture des forêts » (BUFFON 1742), la description de ce que l'on appellera plus tard une succession : les peupliers précèdent les chênes et les hêtres. Puis c'est avec Dureau de la Malle (1825) et chez le géologue danois Steenstrup que Clements (1916) et Cowles (1911) localisent la première occurrence, dans un sens proche du leur, du terme de « succession ». Nous verrons plus loin que pour ces auteurs un type de succession et la régénération sont très proches. C'est aussi à cette époque qu'ils estiment que la géographie des plantes forme ce courant dont ils se revendiquent : la géographie dynamique des plantes.

Dureau de la Malle (1825) en s'appuyant sur « l'alternement » des récoltes des plantes annuelles en agriculture, définit une « succession alternative des diverses espèces dans le même sol » qu'il illustre grâce, entre autres, à son expérience de sylviculteur. Il appelle « l'Alternance » ou « succession alternative » ce qu'il propose comme une « loi générale de la nature ». Dans ses futaies de chênes et de hêtres une fois la coupe effectuée, poussent d'autres essences auparavant absentes :

« On ne laisse en baliveaux que des Chênes et des Hêtres pour semer et reproduire ; cependant à peine la futaie est-elle abattue, que le sol se couvre uniquement en plantes et en sous arbrisseaux, des Genets, des Digitales, des Seneçons, de Vaccinium et de Bruyères ; enfin en arbres de bois blanc, Bouleaux et Trembles. On abat ces bois blancs au bout de trente ans ; à peine succèdent-ils quelques arbres à bois dur ; ce sont toujours des Bouleaux et des

Trembles. Trente ans après, même destruction et même reproduction. Ce n'est qu'à la troisième coupe du taillis, après quatre-vingt-dix-ans, que les Chênes et les Hêtres, les bois durs enfin, ont reconquis leur patrie, ils restent maîtres du terrain sans partage, et ils étouffent tous les bois blancs qui voudraient l'usurper. Il faut donc 290 à 330 ans, pour avoir sur le même terrain deux coupes de futaies. » (DUREAU DE LA MALLE 1825, p. 357)

Cela surprend d'autant plus l'auteur qu'il n'y a pas de porte-graines d'essences de bois tendre à porter. On peut voir dans cette narration un rapprochement avec la régénération naturelle, définie comme l'ensemble des processus conduisant au renouvellement des peuplements. Peut-on établir des liens entre la succession et la régénération naturelle ? Réciproquement, comment la régénération naturelle s'inscrit-elle dans les théories de la succession ?

2.3.1 La controverse Clements/Gleason : Holisme versus Réductionnisme

Cowles (1911) et Clements (1916) développèrent les premières théories sur les successions. La théorie du second, plus emblématique, a été critiquée et analysée par des disciplines de tous bords et il peut paraître surprenant encore de la mobiliser. Cependant sa persistance, malgré les critiques, devrait au moins nous mettre en garde et justifie, au-delà d'un exercice académique, que nous nous y penchions. Clements définit la succession sans ambages comme :

« a universal process of formation development » ou encore comme « the growth or development and the reproduction of a complex organism » (CLEMENTS 1916, p. 3).

Le sens de « *formation* » n'est pas évident chez lui : c'est une unité de végétation postulée comme organisme. Ce postulat, assumé, est selon lui nécessaire pour développer l'étude de la végétation. Grâce à cette forte analogie⁴, découle l'étude de la « croissance », du « développement » et de la « mort » de la formation. Il nous faut insister ici - ce n'est pas uniquement à la suite d'observations - comme le note Yanni Gunnell (2009), que Clements développe sa théorie mais bien à partir d'un postulat qui s'opposait aux

4. Une analyse critique de cette analogie a été faite par Jean Marc Drouin (DROUIN 1993). Cowles préférera la « société des plantes », analogie différente.

conceptions fixistes antérieures. La formation est censée évoluer vers un état stabilisé, à l'équilibre, dépendant du climat : le climax. Ce dernier est censé être atteint quand une espèce est tellement dominante qu'elle empêche les autres de s'installer. Nous reviendrons plus tard avec Gleason et des biogéographes français, plus contemporains, sur la critique de cette notion et plus largement des successions.

Clements propose d'utiliser le terme « *sere* », comme unité/résultat et de garder celui de succession pour désigner les processus. L'auteur parle de « causes », contrôlant les changements dans la succession :

1. La « *Nudation* » : mise à nu de la végétation d'un site
2. La « *Migration* » : l'arrivée de plantes sur un site disponible
3. L'« *Ecesis* » : l'adaptation de la plante à sa nouvelle maison⁵ qui regroupe la germination, la croissance et la reproduction
4. La Compétition : interaction entre les plantes pouvant éliminer des espèces
5. La Réaction : modification du milieu par les plantes conduisant la succession

La succession peut être primaire ou secondaire en fonction de la source qui génère la « nudation ». Primaire correspond au cas où la succession commence par une « invasion » (colonisation) par les plantes sur un substrat vide de propagules et secondaire lorsqu'il y a déjà des propagules. La migration est liée, entre autres, à la production de graines et leur consommation par des petits rongeurs. Clements interprète d'ailleurs les pics de production de graines (les fortes glandées par exemple), comme un moyen permettant d'éviter la consommation complète par les rongeurs. Il reprend la distinction entre succession primaire et secondaire à propos de deux cas d'« ecesis » : celui des plantes arrivant sur un sol nu et sans compétition et celui des « plantes sociales » liées à des « voisines ». C'est juste après la germination, lors la production des premières feuilles, que les difficultés commenceraient pour la jeune plante. Elle pourrait être consommée par des herbivores et particulièrement par des moutons. Elle serait également très sensible à la sécheresse de mi-saison en été. Ces difficultés passées, la phase de croissance ne poserait pas de problème. La reproduction, en concluant l'ecesis, mesurerait son succès et indiquerait l'appartenance de la plante dans un stade de la succession. La compétition, qui n'a lieu chez Clements que quand la demande pour une ressource est supérieure au stock de cette dernière, dépend pour les arbres et arbustes des stades phénologiques de ces derniers.

5. « Ecesis is the adjustment of the plant to a new home » (CLEMENTS 1916).

Au regard de cette synthèse de la dynamique végétale chez Clements, il nous apparaît que de nombreuses passerelles peuvent être établies avec la notion de régénération naturelle. Elle pourrait donc constituer la reproduction de la formation, d'une « sere » et du stade climacique (cf. citation plus bas). Elle serait composée de la « migration » et de « l'ecesis ». On note, comme pour la régénération chez Hartig, que son succès assure la pérennité d'un stade dans la succession : elle valide l'appartenance de la plante à ce stade. Il est très tentant de continuer l'analogie organique et de prendre la définition biologique⁶ de la régénération et de l'appliquer à la formation. Clements (1916) indique également que succession secondaire et régénération sont synonymes :

« **Regeneration.** While the term "degeneration" is both incorrect and misleading, no such objection can be brought against "regeneration" or "rejuvenation." This follows quite naturally from the fact that succession is always progressive, but never retrogressive. A climax formation reproduces itself in whole or in part, depending upon the degree of denudation. When the latter results in the production of a secondary area, the reproduction is essentially that which occurs in the case of a plant regenerated from a leaf, and the term "regeneration" might be applied to all secondary succession.» (CLEMENTS 1916, p. 153)

Il nous faut nous attarder un peu sur le passage traitant de la « *degeneration* ». Il n'y a pas dans la théorie de cet auteur, à la différence de Cowles, de succession régressive. La formation de Clements ne peut que tendre vers le climax, l'organisme ne peut pas régresser⁷. Ainsi une forêt coupée n'est pas une forêt en régression, on ne parle pas encore de dégradation, c'est un autre stade mais cette fois-ci dans une succession secondaire. En plus d'être une théorie de la dynamique de la végétation, c'est une théorie située, le climax dépendant des conditions climatiques régionales. Elle s'inscrit, aussi, dans une démarche holiste⁸.

Une des premières critiques à cette théorie vient de Gleason (1926), ce dernier remet en cause le postulat de base de Clements : la formation n'est pas un organisme. Les deux

6. Reconstitution, par un individu animal ou végétal amputé, de la partie du corps dont il a été privé. (Encyclopédie Larousse).

7. « *Succession is inherently and inevitably progressive* » [...] « *whenever movement does occur it is always in the direction of the climax* » (CLEMENTS 1916, p. 145).

8. « since succession is a series of complex processes it follows that there can be no single cause for a particular sere. ».(CLEMENTS 1916, p. 5).

facteurs qui expliqueraient la végétation ne seraient que les fluctuations dans les migrations de propagules et les fluctuations environnementales. Il y a une grande part de hasard dans la dispersion des graines qui expliquerait l'hétérogénéité dans la structure des formations. On retrouverait une organisation et une structure uniquement à travers des relations de proximité, les nouvelles espèces ayant plus de chance d'arriver quand elles sont proches. Son approche est souvent qualifiée de « continuiste » car elle critique indirectement la zonalité du climat de Clements mais ce terme nous semble trompeur. Gleason se pose peu au niveau de la végétation⁹ (d'où on peut parler de continu/discontinu) mais au niveau de l'individu, il est donc plus dans une logique de centre et de périphérie. Il n'y aurait pas de raisons « inhérentes » pour conforter l'idée que des surfaces terrestres portent la même végétation : la « loi » ne serait que celle des espèces¹⁰. La régénération naturelle ne serait donc liée ici qu'à la démographie et à la propagation de l'espèce concernée.

La controverse entre Clements et Gleason est ancienne, cependant comme Quézel, Médail (2003) et Gunnell (2009) nous pensons qu'elle structure toujours les théories relatives aux successions végétales. On retrouve des

« [...] partisans d'une étude globale de l'écosystème alors considérée comme une entité unique ayant sa dynamique propre et ceux prônant une conception plus réductionniste de l'écosystème, dont les processus doivent être étudiés au niveau des espèces et des populations. » (QUÉZEL et MÉDAIL 2003, p. 294).

Portée sur la régénération naturelle cette controverse oppose une vision de la régénération d'une végétation comme un organisme à une vision où la régénération est portée par la démographie et la propagation d'une espèce concernée.

2.3.2 La régénération : migration entre holisme et réductionnisme

Abandonnée peu à peu par les successeurs de Clements la régénération va refaire surface, en « copie » des forestiers, chez des disciples de Gleason.

9. « As a result, there is no inherent reason why any two areas of the earth's surface should bear the same vegetation, nor any reason for adhering to our old ideas of definiteness and distinctness of plant associations. » (GLEASON 1926, p. 23).

10. « In conclusion, it may be said that every species of plant is a law unto itself, the distribution of which in space depends upon its individual peculiarities of migration and environmental requirements. » (GLEASON 1926, p. 26).

Un abandon par les successeurs de Clements :

Connell et Slatyer (1977) reprennent le travail de Clements. Les critiques et les alternatives proposées par les détracteurs de Clements font, pour eux, la part trop belle à la compétition. D'autres processus peuvent piloter la dynamique et ils proposent de les intégrer. La théorie devient par la même occasion une série de « modèles » testables. La définition de la succession¹¹ perd aussi son orientation, la « nudation » devient une perturbation et ils avancent des « mécanismes » plutôt que des processus de l'analogie organiciste. Les auteurs identifient trois modèles de succession qui peuvent s'entrecroiser. Le premier, dit de facilitation, correspondant à la vision de Clements et de Cowles, intègre le fait que les premières espèces s'installant modifient le milieu et facilitent l'installation des suivantes. Le second, dit de tolérance, est assez proche de ce que proposait Egler (1954), c'est-à-dire que toutes les espèces s'installent en même temps mais que celles dont le cycle de vie est plus long mettent plus de temps à être visibles et à orienter le système. On s'approche aussi dans ce modèle, de ce que proposait Gleason. Le troisième, dit d'inhibition, correspond au cas où les premières installées bloquent l'arrivée des autres. Les auteurs proposent un guide à tester plus qu'une conception d'ensemble et ils reconnaissent, avec des passerelles entre leurs modèles, qu'une séquence peut commencer sur le mode de la facilitation puis s'orienter vers la tolérance ou l'inhibition. Les mêmes espèces peuvent également se retrouver, en fonction de l'étape de leur cycle de vie dans différents mécanismes conduisant ces modèles. La régénération y est mentionnée, de manière anecdotique, comme les processus et les stades de vie de jeunes arbres faisant partie de la communauté biotique.

Du complexe de régénération (Watt 1947) à la niche de régénération de Grubb (Grubb 1977)

Watt propose en 1947 de regrouper ce qui à l'époque est vu comme différentes séries ou différentes communautés comme une seule communauté formant un « complexe de régénération ». Ce complexe étant composé de différents patches, ou phases, liés dans un patron spatio-temporel. Watt ne remet pas en cause la théorie des successions, il propose une distinction entre (i) des séries dont la dynamique dépend de processus internes (ii) et de patches ou phases avec une composition spécifique similaire aux séries mais dont la

11. « succession refers to the changes observed in an ecological community following a perturbation that opens up a relatively large space. » (CONNELL et SLATYER 1977, p. 1119).

dynamique dépend d'autres patchs proches. Il utilise une analogie avec une forêt en « tire-et-aire¹² » :

« we may copy the forester whose normal forest may be defined in terms of areas as one in which equal areas are occupied by a regular gradation of age classes. » (WATT 1947, p. 19)

Ainsi, des surfaces de mêmes classes d'âge feraient le lien entre les patchs qui sont aussi des « phases » aboutissant bien à une communauté spatio-temporelle. Ce type de succession est depuis Watt (1947) souvent référé comme cyclique (GLENN-LEWIN, PEET et VEBLEN 1992).

Comme on peut le deviner, Watt a une conception holistique, à la fois par défaut¹³ et pragmatique : les problèmes qui se posent à la société ne sont pas des problèmes d'un élément mais de l'ensemble. Il est aussi bien conscient de sa position quand il indique que son complexe de régénération produit bien plus que ce que produit la somme de ses patchs. La régénération est encore conçue à travers les concepts de Clements.

Grubb reprend, en 1977, cette idée de régénération dont il attribue l'importance de la prise en compte à Watt, son précurseur botaniste de Cambridge mais aussi aux forestiers : il cite un manuel allemand de 1852¹⁴. C'est, cependant, à travers la question très théorique de la niche écologique qu'il y arrive et non au regard des successions. La niche écologique est un des concepts théoriques qui lie les espèces aux écosystèmes (FRONTIER et PICHOD-VIALE 1995) ou aux espaces (ALEXANDRE et GÉNIN 2012). Selon Grubb, les botanistes auraient des difficultés à accepter le principe d'exclusion de Gause¹⁵ car les plantes utiliseraient toutes les mêmes ressources, elles coexisteraient (il n'y aurait donc pas d'exclusion). Or, leur raisonnement ne prendrait pas en compte le phénomène de régénération dans les communautés végétales. C'est lors de cette régénération que s'observerait le principe de Gause, l'exclusion ne s'observant plus chez des individus adultes. Il faut aussi noter que les conditions d'établissement des jeunes arbres ne sont pas nécessairement les mêmes que celles des adultes. À la différence de son mentor, il prend une

12. Le « tire-et-aire » est une forme d'exploitation forestière « en contenance », le principe étant de couper toute une aire d'un coup. La parcelle reboisée est censée être homogène en âge et à l'échelle de la forêt on devrait retrouver une gradation d'âges.

13. « *The ultimate parts of the community are the individual plants, but a description of it in terms of the characters of these units and their spatial relations to each other is impracticable at the individual level.* » (WATT 1947, p. 1).

14. Heyer G., 1852 : Verhalten der waldbäume gegen Licht und Schatten.

15. Deux espèces ne peuvent coexister dans une même niche écologique.

position réductionniste et « gleasonienne » : quand un individu meurt, qu’advient-il de sa place ?

En se basant sur les trouées produites par un chablis, reprenant un des cas de Watt (une forêt de hêtres), il propose le tableau suivant comme liste, non-exhaustive, de processus relatifs à « l’invasion¹⁶ » d’une trouée par des espèces végétales en fonction des caractéristiques de la trouée.

Tableau 2.1 – Processus relatifs à « l’invasion » d’une trouée et caractéristiques de cette trouée (GRUBB 1977, p. 116)

Processus dans l’invasion de la trouée	Caractéristique de la trouée
Production de graines viables :	Temps de formation
Floraison	Taille et forme
Pollinisation	Orientation
Développement de la graine	Type de sol
Dispersion des graines (dans le temps, dans l’espace)	Présence de litière
Germination	Présence d’autres plantes
Développement	Présence d’animaux
Croissance	Présence de champignons, bactéries ou virus

Grubb définit la niche de régénération comme :

« [...] an expression of the requirements for a high chance of success in the replacement of one mature individual by a new mature individual of the next generation, concerning all the processes and characters indicated in table 2 [tableau 2.2]. » (GRUBB 1977, p. 119)

On retrouve ici très clairement les processus et les stades phénologiques, mis en place pour étudier la régénération naturelle dans les peuplements agroforestiers par Plieninger et Pulido (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PLIENINGER 2007). Nous y reviendrons davantage dans le paragraphe 2.4.1 consacré à leurs travaux. La multiplication végétative est indiquée par Grubb comme importante en forêt méditerranéenne, il ne développe cependant pas beaucoup son propos et reste cantonné à des exemples de végétations tempérées. Nous constatons ici la forte percolation des thèses forestières

16. Le mot « invasion », dans le texte de Grubb (1977), était très utilisé depuis au moins Clements, actuellement avec le développement du concept « d’espèces invasives » on lui préfère et on le remplacera par colonisation ou recolonisation.

chez ces deux auteurs. La forêt exploitée en contenu représente ce à quoi doit tendre le « complexe de régénération » et c'est à travers le remplacement d'un individu mature par un autre (cf. définition de Métro donnée plus haut) que l'on retrouve la niche écologique des espèces végétales.

À la même époque, Whitmore (WHITMORE 1974) propose un cycle de croissance de la forêt basé sur le cas des forêts tropicales humides asiatiques. Le cycle est celui-ci : une phase de trouée (« *gap phase* »), qui filtre les espèces capables de coloniser et de s'y établir, suivie d'une phase de croissance (« *building phase* »), compétition entre les arbres, et une phase mature (« *mature phase* ») où l'importance pour les essences est le maintien, le contrôle de la canopée et la modification du sol. L'analogie organiciste, sans être mentionnée nous semble bien présente. Ce n'est cependant plus au sein de la formation qu'elle se trouve mais dans la trouée. Ce cycle se retrouve très proche de ce que propose, du point de vue théorique, Grubb.

C'est dans la trouée et ce qui la provoque que l'on va retrouver par la suite littéralement et théoriquement, la régénération.

Trouées et perturbations vers une nouvelle vision dynamique ?

Un ouvrage célèbre, dirigé par Pickett et White (1986), marque le tournant de l'écologie vers la théorie des perturbations¹⁷. Ces perturbations sont dans un premier temps « naturelles » mais il est indiqué que la notion de perturbation pourrait s'étendre aux effets de l'activité humaine. C'est, en partie, dans une volonté de proposer une alternative au concept d'équilibre que les auteurs formulent leur théorie. La perturbation est :

« A disturbance is any relatively discrete event in time that disrupts ecosystem, community or population structure and change resources, substrate availability, or the physical environment » (S.T. PICKETT et WHITE 1986, p. 7)

La perturbation pourrait être extérieure ou propre au système (allogène/autogène). Un arbre peut tomber soit à cause d'un chablis soit de mort naturelle générant dans les deux cas une perturbation et ici une trouée dans la couverture forestière. La notion de régénération traverse cet ouvrage, elle est développée à différents niveaux et dans différentes acceptations dans 12 des 21 contributions. Les différentes perturbations et leurs patrons spatiaux commanderaient la régénération, qu'au point en fonction des espèces, il y aurait

17. Il est à noter que les auteurs préfèrent « disturbance » à « perturbation » qui existe aussi en anglais. Les écologues français utilisent cependant perturbation pour traduire « disturbance ».

des stratégies de régénération (RUNKLE 1986 ; VEBLEN 1986) ou des comportements de régénération (Brokaw, 1985). Les auteurs rejoignent Grubb (1977), la régénération des plantes est conditionnée par les perturbations et conduit à leur adaptation et à une « niche de régénération » (BROKAW 1986 ; CHRISTENSEN 1986). Les trouées peuvent être colonisées après la perturbation mais les auteurs mentionnent également l'importance de la banque de graines ou de l'« *advanced regeneration* », les jeunes arbres déjà présents (BROKAW 1986 ; CHRISTENSEN 1986 ; RUNKLE 1986).

Cette version de l'écologie, sans équilibre, est actuellement toujours la version dominante (WORSTER 1994 ; GUNNELL 2009 ; ALEXANDRE et GÉNIN 2012).

Peu de temps après, Pickett et d'autres collaborateurs (1987) proposent une modification de la théorie des successions. Ils souhaitent intégrer les perturbations et sortir des modèles de Connell et Slatyer (1977). Il faut rappeler que Clements évoquait déjà les perturbations à travers ce qu'il appelait la « nudation », mais que l'article dominant de l'époque, celui de Connell et Slatyer, n'y faisait presque pas référence. La définition de Pickett et de ses collaborateurs est très proche de celle de Gleason :

« *succession is fundamentally a process of (1) individual replacement and (2) a change in performance of individuals. Successional processes are essentially demographic, and have complex relations to biotic and physical environments.[...] This view of succession is an old one (Gleason 1917), but it has been verified and effectively used to explain particular seres only rather more recently.* » (S.T. PICKETT et WHITE 1986, p. 347)

Ils empruntent cependant à Clements une partie de la classification des causalités mais en gardant les mécanismes de Connell et Slatyer, devenus ici inclusifs¹⁸. Ces mécanismes ne sont plus organisés autour des modèles de facilitation, tolérance et inhibition mais dans une hiérarchie (« *mechanistic hierarchy* »). Cela éviterait un biais finaliste et permettrait leur incorporation dans une hiérarchie structurant les processus en allant du général au particulier. Ils proposent donc un tableau à plusieurs niveaux (Tableau n° 2.2). Le premier niveau propose des réponses à : « Quelles sont les causes des successions ? ». Le second est construit autour des réponses à : « Quels sont les interactions, les processus ou les conditions contribuant aux causes générales contribuant aux successions ? ». Enfin le troisième propose un catalogue de facteurs influençant les processus du second niveau.

18. « *Without mechanistic inclusiveness, and linkages between different aspects of successional process,*

Tableau 2.2 – Hiérarchie des trois niveaux de mécanismes guidant les successions d’après Pickett et col. (1986)

Niveau I : Causes de succession	Niveau II : Processus ou conditions	Niveau III : Facteurs influant
Disponibilité de sites à coloniser	Perturbation de grande ampleur	Taille, sévérité, temps, dispersion
Disponibilité différentielle des espèces	Dispersion	Configuration du paysage, agent de dispersion
	Réserve de propagules	Temps depuis la dernière perturbation, utilisation du sol
	Disponibilité des ressources	États du sol
Performance différentielle des espèces	Écophysologie	Besoin germinatif, taux d’assimilation, taux de croissance, différentes populations
	Stratégie d’histoire de vie	Patron de répartition, minutage de la reproduction, mode de reproduction
	Stress environnemental	Cycles climatiques, histoire du site, occupants antérieurs
	Compétition	Hiérarchie, présence de compétiteurs, force des compétiteurs, perturbation dans la communauté, prédateurs et herbivores, ressource de départ
	Allélopathie	Chimie des sols, structure du sol, microbes, espèces voisines
	Herbivorie, prédation et maladie	Cycles climatiques ou des prédateurs, vigueur et défenses des plantes, composition de la communauté, fragmentation

Sans surprise, la première cause de succession est liée aux perturbations. Non mentionnée, la régénération apparaît cependant dans la « disponibilité différentielle des espèces » puis dans la « performance différentielle des espèces ». Elle regrouperait donc plusieurs mécanismes.

Malgré la volonté hiérarchique, certains mécanismes, comme les prédateurs, sont dans les niveaux II et III. La relation entre les espèces est surtout abordée à travers la compétition.

Dans la continuité des perturbations, les modes de régénération

À partir de son expérience dans les forêts chiliennes de *Nothofagus*, Veblen dans le livre de Glenn-Lewin (1992) reconnaît trois modes de régénération : par catastrophe, par trouée et en continu (la succession cyclique de Watt). La régénération par catastrophe correspond au cas où la régénération a lieu après une grosse perturbation (type éruption volcanique). La régénération par trouée décrite plus haut, correspond à des éboulis ou des projections de rejets volcaniques. Enfin, la régénération continue est présente lors d'un recrutement continu. Veblen indique que c'est dans le cas où la lumière n'est pas un facteur limitant dans des forêts ouvertes. C'est dans une réflexion sur les perturbations et la stabilité que Van der Maarel (VAN DER MAAREL 1993) propose une « *régénération succession* ». Elle correspond à un type de succession secondaire. Cette succession se met en place lors de perturbations à l'échelle du paysage. Elle correspond à un retour total d'une communauté mature après une perturbation. Elle peut se produire au niveau des patches, de la population et des communautés. Dans ce cas, la régénération est mobilisée pour théoriser un retour à un état et, d'une certaine manière, à la notion de stabilité.

Une des différences dans les écrits avant et après l'émergence de la notion de perturbations tourne autour de la question de l'équilibre. Ce n'est pas surprenant, comme l'a présentée Worster (1994), la position des écologues par rapport à l'équilibre qu'ils assimileraient à une représentation de l'Arcadie (WORSTER 1994), peut être divisée en deux courants. Celui longtemps porté par Odum, autour d'un écosystème à l'équilibre, et celui le critiquant, porté entre autres par Pickett, autour des perturbations (« *disturbance* ») soit un système orienté par des événements extérieurs. Il nous semble que ce sont davantage deux représentations du monde qui s'affrontent qu'un débat sur la régénération. Dans

a complete understanding will not be possible. » (S.T. PICKETT et WHITE 1986, p. 356).

le premier cas la régénération justifie un équilibre, en maintenant en place une végétation, et dans le second elle justifie le déséquilibre en nécessitant une perturbation.

Cette histoire de la régénération naturelle nous apprend comment une technique sylvicole a été naturalisée. Certes elle se rapproche de processus naturel mais il est difficile de prétendre que toutes les forêts se régénèrent naturellement de la même façon. Dans ses théories, la régénération indique toujours la mesure du bon usage voire de la naturalité de la forêt. Dans notre cas la forêt méditerranéenne, ne se régénérant pas spontanément ne serait pas naturelle.

2.3.3 La régénération dans les courants de la biogéographie

En parallèle du développement de la géographie dynamique des plantes, dont nous avons retranscrit les grandes étapes en nous centrant sur la régénération, la géographie dite descriptive a elle aussi continué son chemin. Quézel et Médail (2003), dans leur ouvrage sur l'écologie et la biogéographie des forêts du bassin méditerranéen présentent un point de vue nourri par ces deux courants : leurs influences allant de Grubb à Emberger en passant par Gaussen.

Ils distinguent au moins deux niveaux qui déterminent les dynamiques des ensembles forestiers méditerranéens. Le premier, qu'ils appellent macro ou méso, correspond à l'histoire biogéographique régionale, à la matrice paysagère, aux climats, aux perturbations et à l'histoire récente des pratiques agro-sylvo-pastorales. Le second correspond aux successions forestières dépendant de la dynamique intrinsèque des populations animales et végétales. Les successions sont, pour eux, des :

« Processus de colonisation d'un biotope par un ensemble [de] végétaux occasionnant des changements dans la richesse spécifique et fonctionnelle pour la communauté considéré après une perturbation ou une modification liée à la dynamique interne du système. » (Quézel and Médail, 2003, p 296)

La succession serait conditionnée par des phases critiques dépendantes du cycle de vie des végétaux. La régénération, différenciée par les auteurs entre « voie sexuée ou végétative », est l'une de ces phases. Cette reconnaissance et la place qu'elle prend sur les successions « stricto sensu » est présentée comme une avancée¹⁹. Ils affirment que :

19. « En écologie des communautés le fait que la régénération plutôt que la succession stricto sensu représente le processus central dans la dynamique des communautés végétales a constitué une des avancées majeures de ces dernières décennies selon Grubb » (QUÉZEL et MÉDAIL 2003, p. 302).

« *L'étude des processus dynamiques des écosystèmes forestiers doit reposer de plus en plus sur la prise en compte de la biologie des populations, au moins des espèces majeures (clé de voute) structurant ces écosystèmes.* » (QUÉZEL et MÉDAIL 2003, p. 293)

En somme, à l'importance générale de la prise en compte de la régénération, s'ajoute une importance particulière de la régénération des essences, considérées comme « clés de voute », pour les cas forestiers. L'importance de la voie végétative, déjà notée par Grubb (paragraphe 2.3.2) et ayant pris de l'ampleur avec l'écologie des perturbations est ici bien indiquée. C'est, il faut le noter, quelque chose de nouveau et de propre à la vision des sciences naturelles par rapport aux sciences forestières qui négligeaient cet aspect. Nous verrons plus loin comment les auteurs l'intègrent dans leurs modèles de dynamiques. Ils reprennent la définition d'Ozenda pour la série de végétation :

« *ensemble d'un climax, des groupements qui y conduisent par évolution progressive et de ceux qui en dérivent par dégradation* » (QUÉZEL et MÉDAIL 2003, p. 295)

Les auteurs et leurs précurseurs (BARBERO et al. 1990) distinguent 3 types de structures forestières :

1. Formations de forestières : ce sont des écosystèmes stables malgré une activité anthropique. Dans le cas de forêt sclérophylle ses espèces caractéristiques seraient *Viburnum timus*, *Phillyrea latifolia* et *Osyris quadripartita*.
2. Formations pré-forestières : elles sont les plus communes, fortement influencées par l'homme, elles sont considérées comme des phases de transition. Les espèces la représentant seraient : *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus* sp., *Pistacia terebinthus*, et dans un milieu plus xérophiles : *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus* et *Chamaerops humilis*
3. Formations de pré-steppe : dominées par les genévriers et l'acacia, moins présentes sur notre terrain

Ces trois groupes, dérivés du « climagramme » attribué à Emberger, peuvent être considérés comme végétation potentielle mais aussi comme des étapes dans des successions (en passant de la pré-steppe à la formation pré-forestière pour terminer à la formation forestière). L'adaptation aux perturbations des essences passe par le rejet de souche ou la production d'un nombre important de semences.

Les auteurs (BARBERO et al. 1990) proposent trois modèles « d'occupations spatiales » concernant les forêts : les modèles expansionnistes, de stabilisation et de résistance. Celui expansionniste nous concerne peu, il est conçu autour des peuplements de pins. Il nous faut cependant préciser que c'est en colonisant ce modèle que le modèle de résistance peut s'étendre spatialement. Le modèle de résistance correspond aux peuplements d'oléastres, de chênes sclérophylles (dont *Quercus ilex*) et de caroubiers. Il est caractérisé par une production de graines irrégulière dont la dispersion majoritairement barochorique nécessite un transport par des animaux pour s'étendre. Ces essences dominantes sont résistantes aux perturbations et ont une forte capacité de multiplication végétative. Il est caractérisé par *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Viburnum tinus*, *Phillyrea media*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera* et *Lonicera implexa*. Si les perturbations sont fortes on y retrouvera *Pistacia* sp., *Phillyrea* sp. , *Arbutus unedo*, des espèces de stratégies R comme les *Cistus* sp., *Calycotome* sp. , *Ulex* sp. et *Rosmarinus* sp..

Le modèle de stabilisation est celui des chênes méditerranéens marcescents et du Sapin d'Espagne. Ce sont des essences à forte production de graines mais irrégulière ainsi qu'une maturité sexuelle tardive. Elles sont moins résistantes aux perturbations. Ce modèle est dépendant du modèle de résistance et ses essences de stratégie K prendraient le pas s'il n'y avait pas de perturbation sur les essences du modèle de résistance.

C'est donc le type de perturbation qui oriente, à travers le cycle reproducteur spécifique de différentes espèces, le modèle d'occupation spatiale. Nous restons donc assez proche du courant tenu par Pickett.

Deux des rares travaux intégrant des séries et des interventions humaines sont sur la chênaie verte du Fango en Haute-Corse (DUCREY 1992 ; PANAIŌTIS, LOISEL et PARADIS 1995). Ducrey (1992) base sa conception de la dynamique (cf. figure n° 2.1) sur son expérience. Le point de départ est une forêt de vieux chênes verts, dépérissants, isolés dans ce qui pouvait être un pâturage arboré abandonné ou une futaie de souche, dépérissante, isolée peu dense ce qui est souvent le cas de dehesas. On assiste à une colonisation progressive par les espèces arbustives du maquis, essentiellement l'arbousier et la bruyère arborescente. Dans ce maquis, le chêne vert est présent, vraisemblablement issu de graines, de drageons ou de rejets d'anciennes cépées, en quantité plus ou moins importante et toujours sous forme de cépées enserrées dans le maquis. Une variante avec un stade à résineux pionniers (pin d'Alep) est une autre possibilité. Peu à peu, les houppiers vont émerger

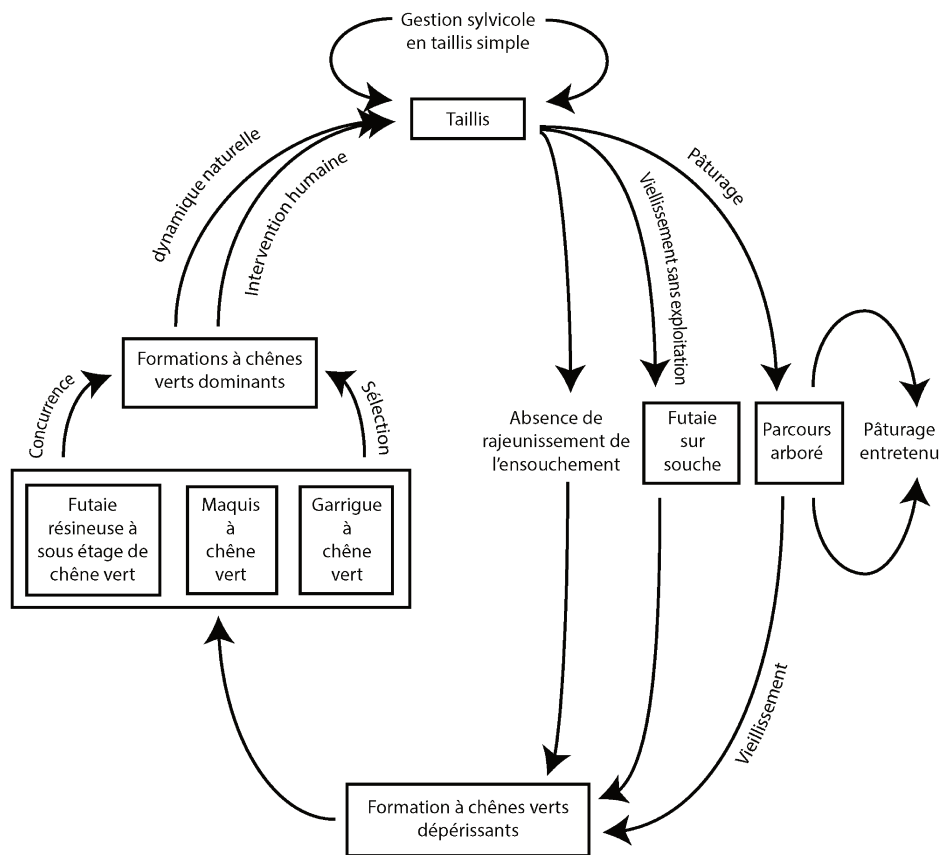


FIGURE 2.1 – « Reconstitutions du cycle d'évolution de l'écosystème « chêne vert » en présence d'une pression anthropique modérée » d'après Ducrey (1992)

du maquis et commencer à le surcimer jusqu'à aboutir, en un temps plus ou moins long selon intervention humaine, à un stade de taillis à sans chêne vert. On assiste ensuite au vieillissement et au passage à une futaie sur souche (stade de sénescence à un âge situé entre 200 ou 250 ans). Dans certains cas *Phillyrea latifolia* peut bloquer le développement des chênes verts. Leur utilisation en bois de chauffage aurait donc favorisé le chêne vert (PANAÏOTIS, LOISEL et PARADIS 1995).

Dans un article de 2004 sur la Sierra de Grazalema, Gallego Fernandez et ses collaborateurs (GALLEGO FERNÁNDEZ, ROSARIO GARCÍA MORA et GARCÍA NOVO 2004) reprennent la distinction entre succession de régénération et succession secondaire. Ils décrivent deux dynamiques : l'une après un feu et l'autre après des coupes sur des sols basiques et acides. Avant la perturbation, les communautés sur sols basiques sont composées d'*Olea europea*, *Quercus faginea*, *Abies pinsapo*, *Juniperus phoenicea* et *oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia* et *latifolia*, *Arbutus unedo*, *Smilax aspera*, *Hedera helix* et *Lonicera*

implexa. Elles sont remplacées, après feu, par un cortège d'espèces pionnières, dans des matorrals « perturbés », dont la stratégie est celle de producteur de graines (« seeder ») pionnières. On y trouverait alors : *Cistus albidus*, *Phlomis purpurea*, *Ulex baeticus*, *Teucrium capitatum*, *Thymus luteum* et *Thymus mastichina* et *Retama sphaerocarpa*.

Les communautés sur sols acides sont composées de *Phillyrea angustifolia*, *Erica arborea*, *Quercus faginea*, *Rubus ulmifolius*, *Arbutus unedo*, *Rosa micrantha* et de *Pistacia lentiscus*. Après un feu, les auteurs y trouvent : *Thymus mastichina*, *Phlomis composita*, *Halimium atriplicifolium*, *Cistus crispus* et *ladanifer*, *Lavandula stoechas*, *Globularia alypum* et *Retama sphaerocarpa* pour les espèces « seeders ». Les espèces à multiplication végétatives présentes seraient : *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia*, *Quercus rotundifolia*, *Rhamnus lyciodes*, *Daphne gnidium*, *Crataegus monogyna*, *Rubia peregrina* et *Smilax aspera*.

Les auteurs indiquent qu'une forte perturbation entraîne un grand nombre d'espèces productrices de graines. Ils notent également la forte présence d'espèces à multiplication végétative (« resprooters ») provenant de zones non perturbées limitrophes qu'ils assimilent à des stades plus tardifs dans la succession secondaire. Nous ne comprenons pas ce dernier résultat, la régénération végétative s'opère plutôt in situ. C'est à partir de ce constat et du fait de la rapidité de colonisation post-feu, lié au « patron spatial du paysage » que les auteurs proposent un écart aux modèles de Connell et Slatyer propre aux milieux méditerranéens. Leur analyse s'appuie sur une interprétation du milieu comme un système forestier et pas comme un système agroforestier, ce qui nous semble problématique. Ces deux séries correspondent à des débuts de succession secondaire ou au modèle de stabilisation de Barbero et ses collaborateurs. Gallego Fernandez et ses collaborateurs indiquent qu'après des coupes, ils obtiennent des pré-forêts et des stades dominés par des arbustes. Ces stades seraient caractéristiques de succession régénérative et du modèle de résistance de Barbero et col. (cf. p. 55). Dans les stades dominés par des arbustes ils trouvent : *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Arbutus unedo*, *Rubus ulmifolius*, *Rosa mircantha*, *Viburnum tinus*, *Ruscus aculeatus*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa*, et *Hedera helix*. Les stades pré-forestiers sont composés de *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lyciodes*, *Olea europaea*, *Phillyrea angustifolia*, *Quercus rotundifolia*, *Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Erica arborea* et *Daphne gnidium*. La succession secondaire est moins riche d'espèces que la succession régénérative.

On retrouve avec ces différentes études les critiques souvent adressées aux théories dont elles s'inspirent. On notera cependant que dans le cas de la chênaie du Fango, une fois la formation vieillissante, elle doit repasser par un stade avec une strate arbustive pour se reconstituer. Malgré une description plus fine des séries il est difficile de connaître les liens et passages entre ces séries et associations. En dehors du cadre des "perturbations" il est peu aisé de connaître l'importance des interventions humaines dans ces dynamiques. Que nous proposent donc les études se centrant sur le cycle reproducteur du chêne vert ?

2.4 La régénération à travers le cycle de reproduction du chêne vert

2.4.1 Application de la théorie de la régénération naturelle dans les dehesas

C'est à travers les travaux de Grubb puis ceux de Pickett qu'émerge une conception de la régénération centrée sur le cycle de reproduction d'individus. Cette conception, plus récente, a permis d'aborder de nouvelles questions (dispersion des glands, rapprochement avec la notion de trait de vie des jeunes plants), non implicitement posées par les modèles à l'échelle de la trouée ou du système agraire. Pour Pulido (2003) cette approche n'était pas mise en avant car les politiques publiques préconisaient des plantations plus interventionnistes. Le retour de l'élevage porcin dans les dehesas, dans les années 90, a probablement contribué à cet intérêt pour les arbres et les glands. Pour mieux comprendre les processus sous-tendant cette approche "individu-centrée" de la régénération, nous comparons ci-après les étapes du cycle reproductif du chêne vert dans des systèmes forestiers et des systèmes agroforestiers.

Des arbres matures aux glands sur l'arbre : Fécondation et production de graines

Généralités et cas forestier

À l'échelle de l'arbre, la production est le résultat classique d'un trade-off entre la reproduction et la croissance végétative. Dans le cas des espèces à longue durée de vie, il prend en compte les variations environnementales interannuelles comme par exemple la disponibilité en eau ou encore la survenue de gelées tardives (RODÀ et al. 1999). À ces conditions environnementales, il faut aussi ajouter la capacité initiale de l'arbre à produire,

l'intervention des différents insectes, mammifères et oiseaux consommant bourgeons, fleurs et graines (F.M.V. PARDO 1998).

Des bourgeons floraux aux glands : La production de graines nécessite une floraison et une fécondation. Le chêne vert produit des fleurs à partir de 10 à 20 ans d'âge (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003) et des glands à partir de 14 ans (F.M.V. PARDO 1998). La majorité des espèces du genre *Quercus* et en particulier le chêne vert, sont considérées comme des espèces monoïques²⁰. On trouve cependant des individus où seules les fleurs mâles sont fertiles et d'autres où ce sont uniquement les fleurs femelles. En plus, les jeunes individus sont plus souvent andromonoïques²¹ et les individus plus matures gymnomonoïques²². Ces derniers, dont la partie végétative est bien développée allouent donc plus de ressources à la reproduction et sont donc susceptibles de stimuler la fécondation (F.M.V. PARDO 1998).

Le développement des fleurs mâles et femelles est dissocié : tant que les grains de pollen n'ont pas été produits, il n'y a pas de développement du gamète femelle. La libération du pollen d'un arbre dure de 7 à 20 jours, une durée moindre à l'échelle du peuplement : 20 à 40 jours. La floraison d'un arbre dure de 20 à 35 jours et pour l'ensemble du peuplement cela dure de 45 à 70 jours. Les arbres qui fleurissent précocement vont avoir un plus grand nombre de fleurs femelles, pouvant être plus souvent gymnomonoïques, alors que ceux qui sont plus tardifs auront un plus grand nombre de fleurs mâles et auront plus de chance d'être andromonoïques. Ainsi, bien que les fleurs mâles se développent en premier sur un arbre (protandre), les peuplements ont paradoxalement une tendance à la protogynie²³ (F.M.V. PARDO 1998). Les parties basses du houppier sont les premières à fleurir et les parties hautes les dernières. La zone basse du houppier devient « femelle » lorsque la partie haute devient masculine.

Cette répartition des fleurs va favoriser une autofécondation dans les zones basses du houppier et une allogamie dans les parties hautes. La pollinisation se fait majoritairement entre individus par le vent principalement et secondairement par des insectes. En dessous de 75 % de taux d'humidité atmosphérique, le pollen se dessèche et la durée de vie des

20. Monoïque : Plante à fleurs mâles et femelles séparées, mais situées sur un même individu.

21. Andromonique : Plante possédant des fleurs mâles et des fleurs hermaphrodites (mâles et femelles).

22. Gymnomonoïque : Plante possédant des fleurs femelles et des fleurs hermaphrodites.

23. Maturation des organes femelles précédant la maturation des organes mâles ce qui favorise une fécondation croisée.

stigmates est raccourcie. Les périodes sèches et venteuses favorisent la libération du pollen. Une température un peu plus élevée, entre 25 et 26 ° C est optimale pour la germination du pollen ; cependant un trop fort stress hydrique peut provoquer la chute des fleurs (F.M.V. PARDO 1998).

Il est admis que ce sont principalement les paramètres climatiques qui influent sur la floraison et la fécondation et assez peu les insectes défoliateurs (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Ces derniers (des chenilles lépidoptères : *Tortrix viridana* et *Lymantria dispar*) ont des effets en diminuant la surface foliaire mais ils consomment aussi des bourgeons floraux ; cependant ils sont moins actifs lorsque les bourgeons se développent. De plus le froid, l'exemple extrême étant les gelées tardives, bien que défavorable pour les fleurs, l'est aussi également pour les œufs des insectes (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003).

La floraison a lieu de février à juin et la pollinisation d'avril à mai. Le développement du pollen et la fécondation se déroulent de mai à aout. Environ la moitié (54%) des fleurs femelles donnent des glands (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003).

Les glands, de la croissance à la maturation : Les glandées sont irrégulières dans le domaine méditerranéen (PLIENINGER, MODOLELL Y MAINOU et KONOLD 2004) avec des « bonnes années » et des «mauvaises années ». Un caractère cyclique a été montré pour certains *Quercus* américains (CAMPOS et al. 2013) et d'Europe tempérée mais rien n'est prouvé pour la région méditerranéenne. Les changements de comportement sexuel (arbres augmentant leur pourcentage de fleurs féminines par rapport aux fleurs masculines) constituent l'une des pistes pour l'interpréter (F.M.V. PARDO 1998), sans pour autant pouvoir l'expliquer complètement. Pardo estime que la production de glands d'un chêne vert dans les forêts de la péninsule ibérique varie d'une grande fourchette qui va de 0 à 157 kg par arbre (F.M.V. PARDO 1998). Cette estimation est différente dans les dehesas. Les chênes verts « matures » ($101 < \text{DHP} < 200$ cm), non taillés, produisent significativement plus de glands que les « juvéniles » ($\text{DHP} < 50$ cm), les « jeunes » ($51 < \text{DHP} < 100$ cm) et les « vieux » ($\text{DHP} > 201$ cm) (F.M.V. PARDO 1998). Ce résultat est similaire pour les chênes méditerranéens américains (SHARP 1958). Outre l'âge des chênes, la production de glands dépend de nombreux facteurs : la génétique, la phénologie, le climat (surtout du stress hydrique (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003)), la structure du peuplement, l'utilisation par des insectes et les interactions avec

les activités humaines. Il n'y a cependant aucune étude en donnant une analyse complète (F.M.V. PARDO 1998 ; CLARK et al. 1999)

Les attaques d'insectes perforateurs, la ponte d'œufs et le développement de larves se produisent dans les glands vers le mois de septembre. Puis, quand le gland tombe, la chrysalide va sortir du gland pour aller dans le sol (F.M.V. PARDO 1998 ; F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Bien que cela soit rare, certains glands arrivent cependant encore à germer. Ces attaques sont aussi une des explications avancées pour la « *melaza de bellota* » (la sécrétion d'eau sucrée par le gland) qui diminue la viabilité des glands. La perforation du gland permet également à certaines bactéries de le pénétrer et elles sont aussi suspectées de provoquer cette sécrétion. Pulido et ses collègues estiment à 7% la perte due aux insectes perforateurs (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003).

La majorité des pertes serait toutefois due à des problèmes physiologiques provoqués notamment par les conditions climatiques (stress hydrique, gel des glands au sol s'ils ne sont pas protégés par une couche de feuilles ou par la strate herbacée (F.M.V. PARDO 1998)) mais aussi par des caractéristiques génétiques (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). L'ordre des Fagales est connu pour ses arrêts de croissance, le développement anormal de l'embryon (polyembryonie) et de polyploïdies qui expliquent de nombreuses dégénérescences des glands. L'avortement précoce conduit à plus de glands stériles que le tardif (F.M.V. PARDO 1998 ; F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003 ; RODÀ et al. 1999). Au final, un quart (28%) des glands produits seraient viables (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Les taux de pertes sont cependant très variables (de 8% à 95%) d'un arbre à l'autre.

Situation dans les dehesas

Des bourgeons floraux aux glands : Il y a peu d'indications sur ce qui change dans ces processus entre les forêts et les dehesas. Les études complètes traitant de la reproduction du chêne vert ne sont déjà pas nombreuses. Nous passons peut-être à côté de quelque chose car même les observations fines et peu documentées dans les revues scientifiques, comme la présence d'individus andromonoïques, sont faites et interprétées par d'anciens propriétaires. Les arbres andromonoïques nommés « *machos* », ne produisant pas de glands sont gardés car leur présence est identifiée comme augmentant la production de graines. Ces individus sont aussi souvent des hybrides (F.M.V. PARDO 1998).

Expérimentalement, Pulido et Díaz (2005) indiquent (sur un échantillon de 20 arbres en forêt et de 20 arbres en dehesa) que le nombre de fleurs femelles, de fruits initiés, puis de fruits viables est plus de 10 fois supérieur pour les dehesas. Les éclaircies augmentent le nombre de fleurs par arbre mais aussi à l'échelle de la parcelle (F.M.V. PARDO 1998). En effet, les dehesas sont des peuplements peu denses destinés à produire des glands pour l'alimentation du bétail. Outre la densité modérée, la taille fruitière stimule la production de glands comme nous allons le voir ci-après.

Les glands, de la croissance à la maturation : Les études sur la production de glands, sont plus abondantes. Rebollo et Tejeiro (1998) donnent une production entre 300 à 500 kg/ha de glands, Cagnellas et ses collaborateurs (CAÑELLAS et al. 2007) entre 580 et 830 kg/ha et Vasquez et col. (1996) donnent des chiffres similaires (cf. tableau 2.3). Parsons (1962), à une autre époque, donne des chiffres de 600 à 700 kg par hectare et de 12 à 18 kg par arbre (une densité donc autour de 33 à 58 arbres/ha).

Tableau 2.3 – Production de glands de chêne vert en fonction de la densité (d'après VÁSQUEZ et al. 1996)

Densité (arbres/ha)	Production Kg/ha	Production par arbre (kg)
19	580	30,53
56	755	13,48
133	304	0,65

Les arbres de peuplement peu dense, à port champêtre, produisent plus de glands mais les peuplements avec une densité de 56 arbres/ha sont les plus productifs par unité de surface. La production de glands pour le chêne vert, à la différence du chêne liège, est jugée très régulière (PARSONS 1962). Il a été trouvé plusieurs explications (BLONDEL et ARONSON 1999 ; GROVE et RACKHAM 2003) :

- les arbres de dehesas, en compétition moindre avec leurs congénères, développent d'importants réseaux de racines qui leur permettent un meilleur accès aux ressources (eau et minéraux),
- ces arbres possèdent également un très grand houppier (port champêtre) avec une grande capacité de récupération de la lumière.

L'effet de la taille des arbres fait souvent l'objet d'un consensus - elle augmenterait la production fruitière (GROVE et RACKHAM 2003) - qui cache cependant des différences



FIGURE 2.2 – *Curculio elephas* ou balanin des châtaignes (*Balanino*). Photo : Gail Hampshire, Jimena, Andalousie, Octobre, 2016

de points de vue. Ainsi, il est considéré que la coupe de branches charpentières diminue, au moins dans les deux premières années, la production de glands (CAÑELLAS et al. 2007 ; F.M.V. PARDO 1998). Seul Montoya (1996) évoque l'effet de l'intensité de la taille. Une taille modérée permet de lever la dormance de bourgeons qui vont donner des fleurs alors qu'avec une taille intensive ces bourgeons vont produire des tiges. La taille fruitière, en maximisant les zones latérales, favorise l'allogamie qui augmenterait la production de glands en diminuant les avortements (F.M.V. PARDO 1998). A l'échelle de la parcelle, une éclaircie augmente le nombre de glands (F.M.V. PARDO 1998), de même que le nombre de fleurs.

Les invertébrés s'attaquant aux glands font partie des hyménoptères, coléoptères et lépidoptères. On retrouve particulièrement sur *Quercus ilex* : *Curculio elephas* et les *Cydia* sp.(F.M.V. PARDO 1998). Le Balanin (figure n° 2.2), communément appelé charançon, est celui qui attaque le plus les glands. Les glands touchés sont un peu plus nombreux qu'en forêt et Cañellas et ses collaborateurs donnent des chiffres entre 7 et 17% pour des années normales et 24 à 49% pour les pics d'épidémies (CAÑELLAS et al. 2007).

Les champignons s'attaquant aux glands (*Hymenoscyphus fructigenus* par exemple) ont besoin d'une entrée pour pouvoir s'installer, facilitée par les perforations des insectes. Les effets de ces prédateurs et parasitismes n'entraînent pas nécessairement une diminution de la quantité produite, mais plus souvent une diminution du succès germinatif des glands

(F.M.V. PARDO 1998 ; RODÀ et al. 1999).

Au regard de la production de glands et malgré les insectes perforateurs, les glandées dans les dehesas ne semblent pas constituer un facteur limitant de la régénération. Cette production reste dominée majoritairement par les facteurs abiotiques (F.J. PULIDO et DÍAZ 2005). Toutefois, une bonne partie de ces glands est ensuite consommée par les troupeaux domestiques et d'autres prédateurs comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant.

Des glands sur l'arbre aux glands au sol : prédation et dispersion des graines

Généralités et cas forestier

De nombreux animaux sont consommateurs de glands :

- des oiseaux comme le geai (*Garrulus glandarius*), la pie (*Pica pica*) et le pigeon ramier (*Columba palumbus*).
- des mammifères comme le mulot (*Apodemus sylvaticus*), la souris à queue courte (*Mus spretus*), l'écureuil (*Sciurus vulgaris*), et le sanglier (*Sus scrofa*).

La consommation en forêt méditerranéenne de 100 mulots à l'ha serait de 135 kg de glands (QUÉZEL et MÉDAIL 2003). Certaines de ces espèces consomment les glands sur place, d'autres les déplacent. Cette consommation permet donc également une dispersion des graines (RODÀ et al. 1999 ; GROVE et RACKHAM 2003). Certains auteurs pensent que la dispersion du chêne vert est fondamentalement barochorique car le semis a besoin d'ombre même si la compétition de l'arbre adulte finit par être trop forte (REBOLLO et TEJEIRO 1998). D'autres, que nous rejoignons, indiquent que ce coût de production des glands sous la couronne ne pourrait s'expliquer que par la facilité que cela donnerait aux animaux disséminateurs de les trouver. Une dissémination loin de l'arbre parent évite une compétition interspécifique directe et pourrait avoir été sélectionnée par l'évolution (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003).

Situation dans la dehesa

Des expériences de captures indiquent que les petits mammifères sont plus abondants dans les maquis et leurs lisières, zones souvent proches des dehesas (CIERJACKS et HENSEN 2004 ; RODÀ et al. 1999). La présence de perchoirs (arbre isolé, arbustes bien développés) favorise les oiseaux disséminateurs (QUÉZEL et MÉDAIL 2003). Dans les dehesas, les animaux domestiques, particulièrement les cochons ibériques consomment les glands, ce

qui pourrait expliquer l'absence de régénération, conjointement avec un piétinement des semis (CIERJACKS et HENSEN 2004; TÁRREGA et al. 2006). Les autres ongulés sauvages (*Sus scrofa* et *Cervus elaphus*) consomment les glands sur place et ne participent pas à la dissémination.

Les petits rongeurs (*Apodemus sylvaticus*, *Eliomys quercinus*) et le Geai (*Garrulus glandarius*) dispersent plus qu'ils ne prédatent : les deux rongeurs perdent entre 75 et 85% de leurs glands (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). La consommation du mulot sylvestre représente de 11 à 14% des glands (F.M.V. PARDO 1998). Une fois cachés, les glands peuvent être consommés par le disperseur « légitime » ou volés par d'autres animaux et de nouveau transportés. Ils sont enfouis dans un peu de terre et de feuilles mortes, les moins enfouis sont les plus susceptibles d'être retrouvés et ils ont aussi le plus de risque de subir les gelées (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Comme dans les forêts, ces animaux sont plus fréquents dans les dehesas comportant une strate buissonnante mais ils y trouvent moins facilement les glands (LEIVA et FERNÁNDEZ-ALÉS 2003). Le lentisque (*Pistacia lentiscus*) est préféré aux cistes (*Cistus ladanifer*) et, en l'absence de matorral, les cachettes se trouvent dans les tas de pierres et les trous d'arbres. 93% des semis se trouvent en dessous des arbres dans les dehesas sans arbuste alors qu'en forêt ce chiffre n'est que de 20%. L'absence de dispersion est donc flagrante (F.J. PULIDO et DÍAZ 2005). Gomez et ses coauteurs retrouvent également davantage de plantules sous des arbustes (GÓMEZ, PUERTA-PIÑERO et SCHUPP 2008). Ils mentionnent que c'est le mulot sylvestre qui aurait déplacé les glands. Les plantules sont moins attaquées sous les arbustes. Dans leur expérience, les souris mangeaient tout sur place sans disperser les glands.

Sans avoir cherché à croiser ces différents animaux nous les avons presque tous observés (à l'exception de l'écureuil et du sanglier, ce dernier étant absent du Parc) lors de nos relevés.

Des glands au sol aux semis : la germination

Généralités et cas forestier

La germination d'un gland dépend des caractéristiques du microclimat du lieu où il est tombé (humidité, température) au moment de la germination. Elle se fait de décembre à janvier. Une fois un seuil d'humidité et de froid franchi, la germination s'enclenche et

n'est plus réversible. Les taux de germination sont meilleurs dans des touffes de cistes, de genêts ou de genévriers (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003) et en présence d'humus (BRONCANO, RIBBA et RETANA 1998). La teneur en azote du sol ne semble pas avoir d'effet (BRONCANO, RIBBA et RETANA 1998). Les plantules émergent entre février et juin et sont capables de photosynthèse durant la période estivale. Elles sont alors très sensibles aux sécheresses (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Différents auteurs indiquent que les plantules de chêne vert (PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; RODÀ et al. 1999) ou de chêne pubescent (*Quercus pubescens* ou *Quercus humilis*) (ROUSSET et J. 2000) se dessèchent lors de chaleurs importantes. La mortalité à ce stade dans une forêt dense de chênes verts avec strate arbustive est de 48% (F.J. PULIDO et DÍAZ 2005). Une végétation d'accompagnement peut favoriser un microclimat facilitant la survie des plantules de chênes (ROUSSET et J. 2000). La compétition avec la végétation d'accompagnement prendra un rôle de plus en plus important dans les stades suivants. C'est également le cas pour les semis de chênes xérophytes nord-américains qui sont de mauvais compétiteurs pour la croissance en hauteur (LARSEN et JOHNSON 1998).

Dans les taillis, le taux de germination et le taux de survie sont plus élevés que dans les clairières (QUÉZEL et MÉDAIL 2003) malgré une auto toxicité induite par les pieds adultes de *Quercus ilex* (LI et ROMANE 1997).

Situation dans la dehesa

Les études sur la germination des glands dans les dehesas (F.J. PULIDO et DÍAZ 2005 ; RAMÍREZ et M. DÍAZ 2008), les travaux de Rousset et Lepart (2000) et ceux de Jose et al., (2004) tendent à nuancer le rôle uniquement négatif (compétition) de la végétation sur la germination. En effet le taux de mortalité dans une dehesa sans strate arbustive est de 90%. Seulement 15% seraient liés à la défoliation par des herbivores, le reste étant dû au stress hydrique, ce qui renforcerait l'hypothèse du besoin d'ombrage des plantules (F.J. PULIDO et DÍAZ 2005). Le taux de mortalité diminuerait une fois le système racinaire bien développé. Le lieu d'établissement est capital : on peut voir l'habitat des glands comme une mosaïque thermique, hydrique, édaphique et compétitive avec des taux de survie très variables dont dépend la croissance.

Des arbres matures aux rejets : multiplication par voie végétative

Généralités et cas forestier

La reproduction par voie végétative est prise dans un sens large : elle rassemble les repousses, les cépées mais également les drageons, que l'individu ait l'âge physiologique de son « parent » ou non. La multiplication végétative peut être le fruit de bourgeons adventifs ou proventifs. Les drageons proviennent des bourgeons adventifs situés sur les racines. Les cépées viennent des bourgeons proventifs ou adventifs. Dans le premier cas, le nouvel individu peut créer son propre système racinaire mais il a l'âge physiologique de la souche. Dans le deuxième cas, l'arbre a l'âge physiologique du rejet, par contre le brin est dépendant du système racinaire de la souche.

Comme nous l'avons vu, outre la forte consommation des glands, le milieu méditerranéen est également connu pour être un milieu régulièrement perturbé et ce depuis longtemps. Ces arguments sont souvent invoqués pour expliquer la capacité des espèces méditerranéennes à la multiplication végétative. Le chêne vert n'est pas une exception : il drageonne et recèpe (RODÀ et al. 1999). Un simple stress va déclencher la germination de bourgeons racinaires et les sécheresses provoquant des descentes de cime vont activer les bourgeons proventifs (REBOLLO et TEJEIRO 1998). L'habilité à la repousse des espèces méditerranéennes a joué un rôle important dans l'élaboration du concept d'élasticité, il est important de le prendre en compte pour comprendre la structure présente des peuplements et leurs évolutions (RODÀ et al. 1999; BOND et MIDGLEY 2001).

La capacité à la repousse dépend de l'espèce, de l'âge de l'arbre (plus il est jeune, plus il a de chances de se développer) mais également de l'intensité et du type de perturbation qui vont occasionner des dommages. Des différents chênes méditerranéens, le chêne vert est celui qui repousse le mieux et ce quelle que soit la perturbation. Les feux détruisant les bourgeons sont les plus nocifs pour la reproduction végétative ; le pâturage, les coupes ou la sécheresse ont des effets moindres (RODÀ et al. 1999).

Les chênes nord-américains xérophytes ont une forte capacité de repousse après une descente de cime ou après une perturbation qui ne détruirait pas le réseau racinaire. Il est donc difficile de faire la différence entre un rejet de souche et un semis (LARSEN et JOHNSON 1998).

Cette capacité de repousse est plus une préadaptation (et non une adaptation au feu) ancienne résultant de caractéristiques anatomiques intrinsèques à l'espèce et d'une perte de biomasse épigée engendrée par des pressions récurrentes d'herbivorie. Les impacts anthropiques pluriséculaires ont aussi favorisé ce phénomène, aussi bien par la conduite

des peuplements en taillis que par la pratique du feu courant.

Situation dans la dehesa

Dans les dehesas, la régénération présente est souvent d'origine végétative (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003; CIERJACKS et HENSEN 2004). Dans les forêts pâturées espagnoles, Cierjacks et Hensen (2004) indiquent une corrélation positive entre la pression de pâturage et l'abondance de la reproduction végétative.

Des semis aux arbres matures : le rôle de la compétition

Généralités et cas forestier

Un semis peut être issu de la reproduction végétative²⁴ ou sexuée. Les semis peuvent souffrir de stress hydrique, surtout ceux n'ayant pas de système racinaire bien développé dans leurs premières années (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003). Un semis sera ici considéré comme une gaule quand il se sera affranchi des facteurs comme l'herbivorie, la compétition ou la facilitation. Une gaule sera toujours en compétition et pourra être pâturée, dans une certaine mesure, mais cela n'entraînera pas sa mortalité. Par contre, les gaules représentent les individus qui ont pu passer les processus de sélection précédents.

Comme le montre la figure n° 2.3, le semis va être en interaction avec d'autres semis de la même espèce (interaction intraspécifique) ou en interaction avec d'autres espèces arbustives ou herbacées (interaction interspécifique). Ces interactions peuvent être positives ou négatives. Si elles sont positives, on parlera de facilitation. Les processus de facilitation sont souvent mal étudiés, le temps suffisant pour observer d'éventuelles synergies dépasse souvent les expérimentations menées (JOSE, GILLESPIE et PALLARDY 2004). Si elles sont négatives, on parlera de compétition²⁵. Les processus de compétition sont complexes. En forêt tempérée, il est admis que la compétition avec la strate herbacée (notamment pour l'eau) est celle qui cause le plus de mortalité aux jeunes plants. Une fois que ces derniers dépasseront un certain stade de croissance, c'est la compétition avec les arbustes qui sera la plus forte. C'est une vision générale, qui bien que réelle doit être modérée.

Rousset et Lepart (2000) ont démontré que les jeunes pousses de *Quercus humilis* dans des chênaies-buxaies du sud du Massif Central avaient un meilleur taux de survie avec plu-

24. Un rejet est cependant un terme plus précis dans ce cas.

25. R. Husson (1970) le définit comme une : « concurrence qui s'établit entre plusieurs organismes pour une même source d'énergie ou de matière. ».

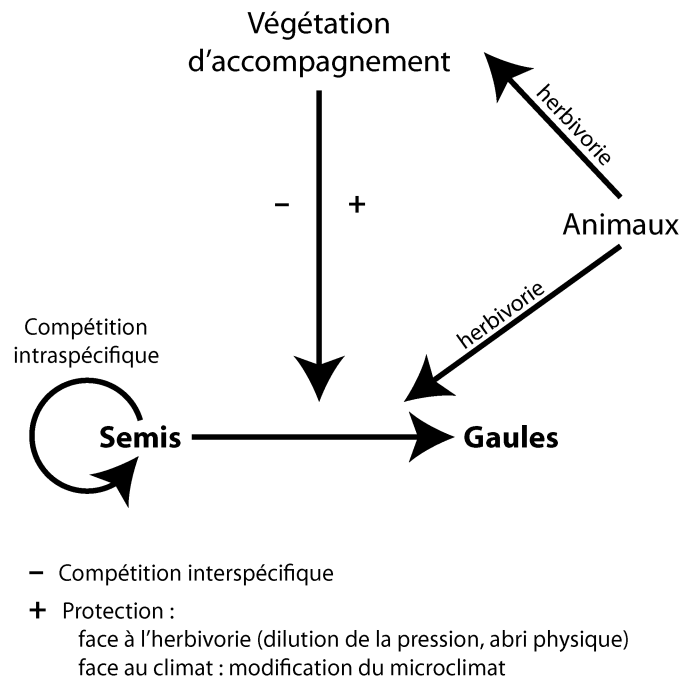


FIGURE 2.3 – Représentation du passage des semis aux gaules

tôt qu'en l'absence de végétation d'accompagnement. Ils donnaient deux raisons possibles à ce résultat : la végétation accompagnatrice offre une protection contre les herbivores et elle permet le maintien d'un microclimat favorable. De même, il a été observé par Gomez-Aparicio (2004) que les broussailles avaient un effet de facilitation plus important :

- à basse altitude,
- sur versant sud plus que nord,
- lors des années de sécheresse.

Ces effets étaient observés dans une strate arbustive d'espèces épineuses (Rosacées : *Prunus*, *Crataegus*, *Berberis*, Fabacées : *Ulex*, *Genista*) mais pas avec des cistes qui avaient des effets négatifs sur les taux de survie (GÓMEZ-APARICIO et al. 2004). Plus généralement, dans les cas de stress abiotique, les interactions interspécifiques sont positives pour la production de biomasse, la croissance et la reproduction (CALLAWAY et al. 2002). Nous avons mis la compétition et la facilitation au même niveau car c'est comme ceci que ces deux processus sont considérés dans des manuels d'écologie, au moins dans les interactions que nous avons décrites, il nous semble plus juste de préciser que la compétition intervient entre individus et que la facilitation nécessite un niveau d'interaction supplémentaire. C'est l'arrivée d'un troisième facteur (un herbivore, un climat particulier) qui

fait qu'une interaction de compétition change pour ce que nous décrivons comme une facilitation.

L'herbivorie est une forme d'interaction entre un organisme animal et des plantes. L'organisme animal va consommer une partie du végétal, cette opération peut entraîner la mort du végétal. Pour cette raison, elle est souvent considérée comme une forme de prédation notamment dans le cas des semis d'espèces ligneuses qui contrairement aux espèces herbacées pérennes, ont une moindre capacité de repousse après broutage. Mais ce n'est pas l'unique interaction existante entre le troupeau et les semis. Le troupeau restitue de la matière organique sous la forme d'excréments modifiant ainsi les ressources en termes de quantité, qualité et répartition spatiale. Le troupeau en se déplaçant peut également provoquer des dégâts. Ces différents processus interviennent tous simultanément. Ainsi il est possible qu'un animal avec une préférence alimentaire favorise une espèce végétale ou encore que la végétation d'accompagnement protège le semis de l'herbivorie en particulier si elle est épineuse ou constitue un obstacle (cf. figure n° 2.3). L'herbivorie peut également éliminer des individus qui pour cause de forte compétition auraient eu une forte probabilité de mourir. Ceci fait dire à Tiver et Andrew (1997) que l'herbivorie n'aura un impact négatif que si elle dépasse le seuil de mortalité causée par la compétition en son absence. Chaque espèce de plantes a différentes caractéristiques de feuilles et de tiges qui permettent une plus ou moins bonne assimilation par l'organisme qui la consomme. Chaque herbivore a des capacités différentes pour l'assimilation et des goûts différents. Les pousses de chênes sempervirens, sont aux États Unis, très consommés par les animaux domestiques. Les agriculteurs américains surnomment ces chênes : « *icecream plant* » (PLIENINGER 2007). Enfin en Australie, il a été montré que le recrutement de juvéniles (jeunes semis sortis de la germination) était en partie la résultante de la pression de pâturage actuelle mais que les pressions de pâturages anciennes pouvaient également encore l'affecter (TIVER et ANDREW 1997).

La méta analyse conduite par Gómez-Aparicio (2004) conclut que 98% des cas de mortalité sont dus à la sécheresse et seulement 2% à l'herbivorie.

Situation dans la dehesa

De nombreuses études indiquent l'absence de recrutement de semis et de gaules (de chêne vert comme de chêne liège) dans les dehesas (PLIENINGER et WILBRAND 2001 ; PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PONS et PAUSAS 2006 ; TÁRREGA et

al. 2006). Toutes ces études identifient la pression de pâturage comme la cause principale ou du moins une des causes importantes. Cette pression se traduirait par, selon les mêmes auteurs :

- un très faible nombre de semis,
- une forte proportion d'individus issus de reproduction végétative,
- des semis ayant une architecture caractéristique du broutage (beaucoup de fourches, feuilles broutées).

Dans certaines dehesas, l'absence de recrutement s'expliquerait également par la mise en place de rotations incluant des céréales tous les quatre ans (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001). Des mécanismes de facilitation sont également décrits : les juvéniles présents dans les dehesas se retrouvent très fréquemment à l'intérieur de petits bosquets (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PLIENINGER et WILBRAND 2001). Dans des systèmes agroforestiers, il a été noté que les mécanismes de compétition interspécifique pour l'eau peuvent être diminués par des développements racinaires différents : l'eau étant alors puisée à des endroits différents (JOSE, GILLESPIE et PALLARDY 2004)

La figure n° 2.4 reprend les différents stades et les processus importants. La production de fleurs puis de glands est un des points forts des dehesas par rapport aux systèmes forestiers. Les techniques de taille et la plus faible densité les favoriseraient. Dans les stades suivants, la plus faible couverture de la strate arbustive dans les dehesas va diminuer la dissémination des glands puis leur protection face au stress hydrique.

Analyser le passage entre chacun de ces stades phénologiques est l'une des approches possibles. En complément, ou en parallèle, il est possible d'analyser le peuplement dominant actuel comme une résultante de ces différentes étapes.

2.4.2 La répartition des classes de diamètre : une résultante de la démographie passée ?

La biologie de l'essence est très importante. Cependant, elle tend à résumer le peuplement à une somme d'arbres, or comme nous l'avons vu à plusieurs reprises, le « comportement » des arbres n'est pas le même en groupe qu'en isolé. La mise en place de nouveaux individus reproducteurs correspond au point culminant, au moment clef du cycle reproducteur. Ce cycle est constitué d'une série de transitions entre différents états (fleurs,

graines, plantules). Cependant il est difficile d'analyser les échecs de régénération d'un organisme longévif, notamment à cause de la difficulté de prendre en compte des événements ayant une périodicité longue (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001). Tiver et Andrew (TIVER et ANDREW 1997) n'admettent une réussite de la régénération que quand un certain pourcentage, non communiqué, de jeunes arbres matures ont rejoint le reste des arbres matures. Forman et Godron (1986) indiquent également l'importance des pyramides des âges, divisées en classes avant la reproduction, pendant la reproduction et après, pour comprendre l'avenir d'une population²⁶.

Des études dans des forêts de chênes non perturbées depuis un grand nombre d'années ont montré qu'il était possible d'observer les échecs de recrutement en raison de la répartition des différentes classes d'âges (CARCAILLET et al. 1997 ; SANO 1997). Ces classes d'âges sont en général bien représentées par les classes de diamètres pour les dehesas (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003). Dans le cadre d'une étude sur la régénération, les classes de diamètres sont même plus intéressantes car elles traduisent aussi indirectement la compétition.

Les forêts non perturbées, avec une régénération abondante, possèdent une répartition des classes de diamètres représentée souvent par une courbe exponentielle inverse (Figure n° 2.5). Cette forme a été obtenue dans les forêts méditerranéennes de chênes sempervirens (PLIENINGER 2007 ; PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; RODÀ et al. 1999) mais également en forêt tempérée ou équatoriale (FORMAN et GODRON 1986). Elle indique qu'il y a toujours un nombre plus important de jeunes individus qui prendront continuellement la place des individus plus âgés. Dans le cadre des dehesas, (Figure n° 2.5), la distribution est gaussienne et indique qu'il risque, à un moment, d'y avoir une rupture dans cette continuité (REBOLLO et TEJEIRO 1998). L'absence de régénération conduirait à un vieillissement du peuplement de la dehesa : aplatissement de la courbe des classes de diamètres, effectifs de moins en moins nombreux puis aboutirait à sa complète disparition. Les dehesas matorralisées possèdent une distribution bimodale de classes de diamètres. Un premier mode est centré sur la réserve²⁷ que constitue le peuplement de la dehesa et le

26. « *When we plot the number of individuals at each age in a population, we produce what is called an age pyramid. when divided into three categories - prereproductive, reproductive, and postreproductive individuals - the pyramids provide considerable insight into future growth of a population.* » FORMAN et GODRON 1986, p. 50.

27. Nous employons ici « réserve » comme en sylviculture tempérée où ce type de distribution peut être observé dans des taillis avec réserve, type particulier de taillis sous futaie. La futaie porte le nom de réserve.

second mode, de plus petit diamètre, à la régénération associée à la matorralisation. Les auteurs suggèrent ici une régénération en deux temps, en opposition à une régénération en continu (si l'on reprend ce terme venant des modes de régénération) qui passerait par une matorralisation puis un réaménagement en dehesa.

La distribution des classes de diamètres semble donc être un paramètre intéressant autant pour comprendre le passé des dehesas que pour tenter de prédire les dynamiques de ces dernières. Cependant elle ne dispense pas d'une étude de la régénération actuelle.

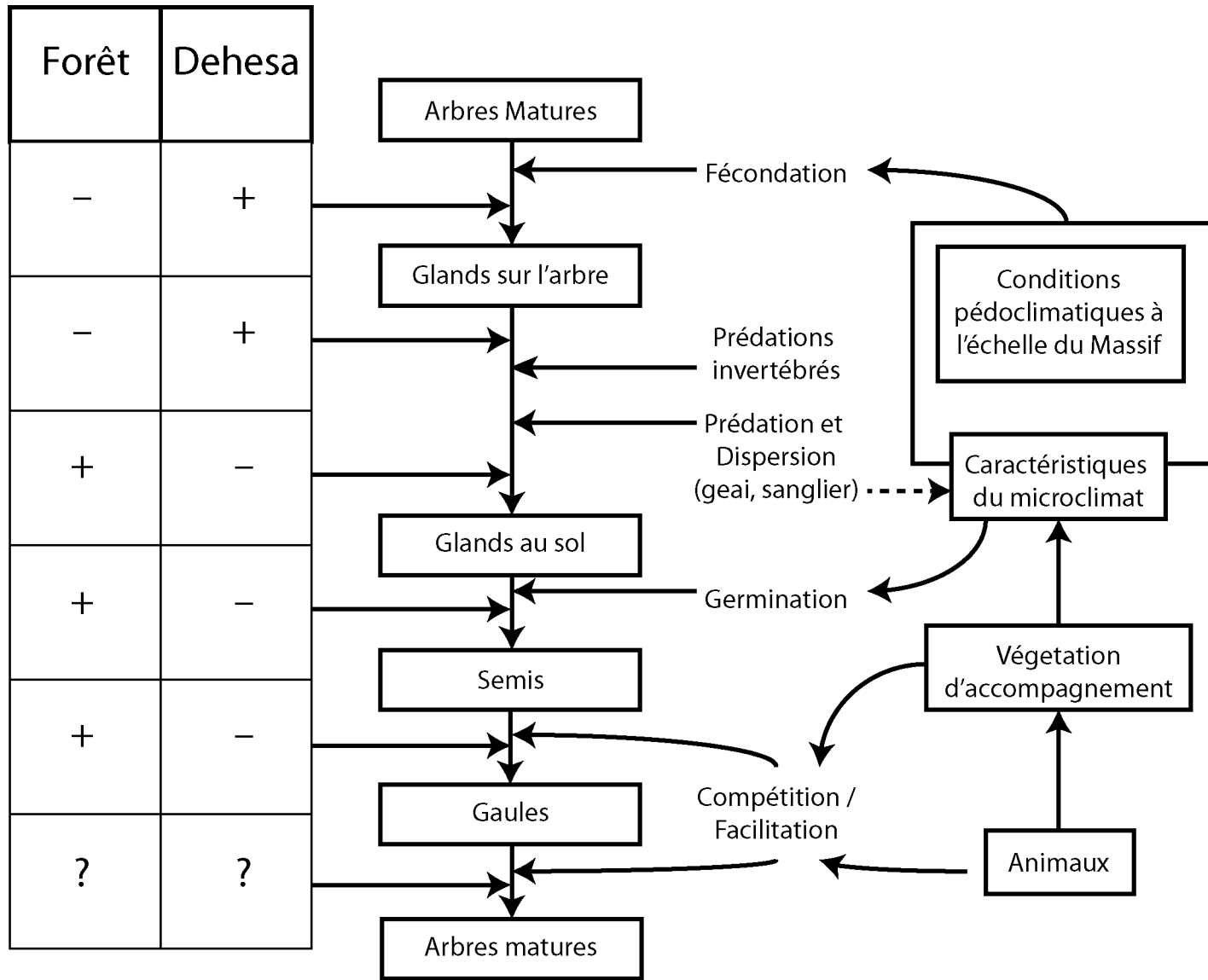
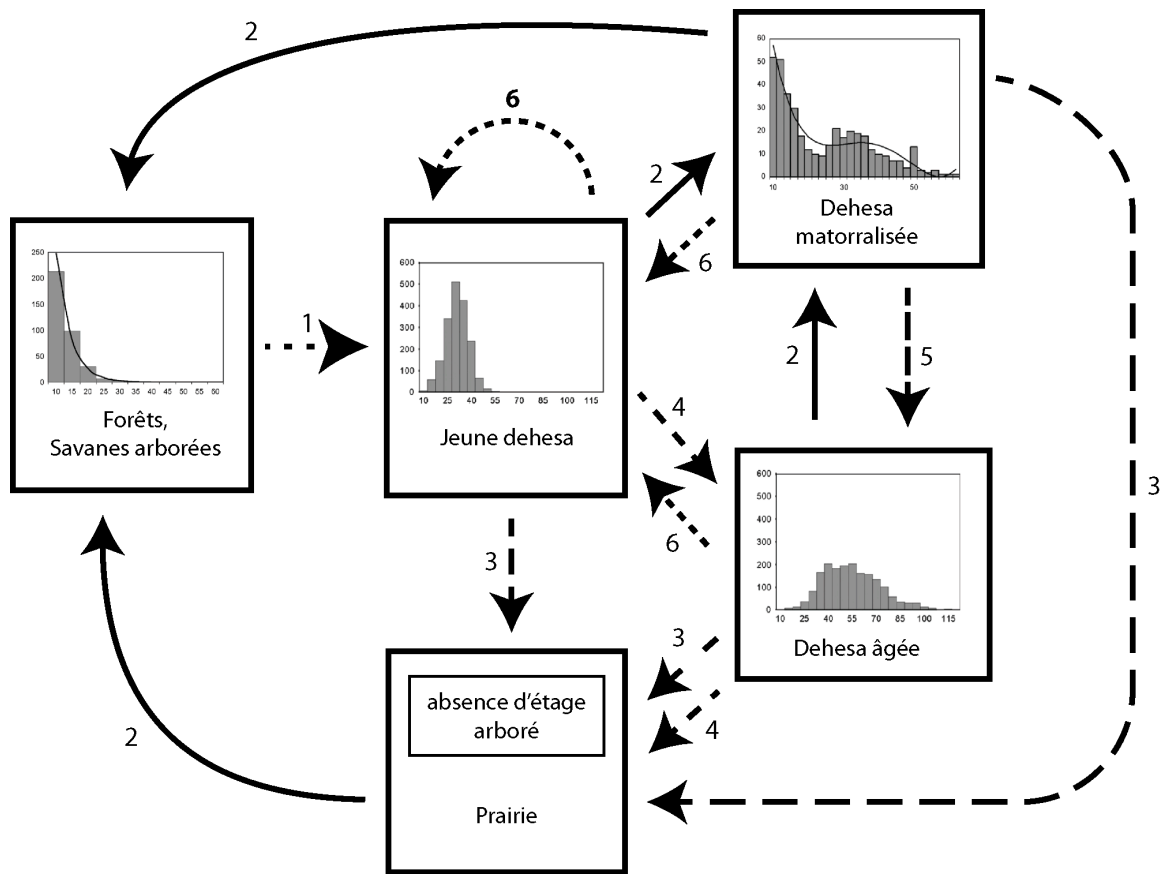


FIGURE 2.4 – Résumé de la comparaison dehesas/systèmes forestiers dans les différents stades et les processus importants associés



Légende :

-➔ 1 Aménagement en dehesa
- ➔ 2 Dynamique naturelle (vieillessement inclus)
- ➔ 3 Suppression de l'étage arboré
- - - ➔ 4 Vieillessement du peuplement
- - - ➔ 5 Suppression du matorral
-➔ 6 Aménagement de maintien de la dehesa

FIGURE 2.5 – dynamique d'évolution des dehesas et de leur étage arboré sous l'influence des facteurs naturels et anthropiques. (la structure arborée est représentée par des histogrammes d'effectifs dans différentes catégories de diamètres d'après Plieninger (2007))

2.5 Une technique naturalisée très mobilisée

Nous espérons avoir montré que la régénération naturelle a dans un premier temps été conçue une technique sylvicole inspirée du milieu tempéré. En forêt tempérée, il n'y a pas toujours eu de coupes d'ensemencement comme celles pratiquées dans des futaies de hêtres ou de chênes. Puis cette notion a contribué à structurer des théories au sein de différents courants de l'écologie. Les premiers auteurs n'ignoraient pas son sens premier puis progressivement la conception de la régénération naturelle s'est « naturalisée ». Cette naturalisation va si loin qu'en agroforesterie la technique de « régénération naturelle assistée », protection d'arbres champêtres par diverses méthodes ou de jeunes pousses dans des linéaires de haies est même développée. Il ne faut cependant pas négliger ses apports. Pour Clements (1916), la régénération et succession secondaire sont synonymes : la formation est un organisme se régénérant. Avec Gleason (1926) et ses successeurs, la régénération devient le cycle reproducteur de l'organisme. Elle peut être spécifique au système (WATT 1947) ou influencée par un facteur extérieur (S.T. PICKETT et WHITE 1986). Paradoxalement, elle justifie l'équilibre comme le déséquilibre de ces systèmes. La notion de modes de régénération (VEBLEN 1986) nous semble ouvrir des pistes intéressantes. Il n'y a plus une seule régénération naturelle mais plusieurs pour un même genre (*Nothofagus* dans l'exemple de Veblen). En parallèle de ces courants, issus de la géographie dynamique des plantes, les courants de la géographie dite descriptive viennent affiner les différentes descriptions des séries, illustrant leur diversité, ainsi que peut-être la difficulté à segmenter ainsi la végétation. Il nous faudra donc garder en tête qu'un schéma unique, par exemple de régénération naturelle continue, inspiré d'une forêt aménagée pour avoir une production continue (« en contenance »), ne conviendra peut-être pas à tous les systèmes y compris les systèmes agroforestiers.

Nous retiendrons donc une définition souple de la régénération naturelle : c'est un ensemble de processus qui permet de conduire un peuplement arboré d'arbres matures à de nouveaux arbres matures. Nous garderons aussi par convenance sa qualification de « naturelle » tout en sachant qu'il est bien possible qu'elle cache des pratiques humaines.

3

Le Parc Naturel Sierra de Grazalema : un terrain d'étude pour la régénération de systèmes agroforestiers ?

Dans cette partie nous allons présenter la zone d'étude. Le lecteur trouvera dans cette présentation les informations essentielles pour se repérer dans un terrain qu'il ne connaît pas nécessairement ainsi que les raisons qui nous ont poussés à le choisir pour éclairer notre problématique.

Le Parc Naturel de la Sierra de Grazalema (PNSG) a été fondé par décret¹ le 18 décembre 1984. Il suit la déclaration de Réserve de Biosphère, programme Man And Biosphere (MAB) de l'U.N.E.S.C.O. du 22 janvier 1977. C'est le premier lieu, en Espagne, obtenant ce label. Le parc se situe en Andalousie, à cheval sur les provinces de Cadix et Malaga (Figure 3.1). Il recouvre huit communes sur Cadix (El Bosque, Grazalema, Villaluenga del Rosario, Benaocaz, Ubrique, Zahara de la Sierra, Prado del Rey et El Gastor) et cinq communes de Malaga (Ronda, Montejaque, Benaolan, Jimera de Libar et Cortes de la Frontera). Sa superficie, selon son dernier plan de gestion², est de 54311 ha. Il est accessible par la route à deux heures de Séville, une heure de Cadix et deux heures de Malaga.

1. Décret 316/1984 du 18 décembre, Boletín Oficial de la Junta de Andalucía n° 13 du 12/02/1985.

2. Décret 90/2006 du 18 avril, Boletín Oficial de la Junta de Andalucía du 18/04/2006.

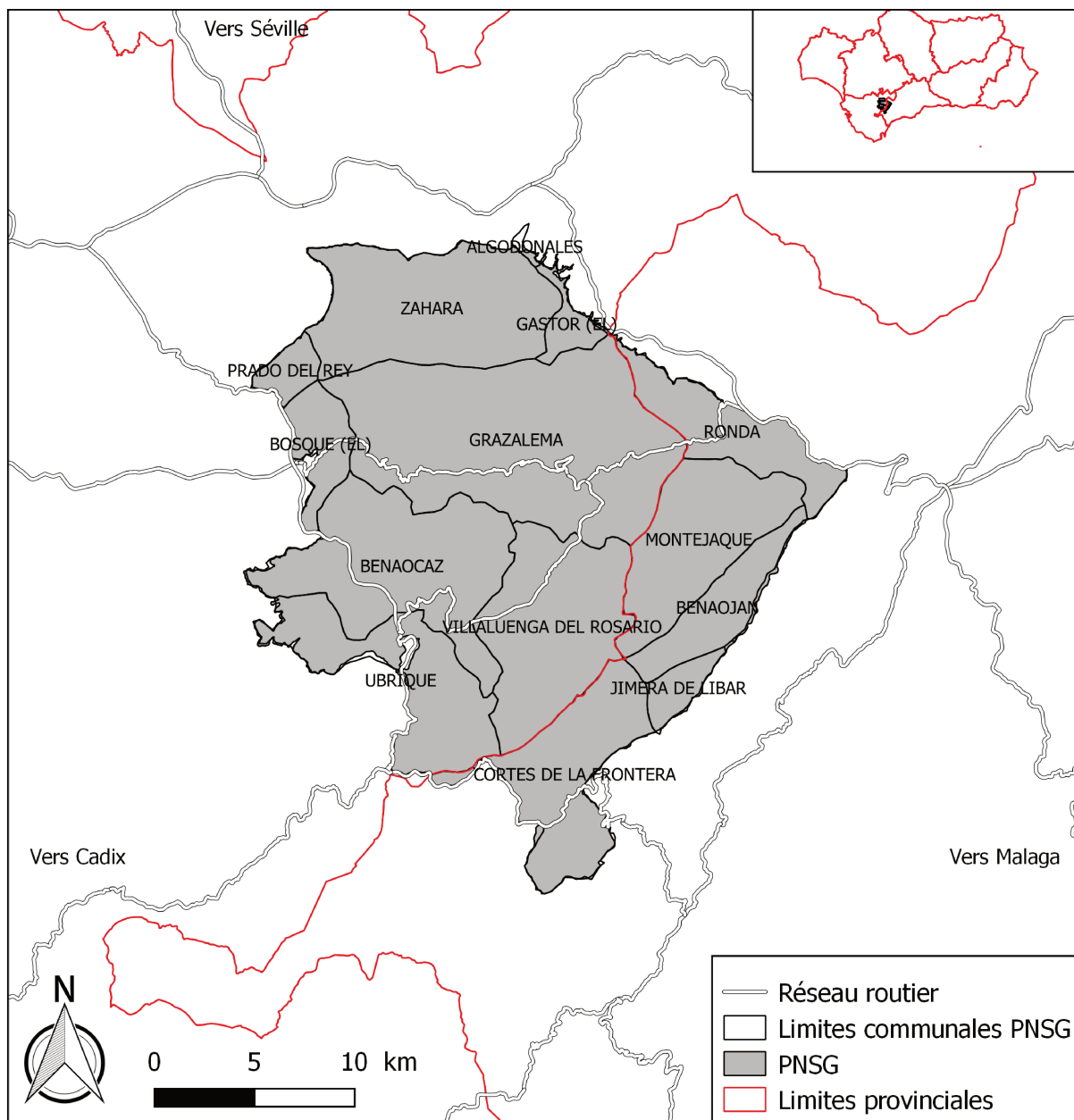


FIGURE 3.1 – Carte de localisation du Parc Naturel de la Sierra de Grazalema et de ses communes

3.1 Les statuts de protection du PNSG et la végétation

Le label MAB reconnaît les grandes valeurs naturelles et culturelles de cette région et notamment la présence d'un peuplement de presque 300 ha de sapins d'Espagne (*Abies pinsapo*) localisé en son centre dans la Sierra del Pinar. Cet arbre protégé, ou mis sous cloche, est le symbole du PNG (Figure 3.2). Ce peuplement fut décrit scientifiquement par le botaniste genevois Edmond Boissier en 1838. Il existe également un livre, « A travers les forêts de Pinsapo d'Andalousie », écrit par le petit-fils de Boissier, Auguste Barbey, qui en propose une description sous la forme du carnet de voyage d'un botaniste et entomologiste forestier (BARBEY 1931)³. C'est le plus grand peuplement d'un seul tenant sur le continent européen. Très apprécié des forestiers espagnols, par tradition, les inventaires forestiers nationaux se terminent toujours par les stations dans cette sapinière. Également connu et apprécié en France, il a été considéré comme un arbre potentiel de boisement pour le FFN⁴ en région méditerranéenne mais, suite à une petite controverse (PRIOTON 1964), son port réputé tordu l'en a exclu.

En parallèle, le parc comporte tous les zonages de conservation des niveaux andalou et européen. Au niveau andalou, il y a sept espèces reconnues comme en « danger d'extinction », 15 comme « vulnérables » et trois comme « d'intérêt spécial ». Au niveau européen, le PNSG comprend six espèces d'intérêt communautaire nécessitant des zones spéciales de conservation (directive 92/43/CEE dite « habitat », annexe II) ainsi que 19 types d'habitats prioritaires (directive 92/43/CEE dite « habitat », annexe I). Ce sont au total plus de 200 espèces cataloguées recouvrant les différents règnes. C'est un total de 20163,5 ha délimité en Natura 2000 (38% du territoire du PNG) répartis en 18 habitats . Il est important de noter que le parc ne possède pas d'habitat 6310 « Dehesa à *Quercus ssp. sempervirens* ».

3. Edmond Boissier ne s'est pas rendu dans la Sierra de Grazalema mais a effectué sa description à partir des peuplements dans la Sierra de las Nieves à la différence de son petit-fils qui a visité les deux.

4. Fond Forestier National.



FIGURE 3.2 – Logo du Parc Naturel de la Sierra de Grazalema

Tableau 3.1 – Répartition des habitats européens dans le PNSG

Habitats UE	Nom d'habitat	Nbr. de polygones	Surface total (Ha)
5330	Teucro lusitanici-Coridothymetum capitati	52	8389,47
5210	Crataego monogynae-Quercetum cocciferae	27	2936,57
9340	Paeonio coriacea-Quercetum rotundifoliae	33	2859,63
4090	Ulici baetici-Lavanduletum lanatae	17	2079,75
4030	Genisto tridentis-Stauracanthetum boivinii	17	1705,6
8130	Echio-Crambetum filiformis	5	651,51
8210	Saxifragetum boissieri	27	557,59
6220	Trifolio subterranei-Plantaginetum serrariae	5	292,09
9560	Chamaeropo humilis-Juniperetum phoeniceae	1	263,48
9320	Teucro baetici-Quercetum suberis	1	220,41
9240	Daphno latifoliae-Aceretum granatensis	2	113,78
6310	Teucro baetici-Quercetum suberis	4	79,43
6420	Galio palustris-Juncetum maritimi	2	5,86
92A0	Equiseto telmateiae-Salicetum pedicellatae	3	5,27
92D0	Rubo ulmifolii-Nerietum oleandri	7	2,44
9330	Quercu-rotundifoliae-Oleion sylvestris	2	0,5
3170	Glino lotoidis-Verbenetum supinae	1	0,14
7220	Eucladio-Adiantetum capilli-veneris	1	0,01-

3.2 Une évolution similaire des dehesas dans le Parc à celle d'Andalousie

Marianne Cohen et ses collaborateurs (2009) ont étudié l'évolution de la couverture du sol du PNSG à travers des photo-aériennes entre 1956 et 2002. Les dehesas diminuent de 8218,2 ha à 6176,4 ha, il en va de même d'une « végétation naturelle » avec un taux de couvert arboré de 10-30% et arbustif de 0-10% qui voit sa superficie divisée par trois (de 11616,6 à 4469,8 ha). Ces diminutions semblent favoriser des formations de feuillus plus denses comme la catégorie ayant une couverture arborée supérieure à 50% qui passe de 3020,2 ha à 13224,7 ha et celle ayant une couverture arborée entre 30 et 50% et arbustive entre 10 et 100% passant de 1059,8 ha à 3131,7 ha. Les dehesas du PNSG pourraient donc suivre une trajectoire similaire, un embroussaillage, à celle observée en Andalousie.

3.3 Les séries de végétation dans le PNSG

Trois générations d'auteurs abordent les séries⁵ de végétation dans notre zone d'étude. Le plus ancien est Rivaz Martínez (RIVAS MARTÍNEZ 1987) à l'échelle de l'Espagne, suit Aparicio Martínez et Silvestre Domingo (APARICIO MARTÍNEZ et SILVESTRE DOMINGO 1987), à l'échelle du PNSG, puis vient Valle Tendero en 2004 à l'échelle de l'Andalousie (VALLE TENDERO 2004). Les inspirations de ces auteurs sont diverses et recouvrent, totalement ou très partiellement, les différentes théories vues dans le chapitre 2.

Le Parc Naturel de la Sierra de Grazalema comporte trois étages bioclimatiques comportant quatre ombroclimats (Tableau n° 3.2).

C'est en fonction de ces étages bioclimatiques (Figure n° 3.3), des ombroclimats mais également de la géologie que les auteurs déterminent les séries de végétation. Aparicio Martínez et Silvestre Domingo (1987), auteurs de la Flore du Parc et d'articles sur la végétation de ce dernier indiquent les mêmes séries mais ne produisent pas de cartographie. Il correspond à l'Indice thermique (« *indice de termicidad* ») :

$$It = \sum(T + m + M) \times 10$$

avec T = température moyenne annuelle, m = température moyenne des minimas du mois

5. Série de végétation : modèle exprimant l'évolution, par stades successifs, d'une couverture végétale en un même site.

Tableau 3.2 – Définition des ombroclimats présents dans le PNSG

Ombroclimat	Précipitations en mm
Sec	350-600
Sub-humide	600-1000
Humide	1000-1600
Hyper humide	< 1600

le plus froid, M = température moyenne des maxima du mois le plus froid.

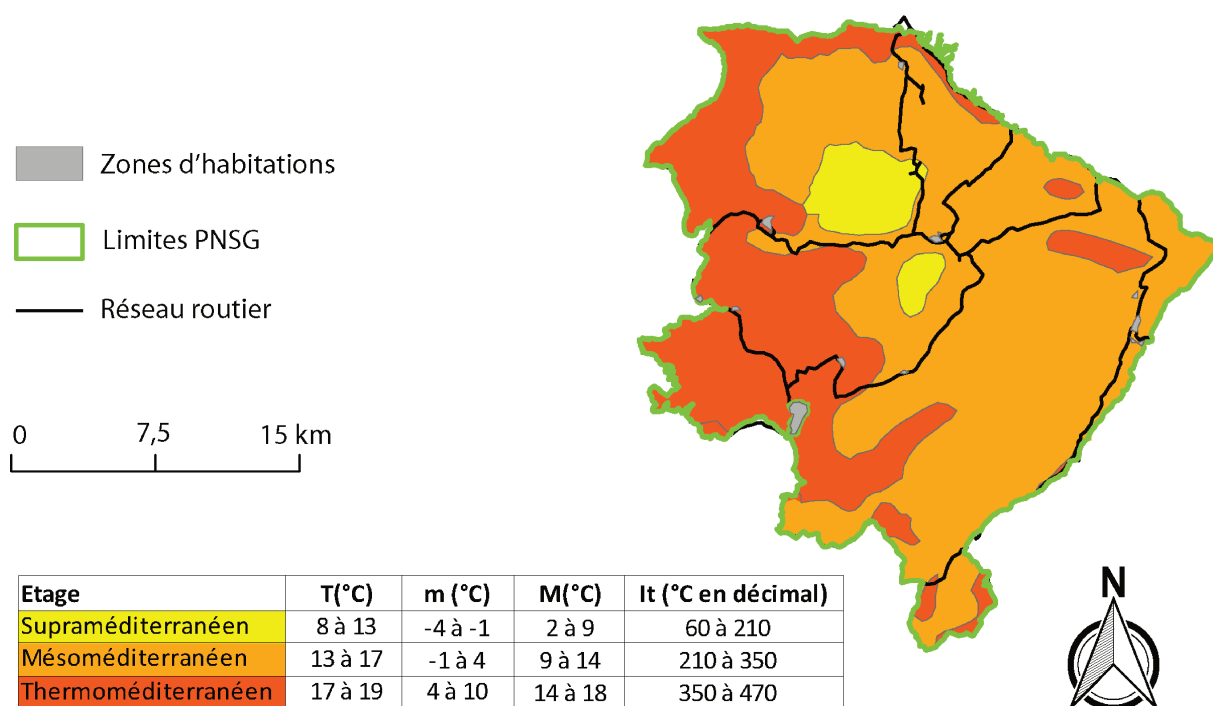


FIGURE 3.3 – Carte des étages bioclimatiques dans le Parc Naturel de La Sierra de Grazalema d'après Rivas-Martínez (1987)

D'un point de vue géologique : le nord nord-ouest de la Serra de Grazalema se situe à l'extrême ouest des formations rondéennes. Elles sont constituées de calcaire mésozoïque du Jurassique, d'argile et de marnes calcaires du Crétacé inférieur et du Jurassique. Les conditions de dépôts correspondent à celles d'une plate-forme carbonatée.

Ces cartes (Figure n° 3.4) sont réalisées à partir des travaux réalisés par Rivas-Martínez (1987) à l'échelle de l'Espagne et de Valle Tendero (2004) à celle de l'Andalousie. La version de Rivas-Martínez était disponible sous format vectorisé, celle de Valle Tendero a été digitalisée et vectorisée par nos soins. On observe un double gradient à la fois altitudinal, les séries les plus thermophiles se retrouvent dans les plus basses altitudes mais aussi

à l'Ouest, en situation d'abri, les massifs à l'Est bloquant les nuages et augmentant les précipitations.

Ces deux cartes, séparées par 17 années, présentent quelques différences :

1. Les séries *Berberido hispanicae-Querceto rotundifoliae* et *Rusco hypophylli-Querceto canariensis* n'apparaissent pas sur la carte de 2004 ; les séries de *Rhamno myrtifolli-Juniperus phoenicae* (associée à *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae*) et de *Clematido cirrhosae-Ceratonieto siliquae* ne sont pas présentes en 1987 ;
2. La série *Daphno latifoliae-Acereto granatensis* n'est pas positionnée du tout au même endroit par les deux auteurs. La série du Sapin d'Espagne (*Paeonio broteroi-Abietetto pinsapi S.*) occupe une superficie plus faible en 2004 ;
3. La série mésoméditerranéenne du chêne vert (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.*) occupe une superficie plus importante, en particulier au nord du PNSG, en 1987 alors qu'en 2004 cette superficie est occupée par la série thermoméditerranéenne *Smilaco mauritanicae-Querceto rotundifoliae* ;
4. Rivas-Martinez distingue une sous-série caractérisée par l'abondance de *Pistacia lentiscus* (symbolisé en vert foncé avec des traits) dans la série mesoméditerranéenne de chêne vert ;
5. La série de l'olivier sylvestre (*Tamo communis-Oleeto sylvestris S.*) occupe une surface plus importante en 2004 qu'en 1987

La première explication serait une augmentation des températures et une diminution des précipitations ; en effet des séries supraméditerranéennes et mesoméditerranéennes disparaissent ou diminuent au profit de séries thermoméditerranéennes. Mais il est probable que ces différences soient liées à la prise en considération des ensembles géologiques en 2004 par Valle Tendero. Rivas-Martínez classe le PNSG dans le district Rondéen. Valle Tendero distingue aussi le district Xérésien à l'ouest (présence de *Tamo communis-Oleeto sylvestris S.*) et Sévilléen au nord (*Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae S.*). Ici c'est à la fois une amélioration des outils SIG et un choix d'une échelle plus précise (Andalousie plutôt qu'Espagne) qui permet en 2004 une cartographie plus fine. Pour notre étude, il est important de noter que le chêne vert est l'essence caractéristique des séries qui occupent la majorité de la superficie du PNSG. Le chêne vert ne devrait donc pas y rencontrer de problème de régénération.

Carte des séries de végétation d'après Rivas-Martínez (1987)

Carte des séries de végétation d'après Valle Tendero (2004)

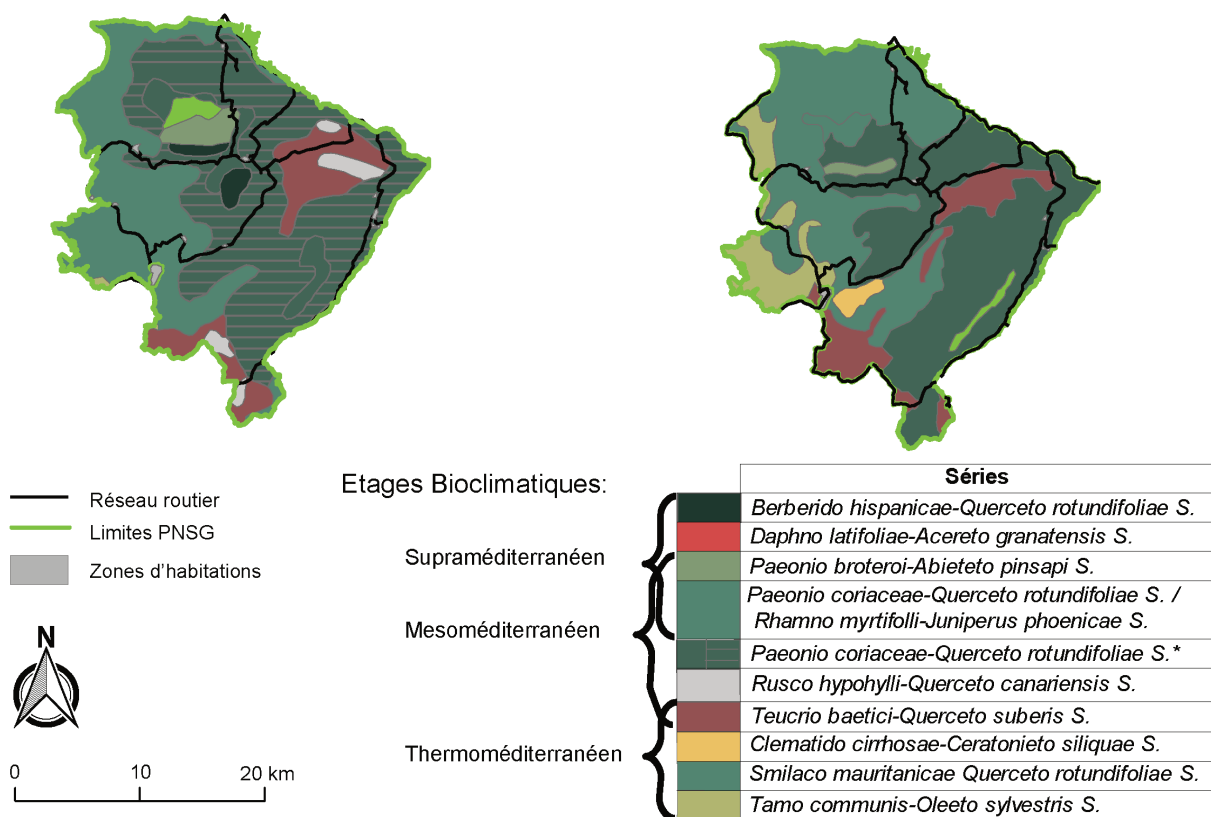


FIGURE 3.4 – Cartes des Séries de végétation du PNSG d'après Rivas-Martínez et Valle Tendero (Les traits indiquent une sous série caractérisée par l'abondance de *Pistacia lentiscus*, citée uniquement par Rivas-Martínez)

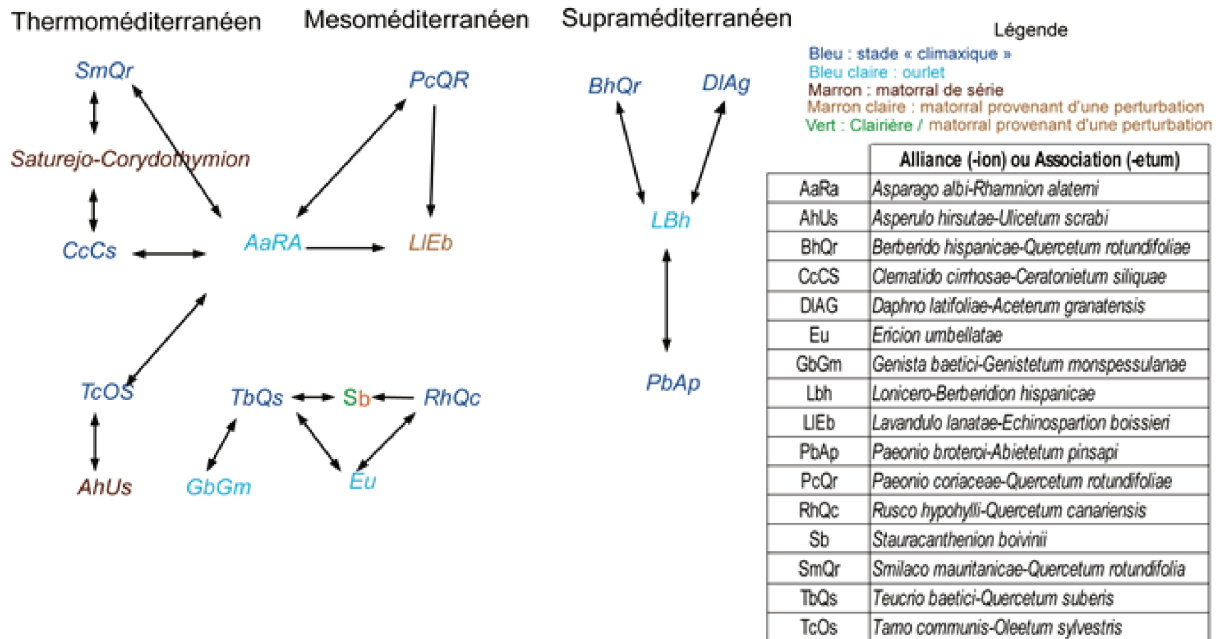


FIGURE 3.5 – Dynamique des séries d’après Aparicio-Martínez et Domingo Silvestre (1987)

3.3.1 Cinématique des séries

Les deux schémas (Figures n° 3.5 et 3.6) représentent les dynamiques entre les associations ou les alliances au sein des séries de végétation. Nous n’avons cependant pas inclus les stades prairiaux et/ou ceux constitués uniquement d’herbacés. Rivas-Martínez (1987) indique que l’on peut passer de la pelouse à un stade matorral dense et à une forêt avec parfois un matorral dégradé mais n’indique pas les associations qui en sont caractéristiques ni leurs éventuels liens.

Valle Tendero, en 2004, indique un plus grand nombre d’associations et de liens entre ces dernières. Il y est notamment possible de passer de séries à chêne vert (PcQr) aux séries à sapin d’Espagne (Pbap) ou bien à chêne faginé (DIAG)et inversement. Valle Tendero évoque le plus souvent l’état du sol pour expliquer ces dynamiques : c’est dans les cas d’une perte de sol que les cortèges changent pour ceux d’étages bioclimatiques plus chauds et à l’inverse un sol profond peut permettre le développement d’associations d’étages plus froids. Dans certains cas, encore liés au sol, des matorrals de série peuvent être considérés comme le stade progressif le plus avancé. Pour lui, il est également toujours possible de revenir au stade dit climacique, ce qui n’était pas le cas pour certaines séries régressives en 1987.

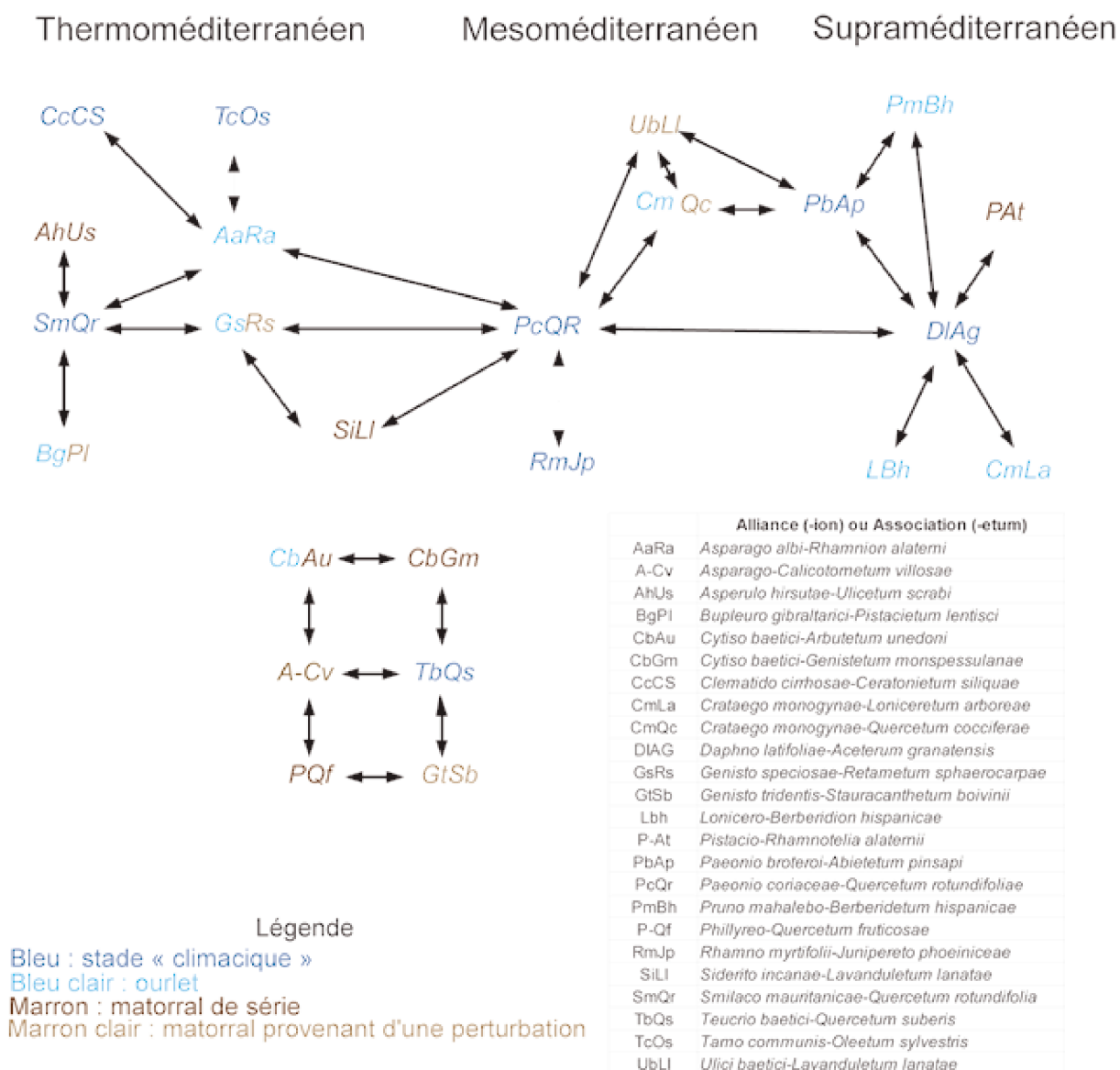


FIGURE 3.6 – Dynamique des séries d'après Valle Tendero (Valle Tendero, 2004)

3.3.2 Séries de végétation et étagement

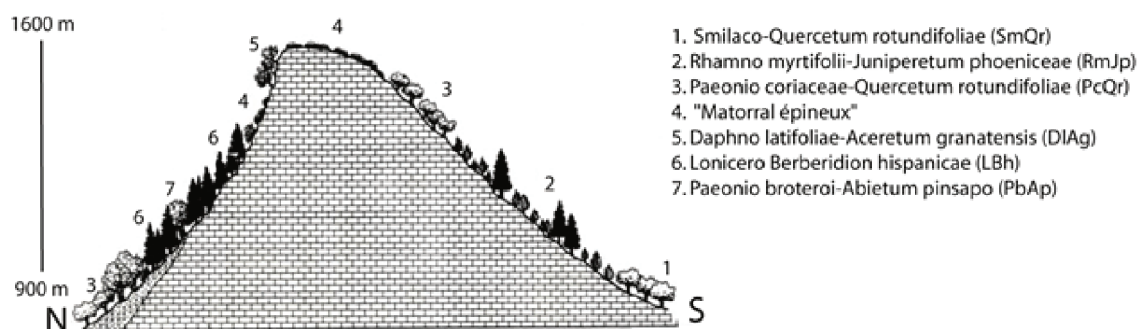
Après les étages bioclimatiques, les ombroclimats et le sol, les auteurs associent les séries de végétation à des étages de végétation selon l'altitude et l'orientation. On retrouve sur ces deux coupes (Figure n° 3.7) des informations similaires, l'étagement reprend l'ordre des étages bioclimatiques. La coupe de Valle Tendero (2004) est plus détaillée mais n'inclut pas les oppositions de versant.

3.3.3 Régénération et séries de végétation

Les trois auteurs (Aparicio Martínez et Domingo Silvestre en 1987 et Valle Tendero en 2004) considèrent que quand les associations à chêne vert (PcQr, SmQr) sont en place elles sont « stables ». Les mécanismes, comme la régénération naturelle, pouvant permettre cette stabilité, ne sont pas évoqués. Il y a aussi peu d'informations sur ce qui permet d'atteindre ces séries « climaciques » ou ce qui après une perturbation permet d'y retourner. Cela peut venir du fait que les modèles de séries de végétation sont liés aux écoles de phytosociologie qui s'intéressent principalement aux groupements végétaux et à leur description (dans une moindre mesure à leurs relations dynamiques) et que la vision très organiciste de ces groupements ne favorise pas les questionnements sur leur fonctionnement interne.

La régénération naturelle n'est abordée que par Valle Tendero (2004). Il en retient son acceptation sylvicole préconisant des travaux nécessaires dans les cas de série régressive ou de densité arborée trop faible. Les auteurs n'évoquent pas non plus la place des systèmes agroforestiers dans leurs séries et il est donc difficile de savoir si une dehesa peut être considérée comme ayant un couvert déficient.

A



B

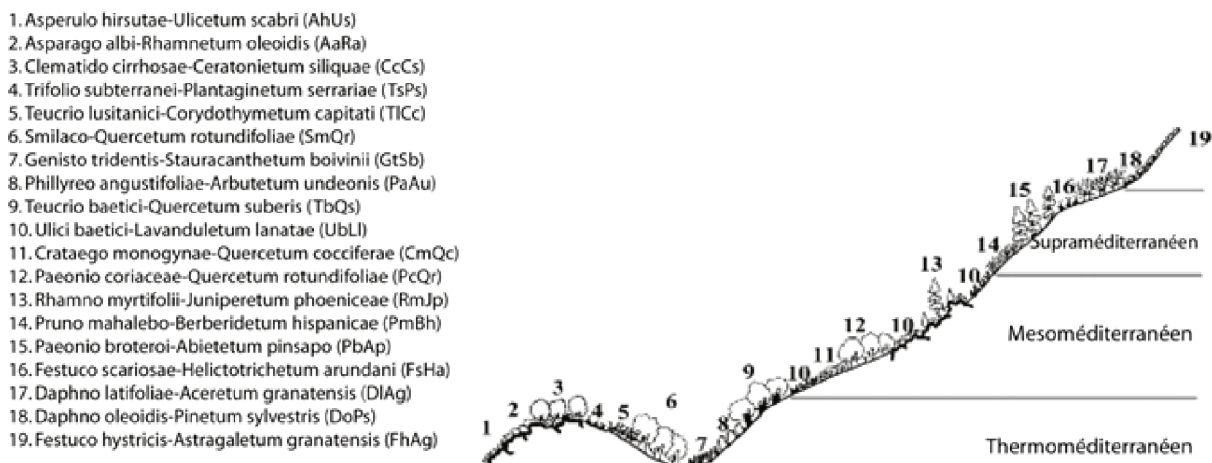


FIGURE 3.7 – Étagement des séries de végétation d'après Aparicio Martínez et Domingo Silvestre (1987) et Valle Tendero (2004)

3.4 Présentation d'unité de gestion dans le Parc de Grazalema

Une des caractéristiques importantes des systèmes agro-forestiers se réfère aux unités de gestion et aux pratiques qui y sont appliquées. L'orientation économique des unités de gestion peut-être la production agricole, ici essentiellement l'élevage, mais aussi l'accueil touristique, voire la valorisation cynégétique, la grande chasse étant une forme de valorisation des territoires montagneux en Andalousie (Crespo-Guerrero 2013). En fonction de ces orientations, le type de paysage qui sera favorisé par l'exploitant ne sera pas le même. La composition des troupeaux, leur importance numérique sont des descripteurs dont l'influence est attendue sur la végétation, et notamment sur la régénération du chêne vert, dont les premières étapes se déroulent au sein de la strate herbacée. La pression de prédation et le piétinement pourront éventuellement s'exercer sur les jeunes pousses de chêne et limiter la régénération. En fonction du type d'élevage, caprin, ovin ou bovin, la prédation pourra s'exercer sur des jeunes chênes de hauteur variable. Les pratiques de débroussaillage sont également recensées, de même que leur continuité historique, car elles peuvent éclaircir ou détruire la végétation arbustive constituant une protection des semis contre la prédation des troupeaux. La présentation qui suit n'a pas de prétention à l'exhaustivité. Nous décrivons les principales caractéristiques des terrains localisés dans les communes du PNSG, où seront réalisées nos observations de terrain sur la régénération des chênes verts. Ces terrains peuvent constituer tout ou partie d'une exploitation agricole. L'ensemble des exploitations d'élevage travaillant ces terrains ont un label agriculture biologique. Cela constitue en effet une obligation pour pouvoir louer des pâturages localisés dans les terrains publics, et c'est aussi le cas des exploitations privées. Cinq exploitations sont localisées dans les terres publiques, et deux dans des terrains privés. Pour chacune d'entre elles, nous précisons sa localisation, son histoire (d'après diverses sources) et sa gestion actuelle, d'après des enquêtes réalisées en collaboration avec Claudia Marquez auprès des exploitants et des agents du ministère de l'environnement en charge du PNSG. Les informations collectées lors de ces enquêtes sont toutefois de précision très variable, et ne permettent pas de disposer de chiffres comparables (notamment la charge animale n'a pu être calculée que dans quelques cas).

3.4.1 Terres publiques

Albarracinejo : une petite exploitation chevrière

Source : éleveur locataire de la terre, agent du ministère de l'environnement. L'Albarracinejo est situé à proximité du hameau de Benamahoma (15 minutes à pied) sur la commune de Grazalema. Ce terrain s'étend sur un versant orienté nord nord-est, à des altitudes comprises entre 600 et 800 m. Les plus fortes pentes sont localisées dans la partie nord donnant sur le village. Ancien « Baldios » des « Cuatro Villas », la terre a été vendue à un grand propriétaire à la fin du 19ème siècle. Cette personne avait également acheté la Sierra del Pinar (terrain situé en face, légèrement à l'Est, de l'Albarracinejo). Il était le maire de Pizarra, une petite commune proche de Malaga. Lors de sa vente, l'Albarracinejo contenait des chênes verts, âgés entre 50 et 80 ans, et des caroubiers. La densité était alors faible, de l'ordre de 14,29 a/ha. Des animaux de traits (50 têtes) et des cochons pâturaient alors la plus grande partie du terrain, dont 50 hectares étaient labourés. Nous n'avons pas retrouvé le dossier d'acquisition car le terrain a été racheté après la disparition de l'ICONA. Jusqu'à quatre familles ont vécu sur cette terre dont les parents de l'actuel locataire. Il y aurait eu jusqu'à 500 chèvres et une centaine de porcs en montaña. L'ancien propriétaire a réduit la taille des troupeaux et les familles s'en occupaient dans les années 70, à l'époque où l'ICONA achetait des terres. Puis, il a vendu le reste du bétail en 1977. Il n'y a pas eu d'animaux pendant 4 ans puis les filles du propriétaire ont racheté un troupeau de 100 chèvres et d'une vingtaine de brebis qu'elles ont confié au père de l'actuel locataire. Lors du rachat de ces terres par le ministère de l'environnement, elles ont été louées d'abord au père puis actuellement au fils. La charge pastorale est réglementée, et la taille du troupeau ne doit pas dépasser 140 chèvres. Le charbonnage s'est arrêté dans les années 70. Il n'y a eu que des débroussaillages légers depuis.

3.4.2 Albarranes : Une zone de pâturage éloignée

Source : les deux éleveurs locataires et l'agent du ministère de l'environnement L'Albarranes est situé entre l'Alamo et la Bregna de Agua. Il est plus simple d'y accéder par Zahara (25 minutes en voiture) mais on peut également y arriver par Benamahoma (20 minutes en voiture tout-terrain). Il est orienté au nord-est situé à une altitude de 800 m. C'est un ancien Baldios vendu en 1890 et racheté par l'ICONA en 1979. A la vente,



FIGURE 3.8 – Vue d'ensemble de l'Albarracinejo, Olivier Leroy



FIGURE 3.9 – Troupeau de Payoyas, petites chèvres de la Sierra de Grazalema, Olivier Leroy



FIGURE 3.10 – Dehesa légèrement embroussaillée par *Cistus alba*, Albarranes, Olivier Leroy

il était peuplé principalement de chênes verts avec un petit noyau de chênes liège, de faible densité (33 a/ha). Deux classes d'âge étaient décrites 30-40 ans et plus de 80 ans. Il abritait des animaux de traits (30 têtes), un élevage de porcs permanent (60 têtes) et un autre troupeau porcin plus important en montaña (100 têtes). Lors de son rachat, la densité arborée avait un peu diminué (27,06 a/ha). En plus des chênes verts, on y trouvait du caroubier (310 pieds) et des oliviers (785 pieds). Les propriétaires de l'Alamo louent ces terres depuis près de 40 ans, à l'ancien propriétaire puis à l'ICONA. Actuellement, le terrain est pâturé par 250 brebis et 30 vaches, avec une charge animale assez faible (0,77 UGB/ha). A cela s'ajoute un petit troupeau de chèvres (60-70 têtes) appartenant à un autre propriétaire qui est censé les faire pâturer dans les coupe-feu.

3.4.3 Campos de las Encinas et de los Laureles : un ancien communal

Sources : l'éleveur locataire, l'agent du ministère de l'environnement Cette terre publique est située entre Benamahoma et Grazalema (sa commune de rattachement). Elle est traversée par la route qui mène à Grazalema ce qui en facilite l'accès. Orientée nord



FIGURE 3.11 – Moutons pâturant à l’Albarranes, Olivier Leroy



FIGURE 3.12 – Gaules de chênes verts, Campos de las Encinas, Olivier Leroy

nord-est, elle est située entre 700 et 800 m d'altitude. Cette terre correspond à un ancien communal depuis la reconquête. En 1870, l'essence dominante était le chêne faginé, associé au chêne vert, à l'oléastre et au caroubier, avec une densité de 24,86 a/ha. Près de 100 hectares y était pâturés. Au milieu du 20ème siècle, la densité arborée avait considérablement augmenté (1952 : 118,67 a/ha ; 1962 : 86,86 a/ha). L'éleveur actuel a succédé à son beau-père, qui possédait un troupeau de 60-80 cochons mais a dû arrêter son élevage car il n'était pas aux normes. Le locataire actuel du terrain possède avec sa famille une petite exploitation de 30 ha jointive de la terre publique. Le terrain est pâturé par des chèvres depuis 30 ans, après une période de mise en défens de 20 ans (entre les années 70 et 90). La réintroduction des chèvres s'est faite progressivement, le troupeau atteignait 150 têtes il y a 15 ans et 240 têtes aujourd'hui. A cela s'ajoutent 60 vaches. La charge animale est assez importante (1,16 UGB/ha en comptant la partie privée). Le charbonnage s'est arrêté dans les années 60. En dehors des chemins et des coupe-feu il y a peu de débroussaillage.

3.4.4 Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar : une parcelle dédiée à la protection du sapin d'Espagne

Source éleveur locataire et agent du ministère de l'environnement Cette terre, localisée dans la commune de Grazalema, est de très grande taille et des relevés ont été réalisés dans deux parties assez différentes. La première, proche de la route qui va de Zahara à Grazalema, est accessible par un sentier (45 minutes de marche depuis la route). La deuxième zone est accessible à pied (15 minutes) par un chemin carrossable (20 minutes en voiture de Grazalema). Du fait de sa situation dans la zone cœur du parc, la circulation est réglementée (nous n'avons eu l'autorisation de rouler sur le chemin que pendant une semaine). La première zone est orientée nord nord-Est, entre 1100 et 1200 mètres d'altitude, la seconde est orientée au sud, à plus basse altitude (700-800 m). Dehesa très ancienne, mentionnée dans de nombreux documents à partir du 16ème siècle, elle a été vendue lors du désamortissement (1890). Elle était assez fortement arborée pour l'époque avec 43,66 arbres/ha pour la partie Dehesa del Puerto et 48,17 arbres/ha pour la partie Hoyo del Pinar. Avant son rachat par l'ICONA (1972), cette grande terre était divisée en 4-5 zones dont une famille avait la charge (plusieurs familles pouvaient donc être présentes par zone, un vieux forestiers nous a dit que 17 familles s'y trouvaient) . Il y avait plus de 500 chèvres, 70 vaches et 300 cochons. La partie ouest, où nous n'avons pas fait de relevés, était cultivée. Située dans la zone cœur du Parc, abritant les sapins d'Espagne, espèce protégée, cette parcelle a été mise en défens jusqu'en 1995. La zone située plus au sud était décrite comme une « dehesa arbolada » (dehesa arborée) et n'était pas pâturée lors du rachat par l'ICONA. La zone située en altitude, au sud, était catégorisée comme un « érial à pastos » (friche à pâtures) et est actuellement pâturée en « estive » par 70 vaches.

3.4.5 Encinalejo : une exploitation difficile d'accès

Source éleveur locataire et agent du ministère de l'environnement Nous disposons de peu d'informations sur cette terre. Son numéro indique qu'elle aurait été rachetée un peu avant l'Abaracinejo (fin des années 80, début 90). Elle est accessible par un chemin non praticable en voiture à près 45 minutes à pied de Benaocaz. Elle est louée à un éleveur, fils de l'ancien locataire. Il a un élevage de chèvres (100 têtes et 2-3 vaches), le troupeau est fixe depuis le rachat par le ministère de l'environnement.

3.5 Terres privées

3.5.1 Bregna de Agua : d'une exploitation intensive à une exploitation cynégétique

Source : entretien avec l'agent du ministère de l'environnement, l'ancien propriétaire-éleveur et le garde-chasse/ gérant du nouveau propriétaire La Bregna de Agua est située sur la commune de Zahara, à la limite avec celle de Grazalema. En plein cœur de la Sierra(cf. carte), elle est difficile d'accès : on y arrive principalement par le hameau de Benamahoma (15 minutes en voiture tout-terrain depuis le village) et autrement de Zahara (30 minutes du village en voiture). Orientée principalement sud sud-est, la Bregna de Agua est en pente faible dans sa partie nord et fortement pentue au sud(cf. carte avec transect). Avec des parties à plus de 1100 mètres d'altitude, elle est située majoritairement entre 800 et 1000 m d'altitude. Elle faisait partie de la Reyerta, grande terre communale appartenant aux « vecinos » de Zahara qui incluait en plus El Navazo del Buitre, Dehesa del Pinar et Hoyo del Pinar, jusqu'à sa vente à la fin du 19ème. Nous ne savons pas qui l'a obtenue en gestion entre 1890 et 1959. De 1959 à 2004, elle appartient et est directement gérée par 3 frères et leurs familles. Ils la rachètent avec El Navazo del Buitre qui la jouxte au sud sud-est. L'ensemble fait 770 ha, la Bregna de Agua en occupe actuellement une grande partie (690 ha) alors qu'au 19èmesiècle, la répartition était plus équilibrée. Il y a actuellement un grand bâtiment d'exploitation (et un plus petit à Navazo del Buitre) et c'est là que les familles résident. Avant cette période, sept familles vivaient, plus dispersées, sur l'exploitation. L'exploitation avait une vocation très productive : 1000 chèvres, 200 vaches, 500 brebis et de 100 à 200 cochons y ont pâturé en même temps. La charge animale y est particulièrement forte (4,27 UGB/ha). Le nombre de bêtes a cependant diminué progressivement à la fin des années 90, pour arriver à la moitié des effectifs, l'âge des frères augmentant. Les brebis ont aussi petit à petit laissé place aux bovins. Le débroussaillage était fréquent, l'exploitation agricole (« finca ») était « limpia », de façon à produire du « ramón » (jeunes pousses d'arbres pour nourrir le troupeau l'été) et pour le charbon. L'exploitation pour le charbon a perduré un peu plus longtemps dans cette exploitation (début des années 1990) que dans les autres. A la création du PNSG, il y a eu une interdiction d'intervenir sur la végétation (débroussaillage et tailles des arbres) qui a duré pendant 10 ans. Puis cela a été repris et subventionné (pour 150 ha) à partir des années 2000. Le nouveau propriétaire qui a racheté la Bregna et le Navazo n'est pas du



FIGURE 3.13 – Vue sur la Bregna de Agua, Olivier Leroy

monde agricole. Nous n'avons pas pu nous entretenir avec lui. Il nous a donné l'autorisation de faire des mesures sur ses terres et nous avons pu parler avec son garde-chasse. Depuis son rachat en 2004, l'exploitation est essentiellement gérée pour la chasse au gros gibier (cochon sauvage, cerf, chèvre sauvage et « corso », variété de petit chevreuil). La présence de ces animaux en nombre suffisant pour la chasse est assez récente. Un troupeau de 115 vaches y pâture, générant une charge animale assez faible (0,90 UGB/ha). En dehors de l'entretien des pare-feu et coupe-feu, il y a des débroussaillages tous les ans mais de petites surfaces afin de mettre en place des clairières propices aux animaux de chasse.

3.5.2 El Agamazon : une exploitation agricole en expansion

Située à 15 minutes en voiture d'El Bosque par une route pierrée, cette ancienne dehesa de chêne faginé (d'après les cartes planimétriques) a été rachetée il y a peu par un des frères possédant la Bregna de Agua en 2006. C'est son fils qui la gère et il a racheté des terres jointives en 2008. Il possède un troupeau de chèvres (350-400 têtes), et un



FIGURE 3.14 – Vue sur l'Algamazon, Olivier Leroy

troupeau bovin de 50 à 60 têtes. Les arbres y sont taillés et des demandes régulières pour débroussaillage sont effectuées auprès du Parc.

Au final, la principale différence entre les terres publiques et privées, est l'intensité de l'exploitation des ressources et sa continuité historique. Dans les terres publiques, l'exploitation a généralement été discontinuée dans le temps, notamment du fait de la mise en défens, mais aussi en raison des vicissitudes socio-économiques ayant pu affecter les propriétaires ou locataires et la transmission entre générations. La charge animale est généralement faible, voire très faible en zone cœur du parc. Dans les terres privées, la pression pastorale est multipliée par 4, et les pratiques de débroussaillage sont plus régulières. De tels contrastes seront probablement susceptibles d'expliquer les différences de régénération du chêne vert que nous observerons dans ces différentes terres

Deuxième partie

Régénération passée, régénération « naturelle » du passé

« La vie végétale ne révèle qu'une suite de « naissances » et de « morts ». C'est la vision religieuse de la Vie qui permet de « déchiffrer » dans le rythme de la végétation d'autres significations en premier lieu « des idées de régénération, d'éternelle jeunesse, de santé, d'immortalité ».

Jacques Brosse citant Mircea Éliade (La Mythologie des arbres, 1993, p. 30)

4

Le temps long, la vie des arbres

L'absence de régénération naturelle, entendue ici au sens de régénération spontanée dans des systèmes plus ou moins anthropisés, est un des problèmes mettant en cause la durabilité des systèmes agroforestiers. Problème d'autant plus troublant qu'il révèle un apparent paradoxe : s'il n'y pas de régénération naturelle pourquoi et comment y observe-t-on des arbres actuellement ? Ceci d'autant que la longévité des arbres, bien qu'importante, n'est pas infinie. Or il est souvent fait mention par nos interlocuteurs locaux, de systèmes agropastoraux anciens, existant depuis 500 ans voire plus.

Ce paradoxe sera notre fil conducteur tout au long de cette partie et il nous faut préciser : d'où proviennent les arbres adultes observés actuellement, de quelles formations végétales et pratiques sont-ils issus ? Comment étaient envisagés et éventuellement mis en place des peuplements et leurs renouvellements à différentes époques ? Observe-t-on une évolution dans le temps ?

Pour répondre à ces questions, nous avons mobilisé une large gamme de sources succinctement présentées dans le tableau n° 4.1. Nous les aborderons par ordre chronologique et certaines seront regroupées. L'inventaire de la Marine (1765), suivi des descriptions préalables à la vente des communs (1861-1893) et accompagné des premières cartes planimétriques (1870-1956) nous permettra d'évoquer les conditions de naissance des arbres les plus anciens. Les divers plans de gestion (1929-1972) des terres exclues de la vente nous permettront d'avoir une vision plus fine des peuplements et des pratiques associées.

Tableau 4.1 – Présentation des sources historiques et de leurs échelles de mesure

Sources	Dates	Types de documents	Échelle et étendue de la mesure
Inventaire de la Marine	1765	Bibliographie d'après manuscrits	Groupes de communes, Sierra de Grazalema
Descriptions des terrains communaux	1861-1893	Manuscrits, archives	Terres publiques, Deux communes
Cartes planimétriques	1870-1956	Feuillets, archives	Sierra de Grazalema
Plans de gestion des terres publiques	1929-1972	Manuscrits dactylographiés, archives	Terres publiques, 3 cas
Dossiers d'acquisition de l'ICONA	1967-1992	Manuscrits dactylographiés, archives	Terres publiques, Sierra de Grazalema
Inventaires Forestiers Nationaux	1969-2007	Manuscrits dactylographiés, archives et bases de données informatisées	Cercles de rayons de 10 à 30 m, Sierra de Grazalema

Ensuite nous retrouverons une partie des communs vendus lors de leur rachat par l'État (1967-1992). Enfin, nous nous rapprocherons de la période actuelle grâce aux différentes placettes des Inventaires Forestiers Nationaux (1969-2007).

Quels âges ont les arbres ? Voilà une question simple, presque enfantine auquel il nous faut tenter de répondre avant de remonter dans le temps. Malheureusement, il n'y a pas de réponse aisée. Pour comprendre la place des arbres dans l'écosystème, ce n'est pas nécessairement leur âge qui est important mais leur taille, leur disposition, les ressources utilisées et produites. L'âge est un bon descripteur des points précédents mais il est difficile à obtenir directement : les arbres répondant peu aux questions. Il est souvent obtenu, pour les essences connaissant une saisonnalité dans leur croissance, en comptant les cernes. Cette méthode nécessite : soit la coupe de l'arbre soit le carottage de ce dernier via une tarière de Pressler. Ces deux opérations, conformément à la loi andalouse, nécessitent une autorisation. Il va sans dire que la première était hors de question et que la seconde ne semblait pas faire l'unanimité parmi nos interlocuteurs au PNSG. Nous avons donc décidé de prendre une autre mesure, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et d'en proposer des équivalences en âges. La relation âge-DHP n'a rien de révolutionnaire et

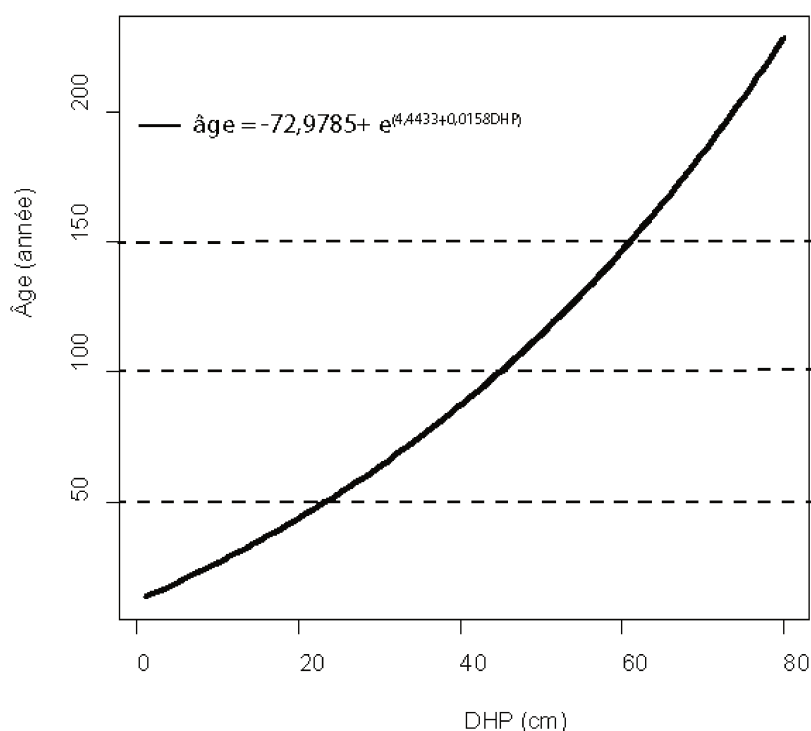


FIGURE 4.1 – Relation âge-DHP d'après Plieninger (2003) et à partir des croissances annuelles des IFN2 et 3

on s'attendrait à ce qu'elle soit bien établie pour une essence telle que le chêne vert. Mais, cette relation dépend de nombreux paramètres : patrimoine génétique des individus, conditions de croissance (accès aux ressources), elle fluctue dans le temps, résulte à la fois du milieu et des perturbations (feu, éclaircie) et de l'histoire de l'individu (arbre issu d'une cépée ou issu d'une graine) ce qui en complique l'étude. Ces différents paramètres peuvent être assez spécifiques et il est sage d'établir la corrélation sur une zone proche. Nous avons donc localisé des coupes sanitaires (arbres malades ou sur le point de tomber sur une route) pour en profiter. Cependant, les chênes verts de la Sierra de Grazalema n'ont pas la vie facile : certains avaient le tronc creux, d'autres des cicatrices, bourrelets et excroissances. Des mesures précises pour notre zone n'étaient donc pas possibles.

Par défaut nous utiliserons une relation ¹ obtenu par Plieninger (2004) pour des dehesas d'Extremadure :

$$Age = -72,9785 + e^{4,4433+0,0158*DHP} \quad (4.1)$$

Le graphique n° 4.1 la représente.

1. $R^2 = 0,91$

Tableau 4.2 – Catégories de diamètres et classes d'âges pour le chêne vert d'après Perea García-Calvo et ses collaborateurs (2009)

Catégories	DHP	Âge
Classe I	≤ 15 cm	≤ 35 ans
Classe II	15-30 cm	35-65 ans
Classe III	30-45 cm	65-100 ans
Classe IV	45-60 cm	100-145 ans
Classe V	60-75 cm	145-200 ans
Classe VI	>75 cm	> 200 ans

Elle a été utilisée par Perea García-Calvo et ses collaborateurs (2009) dans une dehesa de Tolède. Il en propose une adaptation prudente en classe de diamètre que nous allons garder en tête lors de nos analyses (tableau n° 4.2). On est proche, bien qu'encore plus conservateur, du dicton populaire forestier : un chêne vert prend 10 cm de diamètre tous les 20 ans (5 mm par an).

5

Caractériser un état initial (1765-1893) ?

5.1 Avant la « reconquête », de maigres informations

La Sierra de Grazalema appelée parfois Serrenia de Villaluenga dans les documents historiques dépendait du royaume musulman de Grenade. Servant de poste frontalier militaire située à la périphérie de son centre politique, elle possédait une certaine autonomie. La population de l'époque est estimée à moins de 1200 habitants assez disséminés et répartis dans des noyaux d'habitation nommés Archite, Audita, Aznalmara, Benahud, Benaocaz, Cardela, Gaidovar, Garciago, Grazalema, Pegnaloja, Ubrique et Villaluenga auxquels s'ajoutaient les hameaux (« *Alquerias* ») d'El Bosque et de Benamahoma. Nous avons peu d'information sur la gestion des terres à cette époque.

Les informations historiques dont nous disposons proviennent du livre coordonné par Fernando Síglér Silvera et Juan Carrasco Soto sur l'histoire de la Sierra (2002). La « reconquête » a eu lieu en 1500 dans la Sierra de Grazalema. Elle est suivie par une colonisation administrée par le duché d'Arcos¹. Sept noyaux d'habitations sont alors repeuplés par 285 « *vecinos* »². Ces vecinos sont répartis en 221 « *peones* » et 64 « *caballeros* »³. Ils sont répartis dans les noyaux urbains de Grazalema (74), Benaocaz (69),

1. Arcos de la frontera est à 30 km d'El Bosque.

2. Un habitant (« *vecino* ») correspond à une unité fiscale propre à l'Espagne de l'Ancien Régime correspondant à un ménage. Il est de coutume de multiplier par 4 ou 5 pour estimer la population. Les troupeaux que chaque « *vecino* » pouvait posséder étaient limités à 40 vaches, 100 cochons et 200 brebis.

3. 30 fanegas de terre et une arranzada de vigne sont attribués à un « *caballeros* » la moitié à un «

Villaluenga (61), Archite (41) et Ubrique (40). Parmi ces sept centres urbains d'origine, nommés « *Siete Villas* », deux d'entre eux ont été dépeuplés rapidement (Aznalmara et Cardela) suivis, au 16^{ème} siècle, d'Archite ce qui aboutit à une structure nommée « *Cuatro Villas* ». Elles conserveront une certaine autonomie. Zahara constitue une entité avec Algodonales en conflit avec les « *Cuatro Villas* » au sujet de la terre « *Reyerta* » située à la limite entre les deux territoires. Quant à El Bosque, elle prendra son autonomie en 1815 mais est déjà reconnue comme appartenant au duché d'Arcos à partir de 1530.

Les « *Cuatro Villas* » se dotent d'une ordonnance prévoyant de sanctionner les fraudes dans l'exploitation commune des champs et montes. Elle différencie les « *baldios* » terres souvent de mauvaise qualité communes aux « *Cuatro Villas* », les « *proprios* » terres appartenant au conseil municipal de chaque « *Villa* » et dont la rente servait à financer les besoins du village et enfin les terrains communaux qui appartenaient aux « *vecinos* » de la municipalité. Les *dehesas* étaient considérées comme des biens communaux fermés. Les *dehesas* étaient dites « *Boyales* » et surtout utilisées pour les bœufs de trait. Les « *baldios* » étaient indivisibles aux « *Cuatro Villas* ». Les montes étaient très importants comme l'attestent les nombreuses règles de gestions y ayant cours. Il y avait une interdiction concernant les feux allant de la saint Jean (23 juin) à la fin du mois d'août. Il était possible de ramasser un « *medio almud*⁴ » de glands de chênes verts ou lièges pour leur alimentation mais la récolte devait se faire à la main. Les porcs des *vecinos* y étaient interdits de la Saint Jean à la nativité au profit de ceux du seigneur, ce qui a été une source de tension. Il était interdit de couper un chêne vert, liège ou faginé et lors de la taille, la tige principale devait être préservée. L'amende étant en partie reversée au « *délateur* » ce qui devait inciter aux contrôles. Le conflit avec la Mesta (cf. p.24) est avéré dans la région par une plainte portée par le conseil municipal de Benaocaz, représentant ici les « *Cuatro Villas* » en 1595.

Cette description correspond bien à ce que nous avons nommé les *dehesas* communautaires (p. 23) même si dans ce contexte on parle de « *monte* ». Leurs usages sont régulés et ces régulations peuvent évoluer. Nous ne sommes donc pas dans un système d'accès libre (« *open access* ») où aucun des utilisateurs ne communique entre eux et où aucune régulation ne se mettrait en place. Nous sommes donc loin de la « *tragédie des communs* » dénoncée par Hardin (1968). L'usage communautaire ne peut donc pas ici,

peones ».

4. un almud contenait autour de 4,625 litres.

nécessairement, conduire à une détérioration. L'usage communautaire ne peut donc pas ici, nécessairement, amener à une détérioration.

Les premiers travaux sur la végétation dans la Sierra de Grazalema sont ceux de l'Inventaire de la Marine (18^{ème}).

5.2 Inventaire de la Marine (1765) : une première séparation en classes d'âge

L'inventaire de la Marine du 18^{ème} siècle (1765 pour la province de Cadiz), retranscrit et compilé par Manuel Gómez Cruz (1991) couvre les localités du nom de « Benaoscas » (Benaocaz), « Grazalema », « Ronda », « Ubrique », « Villaluenga » et « Zahara ». Leurs localisations, présentes dans les cartes fournies avec l'inventaire, correspondent aux communes du même nom localisées dans le PNSG mais ne se superposent pas totalement. Cet inventaire classe par essences puis par catégories d'âges les arbres comptés sur ces communes. Il sera donc difficile de le comparer avec d'autres résultats obtenus à l'échelle du PNSG. C'est cependant un témoignage important sur l'état des formations boisées de cette époque. L'inventaire inclut les arbres déclarés des forêts, des dehesas et des jardins.

5.2.1 Des communes inégalement couvertes

Zahara est la commune qui possédait le plus d'arbres (492622) suivie, pour presque la moitié, de Grazalema (221521), Ubrique (133088) et beaucoup moins pourvues Benaocaz (54377), Villaluenga (50782) et Ronda (31045). La commune de Zahara s'étendait à cette époque sur les actuels territoires des communes de Zahara de la Sierra et de El Gastor (AMPARO FERRER 2002).

Neuf essences ont été inventoriées dans les six communes (tableau n° 5.1). Les trois chênes représentent plus de 95% des effectifs avec, en tête, le chêne vert (*Quercus ilex*, 45,15%) suivi du chêne faginé (*Quercus faginea*, 39,48%) et bien plus loin, le chêne liège (*Quercus suber*, 11,15 %). Parmi les autres essences, seuls les caroubiers (*Ceratonia siliqua*) avec 3,02% dépassent le seuil du pourcentage.

Les arbres sont répartis en trois classes « jeunes », « en croissance » et « anciens »⁵. Parmi les trois essences principales, *Quercus ilex* et *Quercus faginea* possédaient bien plus d'arbres « jeunes » que d'arbres « en croissance » avec dans les deux cas un peu plus

5. Traductions de « *Nuevos* », « *Crecidos* » et « *Viejos* ».

Tableau 5.1 – Inventaires des essences en 1765 sur les 6 communes

Essences	Effectifs	%
<i>Quercus ilex</i>	444021	45,15
<i>Quercus faginatae</i>	388298	39,48
<i>Quercus suber</i>	109651	11,15
<i>Cerratonia siliqua</i>	29691	3,02
<i>Populus</i> sp.	4975	0,51
<i>Pinus</i> sp.	4224	0,43
<i>Juglans regia</i>	1223	0,12
<i>Olea europea</i>	886	0,09
<i>Fraxinus angustifolius</i>	466	0,05
Total :	983435	100

arbres « anciens » (figure n° 5.1) alors que *Quercus suber* possédait relativement plus d'arbres anciens. Leur répartition dans les communautés est représentée dans la figure n° 5.2. Zahara présentait un nombre très important de jeunes arbres et très peu d'arbres des autres catégories démographiques. Grazalema possédait le plus d'arbres « anciens » (123916), un peu moins d'arbres « en croissance » (86114) et un nombre plus faible de « jeunes » (11491). Ubrique avait les trois catégories presque au même niveau avec les arbres en croissance très légèrement en tête (45561). Benaocas et Villaluenga présentaient des profils similaires avec un nombre important de « jeunes », faible d'« en croissance » et un peu plus d'« anciens ». Enfin, Ronda comportait un nombre décroissant légèrement des catégories les plus jeunes aux plus anciennes.

Quercus suber était représenté principalement dans les villes de Grazalema (44811) et Ubrique (53806). Seul Villaluenga était dominé par le chêne faginé (80,37%). Benaocaz (69,45%) et Ronda (87,98%) étaient principalement couverts par le chêne vert et à Zahara, il y aurait un mélange entre le chêne vert et le chêne faginé.

5.2.2 Déjà des différences de régénération

On peut constater que déjà à cette époque, à l'échelle de ces communes, des problèmes de régénération pouvaient être possibles :

- peu d'arbres « en croissance » pour Grazalema, Benaocaz et Villaluenga.
- faible renouvellement, peu d'arbres « jeunes » pour Ronda et Ubrique

Il ne semble pas qu'il y ait d'essence ayant des problèmes spécifiques. Ces résultats sont

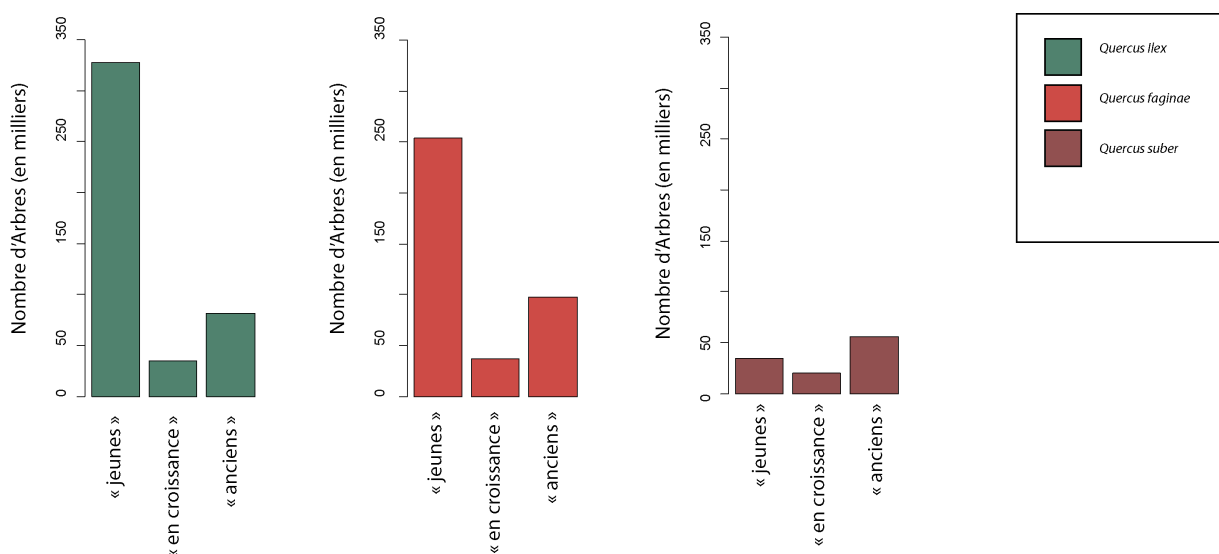


FIGURE 5.1 – Répartition des trois essences principales dans les catégories d'âge

différents de ce que l'on peut trouver chez certains auteurs. En Sierra Morena (province de Séville), Joffre et ses collaborateurs (1999) obtiennent un seul type de distribution, proche de celui de Zahara. Dans la province de Huelva⁶ Vincete et Alés (2006) indiquent une distribution avec une majorité d'arbres « anciens » suivis de peu par les « jeunes » et très peu d'arbres « en croissance ». Ils interprètent le cas de la Sierra Morena comme un paysage constitué d'un matorral arboré (« *tall shrubland* » ou dans d'autres travaux « *Monte pardo* ») précurseur de dehesas et le cas de Huelva comme une mosaïque entre des dehesas (contenant des arbres anciens) et des zones de matorrals (avec une régénération). Il faut noter que ces auteurs traduisent « nuevos » comme « saplings », soit des plants. Gómez Cruz (1991), l'historien qui a mis à jour ces données, n'en donne cependant pas de définitions aussi précises : jeunes arbres ou plants la différence peut être importante. Pour ces auteurs, comme pour Grove et Rackham (2003) ces données indiqueraient que la Dehesa du 19^{ème} ne serait pas le produit d'une forêt mais d'un matorral arboré. Il nous semble difficile d'aller si loin dans l'interprétation de ces chiffres : si les « nuevos » sont des jeunes arbres, il est tout à fait possible d'avoir une structure forestière. Notre analyse au niveau de la Sierra de Grazalema, entité bien plus petite que les provinces, montre qu'il y avait une variabilité assez forte entre les communes. Pour finir, 18 dehesas étaient référencées dans où dans une zone proche des ses communes. Ainsi Benaocaz, Villaluenga

6. À l'époque de l'inventaire de marine : Ayamonte.

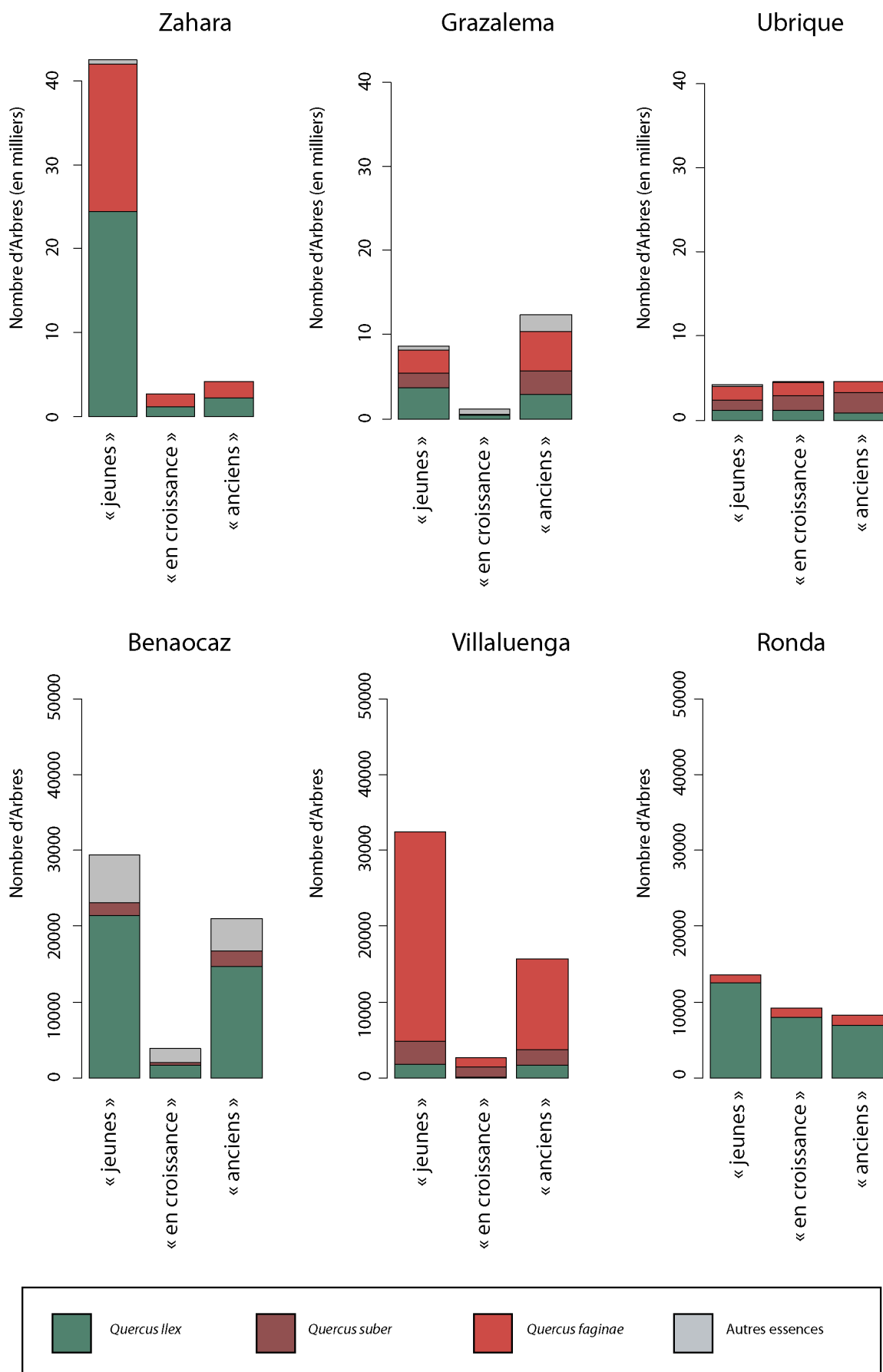


FIGURE 5.2 – Répartition en classes d'âge par ville dans l'inventaire de marine

et Grazalema présentent des structures démographiques pouvant correspondre à des dehesas, comme indiqué par différents auteurs (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003). Dans la commune de Zahara, l'abondance des jeunes arbres peut correspondre à une régénération dans des surfaces forestières ou à la mise en place de nouvelles dehesas, nos sources ne nous permettent pas d'aller plus loin.

5.3 Le désamortissement : une description des biens à vendre ou à exclusion de la vente (1861-1893)

Près de 100 ans plus tard, les désamortissements ont lieu. Nous en avons retrouvé, par chance, des traces via les descriptions des biens à vendre.

5.3.1 Présentation et origine des sources

Les archives du district forestier de Cadix se trouvent dans les Archives historiques de la Province de Cadix (AHPC) ; legs 6430 et 6415 du fond du Medio Ambiente. Elles comprennent des cartes et des mémoires descriptifs (figure n° 5.3) des « montes » appartenant à ces districts judiciaires⁷ de Grazalema et Zahara ou des estimations de leur valeur afin de les mettre en vente. Ces documents sont datés de 1861, 1879, 1882 et 1893 et ont été élaborés dans le cadre du désamortissement⁸. La description avait donc pour objectif d'en préparer la vente ou de donner des raisons pour les garder dans le domaine public. Ces documents (plus de 200 feuillets de formats très variables) n'étaient pas indexés dans les archives et nous les avons trouvés dans différents legs insérés dans des rapports du district forestier (par exemple le dossier du plan d'aménagement du « Puerto y Hoyo del Pinar » contenait tous les mémoires pour le district judiciaire de Grazalema). Ces textes étaient assez homogènes dans leurs contenus et suivaient une structure narrative similaire (Nom de la terre publique, superficie, végétation, usages, pâturage, foncier, limites/localisation), nous les avons donc regroupés. Malheureusement le personnel forestier qui avait pris soin de récupérer ces informations pour la rédaction de leurs plans d'aménagement n'avait pas cru bon de prendre toujours le document en entier et il nous manque souvent le nom de leurs auteurs ou alors il est peu lisible.

7. Zahara appartenait au district judiciaire d'Olvera, celui de Grazalema contient les communes de Benaocaz, El Bosque, Grazalema, Ubrique et Villaluenga del Rosario. Pour Malaga on trouve le district judiciaire de Ronda rassemblant Benaocaz, Montejaque, Cortes de la frontera, Jimena de Libar et Ronda.

8. La « Desamortización » encadrant ces ventes est celle dite de « Madoz » de 1855.

Le type d'information concerne :

- la superficie estimée en hectares et en fanegas⁹
- les caractéristiques du peuplement dominant :
 - les essences,
 - la dominance,
 - dans certains cas, un effectif pour chaque essence ou le total,
 - plus rarement une indication sur les classes d'âges,
 - une évaluation qualitative de la répartition du peuplement (sur les terres publiques)
- les espèces composant la strate arbustive,
- les opérations sylvicoles effectuées les dernières années,
- le type de pâturage possible : charge, type de troupeaux, en fonction des saisons,
- la présence de terres labourables (en ha),
- le cas échéant les statuts fonciers particuliers (« *Suelo* » et « *Vuelo* »)¹⁰ ;
- très rarement un qualificatif de la végétation et une appréciation sur la régénération

Les 32 « *montes* » décrits, appartenant alors au domaine public (districts judiciaires de Grazalema et Zahara), sont à présent inclus dans le Parc de Naturel de Grazalema. On trouve en plus sur les cartes et dans la partie « localisation » de ces 32 « *montes* » l'emplacement de quatre autres « *montes* ». Les ingénieurs agronomes et forestiers ayant effectué ces descriptions estimaient leur superficie à 7672,51 ha pour 30 « *montes* » (il y a un « *monte* » sans information et un où l'information n'est plus lisible). Les superficies sont données en hectares/ares et en « *fanegas* ».

5.3.2 Localisation des anciennes terres publiques :

Cette localisation (figure n° 5.4) est plus ou moins précise en fonction des informations disponibles. Dans un premier temps, des terres ont pu être localisées grâce à la partie « localisation¹¹ » de ces mémoires mais aussi grâce à certains plans de la même époque. C'est le cas de la « *Reyerta* » (comprenant actuellement la zone cœur du parc et les

9. On retrouve dans ces documents la correspondance donnée par l'Académie Royale d'Espagne : une « *fanega* » équivaut à 64,592 ares.

10. Le droit de propriété espagnol fait la distinction entre la propriété du sol (*suelo*) et la propriété de ce qui est au dessus (*vuelo*) dans notre cas principalement les arbres.

11. Il n'y a pas de paragraphe « localisation » séparé dans ces textes cependant de manière assez systématique les auteurs donnaient en début de texte les limites du « *monte* » qu'ils décrivaient.

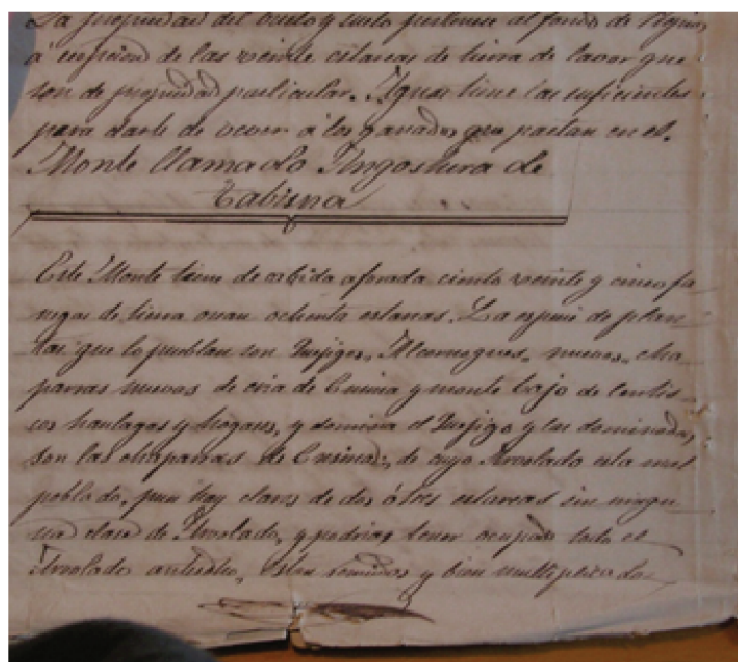


FIGURE 5.3 – Extrait des archives forestières du district de Cadiz

terres agricoles privées « *Bregna de Agua* » et « *Navazos del Buitre* »), du « *Campo de las Encinas* », de « *Los Laureles* » et de « *l'Albarranes* » qui sont représentées en rouge sur la carte (n° X). Les terres indiquées sur les cartes mais dont la description ne contient pas de partie « localisation » ont été figurées en orange (« *Bregna de Boyar* », « *Camilla* », « *Camilla Alta* » et « *Taramal* »). En jaune sont représentés les « montes » qui sont décrits sans limites exactes mais dont le nom et la superficie correspondent à une terre publique actuelle. En vert sont représentés les « montes » incluant un lieu-dit correspondant à une description mais dont le nom du « monte » est différent. Enfin les chiffres sans couleurs indiquent un lieu-dit situé actuellement sur un terrain privé qui correspond à une description. Il y a deux descriptions qui n'ont pas pu être localisées. Trois « montes » actuels sont la résultante de la fusion de six anciens mais leur description ne permet pas de les localiser précisément dans leur nouvelle entité. Le terrain domanial actuel « *Pilones y Cama del Puerco* » correspond aux anciens terrains « *Pilones* » et « *Cama del puerco* ». « *Lomas y Matagallardo* » actuel est le résultat de la fusion entre « *Lomas* » et « *Matagallardo* ». Enfin, « *Angostura de Tavizna* » forme avec « *Higueron de Tavizna* » l'« *Angostura de Tavizna* » actuel. Ces incertitudes concernant la localisation réelle de ces terres devront être prises en compte lorsque nous lierons ces descriptions à

des relevés plus récents.

5.3.3 Des descriptions de la végétation déjà précises

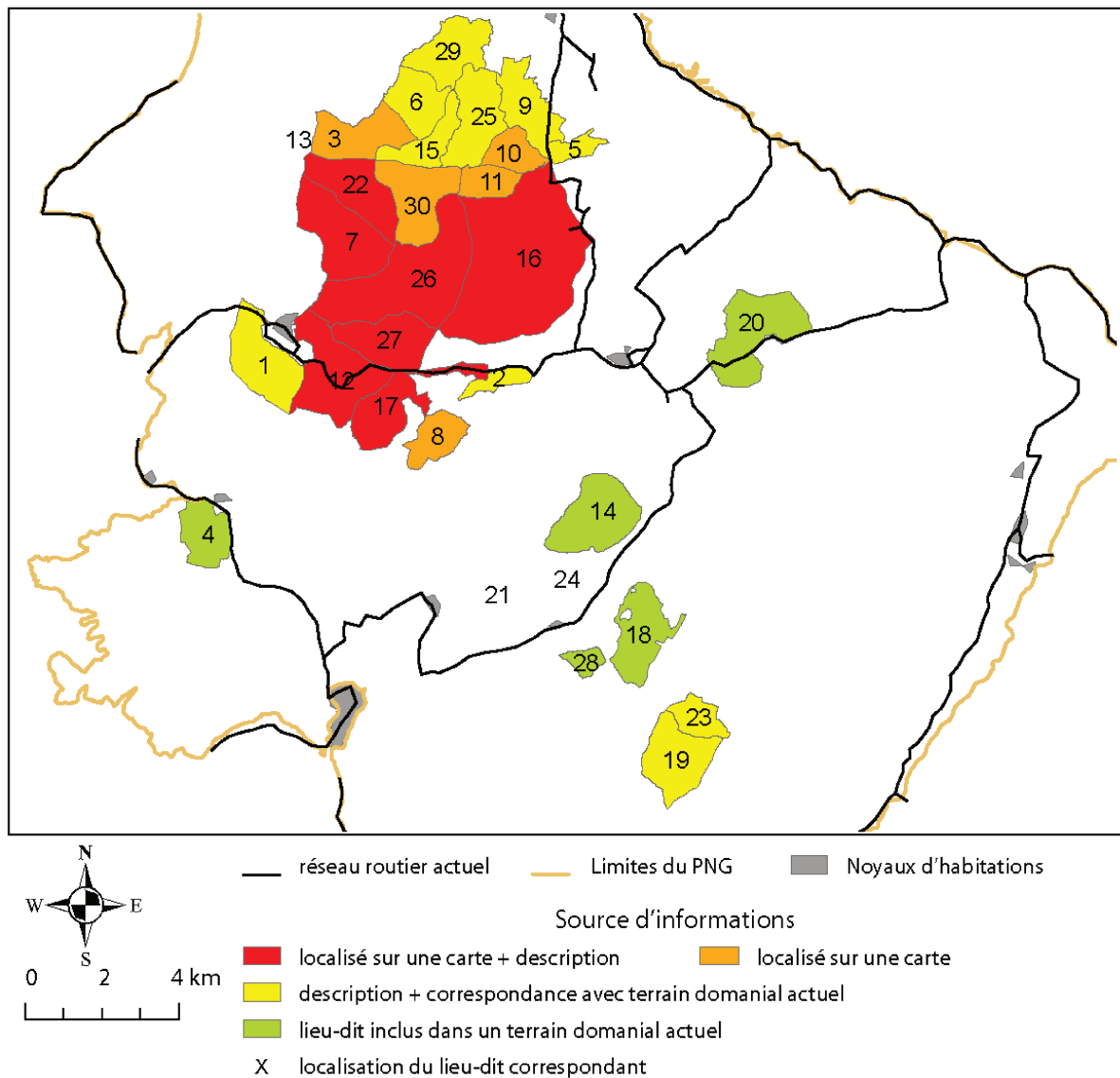
Que peut-on apprendre des descriptions de la végétation ? Nous allons ici répondre à cette question. Les informations données seront organisées en fonction qu'elles abordent la régénération, au sens le plus large, et le peuplements.

Entre « *cria* » et « *re poblado* » : la régénération

L'état de la régénération est indiqué dans huit terres publiques bien réparties dans la zone d'étude (localisée sur la carte n° 5.4). Dans deux de ces cas, elle est jugée suffisante (« *Sierras de las Vinas* » et « *Lomas y Matagallardo* ») et pour « *Bregna de Agua* » elle est estimée améliorable. Par contre, pour les 5 autres cas, elle est jugée insuffisante. Dans le cas de « *Lomas y Matagallardo* » la régénération est bonne, comme l'état de la végétation, cela est attribué à une interdiction d'entrée des troupeaux. L'absence de régénération est liée pour « *Higueron de Tavizna* » à la pauvreté du sol. Dans « *Albaracinejo et Campo de las Encinas* » elle est en potentiel.

Les auteurs ne parlent pas encore de régénération. Ils utilisent les termes « *re poblado* », « *re poblacion* », « *chaparras* », « *arbolado pequeno* » et « *cria* ». Tous ces termes ne sont pas aisés à traduire et nous interpellent sur les conceptions qu'avaient les rédacteurs de ces mémoires. « *Re poblado* » ou « *re poblacion* » correspond vraisemblablement à « repeuplement », c'est le terme que nous retrouvons chez Hartig (cf. paragraphe n° 2.2.1). Il faut noter qu'actuellement le repeuplement fait plus souvent référence à la replantation et est un terme actif lié à une pratique mais ce n'était pas nécessairement le cas à l'époque où les auteurs l'utilisent, comme Hartig, pour décrire un processus spontané. « *Chaparra* » peut se traduire par buisson ou bien désigner le chêne kermès, il correspond à un fourré, souvent de chênes. « *Cria* » est un terme intéressant car il est actuellement surtout utilisé pour des petits d'animaux : nous l'avons donc traduit par « semis ».

La régénération naturelle semble être pour les auteurs de ces mémoires un processus spontané. Les jeunes arbres poussent, ainsi, sous ou forme des buissons selon la qualité du sol. Il faut les travailler afin d'en libérer un potentiel. Nous reviendrons dans la description des pratiques sylvicoles sur la citation concernant l'« *Albaracinejo et Campo de las Encinas* ».



Listes des noms donnés dans les descriptions des districts, ceux soulignés contiennent une information sur la régénération

- | | | |
|--|--|---------------------------------------|
| 1. <u>Albarracinejo del Campo de las Encinas</u> | 11. Camilla Alta | 21. Nabasos del Sao |
| 2. Albarradas | 12. Campo de las Encinas | 22. Navazos del Buitre |
| 3. Albarranes | <u>13. Canchales</u> | 23. Pegnon Bermejo |
| 4. <u>Angostura de Tavizna</u> | 14. El Reloj | 24. Peralta |
| 5. Arroyomolinos | <u>15. Garganta Seca</u> | 25. Pilonos y <u> Cama del Puerco</u> |
| 6. Bregna | 16. Hoyo del Pinar | 26. Puerto del Pinar |
| <u>7. Bregna de Agua</u> | 17. Laureles | 27. Sierra del Pinar |
| 8. Bregna de Boyar | <u>18. Lomas y Matagallardo</u> | <u>28. Sierras de las Vignas</u> |
| 9. Cambroneras | 19. Los Navazos de Libar | 29. Sierras y Monas |
| 10. Camilla | 20. Mahillas del Higueron / Cueva del Buho | 30. Taramal |

FIGURE 5.4 – Localisation des différents « montes » décrits dans les données d'archives (leg 6415 et 6430 du fond du Medio Ambiente, AHPC)

Tableau 5.2 – « Montes » avec des informations sur la régénération

Nom de « Monte »	Citation	Traduction proposée
« Brena de Agua »	« <i>Con el fin de mejorar las condiciones del arbolado para favorecer su desarrollo ; asi como el repoblado con [entendidas ? / peut être extendidas ?] entresacas puede plantearse cortas anuales discontinuas de pies y ramas con vigorosas entresacas en las mayores espesuras, y copas mas cerradas [...]</i> »	Afin d'améliorer les conditions de la strate arbustive et son développement ; de même que le repeuplement avec des éclaircies étendues, l'on peut établir des coupes annuelles discontinues de pieds et des branches avec de fortes éclaircies dans les zones épaisses et de houppiers fermés.
« Cama del puerco »	« [...] <i>no hay chaparras nuevas o cria de ninguna clase [...]</i> »	il n'y a pas de nouveaux buissons ou semis de quel type que ce soit
« Canchales »	« [...] <i>no hay cria de ninguna classe [...]</i> »	il n'y a pas de semis de quel type que ce soit
« Garganta seca »	« [...] <i>no hay arbolado pequeno or cria de ninguna classe [...]</i> »	Il n'y a pas de petits arbres ou semis de quel type que ce soit
« Higueron de Tavizna »	« [...] <i>generalmente sinque se nota alguna repoblacion a causa de la pobreza del terreno [...]</i> »	généralement sans que l'on note de repeuplements, à cause de la pauvreté du terrain
« Lomas y Matagallardo »	« <i>La vegetacion es lozana, y con la prohibicion de la entrada del ganado benefici la repoblacion.</i> »	La végétation est vigoureuse et l'interdiction d'entrée des troupeaux favorise le repeuplement.
« Sierras de las Vinas »	« [...] <i>porque hay en dicho monte muchas chaparras nuevas de cria [...]</i> »	parce qu'il y a dans ce terrain de nombreux nouveaux fourrés spontanés
« Albaracinejo et Campo de las Encinas »	« <i>Puede [le monte] beneficiarse una extension considerable por medio de rozas que destroyan el monte bajo que en [muchos ?] sitios no dejo vegetan ni fructifican los innumerables chaparritos que bien cuidado darian grandes [?].</i> »	Il bénéficierait d'une extension considérable grâce à des débroussaillages détruisant le matorral qui dans de nombreux sites ne laisse pas croître ou fructifier les innombrables arbustes buissonnants qui bien soignés donneraient de grands [arbres ?].

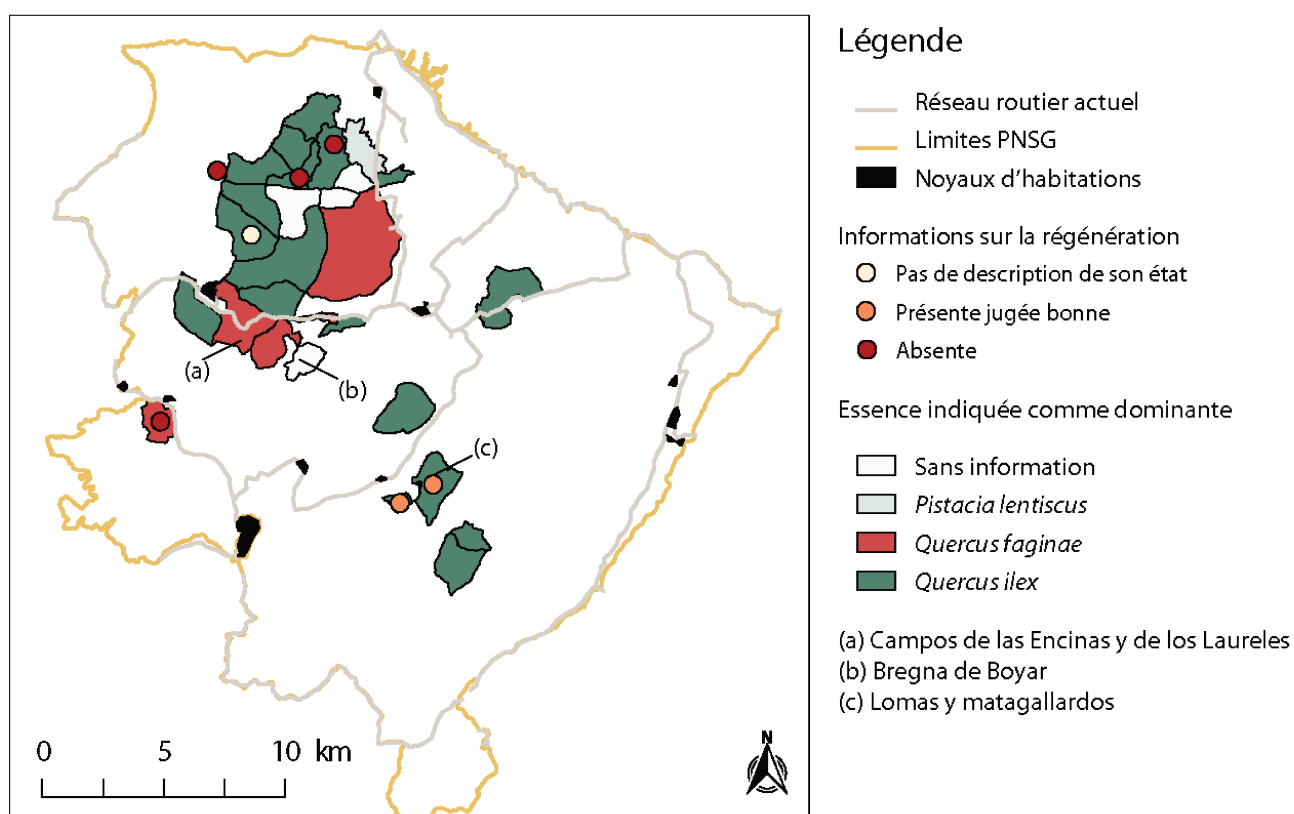


FIGURE 5.5 – Essence dominante et régénération à la fin du 19^{ème} siècle décrits selon les données d'archives (leg 6430 et 6415 du fond du Medio Ambiente, AHPC)

Un peuplement arboré dominé par le chêne vert

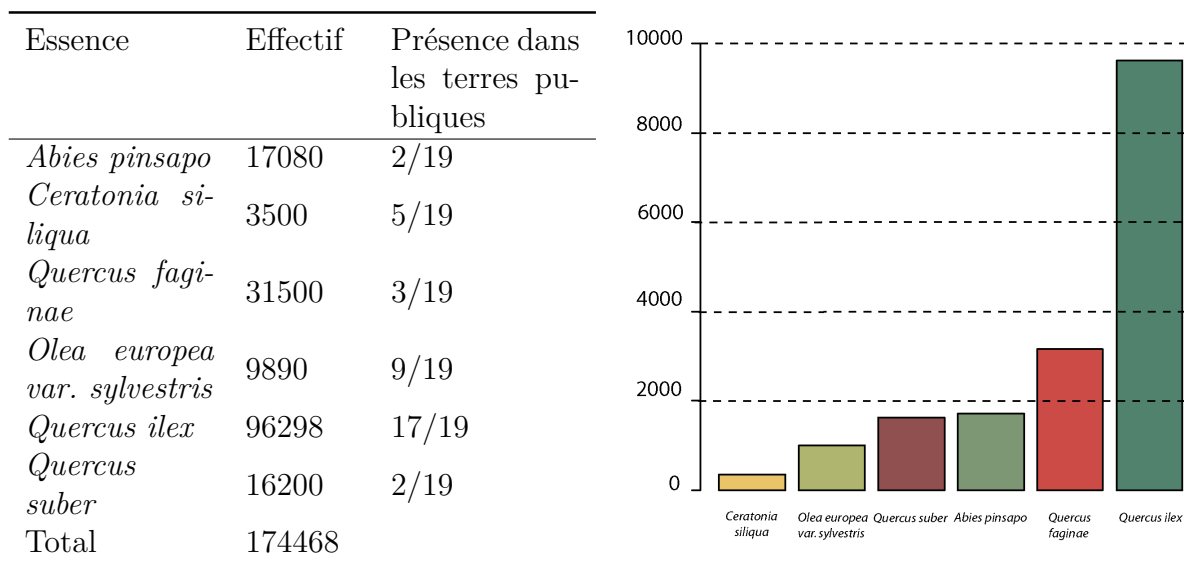
Composition : dominance du chêne vert

Le chêne vert, noté dominant¹² 18 fois sur 30 terres publiques, apparaît comme l'essence la plus fréquente. La carte n° 5.5 en donne une localisation. Il est suivi par le chêne faginé qui est dominant sept fois (dont trois dans des terres publiques que nous ne pouvons localiser). Enfin le pistachier lentisque est noté dominant dans une des terres publiques. Souvent les auteurs parlaient de fruitiers pour les chênes méditerranéens sans donner plus de précisions.

Les effectifs par essence sont indiqués dans 19 cas (cf. tableau et graphique n° 5.6). Pour les autres, un nombre total d'arbres ou encore un nombre d'arbres fruitiers (catégories comprenant les différents chênes) est donné. On retrouve, logiquement, le chêne vert très

12. Les auteurs indiquaient par exemple « *La especie de plantas que lo pueblan son Encinas, algunos Quejigos y Monte bajo de espinos blancos y haulagas y domina la Encina el dominado es el Quejigo.* » Partido Judicial de Olvera, 1861, « *Monte llamado Albarradas* », leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

FIGURE 5.6 – Répartition des essences et nombre de présences dans les terres publiques



présent (17 fois sur 19) et en grand nombre. Le caroubier (5/19) et le chêne faginé (6/19) lui sont souvent associés. Le chêne liège et le sapin d'Espagne ne se trouvent, chacun, que dans deux terres publiques (« *Lomas y Matagallardo* » et « *Higueron de Tavizna* » pour le chêne liège, « *Hoyo del Pinar* » et « *Puerto del Pinar* » pour le sapin d'Espagne). Ils y sont très présents mais non majoritaires ce qui explique leurs absences sur la carte n° 5.5. Au total, en prenant en compte les chiffres donnés pour les arbres fruitiers (dans ce contexte des chênes), on obtient 283 028 arbres sur 6 908 ha (surface dont on connaît la superficie et le nombre d'arbres) soit environ une densité moyenne de 40,97 arbres par hectare. Le chêne vert avec 96 298 arbres se retrouve en tête des effectifs, suivi des chênes fagins (31 500 arbres) puis des sapins d'Espagne (17 080 arbres) et les chênes lièges (16 200). Le faible nombre de chêne faginé (31500, 18,05%) est surprenant car il est donné dominant dans trois terres publiques de grandes tailles (« *Hoyo del Pinar* », « *Campo de las Encinas* » et « *Laureles* » cf. carte n° 5.4). Nous supposons que les peuplements forestiers de ces terres sont peu denses.

Structure : des jeunes arbres absents

26 descriptions comportent une information sur l'âge (par dizaine d'années¹³ ou par classes d'âge¹⁴). Dans certains cas, il est précisé quand une classe d'âge est dominante par rapport aux autres. Ces informations sont difficiles à rapporter automatiquement à une surface, à une densité ou encore par essence (données pas toujours renseignées). Mais il nous a semblé qu'un graphique, représentant ces classes d'âges en fonction du nombre de fois où elles étaient mentionnées, pouvait être évocateur (figure n° 5.7). En bleu, sont indiquées les classes d'âges qui sont mentionnées comme dominantes. On observe deux pics dans les mentions de classes d'âges : une première autour de 40 ans et une seconde autour de 90 ans. La seconde est plus présente et elle doit correspondre à des effectifs plus nombreux du fait de la présence de classes jugées dominantes. Ainsi les terres publiques décrites possédaient une majorité d'arbres âgés de 90 ans, datant donc de 30 ans après l'Inventaire de la Marine (1765) et, sans doute en moindre nombre, d'arbres âgés de 40 ans (datant de 1840-1850). Les premiers pourraient correspondre aux « jeunes » de l'inventaire, les seconds indiquent un renouvellement des peuplements plus faible des peuplements il y a 40 ans. Il y a très peu de jeunes arbres mentionnés, assiste-t-on déjà à une première absence de régénération ?

Strate arbustive :

L'information est ici disponible pour presque toutes les terres publiques de l'époque (18/19). On obtient 15 taxons comprenant des noms d'espèces ou bien des genres ainsi qu'« *hogaros* » pour lesquels nous n'avons pas trouvé de signification. L'ajonc (*Ulex* sp.) et le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) sont les espèces les plus souvent mentionnées. Il en ressort une opposition entre les terres publiques dominées par le chêne vert qui, malgré sa plus grande représentation, comprennent une diversité arbustive moindre que les terres dominées par le chêne faginé (cf. tableau n° 5.3). Plusieurs hypothèses peuvent être évoquées : la première est que les conditions que préfère le chêne faginé (davantage d'humidité que le chêne vert) favorisent une diversité plus importante, la seconde est que

13. « *La edad de [dicho?] arbolado es la del mas nuevo de 30 à quarenta anos, y la del mas biejo de ochenta à ciento ;[...]* » Partido Judicial de Olvera, « Monte llamado Albarranes », 1861, leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

14. « *Las classes de edad varian entre la II y la V dominando la IV para el quejigo y la encina, la II para el algarrobo y la III para el acebuche.* » Memoria descriptiva del Laureles y Campo de las Encinas 1892-1893, leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

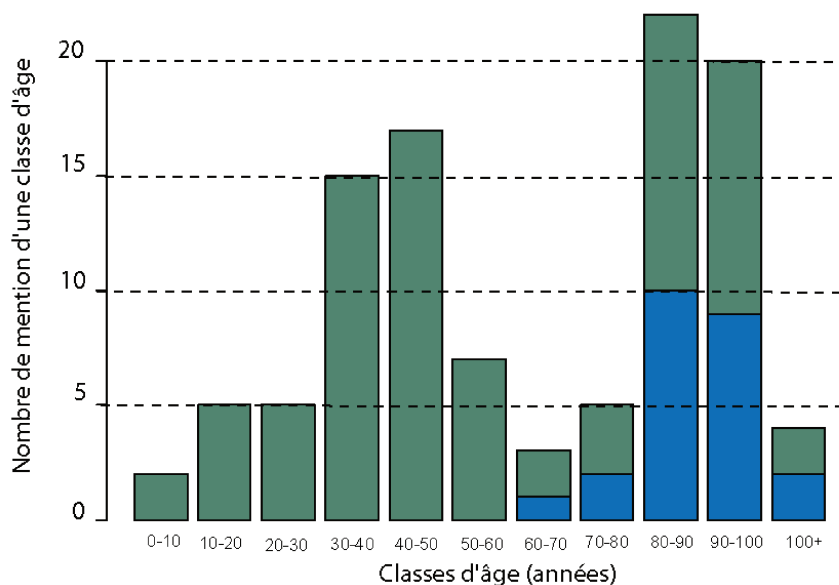


FIGURE 5.7 – Nombre de mentions des classes d’âges dans les descriptions des mémoires judiciaires (1861-1893)

les arbustes recensés pour le chêne vert ont souvent un fort taux de recouvrement et qu’ils peuvent donc masquer d’autres arbustes ou bien entrer en compétition et la gagner.

Répartition de la végétation :

Les auteurs donnent aussi, pour certains « montes », une information sur la couverture, si elle leur semble bien répartie¹⁵ (en vert sur la carte n° 5.8), mal répartie¹⁶ (en orange), ou si les arbres sont concentrés sur une zone¹⁷ (en orange foncé). Il y a autant de cas où le couvert est bien réparti que l’inverse ; cela ne semble ni correspondre à une essence particulière ni à une logique géographique et les auteurs ne commentent quasiment pas leurs appréciations. Cependant il nous semble difficile sur ce type de terrain, comprenant de fortes pentes et de la roche affleurante, d’avoir un couvert arboré continu. L’absence de régénération est toujours observée dans des « montes » où le couvert est jugé mal réparti et l’inverse dans des couverts homogènes nous fait un peu douter de cette véracité. Les

15. « [...] de cuyas especies esta regularmente poblado ». Partido Judicial de Olvera, 1861, « Monte llamado Cueva del Buho », leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

16. « De cuyas especies esta muy mal poblado por muchos sitios ha [? ? ? ?] claras de seis o siete estareas sin arbolado de ninguna classe ; [...] » Partido Judicial de Olvera, 1861, « Monte llamado Albarradas », leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

17. « El numero de Encinas que continene aproximamente es el de mil guininetos estas unas treinta estareas regularmente poblada. » Partido Judicial de Olvera, « Monte llamado Cama del Puerco », 1861, leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC.

Tableau 5.3 – Répartition des espèces arbustives dans les terres publiques en fonction de l'essence forestière dominante

	<i>Quercus Ilex</i>	<i>Quercus faginae</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>Ulex</i> sp.	12	4	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	6	2	0
"hogaros"	5	1	1
<i>Crataegus monogyna</i>	5	3	0
<i>Berberis vulgaris</i>	3	0	0
<i>Juniperus</i> sp.	1	0	0
<i>Pistacia terebinthus</i>	1	0	0
<i>Erica</i> sp.	1	2	0
<i>Arbutus unedo</i>	0	2	0
<i>Retama</i> sp.	0	1	0
<i>Chamaerops humilis</i>	0	1	0
<i>Cystus</i> sp.	0	1	0
<i>Phyllirea latifolia</i>	0	1	0
<i>Quercus coccifera</i>	0	1	0
<i>Myrtus communis</i>	0	1	0
Nombre terres publiques	18	6	1

auteurs n'assimilaient-ils pas une répartition hétérogène à une mauvaise gestion et à un manque de jeunes arbres ?

5.3.4 Usages et techniques :

Les informations concernant les usages proviennent des descriptions des opérations sylvicoles, des types de pâturages pratiqués et parfois de rapports d'infractions.

Des opérations sylvicoles nécessaires pour la régénération

Quatre types d'opérations sylvicoles sont décrits : les tailles (« *tala* », « *limpio de [ramage?] secos* »), les éclaircies (« *entresaca* »), les balivages (« *entresaca de pies* », « *beneficio de corta que le [le monte] continene* ») et les débroussaillages (« *limpio* », « *se rose el Monte bajo* », « *rozás* »). Les auteurs ne rentrent cependant pas dans le détail au niveau de ces opérations (type de taille, intensité d'éclaircie par exemple). Les opérations principales sont les tailles (12 pour 24 montes) et les éclaircies (15/24) puis plus minoritairement le balivage (5/24) et le débroussaillage (3/24). Les tailles et éclaircies sont souvent citées car elles font partie des servitudes qu'avaient les « *vecinos* »¹⁸ sur

18. Les « *vecinos* » sont un type d'habitants d'une communauté ayant des droits comme copropriétaires.

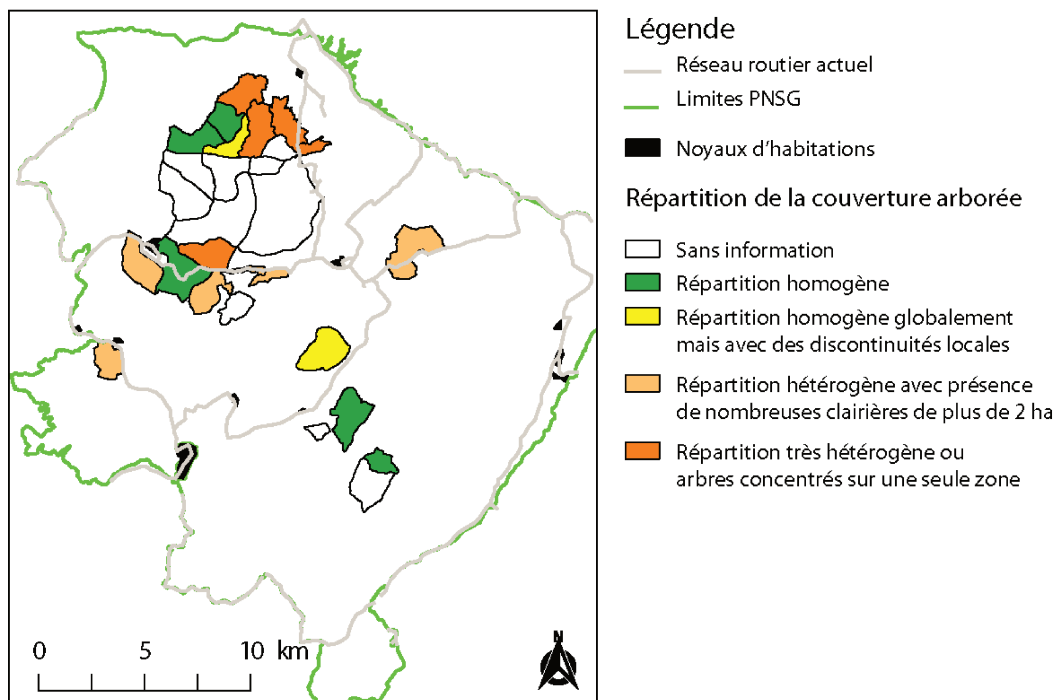


FIGURE 5.8 – Couverture de la strate arborée selon les mémoires des districts judiciaires, leg 6415 et 6430, fond du Medio Ambiente AHPC

ces montes. Les auteurs indiquent que ces opérations sont favorables pour maintenir les arbres en bonne santé mais également pour maintenir leur productivité. Le balivage est tout le temps associé aux éclaircies et semble complémentaire. Le débroussaillage est souvent décrit comme un « *limpio* » [nettoyage] de la strate arbustive. Il est justifié par les auteurs dans l' « *Albaracinejo et Campo de las Encinas* » pour augmenter la superficie utilisable et le bon développement de la végétation :

« *Puede [le monte] beneficiarse una extension considerable por medio de rozas que destruyan el monte bajo que en [muchos?] sitios no dejen ni fructifican los innumerables chaparrillos que bien cuidado darían grandes [???] »*

Distrito de Grazalema y Olvera 1870, leg 6415, fond Medio Ambiente, AHPC

On retrouve ici une vision de la régénération qui passe par un travail de la végétation qui, sans intervention, ne permettrait pas l'existence de jeunes arbres et leur exploitation.

Pâturages et troupeaux, une gestion en fonction de la végétation ?

Les types de troupeaux et leurs effectifs sont presque toujours indiqués. Ils sont absents dans huit cas sur trente et dans ces huit cas, deux sont partiellement indiqués (sans donnée

chiffrée), un cas est omis car les pâtures ont un propriétaire différent des arbres et ne font pas l'objet de la vente et deux autres cas sont indiqués mais le texte n'est plus lisible. L'organisation du pâturage sur chacun de ces « montes » est organisé dans le temps : on différencie la « *montañera* », l'engraissement hivernal des cochons, et le pâturage hors de cette période. Les troupeaux référencés, hors *montañera*, sont composés d'ovins, de bovins, d'équins, de caprins, de porcins et d'une catégorie « animaux de traits ». En posant quelques hypothèses, il est possible d'estimer une pression de pâturage en UGB. Ici aussi les chiffres ne seront sûrement pas des plus exacts mais l'objectif est d'obtenir un ordre de grandeur. La première hypothèse est que le gabarit et la production des animaux à cette époque sont les mêmes qu'actuellement. Cela nous permet d'appliquer les correspondances entre les différents animaux et l'UGB (1 UGB correspond à une vache de 600 kg produisant 3000 litres / an de lait). La deuxième hypothèse concerne l'équivalence en UGB que nous allons attribuer aux animaux de trait qui pouvaient être des mulets, des ânes, des bovins ou plus rarement des chevaux. Nous avons opté pour 0,7 UGB qui correspond à un taureau actuel, sachant qu'une mule est à 0,6 et un cheval de trait 1. On obtient ainsi 19 valeurs d'UGB/ha (uniquement 19 car ce calcul nécessite une donnée chiffrée pour le troupeau et la superficie). Les valeurs obtenues sont proches les unes des autres, en moyenne 0.1859 UGB/ha plus ou moins 0.0888 d'écart type.

Le pâturage de chèvres a été interdit l'année de l'inventaire dans la « *Garganta seca* » car la coupe de bois effectuée la même année a été jugée trop importante. Il est volontairement faible dans la « *Cama del Puerco* » à cause d'un feu l'année précédente. D'autre part, les auteurs précisent que la végétation et les pentes de la « Sierra del Pinar » contre-indiquent l'usage de troupeaux autres que porcins et caprins. Ces trois informations nous semblent démontrer qu'il y a des règles couvrant l'usage du troupeau en lien avec un état de la végétation.

5.3.5 Conclusion : des évolutions par rapport à l'inventaire de la Marine

Un rapide regard sur la carte n° 5.4 permet de constater que les descriptions que nous avons retrouvées ont une localisation bien particulière. Il serait très maladroit de penser qu'elle représente l'ensemble de la zone que nous avons décrite à partir de l'inventaire de 1765. Ces terres sont localisées principalement dans les communes de Grazalema, Zahara

(les disputes autour de la *Reyerta* en attestent), un peu à Villaluenga (« *Lomas y Matagallardo* », « *Sierra de las Vignas* », « *Peñon Bermejo* », « *Los Navazos del Libar* », « *Nabazos del Sao* » et « *Peralta* ») et très faiblement à Benaocaz (« *Angosturo de Tavizna* »). À Grazalema et Zahara, ce sont des terres situées en altitude et à la périphérie des communes. Avec ces précautions en tête, il semble que le chêne faginé soit sensiblement moins présent (18,05% des effectifs par rapport à 39,48%). C'est d'autant plus surprenant que des « jeunes » de *Quercus faginatae* se trouvaient bien dans ces deux communes au 18^{ème}. Il est possible que ces peuplements soient localisés à plus basse altitude dans ces communes alors que les descriptions sont plutôt localisées en altitude. Nous le vérifierons plus loin grâce aux inventaires forestiers de la seconde moitié du 20^{ème}. L'oléastre fait également son apparition avec plus de 5% notamment dans le « *Navazo del Buitre* » et Laureles (future partie Est du « *Campos de las Encinas y de los Laureles* », un de nos sites d'étude). D'un point de vue démographique, même si là aussi il est difficile de comparer, il est intéressant de remarquer qu'il n'y a presque pas de mention d'individus dans les premières classes de diamètre, mais deux concentrations l'une autour d'arbres de 40-50 ans et l'autre plus importante autour d'arbres de 80-90 ans. On peut supposer que ces derniers sont les « jeunes » de l'inventaire de la Marine et qu'il y a eu une régénération assurée 40 ans après.

5.4 Les cartes planimétriques (1870-1956) : une première vue d'ensemble de l'occupation des terres

Ces cartes ont été produites dans un intervalle de temps (1873-1901) proche des descriptions de monte que nous venons d'évoquer. Que vont-elles pouvoir nous apporter ?

5.4.1 Présentation et numérisation des cartes dans un SIG

Les cartes planimétriques (exemple carte n° 5.9) sont les plus anciennes descriptions spatialisées que nous possédons. Elles sont datées de la fin du 19^{ème}/début 20^{ème} siècle pour le premier jeu et du milieu du 20^{ème} pour le second (tableau n° 5.4). Nous les avons obtenues au service de la documentation géographique et bibliothèque de l'IGN d'Espagne à Madrid directement de la main d'un archiviste. Certaines cartes n'étaient pas référencées dans leur fonds. Elles ne montrent pas le relief et sont tracées en effectuant des parcours le long de cours d'eau, sentiers et selon ce que les topographes de l'époque appelaient les usages forestiers et agricoles¹⁹. Ces usages devaient être répertoriés si leur surface dépassait les 10 hectares²⁰. Puis les distances entre différents points le long de ces parcours et les points de repère connus permettaient d'en tracer une représentation géométrique fidèle.

Afin de pouvoir comparer ces cartes avec d'autres, elles ont été numérisées et intégrées dans un SIG. Les cartes étaient déjà pour la plupart géoréférencées et rectifiées par l'IGN espagnol, sauf pour quatre d'entre elles. Un géoréférencement a donc été effectué (à l'aide du module de géoréférencement d'Arcgis) en utilisant les photos aériennes de 1956 et d'autres exemplaires de ces cartes planimétriques. L'estimation RMS²¹ avec 40 points d'ancrage est proche de 60 m. Puis les usages forestiers et agricoles ont été digitalisés (figure n° 5.10) manuellement (à l'échelle 1 :10000 et parfois 1 :5000 pour les petits

19. «70 -[...] Se empezará por trazar itinerarios por los ferrocarriles, carreteras, caminos, rios y arroyos que atraviesen el termino o la zona que a cada observador se asigne. Estos itinerarios partiran siempre de una de las estaciones del itinerario de la linea límite del termino municipal [...] y concluiren en otro punto que reuna las mismas circunstancias, dejando señales en los puntos de estacion situados en las intersecciones con otros caminos, rios, arroyos, etc, y con las lindes de las tierras dedicadas á las producciones agricolas y forestales diferentes que crucen estos itinerarios. » (INCONNU 1878, p. 37-38).

20. «74 Apoyándose en la líneas ya determinadas, se trazarán itinerarios por las lindes de las tierras destinadas á distintas producciones agricolas y forestales, cuyas superficies excedan de diez hectáreas, sin dirigir desde estos itinerarios visuales de comprobacion. [...] » (INCONNU 1878, p. 39).

21. RMS ou « *Root-mean-square deviation* » est une estimation de l'écart entre notre géoréférencement et la réalité basée sur la moyenne des écarts au modèle au carré. Les points d'ancrage servent à la fois à calculer le modèle et à en estimer les écarts, RMS ne peut donc qu'être une estimation.



FIGURE 5.9 – Cartes planimétriques de Zahara datant de 1873

Tableau 5.4 – Présentation des cartes planimétriques utilisées (NR : Non référencé)

titre de la carte	échelle	commune	date	N° dans le fond	Nbr de feuilles
Grazalema (Cádiz). Planimetría. 1873	1 :25000	Grazalema	1873	1008501	2
Prado del Rey (Cádiz). Planimetría. 1874	1 :25000	Prado del Rey	1874	1008567	1
Zahara (Cádiz). Planimetría. 1873	1 :25000	Zahara	1873	1008446	1
Benaocaz (Cádiz). Planimetría. 1873	1 :25000	Benaocaz	1873	1008578	1
El Bosque (Cádiz). Planimetría. 1873	1 :25000	El Bosque	1873	1008351	1
Jimena de la Frontera (Cádiz). Planimetría. 1874	1 :25000	Jimena de la Frontera	1874	1008447	3
Villaluenga del Rosario (Cádiz). Planimetría. 1874	1 :25000	Villaluenga del Rosario	1874	1008359	1
Ubrique (Cádiz). Planimetría. 1873	1 :25000	Ubrique	1873	1008394	2
Benaoján (Málaga). Planimetría. 1879	1 :25000	Benaojan	1879	1008854	1
Cortes de la Frontera (Málaga). 1901	1 :25000	Cortes de la Frontera	1901	NR	3
Grazalema (Cádiz). 1955	1 :25000	Grazalema	1955	NR	2
Ronda (Malaga). 1955	1 :25000	Ronda	1955	NR	7
Benaocaz (Cádiz). 1957	1 :25000	Benaocaz	1957	NR	1



FIGURE 5.10 – Zoom d'un polygone à digitaliser

polygones) grâce à la fonction éditeur d'ArcGIS.

5.4.2 Les usages et occupations du sol du PNSG en 1870

Le manuel d'instruction²² pour la réalisation des cartes (*Instrucciones para los trabajos topográficos*, 1878) ne définissait pas les usages forestiers et agricoles. Il est donc probable que les catégories d'usages et leurs degrés de précision dépendent des différents topographes et de leurs équipes, particulièrement pour les catégories les plus fines comme les mélanges d'essences ou les complantations. Ces catégories sont encore aujourd'hui difficiles à prendre en compte. Comme nous avons différents topographes signataires de nos cartes (il est difficile d'identifier leurs signatures mais il est clair qu'il y en a bien plusieurs), il nous semble important de nous attarder sur la description que les différents auteurs donnent des usages puis de préciser les limites et possibilités de comparaison entre ces cartes. Ces écrits sont aussi intéressants pour décrire la végétation de l'époque. Toutes les cartes ne sont pas légendées et toutes les légendes n'ont pas le même niveau de détail. On obtient, par exemple, sur la carte « Zahara (Cádiz). Planimetría. 1873 » :

22. Il est à noter qu'il fut édité après la réalisation de certaines cartes.

Tableau 5.5 – Légende des cartes planimétriques

Acronymes	Signification	Traduction
« R. »	« <i>Regadio</i> »	Culture irriguée, temporaire (« e ») ou permanente (« c. »)
« H.H. »	« <i>Hortizalas, hilazas</i> »	Vergers, potagers
« S. »	« <i>Secano</i> »	Culture en sec
« O. »	« <i>Olivar</i> »	Oliveraie
« V. »	« <i>Vignas</i> »	Vignes
« T.C.C »	« <i>Trigo, cebado, centeno</i> » / « <i>Tierras de labor</i> »	Terre cultivée en céréales
« M.a. »	« <i>Monte alto</i> »	Futaie, entendue comme végétation d'arbres de franc-pied
« M.b. »	« <i>Monte bajo</i> »	Matorral, préféré ici à taillis qui fait trop référence au régime sylvicole
« D.a.p »	« <i>Dehesa a pastos</i> »	Dehesa à pâtures
« P.A. »	« <i>Pasto arbolado</i> »	Pâturages arborés

« 20 y 21 S.M.A.E y M.b. : *Secano Monte alto Encinas que se compone de Encinas y Robles predomina el Roble y monte bajo de lentiscos y retamas, tambien hay algunos acebuches. En es poligono hay enclavados tres vignas diseminadas y de edad de 40 a 60 agnos. La 1a y 2a de una superficie de 1 y 2 hectares situadas desde la estacion 58-63 = 70-75 camino de Taviznas al Bosque y la 3a de una superficie de 1 hectarea pertenencia a la casa de Antonio Valenzanala*²³ »

C'est une description la plus précise de deux polygones (les 20 et 21 numérotés dans le corps de cette carte) qui tranche avec l'absence de légende de la carte « Prado del Rey (Cádiz). Planimetría. 1874 » où l'on trouve juste un acronyme (« *S Mab E y Quejigos* » par exemple) au centre d'un polygone. Le tableau n° 5.5 résume les informations communes, à minima, présentes sur toutes les cartes ainsi que la traduction que nous en proposons.

« Irriguée et non-irriguée » est une information toujours indiquée. Les terres irriguées nous concernent peu, nous les avons donc toutes regroupées. Les usages peuvent se che-

23. « 20 et 21 S.M.A.E Et M.b. : culture en sec de futaie de chênes verts se composant de chênes verts et de chênes faginéés qui est dominant et de matorral de lentisques et de genets, il y a également quelques oléastres. Dans ce polygone il y a trois vignes disséminées d'entre 40 et 60 ans. La première et la seconde, de 1 et 2 hectares situés près des points 58-63 = 70-75 du chemin allant de Taviznas à El Bosque et la troisième d'une superficie de 1 hectare appartenant à la maison d'Antonio Valenzanala. ».

vaucher entre eux. On aura, surtout pour les terres cultivées en céréales, les vignes et les oliveraies, des combinaisons comme par exemple « *S.T.C.C.O.* » ce qui correspond à une terre en céréale avec des oliviers, non irriguée. Moins souvent il est aussi possible de retrouver des terres cultivées en céréales avec des arbres mentionnés (« *S.T.C.C. y E.* » pour des terres cultivées en céréales avec des chênes verts). Les pâturages arborés ne sont que trois nous les avons donc mis avec les dehesas à pâtures. Mis à part la mention de matorrals, il y a peu de combinaisons avec les futaies²⁴. Cependant les descriptions de polygones de futaies, de futaies avec pâturages ou de futaies avec matorrals indiquent la présence de labours²⁵ mais il ne nous est pas possible de le généraliser aux polygones de mêmes types. Les labours dans les futaies sont associés au système des « *tajones*²⁶ » (équivalent aux longues jachères) :

« *En el país los llaman tajones, que se siembran 5 o 6 agnos seguidos [mot illisible] dura de arrendamiento y luego los dejan para dehesas a pastos.* »²⁷
(Carte Zahara (Cádiz). Planimetría. 1873)

Ces labours sont plus espacés dans le temps (entre 5 et 7 ans) que ceux associés aux terres cultivées en céréales. On peut donc supposer une densité arborée et une strate arbustive plus importante dans les futaies de chênes avec des terres cultivées que dans les terres cultivées avec la présence de chênes. Nous les avons cependant regroupées. Par contre, nous avons gardé à part les futaies de chênes non explicitement mentionnées comme cultivées, bien que comme l'indiquent certaines légendes un labour y était possible.

Les cartes étant à l'échelle communale, il est possible de vérifier si les usages sont bien identiques entre les polygones voisins de deux communes différentes. Ainsi, les types d'usages coïncident sauf pour les futaies avec matorrals qui sont totalement absentes de la commune de Grazalema alors qu'elles sont indiquées dans la commune limitrophe de Benaocaz (figure n° 5.11). Il est donc possible que les futaies de Grazalema possèdent plus de matorral que ne le suggèrent nos résultats. Au final, nous obtenons les catégories

24. Futaie est ici entendu comme un ensemble d'arbres de franc pied ou encore « fut », la traduction de « Monte » est ardue d'autant qu'en France on peut associer trop rapidement les futaies aux futaies régulières.

25. « (13) *S.M.a.E.Q. Secano monter alto Encinas y Quejigos, predominan les encinas, se ciembra cada 7 agnos.* » légende de la carte Zahara (Cádiz). Planimetría. 1873

26. Le propriétaire de la terre échange un droit de culture, sur celle-ci pendant un nombre d'années limitées (une année en céréale puis au moins de trois années en pâture en général) contre un débroussaillage et l'arrachage de souches d'arbres et arbustes de cette terre.

27. « Dans ce pays, ils nomment « *tajones* » ce qui se sèment 5 ou 6 ans, durée de la location, puis la laissent en dehesas ou pâtures. »

suivantes : noyaux d'habitation, terre irriguée, oliveraie, vigne, complantation vigne et oliveraie, terre cultivée en céréales, pâturage arboré et dehesa, futaie de chênes, terre cultivée sous futaie de chêne/terre cultivée en présence de chêne, futaie de chênes avec matorrals, matorrals et futaie de sapin d'Espagne. Ces catégories et leurs superficies sont présentées graphique n° 5.11.

Les catégories nous intéressant le plus sont celles présentant un étage arboré. On observe donc les pâturages arborés, les futaies des chênes, le mélange futaies de chênes/terres cultivées ainsi que les futaies de chênes avec matorrals. Elles sont dominantes dans le PNSG même si les terres cultivées en céréales occupent la troisième position. On note une localisation préférentielle de ces catégories ; au cœur du Parc là, où les pentes sont les plus fortes, dominant les futaies de chênes et les dehesas ; en périphérie sur des terrains plus plats se trouvent les cultures et les matorrals. Les noyaux d'habitations sont entourés de terres irriguées, de terres cultivées, de vignes, d'oliveraies et de pâturages arborés ou de dehesas. Il y a cependant une distinction entre les villages de piedmont comme El Bosque (B), Zahara (Z) et Benaocaz (Bc) où les terres cultivées sont accompagnées d'oliveraies et les villages plus montagneux comme Grazalema (G), Benaojan (Bo) et Villaluenga (V) où ce sont les pâturages arborés qui sont présents avec les terres cultivées. Il est probable qu'à la difficulté de développer une culture de l'olivier à ces altitudes s'ajoutait un intérêt à y privilégier l'élevage. Plus éloignées des noyaux d'habitations, correspondant souvent aux terres les plus escarpées, on trouve les déclinaisons des futaies et les taillis.

Des indices d'une composition de la strate arborée : À ces usages du sol, pour les polygones hors vignes et oliveraies, sont associées une ou plusieurs essences. Cette association apparaît sur la carte et dans la légende. Le corps de la carte peut indiquer la présence d'une seule essence mais la légende en indiquera parfois plus et précisera laquelle « domine »²⁸. De la même manière le corps de la carte indiquera plusieurs essences qui se retrouveront dans la légende. Nous avons donc estimé que si les auteurs inscrivaient dans certains cas une seule espèce dans le corps de la carte et parfois plusieurs cela devait dénoter de la proportion de ces espèces. Nous parlons donc de dominance dans le premier cas (une essence citée dans le corps de carte mais plusieurs fois dans la légende) et de mélange dans le deuxième. Le chêne vert est l'essence considérée comme la plus présente :

28. « [...] se compone de Encinas y Robles ; predomina la Encina [...] » Légende de la carte « Benaocaz (Cádiz). Planimetría. 1873 »

elle est celle que l'on retrouve le plus souvent indiquée comme dominante (19209,16 ha) et c'est celle que l'on retrouve le plus dans les mélanges. Puis, avec un fort décrochage, viennent les mélanges chêne vert et chêne faginé (2916,37 ha), le chêne faginé (2375,17 ha) et le chêne liège (1544,04 ha). Concernant le chêne faginé, on remarque que cette essence est généralement associée à des cultures sous couvert ligneux. Ce feuillu décidu, bien que marcescent, concurrence moins la levée des céréales. Espèce mésophile, il indique des milieux moins secs et des sols plus profonds. La superficie sans informations est également très importante (17624,90 ha). Elle correspond pour beaucoup aux cultures céréalières, aux vignes et oliveraies (dont on connaît la superficie grâce à la carte n° 5.12 : 826,26 ha et 1239,57 ha) et aux pâturages et dehesas, même si ces derniers contenaient des arbres, les cartographes ont peut-être estimé que cette information n'était pas pertinente.

Informations complémentaires contenues dans les légendes

Les légendes des cartes peuvent contenir le nom des espèces présentes dans la strate arbustive (tableau n° 5.6). Le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), *Retama* sp., l'arbusier (*Arbutus unedo*) et les cistes (*Cistus* sp.) sont les plus mentionnés et ceux que l'on retrouve dans le plus de communes. La strate arbustive est globalement peu décrite mais il est impossible de savoir si c'est parce qu'elle était peu présente ou parce qu'elle avait moins d'importance pour les cartographes. On constate encore des descriptions plus précises sur la carte de Benaoujan. Ces précisions nous conduisent à penser que cette carte est plus proche de la réalité, ce qui renforce notre hypothèse qui est que l'absence de futaie de chênes avec matorrals dans la commune de Grazalema serait plutôt due à une mauvaise description.

L'âge des arbres est donné pour les polygones de la carte de Zahara, essentiellement pour les pieds d'oliviers cultivés mais également pour trois types de polygones où les chênes verts peuvent être âgés entre 25 et 50 ans (une mention) ou « séculaire » (deux mentions). Ces informations sont trop maigres pour pouvoir parler de structure.

5.4.3 Confrontation et concordance avec les descriptions des montes de districts judiciaires

On peut comparer les informations concernant les descriptions des montes avec les résultats de cartes planimétriques. Les montes au sud de Zahara sont considérés comme des futaies mixtes de chênes verts et faginsés et les montes à l'est de Grazalema comme des

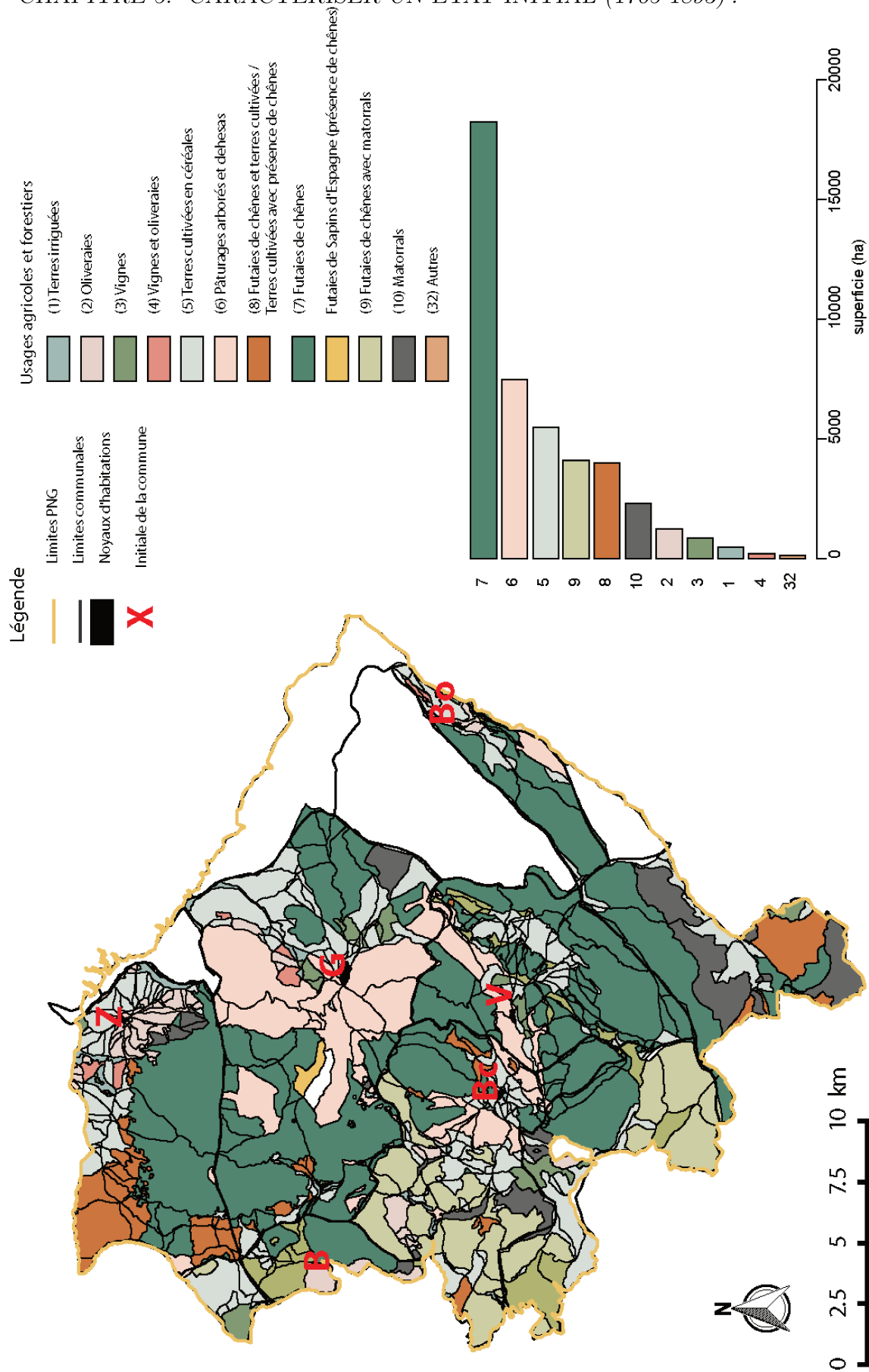


FIGURE 5.11 – Occupation du sol à la fin du 19^{ème} siècle dans le PNSG

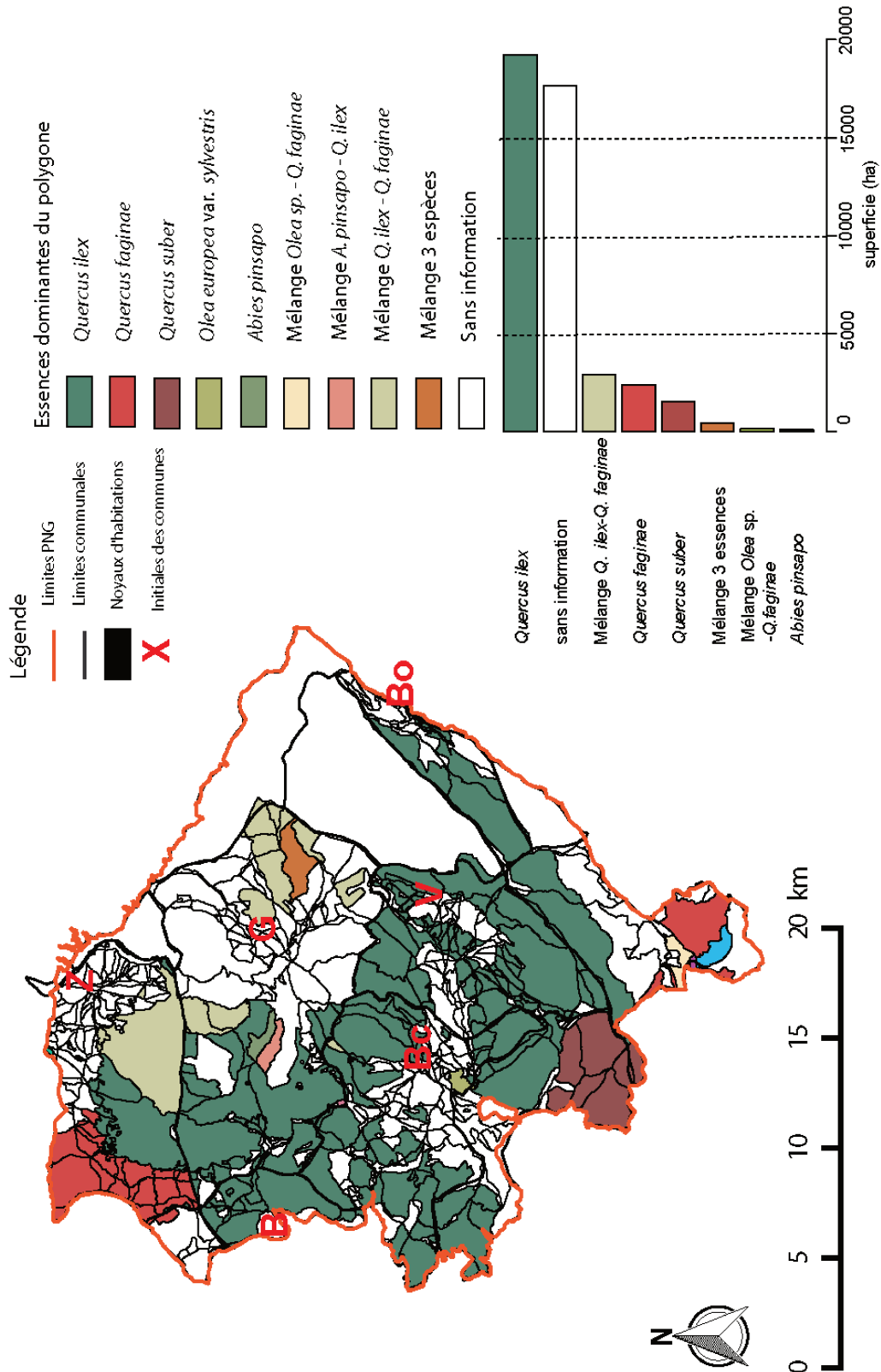


FIGURE 5.12 – Essence dominante à la fin du 19^{ème} siècle dans le PNSG

Tableau 5.6 – Espèces arbustives indiquées dans les légendes

Nom indi- qué	Nom latin pro- posé	Commune	Nombre de mentions
lentiscos	<i>Pistacia lentiscus</i>	Benaobjan, grazalema, Za- hara	9
retamas	<i>Retama</i> sp.	Benaobjan	4
madrognos	<i>Arbutus unedo</i>	Benaobjan	3
jaras	<i>Cistus</i> sp.	Benaobjan, Grazalema	2
camassia	<i>Asparagus</i> sp. ?	Benaobjan	1
holagas	<i>Ulex</i> sp.	Benaobjan	1
acebuche	<i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i>	Benaobjan	1
espinos	<i>Crataegus</i> sp.	Benaobjan	1
chaparras	<i>Quercus coccifera</i>	Grazalema	1

futaies mixtes trois essences ou chênes verts/faginsés. Au nord de la route qui mène d'El Bosque à Grazalema on retrouvait des descriptions de futaies de chênes dominées par le chêne vert ou des dehesas avec la même essence. Au sud et du côté de Benaocaz ces futaies sont décrites comme accompagnées de matorrals. Les terres qui n'apparaissent pas comme des montes sont des oliveraies, des terres cultivées en céréales ou des terres cultivées en céréales avec présence de chênes verts. Nous avons montré que ces terres pouvaient comporter des arbres (hors oliveraie) mais en plus faible densité. Ainsi, il est raisonnable de penser que les arbres inventoriés dans les montes en vue de leur vente occupaient une part importante des effectifs sur les surfaces communales. Le chêne vert semble alors dans les cartes planimétriques prendre plus d'importance que dans les descriptions. Est-ce dû au fait que les descriptions que l'on possède ne couvrent que les "montes" ou est-ce bien une tendance que nous commençons à observer ?

5.4.4 Milieu XX^{ème} les débuts d'une uniformisation ?

Nous ne disposons, pour cette époque, que de cartes couvrant les communes de Benaocaz, Grazalema et Ronda (absente pour la première série de cartes). Ces cartes ne contiennent pas de légende mais les mêmes acronymes (« S.T.C.C. », « S.Ma », par exemple) aussi nous avons repris les légendes des cartes antérieures.

Les futaies de chênes sont les plus présentes suivies bien après par les terres cultivées en céréales et par les pâturages arborés. La catégorie « futaies de chênes et matorrals » (très

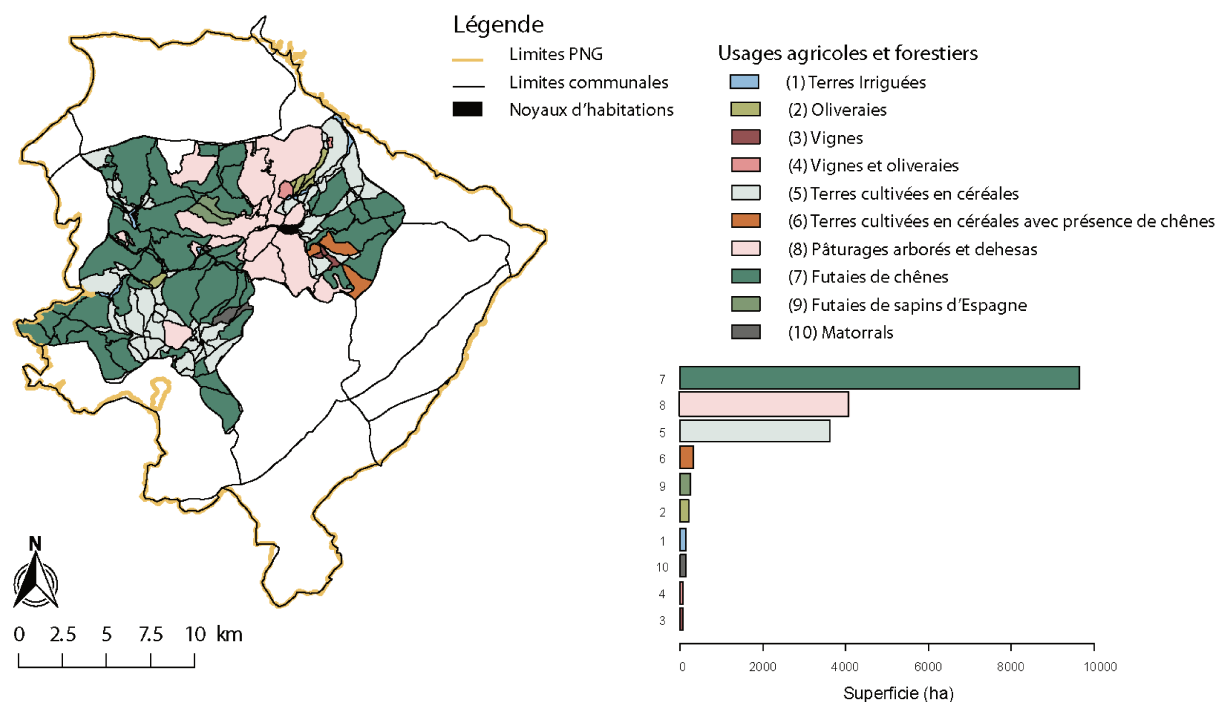


FIGURE 5.13 – Occupation du sol en 1955-1956 pour Benaocaz, Grazalema et Ronda

présente à Benaocaz) n'est plus présente sur les cartes. Les pâturages arborés et dehesas, les oliveraies et les terres cultivées en céréales sont proches des noyaux d'habitations. Les futaies de chênes sont les plus éloignées dans des terrains avec une plus forte pente.

Une carte diachronique entre 1873-74 et 1955-1956 ne peut pas être réalisée car le géoréférencement, dépendant de la précision des cartes, montre un décalage de 40 à 60 m. Nous pouvons cependant calculer les superficies des différents usages et retenir, à travers ces chiffres, des directions et des ordres de grandeur dans les changements (tableau n° 5.7 et figure n° 5.14). Le résultat le plus flagrant est la disparition des futaies avec matorrals au profit de futaies de chênes. Cohen et ses collaborateurs trouvent également un nombre peu élevé de matorral et de végétation associant du matorral (COHEN, ALEXANDRE et al. 2009). Cependant il est aussi probable que cela soit dû à un changement d'annotations dans les types de végétations entre ces 2 dates. Mais l'augmentation de la superficie en futaie de chênes est également le résultat de la diminution des autres types d'occupation du sol (vignes, oliveraies, matorrals, terres irriguées).

On observe cependant 2 processus pour les terres cultivées avec présence de chênes :

1. une perte de superficie, (i) elles ont tendance à passer en terres cultivées près des

Tableau 5.7 – Variation dans l’occupation des sols à partir des cartes de 1870 et 1950 pour Grazalema et Benaocaz

Occupation du sol	Superficie (ha) 1870	en	Superficie (ha) 1950	en	Variations (ha)	Variations (%)
Nucleus	46,48		64,88		18,40	39,57
Terres irriguées	217,50		145,96		-71,54	-32,89
Oliveraies	311,09		208,01		-103,08	-33,14
Vignes	320,38		68,96		-251,42	-78,48
Vignes et oliveraies	96,87		76,97		-19,90	-20,54
Terres cultivées en céréales	4461,58		3619,89		-841,69	-18,87
Terres cultivées et présence de chênes	3186,54		4088,01		901,47	28,29
Fûtaies de chênes	6782,95		9649,65		2866,70	42,26
Pâturages arborées et Dehesa	413,19		322,92		-90,27	-21,85
Fûtaies de chênes avec Mator- rals	2359,92		0		-2359,92	-100,00
Taillis /matorrals	539,06		138,37		-400,69	-74,33
Fûtaies de Sapin d’Espagne (présence de chênes)	244,21		238,4		-5,81	-2,38

habitations, (ii) et à des futaies de chênes loin des habitations,

2. une augmentation de superficie, au sud est de Grazalema, des terres cultivées avec présence de chênes aux dépens d’anciennes terres cultivées.

En superficie totale, le deuxième processus domine. Les vignes et les oliveraies sont également en diminution entre les 2 dates.

Il n’y a pas que l’occupation du sol qui change entre les deux dates, mais également sa répartition. Comme le montre le graphique n° 5.15, le nombre de polygones entre 1873 et 1955 diminue fortement (de 374 à 196); cela s’accompagne d’une augmentation en moyenne de leurs tailles (de 50,75 ha à 96,22 ha) ainsi que d’une homogénéisation des types de végétations (futaies loin des noyaux d’habitations et terres cultivées proches de derniers).

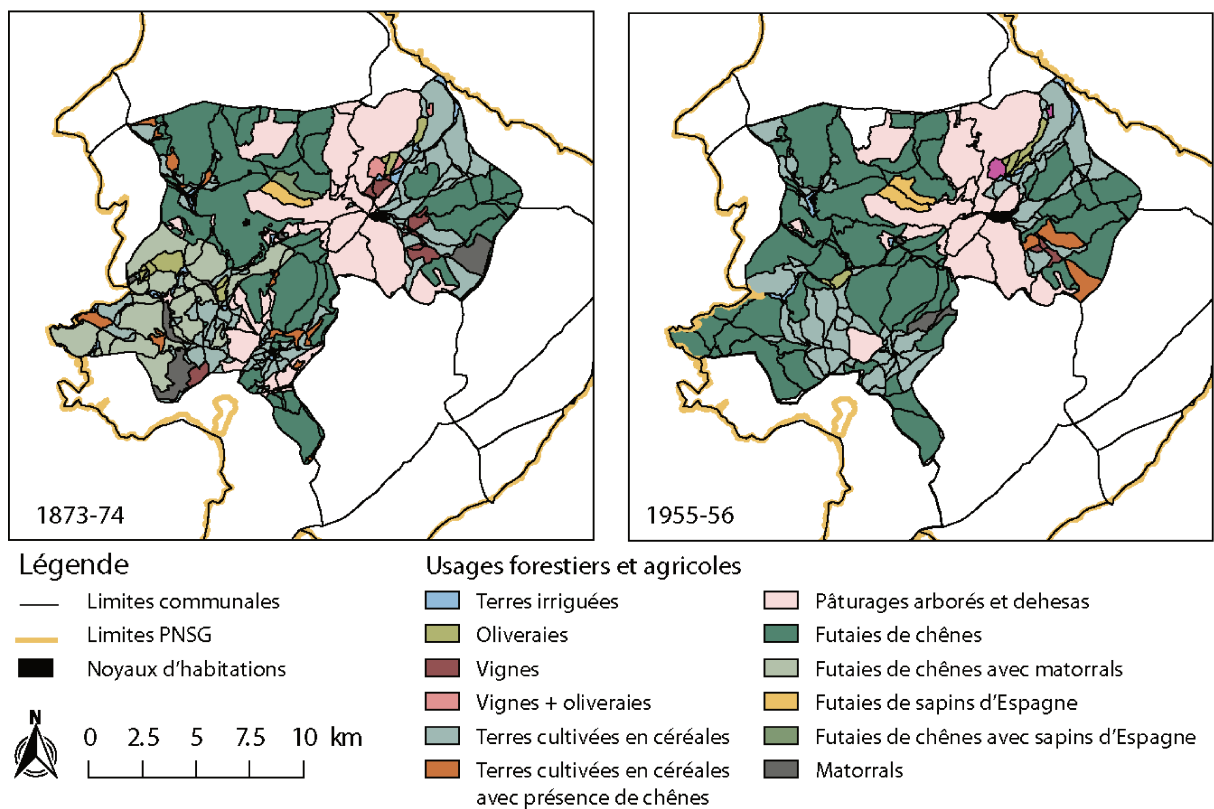


FIGURE 5.14 – Changement d’usages du sol entre 1873-74 et 1955-1956 selon les cartes planimétriques

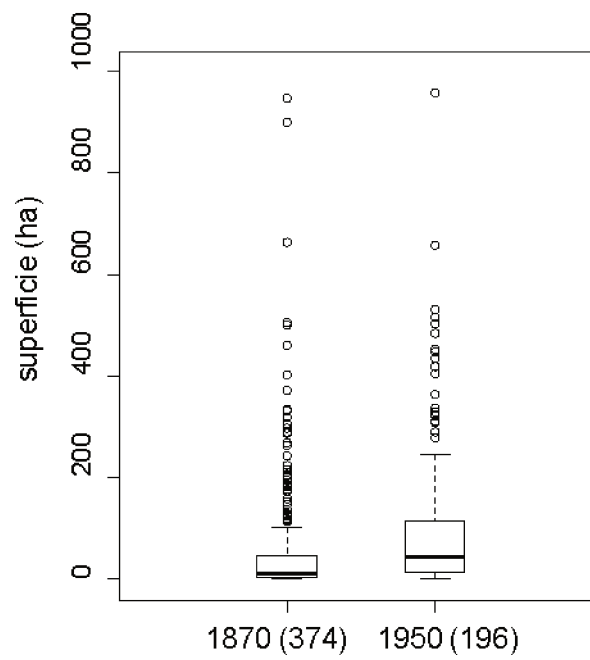


FIGURE 5.15 – Boîtes à moustaches présentant l'évolution de la superficie des polygones entre les 2 dates, le nombre de polygones est indiqué entre parenthèses

« [...] con los cuidados culturales previstos, los acotamientos y los gérmenes de reproducción actuales, pueden seguramente en dos periodos de rotacion de la entresaca conseguir alcanzar la mata propuesta del Monte Normal»

Manuel Castro Lemos, Ingénieur en Chef du district forestier de Cadix, note de service de 1962 en préambule au Plan de Gestion du Monte n° 19 à destination du Directeur General des Montes, Ministère de l'Agriculture, Madrid

6

Plans de Gestion et d'aménagement des terres publiques par l'ancien district forestier de Cadix (1929-1972)

Nous avons pu avoir une idée de la végétation au 18^{ème} et au 19^{ème} à l'échelle de la Sierra de Grazalema. Les différents plans de gestion vont nous permettre d'avoir une analyse à plus grande échelle et sur des périodes plus proches de nous.

6.1 Contexte historique de ces documents

Suite à la constitution du corps des ingénieurs forestiers (1848) puis des gardes forestiers (1903), la gestion des terres publiques échoit à la nouvelle administration forestière. Cette dernière est centralisée à Madrid et est organisée en district. La zone du PNSG dépendait du district de Cadix. La première tâche des ingénieurs et gardes forestiers a été de délimiter les terres publiques (« *Monte publico* »). Leurs premières productions concernent surtout des travaux de bornage et des cartographies des biens publics qui se sont déroulés dans les années 1920 et début 1930. Une fois ces recensements faits, l'aménagement et la gestion de ces terres pouvaient commencer. Cette gestion était planifiée à long terme dans un projet d'aménagement (« *proyecto de ordenacion* ») et à court terme (10 ans) dans un plan de gestion (« *plan especial* »). Ces deux documents sont, dans notre cas, souvent produits en

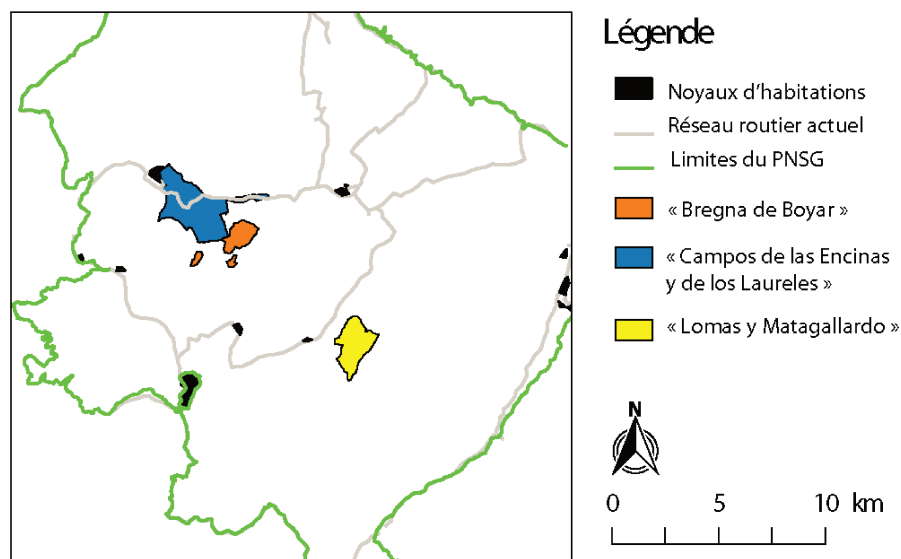


FIGURE 6.1 – Localisation des terres publiques concernées par les plans d'aménagement

même temps et associés dans un même ouvrage. Puis 10 ans après, le plan d'aménagement était revu et le second plan spécial mis en place. Pour le PNSG, nous disposons de sept documents qui recouvrent trois terres publiques ou forêts communales. Ce sont des terres qui appartenaient aux « Quatre Villes » avant de passer sous la juridiction communale suite à ce changement de régime. Le tableau n° 6.1 présente les documents que nous avons trouvés et la carte n° 6.1 les localise. AHPC correspond aux archives provinciales de Cadix et FDM au Fondo documental del Monte. Ces documents ont été analysés conjointement car, même s'ils présentent des divergences, leurs méthodes de rédaction et de validation sont similaires.

Tableau 6.1 – Documents de gestion produits par le district forestier de Cadix entre 1929 et 1972 dans les limites du PNSG

Monte Publico	Titre	Date	Auteur	Nombre de pages	Archives
Bregna de Boyar y Apeadero del Hondon (186 ha)	« Proyecto de ordenacion del monte n°18 del catalogo de utilidad publica Bregna de del Boyar y Apeadero del Hondon del termino y propios de Benaocaz »	17/03/1959	Senen Osorio Sabugo	90 + index	AHPC
	« Primera revision del proyecto de ordenacion del monte « Bregna del Boyar y Apeadero del Hondon »	26/10/1970	Fernando Sainz Martinez	98 + index	FDM
Campo de las Encinas y Los Laureles (634 ha)	« Proyecto provisional del Monte « CAMPO DE LAS ENCINAS Y LOS LAURELES »»	11/02/1952	Illisible, Ingénieur en chef pour Cadix	81	AHPC
	« Proyecto de ordenacion del monte campo de las encinas y de los laureles »	1962	Francisco Robert Graupera	103	AHPC
	« Primera revision del proyecto de ordenacion del monte « campo de las encinas y los laureles »; segundo plan especial »	01/10/1972	Manuel Camarero Quiros	65	AHPC
Lomas y Matagallardo (266 ha)	« Proyecto de ordenacion del monte Lomas y Matagallardo de propios de Villaluengadel Rosario »	1929	Manuel Castro	87	FDM
	« Proyecto de ordenacion del monte « lomas y Matagallardo » del termino y propios de Villaluenga del rosario »	1956	Angel Rodenas Juarez	72	FDM
	«Primera revision del proyecto de ordenacion y segundo plan especial decenio 1965-66 a 1974-1975 del Monte n° 21 « Lomas y Matagallardo »	23/12/1967	Victor Garcia Fernandez	131	FDM

6.2 Présentation des documents et de leurs méthodologies

Les plans d'aménagement sont composés de deux parties. La première correspond à la description du terrain public et la seconde aux propositions d'aménagement qui en découlent. La partie descriptive aborde :

- Le statut légal avec un historique, le propriétaire, les servitudes, les enclaves ;
- Les caractéristiques naturelles : géologie, sol, climat, orographie, végétation ;
- Les caractéristiques forestières : essences, effectifs par classes de diamètre, espacement du peuplement ;
- Un état économique : usage en cours et rente de la terre publique.

Cette partie nous renseigne sur l'état du peuplement, de la régénération et indirectement sur ses usages. Il est à noter que la date d'approbation du document est toujours postérieure à la date de réalisation de l'inventaire et que nous avons retenu la date réelle d'inventaire lors de la réalisation des graphiques (reporté tableau n° 6.1).

Dans la partie aménagement, les essences dominantes sont précisées et le diagnostic est posé quant à l'adaptation des traitements sylvicoles. Sont ensuite fixés les différents usages par des plans d'exploitation (utilisation du bois, des pâturages, de la « *montañera* », et le cas échéant, du liège). Les rentes attendues sont évaluées et, en fonction de cela, différentes opérations d'entretien et d'amélioration de la terre publique sont planifiées. Afin d'évaluer la qualité de la description du peuplement, il nous semble important de présenter les méthodes utilisées. Elles présentent de nombreux points communs mais aussi des spécificités.

6.2.1 Points communs :

Les auteurs ont divisé les terres publiques en parcelles ou sous-parcelles de gestion. Les critères de détermination de ces divisions étaient les lignes « naturelles » comme les cours d'eau, les chemins et les limites entre deux zones jugées homogènes. Puis une série de mesures et d'observations ont été réalisées pour chacune de ces sous-unités. On dispose alors d'informations concernant le type de sol, la couverture arborée et un inventaire du peuplement. Quatre classes de sols sont différenciées mais la première n'apparaît dans aucun relevé.

1. terrains rocheux peu appropriés pour la végétation arborée ;

Tableau 6.2 – Correspondance, donnée dans les plans, entre l'indice de relation d'espace-ment et la couverture arborée

Indice de « relation d'espacement »	description de la couverture	Superficie couverte arborée par ha
23 à 25	« Complète »	1 à 0,79
26 à 30	« Bonne »	0,78 à 0,59
31 à 37	« Déficiente (niveau 1) »	0,59 à 0,39
38 à 46	« Déficiente (niveau 2) »	0,38 à 0,25
47 à 57	« Déficiente (niveau 3) »	0,24 à 0,16
> 57	« Clairière »	< 0,16

2. terrain peu profond et sec, en général en haut de pente forte ;
3. terrains situés à la moitié inférieure des versants (« laderas »), avec un sol fréquemment profond, sans affleurement rocheux ou rochers isolés ;
4. partie basse avec terre fraîche abondante, pente faible et sol humide, c'est dans cette catégorie que l'on trouve les enclaves.

Les enclaves correspondent à des terres dont la commune n'est que partiellement propriétaire. Les arbres (« *vuelo* ») ou le sol (« *suelo* ») peuvent appartenir à un propriétaire privé. La couverture arborée est évaluée par un coefficient d'espacement (les auteurs utilisent les mêmes termes mais ne décrivent pas leurs variables). Le tableau n° 6.2 en donne un aperçu.

L'inventaire est obtenu via un comptage, pied à pied, qui prend en compte l'essence et l'appartenance à une classe de diamètre. Les inventaires pied à pied ne sont plus réalisés aujourd'hui en forêt car leur coût en main d'œuvre est jugé trop important mais aussi car la possibilité d'erreur de comptage (oubli ou double comptage d'un arbre) entraîne une erreur d'estimation jugée supérieure à celle obtenue par une méthode d'échantillonnage. Cela reste cependant une méthode très robuste qui n'oblige pas à valider les hypothèses que nécessite un échantillonnage statistique.

6.2.2 Spécificités :

La division des classes de diamètres est spécifique pour le « *Campo de las Encinas y los Laureles* » pour les plans de 1962 et 1972. Dans ce cas, les classes sont détaillées de 10 cm en 10 cm de diamètre pour les diamètres inférieurs à 50 cm, et simplifiées en une seule

Tableau 6.3 – Paramètre de correction μ donné pour les principales essences et leurs classes de diamètres pour le plan du Campo de las Encinas de 1972

	CD1 10-19	CD2 20-29	CD3 30-39	CD4 40-49	D \geq 50 cm
	cm	cm	cm	cm	
<i>Ceratonia siliqua</i>	0,83	1,49	0,89	1,05	2,5
<i>Quercus ilex</i>	0,92	0,68	1,27	1,04	1,21
<i>Quercus faginea</i>	1,14	0,73	1,15	1,15	1,08
<i>Olea europea</i>	1,09	0,74	1		

au-delà de 50 cm (cf. figure n° 6.2). Dans les autres cas, l'intervalle des classes est plus important (20 cm) mais il reste constant entre les valeurs de 10 à 100 cm de diamètre. Les classes de 10 cm se justifient selon les auteurs du premier plan car ils estiment qu'elles correspondent à des écarts d'âge d'environ 20 ans qu'ils jugent pertinents. Ce n'est pas le point de vue des auteurs des autres plans ; pour eux les classes de 10 cm présentent des individus trop différents qu'il convient de regrouper dans une catégorie plus englobante. Les utilisations principales de ces arbres (bois de chauffage et liège) ne nécessiteraient pas également de mesures aussi précises.

De plus, dans le plan daté de 1972 du « *Campo de las Encinas y los Laureles* » le comptage n'est pas fait sur toutes les parcelles mais seulement sur certaines (4, 5, 8, 9, 16, 21, 22). L'inventaire est dit partiel (« *systemo de conteo parcial pie a pie* »). Un paramètre de « correction » est calculé qui est ensuite appliqué aux autres parcelles. Le paramètre, appelé « μ » (cf. tableau n° 6.3), est obtenu pour chacune des classes de DHP et des espèces. Il est calculé en effectuant le rapport entre la somme des effectifs d'une catégorie (DHP, essence) en 1972 avec la somme des effectifs de cette même catégorie en 1962.

Il n'y a pas de μ obtenu pour les précomptants. Quand le μ est positif, cela indique une augmentation de la catégorie entre 1962 et 1972 et quand ce dernier est négatif une diminution. Cette méthode a, selon nous, un désavantage : elle postule au moins deux hypothèses sans les vérifier. La première est que les 8 parcelles sélectionnées sont représentatives des autres et la deuxième est d'utiliser un paramètre moyen (μ) sans connaître sa variabilité. Nous verrons plus loin qu'il y a eu des changements importants dans certaines parcelles (les mises en défens par exemple), qu'il nous paraît difficile de comparer aux autres cas. Aussi nous nous limiterons aux parcelles où les arbres ont été

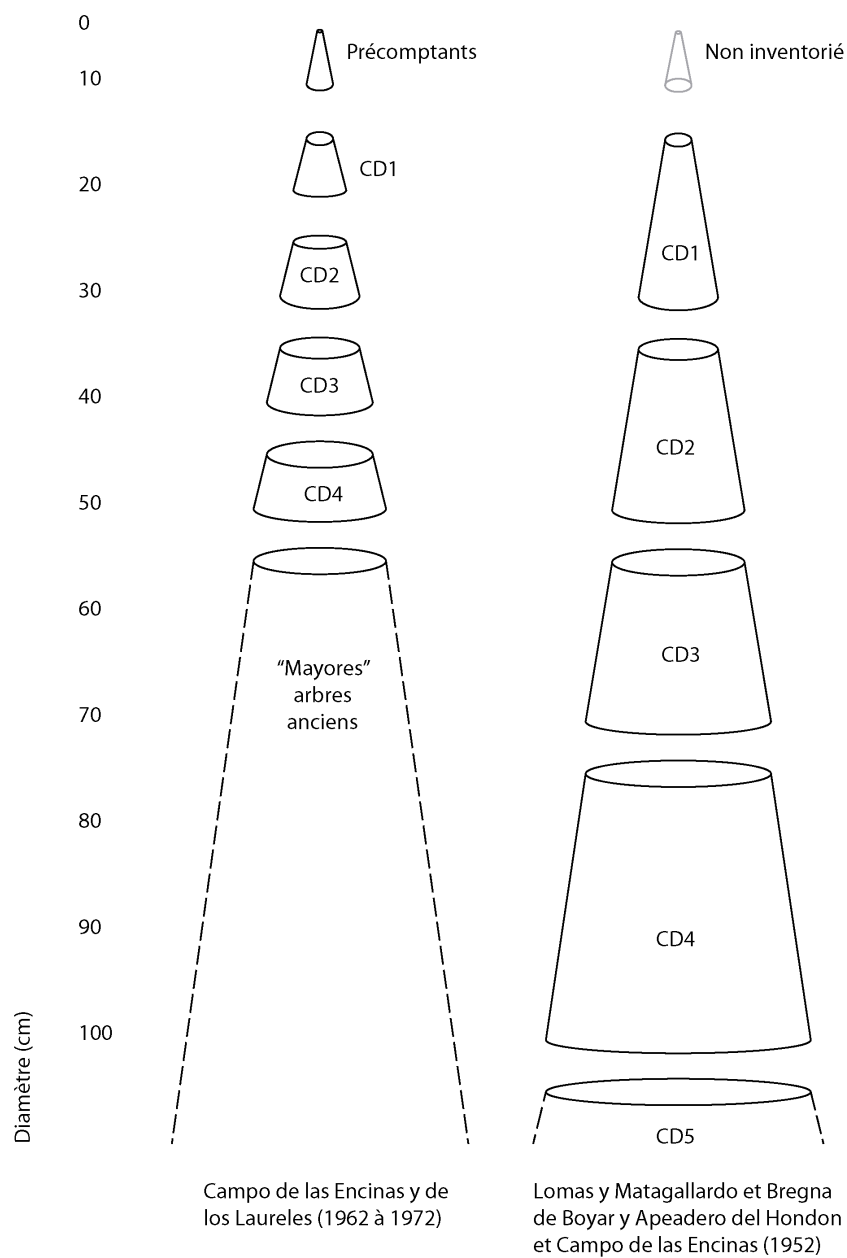


FIGURE 6.2 – Comparaison des classes de diamètres entre les deux plans de gestions de Campos de la Encinas

réellement recomptés et utiliserons le mu uniquement là où il a été calculé.

Afin de faciliter l'analyse de ces documents, les paramètres ont été intégrés dans une base de données. Dans le cas du « *Campo de las encinas* » et de la « *Bregna de Boyar* » les cartes étaient suffisamment précises (40 points de référence positionnés sur des points de repère : courbes topographiques, sommets, réseau hydrographique, emplacements d'habitations) pour digitaliser les plans. Une base de données géographique a donc été mise en place. Malheureusement, les documents concernant « *Lomas y Matagallardo* » ne remplissent pas du tout ces conditions et montrent de nombreuses incohérences entre eux ; aucune cartographie ne peut donc être produite. Après avoir introduit leurs historiques, présenté et discuté les objectifs et usages de gestion mis en avant dans ces documents de planification, nous aborderons l'état et l'évolution des peuplements aux différentes échelles accessibles. Enfin nous aborderons l'usage, la perception et l'état de la régénération que ces documents traduisent.

6.2.3 Des origines historiques similaires :

Ces trois terres publiques correspondent à des dons du Duc d'Arcos au groupe de communautés villageoises (« *Siete Villas* ») suite à la « reconquête ». Même si la chute du Royaume de Grenade date de 1492, les dons ne se sont matérialisés par des actes notariés qu'à partir de 1650. Ces trois terres ont, ensuite, été exclues de la vente lors du désamortissement (dit de Madoz, fin du 19^{ème} siècle) et font donc partie du catalogue de terres dites d'utilité publique sous les n° 18, 19 et 21. Elles étaient également frappées de nombreuses servitudes de passage qui peuvent se matérialiser par des chemins ou des routes en terre. Dans le cas du « *Campo de las Encinas y de los Laureles* », la totalité de son sol (« *suelo* ») est publique mais une partie de la végétation l'occupant (« *vuelo* »), est privée (ces terres sont désignées comme des enclaves). Les deux autres terres publiques présentent aussi des enclaves mais il n'est pas indiqué si elles concernaient juste la végétation ou le sol. Cependant la surface actuelle de ces terres publiques correspond à la surface sans les enclaves, ce qui laisse supposer que le sol appartenait à des propriétaires privés.

Tableau 6.4 – Équivalences entre UGB et « Ganado lanar » (UGB source UE)

	« Ganado lanar »	UGB
Ovins	1	0,18
Bovins	6	1
Equins	8	1
Caprins	2	0,2

6.2.4 Usages et opérations sylvicoles :

Mis à part « Lomas y Matagallardo » où l'activité pastorale est secondaire par rapport à la production de liège, l'élevage est assigné comme objectif principal et c'est lui qui est la première source de revenu. D'autres usages sont aussi mis en avant comme le charbonnage, la protection de certains espaces ou encore les usages récréatifs.

L'élevage est diversifié et caractérisé par une faible charge pastorale

Afin de synthétiser et de faciliter la comparaison, nous avons dû procéder à des calculs d'UGB. Ils n'ont pas ici, ainsi que le calcul de « *Ganado lanar*¹ », pas ici la vocation d'être précis mais de donner un ordre d'idée comparable dans les limites imposées par ces données (documents anciens, techniques pastorales non prises en compte, superficies occupées pas toujours clairement définies). Les cochons sont tous en « *Montañera* » et ne sont pas pris en compte dans les calculs de charge à l'hectare. Il est à noter (cf. tableau n° 6.4) que les chèvres ont une valeur plus forte dans le cas du « *ganado lanar* » que pour les UGB. Nous avons retenu pour les bovins en UGB la fourchette haute, cette dernière devrait être comprise entre 0,8 et 1.

Le tableau n° 6.5 détaille la composition des troupeaux et leur évolution dans le temps pour les trois terres publiques. On trouve sur ces trois terres les cinq types de troupeaux (bovin, caprin, équin, ovin et porcin). Les ovins sont les plus nombreux, suivis des caprins et des bovins. Les charges pastorales sont faibles sauf pour « *Lomas y Matagallardo* », en 1929, et cela même pour des zones de pâturage extensif dans des terrains de moyenne montagne. Il y a des mise en défens à partir des années cinquante faibles au début elles vont augmenter fortement pour « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » et plus

1. Ancienne unité agronomique utilisée en Espagne correspondant à une brebis à laine, c'est elle qui est mobilisée dans les plans.

faiblement pour « *Lomas y Matagallardo* ». Les charges pastorales ont diminué pour « *Lomas y Matagallardo* » entre 1929 et 1956 et « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » entre 1952 et 1962 (et ce notamment suite à une forte diminution des cheptels bovin et ovin). Il y a une légère augmentation de cette charge dans « *Bregna de Boyar* » et « *Lomas y Matagallardo* » entre les années cinquante et soixante. Les chèvres y ont été interdites à partir de 1959 et 1956, respectivement. Elles ont été remplacées par des bovins, ce qui a contribué à légèrement augmenter la charge pastorale. Ce changement répond à une critique des auteurs concernant les troupeaux caprins jugés trop dangereux pour la végétation (et la régénération) et aussi à des débouchés plus favorables aux bovins. Dans le cas de « *Lomas y Matagallardo* », l'augmentation de la charge à l'hectare, entre 1956 et 1966, est aussi liée à celle de la surface mise en défens.

La « *montañera* » n'est pas appréciée de la même manière par les différents auteurs et selon les différentes terres publiques. Dans le « *Campo de las Encinas y de los Laureles* », le nombre de cochons est fixé alors que pour les deux autres, ce nombre sera variable en fonction de la production de glands. La « *montañera* » est beaucoup plus importante pour le « *Campos de las Encinas y de los Laureles* » que pour les deux autres terres publiques. Cela s'explique par la présence du caroubier et de sa production de graines. La production de glands des chênes est estimée en pesant la production d'arbres types (40 dans le cas de « *Campos de Encinas y de los Laureles* »). Sur cette production, 40% sont estimés pourris, 40% sont censés germer et 20% sont alloués aux cochons. Ce chiffre, si en assimilant à pourri ce que consomme les insectes, est assez proche des résultats que nous avons trouvés dans la littérature (cf. paragraphe n° 2.4.1).

La peste porcine est évoquée dans le dernier plan de « *Lomas y Matagallardo* » et de « *Bregna de Boyar* ». La date de l'épidémie n'est pas précisée mais elle a eu lieu au début des années soixante, correspondant bien à la date donnée par d'autres auteurs (SANTIAGO BUJALANCE 2004). Par la suite, les forestiers n'ont plus trouvé d'éleveurs pour la « *montañera* ».

6.2.5 Le liège, un débouché difficile à mettre en place :

Dans « *Lomas y Matagallardo* », la production de liège se fait selon une gestion classique avec des plans d'écorçage (« *descorcho* »). Cette activité augmente suite à la peste porcine des années soixante. L'auteur envisage de favoriser le chêne liège par rapport au

Tableau 6.5 – Évolution des effectifs de troupeau et charge pastorale dans les trois terres publiques. La superficie en parenthèse correspond estimée pâturable.

	« Bregna de Boyar »		« Campo de las Encinas y los Laureles »			« Lomas y Matagallardo »		
Dates	1959	1969	1952	1962	1972	1929	1956	1966
Bovins	15	34	100	20	20	80	8	22
Caprins	30	0	138	0	0	132	0	0
Equins	8	0	25	7	7	0	0	0
Ovins	90	100	300	200	200	260	180	180
Porcins	Montañera	0	100-200	260	260	50	40	19
« Ganado Lanar »	304	304	1376	376	376	1004	228	312
« Ganado lanar » / ha	1,63	1,63	2,17	1,07	1,07	3,77	0,99	1,46
UGB	45,2	52	206,6	63	63	153,2	40,4	54,4
UGB / ha	0,24	0,28	0,32	0,18	0,18	0,58	0,17	0,26
Superficie (ha)	186	186	634	634 (350)	634 (350)	266	266	266
mise en dé- fens	0	0	25	158	158	0	35	53

chêne vert alors que les auteurs des plans précédents (1929 et 1956) visaient l'équilibre entre les deux essences. Les préférences écologiques des deux espèces étant différentes (le chêne liège est une espèce acidophile et le chêne vert étant plus plastique), la substitution semble cependant difficile à l'auteur. Nous reviendrons sur les effets de la gestion lors de la description des peuplements. Nous aborderons très peu le chêne liège car nous avons tout fait pour rester dans le domaine du chêne vert. Notre choix de traiter de ce monte se justifie par le fait qu'il se situe à la limite entre ces deux domaines et que ce sont des décisions de gestion qui le font pencher d'un côté.

6.2.6 Le charbonnage, pratique en vigueur jusque dans les années soixante :

Le charbonnage est aussi pratiqué sur ces terres. La quantité retirée est fonction des opérations de taille et de débroussaillage. Les charbonniers payent un prix selon la quantité de charbon produit. Le charbon est fabriqué à proximité des opérations sylvicoles puis il est transporté dans les villages et villes proches (jusqu'à Jerez). Cependant les auteurs indiquent qu'autour des années 1960 (la date n'est pas précisée), la main-d'œuvre n'est plus disponible ou trop chère par rapport aux revenus qu'offre le charbon. Cette activité reste cependant programmée mais tous sont sceptiques pour sa mise en œuvre et le revenu attendu.

Enfin, la protection des paysages et les activités récréatives sont mentionnées dans le plan d'aménagement le plus récent (Primera revision del proyecto de ordenacion del monte « campo de las encinas y los laureles » ; segundo plan especial, 1972).

6.2.7 Opérations sylvicoles :

L'objectif de valorisation de ces terres publiques étant l'activité pastorale, une bonne part des travaux est réalisée en fonction. Il y a, hors opérations sylvicoles, la mise en place d'abreuvoirs, la restauration de cabanes d'éleveurs et l'installation de clôtures.

Bien que les ingénieurs en charge de la rédaction de ces plans utilisent des noms proches, voire identiques, pour leurs opérations sylvicoles, il existe des petites différences dans l'ordre d'exécution ou dans les techniques qui nous semblent importantes pour la régénération.

Les opérations de coupe (« *cortas* ») vont dépendre du choix du traitement et de l'état

du peuplement. Dans le cas du « *Campo de Encinas y de los Laureles* » où l'objectif est une futaie irrégulière, le choix des individus à couper dépend de l'écart à une distribution théorique (cf. paragraphe sur la régénération page n° 2.3.2). Comme le peuplement comporte peu de jeunes arbres et beaucoup de vieux individus, les coupes portent sur ces derniers, puis, si la distribution théorique est atteinte les coupes s'effectueront sur l'ensemble des classes de diamètres. Pour les deux autres terres publiques, l'objectif étant une futaie régulière tout en vieillissant le peuplement, les coupes porteront sur les arbres les plus vieux et non productifs puis sur la première classe de diamètre. Afin de planifier les volumes à couper, les auteurs évaluent à 1% par an (en volume) le bois qu'il est possible de sortir avec la coupe de ces vieux arbres². Le débroussaillage (« *desbroce* ») est conçu comme un outil d'amélioration pastoral. Il vise pour tous les auteurs à augmenter les surfaces couvertes d'herbacées. Il est aussi utilisé pour faciliter la mise en place d'autres opérations sylvicoles. Il doit être effectué avant ou en même temps que les tailles, plantations ou les « *rozas de regeneracion* ». Les « *rozas de regeneracion* » se rapprochent d'un balivage de cépée où les « *matas achaparradas* » (cépée, ou gaules très touffues) sont taillées, environ tous les 10 ans, afin de guider (« *guiaran* ») les jeunes arbres et en faire des repousses vigoureuses (« *rebrotos vigorosos* »). Les pousses jugées les meilleures sont gardées et les branches ou brins jugés superflus sont retirés.

Les plantations proviennent de jeunes plants et aussi de glands. À part Manuel Castro en 1929, les auteurs les mettent en place après un débroussaillage et, parfois, quand c'est possible, après un labour ou un travail du sol plus localisé. C'est une légère contradiction avec ce qu'ils peuvent dire sur le rôle protecteur du matorral. Manuel Castro indique, pour sa part, que les plantations (de glands ou de semis) doivent se faire dans du matorral. Il est à noter que c'est le seul qui ne prône pas la mise en défens, le matorral étant jugé suffisant. Les glands sont plantés par trois et à deux cm de profondeur dans le sol. Il nous semble que cela dénote d'une évolution (entre les années 20 et 60) de la vision des forestier sur la façon de conduire une régénération.

Les tailles sont de deux types et portent deux noms différents : il y a les tailles de formation de la couronne ou taille dite fruitière, visant à favoriser la production de glands fourragers (« *podas de formacion* ») et la « *limpia* » qui regroupe des tailles de rajeunissement sur des individus ou des branches âgées et des tailles d'entretien. La taille de la

2. Ce pourcentage est une estimation assez précautionneuse, dans l'Inventaire Forestier National n° 2 les chênes verts de plus de 70 cm de DHP représentaient 34,02% du volume de cette essence.

couronne se fait sur des arbres d'un diamètre à hauteur de poitrine d'au moins 20 cm et vise à former une croix de trois branches principales pour les chênes (davantage pour un caroubier). Cette croix doit être mise en place à 2,5 m de hauteur. La taille d'entretien concerne des jeunes individus dont toutes les branches mortes ou « mal en point » sont retirées afin d'éviter une compétition pour la lumière : « *buscando la entrada de aire y luz para la ramillas fructíferas. La eliminarán también ramas defectuosas, cubiertas de musgos o líquinos o atacadas por hongos o insectos*³ ».

Aux usages et revenus de l'élevage sur ces terres s'ajoute une information sur la végétation. Quelles informations ces inventaires nous livrent-ils sur cette dernière ?

6.3 État des peuplements à différentes époques

Comme on peut le déduire de la méthodologie, le peuplement est décrit par des paramètres dendrologiques (DHP par classe) et par un indice traduisant l'espacement des arbres. Ces descripteurs sont associés à une typologie des sols. L'état sanitaire du peuplement et la régénération peuvent également être mentionnés de manière qualitative, soit dans le corps du relevé soit dans les textes associés. La première classe de diamètre (de 10 à 19 cm ou de 10 à 29 cm) est le résultat de la régénération passée et elle aura une place importante dans nos analyses. Ces informations sont disponibles à l'échelle de la terre publique et au niveau des parcelles de gestion.

6.3.1 À l'échelle des terres publiques :

Ces trois « *montes* » présentent des peuplements différents dont le chêne vert est une des composantes. Ils peuvent être diversifiés comme « *Bregna de Boyar* » et « *Campo de Encinas y de los Laureles* » ou n'être composés que de deux essences dans le cas « *Lomas y Matagallardo* ». Les densités arborées sont assez proches pour les 3 cas dans les années soixante (cf. tableau n° 6.6 et graphique n° 6.3) mais évoluent au cours du temps. Elles augmentent fortement sur une période d'environ 40 ans (1929-1967) pour « *Lomas y Matagallardo* » alors qu'elles diminuent à « *Bregna de Boyar* » et « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » pendant 10 ans (années 50-60).

3. « Il faut chercher l'arrivée d'aire et de lumière pour les rameaux porteurs de fruits. Seront éliminées également les branches malsaines, couvertes de mousses, de lichens ou attaquées par des insectes ou champignons.

Tableau 6.6 – Densités arborées en fonction de l'époque dans les trois terres publiques

Terres publiques	Date	Densité (Arbres/ha)	Observations
« Bregna de Boyar »	1959	76,63	
	1969	71,07	
	1929	51,03	
« Lomas y Matagallardo »	1956	86,14	
	1967	113,59	
« Campo de las Encinas y de los Laureles »	1952	118,67	Précomptants non pris en compte
	1962	86,86	

Le graphique n° 6.3 présente des structures démographiques différentes. Dans le cas de « *Bregna de Boyar* » et « *Lomas y Matagallardo* », les classes d'âges du chêne vert suivent une distribution de type « J inverse » ou « couché » indiquant un renouvellement des peuplements grâce aux jeunes générations d'arbres. Dans le cas de « *Lomas y Matagallardo* » les effectifs à l'hectare augmentent même fortement (l'effectif triple pour la première classe de diamètre entre 1929 et 1967) dans la période indiquant une amélioration de la régénération sur la longue durée qui sépare les différents inventaires (une augmentation moyenne de 3,49% par an). Cette forte augmentation est d'autant plus surprenante pour le chêne vert que la gestion à partir du dernier plan vise à favoriser le chêne liège. Rappelons toutefois que la charge pastorale a été divisée par 3 entre 1929 et 1956.

Pour « *Bregna de Boyar* » en 1959, l'auteur indique que cette forte présence de la première classe de diamètre est due au bornage de 1926 qui a permis de faire passer des terres réclamées par des propriétaires privés dans le giron de l'État qui y a abandonné le labour entraînant une forte croissance des cépées déjà présentes. Malgré cela, en 1969, les premières classes de diamètre diminuent par rapport au plan précédent. L'auteur attribue cette diminution à des éclaircies pratiquées en 1961-1962 sur les chênes verts et faginé, qui ont permis une augmentation du nombre de chênes faginé dans la deuxième classe de diamètre mais dont l'effet ne s'est pas encore manifesté pour le chêne vert. C'est une explication valide pour l'augmentation de la seconde classe de diamètre mais elle n'explique pas pourquoi il y a peu de jeunes arbres entrant dans la première classe. La compétition interspécifique peut aussi expliquer une diminution des effectifs dans les

jeunes classes de diamètres, cette terre étant riche en espèces ligneuses. Cependant il faudra vérifier à une échelle plus fine cette hypothèse car à l'échelle de toute la terre publique il est aussi possible d'avoir une séparation spatiale entre ces différentes essences.

Dans le cas du « *Campos de la Encinas y de los Laureles* », la première classe de diamètre et les précomptants ne sont pas suffisants pour assurer la pérennité du chêne vert, le caroubier constitue l'essentiel des précomptants et des jeunes arbres (classe de diamètres de 10 à 29 cm). Ici, l'hypothèse d'une compétition entre le chêne vert et le caroubier est vraisemblable. Cependant dans les classes de diamètres supérieures à 30 cm, le peuplement est dominé par le chêne vert et le chêne faginé.

Il est ici difficile de parler des changements entre 1962 et 1972 car les recomptages n'ont pas été faits sur toute la terre publique. On peut cependant analyser le paramètre μ (cf. tableau n° 6.3 plus haut), issu des recomptages de huit parcelles. On obtient alors une diminution de la première classe de diamètres (de 10 à 19 cm) et une augmentation de la seconde (de 20 à 29 cm) pour le caroubier (valeur de μ : 0,83 et 1,49⁴). La régénération, pour ce dernier, a donc diminué entre 1962 et 1972, les individus issus de la forte régénération avant 1962 se retrouvent dans la seconde classe de diamètre et il est trop tôt pour un passage dans la troisième classe (30 à 39 cm) de diamètre. Le chêne vert diminue dans les deux premières classes de diamètres, il n'y a donc pas de reprise de sa régénération malgré la moindre concurrence du caroubier et il continue à croître, ce qui augmente ses effectifs dans la troisième classe de diamètre (valeur de μ : 1,27).

6.3.2 A l'échelle de la parcelle :

Cas du « *Campo de las encinas y de los Laureles* » :

Nous proposons une typologie des parcelles du « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » qui prend en compte les densités des trois essences les plus importantes et leurs répartitions dans les classes de diamètres. On obtient six types présentés dans la planche n°. Le premier (E, planche n° 6.4) regroupe deux parcelles en 1952, au Nord-Est du « *Campo de las Encinas* », et ne présente pas ou très peu d'arbres (moins de cinq par hectares, non représentés dans les graphiques), le second (A, planche n° 6.4) n'apparaît aussi qu'en 1952. Il comprend les parcelles (« *rodales* ») 2 et 3 et est composé de peuplements dominés par le chêne vert (*Quercus ilex*). Le troisième (F, planche n° 6.4) peut être considéré comme

4. Il suffit de multiplier la densité 1962 par μ pour obtenir celle de 1972.

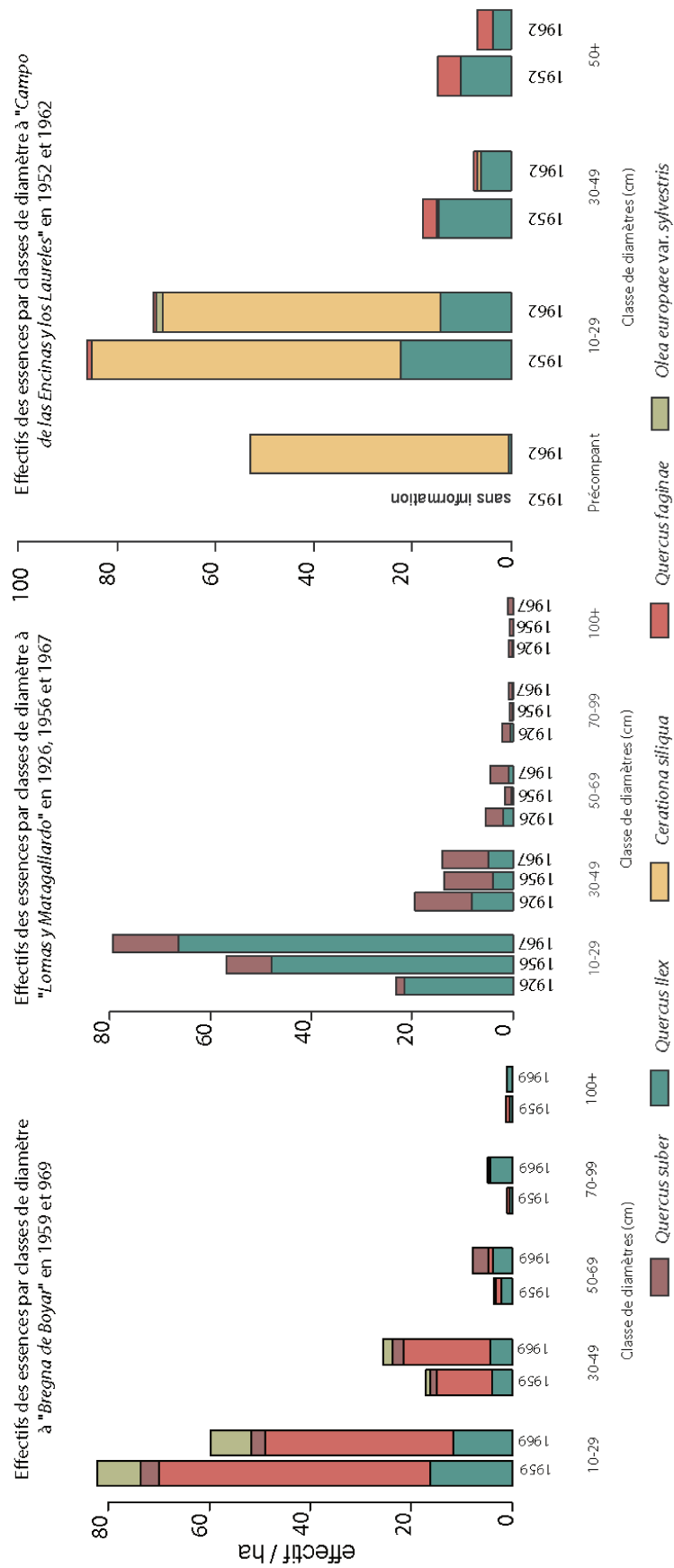


FIGURE 6.3 – Effectifs des trois terres publiques aux différentes dates

un sous-type du second car il correspond à des peuplements dominés par le chêne vert mais uniquement de gros diamètres (il y a cependant un cas de parcelle où le chêne faginé, *Quercus faginea*, est dominant). On retrouve le même nombre de parcelles entre 1952 et 1962 mais, mise à part la parcelle 9 (en 1952) et la 22 (en 1962) se chevauchant partiellement, on constate qu'en 1952, ce type de peuplement se retrouve dans les parcelles à l'ouest et dix ans plus tard elles sont concentrées à l'est. Le quatrième type correspond à des peuplements dominés par le caroubier, *Ceratonia siliqua* (C, planche n° 6.4), par la première classe de diamètre (10 à 29 cm) et caractérisés par de fortes densités (proche de 250 arbres/ha). Ce type reste assez stable en superficie et passe de 162,2 ha, en 1952, à 158,9325 ha en 1962. Les cinquième et sixième types sont eux aussi dominés, en effectif, mais pas nécessairement en hauteur, par le caroubier. La cinquième (B, planche n° 6.4) présente du chêne vert en mélange avec le caroubier. Sa surface est en forte augmentation, de plus de 23%, et passe de 221,2 à 275,42 ha. Concentré dans la partie centrale de l'ancien « *Laureles* » (où les sols sont minces et les dénivelés importants) et son extrémité est en 1952, ce type se retrouve plus à l'ouest et prend le pas sur des types dominés par le chêne vert. Le sixième type (D, planche n° 6.4) correspond à des peuplements dominés par le caroubier comprenant des chênes verts de gros diamètres. C'est le type qui connaît la plus forte augmentation en surface (+186%) en passant de 60,1 ha à 172,264 ha. Il tend à remplacer le troisième type (peuplement de gros chênes méditerranéens, F, planche n°). On retrouve les résultats similaires à ceux de l'échelle de la terre publique, le caroubier prend la place d'un chêne vert vieillissant.

Les parcelles ne se recoupant pas exactement entre 1952 et 1962, nous avons procédé à une intersection spatiale entre ces deux dates (carte de la planche n°) et nous avons analysé l'évolution des trois essences principales en fonction des trois classes de diamètre (10 à 29 cm, 30 à 49 cm et plus de 50 cm) à l'aide d'une analyse en composante principale (planche n° 6.5). Les trajectoires numérotées 3 et 4 sortent nettement de l'analyse. La trajectoire n° 3 est associée à une augmentation des effectifs de la première classe de diamètre, de 10 à 29 cm, pour le caroubier et à une diminution des effectifs pour les chênes dépassant les 50 cm de diamètre. Les parcelles évoluant ainsi correspondent, en 1952, au type de peuplement dominé par des chênes méditerranéens de gros diamètres. C'est une trajectoire localisée uniquement au sud-ouest de la terre publique sur un versant orienté à l'est et au nord. La trajectoire n° 4 est caractérisée par une diminution des

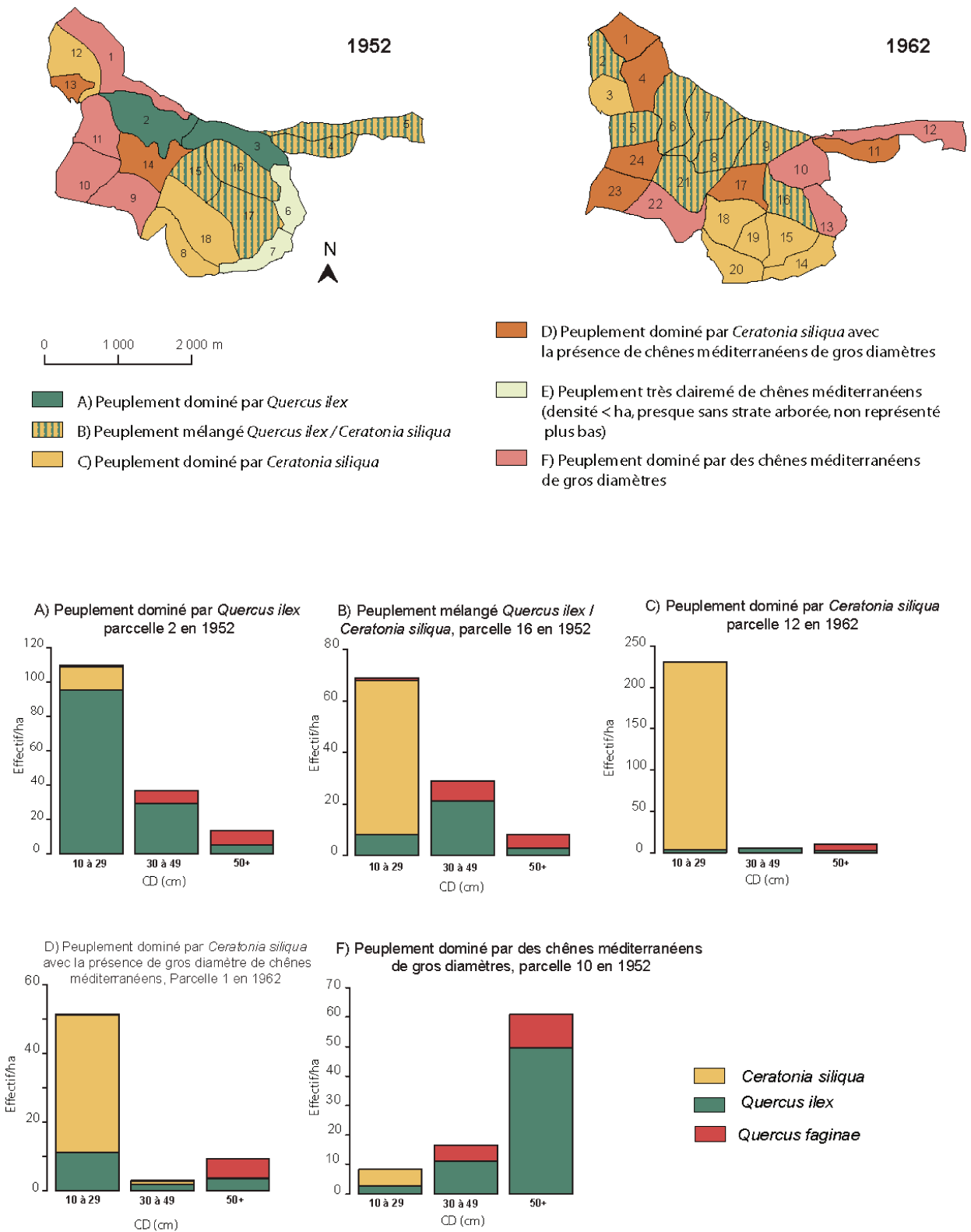


FIGURE 6.4 – Cartographie des peuplements pour « Campo de las encinas y de los Laureles » en 1952 et 1962 avec un exemple de la répartition en essence et en classes de diamètres pour chacun de ces types de peuplement

effectifs dans toutes les classes de diamètres et correspond essentiellement aux parcelles 2, 4 et 5 de 1952. Dans ces deux cas, la régénération des chênes ne semble pas avoir été assurée. La troisième trajectoire accrédite l'hypothèse d'une compétition avec le caroubier en défaveur du chêne vert. La quatrième indique plutôt une perturbation, une éclaircie par exemple, laissant subsister des chênes faginéés âgés (déjà présents dans les documents plus anciens). Les trajectoires n° 1 et n° 2 sont difficiles à séparer et sont caractérisées par la présence de jeunes chênes faginéés et verts. L'axe deux oppose le type 2 de fortes pentes au type 4 moins pentu, c'est également une opposition entre les caroubiers avec les jeunes chênes verts faginéés (figure n° 6.6). Globalement, la régénération des chênes verts (augmentation de la première classe de diamètre) est un peu plus élevée dans la deuxième trajectoire que dans la première où l'on retrouve une augmentation plus importante de la première classe de diamètre de *Ceratonia siliqua*. Ces deux trajectoires sont observées en 1952 sur des parcelles qui présentaient soit une forte dominance du caroubier soit un mélange entre ce dernier et le chêne vert. Paradoxalement, ce sont les parcelles dominées par le caroubier qui montrent la régénération de chêne vert la plus importante. Ce résultat relativise l'hypothèse d'une éventuelle compétition en faveur du caroubier.

L'auteur de l'inventaire nous livre lui aussi une cartographie des peuplements (cf. photo n° 6.7). Elle se rapproche de celle que nous produisons avec deux exceptions, les parcelles n° 1 et n° 13. L'auteur de la carte considère que la parcelle n° 1 est un mélange de chênes verts et de caroubiers et avec plus de 70% de densité de caroubier, nous avons préféré un peuplement dominé par le caroubier avec une présence modeste (6%) de chênes de gros diamètres. La parcelle n° 13 est techniquement dominante en caroubier, comme indiqué par l'auteur, mais sa densité est faible (27,60 arbres/ha) et la présence importante (12%) de chênes verts comme de chênes faginéés nous l'a fait classer dans les peuplements dominés par des chênes de gros diamètres.

Cas de « *Lomas y Matagallardo* » :

Dans le cas de « *Lomas y Matagallardo* », il n'est pas possible de représenter cartographiquement les différentes parcelles d'inventaire car nous ne disposons pas de cartes. De plus, leurs contours ont changé entre 1956 et 1967. Nous pouvons donc seulement présenter l'évolution entre 1926 et 1956. À l'échelle de la parcelle, on peut regrouper les peuplements en trois types.

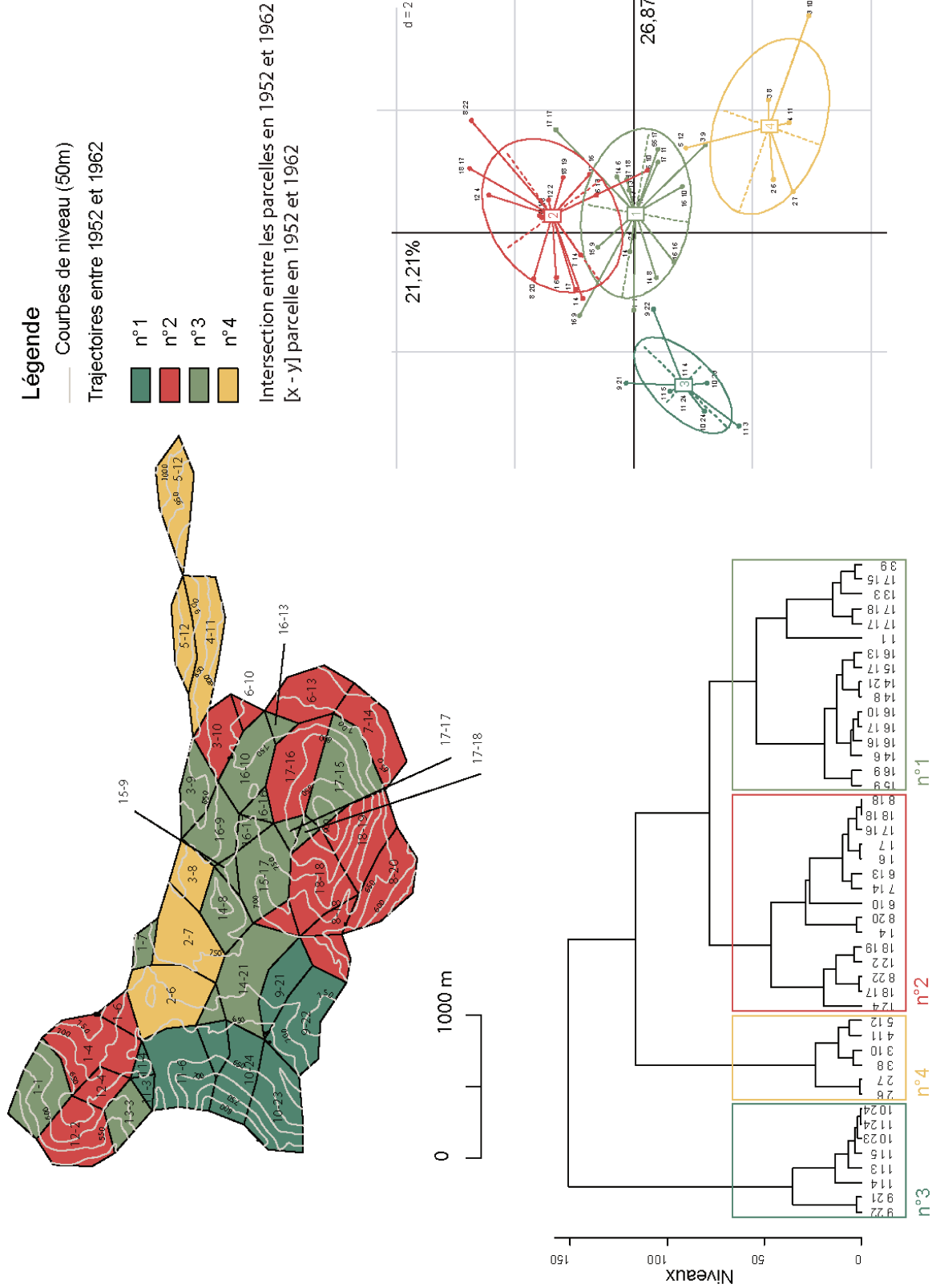


FIGURE 6.5 – Cartographie des trajectoires entre 1952 et 1962 pour « Campo de las encinas y de los Laureles » en fonction d'une CAH sur les axes de l'ACP sur les sous-parcelles et les classes de diamètres par essence

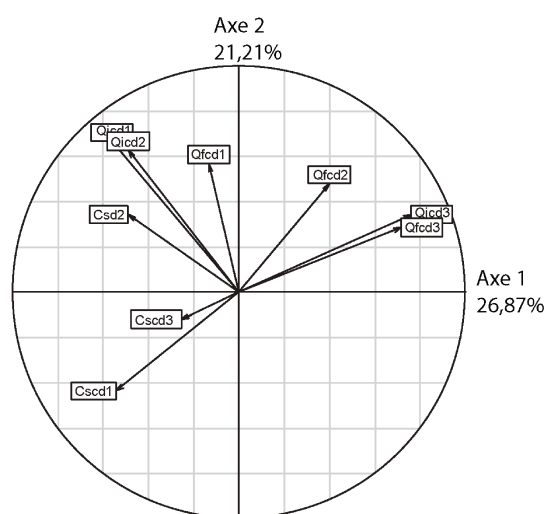


FIGURE 6.6 – Cercle de corrélations des variables de l'ACP

Tableau 6.7 – Typologie des parcelles de « Lomas y Matagallardo » en 1926 et 1956

Types de peuplements	Numéro des parcelles en 1926 et 1956
Pas de peuplement arboré	1, 8 et 14
Peuplement dominé par le chêne liège	10, 11, 12 et 13
Peuplement dominé par le chêne vert	2, 3, 4, 5, 6, 7 et 9

Le premier correspond à trois parcelles ne contenant presque aucun arbre, elles ne sont pas présentées. Le second correspond à 4 parcelles, où le chêne liège était dominant en 1926 dans la deuxième classe de diamètre mais présentait un déficit dans la première classe. Le chêne vert était davantage présent dans la première classe (10-29 cm) mais faiblement représenté dans la deuxième (30-49 cm). Le troisième type correspond à sept parcelles (tableau n° 6.7) où est fortement représenté le chêne vert.

Deux dynamiques sont observées entre 1926 et 1956 pour les deux derniers types. La première dynamique, observable sur la majorité des parcelles (2, 3, 4, 5, 9, 10,11), correspond à une forte augmentation du nombre d'individus, principalement des chênes verts, de la première classe de diamètre (10 à 29 cm). Les effectifs varient cependant beaucoup d'une parcelle à une autre (de 45 arbres par hectare à 205 arbres par hectare, graphique n° 6.8). L'autre dynamique (parcelles 6, 7, 12 et 13) correspond à une stabilité entre les deux dates. Il est intéressant de noter que, même dans deux des quatre parcelles (10 et 11, graphique n° 6.9) dominées par le chêne liège, c'est le chêne vert qui se régénère

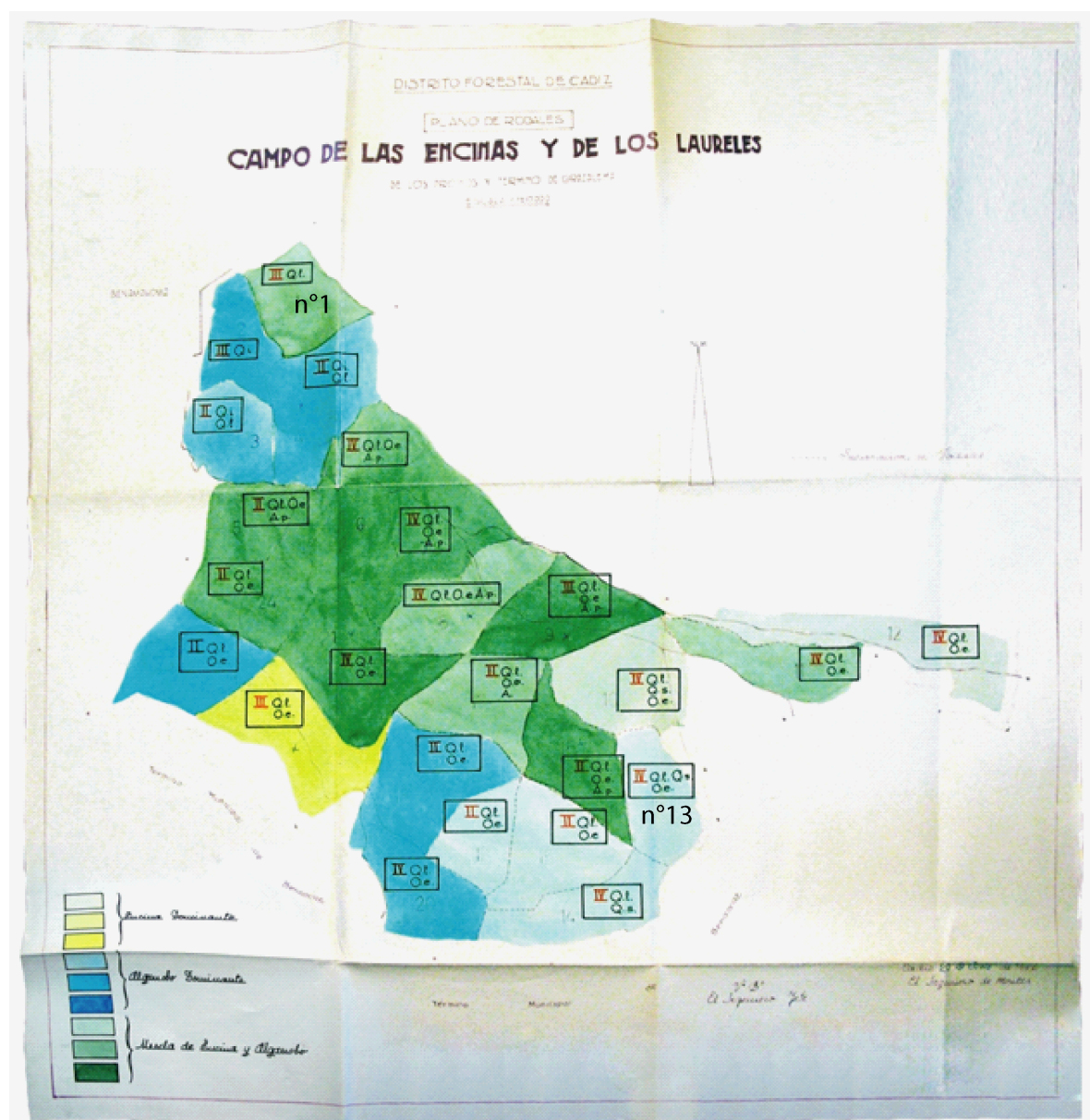


FIGURE 6.7 – Représentation des essences pour le « Campo de las Encinas y de los Laureles » en 1962 par Manuel Camarero Quiros. En jaune « Dominance du chêne vert », en bleu « Dominance ldu caroubier » et en vert « Mélange caroubier et chêne vert »

bien mieux. L'évolution décrite à l'échelle de la terre publique, qui semblait liée à la baisse de la charge animale, correspond donc à une forte hétérogénéité de la régénération des essences forestières. Les déterminants de cette hétérogénéité restent à identifier sans que l'on puisse enlever une part d'aléatoire.

Le chêne vert semble favorisé dans une grande partie de cette terre publique par rapport au chêne liège. Que le chêne vert remporte si fortement la compétition avec le chêne liège laisse supposer un effet du sol : *Quercus suber* se retrouve favorisé par les forestiers mais sur des sols peut être un peu trop calcaires, *Quercus ilex* serait favorisé. Il est aussi possible que l'on assiste à un effet de la déprise, du manque d'intervention des forestiers pour favoriser le chêne liège, et que par conséquent le chêne vert, meilleur compétiteur, dans cette situation soit favorisé. Malheureusement sans carte de ces parcelles nous ne pouvons les confronter aux types de sol, ou même celui de la roche mère, et la typologie que donnent les auteurs ne permet pas de trancher cette hypothèse.

L'échelle des parcelles confirme les résultats globaux. Le chêne vert se régénère bien dans ce « monte », y compris dans les terres où les chênes lièges sont favorisés.

Cas de « Bregna de Boyar » :

Cette terre publique est constituée de trois sous ensembles qui ont en commun une orientation nord-ouest des versants. Il est ici possible de différencier les peuplements en fonction de l'espèce dominante. Les parcelles 2, 4 et 5 (graphique n° 6.11) sont dominées par le chêne vert et les parcelles 6, 7 8, 9 10 et 11 par le chêne faginé (graphique n° 6.12). La parcelle 3 présente un peuplement mélangé entre le chêne vert, l'oléastre et le chêne faginé. Ces parcelles peuvent représenter des densités très variables allant de 24 à 162 arbres à l'hectare (cf. carte n° 6.10). La densité des parcelles dominées par le chêne faginé et le chêne vert (à l'exception de la parcelle n° 5 qui n'est pas contiguë) augmente avec l'altitude.

On observe une nette diminution des effectifs de la première classe de diamètre (10 à 29 cm) dans sept parcelles sur 10, et dans toutes celles dominées par le chêne vert entre 1959 et 1969. Cette diminution de la première classe de diamètre ne peut s'expliquer totalement par un passage des individus dans la deuxième classe car ce phénomène n'est pas observé dans toutes les parcelles et la différence ne correspond pas au déficit observé de plus, ce passage à la classe de diamètre supérieure devrait être compensé par l'arrivée de jeunes

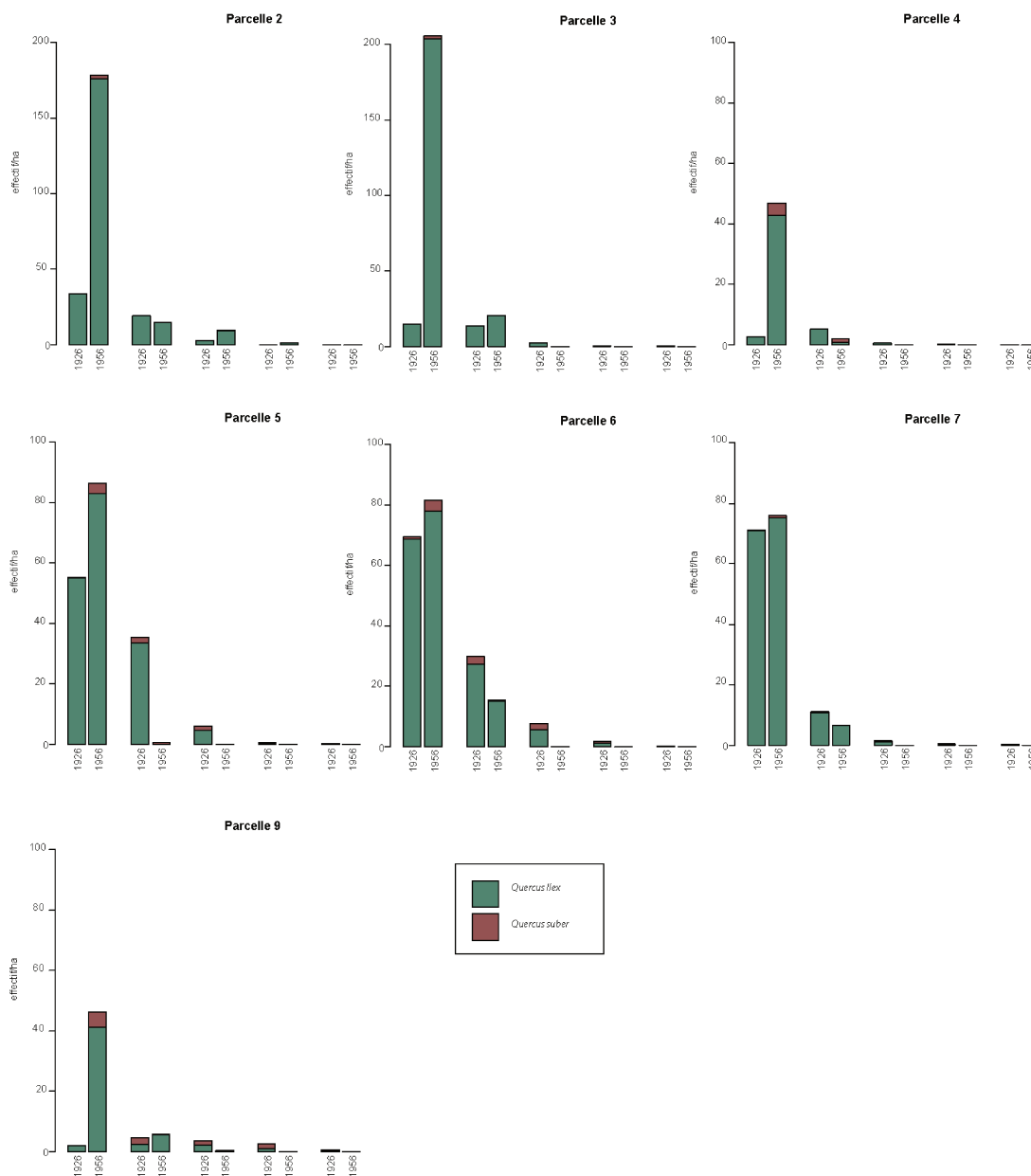


FIGURE 6.8 – Évolution des classes de diamètres, entre 1929 et 1956, pour les parcelles dominées par *Quercus ilex* pour « *Lomas y Matagallardo* »

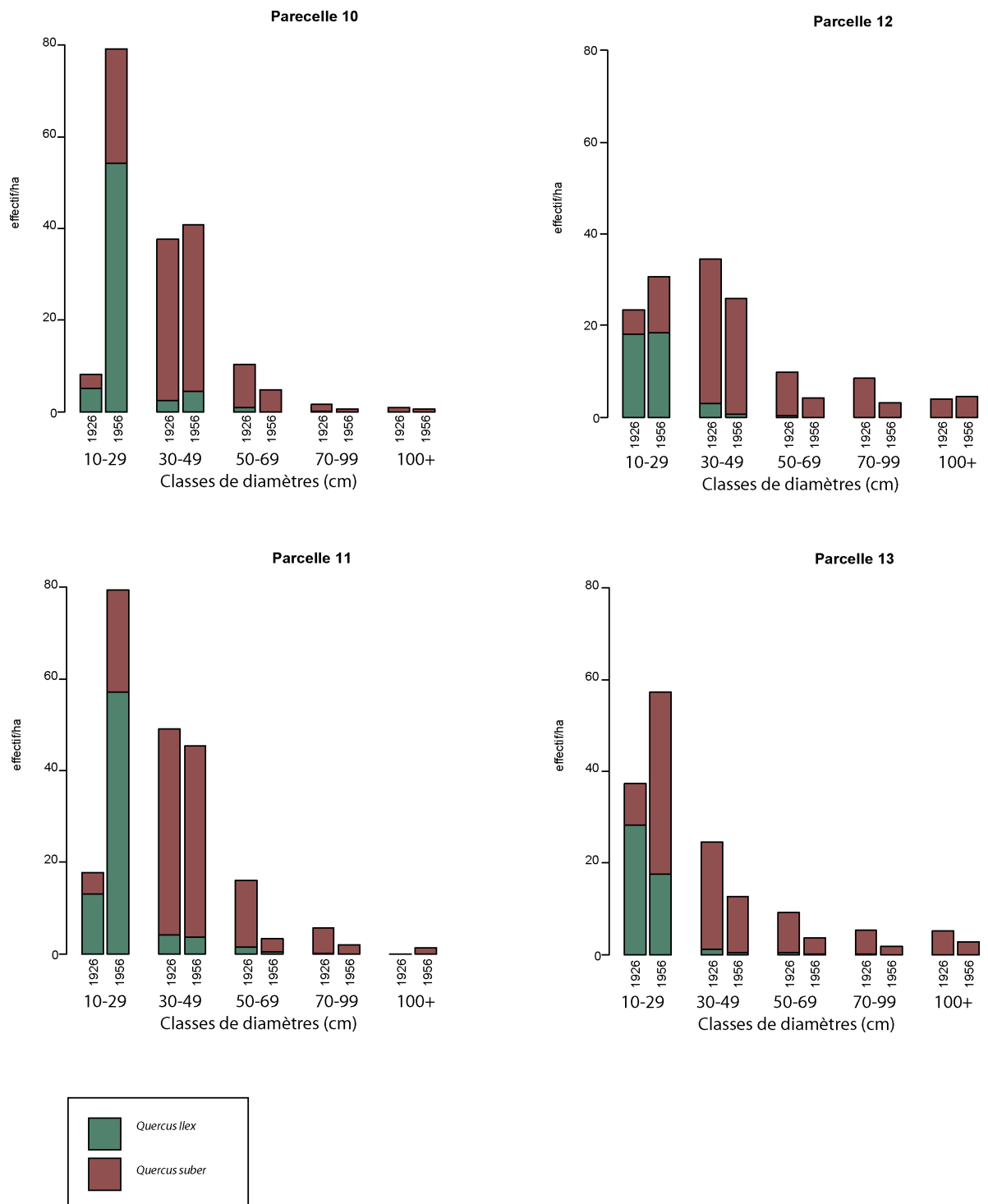


FIGURE 6.9 – Évolution des classes de diamètres, entre 1929 et 1956, pour les parcelles dominées par *Quercus suber* pour « Lomas y Matagallardo »

arbres dans la première classe de diamètre.

Les effectifs de la première classe de diamètre de chêne vert augmentent faiblement toutefois dans trois parcelles et restent identiques dans une parcelle et ce alors que les effectifs toutes essences confondues diminuent. Ces quatre parcelles, dominées par *Quercus faginea*, sont connexes et ont des densités faibles à moyennes (entre 35 et 70 arbres par hectares). La relation entre la densité et l'augmentation de l'effectif en chêne vert de la première classe de diamètre ne peut cependant pas être différenciée d'un effet lié au hasard au seuil de 5% (corrélation de Spearman, p-value > 0,05).

Ces différents résultats semblent indiquer que la régénération du chêne vert est difficile à obtenir dans des peuplements de densités supérieures à 100 arbres par hectare et que la régénération serait un peu meilleure pour le chêne vert que pour le chêne faginé. Il nous semble plausible ici aussi qu'une déprise agricole, corroborée par la présence d'oléastre, des parcelles en bas de versant favorise le chêne vert.

Conclusions intermédiaires :

Ces trois terres publiques présentent des peuplements très différents dont le chêne vert n'est qu'une composante. La régénération de cette essence est significative dans « *Lomas y Matagallardo* » grâce à une augmentation des jeunes arbres entre 1929 à 1967. Dans les deux autres terres publiques, la régénération de chêne vert est insuffisante, peut-être du fait d'une compétition avec le caroubier dans le cas du « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » et à de trop fortes densités dans le cas de la « *Bregna de Boyar* ». L'analyse des peuplements à l'échelle des parcelles confirme les résultats à l'échelle du « monte ». Il faut cependant les nuancer, certaines parcelles ayant eu une meilleure régénération. Il semble que ce soit des parcelles en déprise agricole, amorçant une succession secondaire favorisant le chêne vert.

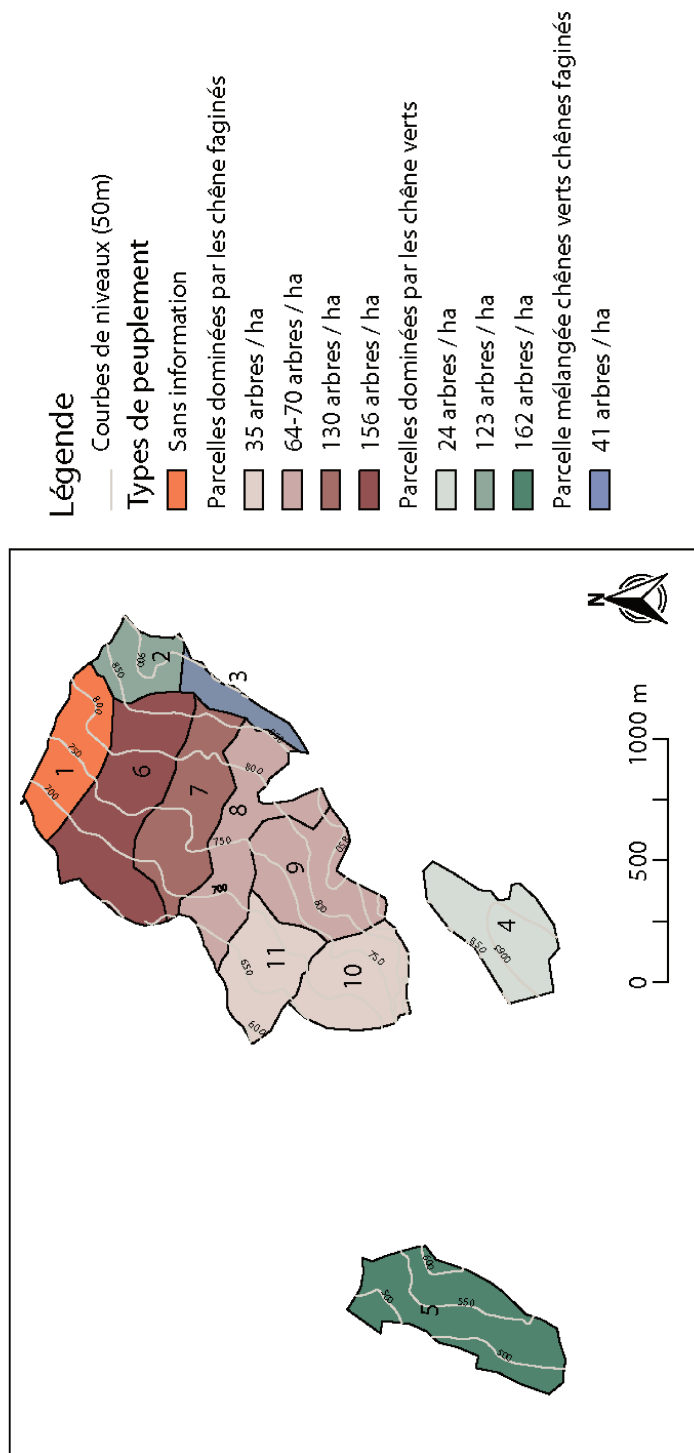


FIGURE 6.10 – Cartographie de la densité et des types de peuplement de la Bregna de Boyar en 1959

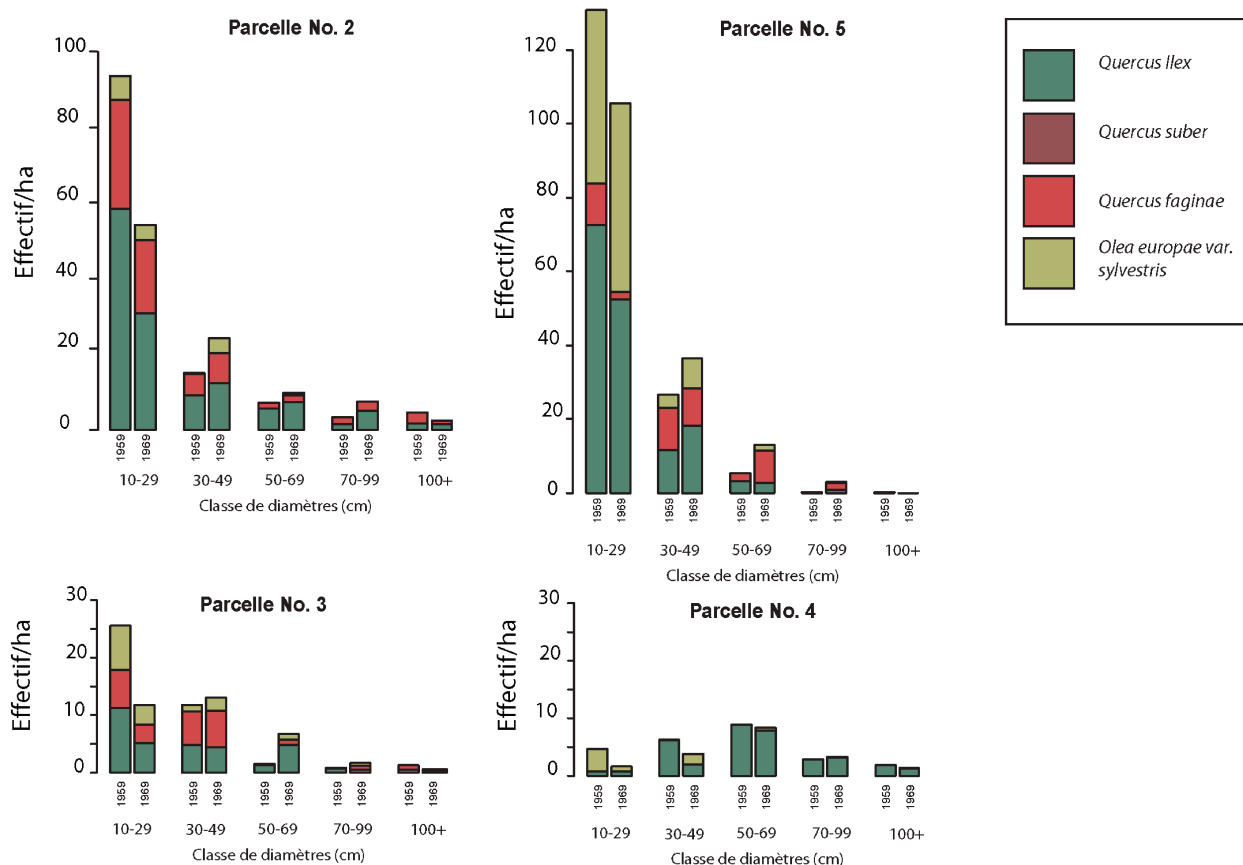


FIGURE 6.11 – Évolution des classes de diamètres pour les parcelles dominées en *Quercus ilex* (parcelles n° 3, 4 et 5) et mélangé (parcelle n° 2) dans « *Bregna de Boyar* » entre 1959 et 1969

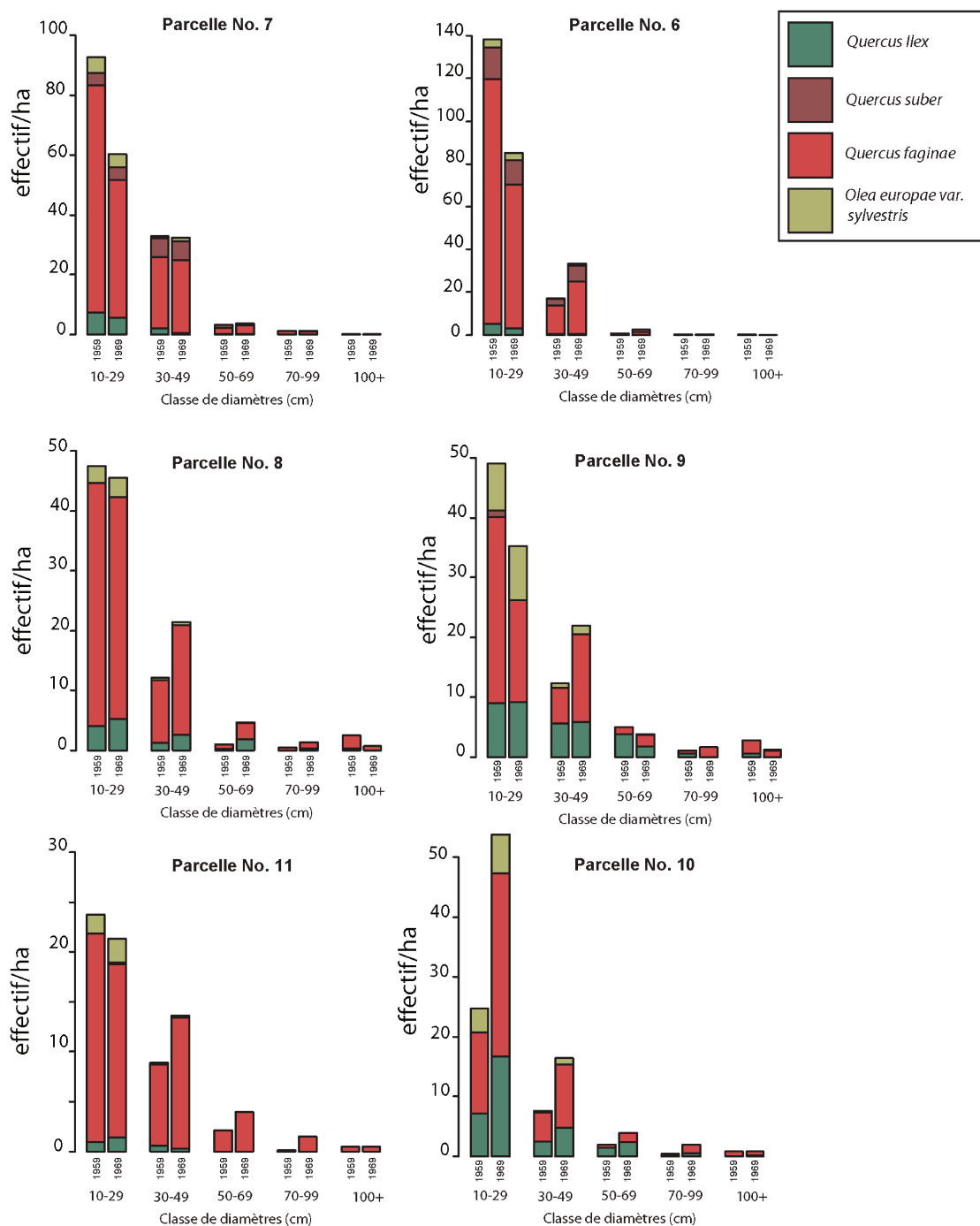


FIGURE 6.12 – Évolution des classes de diamètres pour les parcelles dominées en *Quercus faginatae* dans « Bregna de Boyar » entre 1959 et 1969

6.4 Description qualitative de la régénération :

Les auteurs emploient le terme de « *reproduccion* » pour parler des jeunes individus (semis) jusqu'en 1975, date à laquelle ce mot est remplacé par « *regeneracion* ». L'auteur inconnu de 1952 l'utilise pour parler d'un type d'usage (pâturage ou forêt) mais pas pour des individus. Les autres auteurs postérieurs l'utilisent pour qualifier une technique de taille des cépées « *Rozas de regeneracion* ». C'est une pratique de taille et de balivage qui utilise une cépée pour en faire un arbre de franc pied.

Aux données quantitatives s'ajoutent donc des descriptions dans les différentes parties de ces documents qui peuvent mentionner la régénération. Elle va constituer une annotation dans les relevés de « *Lomas et Matagallardo* », et ce à toutes les dates.

La régénération est traitée différemment selon les auteurs et les cas d'étude. Elle est d'abord évoquée pour atteindre les objectifs de l'aménagement forestier. Dans le « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » en 1962, l'objectif de gestion est d'obtenir différentes classes d'âge du peuplement. Pour cela, l'auteur compare le peuplement présent à un peuplement théorique dit « normal ». Ce peuplement doit avoir une densité de 425 arbres/ha (à comparer aux 86,86 arbres/ha en 1962) et présenter une distribution de classes de diamètre proche d'une futaie jardinée. Cette forêt « normale », issue de modèles sylvicoles des écoles allemande ou française paraît très inadaptée aux forêts du PNSG. Le graphique n° 6.13 montre les écarts importants à cette distribution théorique (aucune des forêts dans le parc n'atteint cette densité). Ce constat amène l'auteur à mettre en place des mesures pour la régénération qui seront abordées plus loin.

En 1952 et en 1972, l'objectif de gestion est d'atteindre une futaie régulière mais il bute aussi sur une régénération absente : « *las semillas deben germinar para que los brinsales nos conduzcan a el monte alto. El tratamiento que regira la evolucion del individuo y de la masa debe hacer posible esta germinacion*⁵ ». La régénération du chêne vert est très faible et les auteurs des trois plans pensent qu'il y a une substitution par le caroubier : « *la casi nula reproduccion de encina, esta preponderancia parece indicar una tendencia natural a la sustitución de la encina por el algarrobo*⁶ ». Afin de favoriser la régénération et d'obtenir la distribution « normale », un quart de la superficie est mise en défens, par tranche

5. Les semis doivent germer pour que des jeunes plants nous donnent une futaie. Le traitement à l'individu et au peuplement doit rendre possible cette germination.

6. La quasi absence de régénération du chêne vert est un indicateur important de la tendance naturelle de substitution de ce dernier par le caroubier.

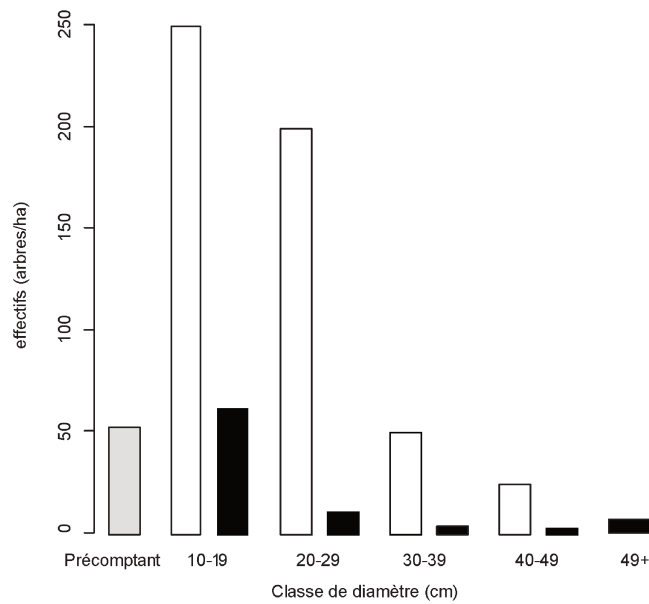


FIGURE 6.13 – Comparaison entre la distribution théorique objectif (blanc) et la distribution des classes de diamètres en 1962 au « *Campo de las Encinas y de los Laureles* » (noir)

de 10 ans, là où sont effectuées les opérations de taille et certaines de débroussaillage. On retrouve ici un exemple de ce que Watt souhaitait, la forêt « normale » devient le mode de renouvellement (paragraphe 2.3.2, 47). Dans un premier temps, cette gestion devrait favoriser le rejet végétatif des pieds et la formation de cépées ce que les auteurs qualifient de fausse progression (« *falsa progresion* » [ndlr de la régénération]) et dans un deuxième temps l'établissement de semis (« *brinzales* ») qualifié de « *vraie progresion* » (« *verdadera progresion* »).

Le bilan du second plan spécial, 10 ans plus tard, ne décrit pas les résultats de cette mise en défens et les auteurs ne font plus le comptage pour les précomptants. Il ne nous est donc pas possible de déduire un éventuel effet de cette gestion (la mise en défens du quart suivant est cependant programmée). Le fait que l'objectif de l'aménagement forestier du second plan reste une augmentation de la régénération (« *creacion de arbolado* ») et que la note de service du chef de section provinciale accompagnant l'approbation de ce plan attire l'attention sur cette dernière (« Que se preste una atencion especial a la regeneracion de los tramos de reproduccion con preferencia a cualquier otra actuacion. »⁷) semble indiquer

7. Il faut donner une attention particulière à la régénération dans les trames de reproduction qui doit être prioritaire aux autres types de travaux.

que la pérennité du peuplement n'est pas encore complètement assurée.

Dans « *Lomas y Matagallardo* » et « *Bregna de Boyar* », l'objectif est d'obtenir une futaie (« *Monte alto* ») régulière d'âges proches (équienne) la plus productive possible (en glands, en liège et bois de chauffage). Les auteurs pensent que pour cela il faut un vieillissement et une homogénéisation en âge des peuplements. Ils sont conscients des risques pour le maintien de ces peuplements car les arbres seront poussés jusqu'à ce qu'ils ne puissent plus produire de liège : « [...] *hasta que no puedan producir corcho util* [...] »⁸.

A « *Bregna de Boyar* », en 1959, la régénération n'est jugée suffisante que pour le chêne faginé et difficile à mettre en place pour les chênes vert et liège car, selon l'auteur, les glands de ces deux essences ne supportent pas la forte « humidité » présente dans ce monte, d'exposition nord-ouest. Cela se dénote sur le peuplement dominant : les chênes fagins occupent les bas de pentes et les chênes verts les sols superficiels bien drainés sur pente plus forte. Cela concorde partiellement avec les résultats obtenus plus haut, car même si le nombre de classes de jeunes chênes verts de la première classe de diamètres est faible il reste un peu plus élevé dans certaines parcelles de bas de vallée. Rien n'est ensuite évoqué concernant la régénération que cela soit en 1959 ou 1969.

Ce n'est pas le cas de « *Lomas y Matagallardo* », la régénération est mentionnée dans les documents de gestion mais aussi dans la description des parcelles. Comme elle correspondait à une information semi-quantitative, elle a été convertie en un indice d'autant plus élevé que la régénération est invoquée comme importante : 0 étant attribué à une absence d'indication et 5 à une régénération évoquée comme très abondante. On retrouve l'évolution de cet indice dans le graphique n° 6.14. C'est aussi la seule terre publique où l'on indique les glandées : une forte glandée tous les trois ans. La note de la régénération est très élevée en 1929, presque toutes les parcelles présentent une régénération abondante. La note va cependant diminuer lors des prochains plans d'aménagement et ce plus fortement entre 1956 et 1967. Rappelons que pendant la même période, les effectifs de jeunes arbres (diamètre de 10 à 29 cm) ont fortement augmenté, traduisant l'effet de croissance des abondants semis de 1929, leur survie pouvant être favorisée par la diminution de la charge pastorale.

Il est très difficile de relier la pluviométrie (ici renseignée pour trois à quatre années

8. [...] jusqu'à ce qu'ils ne peuvent plus produire du liège commercialisable [...].

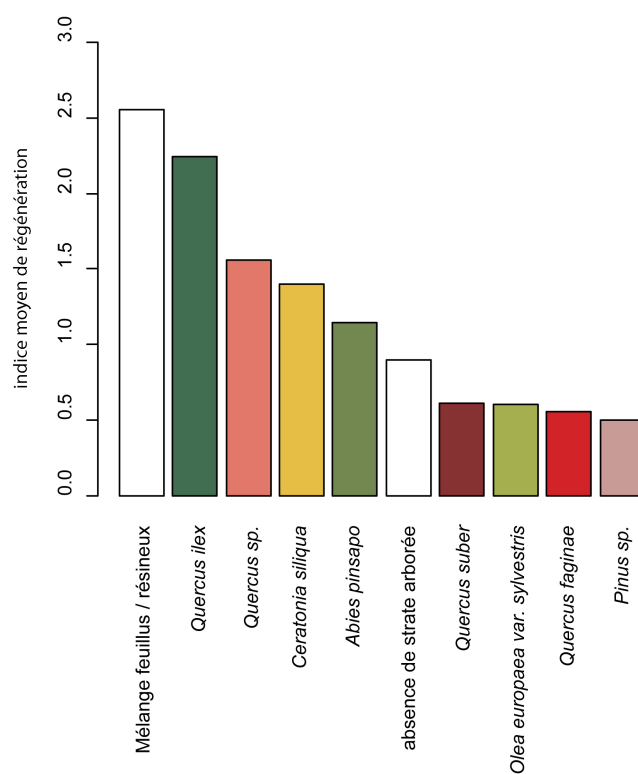


FIGURE 6.14 – Évolution de l'indice de régénération au fil des différents plans d'aménagement par parcelle

avant les inventaires et ce pour chaque mois de l'année) à la note traduisant la régénération ou à une éventuelle forte glandée car nous ne disposons que de trois dates à caractériser pour une très forte variabilité de pluviométrie (dans le temps et en intensité).

Cette forte régénération n'est pas expliquée spécifiquement par les différents auteurs. Néanmoins chaque auteur a sa propre théorie sur les facteurs de la régénération de manière générale. Pour Manuel Castro, en 1929, il y a un lien très fort entre le troupeau (son type, ses effectifs), les différentes opérations agrosylvopastorales, la végétation d'accompagnement et la régénération associée. Tous ces facteurs agissent en conjonction sur la régénération. Les chèvres par exemple, bien que consommatrices de jeunes arbres maintiennent également le matorral qui appauvrit les sols et pose problème à la régénération. Le débroussaillage autour des pieds de chênes pour faciliter l'accès aux glands par les cochons peut priver les semis d'une protection : « *el caso de dejar el suelo tan desprovisto de matas legnosas que la repoblacion natural no podia lograrse por falta de defensa y habiendo intentado la artificial tampoco se puedo lograr por el excesivo empobrecimiento del suelo*⁹. » Ce lien entre un appauvrissement du sol et le matorral n'est plus perçu par l'auteur du plan de 1956 qui interdit totalement les caprins. Le matorral n'est plus évoqué que comme l'unique protecteur des jeunes semis et est jugé plus efficace que d'éventuelles mises en défens : « *el matorral es el mejor defensor [par rapport à la mise en défens de troupeaux autre que caprins] de la bellota y de las plantitas [...] salvando a las primeras de la voracidad de los roedores y de los cerdos y a las segundas de los ardientes rayos del sol, cuando todavia no se ha lignificando la planta y sus defensas son escasas* .¹⁰ » En 1967, la régénération est jugée très hétérogène mais elle semble rester abondante dans les zones de matorral : « *entre el matorral se encuentran abundantes germenés de reproduccion en forma de matas achaparradas que rozadas entre dos tierras pueden servir para regenerar el monte.*»¹¹. Ces jeunes plants seraient issus de la multiplication végétative issue du tronc ou des racines : « *el arbolada joven no parece probable que provenga de semilla sino de brotes bien de cepa, bien de raiz* »¹². .

9. Le fait de laisser autant le sol découvert de masses ligneuses fait que la régénération naturelle ne peut se mettre en place pour cause de manque de protection et nous avons essayé les plantations également sans succès pour cause de sol trop appauvri.

10. Le matorral est le meilleur défenseur des glands et des semis [...] il sauve les premiers de la voracité des rongeurs et des cochons et pour les seconds des ardents rayons du soleil, au moment où la plante ne s'est pas encore lignifiée et où ses défenses sont faibles.

11. À l'intérieure du matorral se trouvent d'abondants germes de reproduction sous forme de cépées touffues qui taillées entre deux espaces peuvent servir pour régénérer le « monte ».

12. Il nous paraît vraisemblable que les jeunes arbres plus des repousses de racines et du tronc

Seules les « *rozás de regeneración* » sont jugées efficaces pour maintenir la régénération : « *En los trabajos con cargo al 10% (nom du fond alloué à « l'amélioration » des terres publiques) destaca por su importancia selvícola las rozás de regeneración, unico procedimiento seguro, hasta la fecha, para realizar la regeneración de la masa de cupulíferas con éxito. De sus resultados beneficiosos queda constancia en el aumento del número de pies y de repoblación joven.*¹³ ». Le terme « *rozás de regeneración* » est évoqué à partir de 1952 puis dans tous les autres plans et les descriptions de la technique sont très proches. Le pâturage non contrôlé, des sols peu épais, sans litière et offrant peu de protection contre le troupeau ou les conditions climatiques défavorables sont évoqués comme causes de la faible régénération : « *El vuelo se caracteriza en general por la falta de repoblado, hecho debido al libre pastoreo y al suelo excesivamente limpio y poco mullido, donde el fruto diseminado no encuentra sitio favorable para su arraigamiento y desarrollo ni protección contra la voracidad de los animales y las acciones climatológicas perjudiciales*»¹⁴.

En conclusion, pour les auteurs :

- la régénération bien que semblant importante, et ce dès 1929, n'est jamais mesurée (elle est qualifiée à l'échelle de la parcelle dans le cas le plus documenté) donnant parfois l'impression qu'elle n'est évoquée que pour déplorer son insuffisance répétée ;
- elle est souvent issue de multiplication végétative ;
- les troupeaux, la végétation d'accompagnement et leurs interrelations sont des facteurs clefs pour sa mise en place ;
- l'effet du troupeau ne fait pas consensus. Certains le jugent potentiellement favorable, selon son type et de sa conduite puis d'autres auteurs plus récents l'identifient comme un problème nécessitant une mise en défens ;
- la végétation d'accompagnement (strate buissonnante) est nécessaire mais doit être coupée (lors des tailles de régénération « *rozás de regeneración* »)

La conception de la régénération des praticiens semble évoluer et se rapprocher de conceptions théorisées. L'opposition entre vraie et fausse régénération (sexuée/végétative) nous laisse à penser que l'on passe d'une conception centrée sur la monte comme un usage

13. De grandes importances sylvicoles les tailles de régénération sont l'unique moyen certain, jusqu'à aujourd'hui, de réaliser la régénération du peuplement de cupulifères. Ses résultats ont permis l'augmentation du nombre de pieds de manière constante et le repeuplement de jeunes

14. La végétation est caractérisée par l'absence de régénération, pour cause du pâturage non contrôlé et de sol mis à nu et sans intégration de matière organique, où les glands disséminés ne peuvent trouver de site favorable pour leur enracinement et leur croissance, ni de protection contre la voracité des animaux et les phénomènes climatiques préjudiciables.

ou une végétation à une conception centrée sur l'arbre et une vision particulière de son cycle de vie (niant la multiplication végétative).

6.5 Conclusion

Fin 19^{ème} « Campos de las Encinas y de los Laureles » était décrit comme dominé par les chênes faginéés ; lors de ces plans de gestion, ce sont les chênes verts qui sont les plus présents avec, en plus, l'arrivée, favorisée, des caroubiers. Étrangement, "Bregna de Boyar", fin 19^{ème}, était dominée par les pistachiers lentisques plus de 150 ans plus tard. « *Lomas y Matagallardo* » était dominé par le chêne vert et malgré des tentatives d'y maintenir le chêne liège cela ne semble pas "gagner". Sur ces trois montes, le chêne vert semble avoir bien réussi et ce dans des contextes assez variés, mais toujours avec la présence d'une autre essence. Sur l'intervalle de temps beaucoup plus court que recouvrent les plans de gestion uniquement « *Lomas y Matagallardo* » a une strate arborée se densifiant. Les deux autres subissent une légère diminution.

La régénération n'apparaît pas comme un problème nouveau, les forestiers s'en soucient depuis les années 50, voire 30. C'est d'autant plus le cas quand cette dernière ne semble pas être au rendez-vous. On voit le terme évoluer : dans un premier temps, la régénération est évoquée pour un type de végétation (la régénération du « monte ») et c'est par le terme de reproduction que l'on évoque les jeunes individus. Dans un deuxième temps la régénération qualifie les deux. Cette évolution est-elle liée à un changement du milieu, à une meilleure connaissance de ce dernier ou bien à une évolution des théories ? Difficile de répondre. Même si des jeunes arbres apparaissent d'eux mêmes, c'est à travers une pratique, les « *rozas de regeneracion* », que l'on produit un arbre valorisé, celui de franc pied.

Le cas de « *Lomas y Matagallardo* » et de « *Campos de las Encinas y de los Laureles* » montrerait qu'au début des années cinquante il y a eu un changement de gestion. La charge était, avant les années soixante, plus importante et, d'autre part, soit la régénération était plus importante soit les forestiers se contentaient de peu. Les trois cas dévoilent la diversité des milieux permettant la régénération du chêne vert.

Contrairement à la période entre les années trente et cinquante où la mise en défens semblait être efficace, les mises en défens suivantes et les baisses des charges pastorales ne semblent pas avoir d'effet. Étaient-elles bien mises en place ou était-il trop tôt pour

observer les effets ?

7

Acquisitions de l'ICONA (1967-1992) : le rachat des communs

Nous avons abordé la politique du PNSG vis-à-vis de la végétation mais il est important de parler de ce qui l'a précédé et ce qui lui a permis de se mettre en place : la politique d'achat des terres de l'ICONA¹. Ainsi, un peu plus de 100 ans après que des terrains appartenant aux communautés aient été vendus, l'état espagnol en rachetait sur ce territoire.

Qu'elles sont ces terres ? Qu'elles sont les caractéristiques (états des peuplements, de la végétation) de ces terrains ?

7.1 Contexte historique et contenu des dossiers d'acquisitions

Les acquisitions sont effectuées par l'ICONA et ont lieu entre 1967 et 1983 avant la création du PNSG. La politique de l'institut avait, sur ce territoire, une double visée principale avancée : la protection des sols du bassin hydrographique de la confédération du Guadalete et la protection du Sapin d'Espagne. Bien que le statut de protection n'était

1. « *Instituto para la Conservación de la Naturaleza* » (ICONA) ou Institut pour la Conservation de la Nature est un organisme d'études, gestions et conservations de la nature fondé en 1971 en remplacement de la Direction Général des terres publiques (*Dirección General de Montes*).

pas encore défini avant 1977, l'achat de terre où il était présent et où il aurait pu être présent était hautement valorisé². Enfin la situation économique de la région et le taux de chômage de l'époque sont également souvent évoqués comme une justification « sociale » de rachat de ces terres³. La gestion des terres par l'État visait à développer l'emploi et les métiers liés à la protection de ces espaces, jugés meilleurs par l'ICONA que le métier d'éleveur. En 1991, les fonctions et les biens de l'institut seront transférés aux Communautés autonomes.

Les procédures et l'évaluation des différentes terres que l'État comptait acheter étaient standardisées via un formulaire. Nous avons obtenu ces différents dossiers d'acquisition via les archives du Ministère de l'Agriculture et le fonds sur les Montes à Madrid (Fondo documental del Monte). Il y a trois rédacteurs différents identifiés (9 des 40 dossiers ne comprennent pas le nom lisible de l'ingénieur forestier) mais ces derniers n'ont pas toujours rempli le formulaire avec le même degré de précision ou ont parfois laissé certaines cases vides. En parallèle de ce document, un mémoire contenant des informations complémentaires pouvait être ajouté au dossier. Les informations contenues dans ces documents concernent :

- les limites et la superficie (cadastrale et réelle),
- les caractéristiques oro climatiques,
- le classement en grandes catégories d'utilisations du sol,
- une description par strate ligneuse avec les essences et les arbustes que l'on peut y trouver,
- une déclinaison de ces essences en effectif et parfois en classes de diamètre,
- le troupeau actuel et/ou parfois le troupeau souhaitable,
- le coût de l'achat évalué par ces différents critères,
- la date où la vente se finalise,
- les objectifs qui seront développés suite à ce rachat.

La régénération, quand elle est évoquée, se trouve renseignée de manière qualitative. Les éléments la concernant se trouvent dans le mémoire associé, dans la description de la strate arbustive ou dans le résumé des données sur la végétation (Tableau n° 7.1).

Nous avons inventorié 40 dossiers d'acquisitions. Le graphique n° 7.1 les représente

2. « [...] enorme valor científico de pertenecer al ecosistema del *Abies pinsapo*. », Informe y valoración de la finca Breña chica, 1978, ICONA, document interne, dossier d'acquisition.

3. « *La compra colabora a mitigar el tremendo paro agrario que sufre la provincia.* », Informe y valoración de la finca Garganta seca, 1978, ICONA, document interne, dossier d'acquisition.

Tableau 7.1 – Informations sur la végétation apportée par les auteurs des dossiers d'acquisition

	Dossiers d'acquisition	Informations sur les effectifs par essence	Informations sur les classes de diamètres	Indication la régénération
Camarero Quiros, M. Gallardo, M. J.	25	21	9	9
Cumersindo Borrero, F.	6	6	4	4
Sans informations	2	1	1	0
Total	9	1	1	3
Surface (ha)	40	29	15	16
	10460, 19	4331, 05	2910	331,44

avec leurs dates de vente à l'ICONA. Pour les retrouver, nous sommes partis de la base de données listant les terres publiques du PRON/PRUG de 2006 (ANDALUCÍA 2006) dans laquelle nous avons intégré le catalogue « *Montes Públicos de Andalucía* » de 2012 (ANDALUCÍA 2012). Les sources provenant ICONA ont été complétées par des entretiens (avec des agents du Ministère de l'Environnement sur le territoire du parc dont les plus anciens étaient à l'ICONA) dans trois cas. Deux montes ont ensuite été divisés (« *Arroymolinos y Monte Prieto* » et « *Albarradas y Sierra del Endrinal* ») respectivement en deux et trois terres publiques. A cela s'ajoutent les « communaux », terres collectives appartenant à une commune. Nous n'avons pas trouvé la date de l'achat dans 8 cas. C'est un donc un total de 10460,19 ha acheté au minimum soit près d'un cinquième du PNSG. La grande majorité des acquisitions (8212 ha sur 33 achats) a été faite avant la création de la réserve Biosphère MAB. Ces acquisitions ont ensuite considérablement diminué en nombre (13 achats) et en surface (1730 ha) mais se sont maintenues à un rythme régulier jusqu'à la création du PNSG. Après, il n'y a que deux acquisitions, dont l'« *Albarracinejo* » (un de nos site de relevés) de faibles surfaces (517 ha). On peut constater que la politique d'acquisition s'est concentrée dans un secteur situé au nord du parc, autour des peuplements de sapins d'Espagne et autour de la ville de Grazalema. Ce secteur constitue la « zone cœur » de la réserve de Biosphère et, à partir de 1977 la zone centrale du parc à sa création.

Nous allons maintenant nous intéresser aux descripteurs en lien avec la végétation

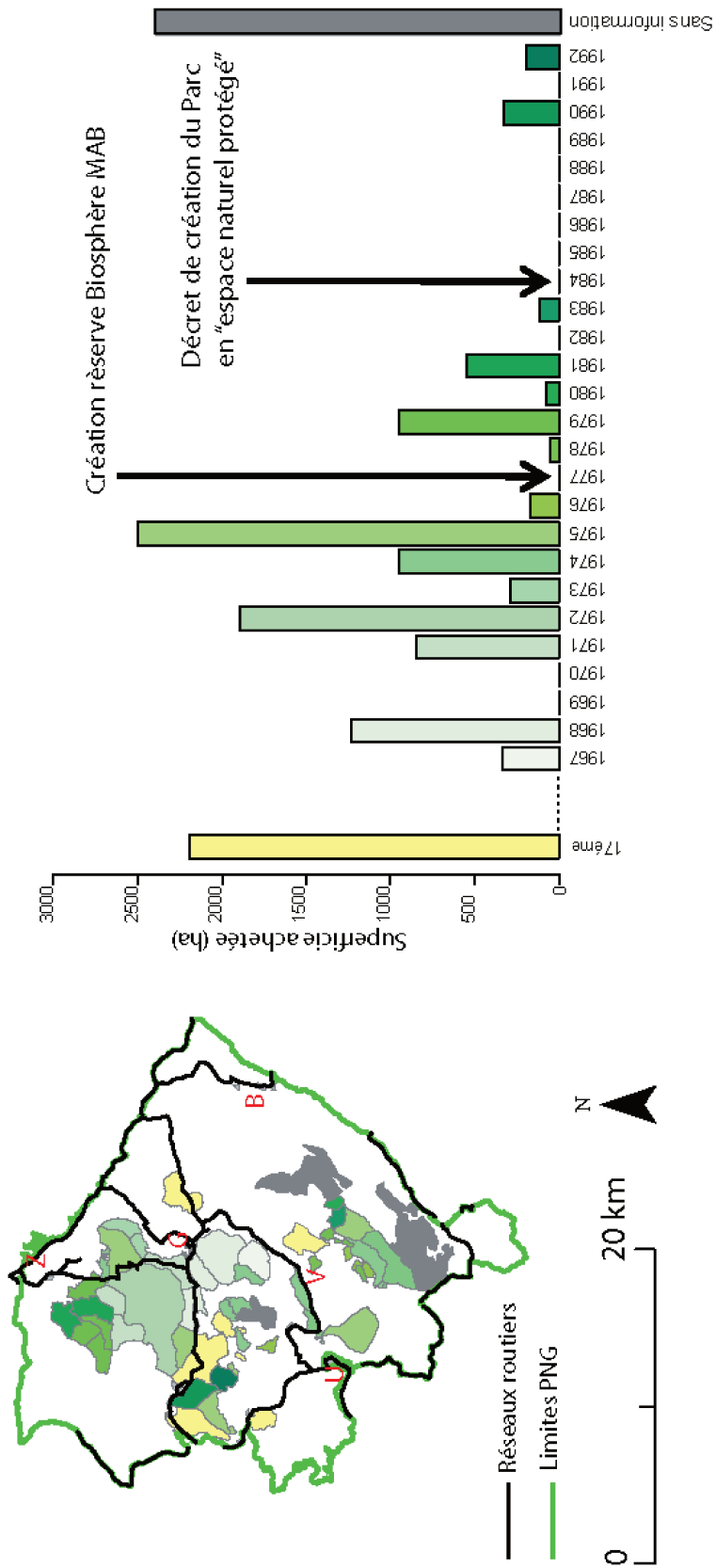


FIGURE 7.1 – Dates et localisation des achats des différentes terres publiques par l'ICONA

et la régénération. Cependant comme l'indique le tableau n° 7.1 seulement 29 des 40 acquisitions ne peuvent être utilisées et ils ne recouvrent plus que 4331,05 ha.

7.2 Végétation : des montes peu arborés

7.2.1 Une strate arborée peu dense

Le graphique n° 7.2 montre le chêne vert comme l'essence la plus présente dans les terres acquises par l'ICONA, suivi par le caroubier, l'olivier et le chêne faginé. La densité de chacune de ces essences varie fortement dans les terres où elles sont présentes (graphique n° 7.3). On trouve ainsi, une moyenne de 34,37 arbres/ha mais six cas ont moins de cinq arbres/ha et six autres plus de 60 arbres/ha. Ces chiffres sont faibles : en 1969 l'Inventaire Forestier National indique lui une densité de 84,35 arbres/ha. Nous pensons que la différence vient, en partie, du fait que l'IFN inventorie les surfaces considérées comme forestières alors que c'est le nombre d'arbres reportés à la surface totale du monte qui, ici, en donne la densité. C'est presque cependant trois fois moins d'arbres qui sont comptés à l'hectare et cela signifierait que seulement un tiers de ces montes était boisé.

La distribution des classes de diamètres, bien que de faible densité, suit une courbe en « J inverse ». La densité pour la classe de 10 à 29 cm est de 9,26 a/ha et si la mortalité entre cette classe et la suivante (de 20 à 49 cm) dépasse les 50% le renouvellement ne sera pas assuré. Le chêne vert est présent dans toutes les classes de diamètres (graphique n° 7.4) mais il est le principal constituant des classes de diamètre supérieures à 30 cm. Il partage la première classe de diamètre avec le caroubier et avec l'olivier.

On trouve cinq grands types de formations dans les dossiers d'acquisition. Il y a d'abord ceux qui sont qualifiés de pâturages (6) et ceux qui sont qualifiés de formations clairsemées (25) (figure n° 7.5). Ces derniers se retrouvent ensuite divisés en fonction de la dominance d'une essence dans la strate arborée (plus de 75% d'une essence). Le chêne vert est très majoritaire avec 14 montes où il est dominant suivi de l'oléastre (5 dossiers), le caroubier (4 dossiers) et un cas de formation mixte entre oléastres et caroubiers. Les pâturages sont localisés en altitude assez éloignés des noyaux d'habitations. Les formations dominées par le chêne vert se trouvent pour une bonne part au sud du PNSG. Au nord, on les trouve avec les formations dominées par les oléastres et les caroubiers.

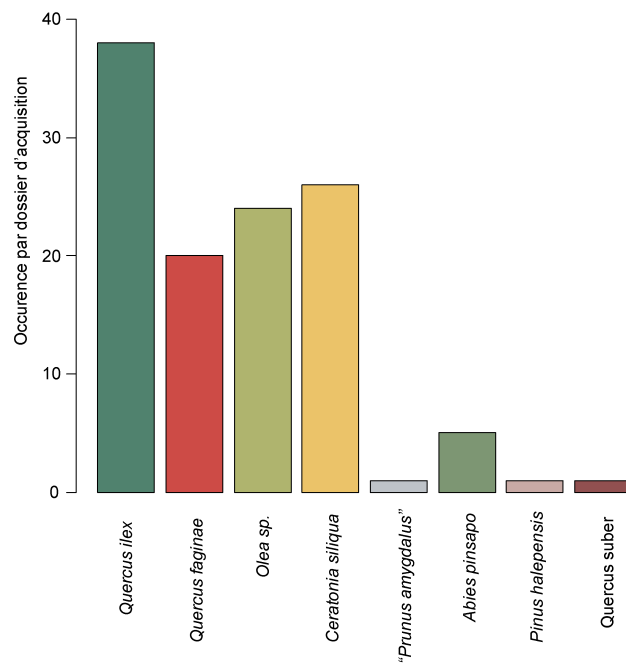


FIGURE 7.2 – Présence des différentes essences dans 29 des terres en acquisition

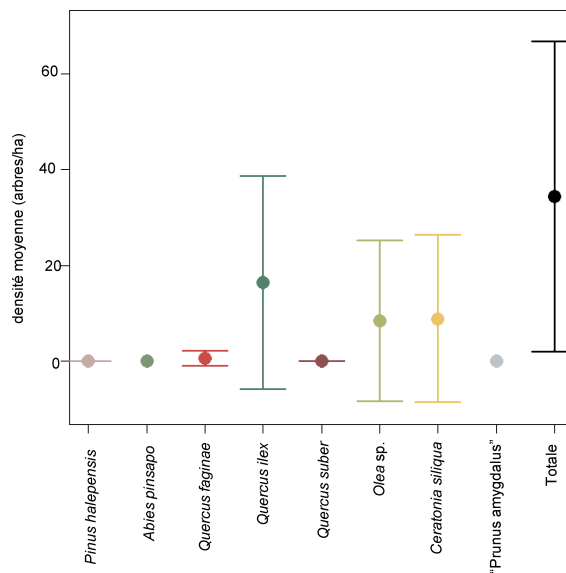


FIGURE 7.3 – Densité moyenne et écart type des différentes essences dans 29 dossiers d'achat

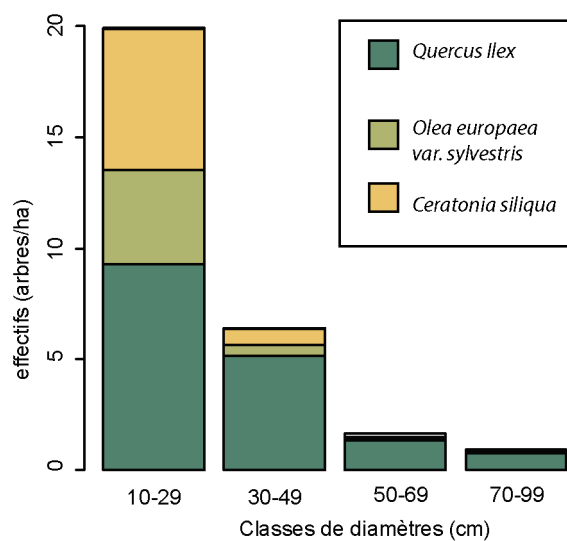


FIGURE 7.4 – Effectifs par essence et par classe de diamètre dans 21 dossiers d’achat

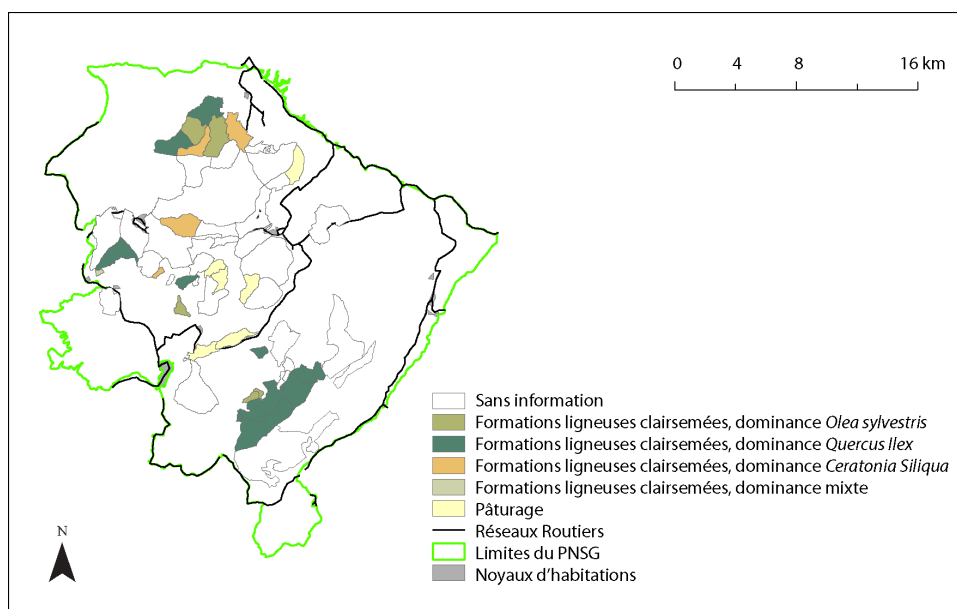


FIGURE 7.5 – Cartes des acquisitions en fonction des formations

Tableau 7.2 – Présences de différentes espèces ligneuses et semi-ligneuses dans la strate arbustive des terrains achetés

Espèces	Présences dans les terres publiques (27 cas)
<i>Ulex baeticus</i>	26
<i>Pistacia lentiscus</i>	25
<i>Cistus albidus</i>	17
<i>Juniperus sabina</i>	9
<i>Phlomis purpurea</i>	6
<i>Arbutus unedo</i>	4
<i>Berberis vulgaris</i>	3
<i>Lygeum spartum</i>	3
<i>Crataegus monogyna</i>	2
<i>Hedera helix</i>	2
<i>Pistacia terebenthus</i>	2
<i>Retama sphaerocarpa</i>	1
<i>Stipa tenacisma</i>	1

7.2.2 Végétation d'accompagnement/strate arbustive

L'ajonc (*Ulex baeticus*), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) et le ciste cotonneux (*Cistus albidus*) sont les plus mentionnés avec respectivement 26, 25 et 17 occurrences. Les espèces suivantes ont des occurrences beaucoup plus faibles. Il est vraisemblable que les auteurs n'aient pas pris le temps de se baser sur des relevés mais aient noté les espèces les plus frappantes visuellement. Il en ressort l'impression que des espèces arbustives caractéristiques d'embroussaillage sont très présentes. C'est une forte possibilité car c'est à cette époque que le charbonnage est décliné et que les compléments alimentaires pour les troupeaux arrivent dans la Sierra.

La strate herbacée est évoquée comme toujours de très bonne qualité pour les troupeaux. Mais aucun des 40 dossiers n'indique d'informations complémentaires. Nous doutons de la prise en compte réelle par les ingénieurs forestiers de cette dernière.

7.2.3 La régénération : un argument en faveur d'un achat

Dans ces documents nous avons pris la régénération au sens large, c'est-à-dire tous les mots, groupes de mots ou indications pouvant faire référence à des jeunes arbres ou des processus qui sont liés à cette régénération. Celle-ci est mentionnée dans 16 dossiers d'acquisitions ; sur ces 16, 15 concernent le chêne vert et un le sapin d'Espagne. Le tableau

Tableau 7.3 – Mots ou groupes de mots associés à la régénération dans les dossiers d'acquisition

Mots ou groupes de mots	Nombre d'utilisations	Traductions et applications
« <i>reproduccion</i> »	3	Reproduction/régénération, à la fois de l'arbre, du peuplement ou du lieu. Peut-être un processus mais aussi des individus
« <i>regeneracion</i> »	3	Processus : régénération du lieu ou d'un groupe d'arbres : (« monte », « dehesa », « finca »)
« <i>matorral de encina</i> »	6	Individus : fourrés de chênes verts
« <i>matas achaparradas de encina</i> »	1	Individus : Fourrés de chênes verts
« <i>Almacigas</i> »	1	Individus/lieu : lieu où se développe des fourrés/cepées de chênes verts
« <i>Pies menores</i> »	3	Individus : précomptants / gaules
« <i>Pies juvenes</i> », « arboles muy juvenes », « <i>encinas juvenes</i> », « <i>arbolitos</i> »	4	Individus : jeunes arbres, jeunes pieds
« <i>Semilla</i> »	1	Individus : semis

n° 7.3 regroupe les différents mots et le nombre de fois où ils sont utilisés.

La régénération n'est jamais indiquée comme absente ou déficiente et cette éventualité n'est donc pas utilisée comme un argument pouvant motiver un achat. Par contre sa présence peut être mise en avant pour démontrer la rentabilité d'une future acquisition : « *la regeneracion de las frondosas existentes, en gran profusion, se haria muy econommicamente guiando y conformando los pies actuales, asi como su multiplication por rozas.*⁴ ». Il est par contre difficile de savoir si des problèmes liés à une déficience ont pu être omis afin de faciliter l'acquisition de certains terrains. Sur les 3 auteurs, Cumersindo Borrero ne parle jamais de régénération mais il n'est intervenu que sur deux montes. Les deux autres la prennent en compte, proportionnellement Gallardo Martin davantage que Camarero Quiros. Ils emploient tous les deux le terme « *regeneración* » à partir de 1975 et avant celui de « *reproduccion* » pour désigner un ensemble de processus devant permettre à un lieu ou un groupe d'arbres de se régénérer. On peut constater ici l'influence de l'évolution des

4. « La régénération des feuillus, en grande profusion, serait économiquement très intéressante au regard des arbres sur pied, et favorisée par des débroussaillages ».

théories évoquées dans le second chapitre sur le vocabulaire des forestiers. La régénération est le plus souvent sous forme de fourrés (« *matorral de encina* », « *matas achaparradas* ») ou bien de jeunes arbres (« *pies juvenes* ») voire de précomptants (« *pies menores* », « *arbolitos de algarrobo, encina y acebuche de diametro inferior a 10 cm* »). Elle est issue de semis ou de la multiplication végétative (« *hoy presentan reproduccion de semilla, cepa y raiz* »). Le troupeau est fréquemment indiqué comme un frein à la régénération et les deux auteurs indiquent que la régénération a lieu une fois une mise en défens effectuée (« *despues que fueron acotados al ganado y hoy presentan reproduccion* »). Les caprins sont alors perçus comme les plus problématiques (dans 6 cas) : « *como tratamiento muy negativo la actual carga de ganado y especial las 180 cabras*⁵ ». Les opérations sylvicoles d'éclaircies et de tailles sont indiquées comme nécessaires (« *brotos de cepas y de raiz que es necesario aclarar* », « *existe ademas buena reproduccion que se rozara para su formacion arborea* »). Sur quatre cas, les coupes ou tailles de charbonnage ayant laissé de nombreuses cépées et rejets de racines sont indiquées comme la cause d'une régénération abondante. La multiplication végétative est donc pleinement prise en compte.

Il n'y a pas de lien entre l'indication de présence de la régénération avec un autre descripteur (type de peuplements, densité, pente, versant).

7.3 Des troupeaux en augmentation

L'évaluation économique du terrain permet d'avoir une estimation du troupeau. Les auteurs ont, parfois, pris les données de l'élevage à l'époque du rachat mais autrement ils se sont basés sur ce qu'ils estimaient être une charge pastorale adéquate. Autrement, avec en moyenne 0,27 ugb/ha et une amplitude de 0,08 à 0,62 UGB/ha (graphique n° 7.6) la pression pastorale à l'échelle du monte est faible. On retrouve les principaux troupeaux, Ovins, bovins et caprins avec en « *montaña* » des porcins.

Si l'on considère l'ensemble des descriptions données fin 19^{ème} et que l'on prend l'ensemble des achats de l'ICONA sur le territoire du futur PNSG on trouve une augmentation du pâturage qui passe de $0,1859 \pm 0,0888$ UGB/ha à $0,27 \pm 0,1327$ UGB/ha. Y a-t-il d'autres différences ?

5. comme usage très négatif la charge pastorale actuelle, particulièrement les 180 chèvres.

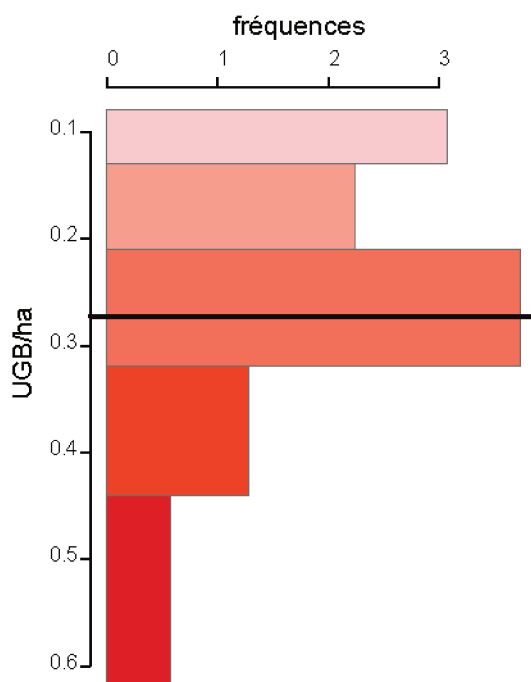


FIGURE 7.6 – Distribution de la charge pastorale par dossier d'acquisition

7.4 Comparaison avec les descriptions des Montes de la fin du 19^{ème}

Ce sont 17 descriptions de montes, sur 4760 ha, que l'on peut comparer aux 15 acquisitions couvrant 5185 ha sur les mêmes lieux. Ce sont donc un tiers des dossiers d'acquisitions qui représentent d'anciennes terres publiques. Il est, aussi, probable que nous n'ayons pas tout retrouvé. L'achat de « *Los Pilonos y la Cama del Puerco* » correspond à la description de « *Los Pilonos* » et de la « *Cama del Puerco* » et l'achat de la « *Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar* » correspond au moins à « *Puerto del Pinar* » et « *Hoyo del Pinar* ». L'écart entre les surfaces s'explique en partie par l'imprécision des mesures de 1870 mais aussi probablement par des modifications des limites. Cela rend donc notre exercice de comparaison périlleux et nous en retiendrons surtout des ordres de grandeur. En termes de composition, on trouve deux terrains anciennement dominés par des chênes verts qui se retrouvent décrits comme dominés par des oléastres et un cas où les caroubiers remplaceraient les chênes verts. Dans six cas les essences dominantes restent identiques : cinq cas dominés par *Quercus ilex* et un par *Ceratonia siliqua*. Malheureusement, six acquisitions sont sans renseignements. Les densités dans les descriptions de 1870, antérieures

aux ventes, vont de 2,32 arbres/ha à 48 arbres/ha pour une moyenne de 23,73 arbres/ha (obtenu sur 16 cas). Les données permettent sept comparaisons possibles de chiffres entre ces descriptions et celles des acquisitions. On obtient une diminution de densité pour les terres « *Sierras de las Vinas* » et « *Sierra del Pinar* », une faible augmentation de densité pour « *l'Albarranes* » et « *Jaralejos de Livas* » et une très forte augmentation, avec une multiplication de l'ordre de 10, de densité pour la « *Breña Chica* » (20,06 à 129,97 arbres/ha), la « *Garganta Seca* » (16,50 à 91,65 arbres/ha) et « *Peñon Bermejo* » (20 à 78,41 arbres/ha). Dans ces trois cas, en parallèle à l'augmentation des effectifs de *Quercus ilex*, l'augmentation est surtout due au changement d'espèces pour la « *Breña Chica* » (passage de *Quercus ilex* à *Olea europea* var. *sylvestris*) et pour la *Garganta Seca* (où l'on a un passage de *Quercus ilex* à *Ceratonia siliqua*). Ces changements peuvent à la fois s'expliquer par une succession régressive (passage d'une espèce mésophile à des espèces thermophiles) mais également par l'intervention humaine (déjà constaté dans le « *Campos de las encinas* ») car ces deux espèces pouvaient présenter un intérêt alimentaire. L'oléastre est une espèce spontanée dans la région mais a pu faire l'objet de greffe pour stimuler la production d'olives. Le caroubier est une espèce indigène, qui a pu être favorisée car ses gousses constituent un complément alimentaire intéressant, pouvant également être vendu. Ces changements de répartition pourraient donc correspondre à une certaine intensification des systèmes agricoles au cours du siècle ayant séparé les deux sources consultées. Cette trajectoire n'est d'ailleurs pas antinomique d'une succession régressive. En effet la commune de Zahara, où sont localisées ces terres, a connu une progression démographique entre 1857 et 1950, la décrue commençant faiblement en 1970 (Cf. chapitre 3). Une augmentation de la charge du bétail entre ces deux dates a également été observée.

8

Les Inventaires Forestiers Nationaux Espagnols (1969-2007)

Depuis sa création, le PNSG a vu le passage de trois Inventaires Forestiers Nationaux (IFN) entre 1969 et 2007. Le quatrième, et dernier réalisé en 2016, est encore en cours d'analyse : ses relevés ne sont pas disponibles. Le tableau n° 8.1 présente les dates des relevés nous concernant et leur nombre par inventaire.

Ces inventaires couvrent une période de 40 ans. Dans cette période, comme nous le verrons dans leurs rapides présentations, la conception de ces inventaires a évolué au fil des évolutions techniques (arrivée des SIG, outils de mesure de terrain) et des objectifs gouvernementaux. On assiste ainsi au passage d'une conception d'un « *monte* » à vocation productive à une vision multifonctionnelle (productrice, protectrice et de conservation).

Tableau 8.1 – Nombre de relevés par IFN dans le PNSG

IFN	Date	Nbr de relevés
1	1969	103
2	1996	151
3	2007	188

8.1 Présentation des inventaires et constitution des bases de données

8.1.1 Des inventaires de conception différente

Le premier inventaire forestier national espagnol, commencé en 1962 et se terminant sept ans plus tard en Andalousie (par tradition les IFN espagnols se terminent tous par le PNSG dans la sapinière du sapin d'Espagne), s'inscrit dans la mise en place de nombreux inventaires forestiers nationaux européens (français, italien, allemand) suivant les recommandations de la FAO. L'inventaire doit permettre d'apporter les données dont le gouvernement ou les industriels ont besoin pour prendre des décisions « intelligentes » (CERVERA IBÁÑEZ 1964). Les résultats de l'inventaire sont donnés pour la province et l'objectif de l'échantillonnage statistique est d'être représentatif à cette échelle avec une marge d'erreur maximale sur les volumes de bois de 10%.

L'IFN2 a été réalisé en 1996, soit près de 30 ans plus tard. Il était planifié pour donner une information de l'état des peuplements forestiers représentative à l'échelle de la province. Contrairement à l'IFN1, des cartes d'utilisations et de cultures (« *Mapa de los Cultivos y Aprovechimientos* » ou MCA¹) permettent une première stratification d'échantillonnage des superficies forestières arborées. Chaque strate correspond aux regroupements de superficies forestières de caractéristiques analogues intéressantes pour la sylviculture. Les relevés se trouvent aux croisements de la maille kilométrique du système UTM dans les zones classées comme arborées. La méthodologie indique un échantillonnage proportionnel à la surface de la strate mais nous n'avons pas les données pour le vérifier. L'inventaire n° 1 indiquait que cet effort d'échantillonnage permettait d'obtenir, à l'échelle de la province, une erreur relative inférieure à 10 % (intervalle de confiance 95%) sur les volumes de bois exploitables.

Dix ans plus tard, l'IFN3 se termine. Comme pour l'IFN2, l'objectif était d'avoir une

1. Cartes d'utilisations et usages du sol : Il y en a quatre pour le PNSG :

- Mapa de cultivos y aprovechamientos, E. 1 :50000, Cortes de la frontera, Direccion general de la produccion agraria, 1978
- Mapa de cultivos y aprovechamientos, E. 1 :50000, Olvera, Direccion general de la produccion agraria, 1975
- Mapa de cultivos y aprovechamientos, E. 1 :50000, Ronda, Direccion general de la produccion agraria, 1978
- Mapa de cultivos y aprovechamientos, E. 1 :50000, Ubrique, Direccion general de la produccion agraria, 1981

estimation des volumes de bois à l'échelle de la province. Il concerne les surfaces d'usage forestier qui peuvent être arborées (couvert supérieur ou égal à 20%) ou arborées peu abondant (couvert entre 20% et 5 %). Ici, la stratification s'effectue à partir des cartes forestières².

8.1.2 Des sources numérisées (IFN2 et 3) et à numériser (IFN1)

Les données de base de l'IFN2 et l'IFN3 étaient numérisées et disponibles sur le site internet du Ministère de l'Agriculture, Alimentation et Environnement espagnol³. Pour l'IFN1, nous avons dû retrouver les données de terrain, sous forme de fiches de relevés (cf. photo n° 8.1), localisées directement sur des photographies aériennes (cf. photo n° 8.2) qui servaient à guider les équipes. Ces documents étaient disponibles, dans des archives, au Ministère de l'Environnement espagnol, à Madrid, à la direction des forêts publiques.

Nous avons eu accès pour le PNSG à :

- 103 fiches de relevés de terrain (Cf. figure n° 8.1)
- 108 impressions de photos aériennes (recto/verso), vol de 1956/1957, servant à localiser les relevés (cf. figure n° 8.2)

Nous avons donc localisé les relevés dans les limites du PNSG à partir des mêmes photos aériennes géoréférencées par nos soins dans notre base de données géographique. Les relevés étaient localisés au centre d'un point rouge (cf. figure n° 8.2) sur les photos aériennes. Ces points semblaient disposés sur une grille avec une maille de 100 m mais la qualité des photos ne nous permettait pas de le vérifier à coup sûr. Nous avons donc, en considérant que les centres des points étaient sur une grille, reporté sur des photos aériennes de notre SIG, ces centres. Les photos aériennes de l'inventaire possédaient sur leurs versos les mêmes points rouges avec, en plus, les codes des relevés correspondants. Il nous restait donc plus qu'à encoder ces relevés.

L'ensemble des mesures de terrain a été effectué au cours des trois premiers mois de l'année 1969. Au total, 112 points ont été recensés dans le PNSG. Cependant il semble nous manquer une série de photos localisées dans la commune Zahara de la Sierra que nous n'avons pas trouvées.

2. « Mapa Forestal de España a escala 1 :200000 », Ministerio de Medio Ambiente, réalisation TRAG-SATEC, 2006.

3. Source des données : Banco de Datos de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Alimentacion, y Medio Ambiente : <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/> .

SECCION DE ESTUDIOS TECNICOS IMPRESO DE TOMA DE DATOS DE CAMPO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

1-EXISTENCIAS													Provincia	1/1	Estrato	2/2	Parcela	024	Tipo de parcela							Foto n°			
Sp	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C	Dn	Ht	C		
43	57	062		31	062		28	072		29	062		89	073		73	072		79	072		79	062		78	072			
27	89	054		83	064		99	073		91	073																		
30	49	142		41	142		19	062																					

Especies existentes en la parcela

Clave	Nombre	Clave	Nombre
25	J. JAE		
31	G. LUSTALCIA		
32	ABIES PANAMAZO		

Observaciones: Natural de abetos, cedros, torreses, maguelos y Phylicias

2-PES MENORES

Sp	2,5 a 7,5	7,5 a 12,5	12,5 a 17,5	2,5 a 7,5	7,5 a 12,5	12,5 a 17,5	2,5 a 7,5	7,5 a 12,5	12,5 a 17,5	Clave	Nombre
n°	Ht	n°	Ht	n°	Ht	n°	Ht	n°	Ht		
1	10	1	10								G. J. J. J.

3-ARBORES TIPO

N°	Especie	Altura		13 crec. 5 años	E Espesor corteza	Diámetro				Long. rama	Diám. copa	
		Total	Fuste			1,30	2,50	5,00	7,50			
27	J. JAE	57	15	0	12	30	17	5	14	5	16	10
28	G. LUSTALCIA	89	20	0	12	30	17	5	14	5	16	10
29	ABIES PANAMAZO	49	10	0	12	30	17	5	14	5	16	10
30	J. JAE	89	15	0	12	30	17	5	14	5	16	10

4-DATOS DE CONTROL

Provincia	0202	Propiedad	3
Foto N°	80214	Clase de altura	3
Parcela N°	10-015	Uso	1
Banda utilizada	4/5	Forma de masa	1
Tipo de parcela	2-Entera	Especie	0
T. Municipal		Densidad	3
Mostré		Observaciones	27280
Orientación	0		
Pendiente			
Altitud parcela	1010		
Altitud residencia	337		
Lugar residencia	UBRIVUE		

Jefe de Equipo FRANCISCO MARTIN Operadores PEDRO GUTIERREZ Hora de llegada 10:10' Hora de terminación 11:40' Fecha 30-1-1969 Firma

FIGURE 8.1 – Exemple d'un scan d'une fiche de relevé de l'inventaire forestier national n° 1

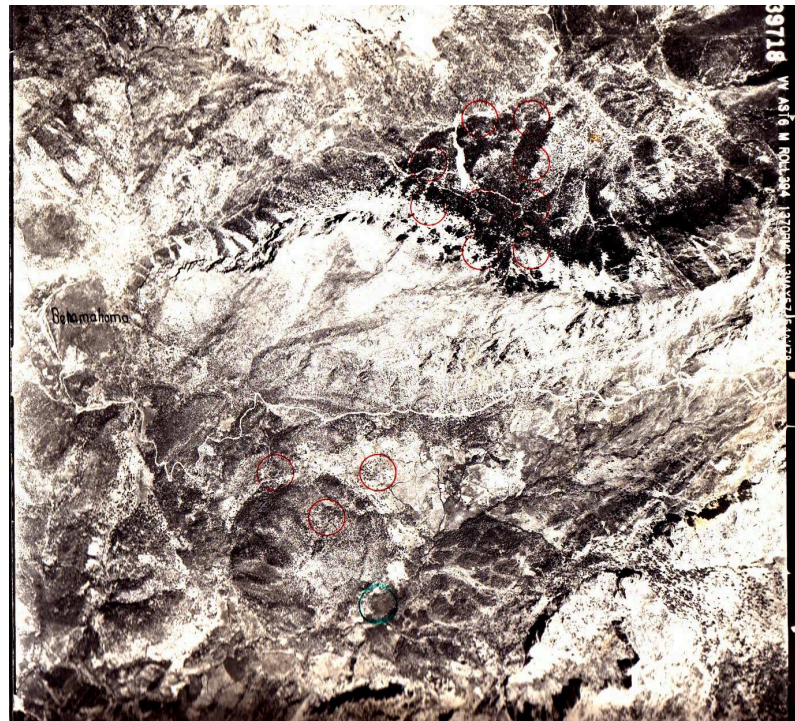


FIGURE 8.2 – Exemple d'un scan d'une photo aérienne utilisée pour localiser les relevés (rond rouge) sur le terrain (échelle approximative 1 :20000) de l'IFN1

Les données de l'IFN 2 et 3 ont été obtenues via le site internet du Ministère de l'Agriculture, Alimentation et Environnement espagnol. Elles doivent être travaillées et adaptées à notre problématique. À l'échelle des provinces (Cadiz et Malaga), les données de l'inventaire ont été fusionnées en une seule base puis les relevés uniquement présents dans le parc ont été sélectionnés.

Ce corpus de données a été analysé en nous appuyant sur plusieurs documents :

— IFN1 :

- Manuel d'instruction pour les équipes de terrain (document interne, 14 pages)
- Inventario Forestal Nacional Cadiz, 1969, Ministerio de Agricultura, Direccion General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, 84 pages
- Inventario Forestal Nacional Malaga, 1969, Ministerio de Agricultura, Direccion General de Montes, Caza y Pesca Fluvial, 84 pages
- Metodologias del Inventario Forestal Nacional en Espagna, Roberto Vallejo Bombin (chef du service Banque de données de la Nature, Direction Générale de la Biodiversité, Ministère de l'Environnement, Espagne), date inconnue, document interne, 11 pages

— IFN2 :

- Segundo Inventario Forestal Nacional : Explicaciones y métodos 1986-1995, ICONA 249 pages + cartes
- Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995 Andalucia Cadiz, ICONA 296 pages

— IFN3 :

- Tercer Inventario Forestal Nacional, Descripcion de los codigos de la base de datos de campo, Tragsatec, document interne, 49 pages
- Tercer Inventario Forestal Nacional, Descripcion de los codigos de la base de datos de SIG, Tragsatec, document interne, 40 pages
- Resultados del IFN3 provincia de Cadiz, Ministerio de Agricultura Alimentacion y Medio Ambiente², 1997-2007, 378 pages
- Resultados del IFN3 provincia de Malaga, Ministerio de Agricultura Alimentacion y Medio Ambiente², 1997-2007, 390 pages

Monsieur Roberto Vallejo Bombin, en poste depuis le premier inventaire et en charge des deux suivants, nous a également reçus et a éclairci certains points.

8.1.3 Une méthode non surfacique (IFN1) et des méthodes surfaciques (IFN2 et 3)

Une utilisation du relascope de Bitterlich pour l'IFN1

La fiche de relevés de l'IFN1 contient cinq blocs de données. Le premier traite des arbres d'un DHP supérieur à 17,5 cm, qualifiés par leur essence, leur DHP, la hauteur totale et d'un indice de qualité. Ils sont mesurés sur une surface variable. Cette surface dépend de la bande utilisée sur le relascope de Bitterlich, du DHP mesuré et de la distance au centre de la parcelle.

En reprenant la relation qui existe, pour chaque bande du relascope, entre la distance entre l'observateur (posté au centre de la parcelle) et le diamètre de l'arbre mesuré, il est possible d'obtenir pour chaque arbre la surface maximale permettant de l'échantillonner.

Sur forte pente ou dans un matorral dense obstruant la vision, une corde était utilisée pour vérifier que l'arbre pouvait être pris dans un rayon correspondant à telle bande en fonction de son diamètre. Une table d'équivalence était fournie aux équipes. Le fait que cette table ne dépasse pas les 30 m semble indiquer que les arbres n'étaient pas pris en compte au-delà de cette distance, cela nous paraît cohérent au regard des pratiques françaises. On obtient ainsi une densité qui nous permettra de comparer les relevés entre eux ou de les regrouper sur une même base.

Le second bloc concerne les précomptants (ici arbres avec un DHP $< 17,5$ cm). Ils sont comptés sur un cercle, positionné sur le centre de la parcelle de mesure, avec un rayon de 8 m. Ils sont divisés par essence, par catégories de DHP (2,5 à 7,5 ; 7,5 à 12,5 et 12,5 à 17,5 cm) et comptés au sein de ces catégories ; une hauteur moyenne pour le groupe est également indiquée. Les gaules possédant un DHP inférieur à 2,5 cm, sont également comptées par essence.

Le troisième bloc informe sur les arbres types (quatre par parcelle de mesure) qui seront utilisés pour mettre au point les différentes équations allométriques. On y retrouve des informations mieux adaptées aux forêts de production telles que le diamètre fin bout, le diamètre à demi-hauteur ou l'épaisseur de l'écorce. Ces mesures nous sont peu utiles et les volumes que l'on peut déduire de ces mesures ne sont pas des plus pertinents dans notre approche. Les deux mesures nous intéressant le plus : la croissance sur 5 ans (mesurée par l'écartement des cernes à la tarière de Pressler) et le diamètre du houppier ne sont pas toujours renseignés pour le chêne vert.

Tableau 8.2 – Répartition des relevés par chef d'équipe et Province pour l'IFN1

Province	Chef d'équipe	Nbr de relevés
Cadiz	Martin	58
	Lozano	29
	Cabello	10
	Inconnu	9
	Esteban	1
	Calvo	1
Malaga	Amancio	3
	Tejedor	1

Le dernier bloc, dit de contrôle, permet de vérifier les strates obtenues par photo-interprétation, il renseigne également sur l'altitude, la pente et son orientation. C'est à ce niveau que le relevé est caractérisé par la dominance d'une espèce ou par un type de végétation (ex : « *Matorral* »). Il prend aussi en compte l'heure d'arrivée de l'équipe et le temps mis à faire la mesure.

Il y a également une case observation que les équipes utilisaient pour donner une rapide description de la strate arbustive présente.

Les équipes de terrain étaient composées d'un chef d'équipe d'un niveau de « *capataz* » (équivalent d'un contremaître ou technicien forestier) et d'au moins un assistant. Nous retrouvons le nom de six chefs d'équipes différents sur les 112 relevés (cf. tableau n° 8.2), trois d'entre eux ont effectué une grande majorité des relevés (97/112). Nous espérons donc une relative homogénéité dans les paramètres qualitatifs des relevés comme la strate arbustive.

Un plus grand nombre de paramètres mesurés mais sur des surfaces fixes (IFN2 et 3)

Les relevés de terrain de l'IFN2 sont divisés en neuf sections. L'architecture de la base de données de l'IFN3 est presque similaire, nous nous limiterons donc à la description de celle de l'IFN2. En prime cependant, dans l'IFN3, une variable indiquant si l'arbre de la strate arborée et les parcelles sont des mesures nouvelles à l'IFN3 ou si elles sont communes à l'IFN2 a été ajoutée.

La première section « *identificacion* » nomme la placette. La deuxième « *clasificacion* » associe et compare les informations obtenues à partir de la MCA avec les informations

obtenues sur le terrain. Le troisième groupe « *estimacion de la edad* » compile des informations concernant l'origine et l'âge du peuplement mesuré. La quatrième « *dendrometria* » comprend différentes sous-sections :

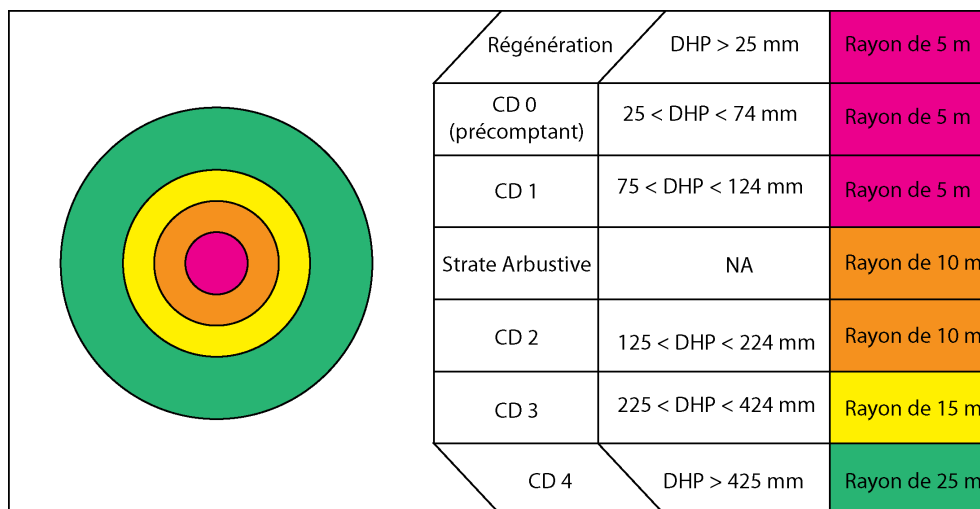
- « *Pies mayores* » pour les arbres de DHP > 74 mm ;
- « *Tipos* » correspond à un sous échantillonnage des « *pies mayores* » avec des paramètres complémentaires ;
- « *Pies menores* » traite des arbres avec un DHP compris entre 25 et 74 mm (précomptants) ;
- « *Matorral lenoso* » renseigne sur la strate arbustive.

La cinquième section « *parametros complementarios* » traite d'éventuels problèmes : érosion, santé des arbres. La sixième correspond à un schéma de la placette. La septième comporte la description des accès menant à la placette. La huitième aborde des observations non prévues dans les sections précédentes. La neuvième est utilisée pour des paramètres de contrôle. Contrairement à l'IFN1, il ne nous est pas possible de différencier les équipes qui ont fait ces relevés.

Ces neuf sections de données sont matérialisées par quatre fichiers dont les individus statistiques peuvent être les placettes d'inventaires, les arbres mesurés, les précomptants et les arbustes. Un identifiant pour chacune de placettes a été mis en place en articulant un code liant le numéro de la province et le numéro de la parcelle. Il est utilisé pour mettre en relation ces fichiers à une base de données géographiques qui permet leur localisation. Certaines placettes ne présentaient pas d'individus statistiques (par exemple une placette sans arbre) et n'étaient alors pas encodées dans les différents fichiers de l'IFN, nous les avons donc rajoutées à notre base de données avec des valeurs nulles car même une absence doit être signalée.

Au niveau des individus statistiques, certaines variables ont été supprimées alors que d'autres ont été modifiées. Les variables supprimées étaient celles ne présentant pas de variations, celles obtenues à travers une autre source (MCA par exemple) et non pertinentes à l'échelle de la placette, celles que nous possédons déjà (altitude), ainsi que toutes les variables dendrométriques de production, renseignées surtout pour les pins, et non pertinentes ou très souvent non données pour les chênes verts. Les données modifiées sont le calcul d'un DHP moyen à partir des deux diamètres renseignés et des conversions d'unités pour correspondre aux autres mesures.

FIGURE 8.3 – Variation de la surface de la placette de relevé en fonction des strates de végétation et des classes de diamètre



La placette d'inventaire est circulaire. Le rayon varie en fonction du type de végétation et des classes de diamètre à hauteur de poitrine des arbres (graphique n° 8.3). C'est un compromis entre la méthode au relascope de Bitterlich où la surface est différente en fonction de chaque DHP (et de la bande) et une méthode où la surface est fixe pour tous les types de végétation et classes de diamètre.

Les précomptants ont un DHP qui va 2,5 à 17,49 cm, pour l'IFN1, et les arbres adultes commencent donc à partir d'un DHP de 17,5 cm. Dans le cas de l'IFN2 et 3, les précomptants sont compris entre 2,5 à 7,49 cm de DHP avec des arbres adultes commençant à 7,50 cm de DHP.

On obtient ainsi, pour les 103 relevés de l'IFN1 : 1380 arbres avec un DHP supérieur 17,5, 155 dont le DHP est compris entre 2,5 et 17,49 cm et 190 individus dont le DHP va de 2,5 cm à 7,49 cm soit 1535 arbres (DHP supérieur ou égal à 7,5 cm) de mesuré. L'IFN2, pour 154 relevés, présente 1496 arbres (DHP supérieur ou égale à 7,5 cm). Enfin l'IFN3, avec 188 relevés, comporte 1898 arbres.

Plus on avance dans les inventaires, plus la prise en compte de la strate arbustive et la régénération est importante. Ces changements découlent plus du changement de vision de la forêt que d'une réalité.

Une des strates de l'échantillonnage de l'IFN1 correspond à l'espèce dominante identifiée par les forestiers. Elle caractérise chaque relevé. Paramètre pertinent, nous l'avons

calculé pour les inventaires suivants.

8.1.4 Distribution des relevés des inventaires dans le PNSG

Les cartes n° 8.4, n° 8.5 et n° 8.6 représentent pour chaque inventaire le nombre, la position et dans les boîtes à moustaches, la répartition altitudinale des relevés. On observe l'augmentation du nombre de relevés au fil du temps ainsi que des différences dans leurs emplacements. Il faut se rappeler que dans l'IFN1 les types de végétation étaient définis par rapport aux photos aériennes où il était difficile de distinguer les différents types de chênes. Ce fut ainsi possible grâce aux cartes des cultures et usages (MCA) pour l'IFN2 puis des cartes forestières : on observe ainsi un plus grand nombre de relevés dans la partie siliceuse du parc contenant les suberaies (une diagonale qui part du sud d'Ubrique et est longée par la route qui va à Ronda). La sapinière d'Espagne, dans le versant nord de la *Sierra del Pinar* (au centre du PNSG), se retrouve également très échantillonnée car c'est presque le seul endroit dans la province où se trouve ce type de peuplements. Malgré ces usages on retrouve dans chaque inventaire un nombre de relevés soit sans information/sans strate arborée, relevés non retrouvés dans le cadre de l'IFN1 ou sans strate arborée dans le cadre des deux autres. On peut ici supposer que les données cartographiques parfois anciennes de plus de 15 ans, cartes MCA et IFN2 notamment, ne correspondaient plus à la réalité. Le nombre de ces relevés diminue cependant entre les deux derniers inventaires.

On retrouve le même et presque le même nombre de types de végétation entre les différentes dates. IFN1 comporte un type « Matorral » et « Mélange *Ceratonia/Olea* » qui n'a pas été produit dans les suivants. Il contient également « Ripisylves » absent de l'IFN2 mais présent dans l'IFN3. « Mélange feuillus résineux », « dominé par *Pinus* sp. », « dominé par *Phillyrea latifolia* » absent dans IFN1 est présent dans les suivants. Enfin, « dominé par *Arbutus unedo* » n'est présent que dans le dernier inventaire. La plantation de pins est postérieure au premier inventaire : ne pas en trouver est logique. Le changement de méthode d'échantillonnage peut également bien expliquer les autres cas d'autant que ce sont des catégories représentées par peu de relevés.

Le chêne vert est l'essence la plus souvent indiquée comme dominante dans les trois inventaires avec, par ordre chronologique, 23 (22,33%), 36 (23,84 %) et 47 (25%) relevés avec une légère augmentation. L'essence est répartie sur l'ensemble du PNSG, suivie par le chêne faginé et le mélange de chênes méditerranéens. Les relevés dominés par les

chênes verts sont localisés dans une large gamme d'altitude (de 530 à 1270 m) centrée à 811 (IFN1), 800 (IFN2) et 874 (IFN3) m de moyenne. Le chiffre plus élevé de l'IFN3 s'explique par la présence de relevés dominés par le chêne vert présent au-delà des 1200 m.

Le chêne faginé est la seconde essence indiquée comme dominante en 1969 avec 14 relevés. Elle va beaucoup reculer avec 6 et 9 relevés dans les inventaires 2 et 3 passant en septième position. On retrouve ces relevés à deux endroits très différents soit dans les fonds de vallée soit proche de la sapinière. Avec un grand nombre de relevés à basse altitude, l'altitude moyenne de ces relevés est de 480 m pour passer à 700 m, lors de l'IFN2 avec une diminution des relevés à basse altitude pour diminuer à 650 lors de l'IFN3 quand les relevés proches de la sapinière ne vont plus se retrouver « dominés » mais en « mélange ». On observe ici un exemple d'étagement inversé, théoriquement le chêne faginé devrait se retrouver en altitude, où la pluviométrie est plus importante, mais il a été favorisé à basse altitude car plus favorable aux cultures. Cet effet s'atténue au cours du temps. Des résultats similaires ont été observés en *Alta Garrotxa* mais pour des raisons différentes liées à l'humidité et le faible ensoleillement des vallées encaissées (COHEN, VARGA et al. 2011). Les zones situées au nord-nord ouest du PNSG, où l'on retrouve les peuplements de chênes fagins, sont des zones plus planes ayant probablement été cultivées (elles sont classées en futaies de chênes/pâturages arborées dans la carte planimétriques datée de 1874 cf. figure n° 5.11).

Les relevés dominés par le chêne liège, peu présent dans l'IFN1 (6 relevés, septième position) se retrouvent bien plus présents (23 et 22 relevés, troisième position) avec la stratification d'échantillonnage basée sur des données existantes. Ces relevés sont situés à des altitudes sensiblement plus élevées que le chêne vert (avoisinant les 780 m pour les 3 inventaires).

Les relevés de mélanges de chênes méditerranéens peuvent être de deux types : un mélange chêne vert / chêne faginé ou un mélange chêne faginé / chêne liège. On les retrouve dans les trois inventaires à des altitudes intermédiaires entre celles du chêne faginé et celles, majoritairement plus élevées, des chênes verts et lièges.

Les oléastres et les caroubiers sont très présents autour d'Ubrique, on peut supposer que ce sont d'anciennes oliveraies ou des carouberaies qui ont ensuite été mises en pâturage cas fréquent dans la province de Cadiz (COSTA PÉREZ et al. 2006). On ne retrouve

plus, après l'inventaire forestier n° 1, ce mélange mais un nombre beaucoup plus important de relevés dominé par l'oléastre (de 2 à 10 relevés de l'IFN1 en 1969 à l'IFN2 en 1996). Ces relevés sont localisés dans l'ensemble du PNSG. Il est possible qu'à l'héritage d'anciennes oliveraies s'ajoute une dynamique d'embroussaillage dans des zones basses par les oléastres.

Il est difficile au regard de ces changements de méthodes de conclure sur des évolutions. Le chêne vert, sans faire l'objet d'attention particulière, est l'essence que l'on retrouve le plus souvent dans des relevés où elle est dominante. L'IFN3 est censé refaire des relevés au même niveau que l'IFN2. Peut-être pourrions-nous en tirer quelques enseignements ? La variable « ancien relevé » de l'IFN3 nous indiquait 160 relevés remesurés. Cependant nous n'avions que 151 relevés dans l'IFN2, ce qui présageait des erreurs, après vérification nous ne retrouvons que 147 relevés correspondants entre les deux inventaires. Entre les deux dates (10 ans) 103 relevés restent classés dans les mêmes types de végétation. 17 des relevés « sans strate arborée » vont changer de type et huit d'entre eux vont devenir « dominés par *Quercus ilex* » et deux des mélanges de chênes méditerranéens (*Quercus ilex* et *Quercus faginea*). Les relevés devenus « dominés par *Quercus ilex* » sont localisés majoritairement dans la partie sud du PNSG et pour six d'entre eux au-delà de 1000 m d'altitude. On trouve deux nouveaux peuplements (DHP dans la classe des 10 cm), cinq devaient être juste en dessous du seuil de mesure de l'IFN précédant (DHP dans les classes de 20 et 25 cm) et le dernier aurait dû déjà être classifié comme dominé par *Quercus ilex*. La catégorie de mélanges des chênes méditerranéens en IFN3 regroupe 13 relevés ne l'étant pas dans l'IFN2 (relevé de filaires, de mélange résineux/feuillus, dominé par le chêne faginea, dominé par le chêne vert, par l'oléastre et le caroubier). Il n'y a qu'un relevé passant du chêne à l'oléastre, aucun vers le caroubier, deux passant de « sans strate arborée » à l'oléastre et un pour le caroubier. Ces évolutions indiqueraient une expansion du chêne vert, peut-être plus en altitude, et une dynamique plus proche de séries progressives que régressives.

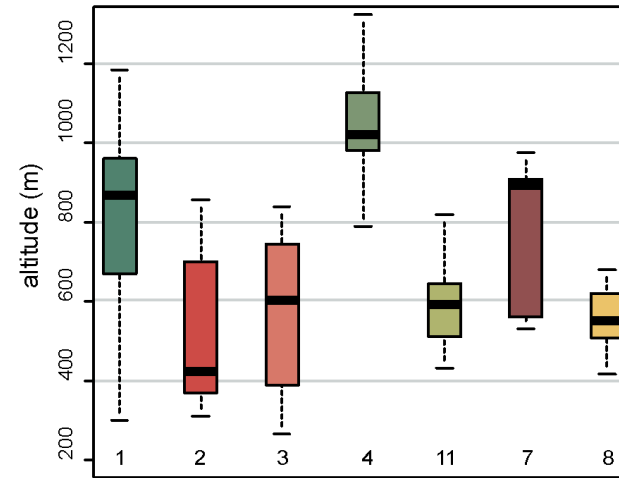
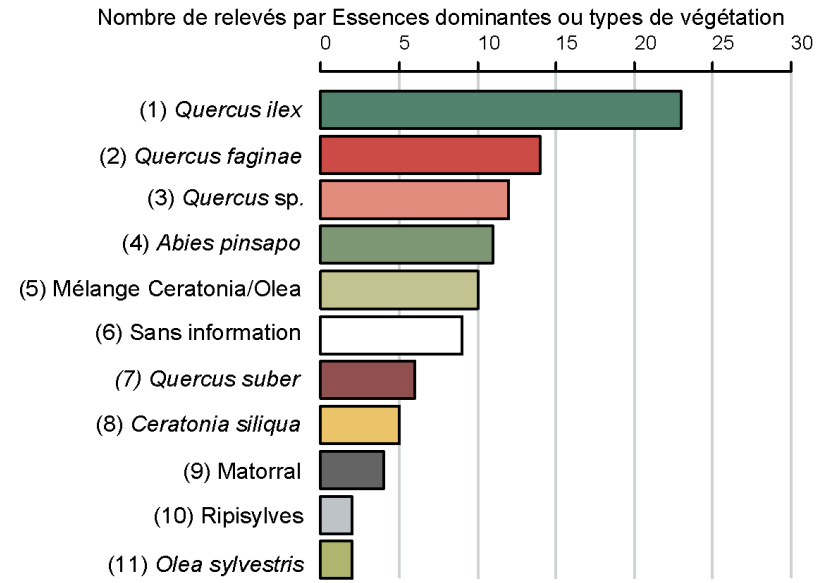
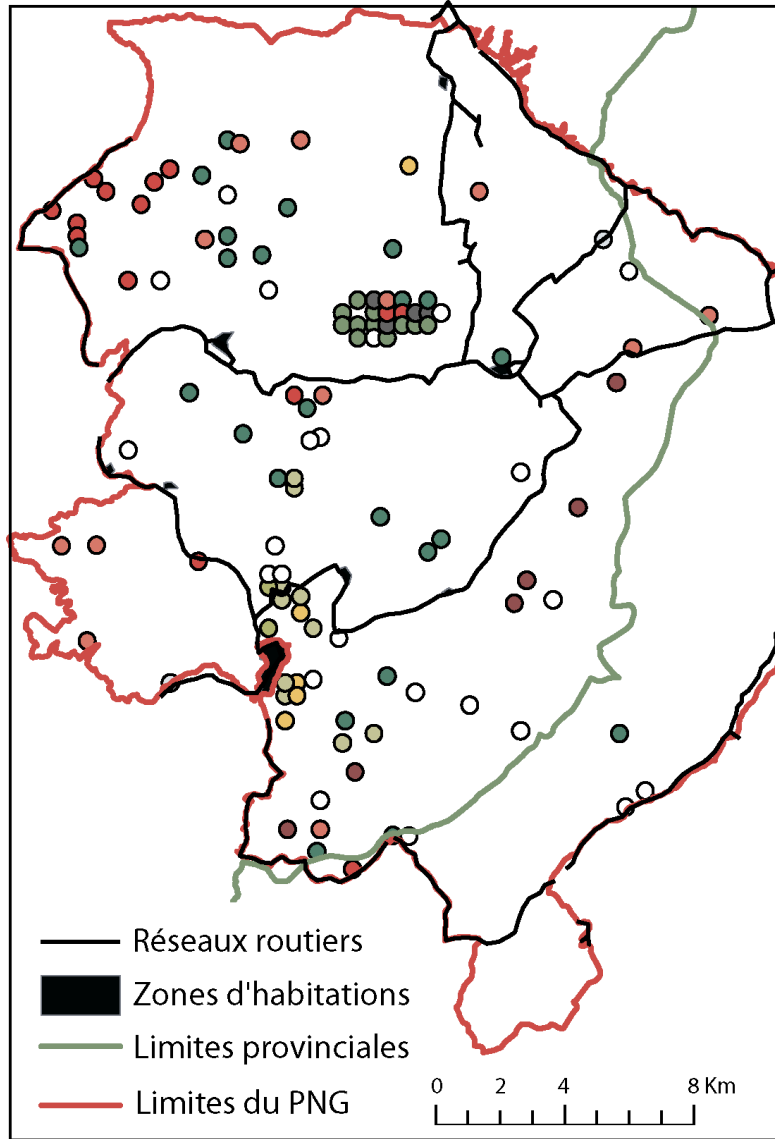


FIGURE 8.4 – Localisation et répartition des placettes de l'IFN1 par essence dominantes ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude

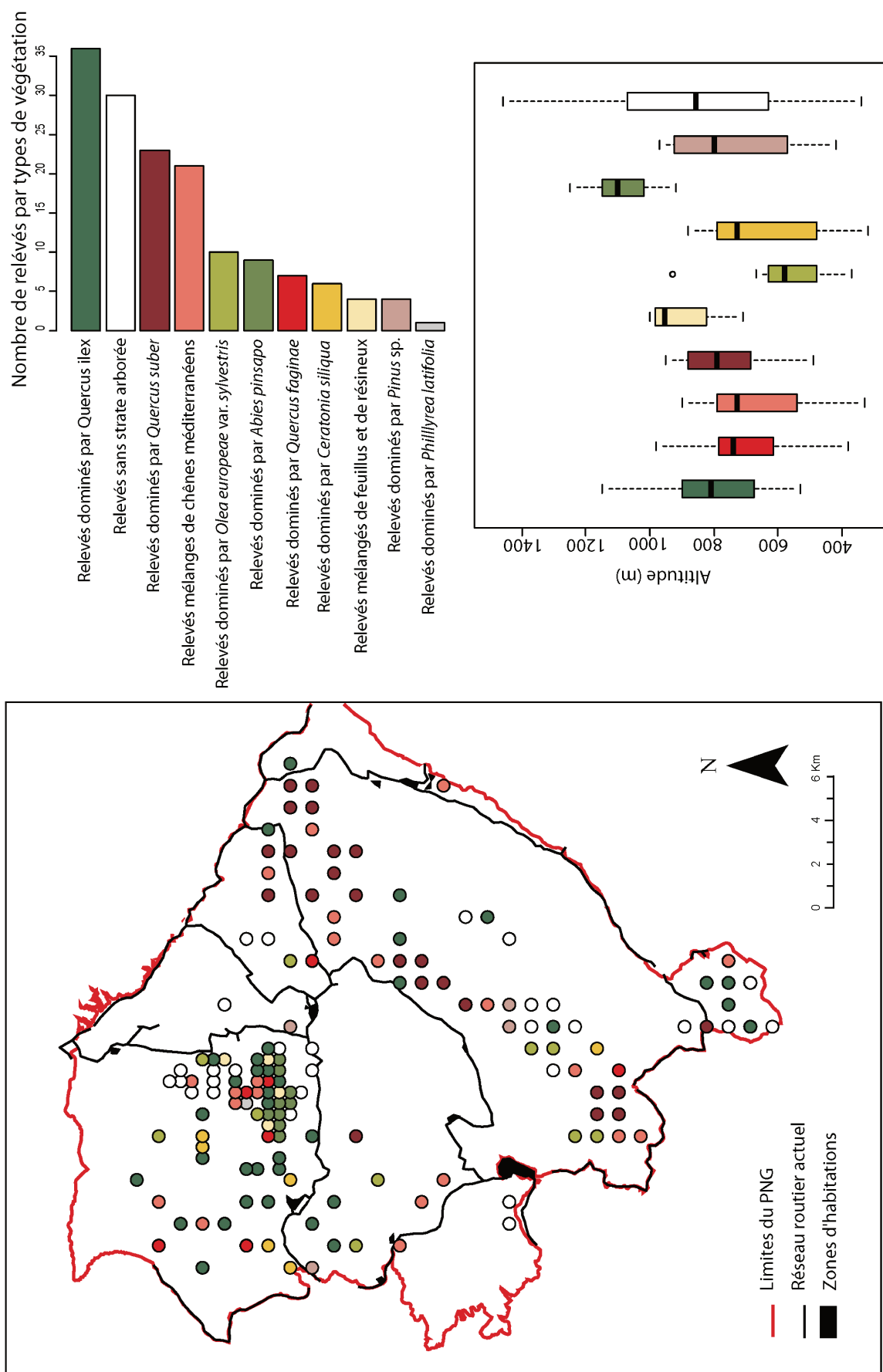


FIGURE 8.5 – Localisation et répartition des placettes de l'IFN2 par essence dominante ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude

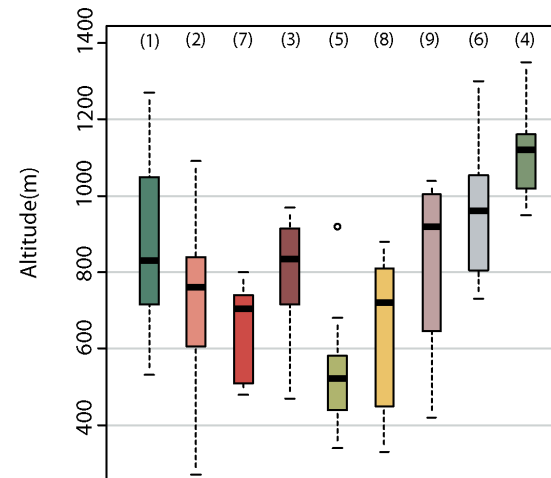
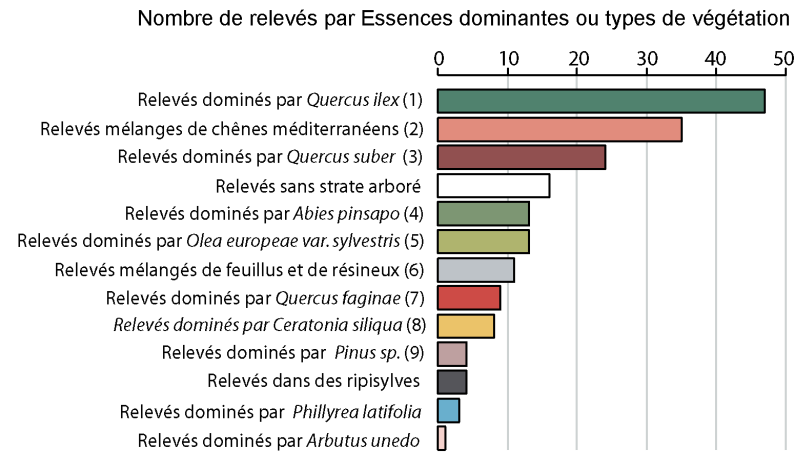
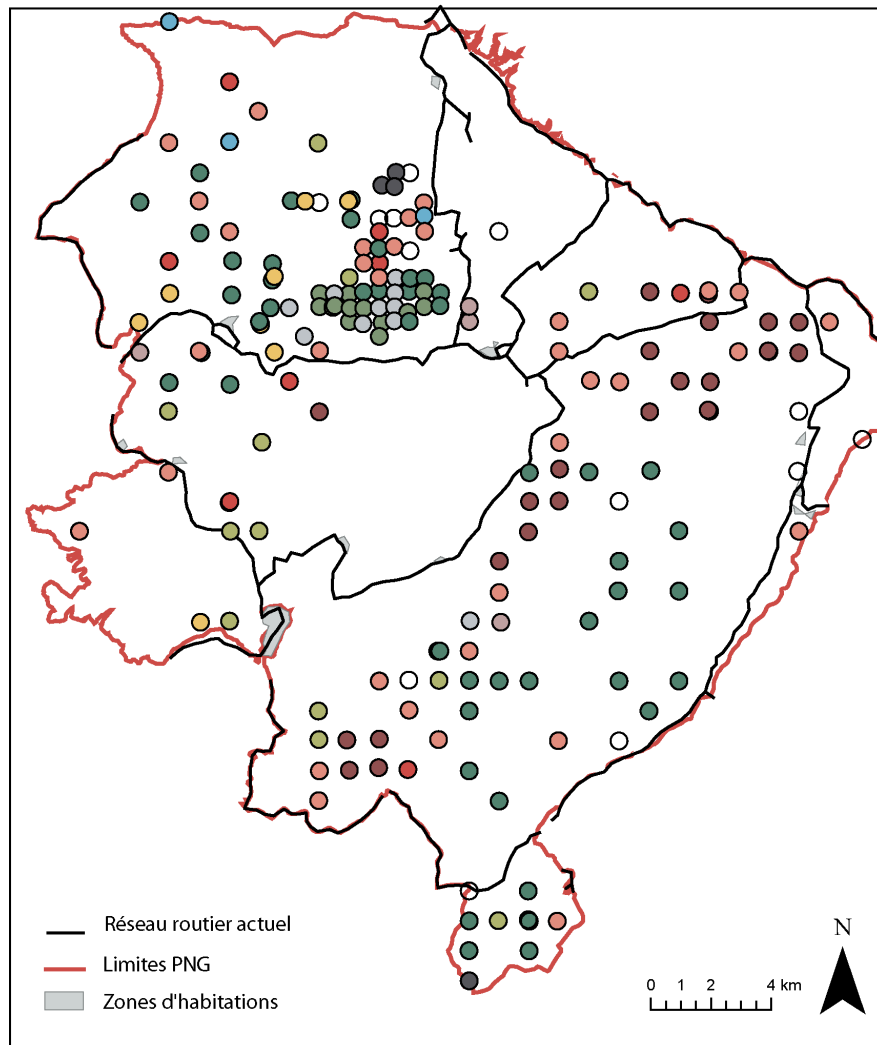


FIGURE 8.6 – Localisation et répartition des placettes de l'IFN3 par essence dominante ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude

8.2 L'évolution de la structure végétale depuis les années 70

Nous allons présenter les résultats décrivant les peuplements en insistant sur ceux avec chêne vert puis nous aborderons les précomptants et la régénération afin d'essayer de saisir les trajectoires et dynamiques en cours.

8.2.1 Strate arborée : une augmentation du chêne vert

Composition et structure :

Nous allons ici prendre la définition de l'IFN2 et 3 et considérer que la strate arborée commence à un DHP supérieur ou égal à 7,5 cm. Les techniques de mesure de l'IFN1 (variabilité de la surface en fonction de la bande du relascope et du DHP pour les arbres avec un DHP supérieur ou égal à 17,5 et une surface fixe de 8 m de rayon pour ceux allant de 2,5 cm à 17,5 cm) nous obligent à toujours représenter les résultats en densité même si cette densité est obtenue sur des ensembles de tailles différentes.

Le graphique n° 8.7 indique pour l'ensemble des relevés les densités des essences. La densité augmente entre les trois inventaires. Elle commence avec l'IFN1 (1969) à 84,35 arbres/ha, double lors de l'IFN2 (1996) (167,23 arbres/ha) et augmente en atteignant 267,59 arbres/ha dans l'IFN3 (2007). Les chênes verts participent fortement à cette augmentation : du deuxième rang lors de l'IFN1, derrière les sapins d'Espagne, ils passent au premier plan en densité dans les inventaires suivants. Moins représentés, en prorata des relevés, les sapins d'Espagne diminuent entre l'IFN1 et l'IFN2 pour connaître une légère augmentation avec le troisième inventaire. Peu représentés dans les relevés, les chênes lièges augmentent fortement entre l'IFN1 et l'IFN2 et restent relativement stables ensuite. Les chênes faginsés et les caroubiers diminuent entre l'IFN1 et 2 puis augmentent légèrement. Les oléastres, les filaires augmentent, plus fortement pour le second, au fil des inventaires. Les arbousiers non présents dans l'IFN1 connaissent ensuite une trajectoire similaire. Les pins absents lors de l'IFN1, introduits ensuite, diminuent entre l'IFN2 et 3.

Cette augmentation de densité correspond-elle à une régénération, ou bien à la prise en compte de nouveaux relevés plus densément peuplés ? Les boîtes à moustaches n° 8.8 représentent l'évolution, entre les IFN, de la variabilité de la densité en fonction de l'essence dominante. Elles devraient pouvoir nous aiguiller entre ces deux possibilités.

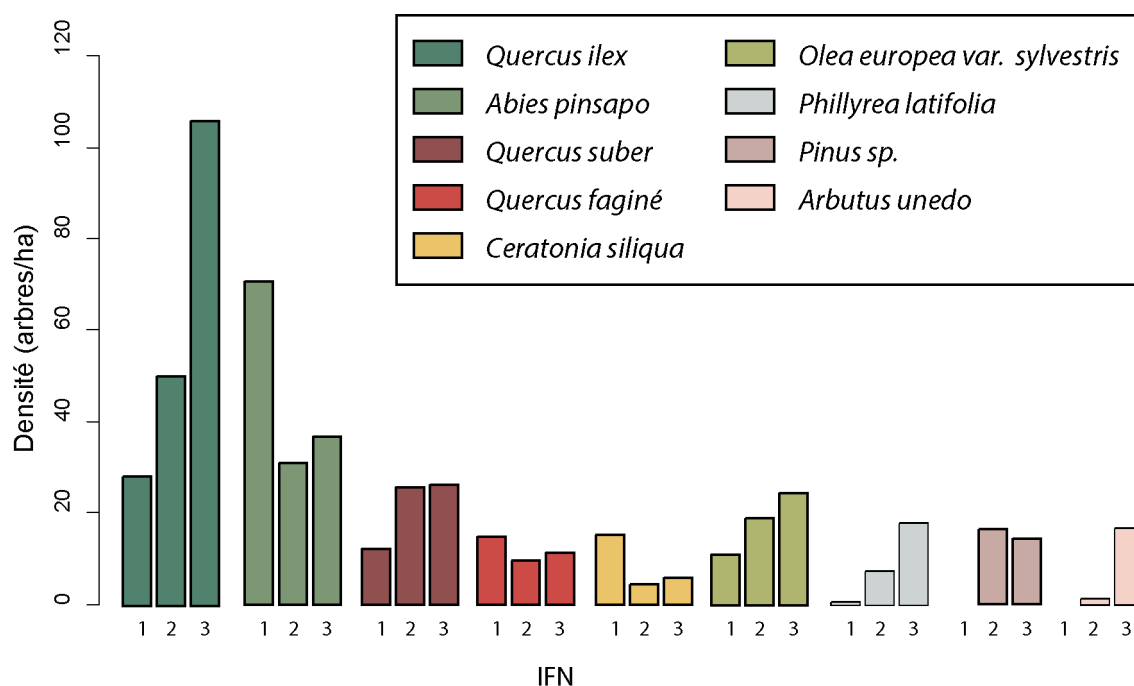


FIGURE 8.7 – Répartition des arbres échantillonnés par essence dans les trois inventaires forestiers

À l'exception des relevés dominés par *Quercus suber* et ceux par *Quercus fagineae*, on observe une augmentation de la densité et de sa variabilité dans tous les relevés entre l'IFN1 et 2. Cette augmentation se confirme sauf pour les pins et les caroubiers de l'IFN2 et l'IFN3.

En 1969, les relevés dominés par le sapin d'Espagne ou le chêne liège ont des densités beaucoup plus élevées (276,73 arbres/ha pour le résineux et 140,83 arbres/ha pour la cupulifère) que ceux dominés par les autres essences. Malgré un nombre plus faible de placettes (graphique n° 8.4, de nombreux arbres ont été inventoriés. À l'opposé, les placettes où le chêne fagine est dominant présentent de faibles densités (29,19 arbres/ha). En effet, ils ne s'agissaient pas de peuplements forestiers à la fin du 19^{ème}, mais des zones souvent cultivées, boisées. Les relevés dominés par le chêne vert présentent une situation intermédiaire avec 50,81 arbres/ha. Ces relevés présentent cependant une forte variabilité avec un minimum de 8,52 arbres/ha pouvant aller à 196,312 arbres/ha. Près de trente ans plus tard, la variabilité des relevés augmente notamment avec la présence de relevés extrêmes statistiquement par rapport aux autres (présence d'«*outliers*» dans les boîtes à moustaches n° 8.8). Pour les relevés dominés par les chênes verts, on obtient une moyenne

de 179,77 arbres/ha alors que la densité médiane n'est que de 65 arbres/ha. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse indiquant que l'augmentation de la densité de chêne vert entre les millésimes des IFN est due à l'incorporation de nouveaux relevés très denses. On observe cependant une augmentation de la médiane indiquant également une densification de l'ensemble des relevés. Dix ans plus tard, les peuplements de résineux (*Abies pinsapo* et *Pinus* sp.) sont toujours les plus denses avec une densité moyenne de 443,72 arbres/ha pour la sapinière d'Espagne et de 521,18 arbres/ha pour les pinèdes. Les relevés de la sapinière continuent à avoir de fortes variations alors que ceux dans les pinèdes sont plus homogènes et voient leur densité diminuer, résultat logique pour des plantations en cours de vieillissement. Les relevés dominés par les chênes verts continuent sur une tendance similaire : une forte densité (307,40 arbres/ha) mais une médiane beaucoup plus faible (67,90 arbres/ha). Bien que moins en moins présents, les relevés dominés par les chênes faginéés connaissent une augmentation de densité entre les deux derniers inventaires laissant supposer une reprise de ces peuplements, décalée par rapport aux autres peuplements.

La question de l'augmentation de la densité des chênes verts n'est donc toujours pas tranchée. Afin d'y voir plus clair nous pouvons regarder les relevés dominés par le chêne vert et ceux où il ne l'est pas.

Peuplements à chêne vert dominant : une régénération interparcelle

Le chêne vert est dominant dans 23, 36 et 47 relevés au fil des inventaires. Les figures n° 8.9, n° 8.10 et n° 8.11 représentent la répartition de la densité par la classe de diamètres et essences des arbres avec un DHP supérieur à 7,5 cm. Les essences associées pour l'IFN1 sont le chêne faginé, le caroubier, l'oléastre et, à proximité de la sapinière, très faiblement ce sapin. On trouve dans les relevés de l'IFN2 les mêmes essences avec en plus *Juniperus oxycedrus* et sans *Ceratonia siliqua*. Pour l'IFN3, il cède de nouveau sa place au caroubier. La proportion, prenant en compte l'augmentation du nombre de chêne vert, de ces essences associées diminue au fil des inventaires. Les oliviers sauvages et les caroubiers ne sont présents que dans les premières classes de diamètre et le chêne faginé, à l'opposé, n'est présent que dans les classes de plus forts diamètres.

Dans la figure n° 8.9 (IFN1), les jeunes individus de 5 cm de diamètre sont très nom-

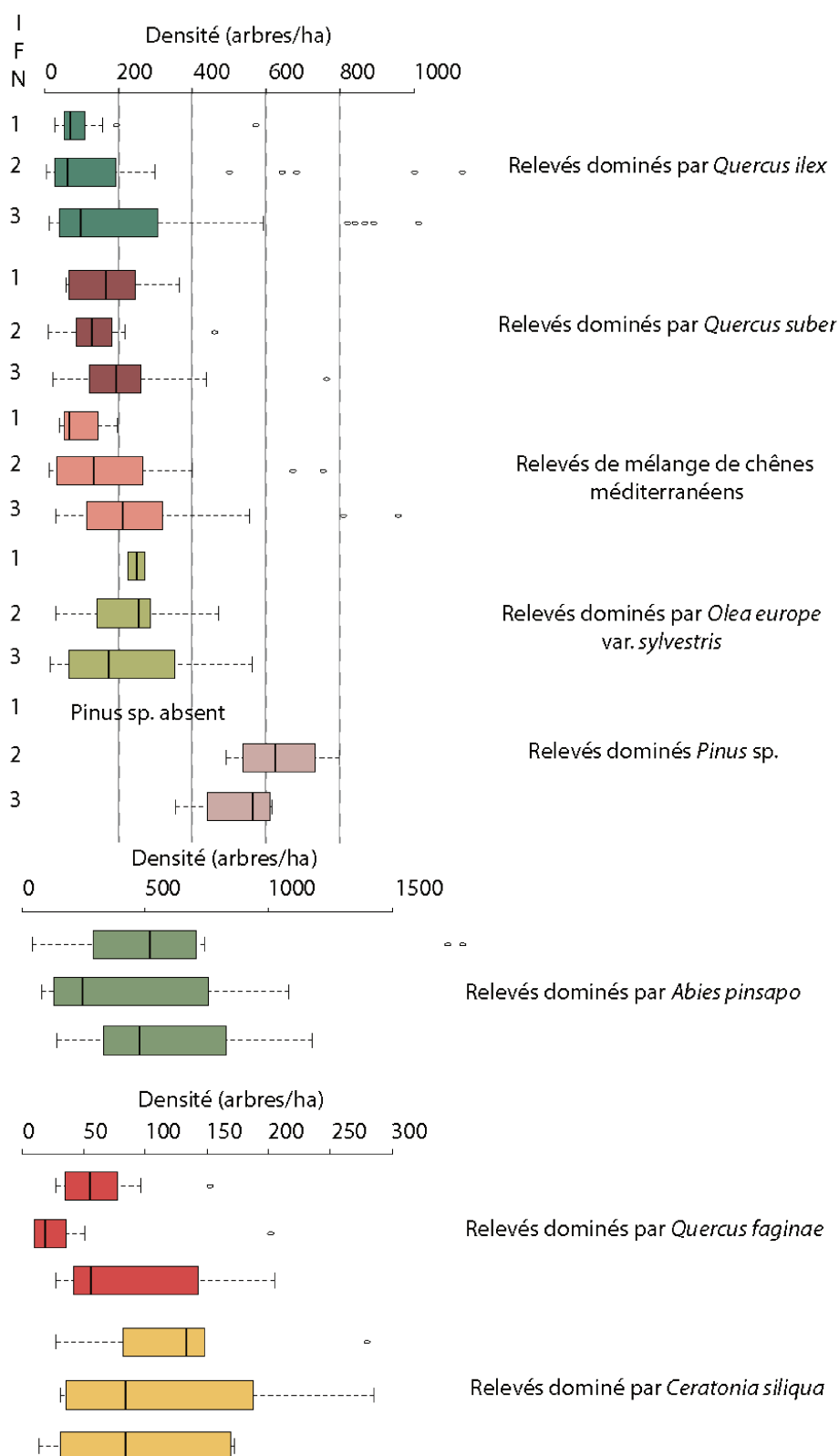


FIGURE 8.8 – Distribution, boîtes à moustaches, de la densité par parcelles par essence dominante pour les trois inventaires forestiers

breux, puis la densité chute drastiquement entre les classes de diamètres centrées sur 10 et 15 cm de diamètre. Elle reste à un niveau assez proche, avec des chutes à 25 et 35 cm, entre 20 et 25 cm. Elle devient proche de zéro au-delà de ce diamètre (graphique n° 8.9). Cependant cette distribution obtenue sur l'ensemble des relevés masque une grande variabilité. Les individus présents dans les classes de 5,10 et 15 cm de diamètre sont respectivement observés dans cinq, un et deux relevés. Les densités de ces classes de diamètres, obtenues sur l'ensemble des relevés à dominance de chênes verts sont le résultat de la moyenne entre quelques relevés avec de fortes valeurs et les autres de valeurs nulles. Dans le cas de l'IFN2 et 3, la distribution des chênes verts suit une courbe de type « J inverse » (figure n° 8.10, 8.11). Il semble y avoir eu une forte régénération naturelle car il y a 81,34 arbres/ha pour l'IFN2 et 167,96 arbres/ha pour l'IFN3 dans la première classe de diamètre (10 cm). Ces fortes densités sont concentrées dans l'IFN2 sur 8 relevés avec des fortes valeurs (602 arbres/ha en moyenne) et bien que présents dans 14 relevés dans l'IFN3, trois d'entre eux en contiennent 60%. On observe ensuite une diminution de la densité. Dans le cas de l'IFN2, à 35 cm de diamètre on assiste à une légère augmentation de la densité jusqu'à 45 cm puis elle rediminue. Ce petit pic correspond aux arbres de 5,10 et 15 cm de diamètre de l'IFN1. On ne le retrouve cependant pas dans l'IFN3 ce qui semble indiquer un tassement des diamètres.

L'ensemble des relevés dominés par le chêne vert indique une régénération. Celle-ci s'opère à l'échelle interparcelle : davantage du fait de parcelles avec un nombre de jeunes individus importants qu'avec une régénération répartie sur l'ensemble des parcelles. Il est impératif de mentionner que ces résultats sont très dépendants de l'échelle de mesure (cercle de rayon de 5 et 10 m pour les arbres de 10,15 et 20 cm de DHP). Quels résultats aurions-nous observés si toutes les classes de diamètres avaient été mesurées sur la même surface ? Les réponses à cette question dépendent de l'homogénéité de la distribution des arbres et du grain de cette distribution. Nous aborderons ces points notre seconde partie.

L'ensemble des relevés dominés par le chêne vert présente une diversité des classes de diamètres mais qu'en est-il au niveau de chaque relevé ? Observe-t-on plusieurs classes de diamètres indiquant différentes phases de régénération ou une seule classe dominante indiquant une seule phase de régénération à cette échelle ?

Le graphique n° 8.12 représente, pour chaque IFN, l'écart type du DHP des chênes verts en fonction du diamètre moyen dans les relevés qu'ils dominent. Il y a 24 relevés

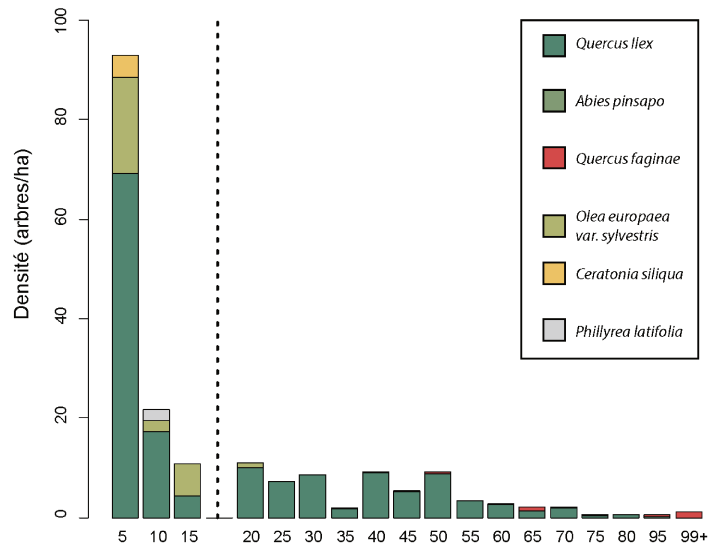


FIGURE 8.9 – Répartition des essences par classes de diamètre (en cm) dans les relevés dominés par le chêne vert (23 relevés) de l’IFN1. Les classes de diamètre 5, 10 et 15 cm proviennent des précomptants (comptés sur un cercle de 8 m de rayon) séparées, sur ce graphique par une ligne en pointillée, des densités des autres classes de diamètres obtenues par le comptage utilisant le relascope de Bitterlich (surface variable)

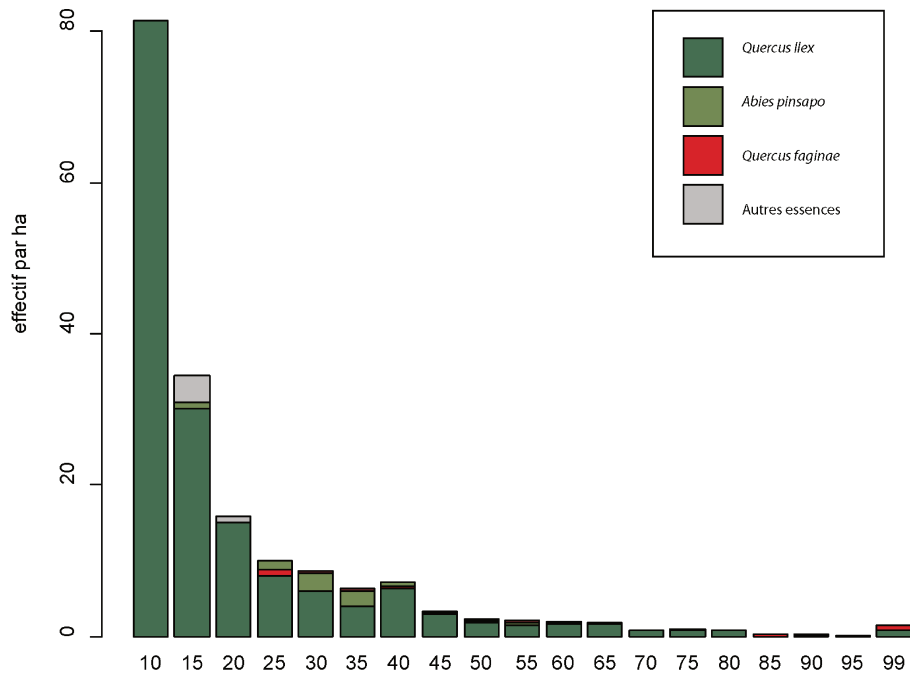


FIGURE 8.10 – Répartition des essences par classes de diamètres (en cm) dans les relevés dominés par le chêne vert (36 relevés) dans l’IFN2

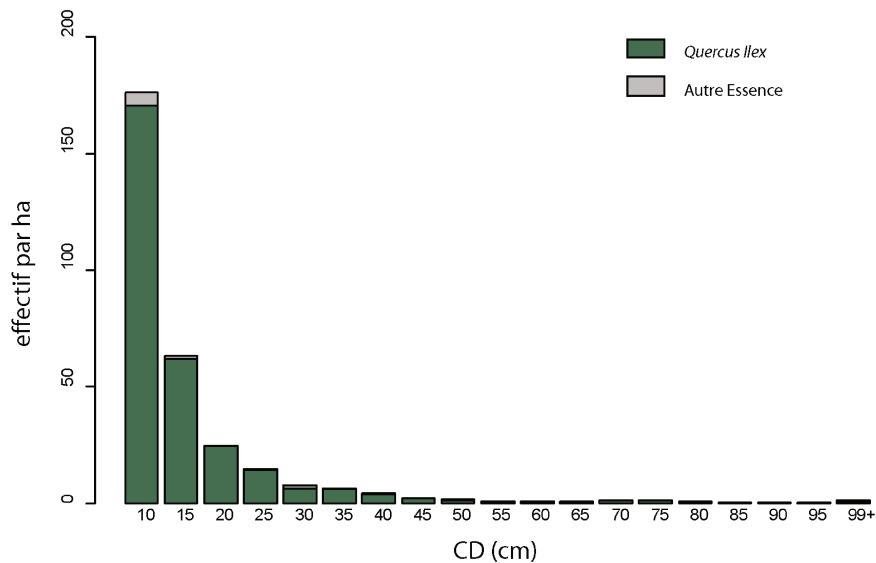


FIGURE 8.11 – Répartition des essences par classes de diamètres (en cm) dans les relevés dominés par le chêne vert (47 relevés) dans l'IFN3

concordant entre l'IFN2 et 3 que l'on doit considérer comme des répétitions. La variabilité entre les relevés est plus importante (écart type des DHP moyen des relevés : 21,97 cm) que la variabilité au sein de chaque relevé (moyenne des écarts types des DHP par parcelle : 8,95 cm). On peut observer qu'il y a une très légère corrélation⁴ entre le DHP moyen et l'écart-type : plus le DHP augmente plus l'écart-type augmente. À faible DHP moyen les parcelles contiennent des jeunes arbres de DHP proche. Le DHP moyen augmentant, on observe deux cas de figure. Le premier correspond à des peuplements vieillissants, le DHP moyen augmente et petit à petit l'écart-type croît, dû à des différences de croissance entre les individus. Le relevé « arbre unique » est un type particulier de ce cas de figure, son écart type étant nul. Le second correspond à de forts écarts-types indiquant la présence sur le relevé d'arbres de diamètres très différents. Dans le premier cas, la régénération, à l'échelle du relevé, n'a pas eu lieu depuis l'installation du peuplement en place. Le second cas est plus diversifié, il indique soit une entrée continue de jeunes individus à l'échelle du peuplement soit une ou des entrées à différentes périodes. La deuxième option avec uniquement une entrée, c'est-à-dire deux modes dans les classes de diamètres est très largement la plus fréquente. Il y a 17 (sur 24 re-mesurés entre les deux inventaires) cas de

4. Elle n'a pas été testée statistiquement du fait de la dépendance des mesures et de méthodes d'inventaire différentes.

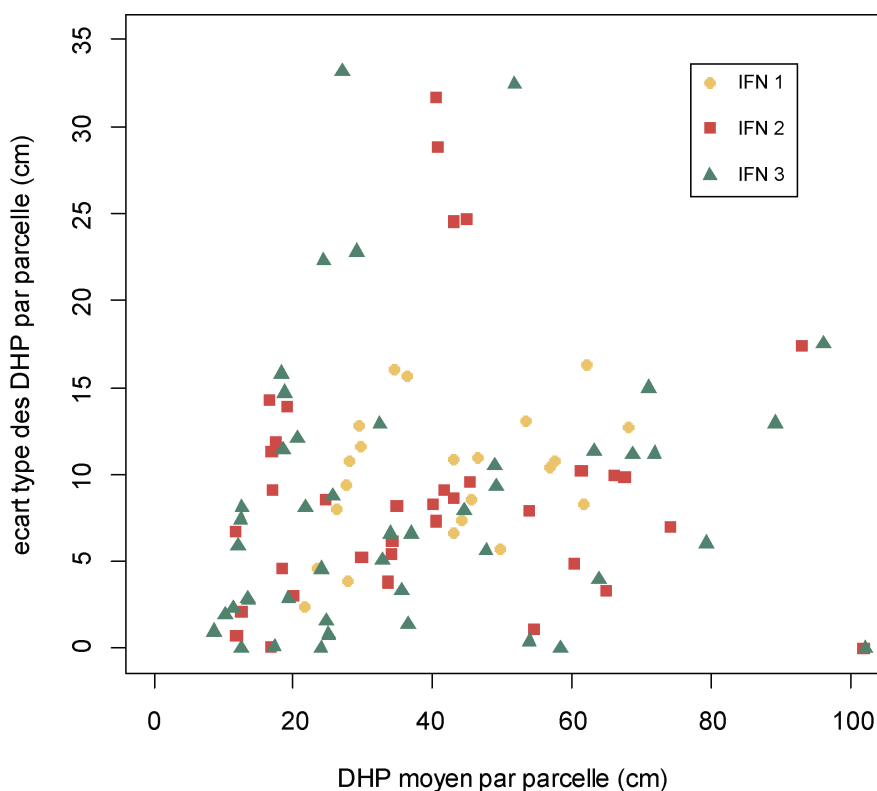


FIGURE 8.12 – Homogénéité-hétérogénéité en fonction du DHP moyen des relevés dominés par le chêne vert dans les trois inventaires

vieillessement du peuplement. Dans deux de ces relevés une augmentation du DHP moyen et de l'écart-type est associée à une forte baisse de la densité qui peut être expliquée par une éclaircie. Sept autres relevés présentent une forte augmentation de leur densité, couplée à une augmentation de l'écart type, pas toujours associé à l'augmentation du DHP. Il y a cinq cas de relevés avec des DHP moyen, supérieur à 33 cm et deux autres relevés où ils sont inférieurs à 18 cm.

Peuplements où le chêne vert est juste présent : une succession progressive

Nous nous sommes concentrés sur les relevés dominants en chêne vert pour y observer la régénération, mais il est possible que le chêne vert s'inscrive dans des dynamiques de succession dans des peuplements dominés par d'autres essences. Les relevés non dominants en chêne vert mais où il est présent vont pouvoir nous renseigner.

Le chêne vert est présent, par ordre d'ancienneté des inventaires, dans 23⁵, 32 et 58 autres relevés où il n'est pas indiqué comme dominant. Le chêne vert qui restait dans les mêmes proportions entre l'IFN1 (1969) et l'IFN2 (1996) connaît une grande augmentation en termes de présence dans les relevés où il n'est pas dominant dans l'IFN3. Comme représenté dans le tableau n° 8.3, le chêne vert est aussi présent dans les relevés indiqués comme mélange de chênes méditerranéens, « *Abies pinsapo* », mélange feuillus/résineux, *Quercus fagineae*, « *Olea europea* », « *Ceratonia siliqua* », « Matorral », « *Phillyrea latifolia* », « *Pinus sp.* » et « *Arbutus unedo* ». Dans l'IFN1, il est proportionnellement⁶ plus souvent présent dans les relevés de « Matorral », puis par ordre décroissant, de « *Quercus sp.* » (chênes méditerranéens), d' « *Olea europea var. sylvestris* », d' « *Abies pinsapo* » et de « *Ceratonia siliqua* ». Trente plus tard c'est presque l'inverse : il a une répartition préférentielle dans les relevés en mélanges avec des résineux ou avec d'autres chênes méditerranéens et le chêne vert se retrouve moins dans les relevés dominés par l'oléastre que dans l'IFN1 et les chênes faginéés. Ces résultats sont similaires 10 ans plus tard, dans l'IFN3, avec, en plus, une présence plus importante dans les relevés dominés par le caroubier et les filaires. Ces changements évoquent une succession progressive dans l'IFN1, le chêne vert était présent dans les peuplements d'essences pionnières alors que dans les IFN2 et IFN3, il est observé dans des peuplements d'essences de stades plus avancés de la succession.

Outre ces présences et évolutions dans les types de peuplements, il est intéressant de regarder la place qu'occupent les chênes verts dans ces relevés à la fois via un pourcentage de la densité totale (figures n° 8.13, n° 8.14 et n° 8.15) et en comparant leurs DHP moyens au DHP des autres essences présentes (figures n°, n° 8.17 et n° 8.18). Ceci permettra notamment d'affiner le diagnostic sur les successions, en fonction des fréquences spécifiques et des classes de diamètre.

Les densités par essence ont été transformées en pourcentage de la densité totale du fait de la forte hétérogénéité entre les relevés particulièrement entre le relevé « Matorral » et ceux à dominance d'*Abies pinsapo*. Le chêne vert représente des pourcentages différents dans ces relevés. Lorsque le chêne vert est associé à une autre essence qui est dominante, il ne peut qu'être inférieur à 25%. Par contre dans les cas de mélange, on obtient tous les

5. Il y a cependant trois cas (deux dans le type « *Quercus sp.* » et un dans « *Quercus fagineae* ») où, dans l'IFN1, ce dernier dépasse les 75% des effectifs du relevé et aurait pu être classé en dominant.

6. Dans ce cas avec de nombreuses catégories faibles le χ^2 n'est pas assez robuste.

Tableau 8.3 – Répartition de la présence de *Quercus ilex* dans les relevés où il n'est pas dominant

Type de relevés	IFN1		IFN2		IFN3	
	Présence chêne vert	Total	Présence chêne vert	Total	Présence chêne vert	Total
Chênes méditerranéens	9	12	15	21	25	35
<i>Abies pinsapo</i>	4	11	4	9	10	13
Mélange Feuillus/résineux	NA	NA	4	4	8	12
<i>Quercus fagineae</i>	4	11	2	9	1	9
<i>Olea europea</i> var. s.	1	2	3	10	4	13
<i>Ceratonia siliqua</i>	1	5	2	6	5	8
Matorral	4	4	NA	NA	NA	NA
<i>Phillyrea latifolia</i>	0	0	1	1	2	3
<i>Pinus</i> sp.	0	0	1	4	2	4
<i>Arbutus unedo</i>	0	0	0	0	1	1

cas de figure jusqu'à une densité proche des 75%. Autant les relevés classés en chêne vert étaient très nettement dominés par cette espèce, dans le cas de ces relevés on assiste le plus souvent un mélange d'espèces sans dominance nette.

Les graphiques suivants (n° 8.16, n° 8.17 et n° 8.18) permettent de positionner le chêne vert dans des classes de diamètres, donnant ainsi une idée de la démographie dans les relevés ainsi que de la place des essences dans les strates de végétation. Dans la figure n° 8.16, on observe pour les relevés qualifiés de matorral une dominance de vieux chênes faginé (84 cm de DHP moyen) avec des chênes verts et des sapins d'Espagne beaucoup plus jeunes (30 et 22 cm de DHP moyen). Les résultats sont similaires pour les peuplements à sapin d'Espagne ou à chênes faginé avec cependant des chênes verts de plus gros diamètre moyen (43 cm et 38 cm dans les deux relevés). Bien que les diamètres des chênes faginé soient sensiblement plus gros que ceux des chênes verts, ce résultat est moins marquant pour les peuplements en mélange de chênes méditerranéens. Dans le cas du relevé à caroubiers, le chêne vert est plus âgé mais cela n'est pas le cas pour le relevé à oliviers sylvestres où l'olivier est un peu plus gros. Le chêne vert apparaît donc comme un remplaçant du chêne faginé mais il partage cette tâche avec d'autres essences en fonction du type de peuplement.

Les deux relevés dominés par les chênes faginé, dans l'inventaire suivant (IFN2, figure

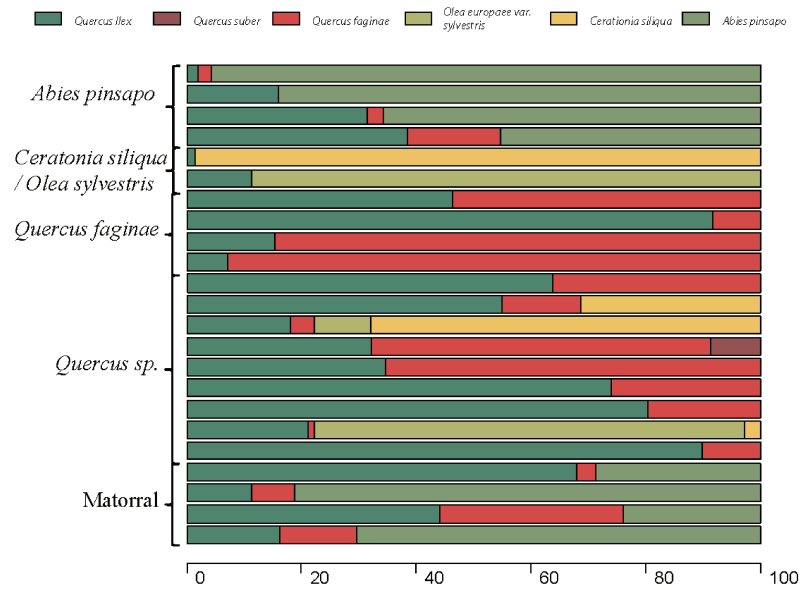


FIGURE 8.13 – Répartition en pourcentage des essences par relevé où *Quercus ilex* est présent mais non dominant dans l'IFN1, les densités par essence ont été converties en pourcentage

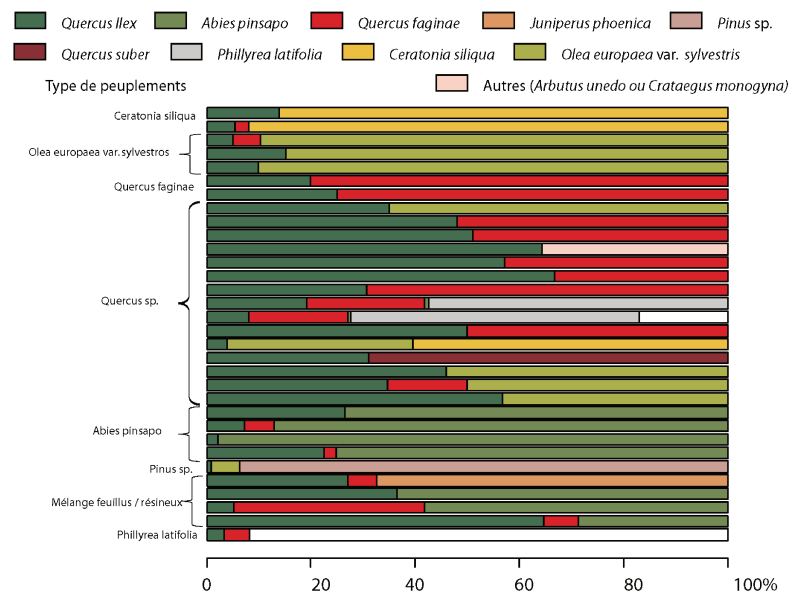


FIGURE 8.14 – Répartition en pourcentage des essences par relevé où *Quercus ilex* est présent mais non dominant dans l'IFN2, les densités par essence ont été converties en pourcentage

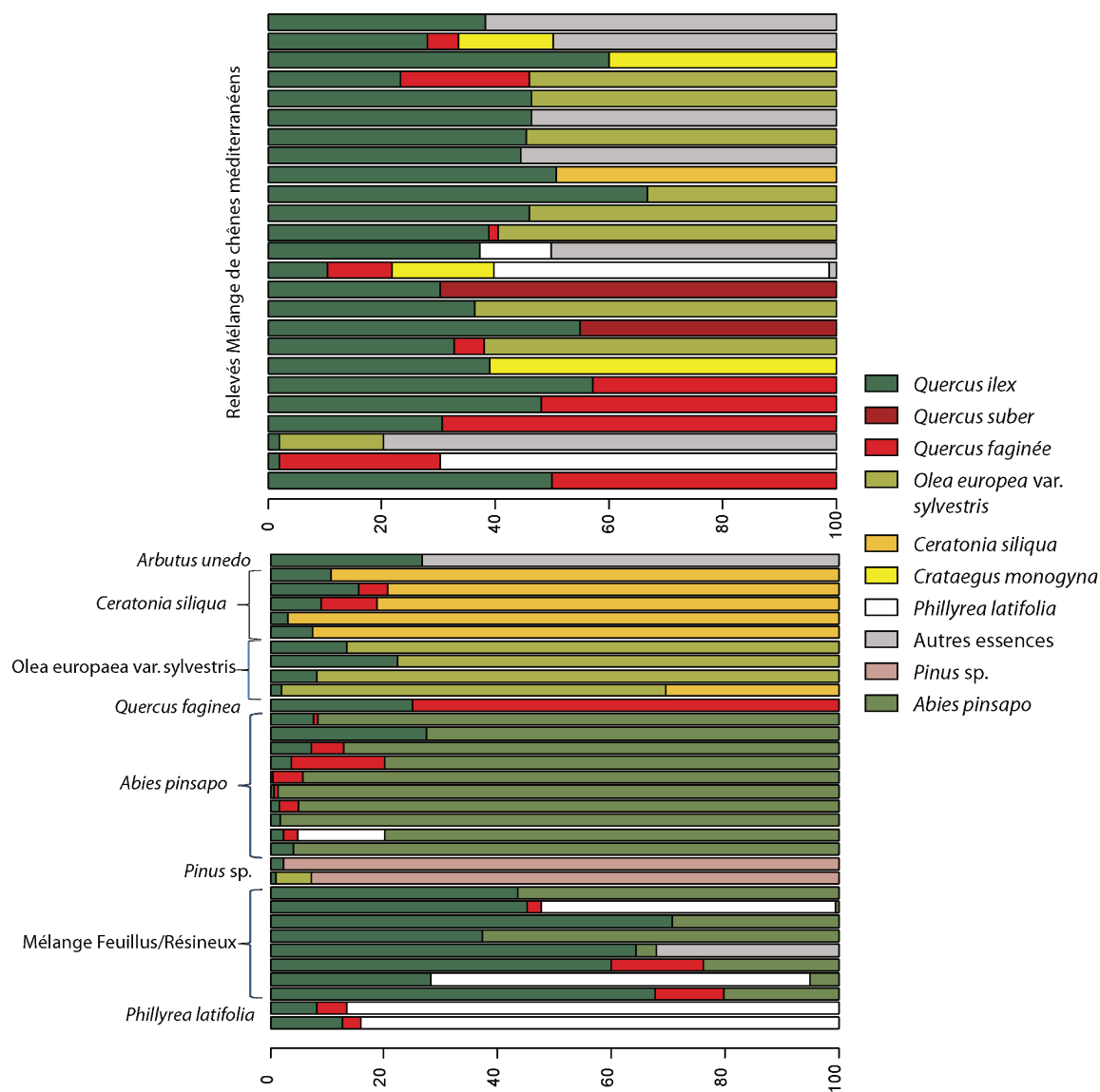


FIGURE 8.15 – Répartition en pourcentage des essences par relevé où *Quercus ilex* est présent mais non dominant dans l'IFN3, les densités par essence ont été converties en pourcentage

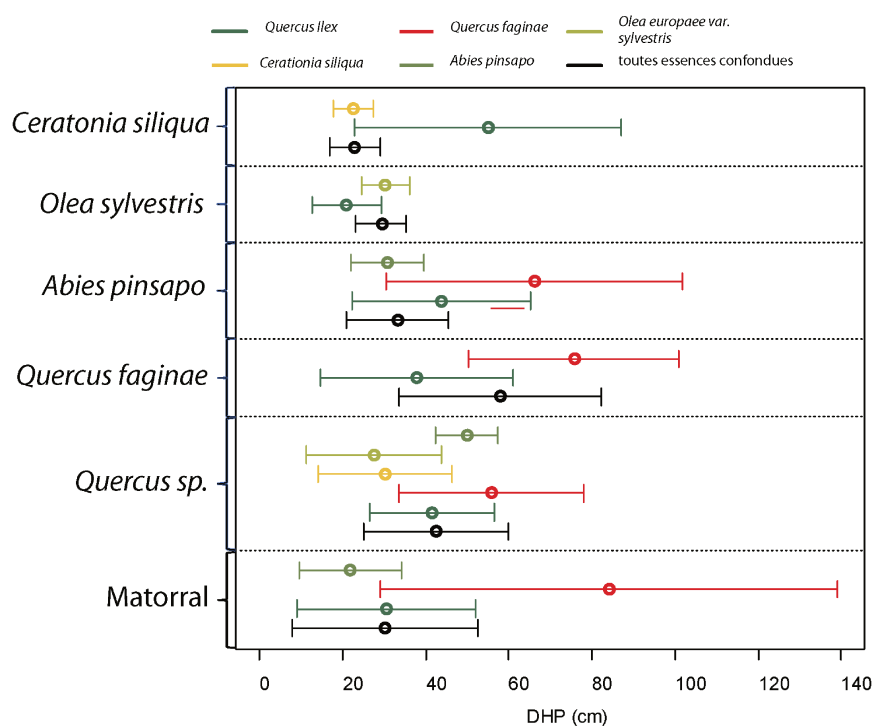


FIGURE 8.16 – Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN2

n° 8.17), comportent des chênes verts de plus gros diamètres mais restant inférieurs à ceux des chênes faginé. Le relevé avec un mélange feuillu/résineux (du sapin d'Espagne) comporte des chênes verts surclassés en diamètre par des chênes faginé et de diamètres identiques, avec cependant plus de variabilité que ceux en sapin d'Espagne. Il n'y a qu'un chêne vert, de très gros diamètre, dans le relevé dominé par les pins (*Pinus* sp.). Bien qu'inférieurs à ceux des chênes faginé, les chênes verts présentent de gros diamètres (supérieur à 60 cm) dans le relevé dominé par les filaires (*Phillyrea latifolia*). Les chênes verts ont des diamètres moyens plus faibles que celui d'un chêne faginé mais surclassant les caroubiers dans les relevés dominés par cette dernière essence. Toujours surclassé par des chênes faginé de très gros diamètres, le chêne vert, dans les relevés dominés par les oléastres (*Olea europea* var. *sylvestris*), a un petit diamètre, légèrement supérieur à l'essence dominante. Le cas des 15 relevés mélangés de chênes méditerranéens est très hétérogène. Globalement, mis à part les relevés dominés par les pins, issus de reboisements, les caroubiers et les filaires, le chêne vert se trouve dans les mêmes catégories de diamètre que l'essence dominante (ou le mélange). Dans les trois cas précédents, il a cependant un

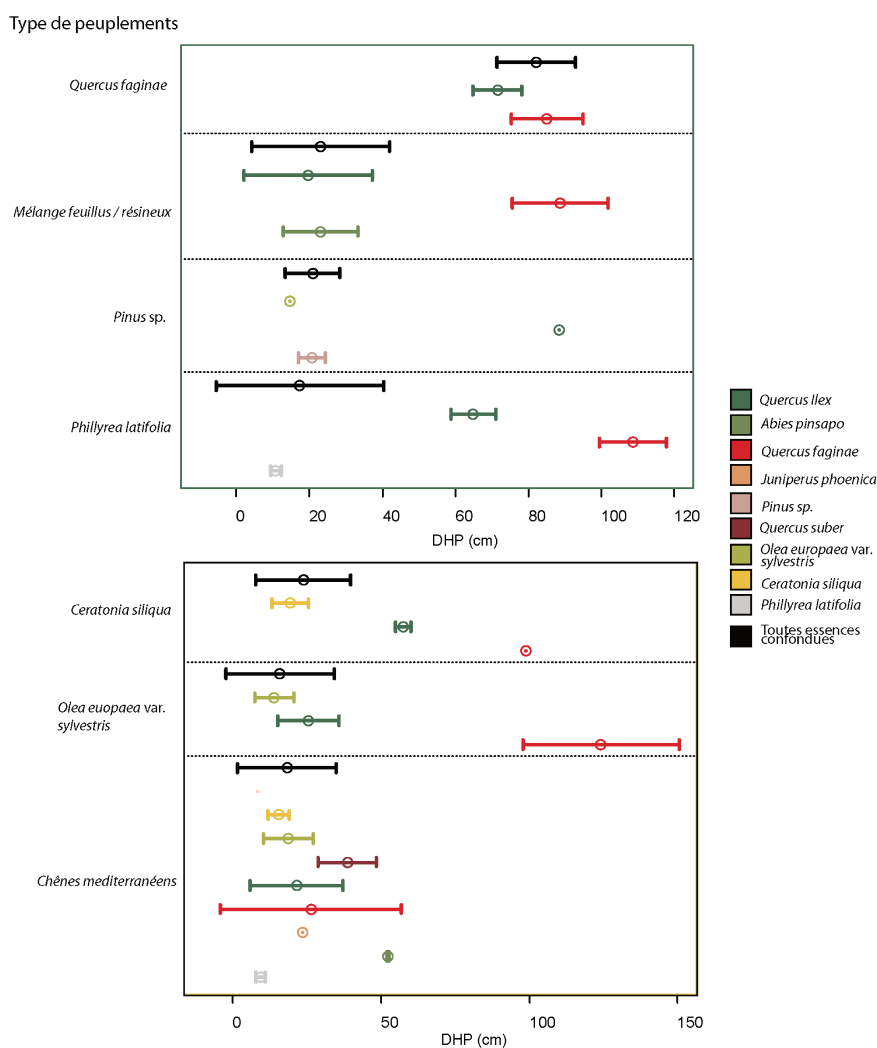


FIGURE 8.17 – Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN2

diamètre bien plus important. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus dans l'IFN1.

Dans l'IFN3 (figure n° 8.18), le relevé avec du chêne faginé, le chêne vert est un très gros arbre dans un groupe de même diamètre. Avec le temps, il est possible que les chênes verts aient rattrapé le DHP moyen des vieux chêne faginé, augmentant moins vite du fait de la sénescence et de leur mortalité. Nous avons souvent regroupé dans nos raisonnements antérieurs les mélanges feuillu/résineux et les relevés dominés par le sapin d'Espagne car il nous semblait que seule la densité changeait, mais il apparaît ici que, dans le cas des relevés avec mélange, les chênes verts sont dans les mêmes catégories de diamètre que les résineux alors que dans les peuplements dominés par les sapins d'Espagne ils sont, avec les

chênes faginé, de gros et vieux arbres entourés de sapins d'Espagne beaucoup plus jeunes. Cette structure peut être interprétée en tenant compte des effets de la protection du sapin d'Espagne, qui a permis à cette espèce de s'étendre autour des noyaux de peuplements rémanents existant dans les années 50 (COHEN, ALEXANDRE et al. 2009). Les deux relevés avec *Pinus* sp. présentent à la fois de très gros chênes, vieux arbres laissés en place lors de la plantation, et des jeunes poussant sous les pins (en faible nombre et densité dans les deux cas). Les deux relevés dominés par les filaires (*Phillyrea latifolia*) comportent des chênes faginé de très gros diamètres homogènes et des chênes verts de gros diamètres très distincts des filaires de petits diamètres homogènes. Dans les relevés dominés par l'arbousier, les chênes verts ont des petits diamètres similaires à ceux des arbousiers (*Arbutus unedo*). Dans les relevés à caroubier, les chênes verts ont des diamètres plus faibles que les chênes faginé mais plus gros que les caroubiers (*Ceratonia siliqua*). Dans les relevés dominés par *Olea europea* var. *sylvestris* on observe à la fois des chênes verts de diamètres similaires aux petits diamètres des oléastres et des chênes de diamètres moyens à gros.

Ces différents résultats confirment une dynamique de succession progressive en faveur du chêne avec cependant dans certains cas une présence éparse antérieure de chênes verts un peu plus anciens.

8.2.2 Des précomptants à la régénération :

L'IFN1 ne parle pas de régénération mais contient une indication sur la présence d'arbres ayant un DHP < 2,5 cm (gaules). On observe plus souvent des gaules de chêne vert dans les relevés dominés par l'oléastre (1/2 relevés), le matorral (3/4 relevés), ceux dominés par les sapins d'Espagne (5/6 relevés) que dans ceux à chênes méditerranéens (4/6 relevés), à chêne faginé (2/12 relevés) et paradoxalement ceux à chêne vert (9/14 relevés, graphique n° 8.19). Cette observation tend à renforcer l'hypothèse que le chêne vert se régénère mieux (colonise ?) dans les matorrals que sous son propre couvert.

Les inventaires suivants sont plus précis. Aux précomptants, l'IFN2 rajoute un indice de régénération et l'IFN3 remplace la terminologie ancienne de « *pies menores* » (précomptant) par « *regeneracion* ». Ce changement de terminologie est associé à un changement de mesure. Il est heureusement possible d'extraire les gaules de ces deux inventaires afin de comparer avec l'IFN1.

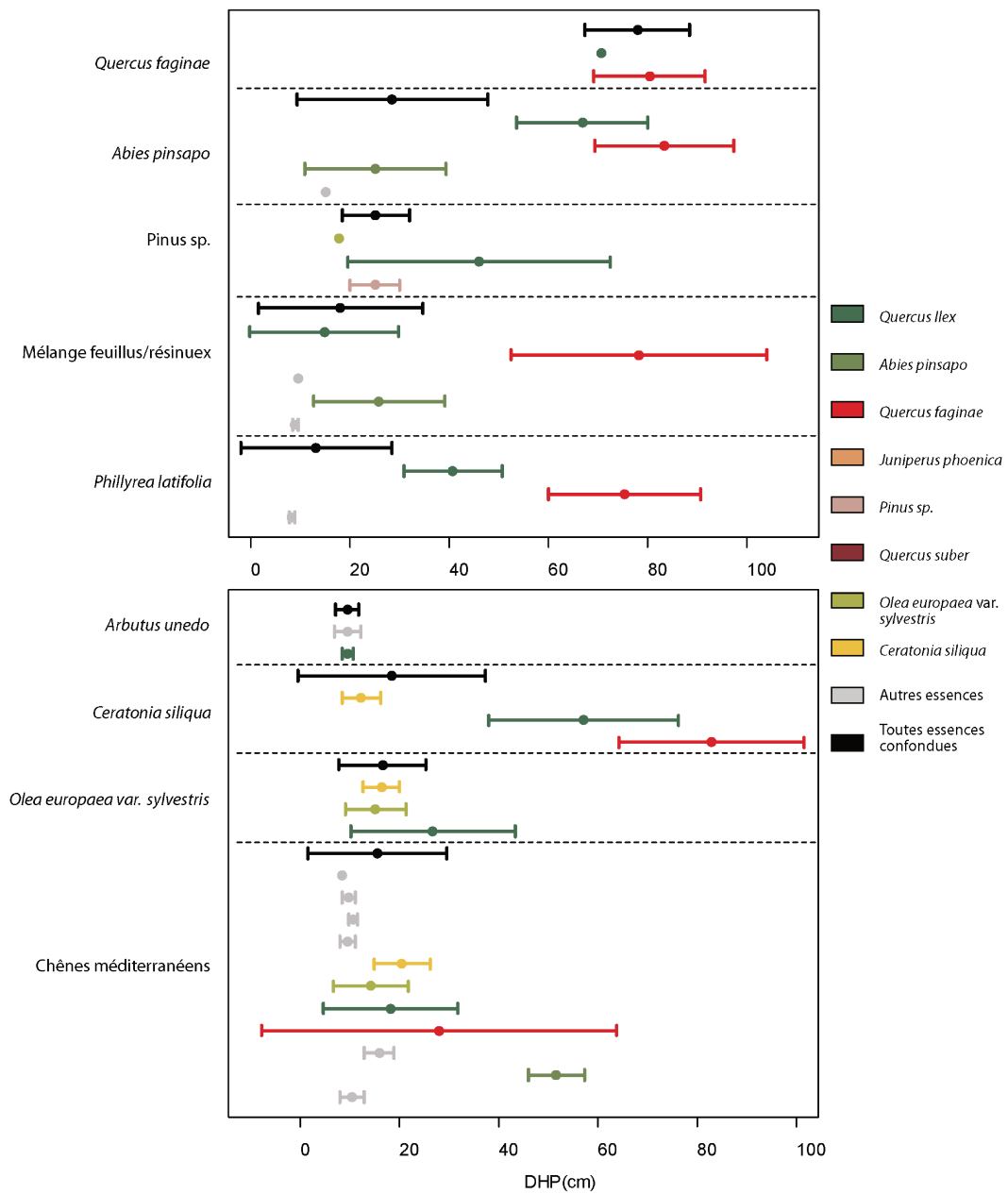


FIGURE 8.18 – Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN3

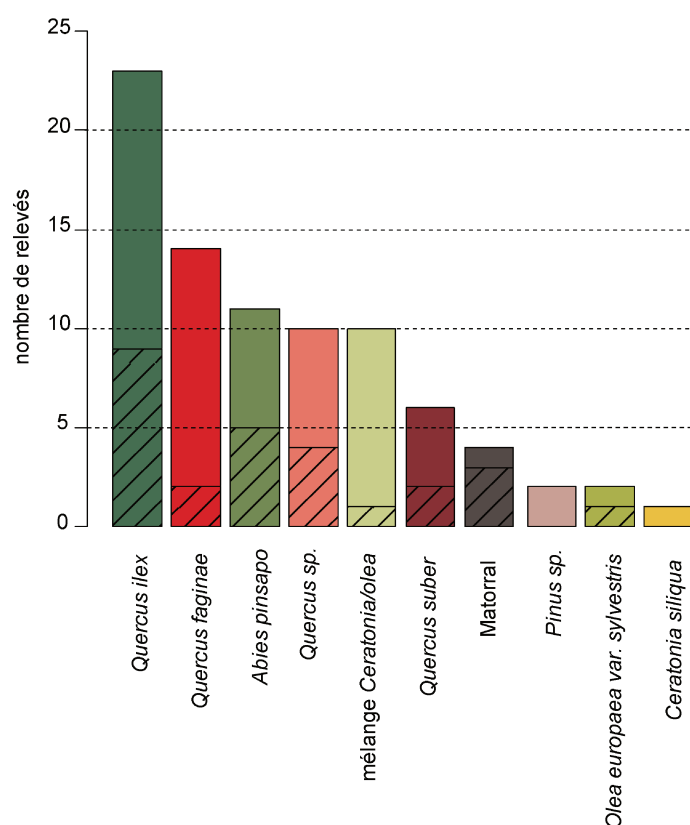


FIGURE 8.19 – Répartition des chênes vert ayant un DHP < 2,5 cm (en hachuré) dans les différents types de peuplements ou de végétation (L'hypothèse nulle de répartition au hasard est rejetée, test du χ^2 , P «1%)

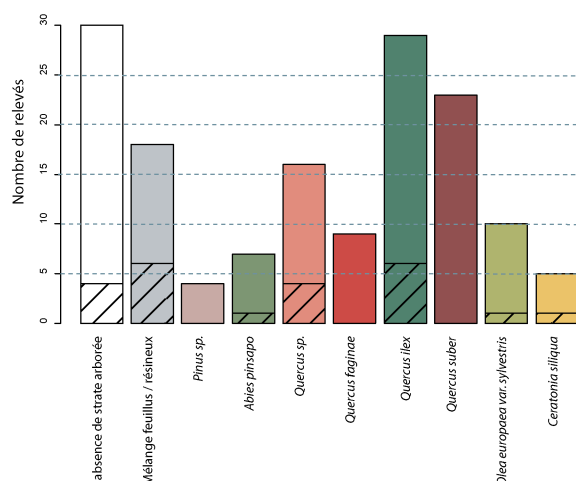


FIGURE 8.20 – Présence de gaule (en hachuré) par type de peuplements dans l'IFN2

Cependant avec l'IFN2, près de 30 ans plus tard, des résultats différents nous attendent. Les gaules de chênes verts sont proportionnellement plus présentes dans les relevés mélangeants feuillus et résineux, de *Quercus* sp., et dominant en *Quercus ilex*. Elles sont présentes en grand nombre dans les relevés à chênes verts (*Quercus ilex*) dominant. Elles sont proportionnellement moins présentes dans les relevés sans strate arborée, dominés par *Pinus* sp., les chênes faginéés (*Quercus fagineae*), les chênes lièges (*Quercus suber*) et par les oléastres (*Olea europaea var. sylvestris*). Cependant dans les relevés sans strate arborée où les précomptants sont présents, ils y ont une forte densité (Graphique n° 8.20). À l'exception des résultats obtenus dans les relevés avec un mélange de chênes méditerranéens, ces constats sont contraires à ceux que nous obtenions pour l'IFN1 mais assez proches de ce que nous obtenions dans le cadre des relevés où le chêne vert n'était que présent. À la fin des années 70, le chêne vert colonisait des peuplements puis au milieu des années 90 il se régénérerait mieux sous son couvert dans un contexte de stade plus avancé de la succession (post-pionnier).

L'IFN3, 10 ans plus tard, indique 41 relevés contenant des précomptants de chênes verts. Il ne semble plus y avoir de type de relevés préférentiels (graphique n° 8.21, test du χ^2 , p-value = 0,2389). On trouve des précomptants dans tous les relevés à l'exception de ceux dominés par *Quercus fagineae*, et *Phillyrea latifolia*.

Un indice concernant des jeunes chênes verts (n'ayant pas de diamètre mesurable à hauteur de poitrine) est donné pour chaque relevé dans l'IFN2. Il est élevé pour les relevés

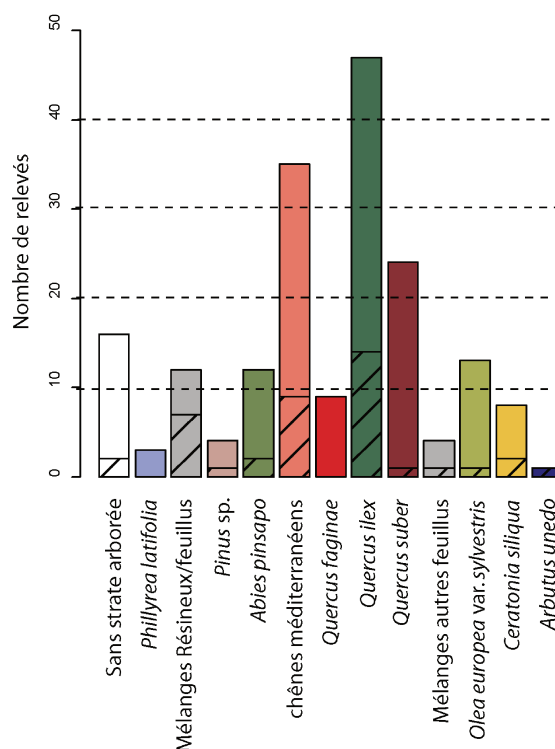


FIGURE 8.21 – Présence de gaules (en hachuré) par type de peuplements dans l'IFN3

mixtes de feuillus et de résineux, à chênes verts dominants, à *Quercus* sp. comportant également des gaules. Il est non négligeable pour les relevés sans strate arborée, dominés par *Ceratonia siliqua* et le sapin d'Espagne (*Abies pinsapo*) alors que ces relevés présentent moins fréquemment des gaules (Graphique n° 8.22).

Dans l'IFN3, chaque essence (première variable) va être divisée en 4 catégories (Tableau n° 8.4). Cette essence/catégorie devient l'individu statistique (un chêne vert de moins de 30 cm de hauteur par exemple) et il est décrit par au moins deux autres variables. Pour une parcelle, on peut donc obtenir plusieurs essences/catégories. Cependant dans le cas où plus de 85% des jeunes arbres appartiennent à une seule catégorie, celle-ci uniquement devait être conservée. La première variable est un indicateur de la densité. Elle peut être « *escasa* » (de 1 à 4 pieds), « *normal* » (5 à 15 pieds) et « *abundante* » (plus de 15 pieds)⁷. La seconde est l'origine supposée de la régénération. Elle peut être « *siembra o semilla* » (semis, ici semé ou pas), « *plantación* » (plantation), « *Brote de cepa o raiz* » (drageon ou brin de cepée), « *desconocido* » (inconnu), « *mixto* » (mixte) et « *dudoso* » (douteuse).

7. À titre informatif « faible » correspond à une densité allant de 127,32 pieds/ha à 509,26 pieds/ha, « normal » à une densité allant de 636,62 pieds/ha à 1909,86 pieds/ha, et « abondante » va au-delà.

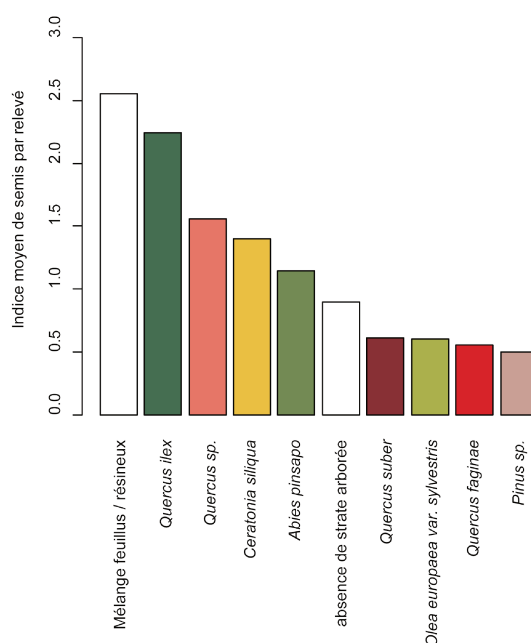


FIGURE 8.22 – Indice de régénération de chêne vert de l’IFN2(indice 0 : pas de régénération, 1 moins de 5 individus, 2 entre 5 et 15 et 3 plus de 15)

Tableau 8.4 – Description des différentes catégories de régénération de l’IFN3

Catégorie 1	Hauteur \leq 30 cm
Catégorie 2	30 cm < Hauteur \leq 130 cm
Catégorie 3	Hauteur \geq 130 cm et DHP < 2,5 cm
Catégorie 4	Hauteur \geq 130 cm et 2,5 cm \leq DHP < 7,5 cm ; correspond au précomptant de l’IFN2

La dernière catégorie, « douteuse », semble proche de celle « inconnue » et elle montre bien que la régénération commence à être prise en compte mais que ses catégories méritent d’être mieux explicitées. Les catégories de régénération de chênes verts ne sont présentes que dans quatre de ces origines proposées : « semis », « drageon/cepée », « douteuse » et « mixte ». « Mixte » avec 209 cas mentionnés est la catégorie la plus présente, puis « semis » avec 51 mentions et, étonnement par rapport à la bibliographie (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001) la multiplication végétative n’est indiquée que 21 fois. Enfin, confirmant nos doutes, « douteuse » n’est utilisée qu’une seule fois. Dans le cas d’individus de catégorie 4, le nombre de pieds est donné et une hauteur moyenne est calculée.

Tableau 8.5 – Répartition des chênes verts (*Quercus ilex*) dans les catégories de régénération de l'IFN3

Catégories de régénération	<i>Quercus ilex</i>	Autres essences	Total
1 ($H \leq 30$ cm)	102	266	368
2 ($30 \text{ cm} < H \leq 130$ cm)	78	253	331
3 ($H \geq 130$ cm et DHP $< 2,5$ cm)	56	146	202
4 (précomptant)	41	109	150

Sur les 188 relevés, 155 font état de la régénération d'au moins une essence dont 103 avec du chêne vert. Les chênes verts sont plus présents dans la première catégorie de régénération (hauteur ≤ 30 cm) puis, comme pour les autres essences (un test du χ^2 n'indique pas de différence entre essences p-value = 0.5521), le nombre de fois où les autres catégories sont dénombrées diminue en suivant l'accroissement en diamètre et hauteur des individus (Tableau n° 8.5).

Ce n'est pas uniquement la présence de précomptants par relevés qui importe mais également leur nombre. Les précomptants sont comptés dans l'IFN3, le tableau n° 8.6 nous énumère le résultat obtenu. *Quercus ilex* arrive très largement en tête avec 250 dénombrements, suivis par des arbustes (*Phillyrea latifolia*, *Crataegus monogyna*, *Arbutus unedo*). Ce nombre correspond à une densité de 169,31 arbres/ha, chiffre très proche de la densité mesurée pour la classe de diamètre centrée sur 10 cm de cet inventaire. Si l'on souhaite garder une distribution similaire des classes de diamètre, cela signifie que la mortalité ne devra toucher presque aucun de ces précomptants, il y a donc un risque que le nombre d'individus dans la classe de diamètre centrée sur 10 cm soit plus faible dans les années à venir. Le fait que le chêne vert soit la seule essence arborée présente est également perturbant, l'inventaire arrive-t-il à bien saisir les précomptants? A-t-on un embroussaillage avec des espèces comme la filaire ou l'arbousier restreignant la régénération des autres essences?

Alors qu'il ne semblait pas y avoir de lien entre le type de relevés et la présence de précomptants, les relevés dominés par des chênes verts contiennent beaucoup plus de gaules que les autres avec 139 individus (graphique n° 8.23). C'est ensuite le mélange feuillus/résineux et le mélange de chênes méditerranéens qui en contiennent le plus (respectivement 33 et 32 individus). Cela semble logique, le chêne vert peut coloniser d'autres types de peuplements que les yeuseraies mais cette dissémination reste moins forte que là

Tableau 8.6 – Nombre de précomptants (catégorie 4 IFN3) par Espèces (188 placettes, 1,48 ha)

Espèces/essences	nombre de précomptants
<i>Quercus ilex</i>	250
<i>Phillyrea latifolia</i>	160
<i>Crataegus monogyna</i>	99
<i>Arbutus unedo</i>	40
<i>Olea europea var. sylvestris</i>	38
<i>Ceratonia siliqua</i>	24
<i>Juniperus phoenica</i>	24
<i>Pistacia terebinthus</i>	18
<i>Abies pinsapo</i>	15
<i>Juniperus oxycedrus</i>	14
<i>Quercus faginea</i>	13
<i>Pinus sp.</i>	2
<i>Quercus suber</i>	1
<i>Acer monspessulanum</i>	1
<i>Rhamnus alaternus</i>	1

où les semenciers sont très présents. Chaque parcelle ayant des précomptants en contient en moyenne 5,95 par hectare, la parcelle en contenant le plus en possède 21 et les parcelles le moins juste 1. Le chêne vert se régénèrerait donc correctement sous son couvert. La hauteur moyenne (3,83 m) de ces gaules varie grandement ($\pm 6,34\text{m}$).

On retrouve des résultats similaires à la catégorie 4 (précomptants) pour les autres catégories de régénération (Tableau n° 8.7). Ces catégories sont plus présentes dans les relevés dominés par *Quercus ilex* et dans les mélanges de chênes méditerranéens. Il y a une forte diminution entre les catégories 1 ($H \leq 30$ cm) et 2 ($30 < H \leq 130$ cm) dans les relevés dominés par *Quercus ilex* indiquant un moins bon succès au passage entre ces catégories. En parallèle, la variable densité (« tipo de densidad ») varie en fonction de la catégorie de régénération. Dans la première catégorie, il y a une majorité de « plus de 15 pieds », dans la seconde catégorie plus de « 15 pieds » arrive au même niveau que « 5 à 15 pieds » et, dans la troisième et dernière catégorie, c'est la catégorie de « 5 à 15 pieds » qui est la plus représentée (figure n° 8.24).

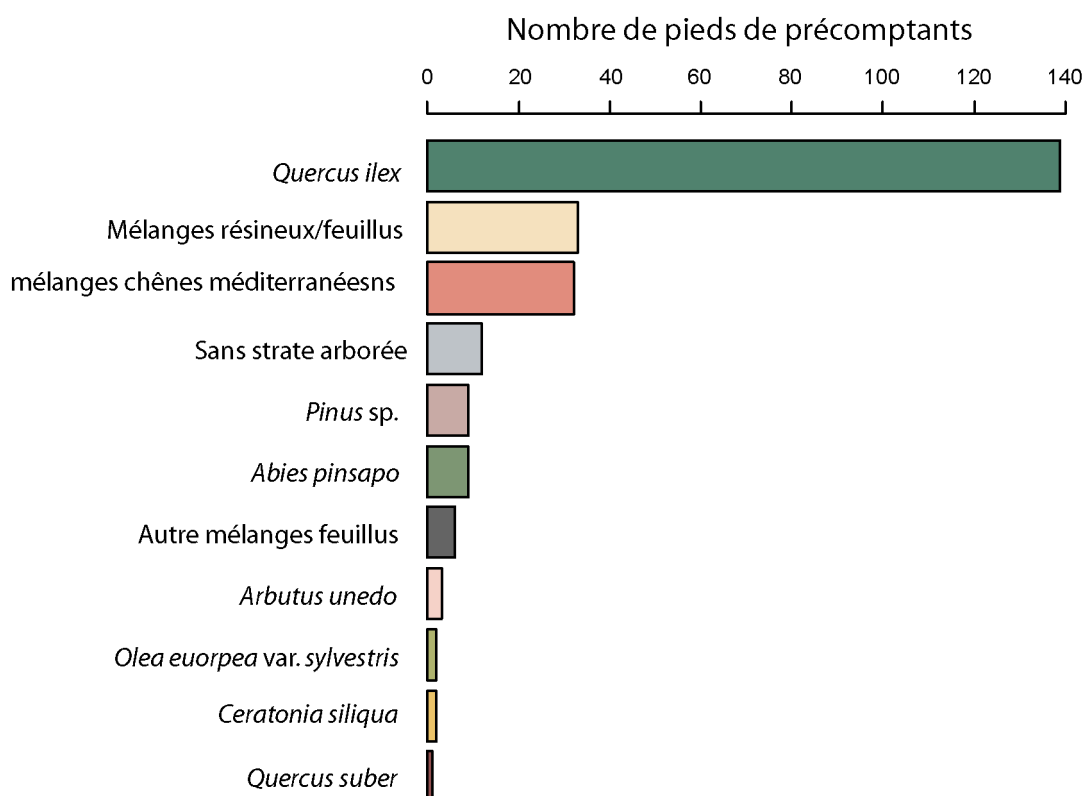


FIGURE 8.23 – Nombre de précomptants de chênes verts par type de relevés dans l'IFN3

Tableau 8.7 – Répartition des différentes catégories de régénération dans les types de relevés dans l'IFN3

types de relevés	cat.1	cat.2	cat.3	cat.4
<i>Quercus ilex</i>	40	29	19	14
mélanges chênes méditerranéens	20	17	15	9
Mélanges Feuillus/résineux	9	7	6	7
<i>Abies pinsapo</i>	8	7	4	2
Sans strate arborée	7	5	5	2
<i>Olea euorpea var. sylvestris</i>	4	3	2	1
<i>Ceratonia siliqua</i>	4	3	2	2
<i>Quercus suber</i>	3	1	0	1
<i>Phillyrea latifolia</i>	2	2	1	0
<i>Pinus sp.</i>	2	1	1	1
<i>Quercus faginae</i>	1	1	0	0
Mélanges autres feuillus	1	1	1	1
<i>Arbutus unedo</i>	1	1	0	1
Total	102	78	56	41

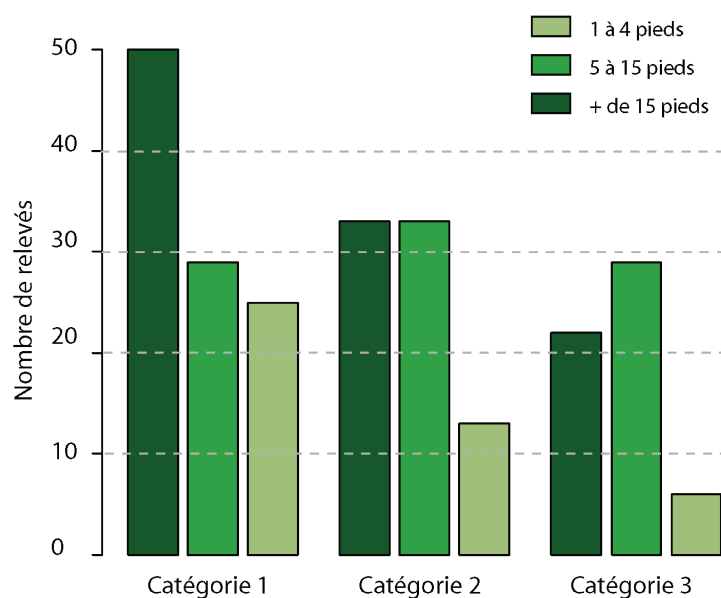


FIGURE 8.24 – Répartition des types de densité (« tipo de densidad ») par catégorie de régénération, IFN3

8.2.3 Strate arbustive et régénération

Dans l'IFN1, la strate arbustive n'est pas inventoriée mais les espèces de cette dernière sont mentionnées dans les observations. Le nom vernaculaire étant le plus souvent employé, il n'est souvent pas possible d'avoir une information plus précise que le genre. Nous avons donc indiqué pour chaque relevé la présence de chacun de ces taxons et nous y avons rajouté les essences de la strate arborée (dans un souci de cohérence car ces dernières étaient également mentionnées mais pas systématiquement). Le tableau n° 8.8 présente l'occurrence de ces taxons dans les 103 relevés. Si l'on exclut les espèces arborées au stade juvénile, les espèces arbustives les plus citées (au minimum 20 fois) sont les cistes (*Cistus* sp.), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), l'ajonc (*Ulex baeticus*), le caroubier (*Ceratonia siliqua*), le daphné garou (*Daphne gnidium*), l'épine vinette (*Berberis vulgaris*), les filaires (*Phillyrea* sp.), les ronces (*Rubus* sp.) et l'aubépine (*Crataegus monogyna*). Ces résultats sont proches de ceux obtenus via les dossiers d'acquisition de l'ICONA de la même période.

Une AFC (graphique n° 8.25) sur ces occurrences ainsi que celles des précomptants de chênes verts, par relevés, a été effectuée (les espèces ou taxons présents une ou deux fois ont cependant été exclus). Elle discrimine sur l'axe 1 un gradient thermique et hydrique

Tableau 8.8 – Occurrences des espèces arbustives dans les observations des relevés de l'IFN1 classées par rang

espèces (code)	Occurrence	espèces (code)	Occurrence
Quercus ilex (Qi)	61	Thymus sp. (Thsp)	11
Cistus sp. (Cisp)	59	Retama sp. (Resp)	10
Pistacia lentiscus (Pile)	52	Pistacia terebinthus (Pite)	10
Quercus faginatae (Qfag)	46	Asparagus sp. (Assp)	4
Olea europaea var. sylvestris (Olea)	36	Erica sp. (Ericasp)	3
Ulex baeticus (Ulba)	34	Quercus coccifera (Qcox)	2
Ceratonia siliqua (Csil)	32	Fraxinus sp. (Frsp)	2
Daphne gnidium (Dagn)	27	Arbutus unedo (Arun)	2
Berberis vulgaris (Bevu)	23	Nerium oleander (Neol)	2
Phillyrea sp. (Philsp)	21	Juniperus oxycedrus (Juox)	1
Abies pinsapo (Abpi)	21	Populus sp. (Posp)	1
Rubus sp. (Rusp)	20	Hedera helix (Hehe)	1
Crataegus monogyna (Crmo)	20	Euphorbia sp. (Eusp)	1
Chamaerops humilis (Chhu)	16	Rhamnus alaternus (Rhal)	1
Quercus suber (Qsub)	11	Opuntia ficus-indica (Opfi)	1

qui oppose des espèces thermophiles (Oléa : Oléastre et le palmier nain (Chhu : *Chamaerops humilis*) au sapin d'Espagne (Abpi : *Abies pinsapo*). L'axe 2 oppose des espèces de milieux un peu plus acide (*Erica* sp.) et calcifuge (Qsub : *Quercus suber*) au reste du cortège généraliste. Le chêne vert (« QI » désignant les adultes et « Qi2 » les gaules ou précomptants) est assez mal caractérisé par ces deux axes. Une CAH (graphique n° 8.26) sur les axes de l'AFC nous permet de confirmer que les gaules de chêne vert sont regroupées avec des espèces généralistes de matorral et non pas avec les espèces les plus thermophiles. Cela relativise les résultats obtenus en regardant la répartition des gaules dans les types de peuplements. Est-ce que le chêne vert se régénère préférentiellement dans certains types de peuplements ou est-ce que ces types de peuplements sont rencontrés dans des trajectoires qui le favorisent ? La présence de *Crataegus monogyna* (Crmo) et *Berberis vulgaris* (Bevu), espèces épineuses protectrices de semis, au côté des gaules de chênes verts pourrait nous orienter vers la seconde hypothèse. Comme pour les résultats de l'AFC, où le chêne est mal caractérisé, les faibles niveaux d'agrégations indiquent que la variabilité expliquée l'est aussi.

Les informations sont plus précises dans l'IFN2 : il y a plus de taxons et l'information

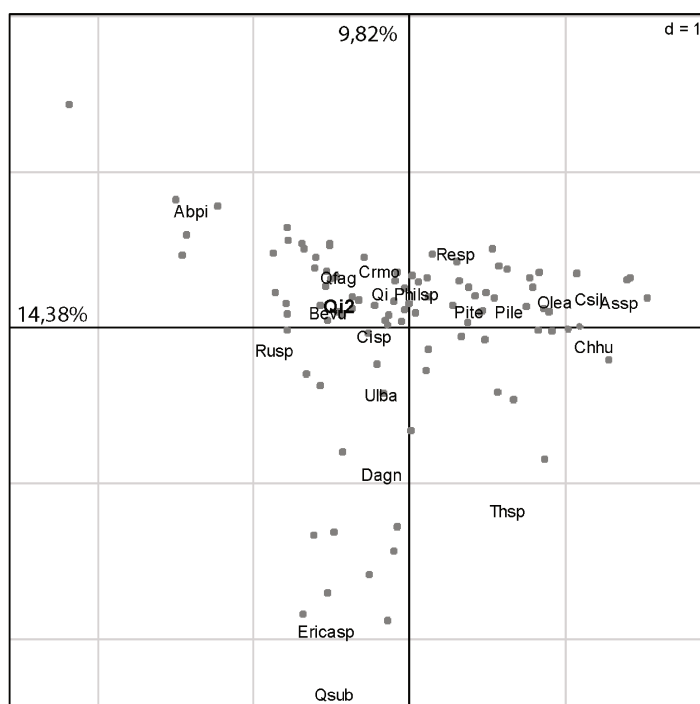


FIGURE 8.25 – AFC (axe 1 et 2) sur les composants de la strate arbustive des relevés de l'IFN1

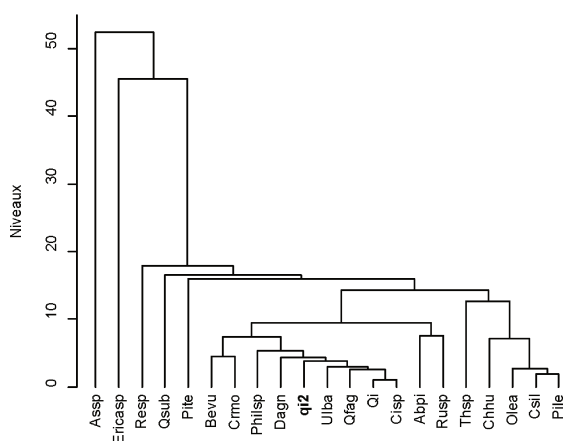


FIGURE 8.26 – Dendrogramme de la CAH sur les axes de l'AFC effectuée sur les composants de la strate arbustive de l'IFN1

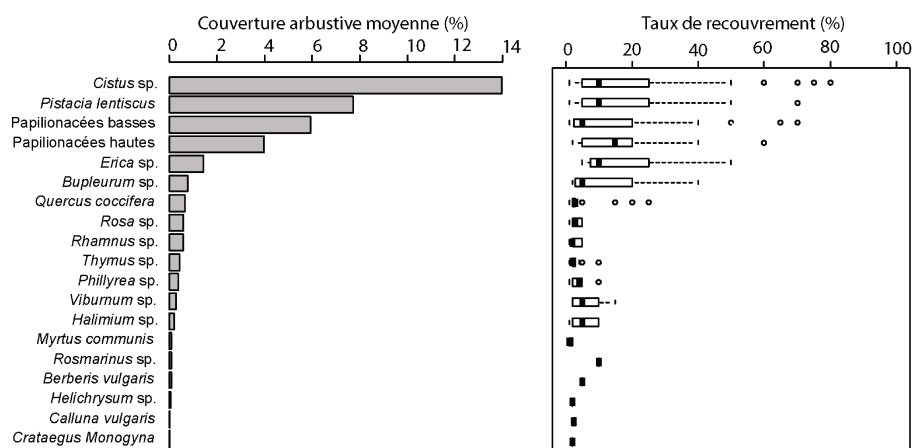


FIGURE 8.27 – Taux de recouvrement moyen par taxons de la strate arborée de l'IFN2 et boîtes à moustaches de ces taux.

n'est plus une présence/absence mais un taux de recouvrement. Malgré tout, l'information de l'espèce est rarement disponible, et des catégories comme « Papilionacées basses » (inférieur à 50 cm) ou « Papilionacées hautes » (supérieur à 50 cm) restent vagues. Dans le territoire du PNSG, les papilionacées hautes correspondent vraisemblablement en grande partie à l'ajonc (*Ulex baeticus*). Le taux moyen de recouvrement est de 37,17 % avec un écart type de 27,79 % indiquant une forte variabilité. Les cistes (*Cistus* sp.), le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*) et les deux groupes de papilionacées (basse et haute) sont les taxons avec le plus fort taux de recouvrement moyen (Graphique n° 8.27). Les trois premiers taxons peuvent parfois avoir de très fort taux de recouvrement, atteignant les 80%, mais dans 25% des relevés les taux de recouvrement sont faibles comme en témoigne l'écart entre la médiane et le premier quartile dans les boîtes à moustaches du graphique n° 8.27. Ce n'est pas le cas pour « Papilionacées hautes » où l'écart faible se situe entre la médiane et le troisième quartile.

Les données de l'IFN1 ne permettent pas une comparaison très intéressante, on retrouve les mêmes taxons dans un ordre de présence similaire mais on ne peut pas savoir s'il y a eu une augmentation du recouvrement (embroussaillage).

Une analyse factorielle des correspondances a aussi été effectuée sur la présence/absence des taxons de la strate arbustive, des essences de la strate arborée et des semis (Semis Q. ilex) et gaules (Gaule Q. ilex) de chênes verts (Graphique n° 8.28). Mis à part *Phillyrea latifolia* qui pouvait être présente dans les deux strates, il n'y avait pas de redondance.

Nous avons tout de même gardé la distinction entre les filaires de la strate arbustive (Phlat) et celle de la strate arborée (*Phillyrea latifolia*). Le premier axe (12,9%) oppose *Quercus suber* et *Myrtus communis*, espèces acidophiles, au reste du cortège. Le second axe (10,75%) semble correspondre à un gradient d'altitude et d'humidité, avec *Ceratonia siliqua* et *Quercus coccifera* s'opposant à *Abies pinsapo*. Les semis de *Quercus ilex* sont proches de l'origine des axes et relativement mal caractérisés. Les gaules de même essence s'en éloignent pour aller vers plus d'humidité. Ces résultats sont très proches de ceux obtenus lors de l'IFN1, les axes 1 et 2 sont cependant inversés. Cela s'explique par le fait que plus de relevés ont été effectués dans la partie siliceuse : l'opposition silice/calcaire apparaît donc mieux.

Une CAH a été effectuée sur la matrice des distances entre les relevés (graphique n° 8.29). Les « papilionacées basses » et « hautes », le chêne faginé, le pistachier lentisque, le chêne vert et ses semis forment un premier groupe. Ce groupe est rejoint dans un second temps par *Rosa* sp. et les gaules du chêne vert. Il est étonnant de voir grouper le chêne faginé avec les semis de *Quercus ilex* car ce résultat n'apparaissait pas dans l'indice de régénération.

L'augmentation de la précision de l'IFN3 ne donne pas nécessairement de meilleurs résultats. Il y a beaucoup de redondances dans les 76 taxons décrits (*Ulex* sp. et *Ulex parvifolius*, *Rubus* sp. et *Rubus ulmifolius* par exemple). Nous obtenons même un recouvrement en « encodage erroné » (cf. figure n° 8.30) : des codes sans espèce associée que nous avons dû retranscrire. Le taux de recouvrement moyen est de 38,99 % ($\pm 32,92$) soit presque le même⁸ que pour l'IFN2. Étant donné que la régénération était séparée de la strate arbustive nous avons dû rajouter les semis et les gaules de chênes verts mais nous n'avons pas pu garder les jeunes des autres espèces d'arbres qui sont pourtant de bons indicateurs du milieu (*Quercus suber* et *Quercus faginea* notamment).

Un AFC (figure n° 8.31) a été conduite après avoir retiré les taxons présents moins de 5 fois et en avoir regroupé d'autres (les daphnés par exemple) ce qui en y rajoutant les semis et les gaules de chênes verts nous donnait 44 variables. Une ACP était également possible, elle a d'ailleurs donné des résultats similaires, mais afin de comparer aux autres IFN nous ne présentons que l'AFC. L'inertie expliquée dans les deux premiers axes est moins bonne que pour l'IFN2 avec 7,95% et 6,28%. *Cistus ladanifer* (Cila), *Lavandula*

8. Un test de *student* indique qu'il faut garder l'hypothèse nulle $p\text{-value} = 0.5809$

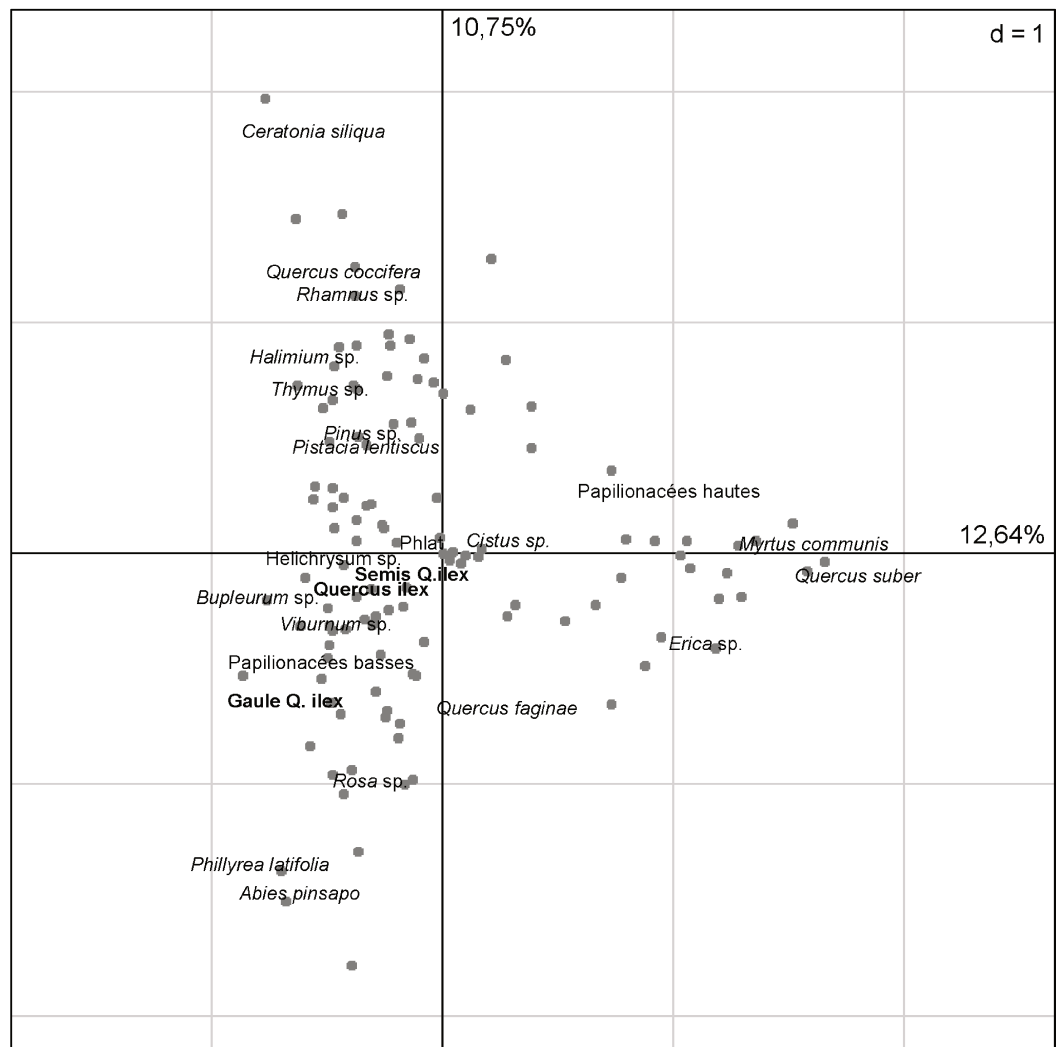


FIGURE 8.28 – AFC sur la présence/absence des taxons de la strate arborée et arbustive pour l'IFN2.

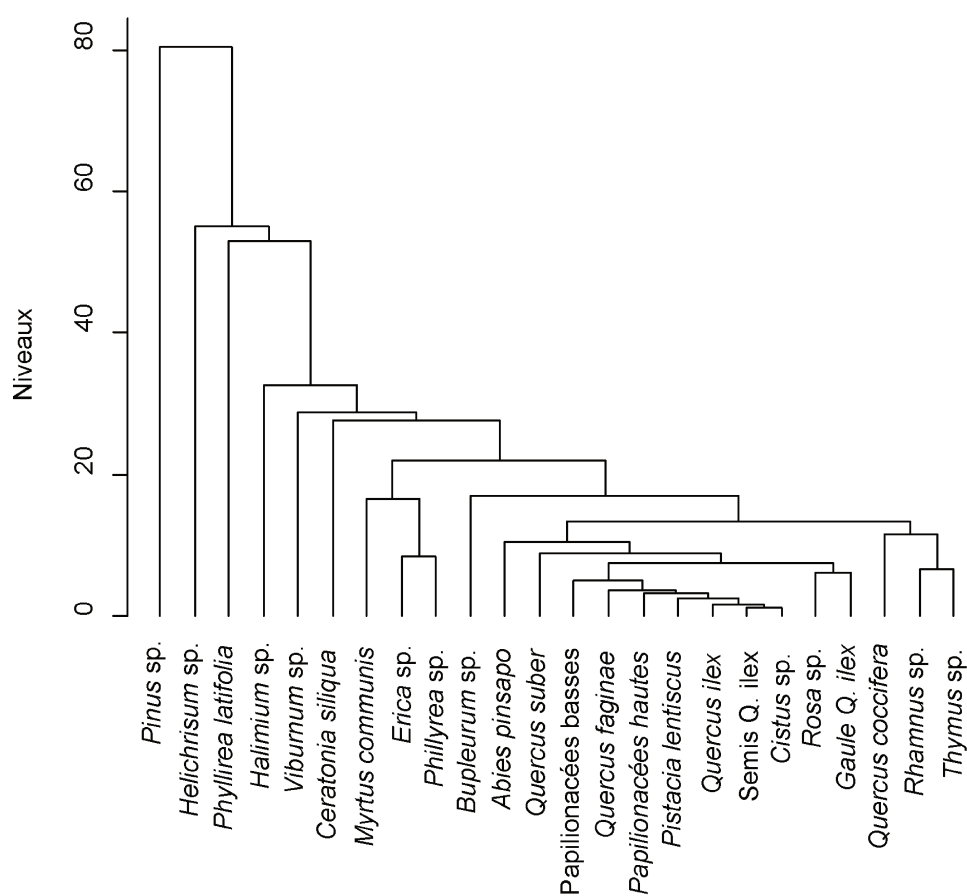


FIGURE 8.29 – Dendrogramme de la CAH sur les composants de la strate arbustive de l'IFN2

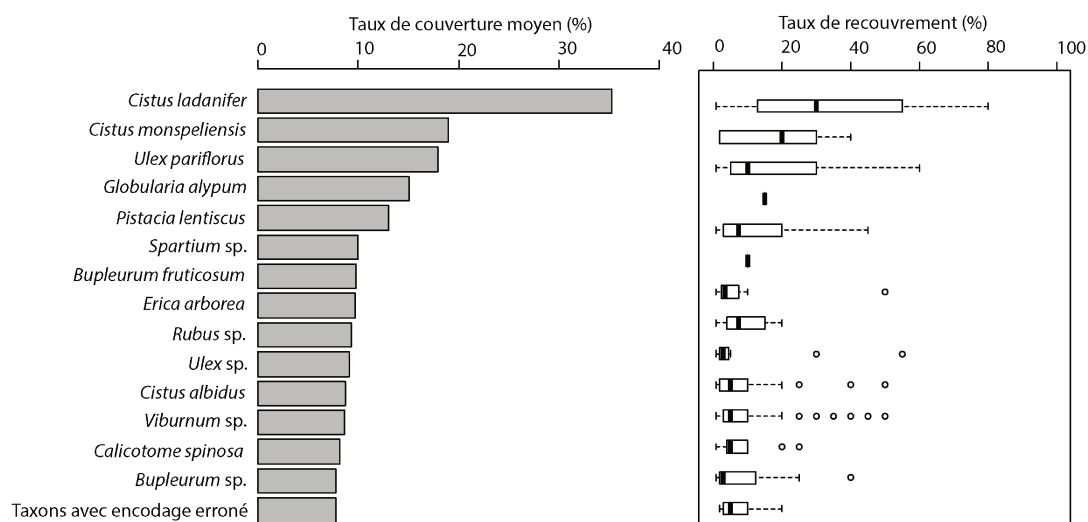


FIGURE 8.30 – Quinze premier taux de recouvrement moyen par taxons de la strate arbustive de l'IFN3 et boîtes à moustaches de ce taux

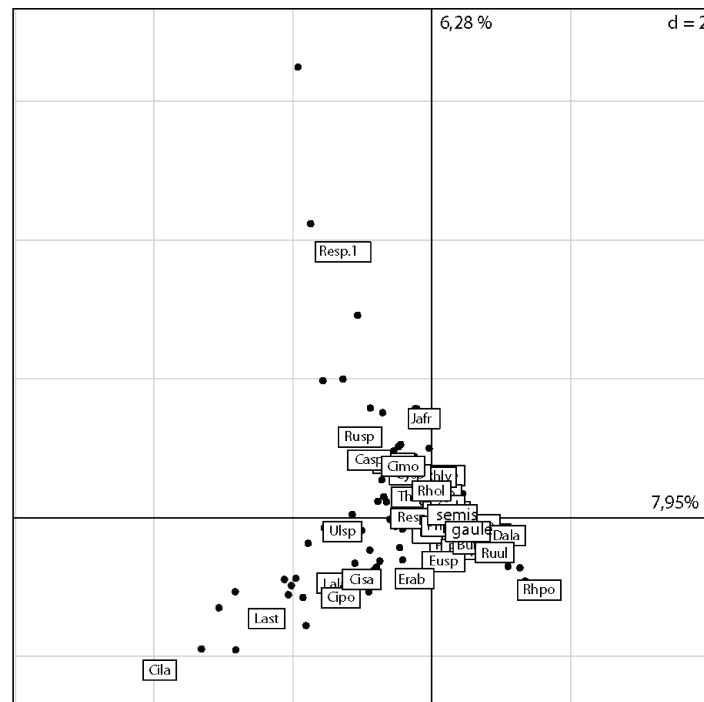


FIGURE 8.31 – AFC sur la présence/absence des taxons de la strate arbustive pour l'IFN3

stoechas (Last), *Lavandula latifolia* (Lala) et *Phlomis* sp. (Phsp) s'opposent sur l'axe 1 à *Ulex baeticus* (Ulpa), *Cistus albidus*, Semis et gaules de chênes vert (Semis et Gaules), *Hedera helix* (Hehe) et *Ruscus aculeatus* (Ruac). C'est une opposition entre des taxons plus acidiphiles de substrat siliceux à des taxons peu spécialistes mais légèrement plus forestiers. L'axe 2 reprend d'un côté les taxons *Cistus ladanifer* (Cila), *Phlomis* sp. (Phsp) (d'où le fort effet Guttman) et les oppose à *Jasminum fruticans* et *Retama* sp. (Resp.1) qui sont rencontrées sur substrat basique.

Une CAH a été effectuée sur la matrice de distances entre les relevés (figure n° 8.32). Les semis et les gaules de chêne vert se retrouvent dans des groupes faiblement différenciés incluant *Phlomis purpurea* (Phpu), *Cistus albidus* (Cial), *Pistacia lentiscus*, *Daphne gnidium* (dagn), *Ulex baeticus* (Ulpa), *Smilax aspera* (Smas) et *Rosa* sp. (Rosp). Mis à part sur sol acide, ils semblent être présents dans des conditions de milieu assez variables caractérisées par un léger embroussaillage.

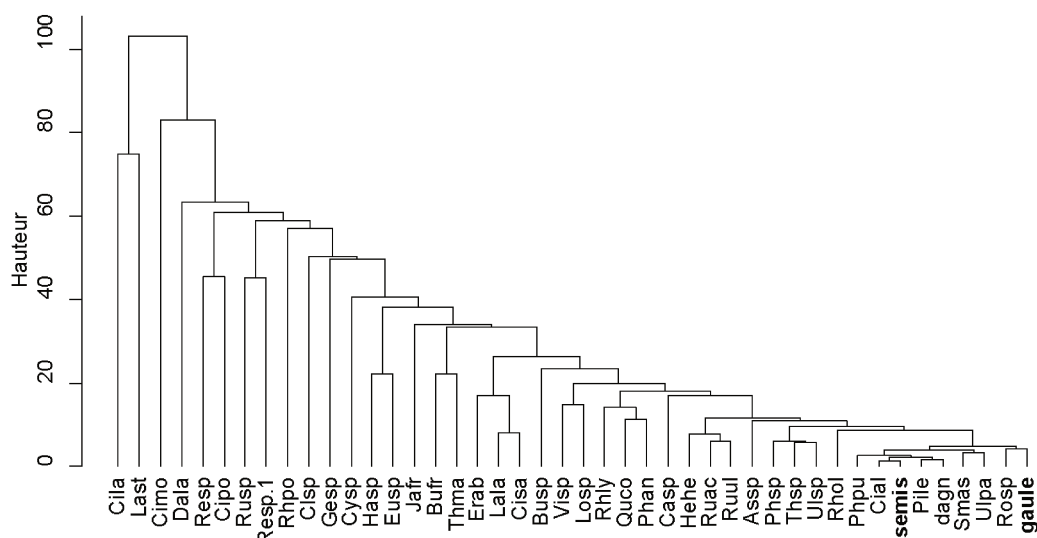


FIGURE 8.32 – Dendrogramme de la CAH sur les composants de la strate arbustive de l'IFN3

8.3 Conclusion : une augmentation de la densité due à une colonisation puis d'une régénération

Dans le contexte d'une augmentation globale de la densité des surfaces boisées au cours de la trentaine d'années séparant les millésimes des inventaires IFN, l'augmentation de la densité de chêne vert est principalement due à l'ajout de nouveaux relevés constitués de peuplements très jeunes. Il existe cependant des relevés avec des arbres de diamètres variés, ce qui correspond à la mise en place, à un moment donné, d'une régénération sous peuplement forestier. Ces relevés contribuent cependant plus modestement à la forte augmentation de la densité observée au fil des années.

L'analyse des changements de densité des jeunes individus confirme cette analyse. La densité de la classe de diamètre de 5 cm (2,5 à 7,5 cm) est soit très forte, soit très faible. En 1969, les précomptants, individus avec un diamètre < 2,5 cm, se retrouvent préférentiellement dans les matorrals et dans les peuplements dominés par des oléastres, correspondant à un stade pionnier de la reconquête forestière. En 1996-2006, on les observe dans les peuplements dominés par les chênes verts, dans des mélanges de chênes méditerranéens et dans des peuplements mixtes feuillus/résineux, ce qui indiquerait une régénération sous peuplement forestier.

En parallèle, les conditions de milieu et de son exploitation par les hommes auraient

changé au cours de la période. Cela concerne particulièrement la strate arbustive qui aurait connu une forte augmentation à partir des années 70, du fait de l'arrêt du charbonnage, et du changement du mode d'alimentation des chèvres. Ce changement semble également concorder temporellement avec les acquisitions de l'ICONA, attestées par d'autres sources de données et qui ont eu pour conséquence une mise en défens. Enfin, il est possible que l'installation du chêne vert lui-même favorise un changement de milieu. Nous retrouvons ainsi une succession au sens de Clements (CLEMENTS 1916) dans un inventaire conçu pour estimer une dynamique d'une population au sens où l'entendait Gleason ((GLEASON 1926).

Il est toutefois difficile d'établir avec certitude si les relevés des IFN correspondent à des systèmes agroforestiers. L'échantillonnage, à vocation forestière *sensu stricto*, ne prend pas bien en compte la spécificité méditerranéenne des forêts pâturées. Dans les inventaires forestiers, l'herbivore domestique est a priori exclu, notamment dans les terres acquises par l'ICONA. Toutefois, toutes les autres sources que nous avons pu mobiliser indiquent que ces terres ont été pâturées, en adaptant probablement le système de la dehesa au contexte de la Sierra de Grazalema. Le chêne vert a pu à la fois coloniser d'autres peuplements (comme ceux dominés par les chênes faginéés issus d'anciennes dehesas ou de matorrals) et il a pu se maintenir, dans une moindre mesure, sous son couvert. Il semblerait donc que la régénération naturelle du chêne vert repasse par des stades forestiers ou pré-forestiers. Ceci évoquerait, davantage qu'une succession progressive, un cycle de la dehesa, succession d'abandons et de reprises, abandon pastoral et reprise forestière ou d'abandon de la dehesa et de sa reprise. Il est aussi possible que le système de la dehesa ait lui-même changé, ce qui exclut un cycle, et que les chênes verts s'y soient adaptés, ce qui ne serait pas étonnant de la part d'une espèce ayant une capacité de résilience (GROVE et RACKHAM 2003 ; QUÉZEL et MÉDAIL 2003).

9

Régénération du passé ? Régénération naturelle du passé

9.1 Une évolution vers la « regeneración »

C'est de ce jeu de mots qu'il nous faut repartir. Le passé ne c'est pas régénéré, nous ne sommes pas comme les « régénérationnistes » de la fin du 19^{ème} et du début du 20^{ème} qui souhaitaient combattre la « corruption » gangrenant la société espagnole jusqu'à ces paysages et cours d'eau « dévastés ». Ce courant était pourtant bien présent dans les cercles forestiers (GÓMEZ MENDOZA et ORTEGA CANTERO 1992), on en retrouve l'idéologie tardivement dans les achats-rachats de l'ICONA. Il ne semble cependant pas s'être étendu dans les techniques sylvicoles. En effet, à la fin du 19^{ème} les ingénieurs forestiers parlaient de « *cria* » et « *re poblado* » ou de « *reproduccion* ». Il y a toujours eu une préoccupation du renouvellement des arbres. Ces jeunes arbres provenaient du « monte » qui une fois taillé, débroussaillé et formé produisaient un arbre valorisé. La régénération provenant de la multiplication végétative soupçonnée de ne pas produire d'arbre de qualité était dévaluée. Ce n'est qu'à partir de 1975 que l'on voit apparaître le mot « regeneración » d'abord du monte dans son ensemble, puis pour cibler les semis et les gaules. Nous soupçonnons qu'il est importé des écoles forestières allemandes ou françaises dont on peut constater d'autres influences (« *Monte Normal* », « *Monte alto*

» par exemple). Les surfaces boisées se voient comparer à des modèles dont elles n'ont probablement jamais atteint de telle densité. Il est alors difficile pour elle de « régénérer ».

9.2 Végétation : un chêne vert toujours présent

De l'inventaire de la Marine aux inventaires forestiers, nous avons mobilisé des sources très différentes. Toutes n'avaient pas la même étendue : l'inventaire de la Marine couvrait une zone plus étendue que le PNSG, les descriptions des mémoires judiciaires ne couvraient dans Grazalema et Zahara que les terres publiques, plus tard les rachats de l'ICONA reprenaient en partie la zone de ces descriptions puis les IFN, échantillonnages ponctuels, couvraient tous le PNSG sans en être représentatifs. Les cartes planimétriques, sur presque l'ensemble du Parc, avaient des informations sur la végétation moins précises. Les plans de gestions des ingénieurs du district forestier de Cadix, très précis ne peuvent prétendre à être généralisés. Ces sources n'ont pas non plus été écrites avec les mêmes objectifs en tête. Les inventaires forestiers, dont ceux de la Marine en sont des ancêtres, ont toujours des poutres, planches et mâts comme finalité. Des évolutions commencent cependant à partir de l'IFN3 à se faire sentir timidement : prise en compte de la régénération et émergence de préoccupations environnementales. Les descriptions en vue d'un achat ou d'une vente d'un terrain cherchent à en justifier l'opération financièrement ou selon des critères fluctuants d'utilité publique. Un plan d'aménagement répond à un des compromis entre un diagnostic, des moyens et une visée. Cette dernière peut distordre le diagnostic et justifier plus de moyens dans notre cas ces plans permettaient aux ingénieurs de toucher des fonds publics dits d'améliorations.

Nous regrettons de ne pas avoir d'information au milieu du 19^{ème}, cette date serait un point intermédiaire intéressant entre deux de nos sources. Mais il faut avouer qu'entre le passage des armées napoléoniennes ayant subi une défaite à Algodonales (à peine 10 km au sud du PNSG) en 1810 et la révolution de 1868 partant de Cadix il n'a pas été simple pour le pouvoir central de compter les arbres.

C'est donc avec précaution que nous nous permettons d'en tenter une synthèse, afin de dégager des tendances dans la végétation et ses conditions de régénération. Le tableau n° ?? reprend ainsi le pourcentage de la densité qu'occupaient les principales essences de nos sources. Nous avons exclu le sapin d'Espagne, très localisé et parfois trop mesuré par

rapport à sa surface, il influait trop sur certains pourcentages. Le pourcentage de la densité n'est pas un choix neutre : elle va favoriser les essences de peuplements denses, elle gomme également le fait que nous alignons ici des chiffres sur des surfaces bien différentes. Le chêne vert compte, il y a plus de deux siècles, pour 45,14% des arbres de la Sierra de Grazalema. Un siècle plus tard il semble avoir fortement augmenté (61,18%), c'est sans doute en partie le cas vu que le chêne faginé lui est moins favorisé dans le système traditionnel de la dehesa (en raison de l'attrait des glands tendres de *Quercus ilex*) mais nous pensons que les descriptions dans les mémoires judiciaires (1861-1890) correspondant aux « communs », plus éloignés des villages et plus pentus. Ces terrains étaient plus propices aux chênes verts par rapport aux zones planes où étaient favorisés par le chêne faginé. Lors de l'IFN1 (1969) la densité des chênes verts semble même avoir diminué (34,58%). Cela semble être dû à la présence importante des oléastres et surtout des caroubiers (qui passe de 2,22% à 24,96%). Nous pensons que, comme indiqué dans les plans de gestion du « *Campos de las Encinas* », ces derniers ont été favorisés pour leurs gousses, intéressantes à la fois comme compléments alimentaires pour les troupeaux et pouvant se vendre hors de l'exploitation. Dans l'IFN2 (1996), la part des caroubiers chute (3,19%) cela contribue à l'augmentation des chênes verts mais est compensé par l'arrivée des plantations de pins (12,04%, denses par définition) et de nouveaux peuplements dominés par *Phillyrea latifolia* (5,33%). Le chêne vert va connaître un bond (47,24%) dans l'IFN3 (2006), nous l'expliquons par :

1. la diminution tendancielle des chênes faginsés (18,18%, 7,19% et 5,07%),
2. celle de chênes lièges (un tend favorisé et dont la densité des peuplements en vieillissent dimunie),
3. la diminution des peuplements monospécifiques et équins des pins (6,03%), non reconduits,
4. enfin, par une régénération de ce dernier.

Il nous faut enfin mentionner l'augmentation de la part de *Phillyrea latifolia* (7,91%) et l'arrivée d'*Arbutus unedo* (7,39%).

Le chêne vert était dans des peuplements de densité caractéristique de dehesa, 41 arbres/ha en 1870, pour diminuer sensiblement 100 ans plus tard avec 34,37 a/ha. Cette moyenne prend en compte des terrains de pâturages très abruptes de très faibles densités et il nous semble que les chiffres obtenus (50,81 a/ha) via l'IFN1, en 1969, ou encore dans les plans de gestions de la même époque (71,07 a/ha, 86,05 et 113,09 arbres/ha)

soient plus proches de la réalité. Ils traduisent donc d'un maintien et même d'une légère augmentation du chêne vert. Ce dernier c'est renouvelé. Ce renouvellement est confirmé la médiane des densités des peuplements (afin d'éviter les forts effets des outliers) de l'IFN2 et 3 respectivement de 65 et 67,90 arbres/ha. Ces densités plus élevées concernent cependant des surfaces arborées strictes, excluant par exemple les clairières prises en compte en 1870.

Les structures démographiques ont elles aussi évoluées. Lors de l'inventaire de la Marine il y avait une grande proportion de « jeunes », avec cependant des fortes différences entre les communes, laissant entendre à l'échelle de la Sierra un bon renouvellement. En 1861-1890, il y a une absence dans les jeunes classes de diamètre avec des individus mentionnés comme étant majoritairement âgés de 40-50 ans et surtout de 90 ans. Les terrains rachetés par l'ICONA (1967-1983) retrouvent une abondance d'arbres entre 10 et 29 cm de DHP. Le chêne vert y est présent mais il est encadré du caroubier et de l'oléastre. Les placettes des IFN attestent d'un modèle en « J inverse » de plus en plus dense indiquant également une bonne régénération.

En termes de pratique, on assiste à une augmentation du pâturage qui passe de 0,1859 UGB/ha \pm 0,088 à 0,27 \pm 0,1327 UGB/ha. Les cas intermédiaires que nous possédons indiquent des charges plus élevés : 3,77 UGB/ha en 1929 et entre 0,99 et 2,17 UGB/ha entre 1952 et 1972. Les troupeaux ont également évolué. Il y a eu l'arrêt du pâturage par les porcs en 1960 suite à une épidémie de fièvre porcine que l'on constate dans toute l'Andalousie (JOFFRE, VACHER et al. 1988 ; PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003). La Sierra présente à la différence des études précédentes un cheptel de chèvres plus important. L'arrêt du charbonnage semble se faire à la fin des années 1960, cet arrêt se fait au moment d'une petite récession agraire qui motive et facilite en partie les rachats de terres par l'ICONA. Cela semble aboutir à un embroussaillage à la fin des 70.

9.3 La Sierra de Grazalema : un cas unique ?

La Sierra de Grazalema est très excentrée par rapport au cœur actuel des zones en dehesa. Elle présente cependant des trajectoires similaires avec des dehesas « communautaires » puis après le désamortissement des dehesas « traditionnelles ».

La comparaison nous semble cependant s'arrêter là. D'une part la diversité des peuplements des systèmes agroforestiers est une caractéristique propre à la Sierra de Grazalema :

les auteurs dont nous nous sommes inspirés décrivent des peuplements monospécifiques de chênes verts sur des pentes plus faibles et avec une quasi absence de strate arbustive. D'autre part l'abondance des terres publiques nous a permis de retrouver des documents que les autres études ne disposaient pas (descriptions des mémoires judiciaires, plan de gestion du district forestier, dossier d'acquisition de l'ICONA). À notre connaissance, nous sommes également les seuls à avoir regardé les données des IFN espagnoles en repartant des placettes, c'est à dire sans utiliser le résumé à l'échelle de la province. Ces sources, d'échelles différentes, semblent nous conduire vers non pas une régénération naturelle mais bien plusieurs régénérations naturelles pouvant passer à la fois par une régénération *sensu stricto* du chêne vert sous son couvert, mais aussi par un renouvellement s'insérant dans des séries pouvant être progressives comme régressives.

Troisième partie

Une mesure de la régénération actuelle et passée à travers la végétation actuelle

10

Matériels et méthodes : des choix de description de la végétation

Notre méthodologie est conçue pour répondre à un certain nombre de questions. Dans quelles conditions écologiques trouve-t-on des jeunes individus de chênes verts ? Par opposition : dans quelles conditions n'en trouve-t-on pas ? Ces conditions diffèrent-elles entre jeunes individus et individus adultes ? À quelles échelles se déploient les processus de régénération naturelle ? Comment s'organisent-ils dans l'espace ? Plieninger et Pulido (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003 ; PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001) insistaient sur ces dimensions spatiales et, particulièrement, sur ce que les formes ou les structures, prises par la régénération, pouvaient révéler. Nous ne pouvons que souscrire à ces préoccupations en termes d'échelles et de spatialisation. D'une part, bien que des précurseurs associés à la fois à l'écologie et à la géographie aient beaucoup utilisé de patrons pour en déduire des processus¹, l'absence d'échelle ou de spatialisation constitue une des critiques que les géographes ont longtemps adressées à juste titre aux écologues (TRICART 1979)². D'autre part, les écologues s'approprient de plus en plus ces questions,

1. Par exemple Alexandre de Humboldt tire d'un patron : l'étagement, des processus entre autres liés à la température et l'humidité ou encore Henry C. Cowles déduit d'une répartition d'espèces sur des dunes d'Indiana des processus de feed-back sol-plante-sol qui mettent en place des séries.

2. « Les biologistes n'ont aucune raison spécifique de privilégier les aspects spatiaux et d'attacher une importance primordiale aux problèmes d'extension et de répartition. Le concept d'écosystème, pour cette raison, n'a pas de support spatial. Il est adimensionnel. » (TRICART 1979, p. 709).

à travers l'écologie du paysage (ALEXANDRE et GÉNIN 2012 ; BUREL et BAUDRY 1999 ; FORMAN et GODRON 1986) ou l'écologie spatiale (M. R. T. DALE 2000) avec des résultats intéressants. Cependant, le retour de l'espace en écologie soulève de nombreuses questions y compris dans la pratique de l'échantillonnage. Les relevés ne peuvent plus être postulés comme indépendants les uns des autres, il faut tenir compte de relations de proximité et de l'auto-corrélation. Ces questions importantes, si l'on en croit un ouvrage récent et de référence en écologie, « poussent à réécrire la théorie de l'échantillonnage spatial en écologie³ » afin d'y répondre (Legendre and Legendre, 2012). Cela signifie que le postulat d'organismes pouvant être modélisé par une distribution uniforme devait être remis en cause ou à minima, testé (LEGENDRE et M.J. FORTIN 1989).

De la même manière que la régénération naturelle constitue le champ théorique dans lequel nous évoluons et que nous cherchons à faire progresser, nos pratiques de relevés et d'analyse vont délimiter nos résultats. Si l'on reprend comme guide la terminologie développée par Matheron (1978), nous imposons une objectivité externe, venant de l'écologie (la régénération naturelle) et qui a donné des résultats en Extremadure avec des choix de méthodes et c'est au regard à la fois de nos pratiques et de la réalité (en Sierra de Grazalema) que nous pouvons petit à petit atteindre l'objectivité interne : les conditions écologiques de développement du chêne vert. Nos relevés, leurs emplacements, leurs formes et les descripteurs sont au croisement de nos attentes : les réponses à ces questions et les contraintes du terrain. Ils déterminent aussi nos limites (jusqu'où nos résultats sont-ils valides ?) et l'exactitude de nos estimations. Ils sont le résultat de choix que nous devons vous présenter

10.1 Matériel

10.1.1 Localisation et choix d'emplacements des relevés

Dans ce qui suit, nous exposerons nos choix en matière d'échantillonnage et de collecte des données.

Le PNSG avec ses 53411 ha est reconnu pour sa diversité paysagère (COHEN, ALEXANDRE et al. 2009) et possède une large gamme de conditions écologiques (cf. 3.3 p.83). Nous nous

3. « *A fundamental question will be left unanswered in this chapter : that of designing efficient sampling programmes for studying and analyzing spatial patterns. The theory of spatial ecological sampling has to be re-written to provide meaningful answers to this question*(LEGENDRE et L. 2012, p. 9).»

sommes concentrés sur sa partie nord, majoritairement sur roches calcaires, afin d'éviter la partie siliceuse du parc. Puis nous sommes partis de l'hypothèse qu'à des trajectoires d'utilisation différentes correspondraient différentes phases dans les processus de régénération naturelle. Nous avons fait l'hypothèse que deux critères étaient déterminants dans ces trajectoires :

- Le statut foncier : les terres privées ont connu une certaine continuité de gestion, alors que les terres publiques ont été mises en défens et pour certaines sont à nouveau pâturées de façon contrôlée par le Parc ;
- Le statut de protection plus ou moins strict défini par le parc (cf. figure n° 10.2).

L'autorisation du propriétaire a été demandée et l'administration du PNSG nous a délivré les autorisations pour les terres publiques. Dans la mesure du possible, nous avons essayé d'obtenir les autorisations pour des terres privées proches des terres publiques afin d'essayer d'avoir des conditions de milieux les plus homogènes possible et ne faire varier que la gestion. Les terres publiques que nous avons donc sélectionnées sont : l'*Albarracinejo*, l'*Albarranes*, le *Campo de las Encinas y de los Laureles*, la *Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar* et l'*Encinalejo*. Les terres privées sont l'Alamo, l'Algamazon et la Bregna de Agua (figure n° 10.1). Nous avons effectué davantage de relevés dans « Campo de las Encinas y de los Laureles » car nous avons obtenu plus d'informations sur son passé (tableau n° 10.1) et il correspondait à un statut de protection différent. Nous étions limités en jours et moyens d'accès pour « Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar » du fait de son statut de protection. La répartition des relevés par exploitation agricole, statut foncier, type de protection est donnée par le tableau n° X. D'autres paramètres environnementaux, spatiaux ou historiques varient également selon les unités de gestion. Nous n'en avons pas tenu compte dans notre stratégie d'échantillonnage mais nous indiquons les informations disponibles ou celles que nous avons collectées sur le terrain dans le tableau n° X car elles peuvent être des facteurs explicatifs additionnels de la structure arborée et de la régénération.

Il n'est pas anodin que les toponymes de trois des exploitations agricoles/terrains domaniaux, l'*Encinalejo*, *Campos de las Encinas* et *Dehasa del Puerto* fassent référence soit au chêne vert (« *encina* » en castillan) soit à la dehesa, d'autres toponymes dans le PNSG font références aux dehesas (COHEN, ALEXANDRE et al. 2009).

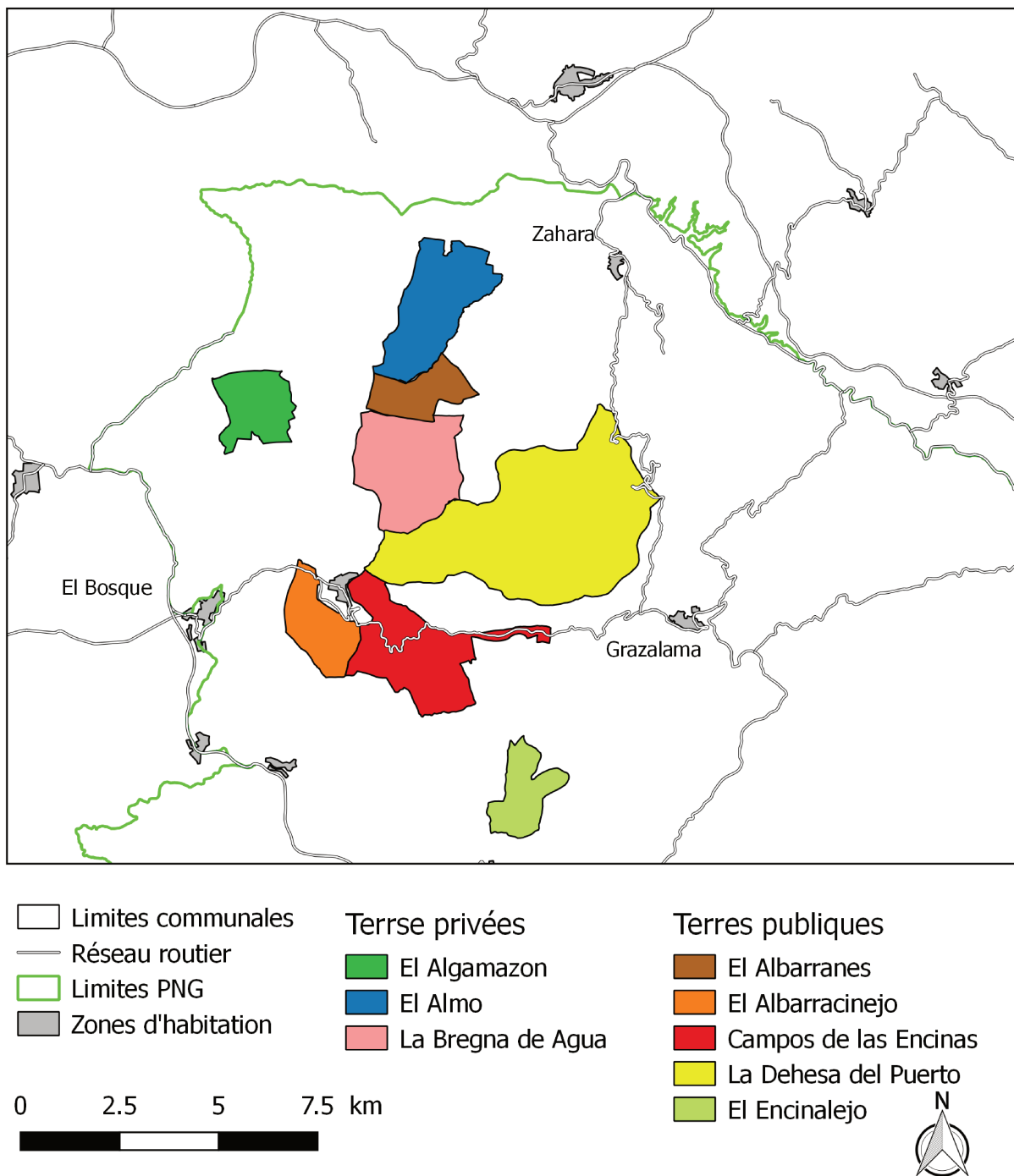


FIGURE 10.1 – Localisation des unités de gestion hébergeant des relevés

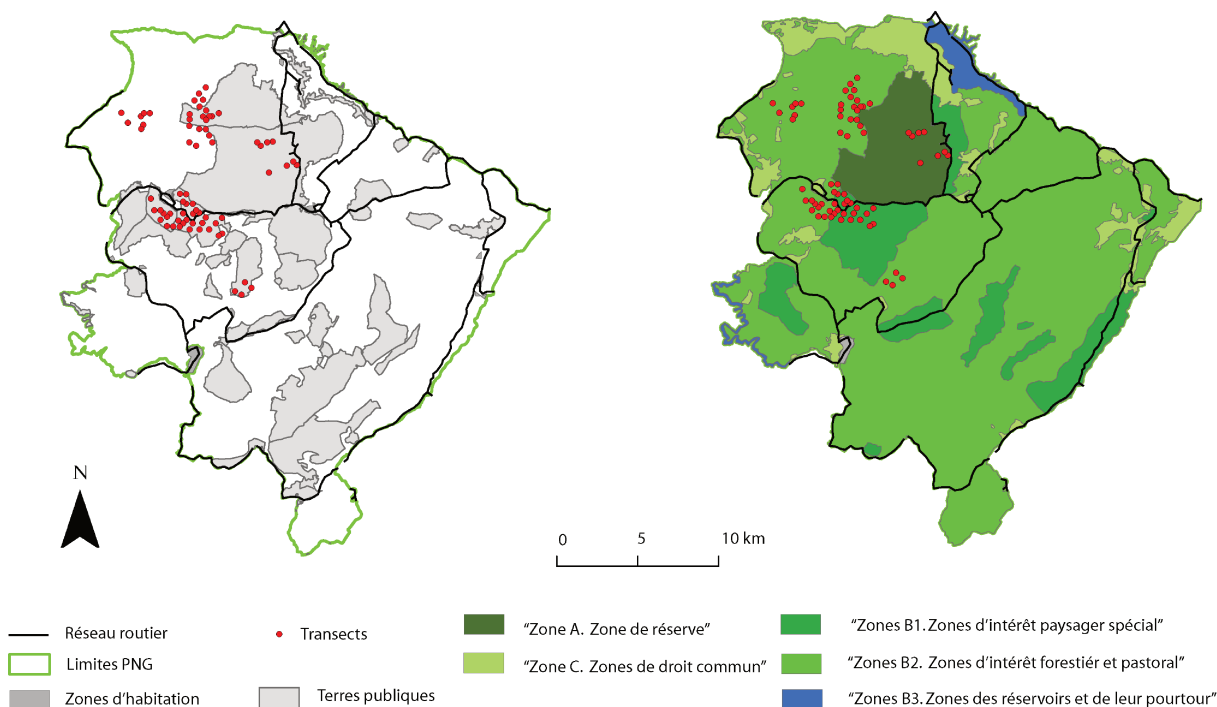


FIGURE 10.2 – Répartition des relevés dans le PNSG en fonction du statut foncier et du type de protection

Tableau 10.1 – Description des exploitations agricoles et terres domaniaux échantillonnées

Exploitations agricoles / Terrains domaniaux	Statut foncier	Statut de protection (PORN 2006)	Superficie (ha)	Nombre de transects
Alamo (El)	Privé	B2	588,16	5
Albarracinejo	Public	B2	320,75	9
Albarranes	Public	B2	292, 2	8
Algamazon (El)	Privé	B2	304,21	7
Bregna del Agua	Privé	B2	692,36	7
Campos de las Encinas y los Laureles	Public	B1	690,57	23
Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar	Public	A	1892,53	8
Encinalejo	Public	B2	385,68	4

10.1.2 Un échantillonnage systématique : une position

Les positions des relevés sont importantes. Il y a eu au cours de l'histoire de l'écologie et de la biogéographie des abus : les positions, comme le sens l'indique, peuvent orienter les résultats. L'espace n'est décidément pas neutre. Avec l'avènement des statistiques et de l'échantillonnage, une des solutions de « contrôle » a été de mettre en place des échantillonnages aléatoires. Les positions, devenues aléatoires, devaient cesser d'en être. C'est d'autant plus important que l'analyste est de moins en moins le collecteur des données. Ce n'est pas uniquement la position qui est négligée par les méthodes aléatoires mais l'espace en général. Cette question se pose pour la position des transects et pour les observations à l'intérieur des transects.

Nous avons donc préféré un échantillonnage systématique : des relevés équi-répartis sur une grille afin de pouvoir vérifier si l'espace était important ou pas. Les points de la grille évitent le choix de la position et le déplacement sur le terrain d'un point fixe à un autre est plus simple et moins gourmand en temps et en énergie que dans le cadre de tirages aléatoires.

En ce qui concerne le taux d'échantillonnage l'idéal aurait été de maintenir le même effort augmentant le nombre de transects, courageusement non limité aux bords de routes, en fonction de la surface des unités de gestion. Nous représentons dans les cartes suivantes nos transects et leurs emplacement dans les unités de gestion.

10.1.3 Types de relevés et types de mesures

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, la régénération naturelle est l'ensemble des processus conduisant au renouvellement des peuplements forestiers. L'étude de ces processus ne nous était pas accessible. Nous nous sommes donc concentrés sur différents stades de vie du chêne vert pouvant les traduire. Ces stades : semis, fourrés, gaules et arbres adultes sont les mêmes que ceux retenus par Plieninger et Pulido (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003; PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001). Plutôt que de nous concentrer sur un seul de ces stades, comme souvent dans la littérature (CLARK et al. 1999), nous avons sélectionné les quatre. Le rôle de la strate arbustive dans la régénération était l'un des autres résultats importants mis en avant par la littérature, nous devons donc l'intégrer (F.J. PULIDO, PALACÍN et GONZÁLEZ 2003).

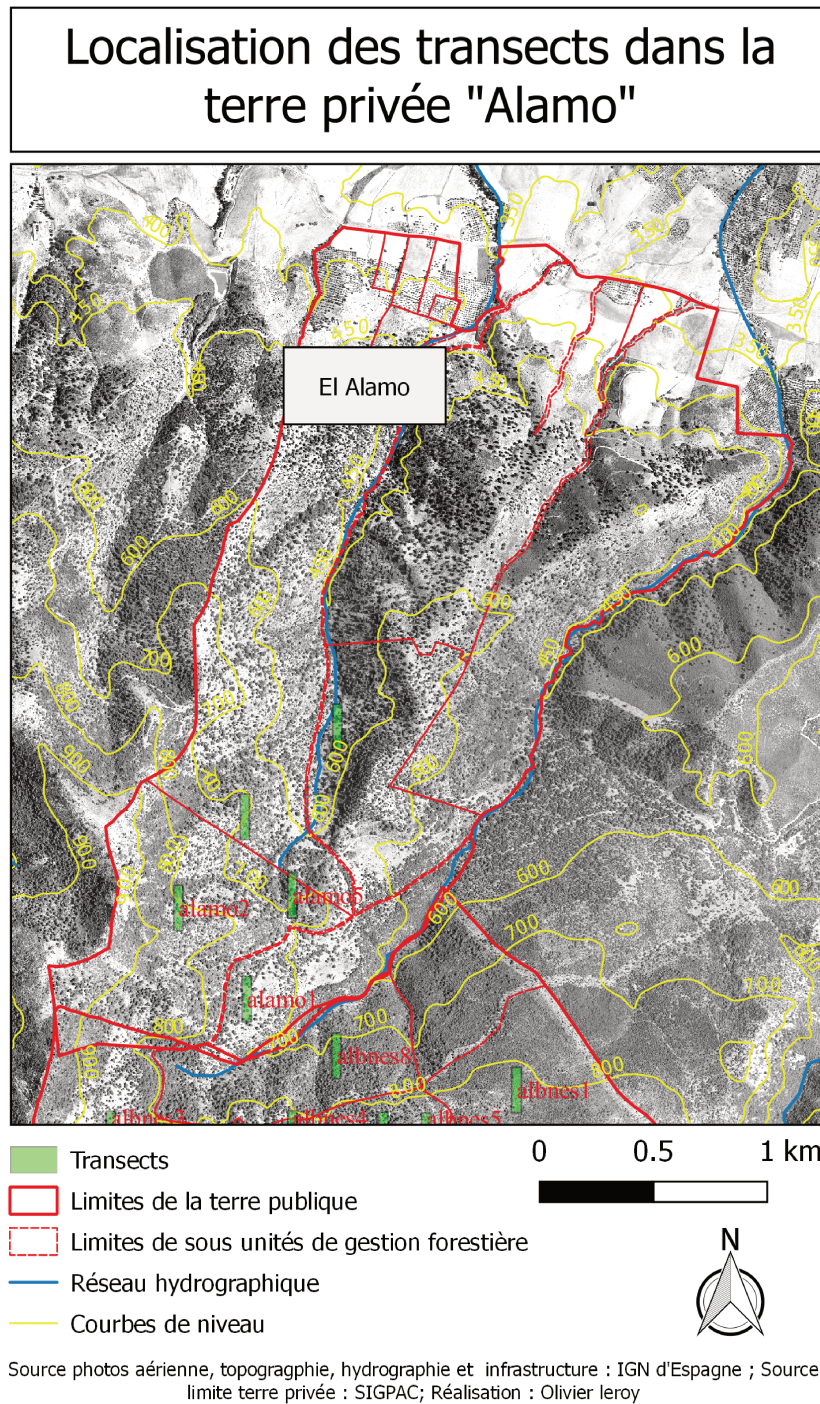


FIGURE 10.3 – Localisation des transects dans El Alamo

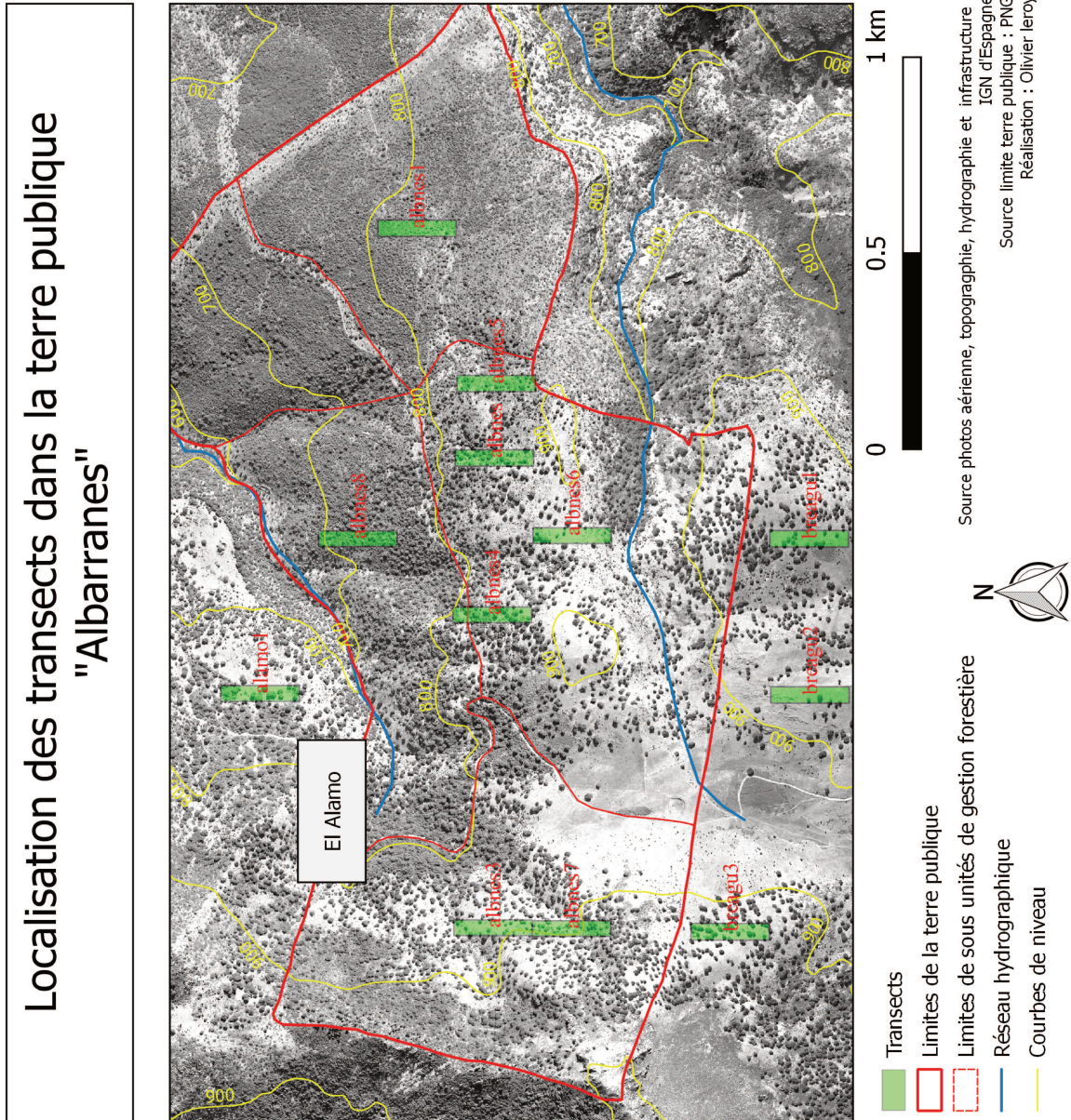


FIGURE 10.4 – Localisation des transects dans El Albarranes

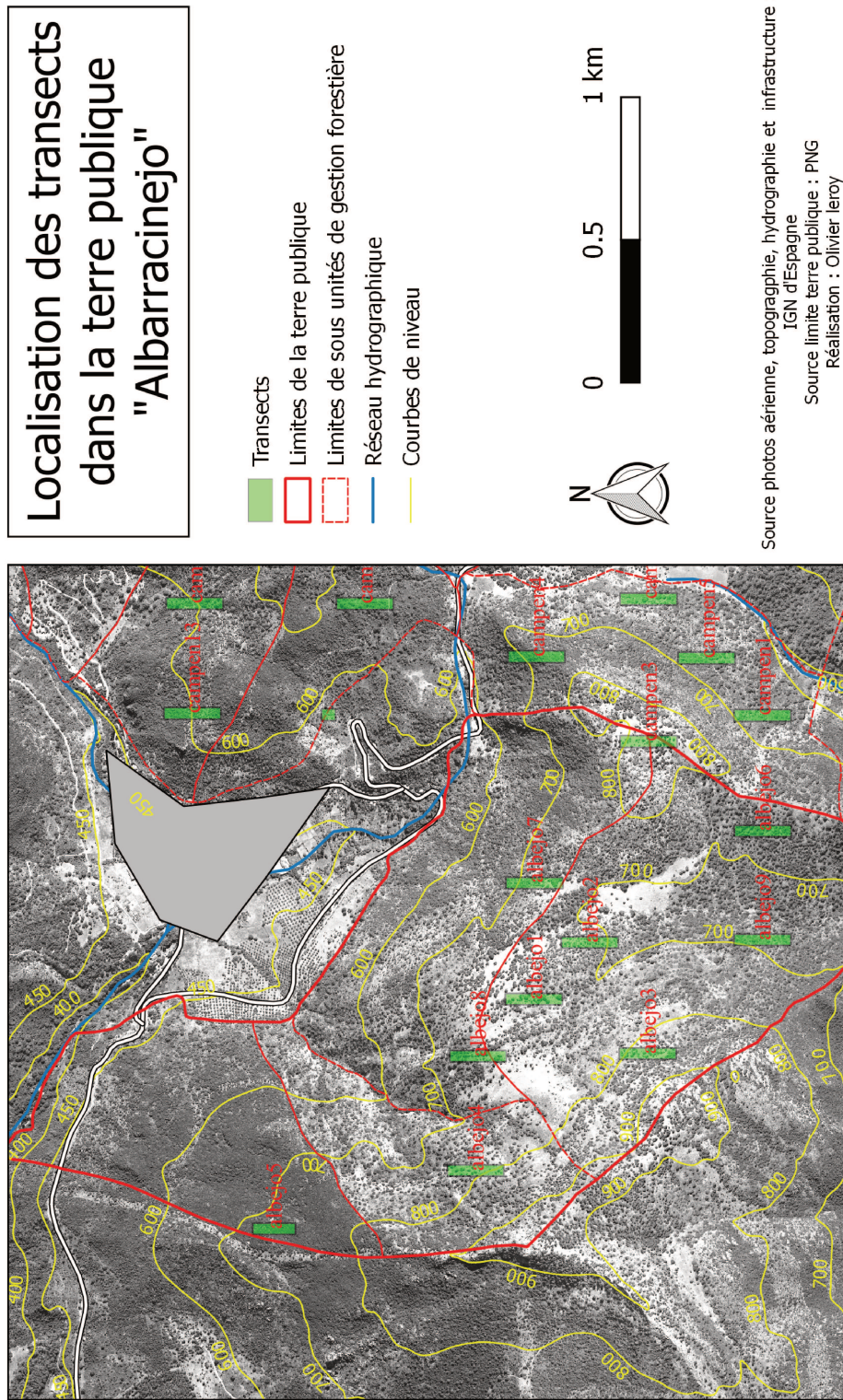


FIGURE 10.5 – Localisation des transects dans El Albarracinejo

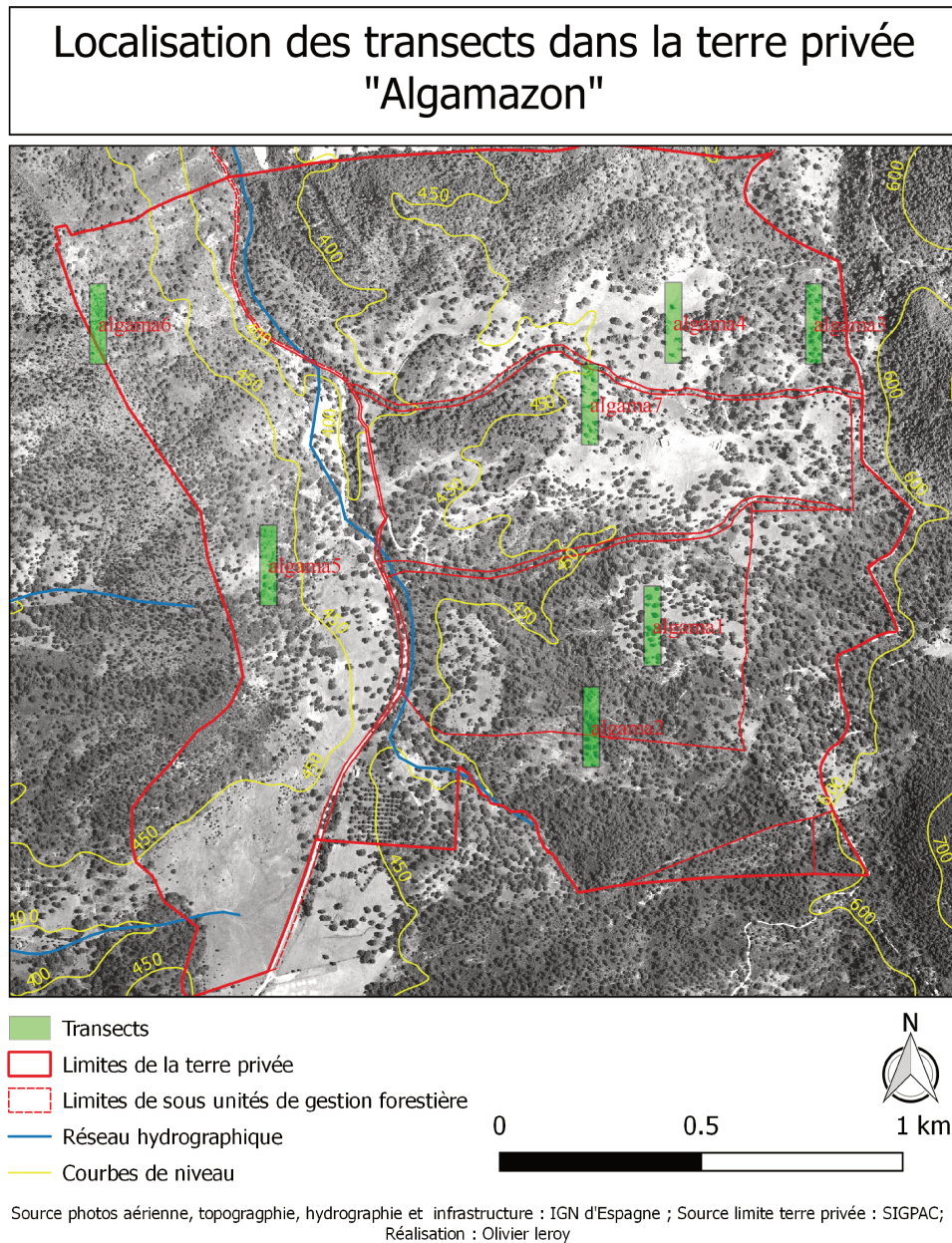


FIGURE 10.6 – Localisation des transects dans El Algamazon

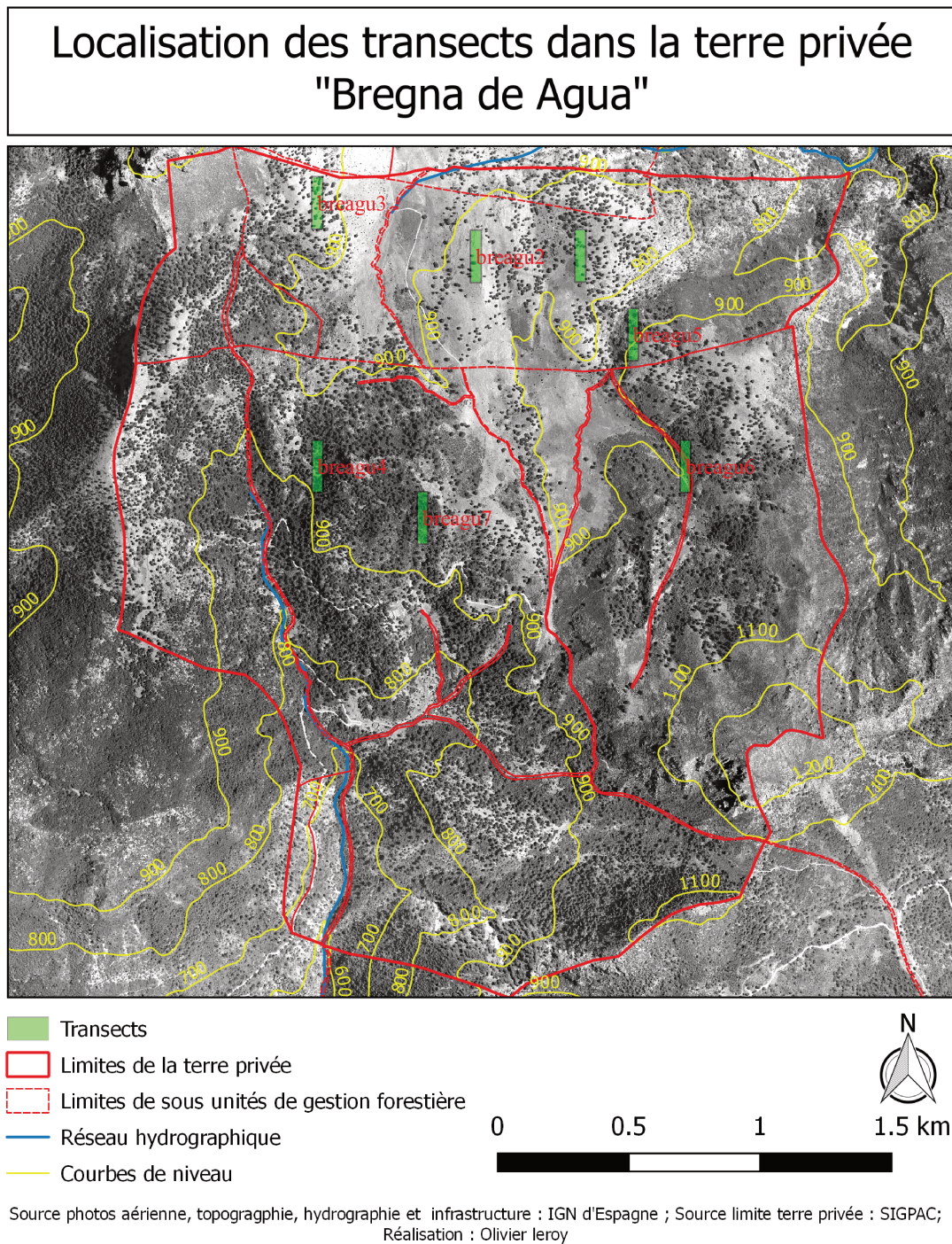


FIGURE 10.7 – Localisation des transects dans la Bregna de Agua

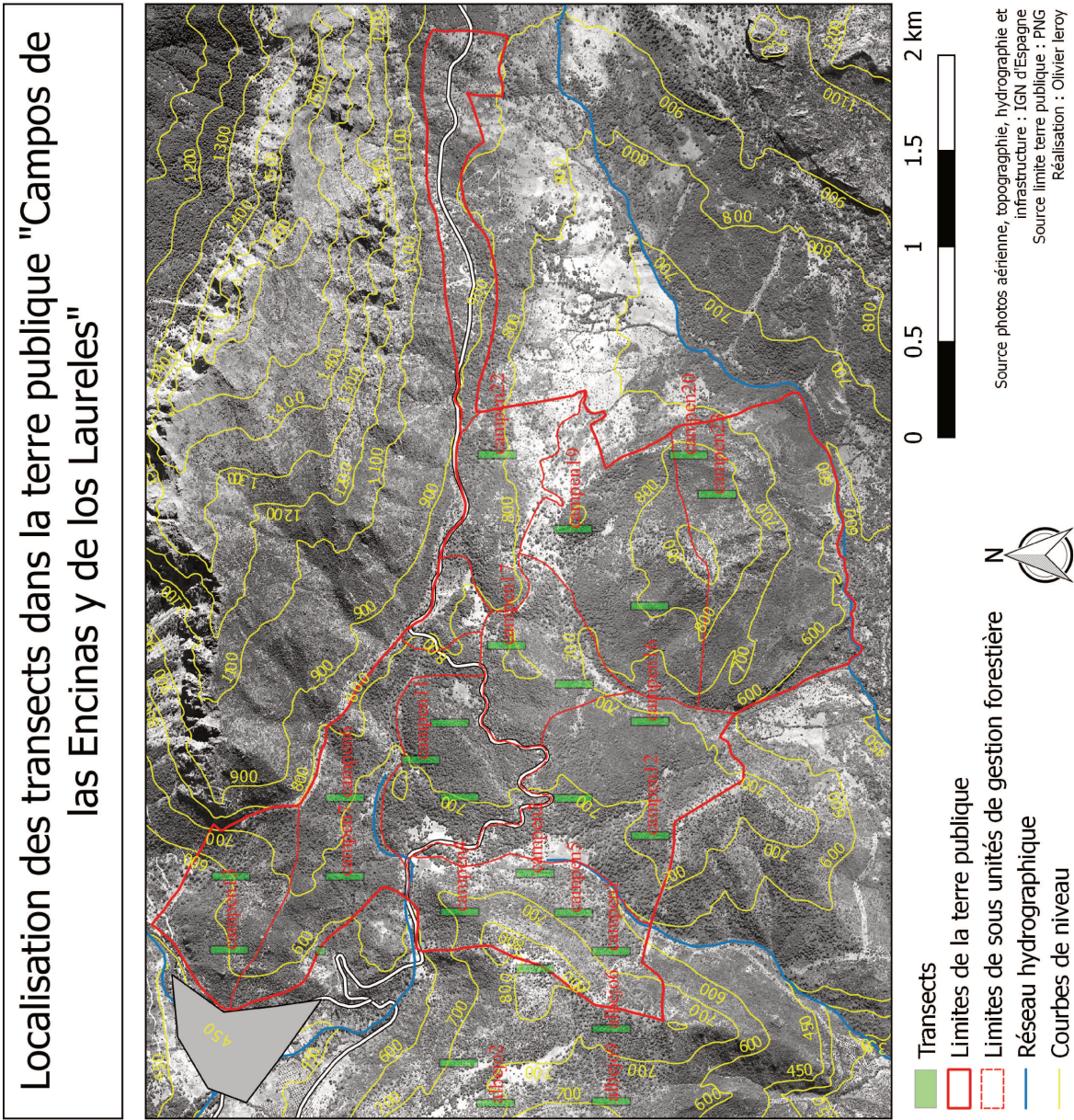


FIGURE 10.8 – Localisation des transects dans le Campos de las Encinas y de los Laureles

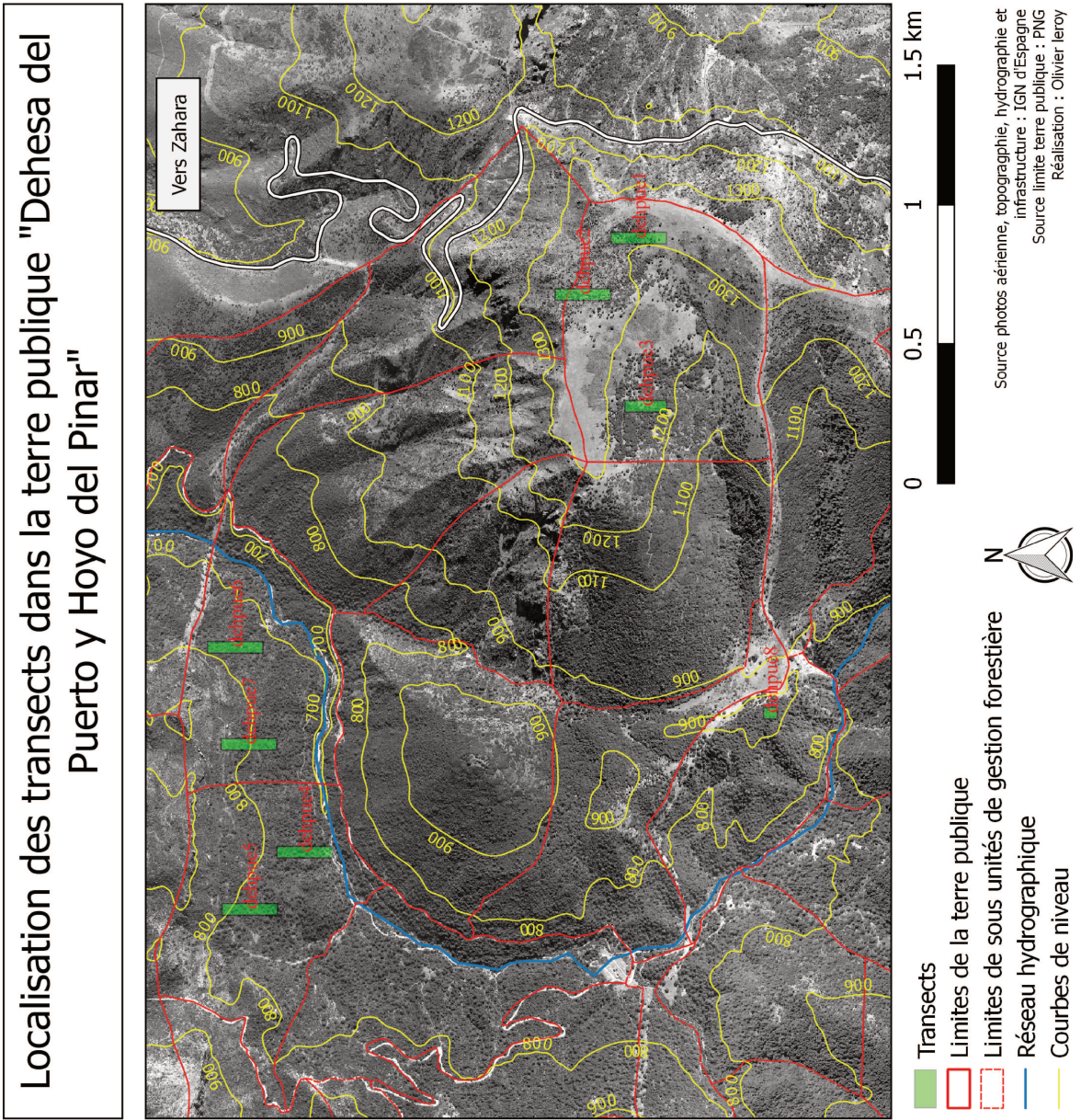


FIGURE 10.9 – Localisation des transects dans la Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar

Localisation des transects dans la terre publique "Encinalejo"

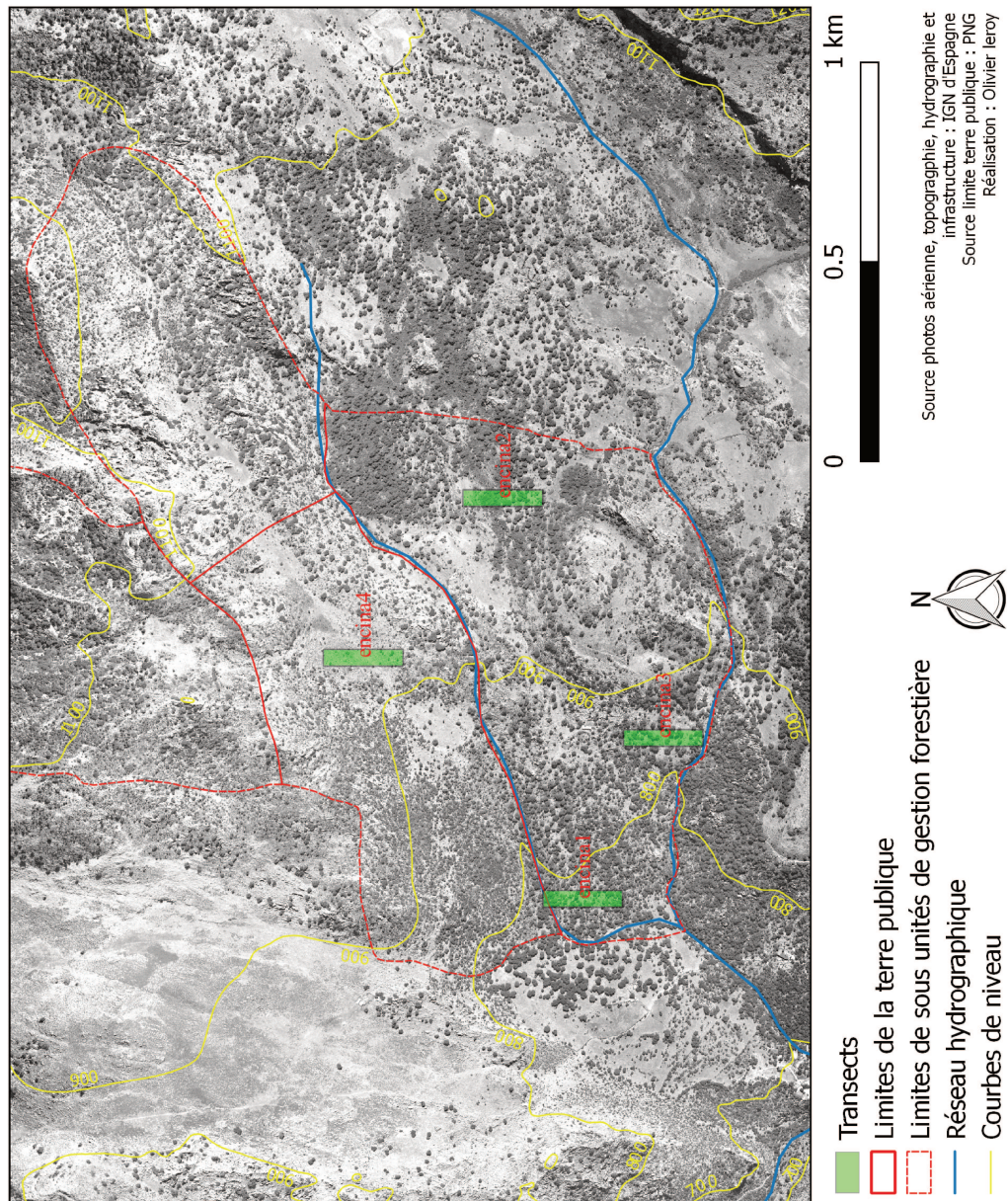
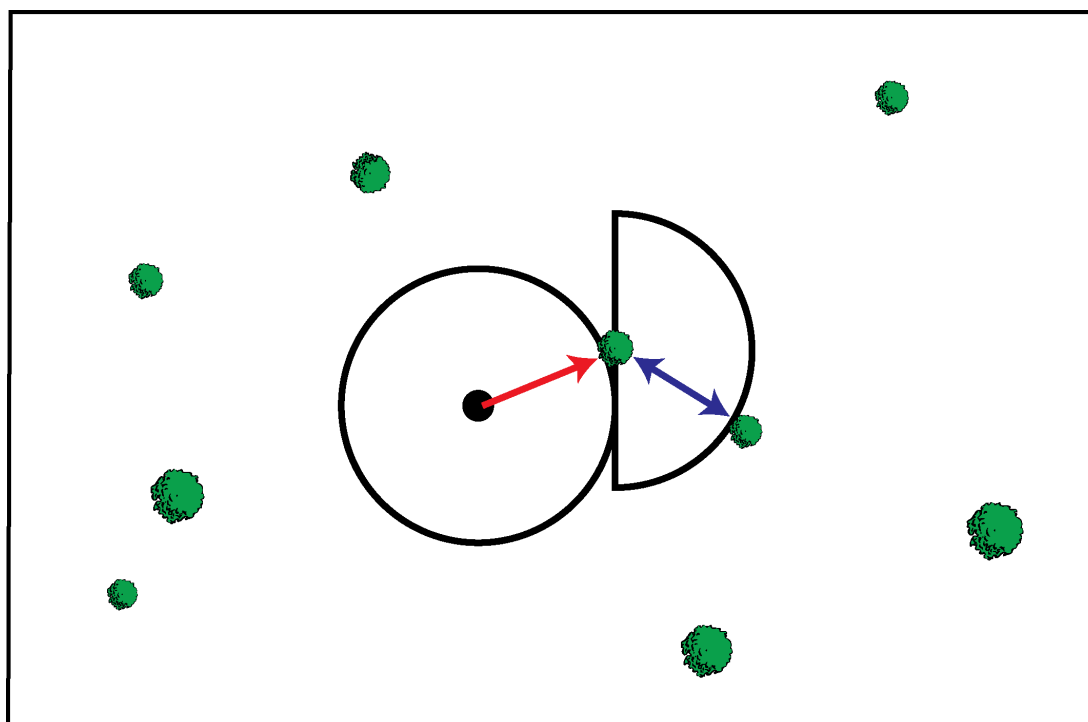


FIGURE 10.10 – Localisation des transects dans l'Encinalejo

FIGURE 10.11 – Schéma de la méthode *plotless*

Le transect continu, une méthode d'échantillonnage des événements rares ?

La faible présence de semis et de fourrés ainsi que l'absence de gaules sont les résultats principaux de ces deux auteurs. Ils les avaient anticipés et avaient utilisé une méthode d'échantillonnage « *plotless* » (M. R. T. DALE 2000) ou « non surfacique ». Cette méthode consiste, plutôt que de compter des événements (pour nous de jeunes arbres) sur une surface, à déterminer la surface minimale pour obtenir au moins deux de ces événements (cf. figure n° 10.11). À partir d'un point (tiré au hasard) on va chercher l'événement le plus proche de ce point (flèche rouge) puis on va chercher le second événement le plus proche du premier (flèche bleue). On obtient deux événements sur une surface minimale, l'inverse d'une densité. Il est possible de continuer et d'aller chercher le troisième, le quatrième événement et ainsi de suite.

Cette méthode présente un avantage dans le cadre de mesure d'événements rares : elle force à les rencontrer. Nous ne l'avons cependant pas retenue et ce pour des raisons pratiques et d'interprétations. Plieninger et Pulido (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003 ; PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001) travaillaient dans des exploitations agricoles où la strate arbustive était quasi absente, les semis étaient donc rapidement

visibles et il était aisé en cas d'incertitude entre deux semis assez proches de prendre une mesure pour les différencier. Cependant, dans la Sierra de Grazalema, la strate arbustive est souvent très présente et elle rend la détection de semis beaucoup plus ardue. Garder la même méthode revenait presque à inventorier et non plus à échantillonner ! De plus, l'interprétation d'une surface minimale par événement, bien qu'étant l'inverse mathématique d'une densité, n'est pas simple : les surfaces et les processus sur lesquels on raisonne sont-ils les mêmes ? Comment apprécier la variabilité des mesures ?

En l'absence de réponses, nous avons donc opté pour une méthode surfacique, et il restait à déterminer quelle surface et quelle forme elle prendrait.

Le comptage de semis, de fourrés, de gaules et d'arbres adultes : sur quelle(s) surface(s) ?

À une échelle donnée le protocole d'échantillonnage surfacique peut être divisé en trois paramètres (cf. figure n° 10.12) (M. R. T. DALE 2000 ; LEGENDRE et L. 2012) :

- *Le grain* : l'unité élémentaire d'échantillonnage, la *résolution* est sa taille, on ne peut (comme pour un pixel) descendre en dessous ;
- *Intervalle d'échantillonnage* : la distance moyenne ou minimum entre deux unités élémentaires d'échantillonnage, cela peut être un multiple du grain dans la dimension temporelle ; on l'appelle parfois le délai (*lag*) liant ainsi le temps avec l'espace ;
- *L'étendue* ou le champ : c'est l'aire ou volume inclus dans l'étude.

Notre grain a été décidé en fonction de la taille des semis et de la strate arbustive : 2m x 2m permettait de bien prendre en compte les arbustes. L'intervalle d'échantillonnage détermine, après le grain, l'échelle la plus fine. Dans le cadre d'un transect continu, l'intervalle nul est un des intérêts majeurs et la raison pour laquelle il est plus simple de prendre un carré ou un rectangle que des ronds. Il nous reste donc le champ, ce dernier est, lui aussi, tout sauf neutre.

Prenons un cas simple : le champ de la variable « densité arborée » est délimité, à priori, par les limites d'une forêt. Les processus gouvernant la densité arborée paraissent bien caractéristiques de cette forêt. Qu'en est-il cependant des lisières ? Il est bien connu que leurs effets modifient les résultats et il est souvent conseillé de ne pas faire des mesures dans celles-ci afin d'en éviter les « biais ». La densité arborée est donc influencée par la géométrie et les frontières du champ qui sont structurantes. En allant plus loin, les limites de notre forêt fictive sont souvent liées à une activité agricole ; si cette dernière disparaît,

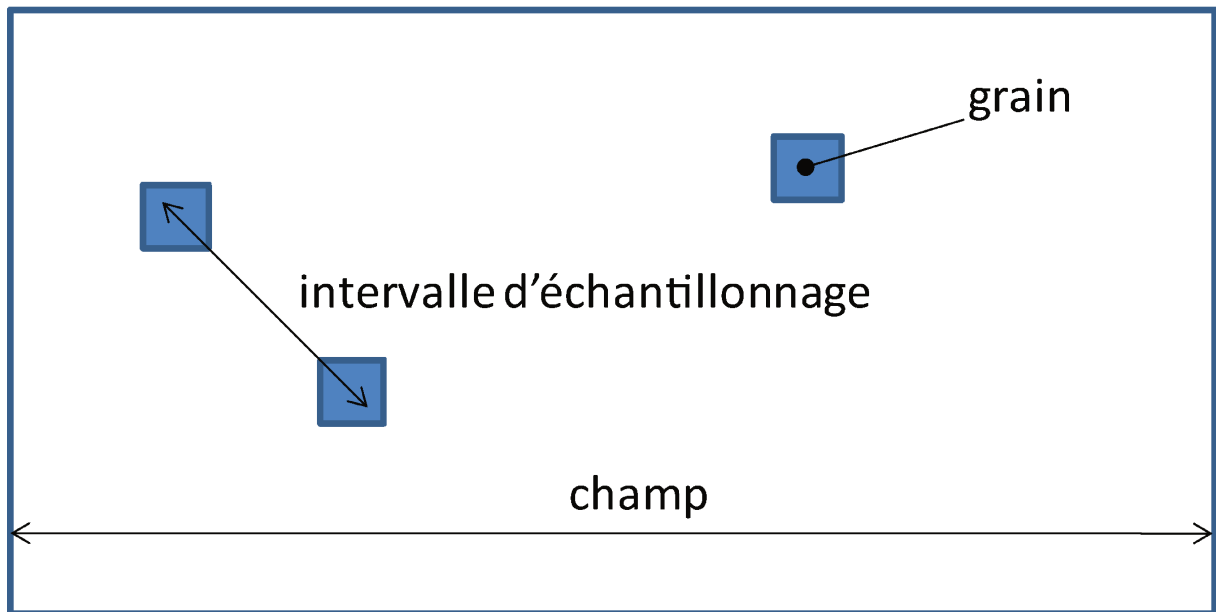


FIGURE 10.12 – les différents éléments d'un échantillonnage

les pâtures ou les champs adjacents vont quelques années plus tard s'embroussailler : la frontière ne sera plus nette. Des mesures pour estimer cette variable pourront être effectuées en dehors des anciennes limites de la forêt. Il sera alors hautement probable que la densité, par endroit, puisse être nulle et que nous obtenions des « 0 ». Ces derniers ont une incidence sur toutes les statistiques basées sur la moyenne. Notre champ a-t-il été bien défini ? Ne mélangeons-nous pas des processus différents (colonisation forestière d'un champ et cycle sylvo-génétique) ? Autant il est possible de repérer dans la physionomie de la végétation la présence d'anciennes pâtures et de délimiter un champ à partir de ce que la physionomie traduit comme historique des usages, autant il est difficile de connaître, à priori, le champ de la densité de semis ou de gaules. Nous devons donc intégrer une analyse du champ.

Les arbres adultes ($DHP > 7,5$ cm de diamètre) vont être inventoriés sur une surface de 42 m de largeur et 200 m de longueur (cf. figure n° 10.13), soit presque un hectare. Cette longueur du transect rend imprévisible, dès les 20 premiers mètres, le type de végétation rencontrée évitant les « biais d'échantillonnage ». Elle nous forcera cependant à regarder l'homogénéité ou l'hétérogénéité de nos transects, ce qui est l'un de nos objectifs (vérifier l'effet du champ). Cette placette est orientée systématiquement nord-sud. Les arbres adultes constituent les strates arborées. Cette superficie nous semblait suffisante

car elle permettait d'obtenir, en supposant que la densité atteignait 80 arbres par hectare, (celle d'une futaie adulte en milieu tempéré (BOUDRU 1989) ou d'un « monte adehesado » selon Díaz-Ambrona, 1998) assez d'arbres. Les arbres adultes ont été localisés sur une grille d'unité élémentaire de 2m x 2m. Chaque transect correspond donc à une grille de 2100 carrés pouvant contenir des arbres adultes. Chaque arbre est caractérisé par son DHP (diamètre à hauteur de poitrine, 1,30 m de hauteur au dessus du sol pris perpendiculaire à la pente), son essence ainsi que par des paramètres qualitatifs (tronc creux visible, état sanitaire, présence de marque de taille, cépée). L'état sanitaire a été apprécié par la présence de descente de cimes (caractéristique des chênes verts), la croissance des pousses de l'année, la présence de parasites (certains champignons et plantes épiphytes mais uniquement quand ces derniers empêchaient la photosynthèse de l'arbre) et branches charpentières arrachées ou tombées. Des photos illustrant ces paramètres sont disponibles pages 284 et 284.

Compter tous les semis sur la même surface que les arbres adultes n'est pas réalisable. Nous avons donc dû les sous-échantillonner. Il faut rappeler qu'habituellement, les jeunes individus sont échantillonnés en forêt sur des surfaces plus petites que celles concernant les individus plus grands. La raison principale, au-delà des aspects pratiques, serait que ces derniers occupent une surface plus importante et seraient en moins grand nombre pour une même unité de surface. Cachées derrière cette évidence, il y a des hypothèses fortes sur la répartition spatiale et démographique des arbres. Les hypothèses spatiales sont : la répartition des arbres, (i) suit une règle d'optimisation des ressources, représentée par la place occupée et (ii) indique que ces ressources sont homogènes spatialement. Autrement dit comme « la nature a horreur du vide » il n'y a pas d'espace vide, « vide » prenant la même valeur partout, nous obtenons une répartition homogène des arbres⁴. De plus ces règles seraient les mêmes pour toutes les classes d'âges (hypothèse démographique). Plus un arbre est de grande taille, plus il occupe de place, plus le grain nécessaire pour le prendre en compte doit être important, c'est l'inverse pour ceux de petite taille. Ces hypothèses sont réalistes, ou du moins satisfaisantes, en forêts tempérées mais en milieu méditerranéen marqué par des hétérogénéités et perturbations elles n'apparaissent plus comme évidentes.

Notre choix de sous-échantillonner, d'accorder moins de surface pour les semis que pour

4. Il y aurait toujours une concurrence pour l'espace qui donnerait une utilisation maximale de l'espace, la ressource étant censée être parfaitement représentée par l'espace.

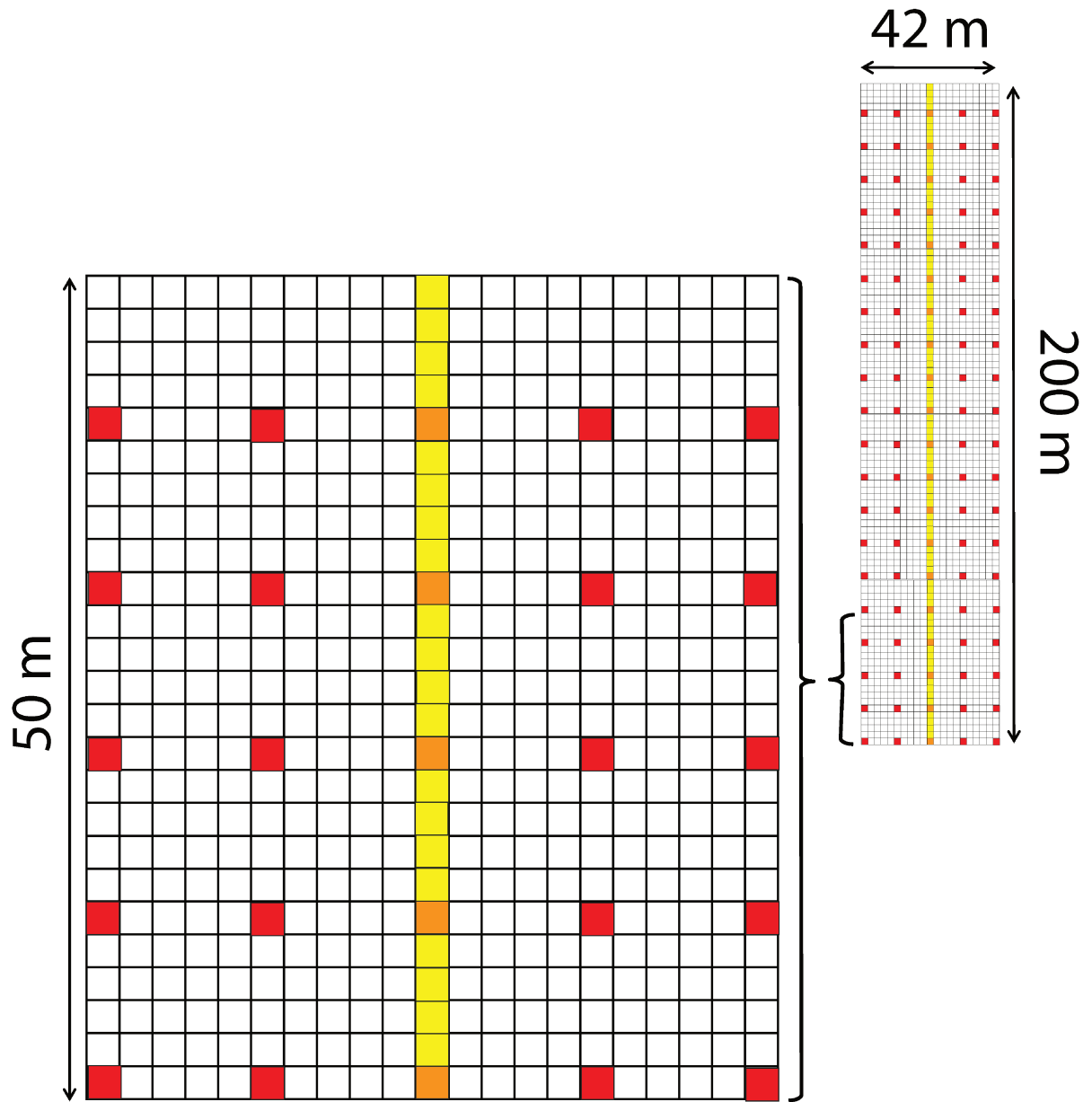


FIGURE 10.13 – Présentation des relevés avec chevauchement (orange) du transect (jaune) et de la grille (rouge)

les arbres adultes, nous contraignait à avoir un dispositif qui gardait en tête ces hypothèses et qui permettait, au moins, de questionner la répartition spatiale des individus : c'est encore un des avantages du transect continu.

Dans un premier temps, les différents paramètres concernant les semis, les fourrés, les gaules et la strate arbustive ont été pris à la fois sur un transect et sur une grille tous deux positionnés au centre du transect mesurant la strate arborée (cf. figure n° 10.13). Le transect comprend 100 carrés de 4m² (cf. figure n° 10.13). La grille partage des points avec le transect (carrés oranges) tout en rajoutant des carrés séparés d'un intervalle de 10 m (carrés rouges) soit un total de 100 carrés de 4m². Puis, pour des raisons que nous évoquerons dans le paragraphe 10.1.3 nous n'avons gardé que le transect continu central. Chaque quadrat comprenait les mesures suivantes :

- Un comptage des semis, gaules, fourrés de chêne vert ;
- La présence/absence des espèces ligneuses et des espèces indicatrices (l'asphodèle blanc par ex.) a été notée et leurs hauteurs prises en compte par des catégories de hauteurs (de 0 à 50 cm, de 51 cm à 1 m, de 1,01 à 1,50 m et plus de 1,51 m).

La couverture du sol a été mesurée d'abord en continu (cf. paragraphe n° 10.1.3) puis tous les deux mètres (au centre de chaque quadrat) le long du transect. Les catégories de couverture de sol étaient « sol nu », « roche », « herbacée » et « arbustive ». De la même manière, la couverture arborée a été notée par *intercept cover* en incluant l'essence du couvert.

Les transects ont été matérialisés par des décamètres de 50 m et les quadrats à l'aide de « mètres de charpentier » (cf. figure n° 10.14). Les arbres ont été localisés en utilisant d'autres décamètres (de 10 ou 50 m) orientés avec une boussole à miroir. Les coordonnées géographiques étaient prises tous les 50 m. Deux tiers (50) de ces relevés ont été effectués par Olivier Leroy seul et l'autre tiers (21) avec l'aide de Claudia Marquez lors de son terrain de thèse (MÀRQUEZ 2015) en échange d'un coup de main pour ses propres relevés. Au total nous avons parcouru 57,41 hectares pour les arbres adultes et 31716⁵ m² (3,1716 ha) pour les semis, fourrés, gaules et arbustes entre 2008 et 2010. Comme nous l'avons vu plus haut nous avons simplifié le dispositif de départ qui s'est avéré trop lourd. Nous décrivons ci-après les modifications de notre protocole et ses effets.

Mesurer la couverture du sol en continu ou par échantillonnage :

5. Il y a 11 valeurs manquantes, cas de mesures impraticables : fortes pentes par exemple.

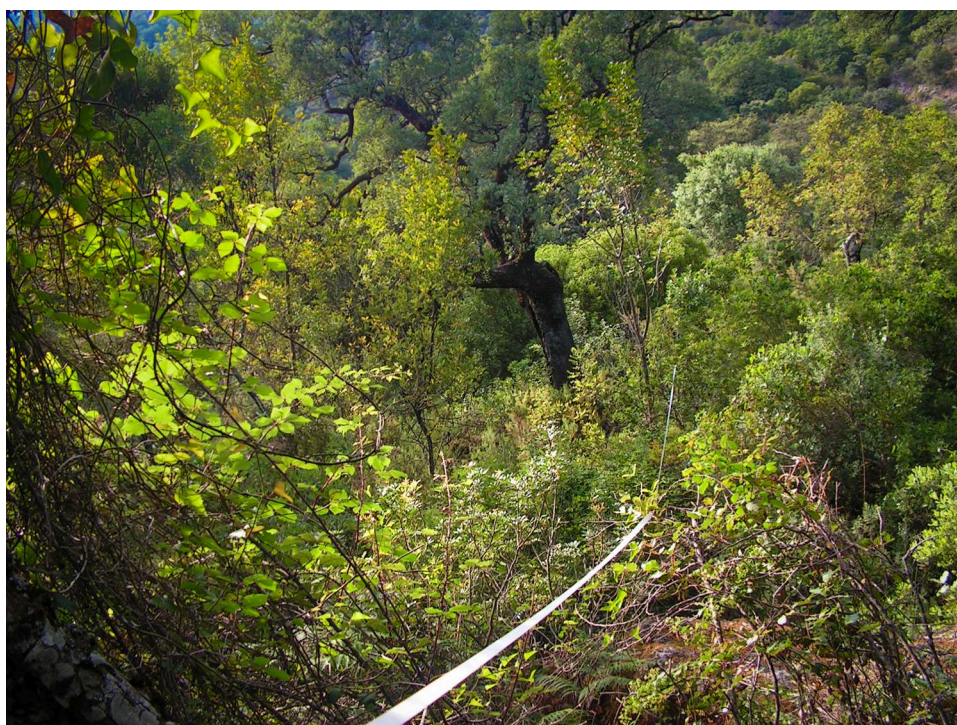


FIGURE 10.14 – Matérialisation d'un transect, photo Olivier Leroy.

La mesure de la couverture au sol en continu a été fastidieuse. Nous avons voulu, à partir des premiers transects effectués, vérifier s'il était possible de l'échantillonner. Nous avons le recouvrement exact, mesuré au cm près, pour 11 transects. Nous avons donc calculé le recouvrement comme si nous avions fait un point tous les mètres, 0,5 m, 1m, 2 m, 2,5 m, 4 m, 5 m et 10 m et comparé les écarts entre la valeur réelle et celle que nous aurions eue si nous avions effectué un échantillonnage. Les résultats de cette comparaison sont présentés dans le graphique n° X. L'écart au recouvrement réel reste faible (moins de 5 m sur 200 m soit 2,5%) pour 1, 2 et 2,5 m et il dépasse pour certains transects les 5% avec un point de mesure tous les 4 m. Nous avons donc considéré qu'un point tous les 2 m était un bon compromis entre un résultat proche de la réalité et un gain de temps. Ce point sera positionné au centre du quadrat. Cette notation est celle proposée par Daget et Poissonet pour l'étude des formations herbacées.

Compter les semis sur une grille ou sur un transect ?

Le recouvrement, le comptage et la localisation de semis, fourrés et gaules sur une grille (carrés oranges et rouges figure n° 10.13) se montrent difficiles et longs à mesurer si on

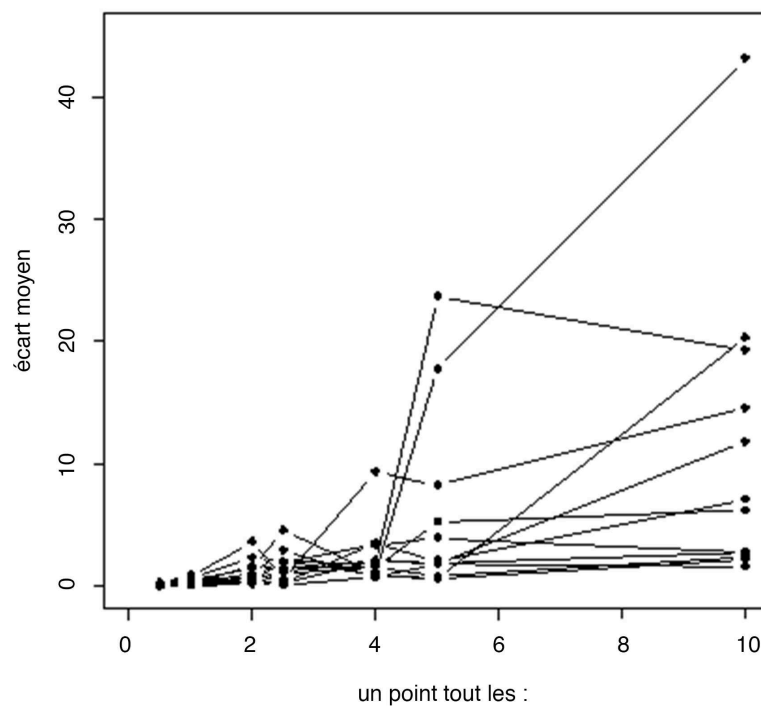


FIGURE 10.15 – Moyenne des écarts pour les différentes catégories entre le recouvrement du sol mesuré en continu le long de 11 transects et le recouvrement obtenu à partir d’une mesure ponctuelle (répétition tous les 0,5/1/2/2.5/4/5 et 10 m) le long de ces transects

veut être précis. Pouvons-nous nous en passer ? Quels sont les avantages et inconvénients de chaque méthode ? Le transect est simple à positionner et peu gourmand en temps. Il donne une description fine du patron spatial à la différence de la grille qui engendre un effet pépite⁶ (du fait de son intervalle d'échantillonnage). Dans le cadre d'une anisotropie, il ne pourra capturer cette dernière que s'il est orienté dans le sens de l'hétérogénéité. Il reste donc plus simple d'utilisation dans les cas où il y a isotropie. C'est un bon estimateur de l'autocorrélation ; cependant la grille permettra une meilleure interpolation et donc estimation (s'il y a autocorrélation). La meilleure façon de déterminer la technique d'estimation des semis la plus efficace serait de connaître le nombre exact de semis, comme nous avons pu le faire pour la couverture du sol. Cette exhaustivité est bien sûr hors d'atteinte. Par contre, nous pouvons comparer les deux techniques d'échantillonnage, le transect et la grille. En moyenne, nous obtenons 0,5694 semis par m² avec une grille et 0,5445 semis par m² le long d'un transect continu (cf. figure n° 10.16). Ces résultats sont assez proches ; ce qui diffère beaucoup plus c'est l'écart type qui est de 1,30 semis par m² pour le transect et 1,45 semis par m² pour la grille. Cela s'explique bien : les comptages sur un transect sont fortement autocorrélés, ce qui réduit artificiellement la variabilité. La variabilité entre les relevés est forte (cf. figure n° 10.16) et nous préférons donc faire plus de relevés que des relevés plus approfondis. Nous avons donc choisi pour les suivants de n'effectuer que le transect continu et de tenir compte de l'autocorrélation.

Échantillonnages (effort, design) où sommes-nous par rapport aux autres recherches ?

Maintenant que nous avons décrit nos choix d'échantillonnage, le lecteur curieux désirera peut-être savoir comment nous nous positionnons en termes d'échantillonnage par rapport à des travaux similaires. Clark et ses coauteurs (CLARK et al. 1999) proposent une méta-analyse d'étude sur la régénération naturelle que nous allons utiliser. La revue de littérature de Clark et ses coauteurs traite en très grande majorité de situations en forêts tempérées ou boréales mais elle permet cependant de positionner nos relevés dans ce qui a été fait avant. Nous avons traduit « *stands* » par « sites » car cela correspondait

6. L'effet pépite provient des géostatistiques et de leurs premières applications dans le domaine minier. Il correspond à un changement brutal d'un paramètre, dans le domaine minier : le passage d'un sol sans valeur à une pépite d'or. C'est par extension un changement imprédictible. Dans notre cas ce changement imprédictible est dû à notre méthode de mesure (la grille) qui ne permet pas de prendre en compte ce type de changement (variabilité entre deux points de la grille).

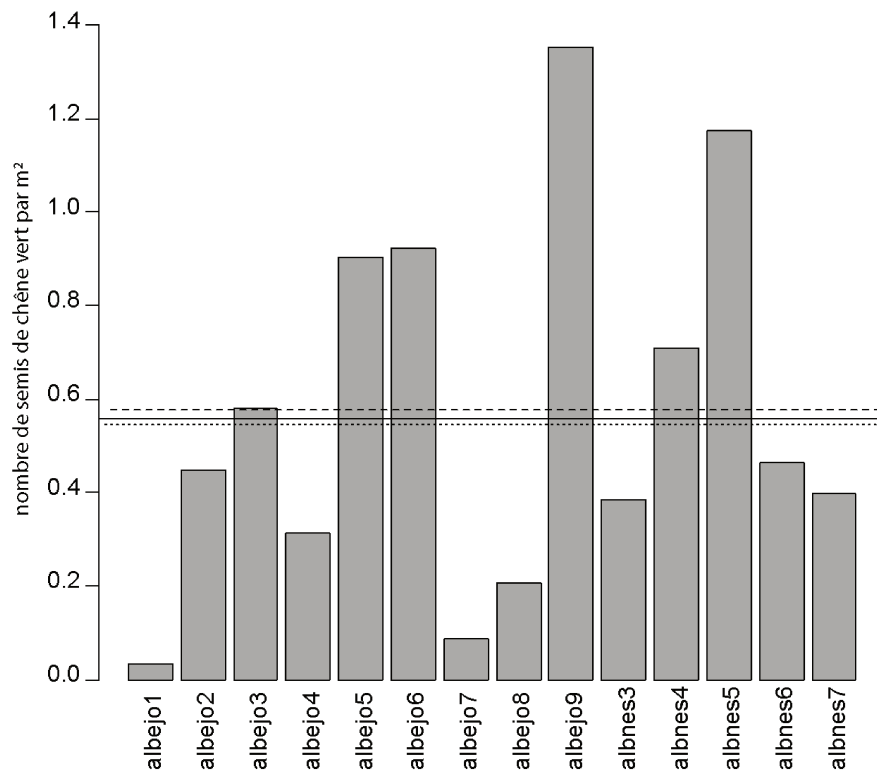


FIGURE 10.16 – Nombre de semis par transect dans l’Albarracinejo et l’Albarranes. La ligne pleine représente le nombre moyen de semis, la ligne de tirets le nombre moyen mesuré sur une grille et la ligne de pointillés le nombre moyen par mesure sur un transect

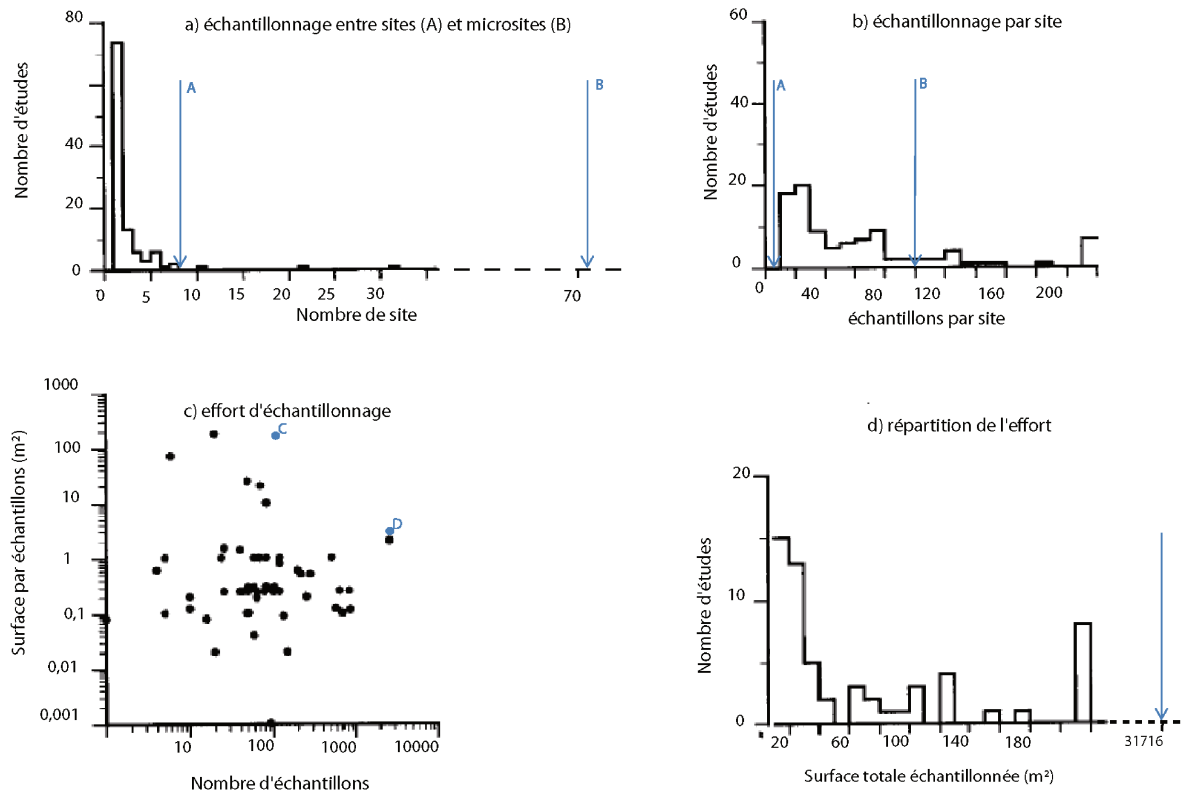


FIGURE 10.17 – Notre échantillonnage (en bleu) positionné dans la revue de Clark et col. (1999) sur les caractéristiques des échantillonnages sur le recrutement

mieux que « peuplements » dans l'esprit des auteurs⁷. Ainsi nous avons 8 sites correspondant aux 8 unités de gestion et 71 microsites (transects) pour nos relevés (graphique n° 10.17.a, flèches bleus A et B). Nous obtenons donc entre 5 et 23 relevés par exploitation agricole et 100 échantillons par relevé (graphique n° 10.17.b, flèches bleus A et B). Enfin en fonction de la définition que l'on prend, notre effort d'échantillonnage est soit de 200 m² pour chacun des 71 (graphique n° 10.17.c, point bleu C) relevés soit de 4 m² pour 7929 quadrats (graphique n° 10.17.c point bleu D) soit une surface totale mesurée de 31716 m² (graphique n° 10.17.d, flèche bleue).

Excepté pour le nombre d'échantillons par site, notre effort d'échantillonnage dépasse ce qui a été fait par les études compilées par Clark et al. (1999). en termes de nombre

7. « We judged a sampling procedure to include multiple stands if the authors describe samples taken at different locations, containing different compositions or both. » et « For cases where « sample plots » were arranged continuously along transect, the total number of plots per stand was calculated as the number of plots per transect times the number of transect. » (CLARK et al. 1999)

de sites et d'échantillons et de surface. Clark et ses collaborateurs dénonçaient un trop grand nombre d'études avec un échantillonnage trop faible et surtout une surabondance d'échantillons de petite surface dans un seul type de sites et jamais à l'échelle du paysage. Nous espérons donc avec le plan d'échantillonnage de relevés éviter ces écueils.

10.2 Méthodes :

Nous avons mobilisé des méthodes d'analyse assez simples, dans une démarche pluri scalaire :

- Niveau de l'ensemble de nos observations,
- Niveau des unités de gestion,
- Niveau des transects,
- Niveau infra-transect et du quadrat.

A chacun de ces niveaux d'analyse, nous avons vérifié si nos critères d'échantillonnage et les autres descripteurs avaient une influence sur les résultats obtenus. Cette analyse a été menée en distinguant deux classes d'âges, suivant l'échantillonnage à deux niveaux : les arbres adultes qui définissent la structure arborée et peuvent être le résultat de la régénération passée et les arbres jeunes (semis, fourrés et gaules) qui indiquent la régénération en cours. Dans les deux cas, les statistiques descriptives ont été mobilisées et illustrées de graphiques. Des test statistiques (Khi^2 , Mann Whitney) ont permis de vérifier les liens entre variables. Une modélisation de la distribution des arbres adultes a permis de déterminer si celle-ci se rapprochait d'un « modèle d'équilibre » ou pas. Pour ce qui concerne les analyses de la régénération, outre les statistiques descriptives des variables semis, fourrés et gaules, nous avons également utilisé des méthodes des géostatistiques afin de caractériser les patrons spatiaux de la répartition des semis et les processus de régénérations eux-mêmes. Afin de vérifier si les transects réalisés dans les unités de gestion étaient homogènes, nous avons effectué des analyses multivariées. Ces dernières ont aussi été utilisées pour croiser l'ensemble des informations floristiques et structurelles et vérifier si ces descripteurs avaient une influence sur la régénération du chêne vert.

Une première étape de l'exposé de nos résultats est la caractérisation de la structure arborée. Elle est la résultante de dynamiques passées. C'est elle que l'on souhaite maintenir, régénérer. Suite à cette caractérisation nous réaliserons un focus sur la régénérations actuelle en particulier la répartition spatiale de semis au niveau des unités de gestion et des transects.

11

Les strates arborées : résultantes de dynamiques passées

11.1 structure arborée d'ensemble

Dans les 71 relevés réalisés, nous avons compté 4373 arbres adultes (DHP > 7,5 cm) de 13 essences différentes sur les 57,41 ha inventoriés (cf. tableau n° 11.1). Parmi ces essences, cinq ont une fréquence supérieure à plus de 5% : *Quercus ilex* (63%), *Ceratonia siliqua* (13,06%) *Quercus faginea* (10,20%), *Olea europaea* var. *sylvestris* (6,08%) et *Arbutus unedo* (5,14%) (cf. tableau n°). La place importante de *Quercus Ilex* est liée à notre choix d'échantillonner dans l'étage du chêne vert et sur des sols carbonatés.

La densité moyenne est de 75,59 arbres/ha, ce qui correspond à un « *monte adehesado* » (DIAZ AMBRONA 1998). Cette moyenne masque une forte variabilité (écart-type de 53,03) entre les relevés avec une densité minimale de 5,952 arbres/ha et maximale de 282,1 arbres/ha ce qui explique que la moyenne (graphique n° 11.1) soit plus élevée que la médiane (67,5). La valeur du troisième quartile, telle que 75% des données lui sont inférieurs est de 114,02 arbres/ha. Les trois quarts des relevés présentent donc une densité équivalente à celles de « *monte adehesado* », en la dépassant légèrement pour les relevés entre la médiane et le troisième quartile. IQR signifie écart interquartile¹.

1. IQR = troisième quartile – premier quartile ; par convention depuis Tuckey il est multiplié par 1,5 pour définir les valeurs extrêmes.

Tableau 11.1 – Nombre d’arbres échantillonnés par essence sur une surface de 57,41 ha par ordre décroissant. « Non identifiables » correspond à des souches sur pied sans écorce sans identification possible et *Quercus* sp. correspond à des souches dont l’écorce permet l’identification du genre.

Essences	Nombre d’arbres échantillonnés
<i>Quercus ilex</i>	2755 (63,00%)
<i>Ceratonia siliqua</i>	571 (13,06%)
<i>Quercus faginea</i>	446 (10,20%)
<i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>	266 (6,08%)
<i>Arbutus unedo</i>	225 (5,14%)
<i>Phillyrea latifolia</i>	48 (1,10%)
<i>Pistacia lentiscus</i>	17 (<1%)
Non identifiable	13 (<1%)
<i>Pistacia terebinthus</i>	13 (<1%)
<i>Quercus suber</i>	7 (<1%)
<i>Quercus</i> sp.	5 (<1%)
<i>Acer monspessulanum</i>	4 (<1%)
<i>Abies pinsapo</i>	2 (<1%)
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1 (<1%)

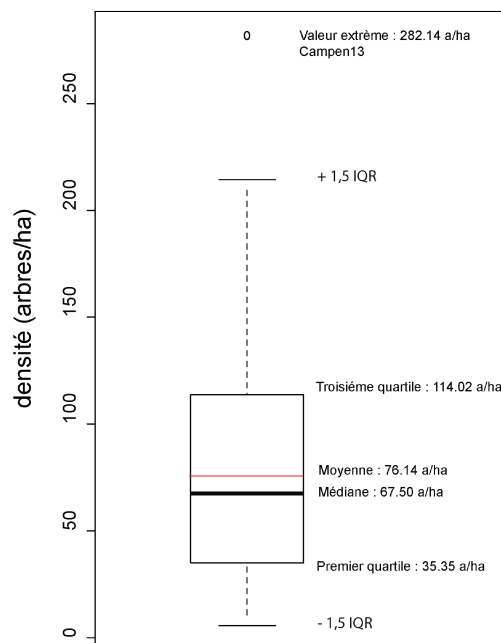


FIGURE 11.1 – Boîte à moustaches de la densité arborée des 71 relevés

La densité arborée est, en forêt, souvent liée au DHP moyen. Plus la densité est faible plus les troncs des arbres ont un gros diamètre. Nous avons pris l'inverse d'une exponentielle pour modéliser² et représenter cette relation entre le DHP moyen et la densité :

$$f(DHP_{moyen}) = b * \frac{1}{e^{a * densité}} + 100 - b \quad (11.1)$$

Nous obtenons une estimation de 0,029 pour a et de 78,19 pour b. Les deux sont significatives (p-value = 0.001). Le résultat obtenu est assez classique : plus le diamètre moyen est faible plus la densité est importante. Il y a quatre relevés localisés dans les terres publiques où la relation DHP moyen et densité est mal estimée par le modèle : il s'agit de campen21 et 23, de dehpue1 et d'encina4 graphique n° 11.2). Leur strate arborée est très peu présente et composée de jeunes arbres. Campen13, avec une densité de 282 arbres par hectare d'un DHP moyen de 18 cm, est le point situé le plus à droite sur le graphique. Il contribue à maintenir la courbe représentant le modèle à ce niveau. On remarque, cela sera développé plus tard, que les relevés dans les exploitations agricoles privées présentent de moindres densités (<100 a/ha) que ceux effectués dans des terres publiques où la densité est supérieure (30 à 300 a/ha) du fait de la présence de jeunes arbres de faible diamètre.

La figure n° 11.3 montre la répartition des essences par classes de diamètre. Les valeurs des classes correspondent au milieu de l'intervalle (classe 10 : de 7,5 à 12,49 cm). La forme de l'histogramme suggère un modèle de régénération « à l'équilibre » avec des jeunes sujets beaucoup plus nombreux que des arbres de fort DHP. Nous le vérifierons plus loin avec un examen détaillé (tableau n° 11.2) par espèce.

Si le chêne vert et le chêne faginé sont représentés dans toutes les classes de diamètre, ce n'est pas le cas des espèces sous-dominantes. Les caroubiers, les oliviers sauvages et les arbousiers, espèces plus thermophiles que le chêne vert, sont presque exclusivement présents dans les classes de diamètre centrées de 10 à 35 cm. Ils y représentent une part cumulée importante (entre 12,02% et 43,49%, tableau n° 11.2) suggérant une tendance récente à la diversification des peuplements, contribuant à la régénération forestière conjointement avec une tendance à une transition vers des séries plus thermophiles, comme l'indique la distribution du chêne faginé. Les oléastres et les caroubiers étaient beaucoup moins présents (3,02% et 0,09%) lors de l'inventaire de la Marine (cf. tableau n° 5.1 p.110). Les

2. La méthode pour déterminer les valeurs de b et a est celle des moindres carrés.

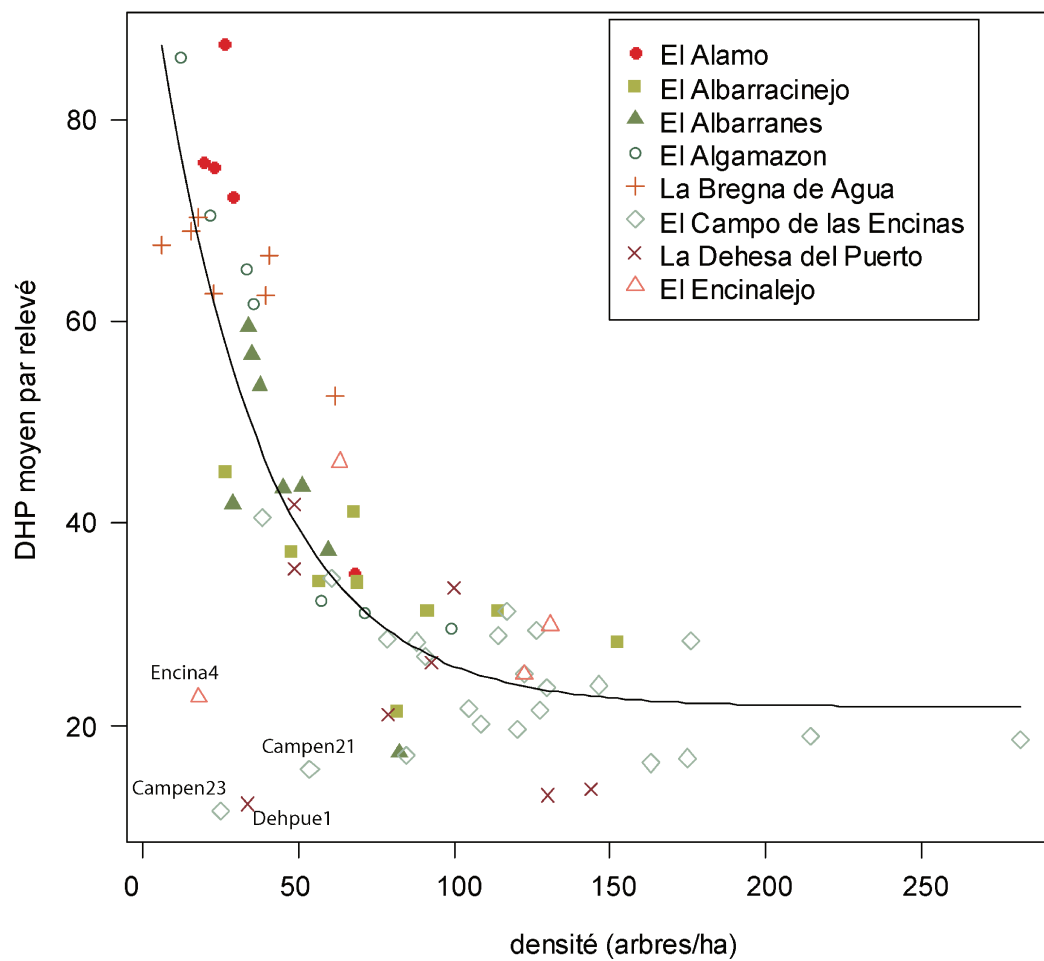


FIGURE 11.2 – Densité arborée en fonction du DHP moyen par relevé dans des exploitations agricoles privées et terres publiques

chênes faginsés se retrouvent dans presque toutes les classes de diamètre mais ils sont proportionnellement de plus en plus abondants jusqu'à devenir l'espèce dominante dans les plus grandes classes de diamètre où les autres essences sont absentes ou quasi absentes (tableau n° 11.2). Ceci suggère des relations de compétition entre *Quercus ilex* et *Quercus faginatae*. Cette dernière essence, dominante chez les arbres de plus fort DBH, supposés les plus vieux, est ensuite dominée par le chêne vert, et représente moins de 10% des effectifs dès lors que la classe de diamètre est inférieure à celle centrée sur 60 cm. Ces deux espèces n'ont pas les mêmes exigences écologiques *Quercus faginatae* est une espèce plus mésophile que *Quercus ilex* (RIVAS MARTÍNEZ 1987; VALLE TENDERO 2004) et supporte moins bien la taille. Malgré cela, *Quercus faginatae* aurait été protégé par l'homme ce qui explique sa prédominance dans les classes d'âges élevées. La catégorie « Autre » regroupe les essences dont la fréquence est inférieure à 5% (cf. tableau n° 11.2). Les chênes lièges sont uniquement présents dans deux exploitations privées, « Alamo » et la « Bregna de Agua ». Ils sont tous de très gros diamètres (95 et 99+ cm). Les érables de Montpellier ne sont présents que dans « l'Encinalejo », dans la partie basse près d'un cours d'eau. Ce sont de jeunes arbres. Les deux espèces de pistachiers (térébinthe et lentisque) ont été observées dans « l'Albarracinejo », « l'Algamazon » et le « Campo de las Encinas » pour la première essence et dans « l'Albarracinejo » et « l'Albarranes » pour la seconde. Les filaires à grandes feuilles sont présentes dans presque toutes les exploitations agricoles privées et les terres publiques sauf dans « l'Encinalejo » et « l'Alamo ». Ces trois dernières essences, arbustives, se retrouvent uniquement dans les classes de diamètre inférieures à 30 cm.

Pour vérifier l'hypothèse d'un ajustement entre la distribution par classes de diamètre de *Quercus ilex* et la courbe correspondant à un modèle d'équilibre dans une futaie jardinée, nous avons opté pour l'équation de Meyer (1953) pour modéliser la distribution dans les classes de diamètre (graphique n°).

$$Y = ke^{-ax} \quad (11.2)$$

Y étant le nombre d'arbres par classe de diamètre et x le DHP

Les paramètres (11,6781 et -0,036) ont été obtenus via la méthode des moindres carrés. Cette équation, inspirée des travaux de François de Liocourt (1898), est souvent utilisée pour modéliser les forêts « non perturbées ». C'est encore un exemple de lien entre les

Tableau 11.2 – Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm

CD (cm)	Total (a/ha)	<i>Quercus ilex</i> (%)	<i>Quercus faginae</i> (%)	<i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i> (%)	<i>Cerratonia siliqua</i> (%)	<i>Arbutus unedo</i> (%)
10	15,55	55,54	9,07	7,50	12,21	11,87
15	16,84	46,22	10,75	8,07	22,23	9,10
20	8,29	47,48	6,72	10,71	28,15	4,62
25	5,00	62,37	6,97	9,41	17,42	2,79
30	4,58	78,71	3,80	8,74	8,37	0,00
35	4,06	85,84	1,29	5,15	6,87	0,00
40	3,69	90,09	5,66	1,41	2,83	0,00
45	3,03	89,08	6,90	0,57	3,45	0,00
50	2,33	88,81	8,96	0,00	2,24	0,00
55	2,33	90,30	8,96	0,00	0,75	0,00
60	2,02	86,21	12,93	0,00	0,86	0,00
65	1,81	86,54	10,58	0,00	1,92	0,96
70	1,17	83,58	14,93	1,49	0,00	0,00
75	1,04	65,00	33,33	0,00	1,67	0,00
80	0,82	76,60	19,15	0,00	2,13	0,00
85	0,49	60,71	39,29	0,00	0,00	0,00
90	0,54	67,74	29,03	0,00	3,23	0,00
95	0,56	34,37	56,25	0,00	0,00	0,00
99+	1,27	36,98	56,16	0,00	1,37	0,00

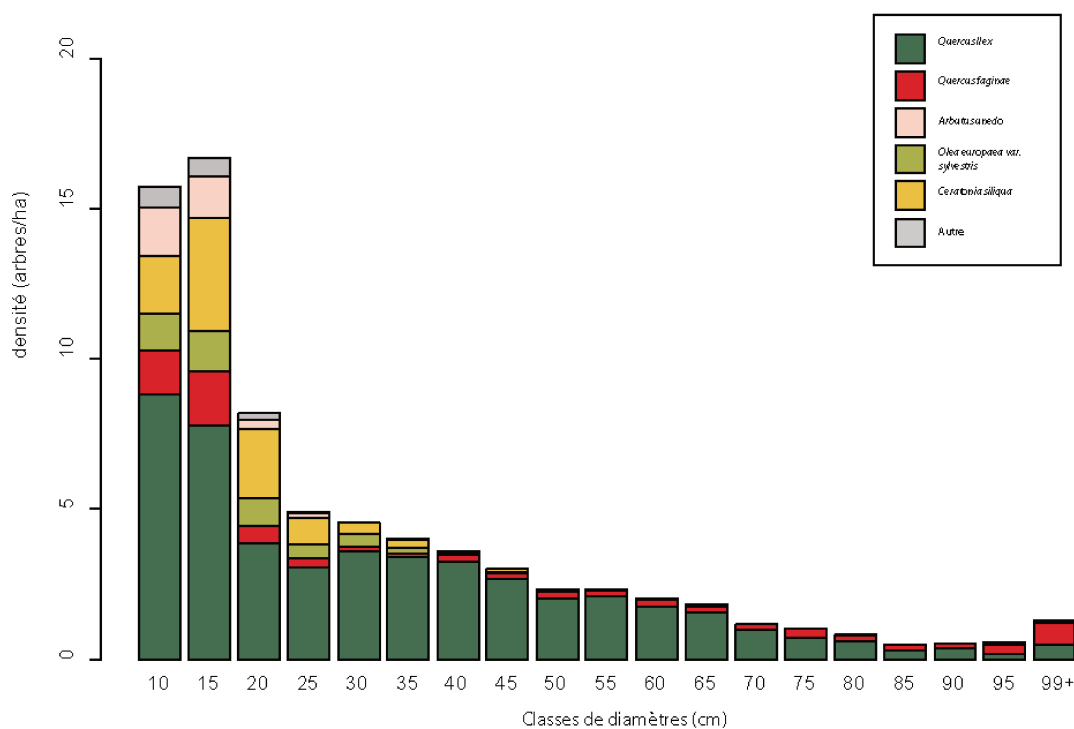


FIGURE 11.3 – Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm

travaux des forestiers et ceux des écologues : un peuplement équilibré pour la production devient un peuplement à l'équilibre dans l'écosystème. Un contrôle visuel nous permet de constater que la densité diminue bien exponentiellement avec les classes de diamètre et que l'application de cette équation est justifiée. La pente de notre modèle reste cependant relativement faible dans les premières classes de diamètre, notamment si on la compare avec les modèles obtenus pour les IFN (cf. figure^o) : le bas du « J inversé » n'est pas très abrupt. Cela s'explique à la fois par une plus faible présence dans les premières classes de diamètre et par une présence plus importante dans les classes 30, 35, 40 et 45 cm de diamètre. Les classes de diamètre 20, 25 et 30 sont toutefois moins représentées qu'attendu si notre distribution suivait le modèle. Elles sont plus importantes pour les classes allant de 10 à 15 cm et de 35 à 65 cm. Cela laisse supposer plusieurs points :

- il y a eu un recrutement plus faible pour les classes allant de 20 à 30 cm,
- le recrutement des classes de 35 à 60 cm a été plus important,
- les classes 10 et 15 cm de diamètre sont assez importants pour un renouvellement des classes suivantes mais ne permettront pas d'atteindre les effectifs obtenus pour les classes de 35 à 60 cm.

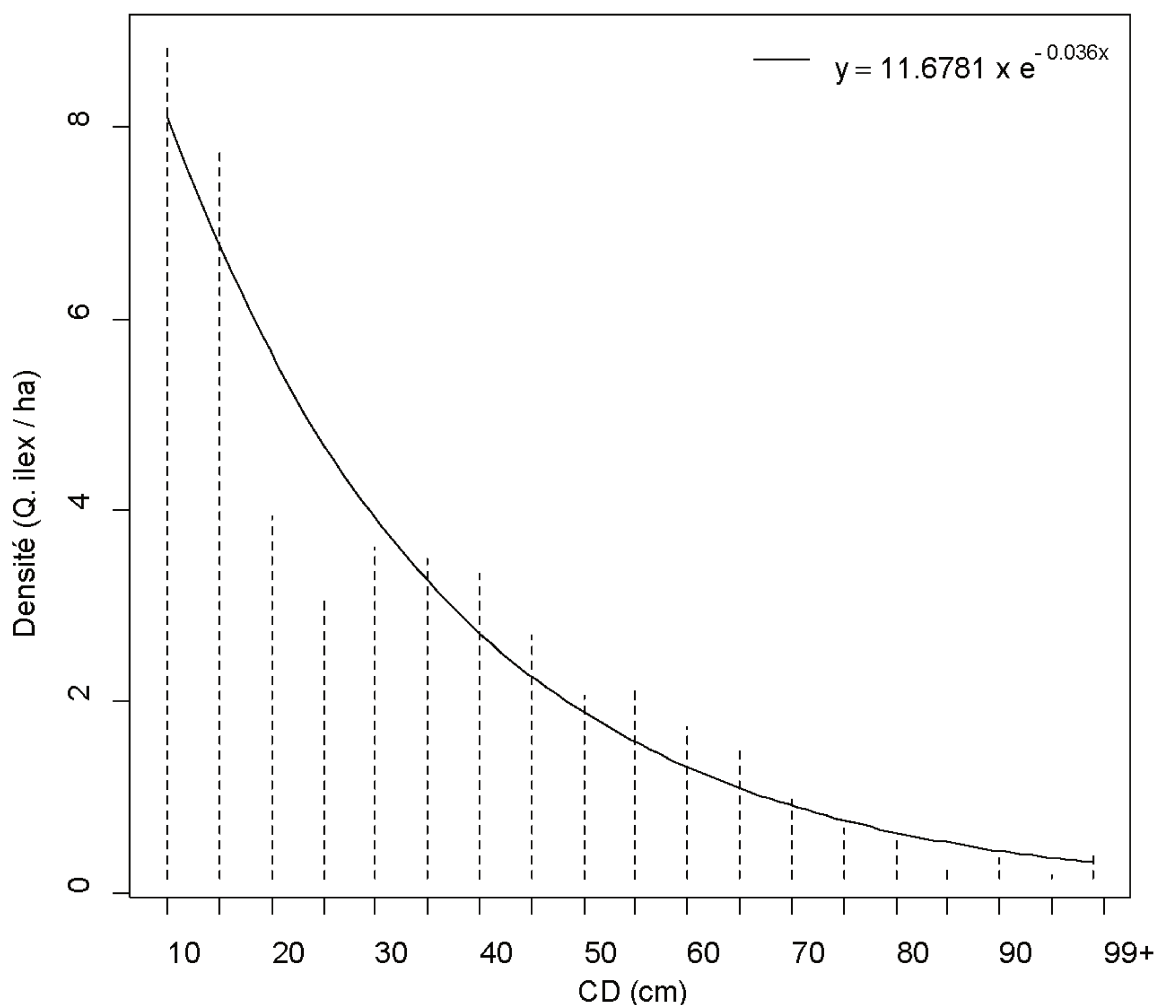


FIGURE 11.4 – Distribution de la densité de *Quercus ilex* par CD de 5cm et modèle s'ajustant à nos données

La mise en place de dehesas suivant le désamortissement via les *tajones* correspond aux classes de diamètre de 40 à 60 cm (70 à plus de 100 ans). Une faible régénération dans les classes de 20 à 30 cm s'explique à la fois par l'absence de besoin de renouveler un système qui vient juste d'être installé : les arbres sont en place, la couverture arbustive retirée permet le développement d'une strate herbacée (tout en jouant aussi contre la régénération forestière). C'est également le moment où la population est à son pic démographique. La reprise de la régénération, attestée par la présence importante des classes de 10 et 15 cm correspond à la fois au début de la création du PNSG, la pleine période de difficulté des systèmes agraires (crises des productions et sanitaire)

Le modèle de Meyer que nous utilisons, comme celui de De Liocourt, a pour hypothèse

que le passage entre chaque classe de diamètre est constant (ie la mortalité). Il est possible que la mortalité n'a pas été la même au cours du temps, les fluctuations peuvent être autant expliquées par une régénération plus ou moins importantes que par des variations dans la mortalité. Nous n'avons pas cette information, souvent impossible à obtenir à l'échelle de la vie des arbres. Par contre, nous avons cependant pris en compte des paramètres comme les arbres morts et la santé des arbres dans nos relevés qui vont pouvoir apporter des informations.

11.2 Santé et mortalité des arbres

11.2.1 arbres morts

Nous avons trouvé 67 arbres morts (cf. photo n° 11.6) sur pied dont 41 étaient des chênes verts, quatre des chênes fagins et 13 étant non identifiables. On retrouve des arbres morts de tous les diamètres (graphique n° 11.5) avec un nombre élevé (22) dont le tronc était trop endommagé pour déterminer le diamètre. La distribution par classes de diamètre des arbres morts semble toutefois concentrée dans quelques classes de diamètre : 30 à 40 cm (14 individus), 70 cm (quatre individus) et plus de 99 cm (3 individus). Neuf de ces arbres n'ont pas pu être identifiés. L'identification des arbres morts étant faite surtout grâce à l'écorce, elle est plus difficile sur de jeunes individus où cette dernière est moins bien formée. Il n'y a, à notre connaissance, aucune donnée permettant une comparaison avec d'autres systèmes agroforestiers. Il est difficile d'estimer si une fréquence d'arbres morts plus importante peut être liée à une époque particulière car nous ne pouvons pas savoir depuis quand les arbres sont morts et ont donc arrêté de croître. Compte tenu de toutes ces réserves, il est donc difficile d'interpréter ces résultats.

11.2.2 état de santé des arbres

Très peu d'arbres montrent des signes de mauvais état de santé : 98 présentent des signes des problèmes légers (photo n° 11.8) et 23 des problèmes plus graves (photo n° 11.9), soit 2,77% de l'effectif total. Ces chiffres sont bien meilleurs que ceux retenus pour l'ensemble de la province de Cadix où 75,82 % des arbres ont une légère défoliation (entre 10 à 25%) et 53,85% présentent des dommages légers par des agents infectieux (COSTA PÉREZ et al. 2006). Il faut noter que les rares points sur le territoire du Parc de cette étude sont bien meilleurs que ceux de la province.

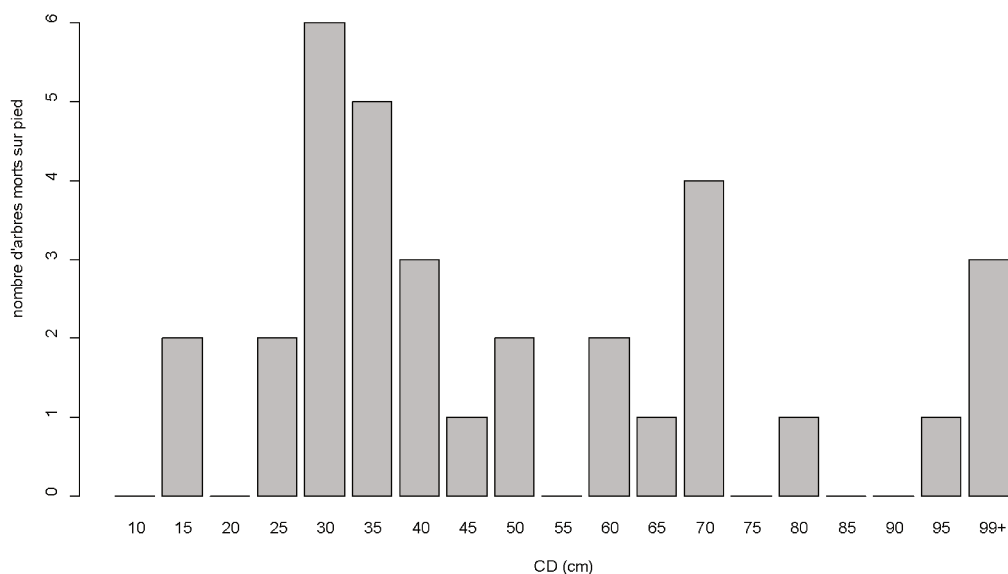


FIGURE 11.5 – Distribution des arbres morts par classe de diamètre

Le graphique n° 11.7 nous permet de constater que plus les arbres sont âgés plus ils peuvent présenter ces signes. Le faible nombre d'arbres ayant de forts diamètres augmente la variabilité dans les dernières classes de diamètre. Parmi les quatre essences comprenant des individus en mauvaise santé, les deux chênes, faginé et vert, présentent les pourcentages les plus élevés (3,13 et 3,52%), l'oléastre et le caroubier les plus faibles (1,50 et 1.05%). Aucun arbousier ne montre de signes de mauvaise santé. Un test du χ^2 effectué sur ces cinq essences dominantes, en regroupant les catégories « problèmes légers » et « problèmes graves » pour respecter les conditions de validité du χ^2 , nous indique qu'il existe des différences très significatives ($P\text{-value} = 0.0005706$) entre les essences. Les écarts aux distributions théoriques sont les plus élevés pour le chêne vert (plus d'arbres en mauvaise santé qu'attendu), l'oléastre et l'arbousier (moins d'arbres en mauvaise santé qu'attendu). La dominance du chêne vert s'accompagne donc d'une sensibilité légèrement accrue aux maladies dans la phase de vieillissement. À l'opposé, les essences compagnes, contribuant à la diversité spécifique des peuplements sont en meilleure santé qu'attendues. Les chênes verts de la Sierra de Grazalema restent cependant en bonne santé comparés aux résultats provinciaux.



FIGURE 11.6 – Chêne vert mort sur pied dans l'exploitation agricole privée Algamazon, Olivier Leroy, 2011

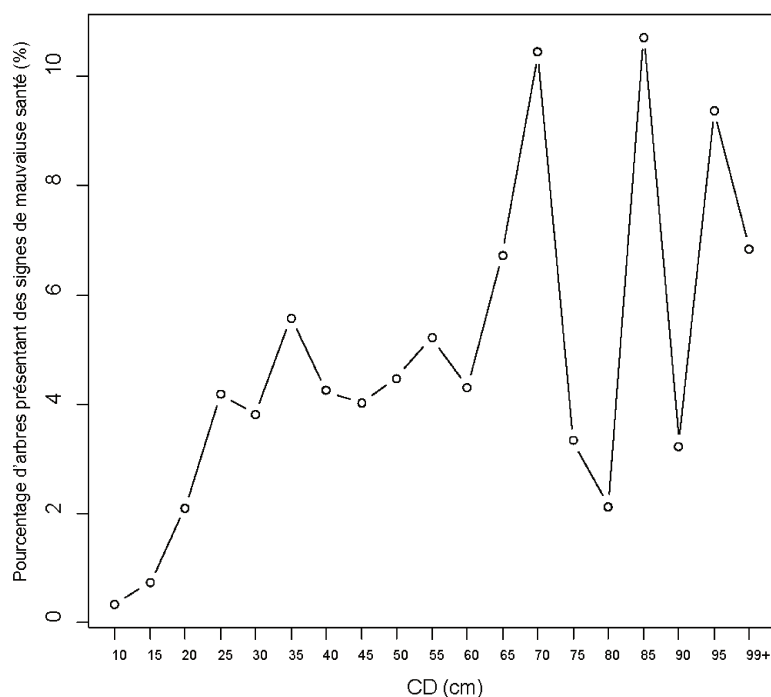


FIGURE 11.7 – Pourcentage d’arbres présentant des signes de mauvaise santé en fonction des classes de diamètre

11.2.3 Tronc creux

Le tronc creux (cf. photo n° 11.11) n’est pas forcément un signe de mauvaise santé ; cependant il peut faciliter la pénétration puis le développement de parasites. Ce trait a été observé sur 288 arbres, soit 6,59% de l’ensemble. Le pourcentage de troncs creux visibles augmente légèrement entre les classes de 10 à 40 cm puis plus rapidement pour dépasser les 50% dans la classe de 85 cm de diamètre (figure n° 11.10). Ce pourcentage diminue par la suite. Les chênes appartiennent à un genre qui supporte bien d’avoir un tronc creux et observer un si grand nombre d’entre eux avec cette caractéristique renforce l’hypothèse qu’ils ont été taillés. Les tailles laissent apparent et sans protection le bois de l’arbre : une mauvaise taille va favoriser l’infiltration et la stagnation d’eau au niveau du bourrelet de cicatrisation, ce qui peut conduire à un tronc creux. Cependant les arbres taillés ne présentent pas significativement plus de troncs creux (test du χ^2 , $P=0,4535$). La proportion d’arbres à tronc creux varie fortement selon les espèces (tableau n° 11.3. Les chênes lièges sont particulièrement affectés (42%). Il s’agit d’arbres âgés, recensés dans deux exploitations agricoles privées (Alamo et Bregna de Agua). On peut

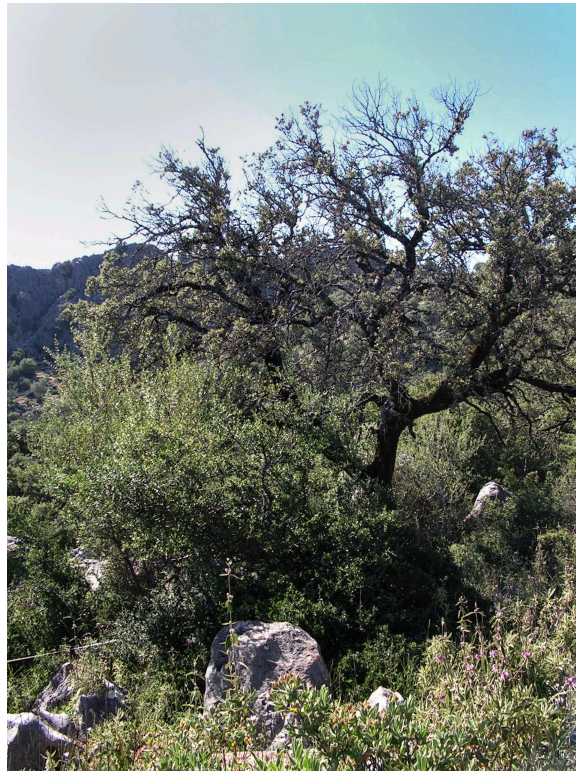


FIGURE 11.8 – Chêne vert souffrant de problèmes légers, terre publique Encinalejo, Olivier Leroy 2010



FIGURE 11.9 – Chêne faginé souffrant de problèmes graves, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010

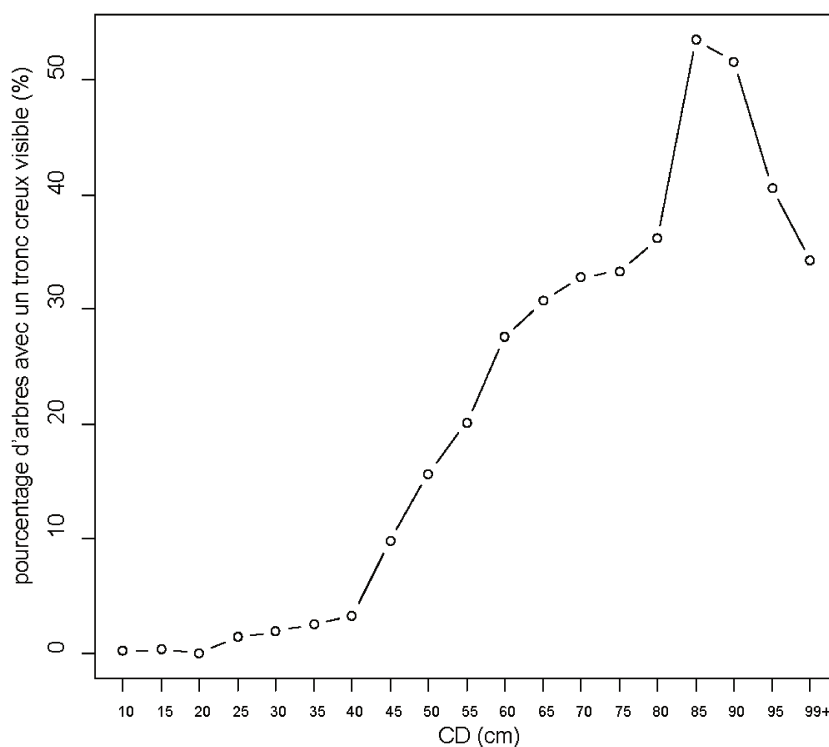


FIGURE 11.10 – Pourcentage d’arbres avec un tronc creux en fonction des classes de diamètre

émettre l’hypothèse que l’écorçage, pratique répétée de la taille ait favorisé les troncs creux (MONTROYA OLIVER 1996). Le test du χ^2 appliqué à 3 catégories d’espèces, *Quercus ilex*, autres *Quercus* et espèces compagnes (*Ceratonia siliqua*, *Olea europea* var. *sylvestris*) montre toutefois que les chênes verts avec un tronc creux sont plus nombreux qu’attendu, alors que c’est l’inverse pour les espèces compagnes. Ce résultat est analogue à celui observé concernant le taux d’arbres en mauvaise santé.

11.2.4 Tailles des arbres

Il y a de nombreuses tailles d’arbres possibles. On a pu voir au fil de la partie sur la régénération naturelle passée : les tailles fruitières, les tailles d’entretiens et les tailles sanitaires. Les tailles fruitières consistent à favoriser une production de glands pour l’alimentation notamment des cochons. Elles vont aider à former un houppier constitué de 2 à 5 branches charpentières, formant une croix qui sera rajeunie en coupant en alternance ces branches (cf. photo n° 11.14). En parallèle, les rameaux et petites branches poussant trop à l’intérieur du houppier vont être retirés. Les tailles d’entretiens ou de formation

Tableau 11.3 – répartition des arbres à tronc creux dans les essences relevées

Essences	Nombre d'arbres avec tronc creux visible
<i>Quercus ilex</i>	237 (8,60%)
<i>Quercus faginea</i>	36 (8,07%)
<i>Quercus suber</i>	3 (42,86%)
<i>Quercus</i> sp.	1 (20%)
<i>Ceratonia siliqua</i>	8 (1,40%)
<i>Olea europea</i> var. <i>sylvestris</i>	3 (1,13%)



FIGURE 11.11 – Chêne vert avec tronc creux visible, terre publique Albarranes, Olivier Leroy, 2009



FIGURE 11.12 – Taille incertaine sur un chêne vert, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy

(cf. photo n° 11.13) vont consister à former un arbre de franc pied en coupant certaines branches latérales (accélération de l'autoélagage). Le terme « *limpio* » est souvent employé. Enfin, les tailles sanitaires consistent à tailler une branche atteinte, ou supposée atteinte, par un agent pathogène, en partie arrachée par le vent ou la chute d'un autre arbre. Il est aisé d'identifier leurs objectifs juste après leur exécution, c'est beaucoup plus difficile quelques années après. Nous n'avons donc pas essayé d'associer une forme de taille à une fonction. Dans de nombreux cas, les cicatrices ne permettaient même pas d'affirmer si une branche avait été taillée ou si elle était tombée par la force du vent (photo n° 11.12) nous notions alors taille « incertaine ». 984 arbres (sur 4371, donc 22,51%) présentent des marques de tailles évidentes et 106 présentent des marques incertaines. La proportion d'arbres taillés d'environ 20% pour les chênes verts, fagins et les caroubiers (*Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Ceratonia siliqua*). Elle dépasse les 35% pour les oléastres (*Olea europea* var. *sylvestris*) et atteint à peine 10% pour les arbousiers (*Arbutus unedo*) (graphique n° 11.15).

Ces chiffres sont en rapport avec l'utilisation du bois pour différents usages (charbon, fourrage) ainsi que les tailles de formation des arbres pour la production fruitière. Le pourcentage d'arbres taillés est élevé dans les premières catégories de diamètre puis chute à moins de 10% pour les classes de 20 à 40 cm pour remonter dans les plus gros diamètres (cf. figure n° 11.16). Ce résultat peut s'expliquer à la fois par un abandon de la taille, des tailles moins fréquentes sur ces catégories de diamètre mais aussi par des cicatrifications



FIGURE 11.13 – Taille visible, de formation, sur un jeune chêne vert, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010



FIGURE 11.14 – Exemple de taille, coupe d'une branche charpentière, sur un chêne faginé, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010

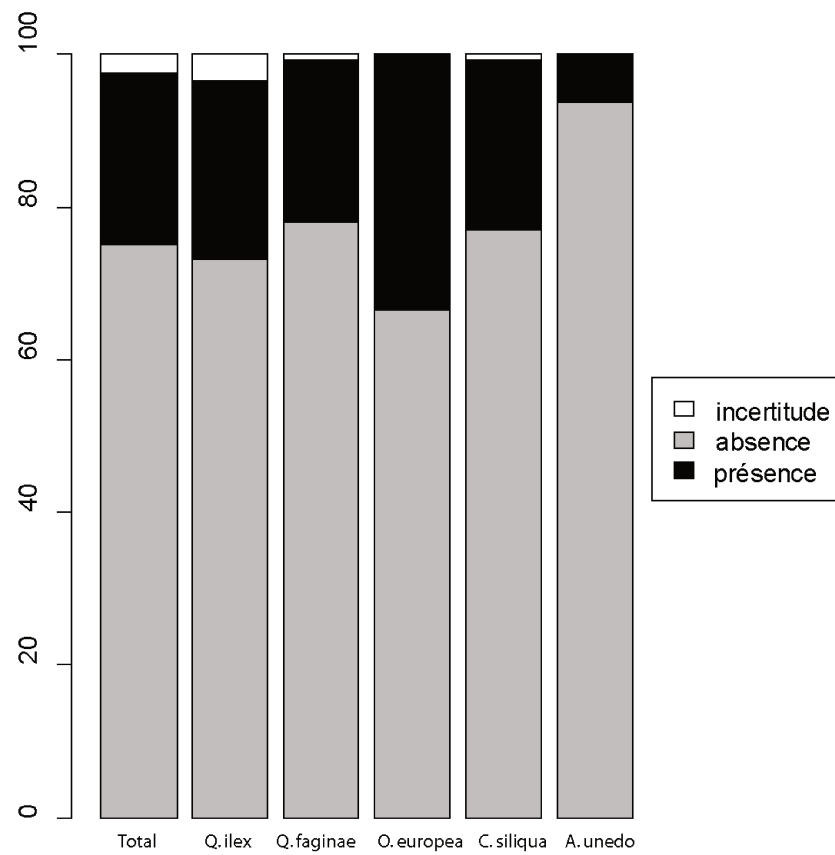


FIGURE 11.15 – Pourcentage d’arbres non taillés, taillés et présentant des marques incertaines pour les cinq essences les plus présentes

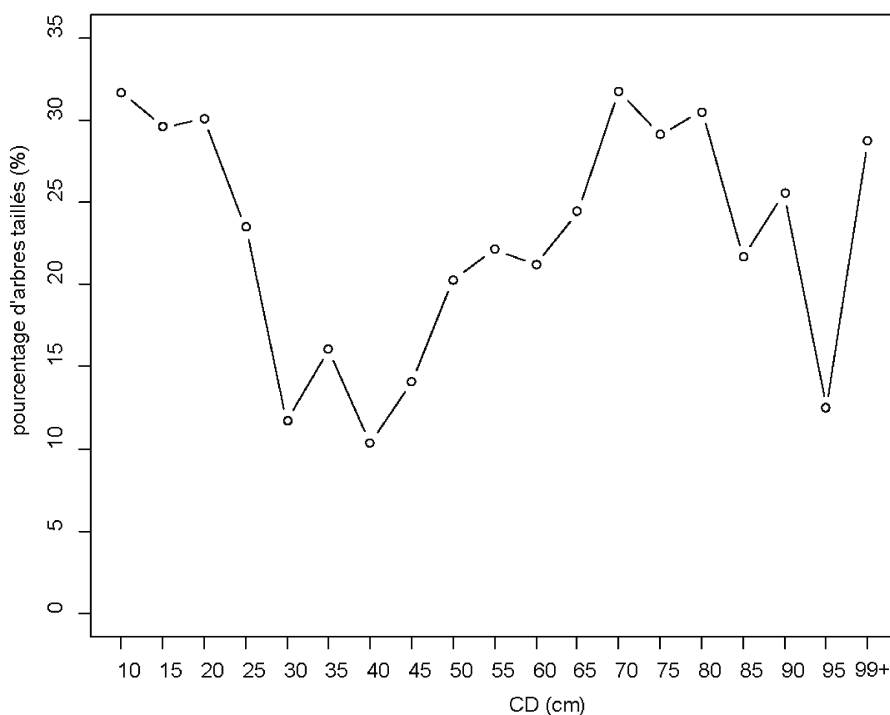


FIGURE 11.16 – Pourcentage d'arbres taillés par classe de diamètre

laissant moins de marques que lorsque l'arbre est en croissance. Ce creux correspond à la période de rachat par l'ICONA puis de mise en défens par le Parc, qui précède la diminution de recrutement dans les jeunes. L'arrêt de la taille a diminué la production de glands et, accompagné de l'arrêt du pâturage, il a permis l'augmentation de la biomasse de la végétation d'accompagnement (retirée lors des tailles). Ce dernier point pourrait avoir joué négativement pour les chênes verts lors dans la compétition accrue avec les espèces accompagnatrices, dont nous avons déjà observé d'autres manifestations (problèmes de santé). La végétation a aussi pu avoir un effet positif en protégeant les semis. Il est étrange de constater le pourcentage important de taille concernant les oléastres. Ce sont des individus isolés plutôt de petits diamètres. Souhaite-t-on favoriser une taille fruitière ? Les a-t-on utilisés comme source de greffe ? les deux sont possibles.

11.3 Variabilité floristique et structurelle de l'ensemble des transects et régénération du chêne vert

11.3.1 Analyses descriptives multivariées et classifications

Les analyses descriptives multivariées sont devenues des classiques autant en écologie (GOODALL 1954) qu'en géographie (DAGNÉLIE 1960). Une présentation plus poussée ne nous semble donc pas nécessaire. Il faut cependant noter que les logiciels et algorithmes que nous allons exploiter utilisent des modes de présentation différant légèrement et seront expliqués si besoin lors de l'analyse.

Pour conduire notre analyse, nous avons considéré la présence de semis, fourrés et gaules de chênes verts ainsi que des différents taxons relevés à l'échelle du quadrat et nous les avons regroupés par transects. C'est sur ce tableau qu'une première AFC est produite. Nous utilisons les contributions des colonnes (taxons) aux axes comme outil d'analyse.

Le premier plan factoriel donne à voir un nuage de point en forme de triangle évoquant un effet Guttman atténué, l'asphodèle (*Aspho* : *Asphodelus cerasiferus*), espèce indicatrice de milieux dégradés, étant bien décrit par les axes 1 et 2 (figure n° 11.17).

L'axe 1 avec une inertie de 16,3%, est structuré, via de fortes contributions absolues, par l'opposition côté positif entre *Asphodelus cerasiferus* (*Aspho*), *Phlomis purpurea* (*Phpu*), *Thymus* sp. (*Thsp*) et, dans une moindre mesure, des fourrés de *Quercus ilex* (*QF*) avec côté négatif *Arbutus unedo* (*Arun*), *Ceratonia siliqua* (*Csil*), *Rhamnus lycioides* (*Rhly*), *Rubia peregrina* (*Rupe*) et *Smilax aspera* (*Smas*). Il oppose donc des espèces herbacées et des chamephytes que l'on retrouve dans des milieux plus pâturés avec des espèces arborées, arbustives et grimpantes. L'axe 2, avec une inertie de 10,24% est surtout structurée par l'opposition entre *Asphodelus cerasiferus* (*Aspho*) avec *Ulex baeticus* (*Ulba*) et *Bupleurum fruticosum* (*Bufr*). C'est une opposition entre des transects avec des herbacées et des transects avec des arbustes.

Excepté pour les fourrés de *Quercus ilex*, l'AFC ne nous permet pas de lier les stades de régénération naturelle du chêne vert. Les contributions de ces derniers aux huit autres premiers axes ne les font pas plus ressortir. Ceci signifie qu'ils peuvent être présents le long des gradients écologiques décrits par l'AFC.

Des variables supplémentaires produites à partir de la strate arborée (DHP moyen, pourcentage en chêne vert, etc...) ou mesurés à l'échelle du transect (altitude moyenne,

penne, etc. . .), sont projetées sur les axes mais ne sont pas prises en compte dans leur définition. L'axe 1 suggérait un gradient de succession, ce qui est confirmé par l'opposition entre le TR arbustif et arboré et celui de la couverture herbacée. La forte couverture herbacée semble favoriser en proportion le chêne vert et un DHP moyen élevé, ceci suggérant une structure végétale rencontrée dans les dehesas régulièrement pâturées, caractérisées par une strate herbacée continue entre des arbres assez âgés, qui serait donc plus favorable aux fourrés de chênes verts. Elles sont opposées à des forêts denses et peu pénétrables (lianes, arbustes). Ces stades de dehesas peu denses et herbacées sont caractérisés par l'asphodèle, tout comme les transects décrits par le pôle négatif de l'axe 2. Dans ce second cas, la valeur indicatrice de dégradation de cette espèce serait confirmée par le fort recouvrement au sol de la roche affleurante, dans des transects situés à plus haute altitude (nous y reviendrons plus loin) et sur des substrats plus acides (recouvrement significatif d'*arbutus unedo*). S'opposant à ce groupe, les transects décrits par le pôle positif de l'axe 2 sont caractérisés par un plus fort recouvrement du chêne faginé, une structure non équiennne (fort écart type de DHP) et un sol plus dénudé. L'axe 2 opposerait donc deux formes régressives des chênaies, l'une sur substrat acide et rocailleux, l'autre plus embroussaillée avec des plages de sol nu et une structure hétérogène indiquant une régénération discontinue.

Il est conseillé de faire toujours plusieurs analyses multivariées descriptives et d'en comparer les résultats car l'AFC est plus efficace pour la représentation de groupes sur des longs gradients, contenant d'ailleurs souvent beaucoup d'absences, et l'ACP plus adaptée pour des plus petits gradients. Nos données correspondent davantage à la seconde catégorie car nos transects sont réalisés sur 200 m et ne couvrent pas une zone bioclimatique large ; cependant nos données contenaient beaucoup de zéros et nous avons procédé à une transformation d'Hellinger³.

L'axe 1 de l'ACP (graphique n° 11.18) a presque les mêmes contributeurs que l'AFC. L'inertie décrite y est cependant plus forte (26,6%) et *Rhamnus lycioides* (Rhly) y a une moindre contribution. Pour l'axe 2 on retrouve bien *Asphodelus cerasiferus* (Aspho) ainsi

3. La transformation d'Hellinger est une des transformations utilisées pour corriger le problème des doubles-zéros dans des coefficients de distance (par ex : euclidienne, pour l'ACP) ou de similarité. Les doubles-zéros, paire d'absence d'une espèce dans deux sites, posent trois problèmes : (i) ils sont traités différemment que les paires de présence de la même espèce dans ces coefficients, (ii) il est difficile d'interpréter ces absences écologiquement et (iii) la distribution unimodale de la théorie des niches en donne une mauvaise interprétation.

que *Pistacia terebinthus* (Pite) qui s'opposent toujours à *Ulex baeticus* (Ulba) mais également à *Asparagus acutifolius* (Asac), *Cistus albidus* (Cial), *Lavandula stoechas* (Last) et nettement moins à *Bupleurum fruticosum* (Bufr). *Rhamnus lycioides* et *Bupleurum fruticosum* sont présents dans l'AFC car ils sont moins présents, voire absents, des transects. Dans le cadre de l'ACP sur une matrice après la transformation d'Hellinger ces oppositions de groupes par des absences vont être diminuées. L'ACP va pouvoir ainsi faire ressortir un gradient plus fin notamment présent dans l'axe 2 par des espèces plus acidophiles et héliophiles. Les différents stades de régénération ne sont pas mis en valeur par les premiers axes de l'ACP. Il y a peu de changements de position sur les variables projetées, nous ne les avons donc pas ajoutés.

Les terres publiques et les exploitations agraires privées se superposent sur les deux premiers axes (graphique n° 11.19). Les transects de deux des exploitations agraires, « *Algamazon* » et « *Alamos* » sont similaires. Il y a plus de dissemblance entre ceux d'une même terre publique et de « *Bregna de Agua* ». Les transects de la « *Bregna de Agua* », de la « *Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar* », de l'« *Albarranes* » et dans une moindre de l'« *Albarracinejo* » se répartissent sur l'axe 1 alors que ceux de « *Campos de las Encinas y de los Laureles* » plutôt sur l'axe 2. Les ellipsoïdes contenant les différents transects des unités de gestion ont tendance à se superposer sur le premier plan factoriel de l'AFC. Ceci illustre la variabilité interne de la végétation à l'intérieur d'une unité de gestion. Par exemple, les transects réalisés dans le « *Campos de las Encinas y de los Laureles* » se répartissent le long de l'axe 2 : ils ont en commun leur faible couverture herbacée trouée par des plages de sol nu ou par des affleurements rocheux.

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été appliquée sur le tableau taxons-transects et distingue quatre groupes entre les espèces (graphique n° 11.20). Le premier comprend uniquement *Bupleurum fruticosum* (Bufr) et ne se rattache qu'à deux transects (graphique n° X). Le second contient *Quercus suber* (Qusu) et *Calicotome villosa* (Cavi) et est représenté par deux transects. Le troisième regroupe *Lupinus albus* (Lual), *Thymus* sp. (Thsp), *Asphodelus cerasiferus* (Aspho) et *Astragalus hamosus* (Asha) caractérise quatre transects et correspond à des dehesas très ouvertes presque des prairies très pâturées. On retrouve les semis, fourrés et gaules de chêne vert au sein d'un groupe assez peu différencié (faible hauteur les séparant) comprenant le reste des taxons. Les fourrés sont séparés des autres stades du chêne vert et plus proches d'un groupe assez thermophile

Pistacia lentiscus (Pite) et *Olea europea* var. *sylvestris* (Oleu). Les semis et gaules et arbres adultes se retrouvent très proches de *Cistus albidus* (Cial) et *Phlomis purpurea* (Phpu) et sont très proches d'un groupe comprenant des arbustes (*Pistacia lentiscus* (Pila), *Arbutus unedo* (Arun), *Rhamnus lyciodes* (Rhly), *Phillyrea latifolia* (Phla)) et d'une liane associée (*Smilax aspera*, Smas). Les fourrés semblent correspondre à un stade de résistance dans une végétation plus ouverte.

11.3.2 Conclusion partielle

La régénération obtenue sur nos relevés est bien meilleure que celle obtenue en Estrémadure par d'autres auteurs (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001; PLIENINGER, F.J. et SCHAICH 2004; PONS et PAUSAS 2006) ou sur l'ensemble des dehesas andalouses (COSTA PÉREZ et al. 2006). Elle reste cependant plus faible que ce que nous avons pu observer sur le territoire du PNSG dans les IFN précédents. Nous pouvons proposer plusieurs interprétations pour expliquer ce premier résultat. Tout d'abord contrairement aux autres auteurs, nous ne nous sommes pas restreints à une physionomie de végétation mais nous avons essayé de couvrir au mieux des exploitations agricoles privées et des terres publiques. Ensuite, la présence d'arbustes protecteurs semble bien avoir joué un rôle dans la présence de semis.

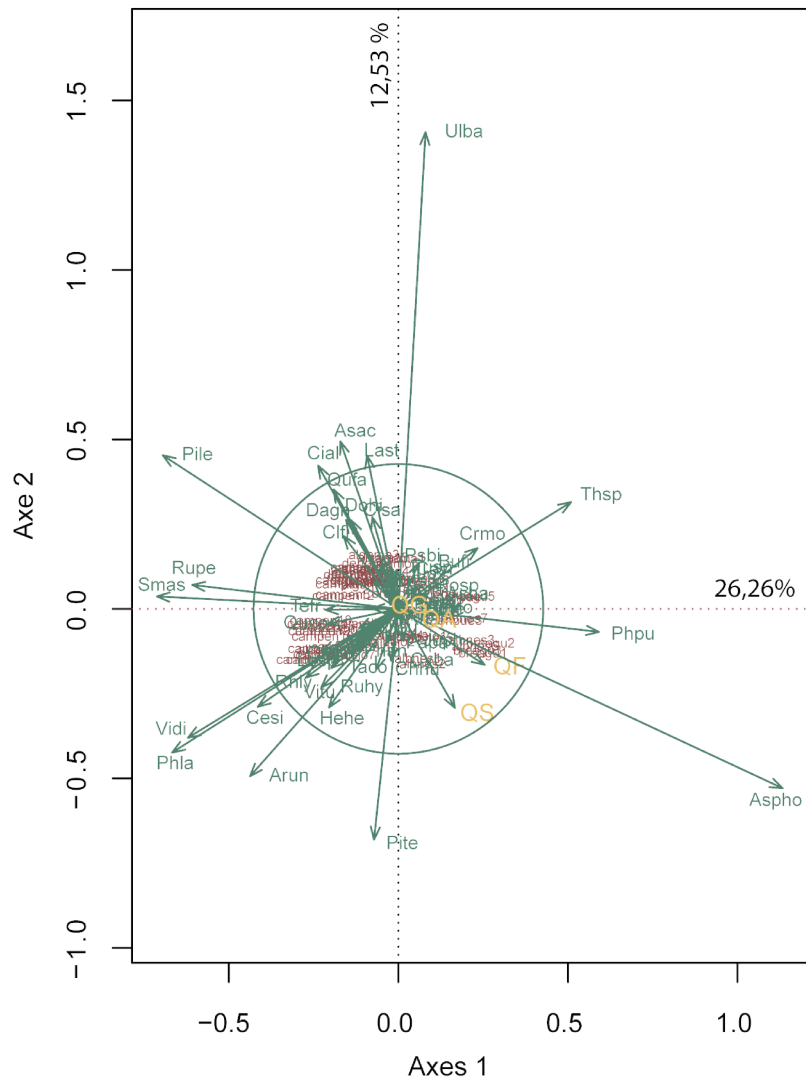


FIGURE 11.18 – Analyse en composante principale (ACP) sur les transects après une transformation d’Hellinger sur la matrice de distance . Le cercle correspond au cercle d’équilibre des contributions.

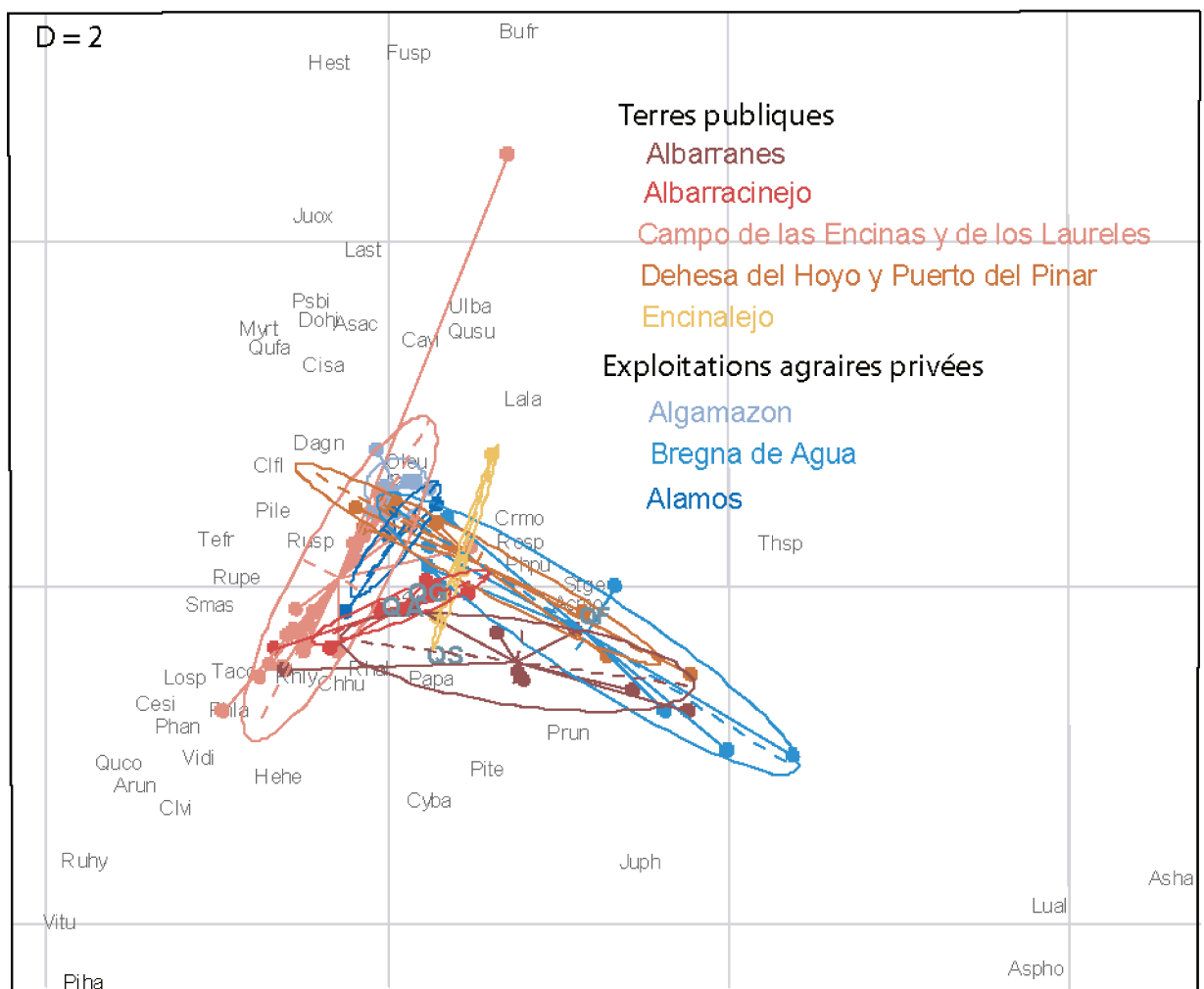


FIGURE 11.19 – Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les transects avec des ellipsoïdes représentant les exploitations agricoles (couleurs froides) ou les terres publiques (couleurs chaudes). Chaque ellipsoïde est centré sur le centre de gravité des transects appartenant à ces entités et ses rayons correspondent aux inerties.

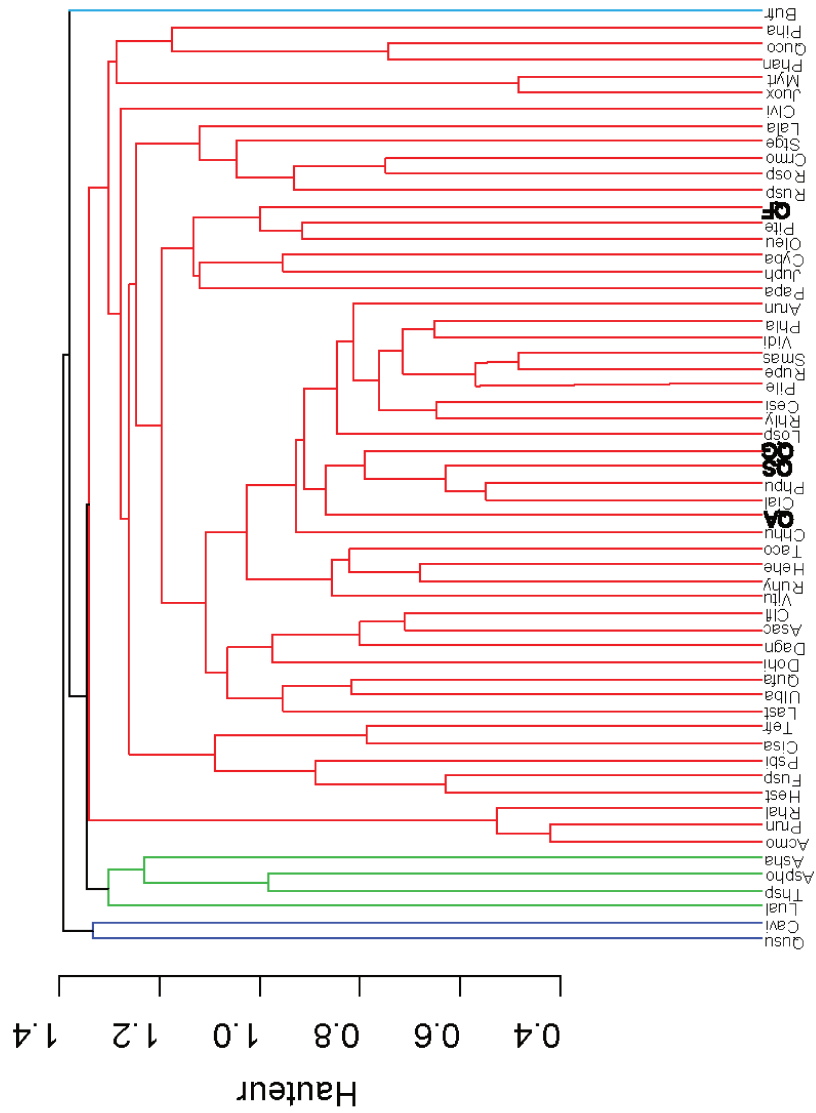


FIGURE 11.20 – Dendrogramme issue de la CAH (méthode de regroupement UPGMA) sur les fréquences de taxons par transect

11.4 structure arborée selon le statut privé ou public des terres

Après avoir analysé la distribution des essences de la strate arborée par classe de diamètre pour l'ensemble de nos relevés, nous allons vérifier s'il existe des différences entre les relevés des exploitations agricoles privées et ceux des terrains publics.

Nous avons réalisé moins de relevés dans les exploitations privées que sur les terres publiques (cf. tableau n° tableaumethodo, p.249). Cependant, malgré le cas des relevés dans l'Albarranes⁴, les densités arborées moyennes dans les terres publiques (80,33 a/ha) sont très significativement différentes et supérieures.⁵ à celles des exploitations agraires privées (36,35 a/ha). La variabilité des densités est cependant plus faible dans les terres privées. Il existe toutefois une très forte variabilité entre les relevés d'une même exploitation agricole ou terre publique. Du fait du grand nombre d'arbres mesurés dans Campos de las Encinas (tableau n° 11.21), le modèle de distribution que l'on y observe influence fortement le modèle général observé pour l'ensemble des relevés (graphique n° 11.2).

Nous commencerons donc par analyser la distribution obtenue dans le Campos de las Encinas puis celles des autres terres publiques pour finir par celles des exploitations agricoles privées.

11.4.1 Terrains domaniaux : des trajectoires différentes

Campos de las Encinas : Les densités arborées obtenues dans le Campos de las Encinas sont les plus fortes (121,68 a/ha \pm 61,30 ; cf. tableau 11.21). Elles présentent une variabilité élevée mais qui reste, à la différence des autres terres publiques, dans la moitié de sa moyenne. D'après distribution par classes de diamètre (graphique n°), la densité de chênes verts est supérieure à celle obtenue par le modèle général (courbe en pointillé sur le graphique) pour les classes de 10 à 55 cm de DHP. La densité est plus du double de celle du modèle pour les deux premières classes de diamètre (10 et 15 cm). Ceci suggère que les conditions sont récemment devenues particulièrement favorables dans cette terre publique pour le recrutement des chênes. On note un fort décrochage de la densité entre

4. Cette unité de gestion, de petite taille, dessine une protubérance venant s'encastrier dans des terres privées de Bregna de Agua et El Alamo de taille bien plus grande. Elle avait une densité de 32,97 a/ha en 1873.

5. Test de Mann-Whitney comparant les densités moyennes des exploitations agricoles privées et celles des terres publiques, P-value = 0,0007568

FIGURE 11.21 – Nombres d'arbres mesurés et densité par exploitations agricoles et terres publiques

	Foncier	Nombre d'arbres mesurés	Densité moyenne \pm Ecart type (a/ha)	Surfaces prospectées (ha)
Alamo (El)	Privé	138	32,86 \pm 22,28	4,2
Algamazon (El)	Privé	277	47,11 \pm 32,79	5,88
Bregna de Agua (La)	Privé	171	29,08 \pm 20,49	5,88
Albarracinejo (El)	Public	548	78,28 \pm 43,23	7
Albarranes (El)	Public	306	46,93 \pm 22,60	6,52
Campos de las Encinas y de los Laureles	Public	2172	121,68 \pm 61,30	17,85
Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar	Public	478	71,13 \pm 46,77	6,72
Encinalejo (El)	Public	281	83,63 \pm 59,38	3,36

la classe 15 et 20 cm à partir de laquelle elle se rapproche de plus en plus du modèle (graphique n° 11.22). En parallèle, le caroubier et l'arbousier sont très abondants dans les trois premières classes de diamètre. Le caroubier occupe une place importante car il a été planté et favorisé dans les premiers plans de gestion (1952). Les chênes faginsés et quelques oléastres sont également présents. La régénération semble donc assurée sur l'ensemble de ces relevés. La distribution des densités semble comprendre trois modes. Le plus ancien, centré sur des arbres de la classe de diamètre de 50 cm, correspond à la période du désamortissement (cette terre en avait été exclue); à l'époque la densité était de 24,86 arbres/ha et le peuplement était dominé par des gros chênes faginsés. Le second mode centré sur la classe de diamètre de 30 cm, correspond à un peu avant les années 1950, le plan de gestion donne alors une densité à l'époque de 118,67 arbres/ha portée grandement par les caroubiers surcimés par des chênes verts(cf figure n° 6.3 p.157). Le troisième mode est centré sur la classe de diamètre de 15 cm, ce sont des arbres qui ont un peu plus de 30 ans. Ils arrivent donc pendant la création du PNSG après les mises en défens prônées dans les plans de gestion de 1952 et 1962 et avant l'interdiction de pâturage instituée par le parc jusqu'au début des années 1990.

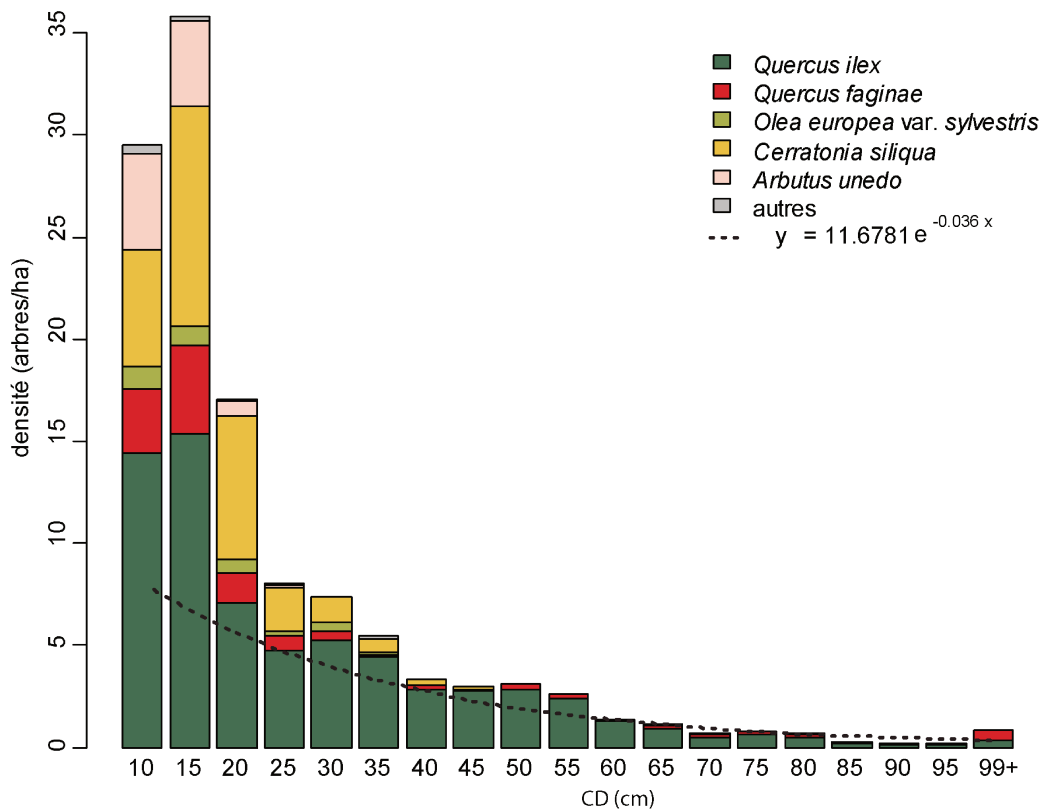


FIGURE 11.22 – Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm pour les relevés dans le Campos de las Encinas y de los Laureles

Dehesa del puerto y Hoyo del Pinar : Les relevés de la Dehesa del puerto y Hoyo del Pinar présentent une densité moyenne plus faible mais très variable (71,13 a/ha \pm 61,30 ; tableau n° 11.21). Les deux premières classes de diamètre (29,61 arbres/ha et 15,33 arbres/ha) présentent une densité beaucoup plus élevée que dans le modèle général (jusqu'à 5 fois plus pour la classe 10). Cependant, la densité décroche dès la classe de diamètre de 20 cm et passe très en dessous du modèle général à partir de la classe centrée sur 25 cm. Elle ne se rapprochera du modèle que pour les classes de diamètres 60 et 65 cm. La distribution est bimodale avec un premier mode à 10 cm et un second, très peu marqué, à 65 cm. Le chêne vert est associé au chêne faginé que l'on trouve dans les premières classes de diamètre et dans les classes supérieures à 60 cm. Les essences arbustives sont très peu présentes de ces relevés. Nous verrons plus loin que la répartition en deux modes correspond, presque, à deux localisations très différentes. Cependant, il nous faut ici rappeler que cette terre publique vendue lors du désamortissement et rachetée par l'ICONA avant la création du parc est celle qui a connu la gestion la plus conservative (les troupeaux y sont réautorisés depuis 2009). Les arbres des classes de diamètre de 10 à 20 cm ont dans les 30 ans et sont donc arrivés un peu moins de 10 ans après le rachat.

Encinalejo : Dans les relevés de L'Encinalejo, on retrouve une forte densité moyenne et une forte variabilité équivalente au cas précédent (83,63 a/ha \pm 59,38 ; tableau n° 11.21). À la différence des deux cas précédents, la densité de la première classe de diamètre se retrouve en dessous du modèle (graphique n° 11.24). La densité des classes suivantes, de 15 à 40 cm de DHP est supérieure au modèle, puis à l'exception de la dernière classe de diamètre, les densités vont correspondre à celles du modèle. On observe dans cette terre publique de très gros arbres (DHP \geq 97,5). L'essence compagne, l'oléastre, est très présente dans les trois premières classes de diamètre. La régénération a donc été globalement supérieure au modèle pour l'ensemble des classes de diamètre, avec des irrégularités dans les classes de 45-99+ mais elle s'est fortement réduite pour la classe de 10 cm. L'interprétation est délicate. On peut négliger un effet de choix des limites des classes car la diminution s'observe aussi dans la classe de 15 cm. Cela renforce l'hypothèse d'une compétition récente entre le jeunes chênes vert et l'oléastre, mais les densités de l'espèce compagne ne sont ici pas plus fortes que dans le Campo de las Encinas. Y aurait-il une reprise du pâturage dans cette parcelle ? Une autre hypothèse serait une succession régressive vers une formation plus thermophile moins favorable à la régénération du chêne vert.

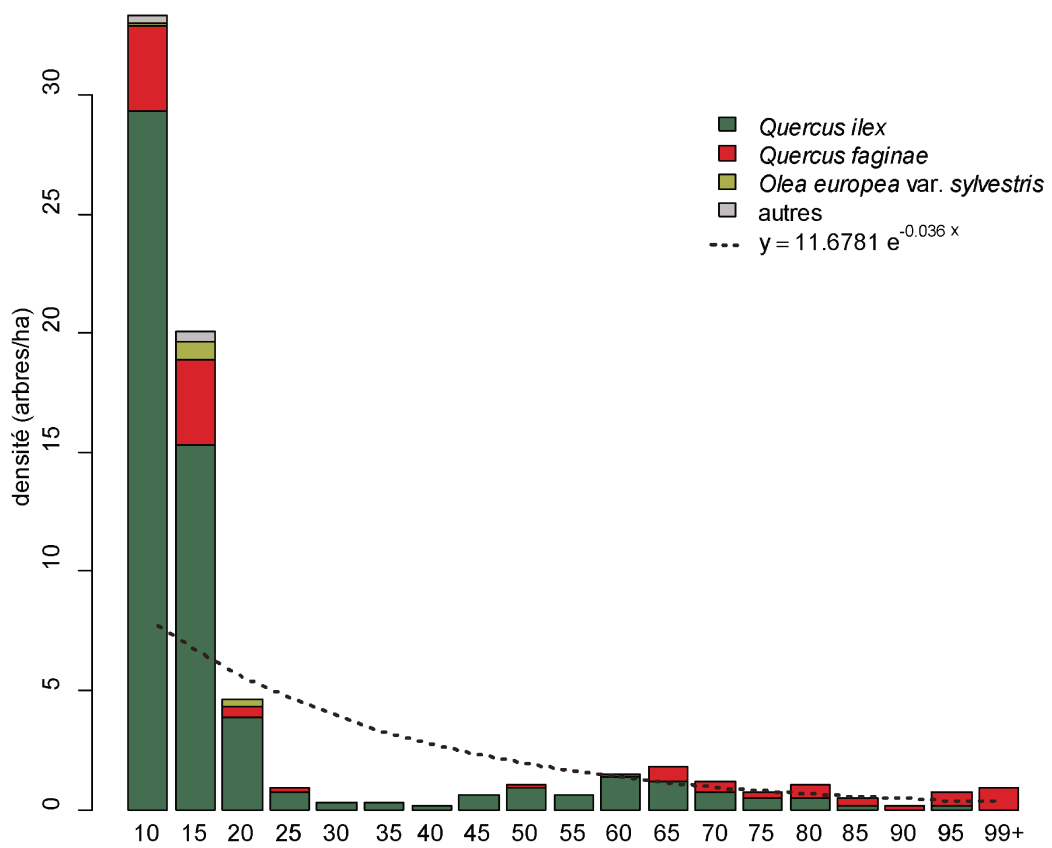


FIGURE 11.23 – Répartition des trois essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans la Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar

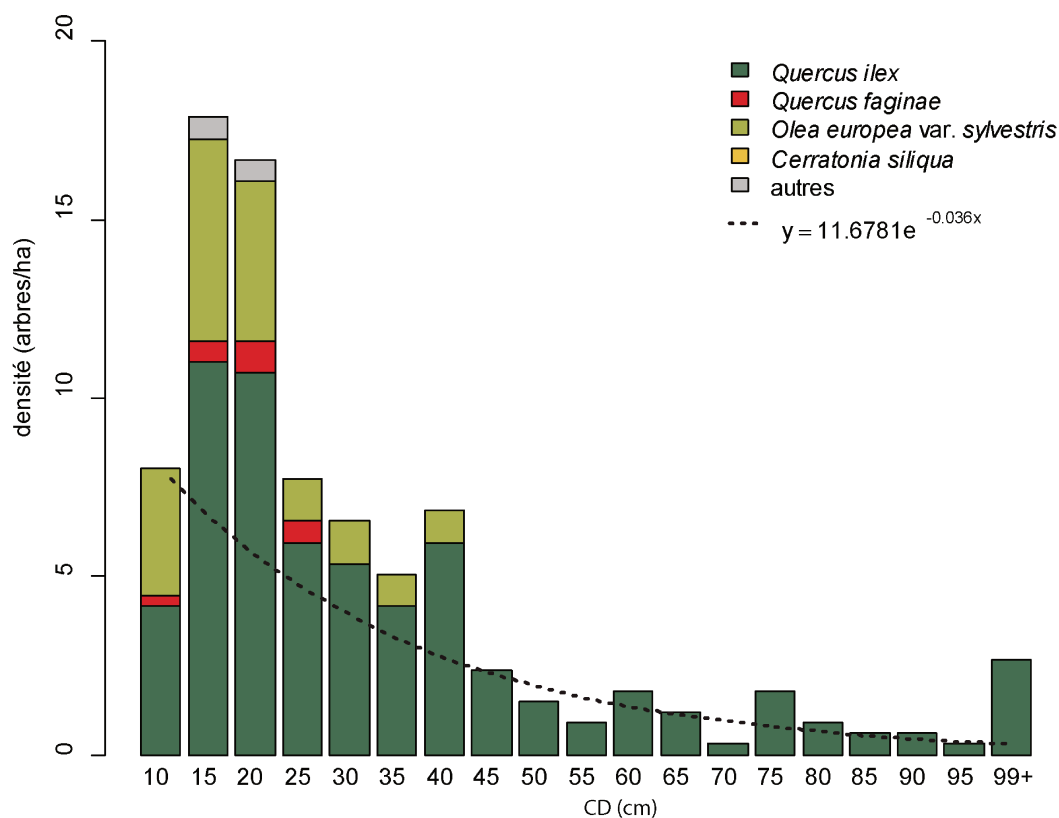


FIGURE 11.24 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Encinalejo

La situation dans un vallon orienté au sud-ouest de cette unité de gestion pourrait aussi favoriser cette espèce thermophile aux dépens du chêne vert, de même que l'humidité, de l'autre côté du vallon a pu favoriser la régénération du chêne vert.

Albarranes : Les relevés de l'Albarranes présentent la plus faible densité moyenne des terres publiques ($46,93 \text{ a/ha} \pm 22,60$); tableau n° 11.21) avec une répartition bimodale très discordante du modèle (graphique n° 11.25). La distribution de la densité est bimodale. Les premières classes de diamètre sont composées majoritairement d'oléastre bien que l'on y voie apparaître un peu de chêne vert. Le second mode avec un maximum à 55 cm, est composé très majoritairement de chênes verts et d'un peu de chênes faginsés, plus présents que ce que le modèle obtiendrait. Cette distribution semble davantage se rapprocher d'une succession secondaire, où, après un abandon de l'exploitation en dehesa pastorale aboutissant au second mode, on observe une dynamique d'embroussaillage d'oléastre pouvant faciliter la pousse de jeunes chênes verts. A ce stade, nous commençons

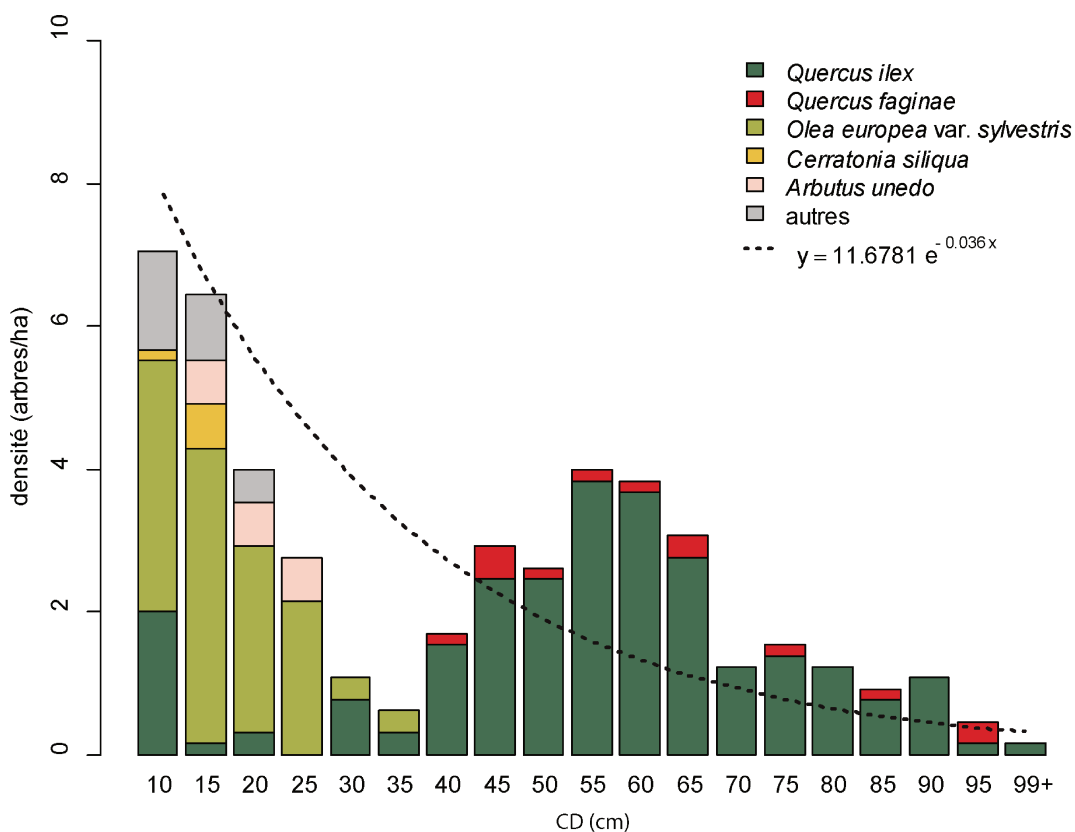


FIGURE 11.25 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l’Albarranes

à pouvoir évoquer un éventuel passage de la série *Paenio coriaceae-Querceteum rotundifolia* vers celle, plus héliophile, de *Tamo communis-Oleetum sylvestris*. Les plus vieux arbres datent de la période de la vente de la terre et on trouve déjà dans le rachat par l’ICONA des chênes verts dominant les classes de diamètre supérieur à 40 cm. Cette relative petite unité de gestion, louée à la famille exploitant l’Alamo quasi exclusivement depuis les années 50 est encadré par des terres privées. Elle présente des points communs avec les terres avoisinantes : très faible régénération et mode centré sur les gros bois (60-65 cm de diamètre). Ces similitudes posent la question d’une certaine convergence entre ces trois terrains. En revanche, il y a une différence notable entre cette unité sur terre publique et ses voisines, c’est le relai pris par l’oléastre dans la régénération.

Albarracinejo : Avec une densité moyenne plus élevée, proche de la moyenne des terres publiques, les relevés dans l’Albarracinejo (78,28 a/ha \pm 43,23 ; tableau n° 11.21)

présentent une distribution bimodale qui ressemble à celle de l'Albarranes (graphique n° 11.25). Les deux modes sont plus resserrés (l'un à 10 cm, l'autre à 40 cm). Le premier est très en dessous du modèle pour les chênes verts. Il se compose d'arbousiers, de caroubiers, de filaires à grandes feuilles et de pistachiers térébinthes et lentisques alors que le second, au-dessus du modèle, se compose presque essentiellement de chênes verts et d'un peu de caroubiers et d'oléastres. Les densités de très gros diamètres, ici à partir de 70 cm, sont plus faibles qu'attendu (figure n° 11.26). Comme pour l'Albarranes, cette distribution semble suggérer une succession secondaire ou régressive, où, après un abandon, on assiste à un embroussaillage par des essences pionnières et arbustives puis, dans un second temps, une arrivée du chêne vert. Ici, il est possible de constater qu'il n'est pas simple de distinguer, pour une ancienne dehesa, si on est dans une succession secondaire, partant d'un stade prairial, ou une succession régressive partant d'un stade forestier. Les espèces observées sont plus héliophiles et thermophiles que le chêne vert : nous privilégions l'option régressive. C'est l'une des dernières terres achetées par le Ministère de l'Environnement (1992). Le propriétaire de l'époque avait antérieurement réduit son troupeau, ses filles avaient à sa suite réinvesti dans un petit troupeau de chèvres (100 chèvres, plus une vingtaine de brebis) qui avait été convié au père de l'actuel éleveur louant cette terre. C'est à notre avis plus à partir de ce moment (début des années 80, ce qui correspond avec l'âge des arbres des premières classes de diamètre) que la succession a repris. Il faut rajouter que l'Albarracinejo appartenait à un ensemble plus grand lors du désamortissement et qu'il était dominé par des arbres de 80 cm de diamètre de faible densité (14,29 a/ha). L'ancien propriétaire a donc su y installer une dehesa, vraisemblablement en utilisant la régénération naturelle car nous n'avons recueilli aucun témoignage de plantation dans cette zone auprès des anciens du village.

Conclusion partielle :

Les relevés dans les cinq terrains domaniaux présentent donc des structures de densité arborée différentes. Dans le *Campo de las Encinas y de los Laureles* et de l'*Dehesa del puerto*, elles se rapprochent du modèle que nous avons obtenu sur l'ensemble de nos relevés. C'est sans surprise en ce qui concerne le *Campo de las Encinas y de los Laureles* étant donné que notre effort d'échantillonnage y est concentré. Nos relevés dans ces deux terrains suivent donc une distribution par classes de diamètre à l'équilibre et sont en accord

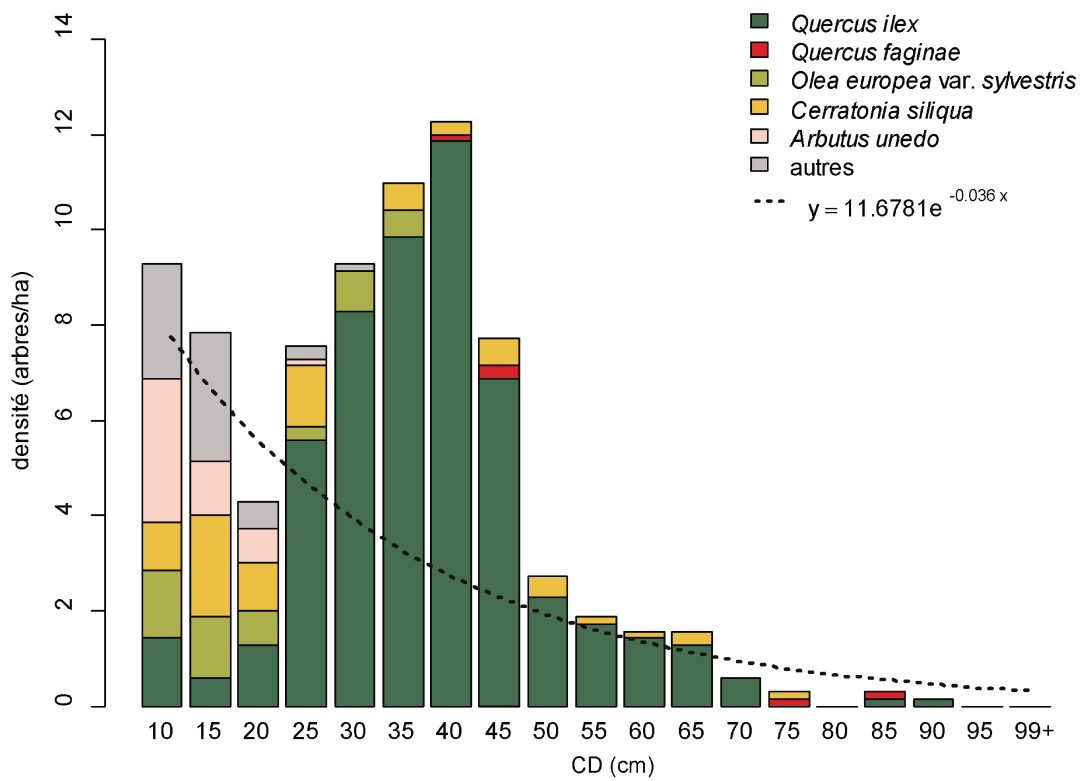


FIGURE 11.26 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l’Albarracinejo

avec la conception démographique de la régénération naturelle. Cette même régénération est même supérieure au modèle général pour les classes de diamètre les plus petites, suggérant des conditions particulièrement favorables au cours des dernières années dans ces terres. Les relevés dans l'*Encinalejo* et, plus nettement encore dans L'*Albarranes* et l'*Albarracinejo* se rapprochent plus d'une trajectoire liée à une succession secondaire ou régressive, en accord donc avec une conception « sucesionnelle » de la régénération.

11.4.2 Exploitations agricoles privées : une régénération récente insuffisante

Algamazon : Les relevés dans l'Algamazon présentent la densité arborée la plus importante des exploitations agricoles privées (47,11 a/ha \pm 32,79 ; cf. tableau n°). Malgré des densités dans les trois premières classes de diamètre inférieures au modèle, les relevés dans l'Algamazon sont ceux, parmi les exploitations agricoles privées, qui s'en rapprochent le plus (graphique n° 11.27). Les densités arborées y restent cependant légèrement inférieures. La présence de chênes fagins augmente dans les moyens diamètres, gros et très gros diamètres où ils finissent par être plus nombreux que les chênes verts : une situation illustrant la place importante du chêne faginé au 18^{ème}. Cela pourrait supposer un changement de série : d'une série avec du chêne faginé (*Daphno latifoliae-Aceratum granatensis*, DIAg) vert une série du chêne vert (*Paenio coriaceae-Quercetum rotundifoliae*, PcQr). Le chêne faginé a pu être favorisé autrefois (moindre concurrence pour les céréales) mais actuellement, l'éleveur pense que les chênes fagins, plus particulièrement les gourmands, sont mauvais pour les brebis, il est donc aussi possible qu'il procède à une coupe sélective. La moindre régénération du chêne vert dans les premières classes de diamètre et l'apparition d'espèces plus thermophiles (caroubier, oléastre) amènent à se demander si ce changement de série supposé entre le chêne faginé et vert, n'est pas en train de se poursuivre avec la présence de ces espèces thermophiles dans ces classes de diamètre. Toutefois, cette unité de gestion située dans une ancienne dehesa au 18^(ème), fait confirmé par sa toponymie (COHEN, ALEXANDRE et al. 2009), sur des terrains favorables (de faibles pentes) est celle qui présente la meilleure régénération des parcelles privées, l'altitude assez basse pouvant expliquer la présence d'espèces thermophiles.

Bregna de Agua : La densité moyenne arborée des relevés dans la *Bregna de Agua* est la plus faible (29,08 a/ha \pm 20,49 ; cf. tableau n° 11.21). La distribution de la densité

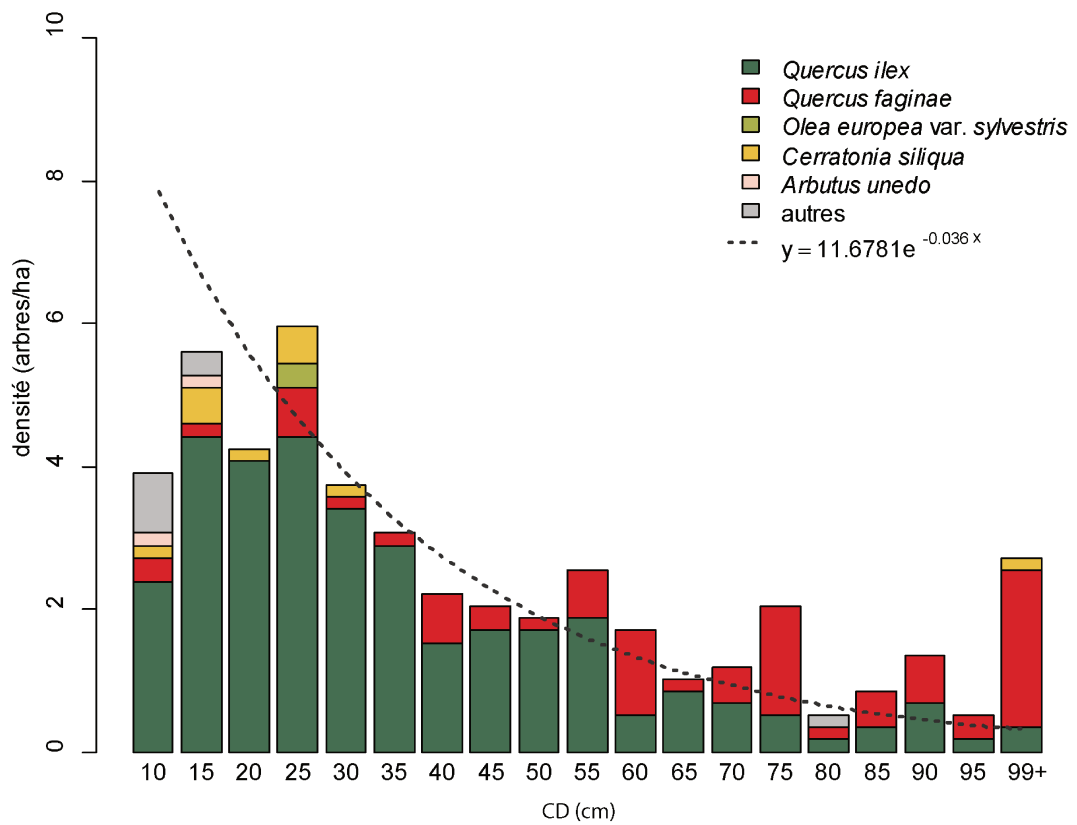


FIGURE 11.27 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l’Algamazon

dans les classes de diamètre est unimodale, avec une forme gaussienne centrée autour de la classe de diamètre de 60 cm (graphique n°). Les densités arborées sont supérieures au modèle autour de ce mode et dans les très gros diamètres (95 et 99+ cm) mais elles sont quasi nulles jusque dans les diamètres moyens (40 cm) ceci signifiant que les chênes verts ne se sont pas régénérés dans cette exploitation. Il n'y a donc pas eu de régénération dans nos relevés. Le peuplement est dominant en chêne vert. Cette terre vendue à la fin du 19^{ème} était alors relativement dense pour les critères de l'époque avec 32,85 a/ha. Nous avons peu d'information sur ce qu'elle est devenue entre sa vente et 1954. Après cette date cette terre et celle voisine au nord (El Navazo del Buitre; les deux font 770 ha) sont rachetées par une famille d'éleveurs (3 frères) qui s'y installe. Ils ont eu des troupeaux importants 1000 chèvres, 200 vaches, 500 brebis et entre 100 et 200 cochons au maximum de leur production (environ 4,27 UGB/ha). Les troupeaux des terres publiques de l'époque oscillaient entre 1 et 2,17 UGB/ha (cf. tableau n° 6.5) À partir des années 90 ce maximum avait déjà été presque divisé par deux. Puis, le nouveau propriétaire ayant racheté cette exploitation pour une activité cynégétique de prestige, le troupeau ne contient plus que 115 vaches. Dans la gestion précédente, le charbonnage a eu lieu jusqu'au milieu des années 90. Il y a eu aussi des subventions importantes pour effectuer des débroussaillages sur 150 ha, notamment pour compenser l'arrivée du complément alimentaire pour les chèvres. Il est probable que ce pâturage et ces politiques expliquent une bonne part de l'absence de régénération dans ces années. Bien que dans le coeur de la sierra de Grazalema, cette exploitation est assez proche de ce qui a pu se faire en Extremadure (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003).

Alamo : De densité moyenne légèrement supérieure (32,86 a/ha \pm 22,28, tableau n° 11.21), les relevés dans l'Alamo ne s'écartent pas moins du modèle général. La distribution de la densité arborée en classe de diamètre comprend au moins deux modes, le troisième n'étant composé que de la dernière classe de diamètre (graphique n° 11.29). Le premier mode est centré à 35 cm et le second à 65 cm. Hormis pour ces classes de diamètre, les densités arborées sont inférieures au modèle général. Le chêne vert se trouve associé à l'oléastre dans les premières classes de diamètre puis il est associé au chêne faginé et, dans les dernières classes de diamètre, le chêne faginé devient dominant. Cette répartition en différents modes semble indiquer différentes phases de recrutement mais aussi un passage de la série du chêne faginé à celle du chêne vert puis peut être à celle de l'oléastre comme

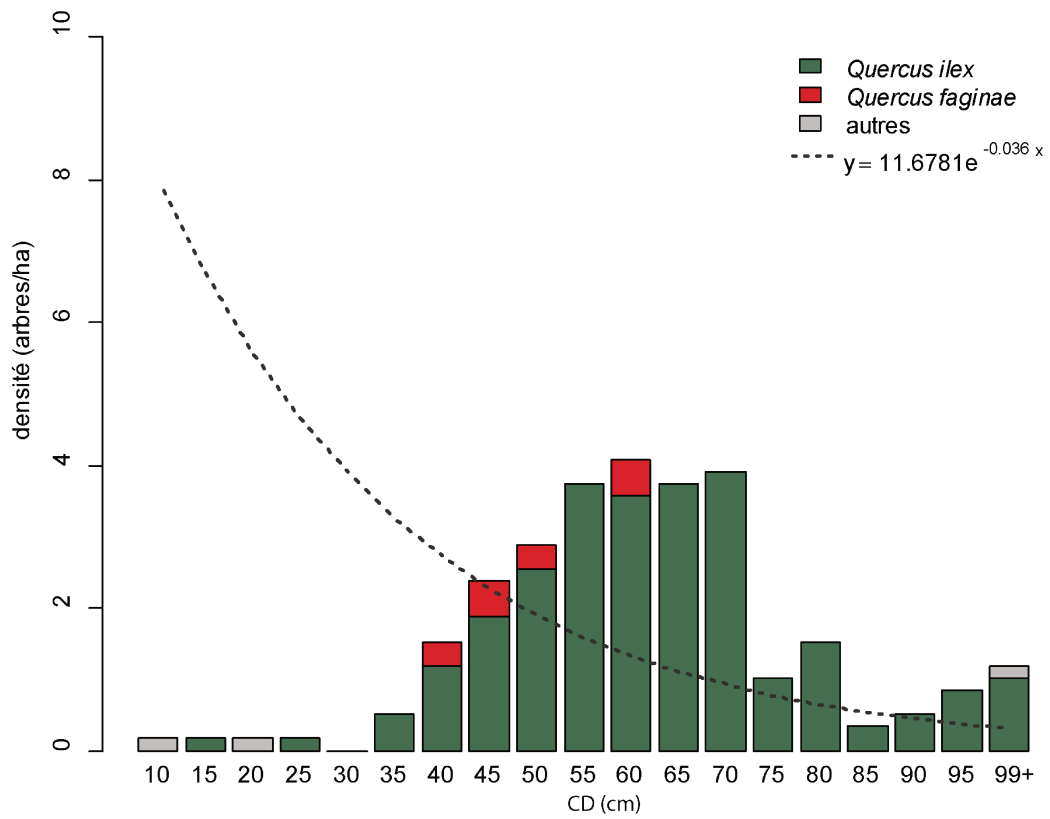


FIGURE 11.28 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans la Bregna de Agua

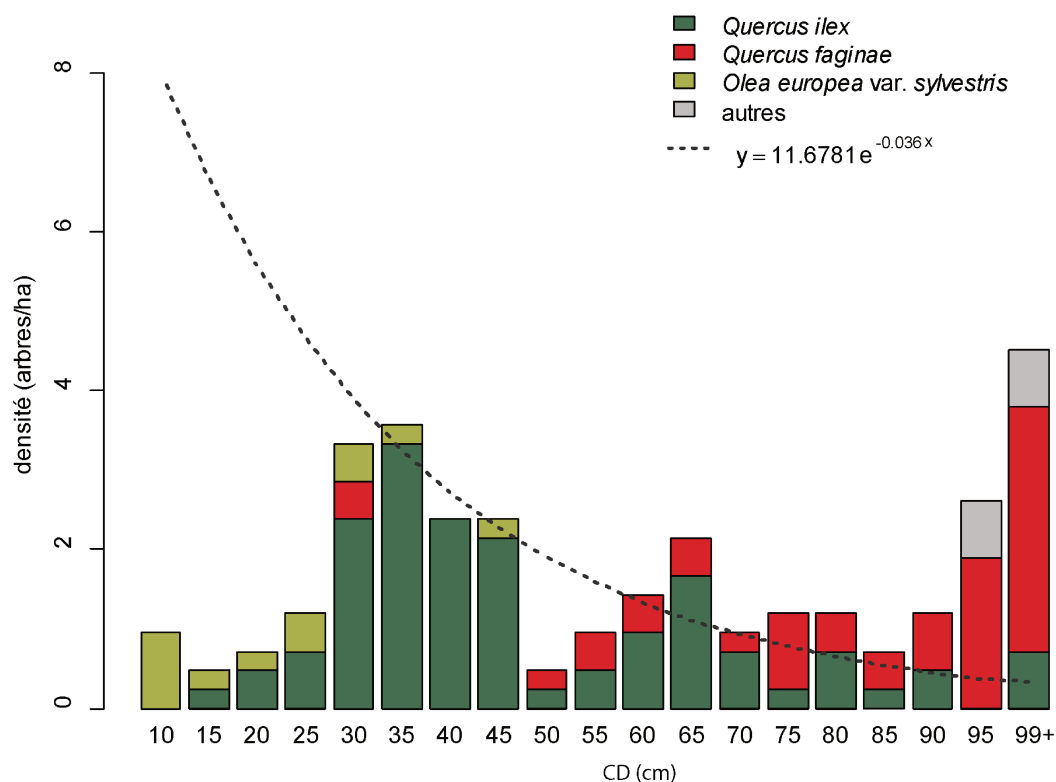


FIGURE 11.29 – Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l’Alamo

observé dans d’autres cas, même si il ne faut pas interpréter trop rapidement le passage du chêne faginé au chêne vert du fait des critères de sélection anthropiques entre ces deux essences. Il n’en reste pas moins que la régénération ne semble pas assurée dans les terres de cette exploitation.

Conclusion partielle :

Si les relevés dans l’Algamazon suivent, malgré un déficit dans les plus petits diamètres, le modèle général, les relevés des deux autres exploitations agricoles n’ont pas du tout la même distribution. Dans la Bregna de Agua, les petits diamètres font totalement défaut. C’est également le cas pour l’Alamo même si un recrutement par phase pourrait s’y être produit. En opposition avec les terrains domaniaux, il est difficile ici de calquer un modèle de régénération naturelle (démographique ou successionnelle), la régénération passée semble avoir été absente dans les 30 dernières années. En revanche, un point commun entre 3 des 5 terres publiques et 2 des 3 exploitations agricoles privées est la tendance au

passage de séries mésophiles. Il est difficile de dire si ce changement de série va avoir un effet positif ou négatif sur le renouvellement des peuplements de chênes verts. Dans deux des trois unités de gestion privées la place occupée par le chêne faginé dans les classes de diamètre les plus élevées illustre la place que cet arbre pouvait occuper au 18^(ème) siècle.

Il nous faut aussi conclure sur la signification du modèle que nous avons établi pour l'ensemble des unités de gestion publiques ou privées. À cette échelle, nous avons conclu que la distribution des classes de diamètre se rapprochait d'un modèle ,qui bien qu'en dessous des résultats obtenus par les IFN, pouvait être à l'équilibre. Cet équilibre dépend de la célèbre maxime et hypothèse : "toute chose égale par ailleurs". C'est-à-dire que le taux de conversion d'une classe à l'autre reste identique dans le temps. En parallèle, l'examen des résultats au niveau des unités de gestion nuance sérieusement ce diagnostic optimiste. La régénération récente observée dans le modèle correspond à un contraste entre trois unités de gestion publique où elle est importante et les 5 autres privées et publiques où elle est faible voire nulle. De plus, nous avons constaté une augmentation de la présence d'essences de moins en moins mésophiles avec le temps dans 5 des 8 unités de gestion.

11.5 Variabilité de la structure arborée entre transects :

Nous avons vu comment les situations pouvaient diverger ou converger selon le statut foncier et les unités de gestion. Mais que se passe-t-il à l'intérieur des unités de gestion, entre les relevés ?

Afin de répondre à cette question nous avons procédé à des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) des densités arborées par classes de diamètre⁶ (CD). Nous avons utilisé le « saut maximum » comme mesure de « dissimilarité⁷ » car cette méthode donne des groupes plus tranchés (Legendre and Legendre, 2012). Puis, nous avons représenté ces classifications par des dendrogrammes et des cartes de chaleur des densités arborées par relevés.

Dans un premier temps nous présentons cette classification sur l'ensemble des relevés puis nous procéderons dans la partie suivante par unité de gestion. En coupant le den-

6. CAH réalisée sur les distances euclidiennes entre les densités des classes de diamètre des différents transects.

7. "Complete" ou "complete linkage lustering" en anglais.

drogramme à 40^8 de distance, on obtient 9 catégories (dont l'une peut être divisée en 2 sous catégories) sur la distribution des DHP de l'ensemble des relevés (graphique n° 11.31 et n° 11.30). Dans le graphique suivant (n° 11.30), nous représentons l'arbre hiérarchique et, pour chaque classe, le relevé le plus caractéristique. Les regroupements de classes sont liés aux contrastes de densité, opposant les groupes ABC aux suivants. Le détail de la classification, à partir du second niveau de l'arbre, est lié à la structure démographique des peuplements. Pour les peuplements denses, la classification s'opère en fonction de la représentation des classes de diamètre moyen et grand. Pour les peuplements peu denses, on observe une grande variété de distribution des classes d'âge, certains groupes étant caractérisés par un déficit de régénération (petites classes de diamètres absentes, F et D).

Le graphique détaillé (n° 11.30) va nous permettre de vérifier l'homogénéité des classes et d'affiner notre analyse. Les trois premières (A, B et C) correspondent à des peuplements de densités élevées (entre 130,16 et 282,14 arbres/ha) composés presque exclusivement des premières classes de diamètre. On obtient ensuite un groupe très hétérogène divisé en 7 catégories. Les DHP des peuplements dans les groupes D et E sont centrés autour de 30 cm et s'étalent plus vers les classes de 35 et 40 cm pour D et plus vers les classes de 20 et 25 pour E (graphique n° 11.30). Les densités sont également plus faibles (de 91,25 à 176,19 arbres/ha) que pour A, B et C. S'ensuivent ensuite quatre catégories : F, G, H et I. La catégorie F regroupe 26 relevés de densités faibles à moyennes (de 5,95 arbres/ha à 88,10 arbres/ha). Elle comprend presque tous les relevés des exploitations agricoles privées (à l'exception d'Algama2). La catégorie F se divise en deux sous-groupes. Le premier, celui ayant la plus faible densité, présente une distribution assez lâche d'arbres de gros diamètres (centrée à la CD de 60 cm). Le second, avec une densité plus élevée, est constitué de relevés ayant une distribution centrée entre les classes de diamètre de 30 et 35 cm. La catégorie G regroupe 8 relevés, dont 7 du Campos de las Encinas et un de l'Encinalejo. Ce sont des relevés avec de fortes densités (de 104,76 à 146,43 arbres/ha) dont une majorité est concentrée autour de la classe de diamètre de 15 cm mais qui présente une faible présence d'arbres de plus gros diamètres (graphique n° 11.30). La catégorie H contient 5 relevés de densité un peu plus faible que G (de 78,57 à 108,33 arbres/ha, graphique n° 11.30). Ces relevés comportent une densité importante dans les deux premières classes de diamètre ; de rares arbres de gros diamètres (65 cm) sont présents. Le groupe I contient 13 relevés

8. Ce choix est toujours arbitraire, 40 représentant $1/3$ de la distance totale et nous permettait d'avoir un nombre raisonnable de classes.

de densités très variables (entre 25 et 113, 75 arbres/ha). Ce groupe est assez proche du précédent : les arbres sont présents dans les premières classes de diamètre mais en moindre densité puis on retrouve des arbres dans les gros et moyens diamètres mais, proportionnellement en plus grand nombre (graphique n° 11.30). Les distributions des classes de diamètre pour D et F indiquent un défaut de régénération (28 relevés). Les autres catégories ne semblent pas avoir ce problème. Mais on peut observer un remplacement du chêne vert dans les premières classes de diamètre par d'autres essences (Classe E : encina1, Classe G : campen19, graphique n° 11.30).

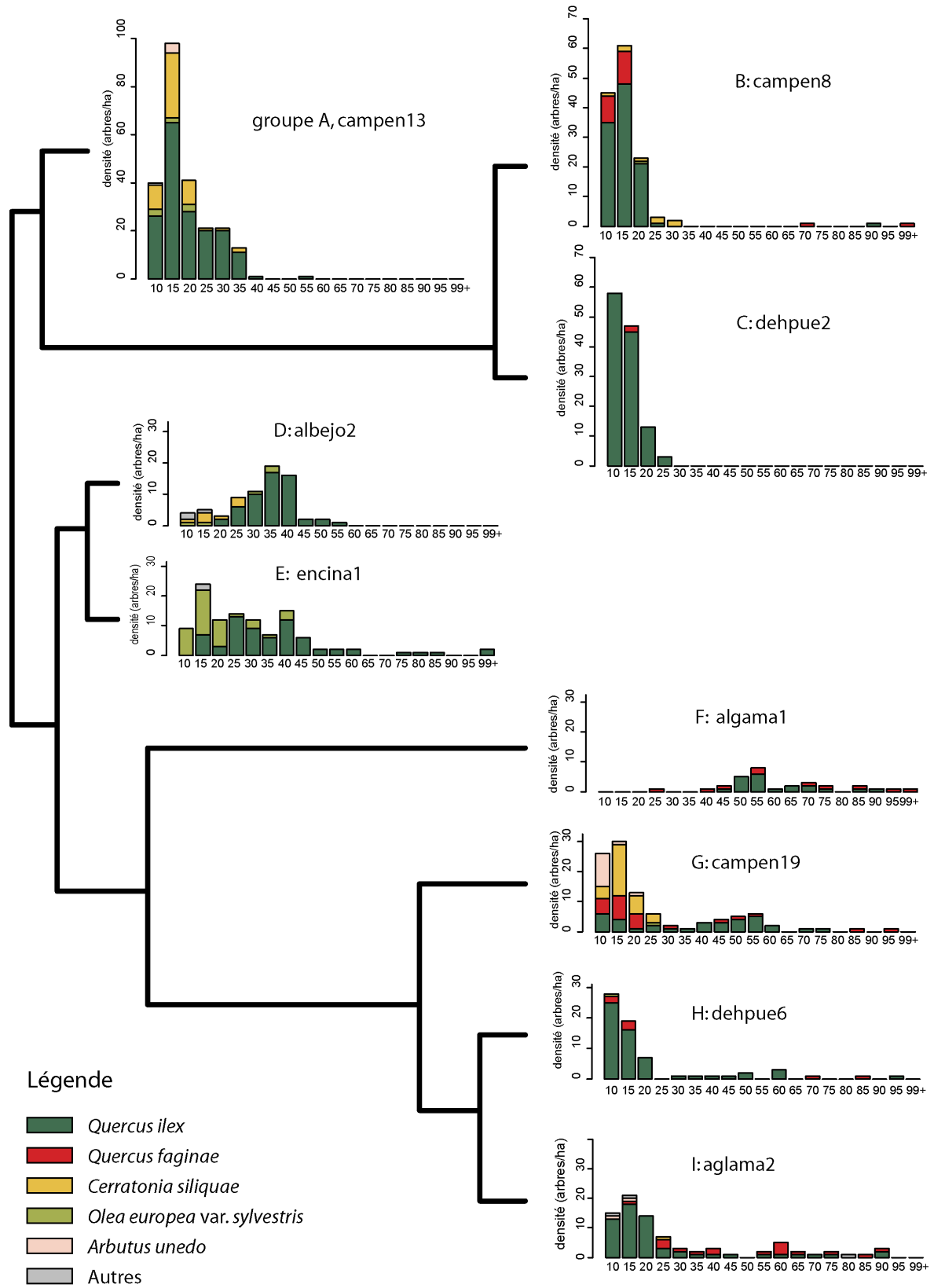


FIGURE 11.30 – Structure arborée de transect caractéristique des 9 catégories de transect obtenues par la CAH

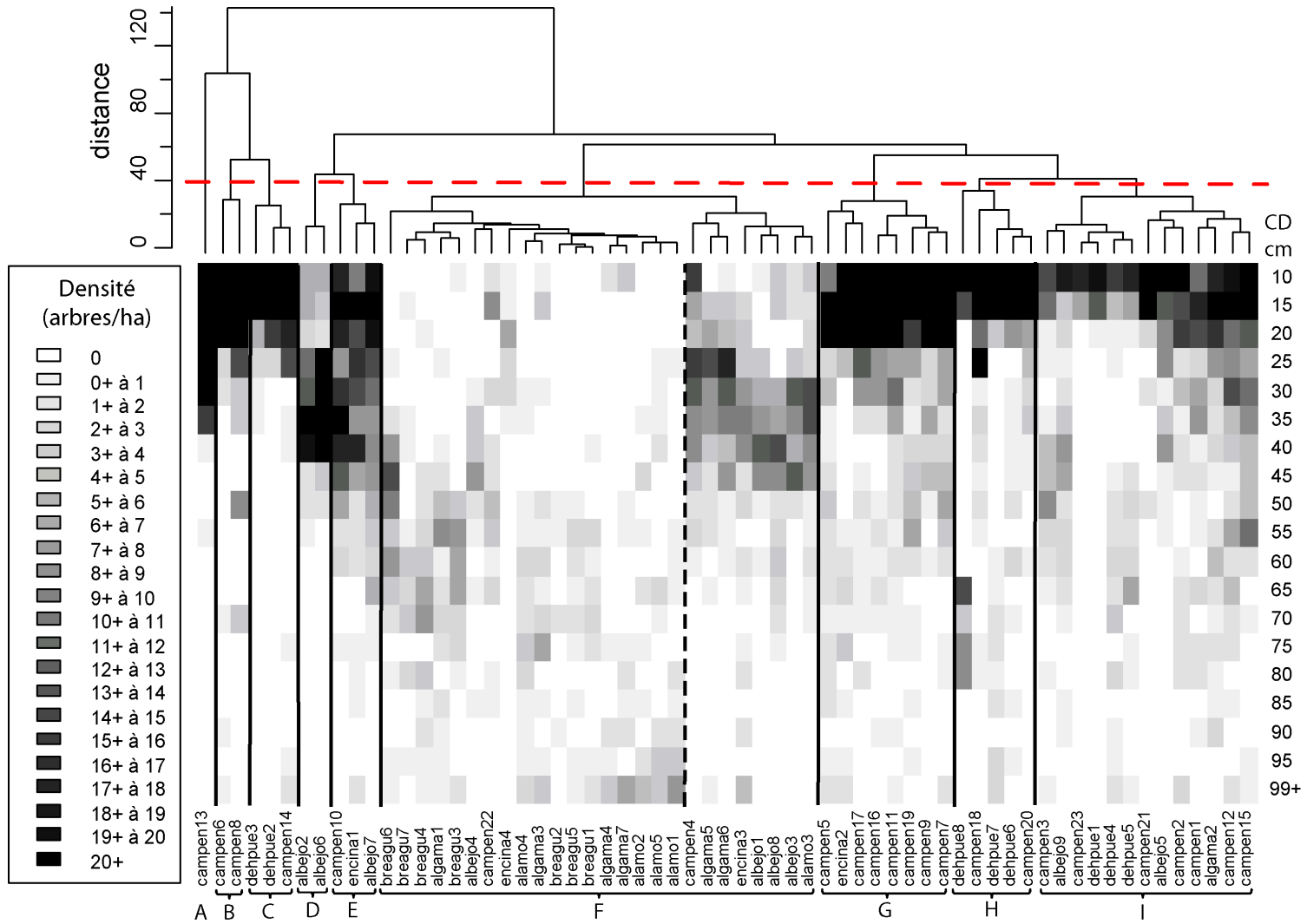


FIGURE 11.31 – Dendrogramme issu de la CAH sur les densités arborées par CD et carte de chaleur des densités résultante

12

Régénération : les semis au crible

12.1 Effectifs des jeunes individus selon leur classe d'âge

Au total, ont été comptés 14325 semis, 986 fourrés et 543 gaules sur 7929 quadrats répartis sur 71 transects (tableau n° 12.1). Une forte diminution est observée entre les semis, les fourrés et les gaules, les dernières étant 26 fois moins nombreuses que les premières. La densité de semis est élevée et bien plus importante que celle observée dans d'autres études (PULIDO, M. DÍAZ et HIDALGO DE TRUCIOS 2001 ; PLENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003). Elle est cependant légèrement moins importante que pour d'autres chênes méditerranéens (*pyreneica* et *californica*) observés dans d'autres régions.

Tableau 12.1 – Nombre et densité de semis, fourrés et gaules de *Quercus ilex* mesurés sur 7929 quadrats de 4m² répartis sur 71 transects

Nombre d'individus	Densité par ha
14325 Semis	4516,65 semis/ha
986 Fourrés	310,88 fourrés/ha
543 Gaules	171,21 gaules/ha

12.1.1 Variabilité de la densité de semis de chêne vert par transect

Avec une médiane à 3100 semis/ha, la densité de semis de chêne vert varie fortement entre les différents transects, comme l'indique la forte valeur (6624,943 semis/ha) de l'écart-type de (graphique n° 12.1). Tirée par des valeurs extrêmes, la moyenne est de 4546 semis/ha, proche de la valeur du troisième quartile (5100 semis/ha). Les valeurs extrêmes vont de 43200 à 11736,11 semis /ha. Les transects concernés par ces très fortes valeurs sont par ordre décroissant : dehpue3, dehpue2, albejo9, dehpue1, albnes5, albnes4 et albejo6, transects tous situés dans des terres publiques. À l'opposé, trois transects ne possèdent aucun semis : algama1, algama4 et alamo2, et sont tous situés dans des unités de gestion d'exploitations agricoles privées. L'ensemble de ces valeurs indique une régénération bien présente (sauf exception) mais avec une variabilité importante entre les transects. De même que pour les totaux, la valeur moyenne est très au-dessus de ce qui a été observé dans d'autres études sur le chêne vert (PLIENINGER, F.J. PULIDO et KONOLD 2003)) mais reste un peu en dessous de ce que l'on peut observer avoir dans des peuplements similaires d'autres espèces du genre *Quercus pyrenaica* (TÁRREGA et al. 2006).

Le lecteur attentif aura noté un écart de 30 semis/ha entre la moyenne des transects (4546 semis/ha) et le nombre total de semis divisé par la surface (4516 semis/ha). Cet écart est dû à :

1. l'effet d'arrondi et au passage à l'hectare (10000 m²) de transect n'inventoriant que 400m² ;
2. une pondération différente des quadrats entre la moyenne des transects et l'intensité sur l'ensemble mesurée.

12.1.2 Variabilité de la densité de fourrés de chêne vert par transect

Avec 22 transects ne comportant aucun fourré de chêne vert et huit valeurs extrêmes la variabilité inter-transect apparaît bien plus importante, l'écart-type atteignant ici 474,8933 fourrés/ha (graphique n° 12.2). Ainsi, le nombre de fourrés comptés est compris entre 0 et 218 (albnes6). Les valeurs nulles sont observées dans des unités de gestion privées, et les maximas dans des terres publiques, mais pas forcément dans les mêmes transects que dans le cas des semis. On observe un écart, ici encore plus important, entre un résultat

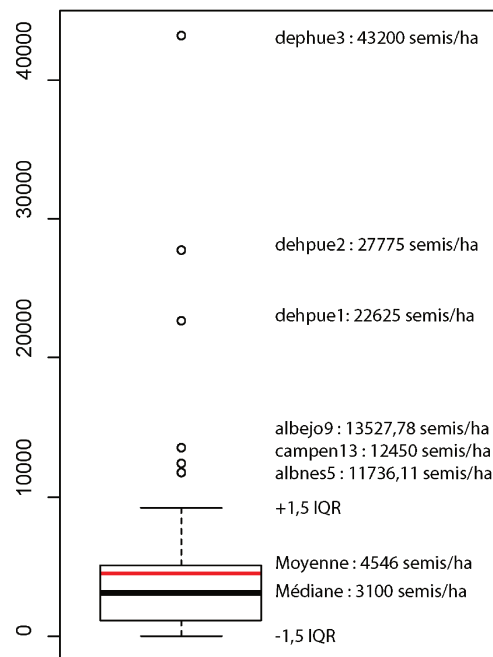


FIGURE 12.1 – Boîte à moustaches de la densité des semis de *Quercus ilex* dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile

obtenu sur l'ensemble des mesures (310,88 fourrés/ha) et la moyenne des transects (244,44 fourrés/ha).

12.1.3 Variabilité de la densité de gaules de chêne vert par transect

Avec 23 transects sans gaule et qu'un seul avec une valeur extrême observée dans un transect localisé dans une terre publique (dehpue8), les gaules de chêne vert présentent une variabilité importante mais toutefois plus faible que les fourrés et les semis (graphique n° 12.2), l'écart-type atteignant ici 2893,5166 gaules/ha. L'amplitude va de 0 à 50 gaules (soit 1800/ha).

12.1.4 Influence du mode de propriété privée ou publique

Nous avons précédemment relevé que les nombres les plus élevés de semis, fourrés et gaules étaient observés dans les terres publiques et les valeurs nulles dans les exploitations agricoles privées. Cette différence de régénération se traduit également dans le calcul de la moyenne. Les relevés dans les « fincas » privées indiquent une densité de semis de chêne

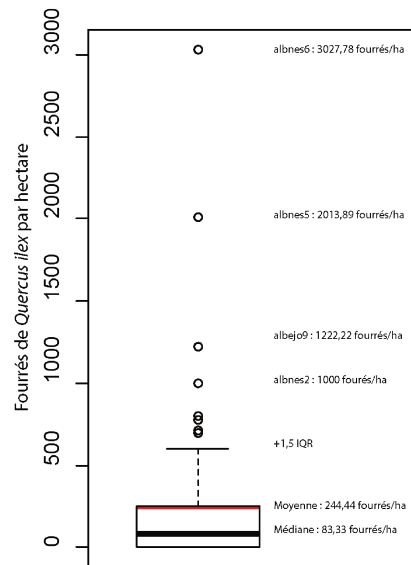


FIGURE 12.2 – Boîte à moustaches de la densité des fourrés de Quercus ilex dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile

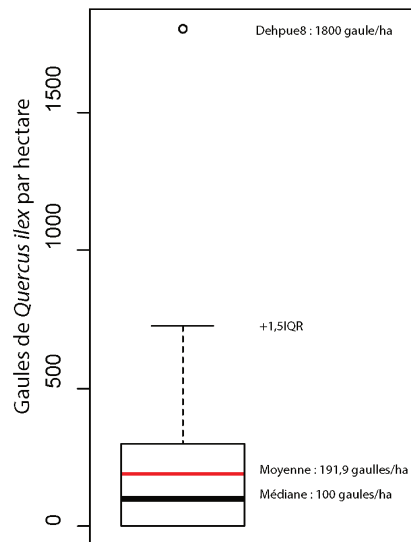


FIGURE 12.3 – Boîte à moustaches de la densité des gaules de Quercus ilex dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile

vert 5 fois moins importante (1071,53 semis/ha ; 814 semis pour 1900 quadrats) que dans les terres publiques (5602,5 semis/ha ; 13511 semis pour 6029 quadrats). La différence est fortement significative, que celle-ci soit calculée sur les quadrats ou sur les transects (test de Mann-Whitney, P-value < 0,0001 dans les deux cas). Bien que les trajectoires historiques de ces terres publiques ne soient pas toutes identiques (achat par l'État plus ou moins ancien d'anciens communaux ou de terres privées), et que leur gestion ait pu varier depuis les années 90 (un pâturage peu intense étant depuis cette époque toléré, après une période de mise en défens), il est indéniable que le régime de propriété domaniale est beaucoup plus favorable à la régénération du chêne vert que le régime de la propriété privée.

12.2 Patron spatial de la régénération et autocorrélation

L'analyse spatiale, en décrivant la répartition des semis en fonction de la distance entre eux, va permettre à la fois de caractériser le processus de régénération et de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale liée à la collecte des informations au sein de transects.

12.2.1 Généralités et méthodes

Trois grands champs d'analyse spatiale sont souvent reconnus. Le premier est basé sur des processus ponctuels (« point process »). Utilisé en épidémiologie, il utilise, par exemple, les distributions de « Poisson » (M. R. T. DALE 2000). L'écologie du paysage appartient au champ travaillant sur des surfaces (« areal data »). Enfin, les géostatistiques intègrent le champ, contexte de la mesure, et les modalités de variable dans ce champ à travers notamment des variogrammes (MATHERON 1978). Un travail en écologie du paysage sur nos données aurait été intéressant en particulier sur la notion de patch de régénération que l'on trouve chez Forman et Godron (1986) mais qui n'a pas été beaucoup développé. Nous n'avons pas été dans ce sens car il nous semblait difficile de lier les processus à l'échelle des semis avec un patron se mesurant à l'échelle de patch/matrice/paysage. Nous n'avons pas non plus retenu les méthodes en lien avec les patrons de points car nos données sur des transects semblaient mieux convenir aux méthodes de géostatistique.

Historiquement et en lien avec ses premiers objets d'étude, la géostatistique s'est construite sur des cas où il n'y avait pas de contrôle sur la localisation des mesures.

Les contraintes économiques et physiques étaient telles qu'il était naïf de penser pouvoir être « représentatif » lors d'un « échantillonnage ». Cela a permis, ce qui est précieux à nos yeux, de ne pas transposer, comme souvent en écologie, des outils issus de procédés expérimentaux et de concevoir des outils adaptés à des mesures issues de l'observation.

Les auteurs (M. R. T. DALE 2000 ; M.J FORTIN et M. DALE p.d. ; LEGENDRE et L. 2012) distinguent deux grands types de processus pouvant se traduire par un patron spatial. Le premier correspond à un l'influence d'un facteur environnemental extérieur au système, un gradient de salinité par exemple. On parlera alors de dépendance spatiale induite¹. Le second est le résultat des propriétés du système. On lui réserve le terme d'autocorrélation spatiale. On lui réserve le terme d'autocorrélation spatiale.

La première peut se traduire sous cette forme :

$$y_j = \mu_y + f(X_j) + \epsilon_j \quad (12.1)$$

Les mesures y_j correspondent à la variable y observée sur le site j . Elles sont obtenues en prenant μ la moyenne de la variable y , $f(X_j)$ une fonction influençant y_j et un résidu ϵ . Dans cette équation c'est bien un forçage qui est utilisé, ce n'est pas le cas pour la seconde :

$$y_j = \mu_y + \sum f(y_i - \mu_y) + \epsilon_j \quad (12.2)$$

Les mesures y_j sont ici influencées par les valeurs de y aux sites i proches. C'est une façon de voir, intégrant l'espace, qui nous convient bien plus, car nous faisons l'hypothèse de l'existence de patrons spatiaux de régénération, où se concentrent spatialement les semis.

En général, on part d'une hypothèse de « stationnarité », à savoir que la variance resterait constante dans la zone étudiée. La corrélation spatiale ne dépendrait pas de l'endroit où est réalisée la mesure mais seulement de la distance à laquelle elle se trouve de la première mesure. C'est une hypothèse que nous vérifierons. Une hypothèse complémentaire souvent posée est l'isotropie : la distance influe sur la corrélation spatiale de la même manière quelle que soit la direction (son contraire étant une anisotropie).

Un variogramme (γ) s'obtient par la fonction suivante :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_{i+h}) - Z(x_i)]^2 \quad (12.3)$$

1. « induced spatial dependence » ou « spatial dependence » dans LEGENDRE et L. 2012.

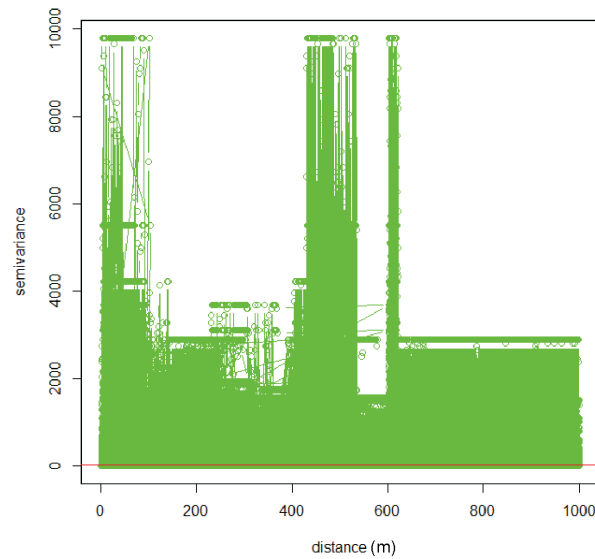


FIGURE 12.4 – Nuée variographique de points (quadrats) dont est tiré le variogramme expérimental (Graphique n° X) des semis de *Quercus ilex*

Il est calculé sur des couples de points séparés d'une distance h . Dans le cas de nos mesures, h est un multiple de deux mètres, longueur de nos quadrats, unités élémentaires de comptage des semis de chêne vert. La variable spatialisée Z prend une valeur x_i à un point i et une valeur x_{i+h} à une distance h du point i . Le numérateur de la formule correspond, comme dans un calcul de variance, à la somme des carrés des écarts entre des valeurs de la variable Z . Cependant au lieu de diviser, comme dans le cas de la variance, par le nombre d'observations n , cette somme des carrés des écarts est divisée par $2n$. Cette différence, par définition, s'explique par le fait que c'est la variance de la différence entre deux points qui est calculée. Pour cette raison, le terme de semivariance est souvent utilisé et nous l'adopterons dans les titres des axes de nos graphiques. La première étape consiste à représenter la nuée variographique, avant de calculer le variogramme. Elle représente sur un graphique toutes les sommes des écarts au carré (cf. graphique n° 12.4). Elle est surtout utilisée pour analyser les couples de points représentant des valeurs extrêmes. Il reste une dernière ambiguïté à lever dans les termes.

Le variogramme est la courbe des valeurs prises par la semivariance en fonction de la distance h , comparée à la valeur constante de la variance, calculée sur l'ensemble des données indépendamment de la distance (hypothèse de stationnarité). Lorsque la semiva-

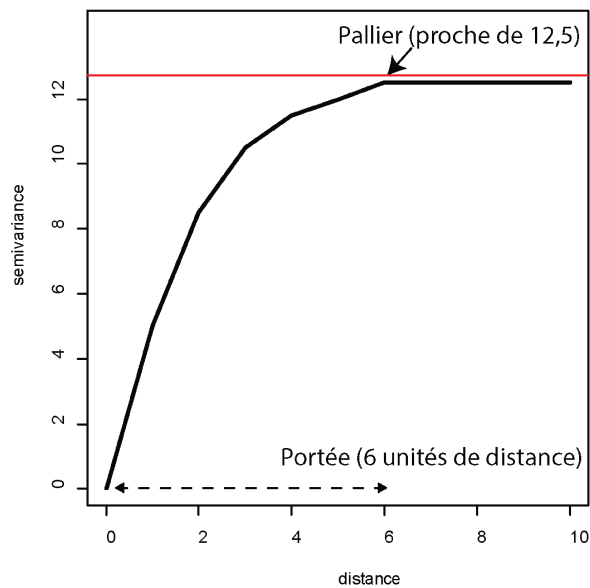


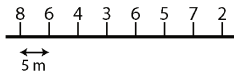
FIGURE 12.5 – Exemple de variogramme présentant le palier et de la portée (le trait rouge indique la variance égale à 12,5)

riance va suivre un patron en fonction de la distance, on peut détecter un patron spatial de régénération. Dans ce qui suit, nous présenterons le variogramme pour l'ensemble de l'intervalle de distance, généralement plusieurs kilomètres, puis nous nous focaliserons sur des intervalles plus courts, le demi-kilomètre et la centaine de mètres. Cette approche permettra de détecter les variations significatives de la semivariance, et donc les patrons spatiaux de régénération, à différentes échelles spatiales. Cette interprétation se fonde sur le différentiel existant entre les valeurs de la semivariance et de la variance, et repose sur les notions de palier et de portée. Le palier est le moment où la semivariance atteint la valeur de la variance et la portée est la distance nécessaire pour atteindre le palier (cf. figure n° 12.5). Il est fréquent que la semivariance n'atteigne jamais la variance, par convention le palier est atteint quand la valeur de la semivariance se stabilise ou quand 95% de la variance a été atteinte. Alors que la variance ne tient pas en compte l'espace, elle décrit la dispersion des données, la semivariance va renseigner de l'évolution de la dispersion des données en fonction de la distance.

Le variogramme obtenu à partir des données brutes est souvent qualifié d'expérimental, et c'est le modèle obtenu à partir du variogramme expérimental qui se nomme variogramme. L'ensemble de la démarche est décliné dans un exemple simple ci-dessous.

Un exemple simple de variogramme (à une dimension) :

Voici une variable connue tous les 5 mètres (une mesure de hauteur de végétation le long d'un transect par exemple) :



La semivariance à 5 m se calcule comme suit :

$$\begin{aligned} \gamma(5) &= \frac{1}{2n} [(8 - 6)^2 + (6 - 4)^2 + (4 - 3)^2 + (3 - 6)^2 + (6 - 5)^2 + (5 - 7)^2 + (7 - 2)^2] \\ \gamma(5) &= \frac{1}{2 * 7} [4 + 4 + 1 + 9 + 1 + 4 + 25] \\ \gamma(5) &= 3,5833 \end{aligned}$$

Reprenons le calcul pour 10 et 15 m :

$$\begin{aligned} \gamma(10) &= \frac{1}{2n} [(8 - 4)^2 + (6 - 3)^2 + (4 - 6)^2 + (3 - 5)^2 + (6 - 7)^2 + (5 - 2)^2] \\ \gamma(10) &= \frac{1}{2 * 6} [43] \\ \gamma(15) &= 5,8 \end{aligned}$$

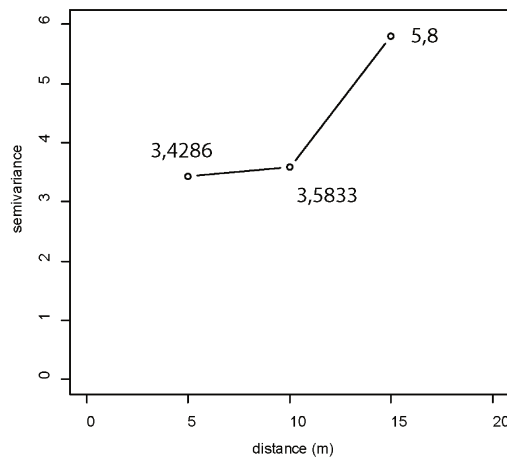


FIGURE 12.6 – Variogramme de l'exemple à une dimension

La semivariance augmente fortement entre le 2ème et le 3ème intervalle, suggérant un phénomène d'autocorrélation spatiale.

Dans ce qui suit, nous analyserons le variogramme établi pour l'ensemble des transects, puis ceux établis par unité de gestion dans des terres publiques ou privées, et pour finir nous comparerons les variogrammes des transects réalisés à l'intérieur d'une même unité de gestion. Cette approche à différents niveaux d'organisation de notre plan d'échantillonnage nous permettra de détecter des tendances générales, puis les spécificités liées à l'appartenance à certaines unités de gestion et statut foncier, et enfin la variabilité interne aux unités de gestion. Elle permettra notamment de vérifier dans quelle mesure la variabilité du nombre des semis est liée au « champ » de leur présence, à savoir les transects.

12.2.2 Analyse à l'échelle de l'ensemble des transects des unités de gestions :

La valeur maximale de la semivariance est près de 4 fois plus élevée (118,12) que celle de la variance (32,94). Cette valeur élevée est due à des couples de points dont les valeurs sont très différentes dans les quadrats composant les transects *dehpue1*, *dehpue2* et *dehpue3* (terre publique avec le plus haut niveau de protection). Ces relevés sont situés dans la zone cœur du PNSG, correspondant au plus fort niveau de protection, sur une ancienne zone pâturée ces relevés sont devenus des accrus forestiers.

Il y a peu d'effet à grande distance. La semivariance est proche de la variance et ne présente pas de patron particulier en fonction de la distance à l'échelle plurikilométriques (graphique n° 12.7, a). Entre 500 et 3000 m, la valeur de la semivariance dépasse à plusieurs reprises celle de la variance, la courbe étant marquée par plusieurs pics, à 600, 1200 mètres, puis entre 1700 et 2700 mètres de distance. Ces pics correspondraient à des différences de nombre de semis entre groupes de transects, voire entre unités de gestion pour ceux se produisant à plus grande distance. Ces pics pourraient être aussi expliqués par l'association entre un faible nombre de couples et des valeurs fortes. Ce n'est pas le cas comme nous avons pu le vérifier avec le graphique n° 12.8. Il y a bien une légère augmentation du nombre de couples de points entre 500 et 2000 m mais le nombre de couples reste assez haut pour toutes les distances. À moyenne distance (graphique n° 12.7, b), c'est-à-dire à l'échelle du demi-kilomètre, l'effet de la distance n'est, comme précédemment pas marqué : deux pics dépassent la valeur de la variance, notamment un à 200 mètres, correspondant à la longueur des transects, suggérant un effet lié au changement

de conditions de régénération entre les transects. À courte distance (graphique n° 12.7, c), l'effet de la distance est très net dans les premiers dix mètres, puis il s'atténue fortement dans les 80 mètres suivants. Cet effet de distance à courte portée suggère que la taille des tâches élémentaires de régénération est de l'ordre de la dizaine de mètres, lorsque l'on considère l'ensemble de nos observations, tous transects confondus. Le très faible effet de distance, observé entre 10 et 90 mètres, est plus délicat à interpréter, nous y reviendrons dans l'analyse menée au niveau des unités de gestion. L'idée de niche de régénération est connue depuis Grubb (1977) mais peu d'auteurs ont essayé de la quantifier. Dans les dehesas, Plieninger et ses collaborateurs (2004) ont tenté d'en mesurer plus précisément la portée mais ont souffert d'un manque de régénération. La méthode qu'ils employaient, appartenant à l'école des patrons de points, leur permettait de confirmer un patron en grappe mais pas d'en estimer la taille. C'est un des avantages de la géostatistique. À moyenne échelle, le résultat semble indiquer un lien entre les niches de régénération : une répétition de ces niches semble être l'hypothèse la plus plausible. L'existence de patron de régénération à l'échelle plurikilométrique est également un résultat intéressant sans être simple à interpréter : est-ce une variante de ce que l'on observe à moyenne échelle ou bien est-ce que cela pourrait être l'expression d'un gradient (altitudinale, augmentation de la densité forestière, etc.) ?

Nous allons maintenant analyser la semivariance des semis de chêne vert dans chaque unité de gestion, selon son statut foncier (terres publiques et exploitations agricoles privées), afin de vérifier comment les patrons spatiaux de la régénération suggérés par notre précédente analyse globale se déclinent dans des unités spatiales ayant du sens en termes de gestion.

12.2.3 Cas des unités de gestion localisées dans des terres publiques :

Dans les 5 unités de gestion localisées dans les terres publiques, les valeurs de la variance sont comprises entre 15 à 190, ce qui suggère une forte hétérogénéité entre elles.

L'Albarracinejo : À l'échelle des 2 km (Graphiques n° 12.9, a), la semivariance des semis de chêne vert augmente en fonction de la distance, avec de fortes oscillations, jusqu'à atteindre un maximum dépassant la valeur de 60, autour de 1400 m de distance. Cette valeur est bien supérieure à la variance, égale à 23,95. Nous vérifierons plus loin (p.

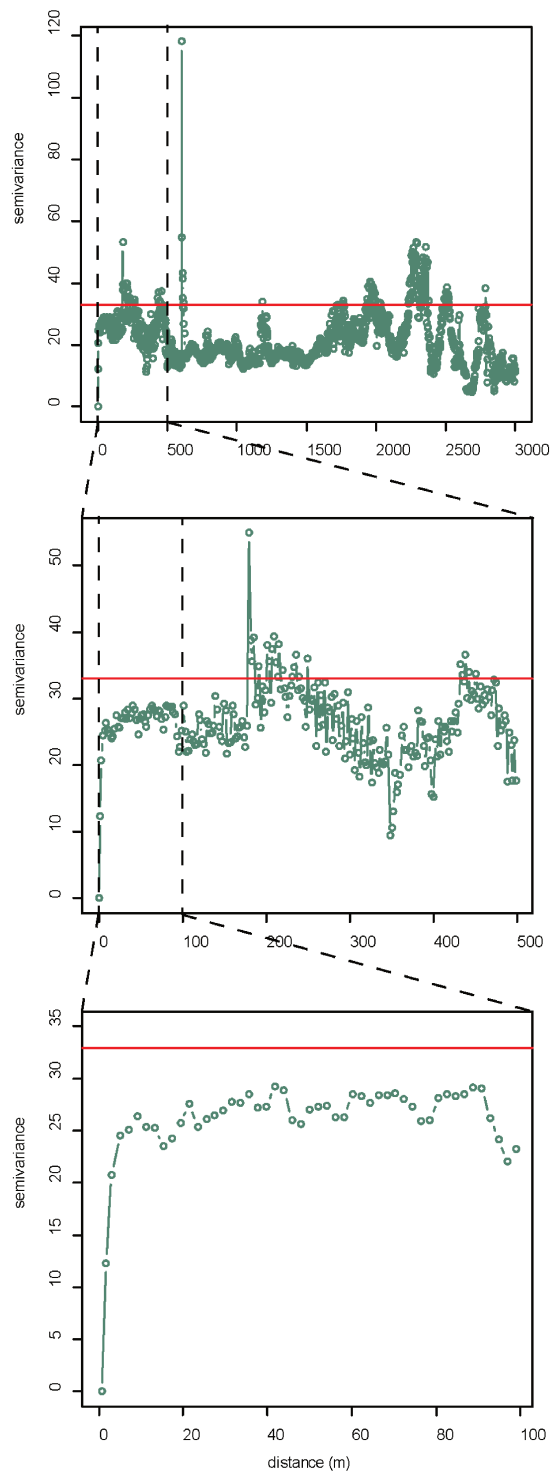


FIGURE 12.7 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts sur l'ensemble des transects

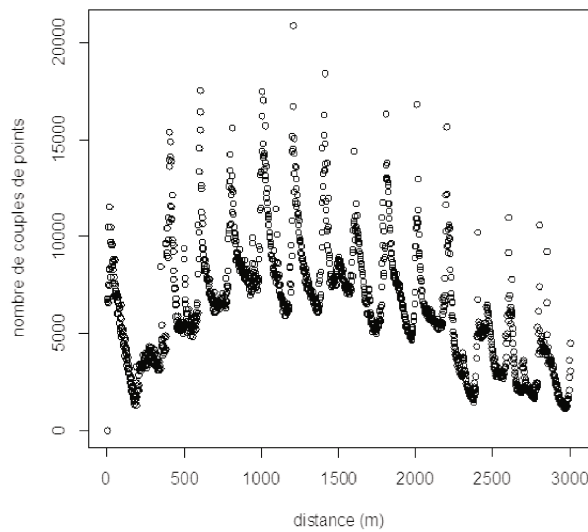


FIGURE 12.8 – Nombre de couples de points (quadrats) en fonction de la distance

342) le rôle que peuvent jouer les différences de nombre de semis entre différents transects ou groupes de transects pour expliquer ce pic de variabilité à 1400 mètres de distance. La tendance à la hausse suggère quant à elle l'existence d'un patron spatial de régénération à échelle kilométrique, ce qui sera également vérifié par l'analyse par transect. A moyenne distance, à l'échelle du demi-kilomètre (Graphiques n° 12.9, b), on observe une augmentation régulière de la semivariance jusqu'à 200m, taille d'un transect. La valeur de la semivariance rejoint celle de la variance à une distance d'environ 100 m. La variabilité est donc moindre à l'intérieur des quadrats proches d'un même transect. Entre 100 et 200 m, la semivariance dépasse la variance, on peut en retenir deux leçons. La première est qu'entre des points éloignés d'un même transect, la variabilité est plus forte et croissante, correspondant à des conditions différentes d'établissement des semis. La seconde est que les parties éloignées d'un même transect peuvent être autant, et même plus variable que la variabilité inter-transect. Entre 200 et 500m, elle diminue puis oscille fortement autour de la variance. À courte distance (graphique n° 12.9, c), il y a une autocorrélation spatiale entre les semis de chêne vert sur trois quadrats (6 m), correspondant à une tâche élémentaire de régénération, de taille bien plus petite que dans l'ensemble des transects (10m). Le palier est atteint dès le troisième quadrat contigu, avec une valeur située légèrement en dessous de la variance.

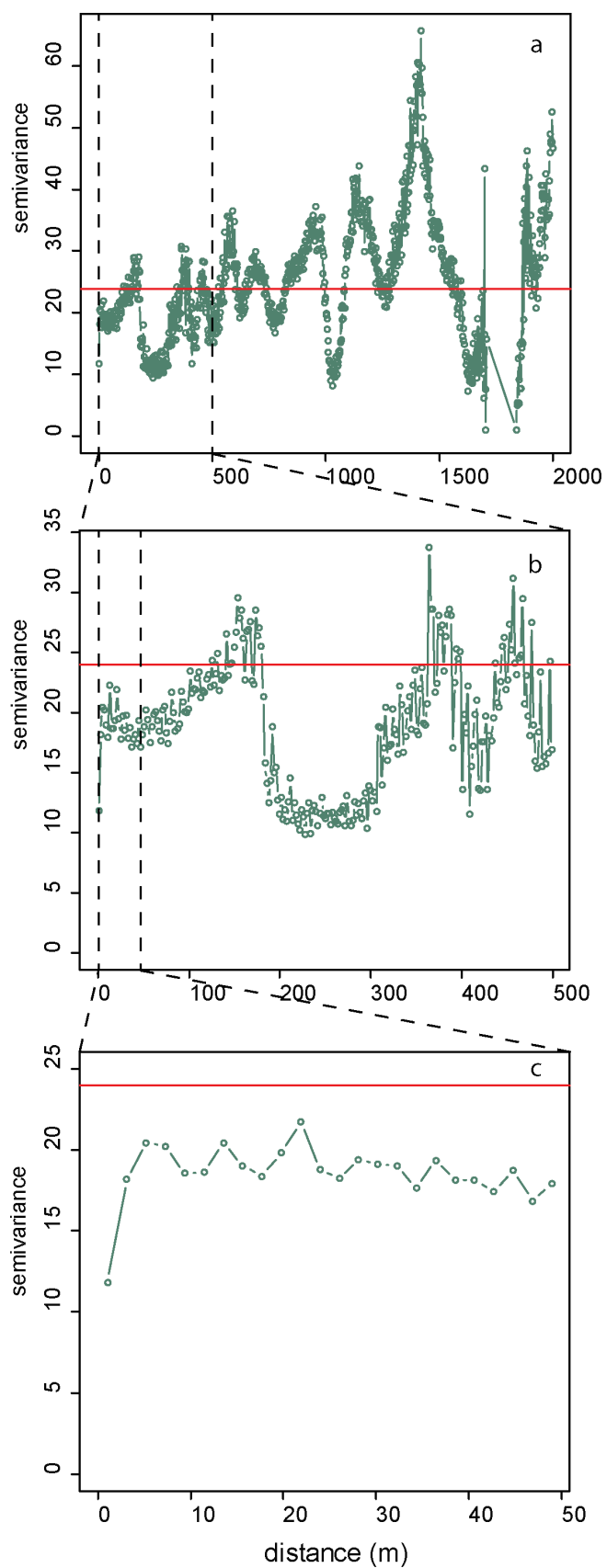


FIGURE 12.9 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les neuf transects de l’Albarracinejo

L'Albarranes : La semivariance montre une forte variabilité à longue distance, ici 2 km, (Graphique n° 12.10, a) avec une série de pics, correspondant à des différences entre les transects. À moyenne distance (Graphique n° 12.10, b), la semivariance dépasse la variance et augmente quasi linéairement malgré de légères oscillations jusqu'à un pic vers 200 m de distance, correspondant à la taille du transect, puis elle diminue pour osciller autour de la variance entre 200 et 500 m. À très courte distance (Graphique n° 12.10, C), le palier est atteint, au niveau de la variance, au bout de 10 m (5 quadrats), correspondant à la taille de la tâche élémentaire de régénération observée à l'échelle de l'ensemble des transects.

Campo de las Encinas y de los Laureles : On peut observer deux phases sur le variogramme, à grande distance, qui atteint près de 4 km dans cette unité de gestion de grande taille (graphique n° 12.11, a). Une première de 500 à 2500 m où la semivariance fluctue autour de la variance, indiquant un faible effet de la distance sur la densité de semis par quadrat. Puis on observe une forte variabilité de la semivariance, avec des pics très marqués entre 2500 et 4000 m, qui indiqueraient une forte variance entre des quadrats très éloignés (appartenant à des transects différents). À moyenne distance (Graphique n° 12.11, b), le pic de semivariance proche des 400 m indique une différence dans les semis de chêne vert à cette échelle, correspondant au double de la longueur des transects. Enfin, à courte distance (graphique n° 12.11 ; c) on note une semivariance gigogne : de zéro à six mètres (trois quadrats) la croissance est exponentielle puis dans une seconde partie elle devient linéaire avec une pente douce sur presque 90 m. L'analyse des variogrammes montre donc que la régénération varie dans l'espace à différentes échelles spatiales pour la régénération sont observées pour le « Campo de las Encinas ». L'effort d'échantillonnage important permet cette caractérisation fine ce qui est sera moins le cas d'autres unités de gestion. La forte corrélation à courte portée (6 m) caractérise une tache de régénération, de petite taille comparée avec le résultat obtenu dans l'ensemble des transects. L'augmentation linéaire, de pente faible, sur 90 m est plus difficile à interpréter. Nous supposons un effet d'unité de végétation homogène à cette échelle. Les pics observés dans la courbe à plus longue distance correspondraient à un premier groupe de transects bien différenciés à 400m, puis au-delà de 2500m à une distinction entre groupes de transects plus éloignés, suggérant l'existence de différentes formes de régénération dans cette unité de gestion. Nous vérifierons plus loin le rôle de la variabilité inter-transects dans cette unité de gestion.

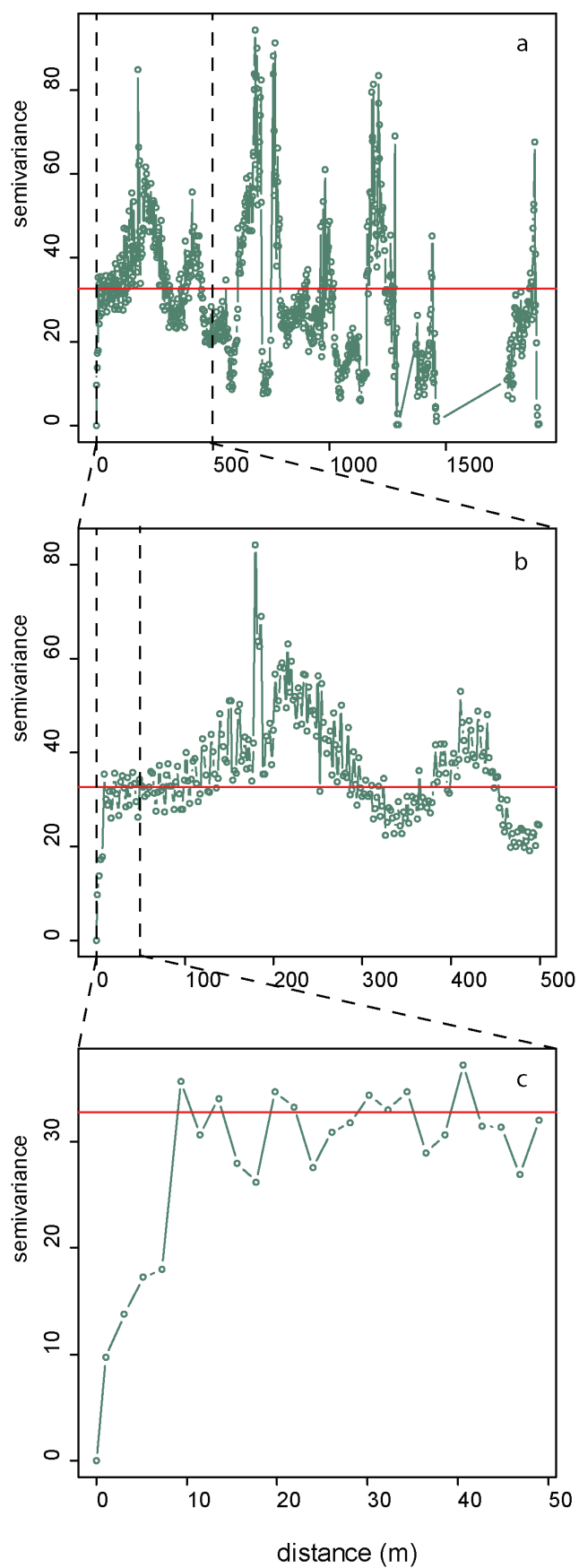


FIGURE 12.10 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les huit transects de l’Albarranes

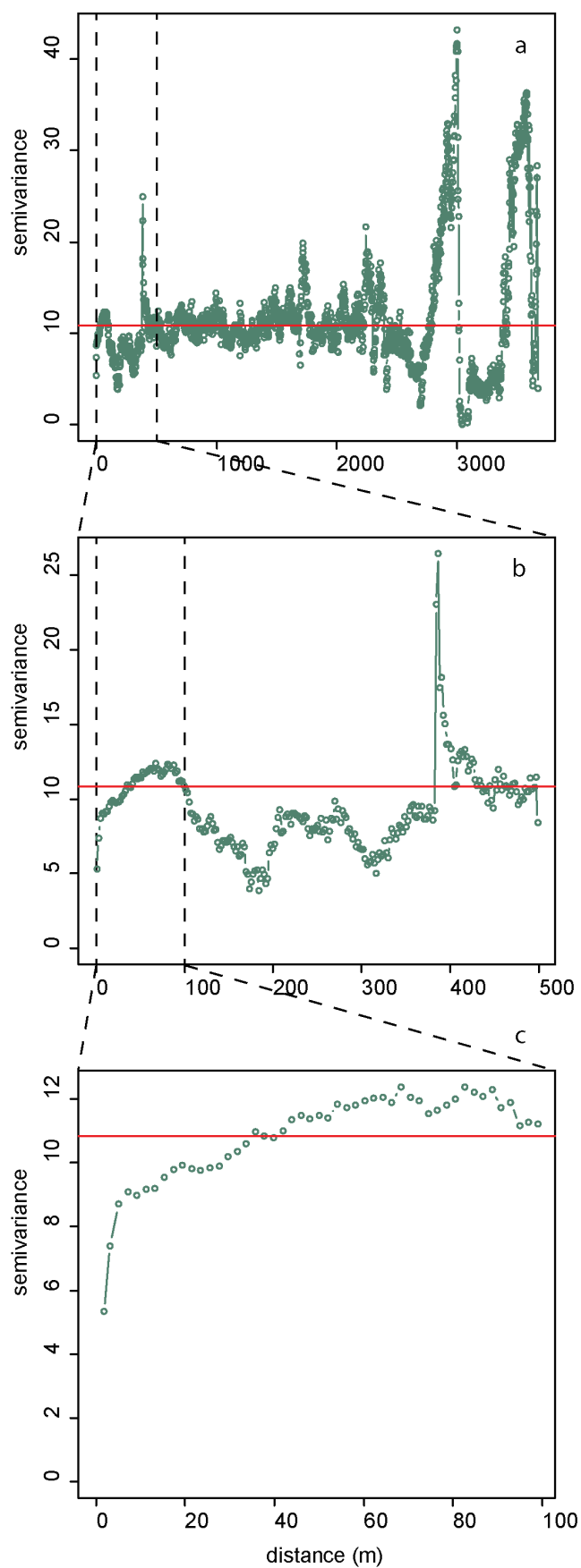


FIGURE 12.11 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les 23 transects du Campo de las Encinas y de los Laureles

Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar : À l'exception de deux pics, précédés de peu de points, la semivariance reste proche de la variance à longue portée, ici 3 km (Graphique n° 12.12, a). La régénération ne semble pas être influencée par la distance à cette échelle. Les deux pics correspondent à la distance entre deux séries de transects assez éloignés et où le nombre de semis de chêne est très différent, ce que nous vérifierons plus loin. Rappelons que les fortes valeurs de semivariance observées dans certains transects de cette unité de gestion expliquaient la moyenne très élevée observée pour l'ensemble des transects. C'est aussi dans cette unité de gestion que la valeur de variance est la plus élevée (190). La régénération ne semble pas non plus influencée par la distance à moyenne échelle (Graphique n° 12.12, b). On observe toutefois que la semivariance dépasse la variance à partir de 450 mètres. Par contre, on retrouve à courte portée une semivariance gigogne. Une première partie suit une augmentation exponentielle corrélée à la distance entre 0 et 6 mètres, taille de la tâche élémentaire de régénération, la seconde partie suit une tendance linéaire jusqu'à 44 m, et pourrait correspondre à une maille de variation de la structure végétale.

L'Encinajejo : Cette terre publique est petite (distance maximale entre observations : 1 km) et nous n'y avons réalisé que quatre transects. Il y a donc peu à observer comme effet à longue et moyenne distance (Graphique n° 12.13, a et b). On note cependant un pic à 700 mètres, ainsi qu'une tendance à l'augmentation de la semivariance entre 50 et 200 m (Graphique n° 12.13, b), suggérant une différenciation entre les quadrats d'un même transect en fonction de leur éloignement, donc une hétérogénéité de la régénération à l'intérieur des transects. À courte distance on observe une corrélation spatiale sur les quatre premiers quadrats (8m), la tâche de régénération est donc ici de taille plus importante que dans les autres unités de gestion des terres publiques ; puis la semivariance passe au-dessus de la variance, et présente une tendance à la hausse jusqu'à 45 m environ.

12.2.4 Cas des unités de gestion localisées dans des exploitations agricoles privées :

Après avoir vu les 4 exemples dans les terrains publics, nous allons analyser les variogrammes dans les exploitations agricoles privées. Rappelons que les semis sont significativement moins abondants dans ces unités de gestion, de même la variance y est très faible (dans l'ordre alphabétique : 0,7 / 4,35 et 4,69).

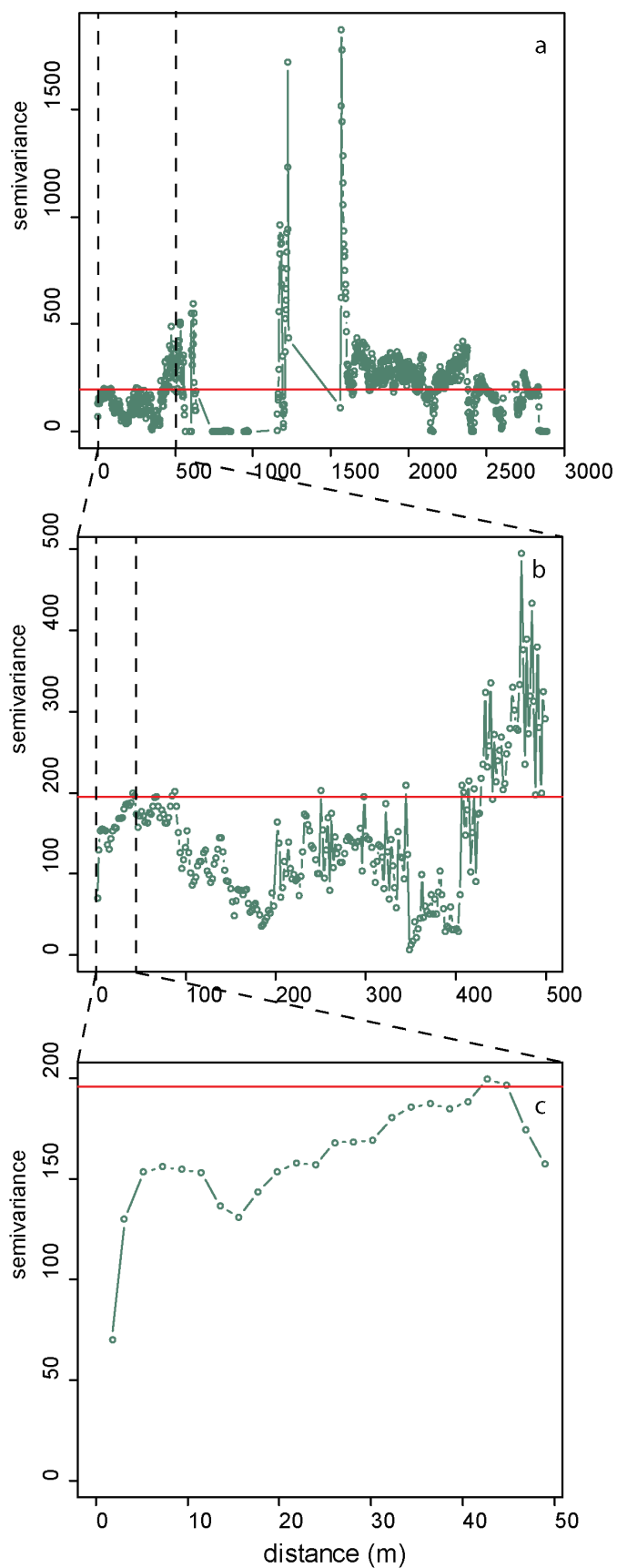


FIGURE 12.12 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les huit transects de la Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar

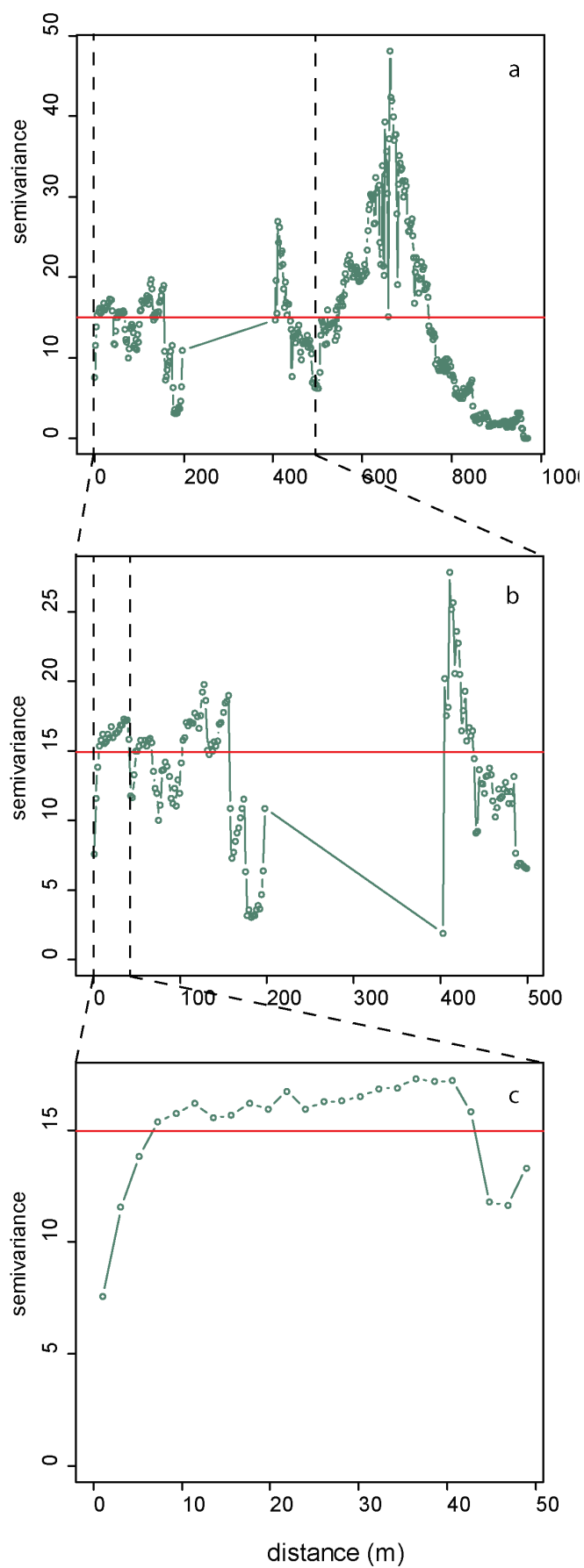


FIGURE 12.13 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les quatre transects de l'Encinalejo

El Alamo : La variance (0,7) et le nombre de semis sont très faibles à l'Alamo. Il est donc difficile de détecter des variations liées à la distance entre les observations, au plus de 1 km ici. Le graphique n° 12.14 partie a et b, montre une augmentation de variation à l'intérieur des transects (jusqu'à 200m) puis entre 200 et 400 mètres, liée à la différence entre des transects. Le variogramme indique, comme pour les autres unités de gestion, un effet spatial à courte distance sur les 10 premiers mètres (cinq quadrats), suggérant une tâche de régénération de grande taille. Ce dernier est cependant peu marqué en raison du faible nombre de semis.

El Algamazon : À moyenne distance (1 km), la semivariance est caractérisée par une augmentation due aux différences de régénération entre les transects, avec un pic à 200m, puis entre groupes de transects (pics entre 600 et 1000 m, Graphique n° 12.15 a). À courte distance, on observe une autocorrélation spatiale sur les dix premiers mètres (5 quadrats), correspondant à une tâche de régénération de grande taille.

La Bregna de Agua : Comme pour les autres exploitations agricoles, il y a peu d'effet à longue distance (graphique n° 12.16 a, et b). On observe cependant deux pics où la semivariance quintuple. Ces pics sont liés à l'effet de certains quadrats de transects possédant des valeurs très élevées. Il y a, à courte distance, une autocorrélation spatiale sur huit mètres (quatre quadrats), suggérant une tâche de régénération plus petite que dans les autres unités de gestion privée et dans l'ensemble des transects.

12.2.5 Conclusion partielle à l'échelle des unités de gestion

Toutes les unités de gestion présentent une forme d'autocorrélation exponentielle des semis de chêne sur les premiers mètres, patron spatial qui correspondrait aux tâches de régénération. Dans les terres publiques, le palier est atteint plus rapidement (de six à dix mètres) que dans les exploitations agricoles privées (huit à dix mètres) et dans l'analyse d'ensemble (10m, Tableau n° 12.2). Ceci est à interpréter en gardant à l'esprit que le nombre de semis est plus important dans les terres publiques que privées, et suggère un lien entre la taille des tâches de régénération et l'intensité de cette régénération. Ainsi ce n'est pas uniquement une plus faible régénération qui se constate mais des formes de régénérations différentes.

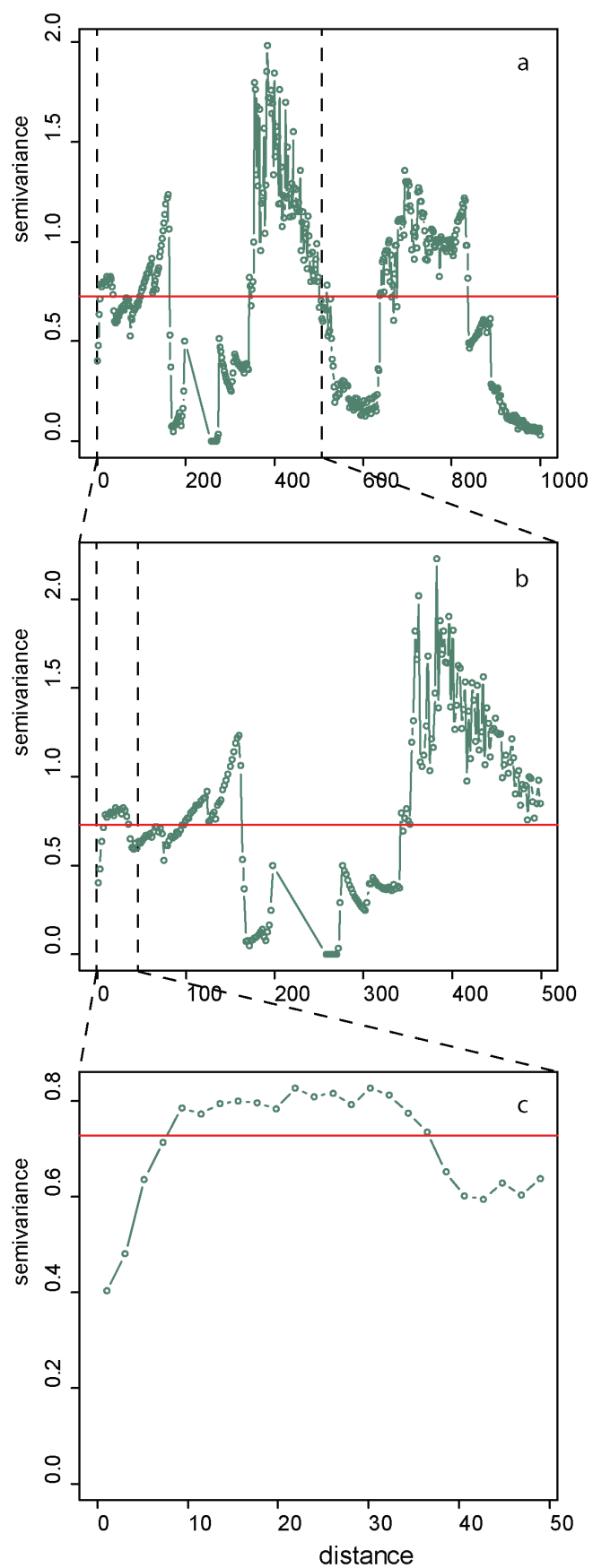


FIGURE 12.14 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les cinq transects de l'Alamo

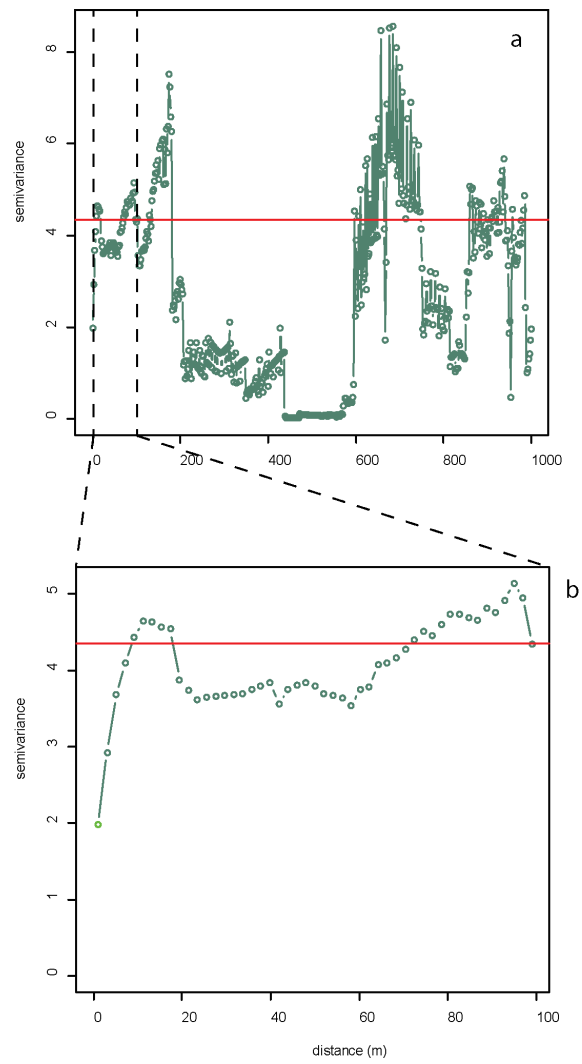


FIGURE 12.15 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les sept transects de l'Algamazon

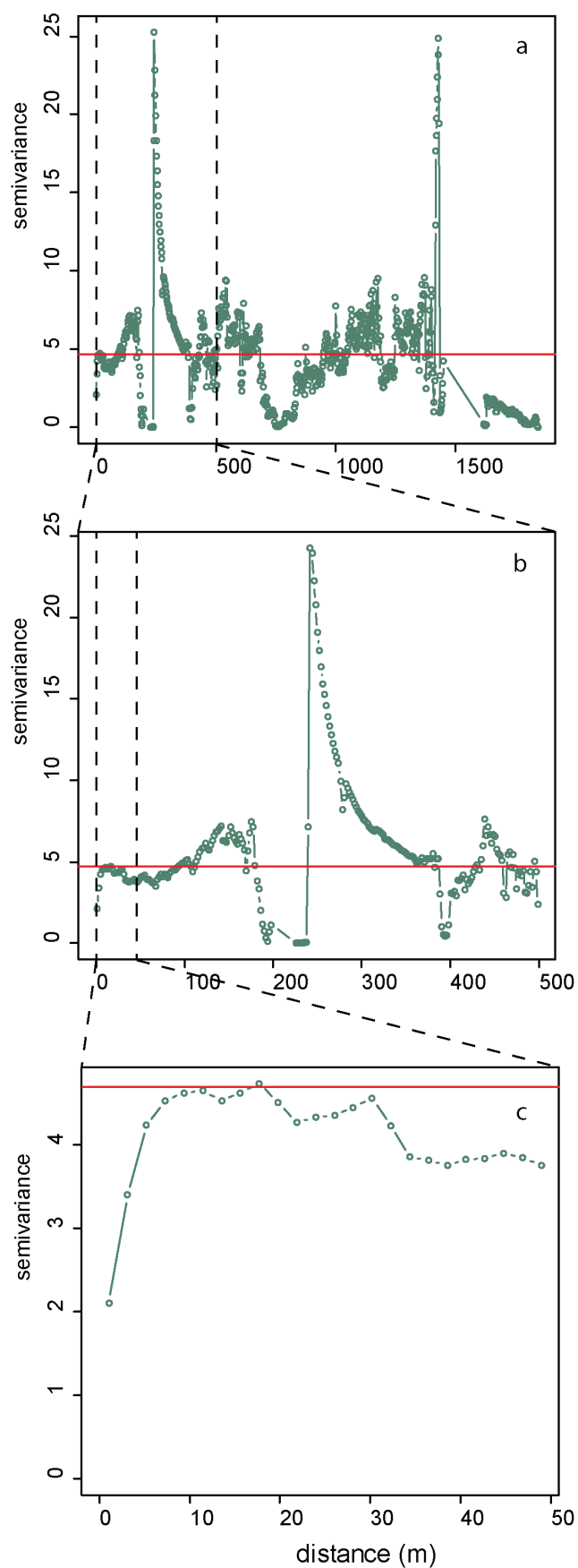


FIGURE 12.16 – Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les sept transects de la Bregna de Agua

Un effet observable, et attendu, dans six unités de gestion sur huit et dans l'analyse d'ensemble, il consiste à une augmentation de la semivariance lors du passage d'un transect à l'autre (à 200 m ou tous les 200 m), ou d'un groupe de transects à un autre caractérisé par un pic. Bien que les pics du variogramme ne soient pas situés aux mêmes endroits dans les différentes unités de gestion (les transects pouvant être à des distances différentes). Ces cas peuvent s'expliquer par des différences dans des niches de régénération entre les transects. Dans les deux autres unités de gestion, on observe au contraire une tendance régulière à la hausse de la semivariance, à des distances variables (200 à 400m pour El Alamo, soit entre deux transects, ou 1400m pour l'Albarracinejo). Cela signifie que la variabilité des semis de chênes verts reste corrélée spatialement sur de plus longues distances. Les niches de régénération, du moins définies comme de petite taille, ne peuvent plus complètement expliquer ce phénomène. Ce cas nous semble potentiellement lié à un autre patron fréquemment repéré. On note un effet lié à l'éloignement des quadrats dans le transect, matérialisé par une tendance à la hausse de la semi-variance jusqu'à 200 m de distance. Ce patron spatial est observé dans 5 des huit unités, et sur une distance correspondant à la moitié d'un transect (100 m) dans un 6ème cas (Campo de las Encinas).

Enfin, on remarque dans trois unités de gestion localisées sur des terres publiques sur cinq, un emboitement des patrons spatiaux à courte distance. La forte hausse de la semivariance dans les premiers mètres, correspondant à la tâche élémentaire de régénération est en effet suivie par une tendance à la hausse, plus faible mais néanmoins bien détectable, sur des longueurs allant de 45 à 90 mètres. Nous avons émis l'hypothèse que cette tendance puisse correspondre à un effet de l'homogénéité de la structure végétale autour des tâches de régénération. La densité des semis de chênes verts varie donc en fonction de la distance et à plusieurs échelles emboîtées. Il est apparu que cette variation pouvait, à moyenne et longue distance, être le fait de différences entre les transects, c'est ce que nous allons vérifier maintenant.

12.2.6 Analyse à l'échelle des transects effectués par unité de gestion

Les variogrammes à l'échelle des unités de gestion sont composés des données des différents transects, nous vérifierons ci-après si ces derniers sont homogènes, ou présentent des différences qui pourraient expliquer les patrons spatiaux de régénération détectés à

Tableau 12.2 – Synthèse des résultats des variogrammes à différentes distances pour les unités de gestion

Entités	Statut	Var.	Longue distance	Courte distance (m)	
				moyenne distance	Tache Tendance
Ensemble	NR	33	pics 600, 1200, 1700-2700	pic à 200 m	10 80m
Albarracinejo	public	24	tendance-1400m	tendance-200	6 non
Albarranes	public	32	pic à chaque 200m	tendance-200	10 non
Campo de las Encinas y de los Laureles	public	11	pics 2500-4000m	tendance-100m	6 90
Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar	public	190	pics 1000 et 1500	pas de tendance	6 45
Encinalejo	public	15	pic 700	tendance 50-200	8 45
El Alamo	privé	0,7	tendance 200-400	tendance-200	10 non
El Algamazon	privé	4,3	pics 700 et 900	tendance-200	10 non
La Bregna de Agua	privé	5	pics 250 et 1400	pic 250	8 non

l'échelle intra et inter-transects dans l'analyse précédente. Nous nous concentrerons dans cette analyse sur les cent premiers mètres.

Cas des unités de gestion localisées dans des terres publiques :

Albarracinejo : Il y a une forte hétérogénéité entre les transects de cette terre publique (Graphique n° 12.17). Trois groupes peuvent être identifiés. Le premier compte quatre transects ayant des variogrammes de valeur inférieure (albejo1, albejo7, albejo4 et albejo8) au variogramme de l'ensemble des transects. Le second est composé de deux variogrammes proches des valeurs de l'unité de gestion (albejo2 et albejo6) et le troisième est composé de trois variogrammes dont les valeurs sont très supérieures à celles de l'unité de gestion (albejo3, albejo5 et albejo9). Le comportement du variogramme à courte portée est également différent. Les quatre transects présentant une faible variance du nombre de semis (trait bleu plein, graphique n° 12.17) varient peu à courte portée et ils n'atteignent leur palier qu'après dix mètres, les taches de régénération n'y sont donc pas bien marquées. Les trois transects avec une semivariance élevée (trait bleu pointillé) atteignent plus rapidement leur palier. La pente à courte portée y est forte. Dans un cas (albejo5), cette tendance est prolongée sur une quarantaine de mètres. Atteignant leur palier tout aussi rapidement, les deux transects moyens (trait bleu avec des tirets) présentent une pente un peu plus faible.

Albarranes : L'hétérogénéité est plus faible pour cette terre publique (Graphique n° 12.18). Trois patrons peuvent être observés mais l'un d'entre eux est prépondérant. Deux transects montrent des variogrammes avec une faible semivariance (albnes2 et 8, trait bleu plein). Albnes5 (trait bleu pointillé) présente des valeurs deux fois plus élevées que les autres transects. Les cinq autres transects sont proches de la moyenne avec cependant albnes1 et albnes7 un peu en dessous de cette dernière. A l'exception des transects de faible semivariance, tous les transects présentent une forte augmentation de leur semivariance (avec des intensités différentes) entre les deux premiers quadrats contigus. L'augmentation de la semivariance est plus douce dans les trois quadrats suivants pour réaugmenter fortement entre huit et dix mètres. L'albnes4 ne possède pas cette « pause » entre deux et huit mètres et rejoint son pallier dès six mètres. Il existe des cas différents dans cette terre publique (albnes5 et albnes2 et 8) cependant la majorité des transects suivent un patron spatial similaire.

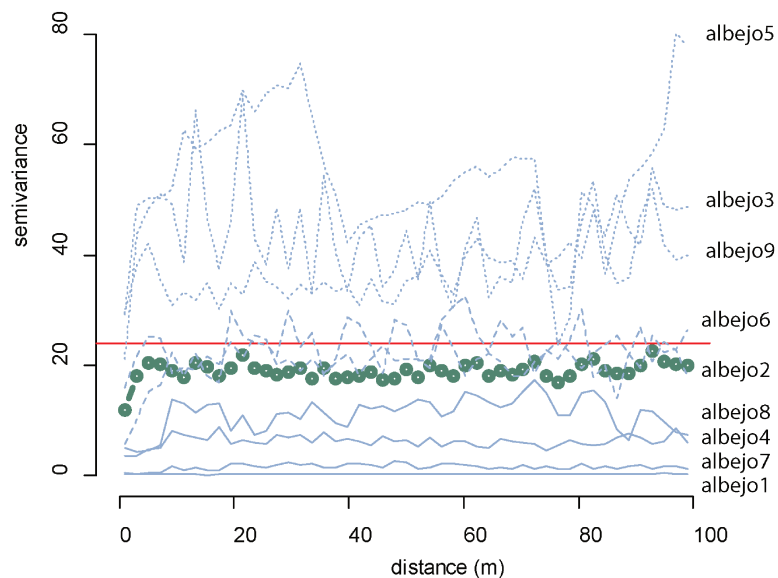


FIGURE 12.17 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les neuf transects de l'Albarracinejo. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect

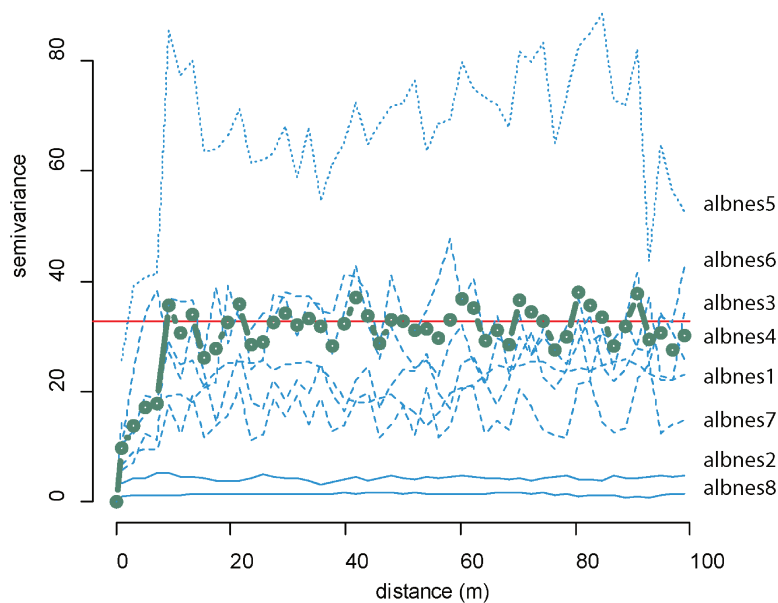


FIGURE 12.18 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les huit transects de l'Albarranes. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect

Campo de las Encinas y de los Laureles : Il est possible de proposer cinq groupes de patrons différents pour les transects de cette terre publique (graphique n° 12.19). Les extrêmes contiennent campen13 avec la semivariance la plus élevée et avec une semivariance presque nulle campen3 et campen22. Vient, ensuite, un groupe de sept transects, en orange dans le graphique n°, avec une semivariance faible et peu d'effet de la distance sur la semivariance. Représentés avec un trait bleu continu, dix transects ont des patrons similaires aux variogrammes obtenus sur l'ensemble des transects. Enfin, en trait en pointillé, quatre transects possèdent une forme similaire de variogramme mais avec un pallier plus élevé. Mis à part les variogrammes du groupe en orange et en bleu pointillé (ceux avec la semivariance la plus faible) tous les autres variogrammes dénotent d'une autocorrelation, augmentation de la semivariance, en fonction de la distance sur 20 à 100 mètres. Seul Campen 13 présente un patron emboîté, avec une tache de régénération à quelques mètres, puis une tendance linéaire sur 90 mètres, qui caractérisait le variogramme de l'unité de gestion. Le variogramme « moyen » à l'échelle de la terre publique recouvre donc des situations variées soit de patrons de régénération différents (représenté en orange et en bleu) soit de patron identique mais d'intensité différente (traits pleins ou pointillés). Les groupes semblent correspondre à différentes zones dans la terre publique. Des patrons similaires de régénération correspondraient à des zones dans le Campos de la Encinas y de los Laureles.

Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar : Les relevés dans cette terre publique peuvent se diviser en deux groupes très différents. Le graphique n° 12.20 représente le groupe (dehpue1,2 et 3) avec une très forte semivariance, la plus élevée de tous nos relevés. À l'intérieur de ce groupe dehpue3 possède une semivariance près de 5 fois la variance pour l'ensemble de la terre publique et près de 3 fois celle atteinte par les deux autres transects lui ressemblant. C'est le seul transect à présenter le patron emboîté observé à l'échelle de l'unité de gestion. Le second groupe (5 transects) n'a pas été représenté car il possède une semivariance faible et pas d'effet de la distance sur cette dernière.

Encinalejo : Avec seulement quatre transects l'Encinalejo présente trois formes de patrons spatiaux (graphique n° 12.21). Encina4 est « l'encéphalogramme » plat avec peu de semis de chêne vert et peu de variation dans cette quasi absence. Encina1 correspond à une présence de semis faible, un pallier atteint au bout de huit mètres avec une pente

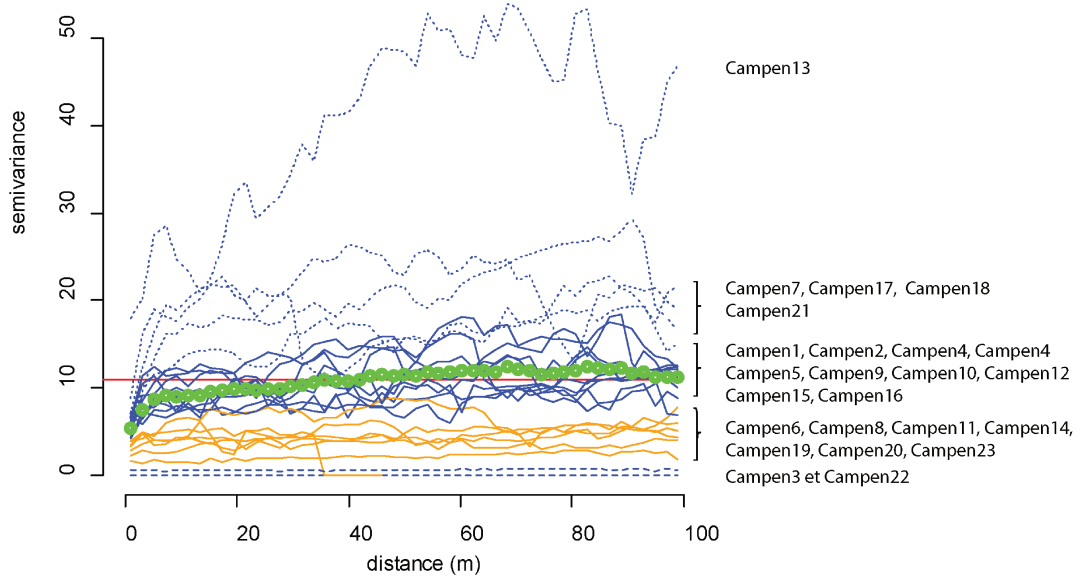


FIGURE 12.19 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les 23 transects du Campo de las Encinas y de los Laureles. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus et oranges correspondent aux variogrammes obtenus par transect

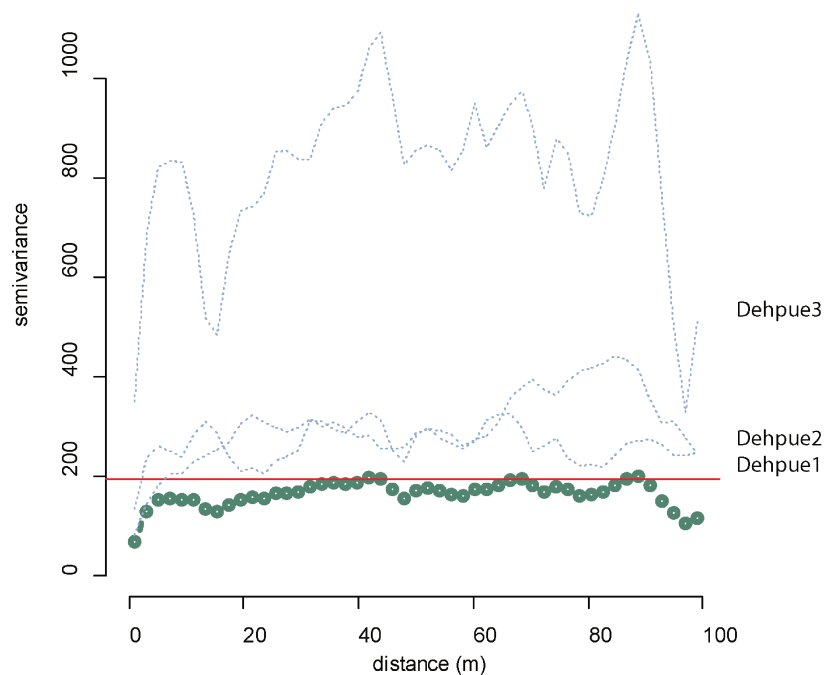


FIGURE 12.20 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour trois des huit transects de la Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect

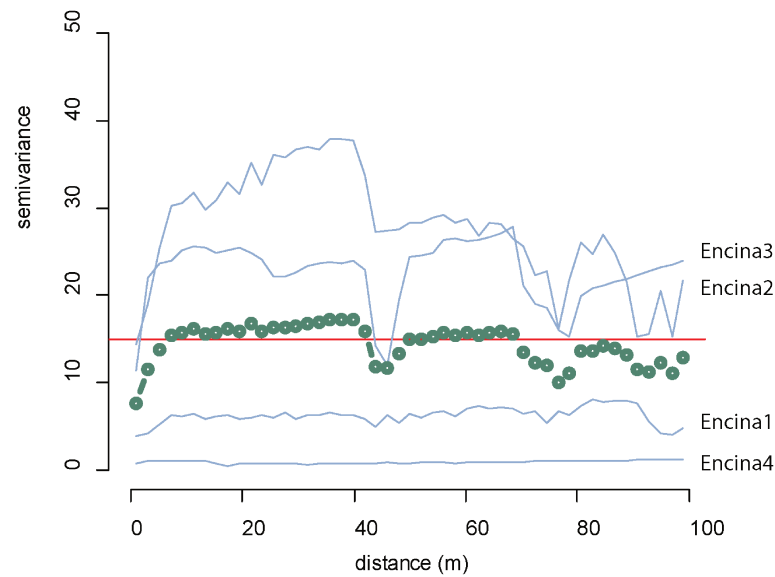


FIGURE 12.21 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les quatre transects de l'Encinalejo. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect.

faible. Encina2 et encina3 possèdent à une forte semivariance avec un pallier atteint rapidement (quatre et six mètres), le premier est également marqué par un effet distance à 40 mètres de portée. Dans ce contexte le variogramme établi au niveau de l'unité de gestion est un indicateur médiocre car il est un compromis de patrons et d'intensités de régénération différentes. Le patron emboîté, entre tache de régénération et tendance à 45 mètres, ne correspond qu'à un transect sur 4.

Cas des unités de gestion localisées dans des exploitations agricoles privées :

El Alamo : Dans un contexte de faible présence de semis, deux de transects ne présentent aucun semis dans l'Alamo (Alamo2 et alamo4, graphique n° 12.22). Deux autres transects (alamo3 et alamo5) ont un variogramme proche du variogramme de l'ensemble des transects. Cependant la semivariance à courte portée reste très proche du niveau de la variance indiquant une quasi absence d'autocorrélation spatiale. C'est le dernier des cinq transect de l'Alamo, Alamo1, avec sa plus forte semivariance et la présence d'un pallier atteint à huit mètres qui va contribuer à donner au variogramme moyen sa forme. Du fait de l'absence de régénération dans cette exploitation agricole il est difficile de conclure sur un patron particulier. Dans les cas où la densité de semis est faible il ne semble soit pas

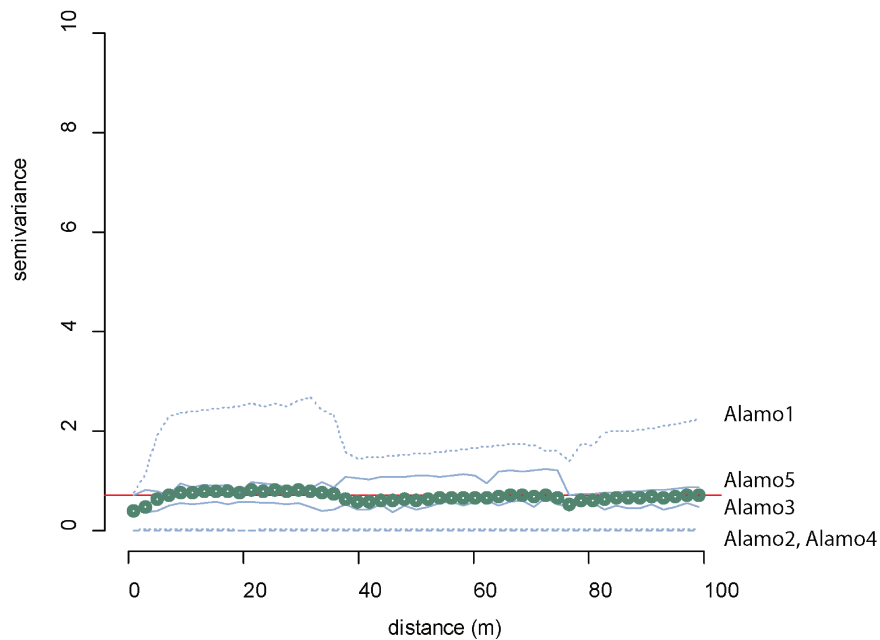


FIGURE 12.22 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les cinq transects de l'Alamo. Le variogramme vert forcé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect

y avoir d'effet spatial, ou du moins ce patron suit un patron aléatoire. On peut ici poser comme hypothèse que dans un cas où la densité de la régénération est importante on a un patron agrégé, avec une autocorrélation forte à courte portée, une diminution de la densité ne se fait pas uniformément mais régularise la répartition ?

Algamazon : À part l'Algama2, proche du variogramme sur tous les transects (Graphique n°), les transects mesurés dans l'Algamazon sont très polarisées. Algama1, Algama3, Algama4 et Algama7 présentent peu de semis et donc une semivariance de ces derniers est quasi nulle. Algama6 et Algama5 ont une semivariance qui va du triple au quadruple de la variance. Ces deux transects ont une portée de quatre ou six mètres. La semivariance d'Algama6 connaît un pic, chute puis pour comme Algama5 connaît une augmentations sur 20 à 100 m pouvant indiquer une autocorrélation spatiale à cette distance qui n'apparaissait pas dans le variogramme de l'ensemble des transects. Algama5 et 6 sont différents des autres transects.

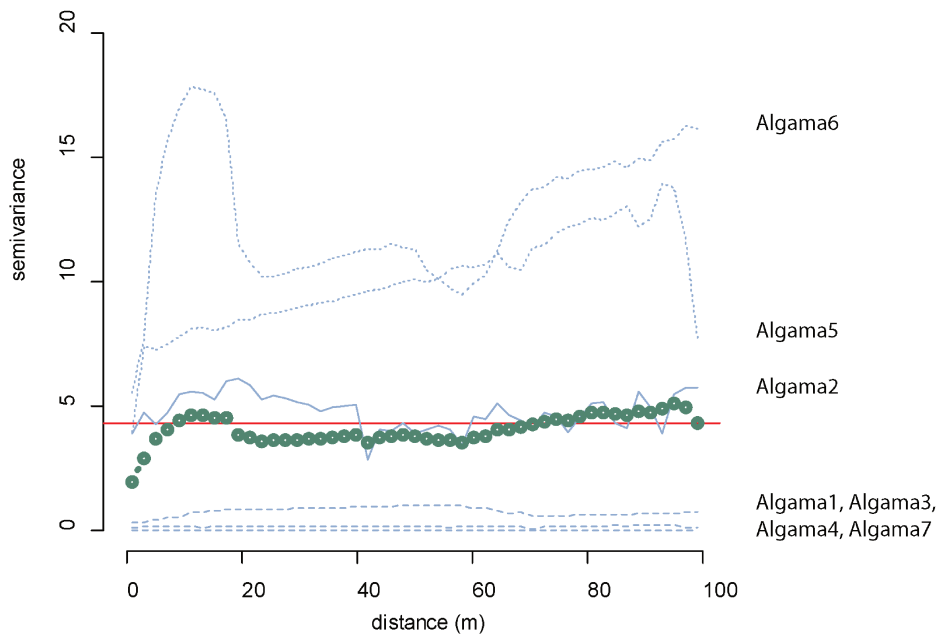


FIGURE 12.23 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les 7 transects de l'Algamazon. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect

Bregna de Agua : Les sept transects de la Bregna de Agua peuvent également être séparés en deux groupes. Le premier correspond à bregu1, bregu2, bregu3 et bregu6. Ce sont des transects avec une faible densité de semis et peu d'autocorrélation spatiale. Le second correspond bregu4, bregu5, bregu7. La semivariance y est élevée et on retrouve un schéma proche d'algama5 et 6 : le pallier est atteint rapidement entre six et huit mètres puis, dans le cas de bregu5 et bregu7 la semivariance reste élevée pour chuter quelques mètres plus loin puis ré augmenter progressivement suggérant, là aussi, une autocorrélation spatiale à cette échelle.

Résumé et conclusion de la variation inter-unité de gestion

L'examen des variogrammes au niveau des transects permet d'affiner notre analyse et de proposer de nouvelles pistes d'interprétation. Les variogrammes réalisés au niveau des unités de gestion masquent une diversité de patrons spatiaux de la densité de semis de chêne vert à l'échelle des transects. Chaque unité de gestion, privée ou publique, comporte de deux à cinq patrons. Dans le cas des transects de l'« Encinalejo » et de la « Dehesa del Puerto », le variogramme obtenu sur l'ensemble des transects ne correspond qu'à une

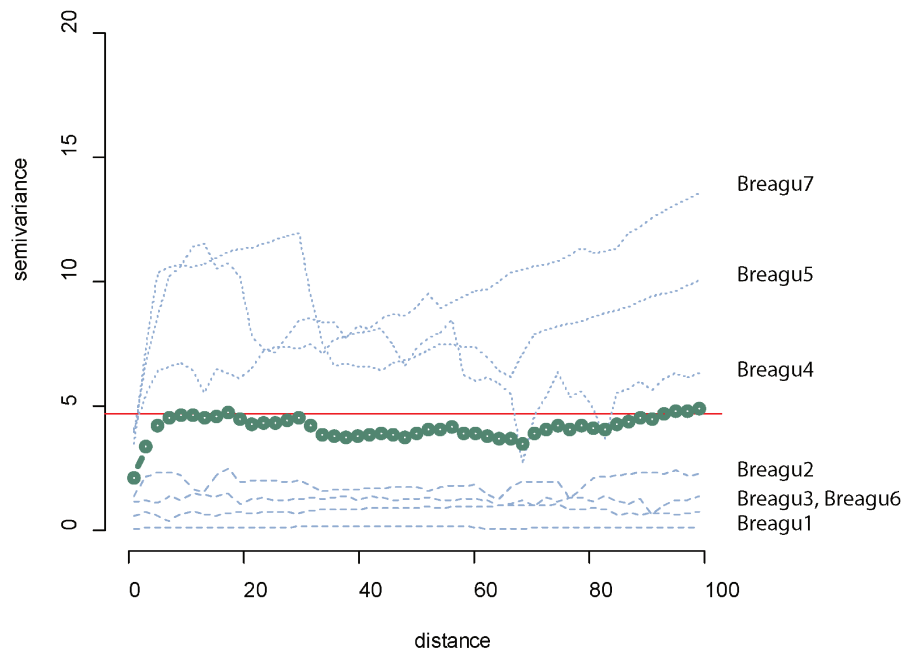


FIGURE 12.24 – Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les sept transects de la Bregna de Agua. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect.

moyenne arithmétique et à aucun patron mesuré dans un transect. Parmi les patrons fréquemment observés il y a :

1. le cas sans semis ni variance (« encéphalogramme plat ») présent dans toutes les unités de gestion,
2. le cas avec une semivariance faible et pas ou très peu d'autocorrélation spatiale (ex :campen6),
3. le cas avec une autocorrélation spatiale exponentielle à très courte portée, sur les dix premiers mètres, puis pas d'autocorrélation d'observée sur les 90 mètres suivants (ex : encina3),
4. le cas avec une autocorrélation spatiale exponentielle à très courte portée puis une autocorrélation linéaire entre 10 et 100 mètres (ex : breagu7).

À l'intérieur de chacun de ces patrons, il existe différents niveaux d'intensité dans la semivariance. Dans certaines unités de gestion, des groupes de patrons semblent associés à des zones spécifiques.

Quatrième partie
Synthèse et discussion

La méthode « régressive » prônée par Georges Bertrand semble avoir portée ses fruits. Partir d'une connaissance théorique et de terrain de la régénération naturelle nous a permis de creuser les sources et rechercher dans ces sources historiques nous a donné également les moyens de nous distancier de l'objet. Sans cet aller-retour, nous aurions commis plusieurs impairs. Le premier concerne la régénération. Nous nous serions trop focalisés sur son acceptation selon le modèle sylvicole tempéré. Les problèmes de régénération rencontrés par le chêne sessile avec l'accélération des révolutions et l'abandon des coupes d'ensemencement secondaire auraient dus également nous alerter. La « naturalité » de ce concept avancée par des auteurs en écologie devrait être précisé. L'utiliser dans des cas d'étude méditerranéens nécessite certaines précautions et son absence ne dénote pas nécessairement une dégradation liée à l'homme mais peut signifier que le renouvellement des arbres est un processus plus complexe que des graines qui, tombant au sol, y germent et poussent. Le deuxième concerne la gestion des terres et leur statut foncier. Nous étions partis sur l'hypothèse d'une opposition certainement un peu simpliste « public/privé ». Comme nous l'avons montré, les structures foncières ont évolué au cours du temps, passant d'une forme de gestion publique à des gestions privées puis repassant à des gestions publiques elles aussi, bien sûr évoluant. Ces changements se sont produits sur des périodes très courtes au regard de la vie des arbres sans pourtant être sans conséquence. En dehors du cas particulier de la zone cœur du Parc, les autres zonages sont-ils aussi importants qu'attendus ou ne passent-ils pas au second plan par rapport à d'autres critères comme le point de vue de l'agent du Ministère de l'Environnement délivrant les autorisations de pâturage? Et dans de nombreux cas, l'hétérogénéité spatiale au sein d'une unité de gestion est plus forte que l'opposition entre statuts fonciers. Le troisième concerne la caractérisation des états « initiaux » et de la végétation à différentes époques. D'autres travaux, basés sur l'inventaire de la Marine, concluent que les dehesas sont des produits résultant de défrichement, « *adehesamiento* », d'un stade préforestier « *monte pardo* ». Il n'y aurait pas de régénération car les dehesas actuelles seraient les ruines de cet héritage. Il y aurait un cycle d'abandon et de reprise de la dehesa. C'est romantique, et en partie vrai, mais seulement en partie car à partir du même inventaire, dans une zone différente, on obtient la présence de structure arborée du même type que les dehesas et ces structures ont bien perduré. D'autres sources et données nous interrogent également. Comment, pour « l'*Albarracinejo* », expliquer cette belle courbe Gaussienne de densités centrée sur des

chênes verts de 40 cm : il y a 70 ans, en plein pic démographique et avec des troupeaux bien plus nombreux qu'actuellement, une matorralisation avait lieu ? C'est tout de même peu probable. L'« *Alamo* » pose des questions similaires mais comme nous avons moins d'informations sur son passé et moins de relevés nous ne pouvons guère conclure à son sujet. Au-delà de l'évitement des impairs, c'est une vision d'ensemble que nous a permis cette méthode, de même qu'une compréhension élargie de la régénération naturelle, concernant l'ensemble du cycle de vie, et pas uniquement un stade de développement. Les classes de diamètre et la structure démographique nous semblent d'ailleurs des outils sous-utilisés qui mériteraient des développements plus poussés par exemple à travers une meilleure prise en compte de leur répartition. C'est plus anecdotique, mais le choix des classes de diamètre, par exemple la classe de 5 cm, traditionnelle dans le domaine forestier, devrait être davantage questionné. Heureusement dans nos cas d'étude, la distribution des classes de diamètre n'a pas semblé poser de problème. Cependant la méthode régressive est très conjecturale. D'une part nos résultats sont le produit d'heureux hasards, certes que nous avons forcés mais heureux hasards tout de même. Forcés car nous sommes allés en Sierra de Grazalema, en périphérie de l'aire de répartition des dehesas et pas en son centre, en Estrémadure ; forcés car nous avons passé du temps dans les archives et sur le terrain pour vérifier si sous cet ajonc un petit chêne vert ne prenait pas racine. Mais hasard car ce sont dans les archives du district forestier, dans le dossier du plan de gestion du « Pinsapar » que nous avons emprunté pour rendre service à un forestier du Parc que nous avons trouvé les premières mémoires judiciaires décrivant les terres publiques en 1870. Hasard aussi de sélectionner certaines terres publiques et certaines exploitations privées plutôt que d'autres, hasard quelque peu forcé étant donné que les catégories de protections étaient le principal stratificateur de notre échantillonnage. Dès lors, comment généraliser ces processus ? L'hypothèse principale concernant la régénération des dehesas est qu'elle est favorisée par leur matorralisation. Nous avons vu que cette hypothèse n'expliquait pas tout. Elle nous semble cependant valable dans certains cas mais, avant de les aborder, revenons sur nos relevés et leurs analyses. En préambule il faut avouer que les sources historiques directes concernant nommément la strate arbustive sont assez peu nombreuses, à la différence des informations concernant la strate arborée. Il y a bien des informations indirectes : les pratiques de charbonnage, de « *ramon* », les « *rozas* », « *limpias* » ou encore la mise en place des « *tajones* ». La dépendance en termes d'infor-

mation de nos relevés est donc plus forte, et les conclusions plus inspirées de ces derniers. La matorralisation est bien présente et ce à plusieurs échelles. Nous l'avons observée à l'échelle d'une unité de gestion (« *Campos de las Encinas* »), à celle du transect (« *Bregna de Agua* ») et parfois à l'échelle intra-transect. Les effets risquent d'être différents sur le renouvellement. C'est peut-être en partie ce que nous montrent les variogrammes au-delà de la tache de régénération et qu'il nous faudrait questionner bien davantage. Tout d'abord, même si c'est un poncif en géographie, il faut rappeler qu'une forme peut coïncider à plusieurs processus, il faut donc être prudent. Ce constat ne doit cependant pas être une excuse pour ne pas s'intéresser à la forme et à ses décompositions-recompositions à plusieurs échelles. Paradoxalement, nous trouvons que l'explosion des SIG ou de la télédétection qui devait nous faciliter ce genre de travail ne l'a pas rendu plus simple car trop souvent ils imposaient l'échelle. En ce sens, repartir du transect, et de ses possibles emboîtements d'échelles et laisser les patrons nous renseigner sur leurs échelles est une force des géostatistiques. Matorralisation, voilà un terme bien peu biogéographique, nous avons essayé de le préciser. Que cache-t-il ? S'inscrit-il dans des séries régressives ou bien progressives ? Dans des conditions de substrats différents ? N'y a-t-il pas plusieurs modes de régénération naturelle et non un « cycle » ? Nous avons observé des jeunes chênes, non seulement des semis mais également des fourrés et des gaules. Nous avons aussi observé la régénération passée. Il y a donc plusieurs formes de régénération naturelle. Contrairement à notre hypothèse de départ sur l'absence de régénération des dehesas telle que montrée par certains auteurs, le choix d'une montagne méditerranéenne hétérogène comme terrain d'étude fait entrevoir la complexité de ce processus, et la diversité des conditions dans lesquelles il peut être observé.

Des choses restent à faire, nous avons peu utilisé nos entretiens où les éleveurs et les forestiers nous ont représenté les mouvements des troupeaux et les zones ayant connu des perturbations. Les catégories qu'ils utilisent pour évoquer la végétation et ses modes de renouvellement mériteraient également d'être creusées et d'être comparées au regard des catégories que nous obtenons dans nos sources.

Table des figures

1.1	Localisation des savanes arborées (<i>Dehesa et montado</i>) ibériques et de leurs principales essences d'après Grove et Rackham (2003)	19
1.2	Localisation des « forêts fructifères de chênes » du sud-ouest espagnol et portugais d'après Parsons (1962)	19
1.3	Localisation des dehesas par essences dominantes selon Costa Pérez (2006)	21
1.4	Histoire paléoécologique des paysages de la province de Huelva d'après Stevenon et Harrison (1992)	23
1.5	Représentation schématique du fonctionnement de la gestion traditionnelle de la dehesa d'après Joffre(1988)	28
1.6	Variation saisonnière d'utilisation des ressources en fonction de la gestion du troupeau pour les moutons et les cochons dans le système de gestion traditionnelle des dehesas (d'après Joffre (1988))	29
1.7	Chronologie des différentes périodes et points clefs de la dehesa	31
2.1	« Reconstitutions du cycle d'évolution de l'écosystème « chêne vert » en présence d'une pression anthropique modérée » d'après Ducrey (1992) . . .	57
2.2	<i>Curculio elephas</i> ou balanin des châtaignes (<i>Balanino</i>). Photo : Gail Hampshire, Jimena, Andalousie, Octobre, 2016	64
2.3	Représentation du passage des semis aux gaules	70
2.4	Résumé de la comparaison dehesas/systèmes forestiers dans les différents stades et les processus importants associés	75
2.5	dynamique d'évolution des dehesas et de leur étage arboré sous l'influence des facteurs naturels et anthropiques. (la structure arborée est représentée par des histogrammes d'effectifs dans différentes catégories de diamètres d'après Plieninger (2007)	76

3.1	Carte de localisation du Parc Naturel de la Sierra de Grazalema et de ses communes	80
3.2	Logo du Parc Naturel de la Sierra de Grazalema	82
3.3	Carte des étages bioclimatiques dans le Parc Naturel de La Sierra de Grazalema d'après Rivas-Martínez (1987)	84
3.4	Cartes des Séries de végétation du PNSG d'après Rivas-Martínez et Valle Tendero (Les traits indiquent une sous série caractérisée par l'abondance de <i>Pistacia lentiscus</i> , citée uniquement par Rivas-Martínez)	86
3.5	Dynamique des séries d'après Aparicio-Martínez et Domingo Silvestre (1987)	87
3.6	Dynamique des séries d'après Valle Tendero (Valle Tendero, 2004)	88
3.7	Étagement des séries de végétation d'après Aparicio Martínez et Domingo Silvestre (1987) et Valle Tendero (2004)	90
3.8	Vue d'ensemble de l'Albarracinejo, Olivier Leroy	93
3.9	Troupeau de Payoyas, petites chèvres de la Sierra de Grazalema, Olivier Leroy	94
3.10	Dehesa légèrement embroussaillée par <i>Cistus alba</i> , Albarranes, Olivier Leroy	95
3.11	Moutons pâturent à l'Albarranes, Olivier Leroy	96
3.12	Gaules de chênes verts, Campos de las Encinas, Olivier Leroy	97
3.13	Vue sur la Bregna de Agua, Olivier Leroy	100
3.14	Vue sur l'Algamazon, Olivier Leroy	101
4.1	Relation âge-DHP d'après Plieninger (2003) et à partir des croissances annuelles des IFN2 et 3	105
5.1	Répartition des trois essences principales dans les catégories d'âge	111
5.2	Répartition en classes d'âge par ville dans l'inventaire de marine	112
5.3	Extrait des archives forestières du district de Cadiz	115
5.4	Localisation des différents « montes » décrits dans les données d'archives (leg 6415 et 6430 du fond du Medio Ambiente, AHPC)	117
5.5	Essence dominante et régénération à la fin du 19ème siècle décrits selon les données d'archives (leg 6430 et 6415 du fond du Medio Ambiente, AHPC)	119
5.6	Répartition des essences et nombre de présences dans les terres publiques .	120

5.7	Nombre de mentions des classes d'âges dans les descriptions des mémoires judiciaires (1861-1893)	122
5.8	Couverture de la strate arborée selon les mémoires des districts judiciaires, leg 6415 et 6430, fond du Medio Ambiente AHPC	124
5.9	Cartes planimétriques de Zahara datant de 1873	128
5.10	Zoom d'un polygone à digitaliser	129
5.11	Occupation du sol à la fin du 19 ^{ème} siècle dans le PNSG	134
5.12	Essence dominante à la fin du 19 ^{ème} siècle dans le PNSG	135
5.13	Occupation du sol en 1955-1956 pour Benaocaz, Grazalema et Ronda . . .	137
5.14	Changement d'usages du sol entre 1873-74 et 1955-1956 selon les cartes planimétriques	139
5.15	Boîtes à moustaches présentant l'évolution de la superficie des polygones entre les 2 dates, le nombre de polygones est indiqué entre parenthèses . .	140
6.1	Localisation des terres publiques concernées par les plans d'aménagement .	142
6.2	Comparaison des classes de diamètres entre les deux plans de gestions de Campos de la Encinas	147
6.3	Effectifs des trois terres publiques aux différentes dates	157
6.4	Cartographie des peuplements pour « <i>Campo de las encinas y de los Laureles</i> » en 1952 et 1962 avec un exemple de la répartition en essence et en classes de diamètres pour chacun de ces types de peuplement	159
6.5	Cartographie des trajectoires entre 1952 et 1962 pour « <i>Campo de las encinas y de los Laureles</i> » en fonction d'une CAH sur les axes de l'ACP sur les sous-parcelles et les classes de diamètres par essence	161
6.6	Cercle de corrélations des variables de l'ACP	162
6.7	Représentation des essences pour le « <i>Campo de las Encinas y de los Laureles</i> » en 1962 par Manuel Camarero Quiros. En jaune « Dominance du chêne vert », en bleu « Dominance ldu caroubier » et en vert « Mélange caroubier et chêne vert »	163
6.8	Évolution des classes de diamètres, entre 1929 et 1956, pour les parcelles dominées par <i>Quercus ilex</i> pour « <i>Lomas y Matagallardo</i> »	165
6.9	Évolution des classes de diamètres, entre 1929 et 1956, pour les parcelles dominées par <i>Quercus suber</i> pour « <i>Lomas y Matagallardo</i> »	166

6.10	Cartographie de la densité et des types de peuplement de la Bregna de Boyar en 1959	168
6.11	Évolution des classes de diamètres pour les parcelles dominées en <i>Quercus ilex</i> (parcelles n° 3, 4 et 5) et mélangé (parcelle n° 2) dans « <i>Bregna de Boyar</i> » entre 1959 et 1969	169
6.12	Évolution des classes de diamètres pour les parcelles dominées en <i>Quercus faginea</i> dans « <i>Bregna de Boyar</i> » entre 1959 et 1969	170
6.13	Comparaison entre la distribution théorique objectif (blanc) et la distribution des classes de diamètres en 1962 au « <i>Campo de las Encinas y de los Laureles</i> » (noir)	172
6.14	Évolution de l'indice de régénération au fil des différents plans d'aménagement par parcelle	174
7.1	Dates et localisation des achats des différentes terres publiques par l'ICONA	182
7.2	Présence des différentes essences dans 29 des terres en acquisition	184
7.3	Densité moyenne et écart type des différentes essences dans 29 dossiers d'achat	184
7.4	Effectifs par essence et par classe de diamètre dans 21 dossiers d'achat	185
7.5	Cartes des acquisitions en fonction des formations	185
7.6	Distribution de la charge pastorale par dossier d'acquisition	189
8.1	Exemple d'un scan d'une fiche de relevé de l'inventaire forestier national n° 1194	
8.2	Exemple d'un scan d'une photo aérienne utilisée pour localiser les relevés (rond rouge) sur le terrain (échelle approximative 1 :20000) de l'IFN1	194
8.3	Variation de la surface de la placette de relevé en fonction des strates de végétation et des classes de diamètre	199
8.4	Localisation et répartition des placettes de l'IFN1 par essence dominantes ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude	203
8.5	Localisation et répartition des placettes de l'IFN2 par essence dominantes ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude	204

8.6	Localisation et répartition des placettes de l'IFN3 par essence dominantes ou type de végétation, boîtes à moustaches de la distribution des essences principales en fonction de l'altitude	205
8.7	Répartition des arbres échantillonnés par essence dans les trois inventaires forestiers	207
8.8	Distribution, boîtes à moustaches, de la densité par parcelles par essence dominante pour les trois inventaires forestiers	209
8.9	Répartition des essences par classes de diamètre (en cm) dans les relevés dominés par le en chêne vert (23 relevés) de l'IFN1. Les classes de diamètre 5, 10 et 15 cm proviennent des précomptants (comptés sur un cercle de 8 m de rayon) séparées, sur ce graphique par une ligne en pointillée, des densités des autres classes de diamètres obtenues par le comptage utilisant le relascope de Bitterlich (surface variable)	211
8.10	Répartition des essences par classes de diamètres (en cm) dans les relevés dominés par le chêne vert (36 relevés) dans l'IFN2	211
8.11	Répartition des essences par classes de diamètres (en cm) dans les relevés dominés par le chêne vert (47 relevés) dans l'IFN3	212
8.12	Homogénéité-hétérogénéité en fonction du DHP moyen des relevés dominés par le chêne vert dans les trois inventaires	213
8.13	Répartition en pourcentage des essences par relevé où <i>Quercus ilex</i> est présent mais non dominant dans l'IFN1, les densités par essence ont été converties en pourcentage	216
8.14	Répartition en pourcentage des essences par relevé où <i>Quercus ilex</i> est présent mais non dominant dans l'IFN2, les densités par essence ont été converties en pourcentage	216
8.15	Répartition en pourcentage des essences par relevé où <i>Quercus ilex</i> est présent mais non dominant dans l'IFN3, les densités par essence ont été converties en pourcentage	217
8.16	Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN2	218
8.17	Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN2	219

8.18	Diamètre moyen (point) et écart type (moustaches) pour les différents types de peuplements en fonction des essences présentes dans l'IFN3	221
8.19	Répartition des chênes vert ayant un DHP < 2,5 cm (en hachuré) dans les différents types de peuplements ou de végétation (L'hypothèse nulle de répartition au hasard est rejetée, test du χ^2 , P «1%»)	222
8.20	Présence de gaule (en hachuré) par type de peuplements dans l'IFN2 . . .	223
8.21	Présence de gaules (en hachuré) par type de peuplements dans l'IFN3 . . .	224
8.22	Indice de régénération de chêne vert de l'IFN2(indice 0 : pas de régénération, 1 moins de 5 individus, 2 entre 5 et 15 et 3 plus de 15)	225
8.23	Nombre de précomptants de chênes verts par type de relevés dans l'IFN3 .	228
8.24	Répartition des types de densité (« tipo de densidad ») par catégorie de régénération, IFN3	229
8.25	AFC (axe 1 et 2) sur les composants de la strate arbustive des relevés de l'IFN1	231
8.26	Dendrogramme de la CAH sur les axes de l'AFC effectuée sur les composants de la strate arbustive de l'IFN1	231
8.27	Taux de recouvrement moyen par taxons de la strate arborée de l'IFN2 et boîtes à moustaches de ces taux.	232
8.28	AFC sur la présence/absence des taxons de la strate arborée et arbustive pour l'IFN2.	234
8.29	Dendrogramme de la CAH sur les composants de la strate arbustive de l'IFN2	235
8.30	Quinze premier taux de recouvrement moyen par taxons de la strate arbustive de l'IFN3 et boites à moustaches de ce taux	235
8.31	AFC sur la présence/absence des taxons de la strate arbustive pour l'IFN3	236
8.32	Dendrogramme de la CAH sur les composants de la strate arbustive de l'IFN3	237
10.1	Localisation des unités de gestion hébergeant des relevés	248
10.2	Répartition des relevés dans le PNSG en fonction du statut foncier et du type de protection	249
10.3	Localisation des transects dans El Alamo	251
10.4	Localisation des transects dans El Albarranes	252

10.5 Localisation des transects dans El Albarracinejo	253
10.6 Localisation des transects dans El Algamazon	254
10.7 Localisation des transects dans la Bregna de Agua	255
10.8 Localisation des transects dans le Campos de las Encinas y de los Laureles	256
10.9 Localisation des transects dans la Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar . . .	257
10.10 Localisation des transects dans l'Encinalejo	258
10.11 Schéma de la méthode <i>plotless</i>	259
10.12 les différents éléments d'un échantillonnage	261
10.13 Présentation des relevés avec chevauchement (orange) du transect (jaune) et de la grille (rouge)	263
10.14 Matérialisation d'un transect, photo Olivier Leroy.	265
10.15 Moyenne des écarts pour les différentes catégories entre le recouvrement du sol mesuré en continu le long de 11 transects et le recouvrement obtenu à partir d'une mesure ponctuelle (répétition tous les 0,5/1/2/2.5/4/5 et 10 m) le long de ces transects	266
10.16 Nombre de semis par transect dans l'Albarracinejo et l'Albarranes. La ligne pleine représente le nombre moyen de semis, la ligne de tirets le nombre moyen mesuré sur une grille et la ligne de pointillés le nombre moyen par mesure sur un transect	268
10.17 Notre échantillonnage (en bleu) positionné dans la revue de Clark et col. (1999) sur les caractéristiques des échantillonnages sur le recrutement . . .	269
11.1 Boîte à moustaches de la densité arborée des 71 relevés	273
11.2 Densité arborée en fonction du DHP moyen par relevé dans des exploita- tions agricoles privées et terres publiques	275
11.3 Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm . .	278
11.4 Distribution de la densité de <i>Quercus ilex</i> par CD de 5cm et modèle s'ajus- tant à nos données	279
11.5 Distribution des arbres morts par classe de diamètre	281
11.6 Chêne vert mort sur pied dans l'exploitation agricole privée Algamazon, Olivier Leroy, 2011	282
11.7 Pourcentage d'arbres présentant des signes de mauvaise santé en fonction des classes de diamètre	283

11.8	Chêne vert souffrant de problèmes légers, terre publique Encinalejo, Olivier Leroy 2010	284
11.9	Chêne faginé souffrant de problèmes graves, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010	284
11.10	Pourcentage d'arbres avec un tronc creux en fonction des classes de diamètre	285
11.11	Chêne vert avec tronc creux visible, terre publique Albarranes, Olivier Leroy, 2009	286
11.12	Taille incertaine sur un chêne vert, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy	287
11.13	Taille visible, de formation, sur un jeune chêne vert, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010	288
11.14	Exemple de taille, coupe d'une branche charpentière, sur un chêne faginé, terre publique Campo de las Encinas y de los Laureles, Olivier Leroy, 2010	288
11.15	Pourcentage d'arbres non taillés, taillés et présentant des marques incertaines pour les cinq essences les plus présentes	289
11.16	Pourcentage d'arbres taillés par classe de diamètre	290
11.17	Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les transects avec projection de variables supplémentaires (en brun). Les « o » rouges représentent les transects, en jaune les semis (QS), fourrés (QF) et gaules (QG) de <i>Quercus ilex</i> et en vert les taxons.	295
11.18	Analyse en composante principale (ACP) sur les transects après une transformation d'Hellinger sur la matrice de distance . Le cercle correspond au cercle d'équilibre des contributions.	296
11.19	Analyse factorielle des correspondances (AFC) sur les transects avec des ellipsoïdes représentant les exploitations agraires (couleurs froides) ou les terres publiques (couleurs chaudes). Chaque ellipsoïde est centré sur le centre de gravité des transects appartenant à ces entités et ses rayons correspondent aux inerties.	297
11.20	Dendrogramme issue de la CAH (méthode de regroupement UPGMA) sur les fréquences de taxons par transect	298
11.21	Nombres d'arbres mesurés et densité par exploitations agricoles et terres publiques	300

11.22 Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm pour les relevés dans le Campos de las Encinas y de los Laureles	301
11.23 Répartition des trois essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans la Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar	303
11.24 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Encinajejo	304
11.25 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Albarranes	305
11.26 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Albarracinejo	307
11.27 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Algamazon	309
11.28 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans la Bregna de Agua	311
11.29 Répartition des cinq essences principales par classes de diamètre de 5 cm pour les relevés dans l'Alamo	312
11.30 Structure arborée de transect caractéristique des 9 catégories de transect obtenues par la CAH	316
11.31 Dendrogramme issu de la CAH sur les densités arborées par CD et carte de chaleur des densités résultante	317
12.1 Boîte à moustaches de la densité des semis de <i>Quercus ilex</i> dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile	320
12.2 Boîte à moustaches de la densité des fourrés de <i>Quercus ilex</i> dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile	321
12.3 Boîte à moustaches de la densité des gaules de <i>Quercus ilex</i> dans les 71 transects, IQR signifie écart interquartile	321
12.4 Nuée variographique de points (quadrats) dont est tiré le variogramme expérimental (Graphique n° X) des semis de <i>Quercus ilex</i>	324
12.5 Exemple de variogramme présentant le palier et de la portée (le trait rouge indique la variance égale à 12,5)	325
12.6 Variogramme de l'exemple à une dimension	326

12.7 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts sur l'ensemble des transects	329
12.8 Nombre de couples de points (quadrats) en fonction de la distance	330
12.9 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les neuf transects de l'Albarracinejo	331
12.10 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les huit transects de l'Albarranes	333
12.11 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les 23 transects du Campo de las Encinas y de los Laureles	334
12.12 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les huit transects de la Dehesa del Hoyo y Puerto del Pinar	336
12.13 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les quatre transects de l'Encinalejo	337
12.14 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les cinq transects de l'Alamo	339
12.15 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les sept transects de l'Algamazon	340
12.16 Variogrammes expérimentaux des semis de chênes verts pour les sept transects de la Bregna de Agua	341
12.17 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les neuf transects de l'Albarracinejo. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect	345
12.18 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les huit transects de l'Albarranes. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect	345
12.19 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les 23 transects du Campo de las Encinas y de los Laureles. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus et oranges correspondent aux variogrammes obtenus par transect	347

12.20 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour trois des huit transects de la Dehesa del Puerto y Hoyo del Pinar. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect 347

12.21 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les quatre transects de l'Encinalejo. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect. 348

12.22 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les cinq transects de l'Alamo. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect . 349

12.23 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les 7 transects de l'Algamazon. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect . 350

12.24 Variogrammes expérimentaux des semis de chêne vert pour les sept transects de la Bregna de Agua. Le variogramme vert foncé est celui obtenu pour tous les transects, les bleus correspondent aux variogrammes obtenus par transect. 351

Liste des tableaux

1.1	Classification de la superficie arborée des <i>Quercus</i> Ibériques d'après Diaz Ambrona (1998)	15
1.2	Répartition des catégories de dehesa en Andalousie selon Costa Pérez(2006)	20
2.1	Processus relatifs à « l'invasion » d'une trouée et caractéristiques de cette trouée (GRUBB 1977, p. 116)	49
2.2	Hierarchie des trois niveaux de mécanismes guidant les successions d'après Pickett et col. (1986)	52
2.3	Production de glands de chêne vert en fonction de la densité (d'après VÁS-QUEZ et al. 1996)	63
3.1	Répartition des habitats européens dans le PNSG	82
3.2	Définition des ombroclimats présents dans le PNSG	84
4.1	Présentation des sources historiques et de leurs échelles de mesure	104
4.2	Catégories de diamètres et classes d'âges pour le chêne vert d'après Perea García-Calvo et ses collaborateurs (2009)	106
5.1	Inventaires des essences en 1765 sur les 6 communes	110
5.2	« <i>Montes</i> » avec des informations sur la régénération	118
5.3	Répartition des espèces arbustives dans les terres publiques en fonction de l'essence forestière dominante	123
5.4	Présentation des cartes planimétriques utilisées (NR : Non référencé) . . .	128
5.5	Légende des cartes planimétriques	130
5.6	Espèces arbustives indiquées dans les légendes	136
5.7	Variation dans l'occupation des sols à partir des cartes de 1870 et 1950 pour Grazalema et Benaocaz	138

6.1	Documents de gestion produits par le district forestier de Cadix entre 1929 et 1972 dans les limites du PNSG	143
6.2	Correspondance, donnée dans les plans, entre l'indice de relation d'espace-ment et la couverture arborée	145
6.3	Paramètre de correction Mu donné pour les principales essences et leurs classes de diamètres pour le plan du Campo de las Encinas de 1972	146
6.4	Équivalences entre UGB et « Ganado lanar » (UGB source UE)	149
6.5	Évolution des effectifs de troupeau et charge pastorale dans les trois terres publiques. La superficie en parenthèse correspond estimée pâturable.	151
6.6	Densités arborées en fonction de l'époque dans les trois terres publiques . .	155
6.7	Typologie des parcelles de « Lomas y Matagallardo » en 1926 et 1956 . . .	162
7.1	Informations sur la végétation apportée par les auteurs des dossiers d'ac-quisition	181
7.2	Présences de différentes espèces ligneuses et semi-ligneuses dans la strate arbustive des terrains achetés	186
7.3	Mots ou groupes de mots associés à la régénération dans les dossiers d'ac-quisition	187
8.1	Nombre de relevés par IFN dans le PNSG	191
8.2	Répartition des relevés par chef d'équipe et Province pour l'IFN1	197
8.3	Répartition de la présence de <i>Quercus ilex</i> dans les relevés où il n'est pas dominant	215
8.4	Description des différentes catégories de régénération de l'IFN3	225
8.5	Répartition des chênes verts (<i>Quercus ilex</i>) dans les catégories de régéné-ration de l'IFN3	226
8.6	Nombre de précomptants (catégorie 4 IFN3) par Espèces (188 placettes, 1,48 ha)	227
8.7	Répartition des différentes catégories de régénération dans les types de relevés dans l'IFN3	228
8.8	Occurrences des espèces arbustives dans les observations des relevés de l'IFN1 classées par rang	230
10.1	Description des exploitations agricoles et terres domaniaux échantillonnées	249

11.1	Nombre d'arbres échantillonnés par essence sur une surface de 57,41 ha par ordre décroissant. « Non identifiables » correspond à des souches sur pied sans écorce sans identification possible et <i>Quercus</i> sp. correspond à des souches dont l'écorce permet l'identification du genre.	273
11.2	Répartition des cinq essences principales par classe de diamètre de 5 cm . .	277
11.3	répartition des arbres à tronc creux dans les essences relevées	286
12.1	Nombre et densité de semis, fourrés et gaules de <i>Quercus ilex</i> mesurés sur 7929 quadrats de 4m ² répartis sur 71 transects	318
12.2	Synthèse des résultats des variogrammes à différentes distances pour les unités de gestion	343

Bibliographie

- ADEME (2013). *Contribution de l'ADEME à l'élaboration de visions énergétiques 2030-2050*. Synthèse. ADEME. 46 p.
- ALEXANDRE, F. et A. GÉNIN (2012). *Géographie de la végétation terrestre : Modèles hérités, perspectives, concepts et méthodes*. Collection U. Armand Colin. 288 p.
- ALLUÉ ANDRADE, X.L. (2004). « Prologo ». In : MONTOYA OLIVER, J.M. *Selvicultura*. T. 1. Mundi Prensa.
- AMPARO FERRER, R. (2002). « La documentación del Catastro de Ensenada y su empleo en la reconstrucción cartográfica ». In : *CT : Catastro* 46, p. 99–110.
- ANDALUCÍA, Comunidad Autonoma de (2005). *Acuerdo de 18 de octubre de 2005, del Consejo de Gobierno, por el que se promueve el pacto andaluz por la dehesa*.
- (2006). *DECRETO 90/2006, de 18 de abril, por el que se aprueban el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales y el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural Sierra de Grazalema*.
- (2010). *Ley 7/2010, de 14 de julio, para la Dehesa*.
- (2012). *ORDEN de 23 de febrero de 2012, por la que se da publicidad a la relación de montes incluidos en el Catálogo de Montes Públicos de Andalucía*.
- (2016). *Plan Director de las Dehesas de Andalucía "Brouillon"*.
- APARICIO MARTÍNEZ, A et S. SILVESTRE DOMINGO (1987). *Flora del Parque Natural de la Sierra de Grazalema*. Junta de Andalucía. 303 p.
- BARBERO, M. et al. (1990). « Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin ». In : *Vegetatio* 87 (2), p. 151–173.
- BARBEY, A. (1931). « A travers les forêts de Pinsapo d'Andalousie ». In : *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique* 64.1, p. 112–117.
- BAUDRILLART, J.-J. (1825). *Traité général des eaux et forêts, chasses et pêches ... : composé d'un recueil chronologique des réglemens forestiers, d'un dictionnaire des eaux et forêts, et d'un dictionnaire des chasses et pêches ; avec un [...] : . Recueil chronologique des réglemens forestiers*. Paris : Huzard.
- BERTRAND, C. et G. BERTRAND (2002). *Une géographie traversière*. 330 p.

- BERTRAND, G. (1975). « Pour une histoire écologique de la France rurale ». In : DUBY, G. et A. WALLON. *Histoire de la France rurale*. T. 1. Chap. 39–118.
- (1980). « Ecologie et forêt : recherche d'une ouverture sociale ». In : *Revue forestière française*, p. 16–20.
- BLONDEL, J. et J. ARONSON (1999). *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford University Press. 328 p.
- BOND, W.J. et J.J. MIDGLEY (2001). « Ecology of sprouting in woody plants : the persistence niche ». In : *Trends in Ecology and Evolution*. 16^e sér. 1, p. 45–51.
- BOUDRU, M. (1989). *Forêt et sylviculture*. T. 2. *Traitement des forêts*. 356 p.
- BROKAW, N.V.L. (1986). « Treefalls Regrowth and Community Structure in Tropical Forests ». In : PICKETT, S.T. et P.S. WHITE. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, p. 53–70.
- BRONCANO, M.J., M. RIBBA et J. RETANA (1998). « Seed germination and seedling performance of two Mediterranean tree species, holm oak (shape *Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (shape *Pinus halepensis* Mill.) : a multifactor experimental approach ». In : *Plant Ecology* 138 (1), p. 17–26.
- BROSSE, J. (1993). *Mythologie des arbres*. Petite bibliothèque. Payot. 360 p.
- BUFFON, de G.-L. L. (1742). « Mémoire sur la culture des forêt ». In : *Académie royale des sciences*, p. 233–246.
- BUREL, F. et J. BAUDRY (1999). *Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Editions TEC & DOC. 359 p.
- CALLAWAY, R.M. et al. (2002). « Positive interactions among alpine plants increase with stress ». In : *Nature* 417, p. 844–848.
- CAMPOS, P. et al. (2013). *Mediterranean Oak Woodland Working Landscapes : Dehesas of Spain and Ranchlands of California*. Landscape Series 16. Springer Netherlands. 508 p.
- CAÑELLAS, I. et al. (2007). « An approche to acorn production in Iberian dehesas ». In : *Agroforestry Systems* 70, p. 3–9.
- CARCAILLET, C. et al. (1997). « Fire and late-Holocene expansion of *Quercus ilex* and *Pinus pinaster* on Corsica ». In : *Journal of Vegetation Science* 8, p. 85–94.
- CERTEAU, M. de, L. GIARD et P. MAYOL (1990). *L'invention du quotidien : Arts de faire*. Folio. Essais. Gallimard. 349 p.
- CERVERA IBÁÑEZ, J.M. (1964). « Inventario forestal nacional ». In : *Revista de Estudios Agrosociales* 47, p. 45–51.
- CHRISTENSEN, N.L. (1986). « Shrubland Fire Regimes and Their Evolutionary Consequences ». In : PICKETT, S.T. et P.S. WHITE. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, p. 85–100.

- CIERJACKS, A. et I. HENSEN (2004). « Variation of stand structure and regeneration of Mediterranean holm oak along a grazing intensity gradient ». In : *Plant Ecology* 173 (2), p. 215–223.
- CLARK, J.S. et al. (1999). « Interpreting recruitment limitation in forests ». In : *American Journal of Botany* 86, p. 1–16.
- CLEMENTS, F.E. (1916). *Plant succession; an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institution of Washington. 658 p.
- COHEN, M., F. ALEXANDRE et al. (2009). « From a rural Mediterranean land to an abandoned wooded mountain. The case of Grazalema Natural Park (Andalucía, Spain) ». In : *European Landscapes in Transformation : Challenges for Landscape Ecology and Management*. Sous la dir. de Slovak Univ. of Technology & Comenius Univ. Bratislava UNIV. OF SALZBUG, p. 455–461.
- COHEN, M., D. VARGA et al. (2011). « A multi-scale and multi-disciplinary approach to monitor landscape dynamics : A study case in the Catalan pre-Pyrenees (Spain) ». In : *The Geographical Journal* 177 (1), p. 79–91.
- CONNELL, J.H. et R.O. SLATYER (1977). « Mechanisms of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization ». In : *The American Naturalist* 111.982, p. 1119–1144.
- COSTA PÉREZ, J.C. et al. (2006). *Dehesas de Andalucía. Caracterización ambiental*. Sous la dir. de Consejería de MEDIO AMBIENTE. JUNTA DE ANDALUCÍA. 289 p.
- COWLES, H.C. (1911). « The causes of vegetational cycles ». In : *Annals of the Association of American Geographers* 1, p. 3–20.
- DAGNÉLIE, P. (1960). « Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle ». In : *Bulletin du service de la Carte Phytogéographique* 5, p. 7–71.
- DAJOZ, R. (2006). *Précis d'écologie*. 8^e éd. 631 p.
- DALE, M. R. T. (2000). *Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology*. en. Cambridge University Press. ISBN : 978-0-521-79437-4.
- DAWSON, T. et R. FRY (1998). « Agriculture in Nature's image ». In : *Trends in Ecology & Evolution* 13.2, p. 50–51.
- DE LIOCOURT, F. (1898). « De l'aménagement des sapinières ». In : *Bulletin trimestriel Société forestière de Franche Comté et Belfort* 4.6, p. 396–409.
- DIAZ AMBRONA, H (1998). *La dehesa. Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales*. 315 p.
- DROUIN, J.M. (1993). *L'écologie et son histoire : réinventer la nature*. champs. Flammarion. 213 p.

- DUCREY, M. (1992). « Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) de la région méditerranéenne française ». In : *Revue Forestière Française* 44.1, p. 12–34.
- DUHAMEL DU MONCEAU, H.L. (1760). *Traité complet des bois et des forêts : Des semis et plantations des arbres, et de leur culture*. Paris : chez H.L. Guerin et L.F. Delatour.
- DUREAU DE LA MALLE, A. (1825). « Mémoire sur l'Alternance ou sur ce problème : la succession alternative dans la reproduction des espèces végétales vivant en société, est-elle une loi générale de la nature ? » In : *Annales des Sciences Naturelles* 5, p. 353–381.
- EGLER, F.E. (1954). « Vegetation science concepts I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development ». In : *Vegetatio* 4 (6), p. 412–417.
- EICHHORN, M. P. et al. (2006). « Silvoarable Systems in Europe – Past, Present and Future Prospects ». In : *Agroforestry Systems* 67.1, p. 29–50. ISSN : 1572-9680.
- EXTREMADURA, Comunidad Autonoma de (1996a). *Decreto 56/1996, de 23 abril, por el que se establece en la Comunidad Autonoma de Extremadura un regimen de ayudas al programa de medidas horizontales para fomentar el empleo de métodos de producción agraria compatibles con las exigencias de la protección del medio ambiente y la conservación del espacio natural*.
- (1996b). *Decreto 85/1996, de 4 junio, por el que se establece un régimen de ayudas para fomentar la forestación y otras mejoras forestales de tierras agrarias en Extremadura*.
- EXTREMADURA, Comunidad Autónoma de (1986). *Ley 1/1986, de 2 de mayo, sobre la Dehesa en Extremadura*.
- FLATRÈS, P. et X. de PLANHOL (1980). *Quelques paysages arborés et complantés*. T. 9. Sorbonne : Publications du Département de Géographie de l'Université de Paris. 121 p.
- FORMAN, R.T.T. et M. GODRON (1986). *Landscape Ecology*. Wiley. 619 p.
- FORTIN, M.J et M.R.T. DALE (p.d.). Cambridge University Press. 365 p.
- FRONTIER, S. et D. PICHOD-VIALE (1995). *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Masson. 447 p.
- GALLEGO FERNÁNDEZ, J.B., M. ROSARIO GARCÍA MORA et F. GARCÍA NOVO (2004). « Vegetation dynamics of Mediterranean shrublands in former cultural landscape at Grazalema Mountains, South Spain ». In : *Plant Ecology* 172 (1), p. 83–94.
- GLEASON, H.A. (1926). « The Individualistic Concept of the Plant Association ». In : *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 53.1, p. 7–26.
- GLENN-LEWIN, D.C., R.K. PEET et T.T. VEBLEN (1992). *Plant Succession : Theory and prediction*. Springer Science et Business Media. 352 p.
- GÓMEZ CRUZ, M. (1991). *Atlas Histórico-Forestal de Andalucía. Siglo XVIII*. Universidad de Granada, p. 71.

- GÓMEZ MENDOZA, J. et N. ORTEGA CANTERO (1992). « Interplay of State and Local Concern in the Management of Natural Resources : Hydraulics and Forestry in Spain (1855–1936) ». In : *GeoJournal* 26 (2), p. 173–179.
- GÓMEZ, J.M., C. PUERTA-PIÑERO et E.W SCHUPP (2008). « Effectiveness of rodents as local seed dispersers of Holm oaks ». In : *Oecologia* 155 (3), p. 529–537.
- GÓMEZ-APARICIO, L. et al. (2004). « Applying plant facilitation to forest restoration : a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants ». In : *Ecological Applications* 14 (4), p. 1128–1138.
- GÓMEZ-LIMÓN, J. et J. VICENTE DE LUCÍO FERNÁNDEZ (1999). « Changes in use and landscape preferences on the agricultural-livestock landscapes of the central Iberian Peninsula (Madrid, Spain) ». In : *Landscape and Urban Planning* 44, p. 165–175.
- GOODALL, D.W. (1954). « Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis ». In : *Australian Journal of Botany* 1, p. 39–63.
- GROVE, A.T. et O. RACKHAM (2003). *The Nature of Mediterranean Europe : An Ecological History*. Yale University Press. 384 p.
- GRUBB, P.J. (1977). « The Maintenance of Species-Richness in Plant Communities : The Importance of the Regeneration Niche ». In : *Biological Reviews* 52 (1), p. 107–145.
- GUITTON, J.L. (1994). « L'agroforesterie ». In : *Revue Forestière Française*, p. 11–16.
- GUNNELL, Y. (2009). *Écologie et société : Repères pour comprendre les questions d'environnement*. Sciences humaines et sociales. Armand Colin. 432 p.
- GUZMÁN ALVAREZ, J.R. (2016). « The image of a tamed landscape : dehesa through History in Spain ». In : *Culture & History Digital Journal* 5.1.
- HARDIN, Garrett (1968). « The Tragedy of the Commons ». In : *Science* 162 (3859), p. 1243–1248.
- HARTIG, G.L. (1791). *Anweisung zur Holzzucht für Förster*. Neue akademische Buchhandlung. 235 p.
- (1805). *Instruction sur la culture du bois, à l'usage des forestiers*. 2^e éd.
- HUMBERT, A. (1980). *Le "Monte" dans les chaînes subbétiques centrales (Espagne du Sud)*. Sous la dir. d'Université de PARIS-SORBONNE.
- HUSSON, R. (1970). *Glossaire de biologie animale*. 2^e éd. Gauthier-Villars. 300 p.
- INCONNU, Auteur (1878). *Instrucciones para los trabajos topográficos*. Sous la dir. d'Estab. tip. de R. LABAJOS. 320 p.
- JOFFRE, R., S. RAMBAL et J.P. RATTE (1999). « The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic ». In : *Agroforestry Systems* 45, p. 57–79.

- JOFFRE, R., J. VACHER et al. (1988). « The dehesa : an agrosilvopastoral system of the Mediterranean region with special reference to the Sierra Morena area of Spain ». In : *Agroforestry Systems* 6, p. 71–96.
- JOSE, S., A.R. GILLESPIE et S.G. PALLARDY (2004). « Interspecific interactions in temperate agroforestry ». In : *Agroforestry Systems* 61, p. 237–255.
- LARRÈRE, G. (1985). *L'harmonie hydrovégétale et météorologique ou l'utopie forestière de F. A. Rauch*. Ouvrage. INRA. URL : <http://prodinra.inra.fr/record/1942>.
- LARRÈRE, R. et O. NOUGARÈDE (1993). *Des hommes et des forêts*. Découvertes Gallimard. Gallimard. 128 p.
- LARRÈRE, R. et O. NOUGARÈDE (1990). « La forêt dans l'histoire des systèmes agraires de la dissociation à la réinsertion ? » In : *Cahiers d'économie et sociologie rurales* 15–16, p. 12–38.
- LARSEN, D.R. et P.S. JOHNSON (1998). « Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture ». In : *Forest Ecology and Management* 106 (1), p. 1–7.
- LEGENDRE, P. et M.J. FORTIN (1989). « Spatial pattern and ecological analysis ». In : *Vegetatio* 80 (2), p. 107–138.
- LEGENDRE, P. et Legendre L. (2012). *Numerical Ecology*. 990 p.
- LEIVA, M.J. et R. FERNÁNDEZ-ALÉS (2003). « Post-dispersive losses of acorns from Mediterranean savannah-like forests and shrublands ». In : *Forest Ecology and Management* 176, p. 256–271.
- LEVIS, C. et al. (2017). « Persistent effects of pre-Columbian plant domestication on Amazonian forest composition ». In : *Science* 355.6328, p. 925–931. ISSN : 0036-8075. DOI : 10.1126/science.aal0157. eprint : <http://science.sciencemag.org/content/355/6328/925.full.pdf>. URL : <http://science.sciencemag.org/content/355/6328/925>.
- LI, J. et F.J. ROMANE (1997). « Effects of Germination Inhibition on the Dynamics of Quercus Ilex Stands ». In : *Journal of Vegetation Science* 8.2, p. 287–294.
- MADRIGAL COLLAZO, A. (1994). *Ordenacion de Montes Arbolados*. Técnica Series. Organismo Autonomo Parques Nacionales. 376 p.
- MÀRQUEZ, C. (2015). « Les oliveraies de montagne de la Sierra de Cadix (Andalousie occidentale, Espagne) : évolution récente (1956-2001) et enjeux de conservation d'un paysage agricole méditerranéen traditionnel ». Thèse de doctorat de Géographie et Environnement. Paris : Université Paris Diderot-Paris 7. 551 p.
- MATHERON, G. (1978). *Estimer et choisir : essai sur la pratique des probabilités*, p. 175.
- MÉTAILLIÉ, G. et A. DA LAGE (2000). *Dictionnaire de biogéographie végétale*. CNRS Editions. 579 p.

- MÉTAILLIÉ, J.-P. (2006). « La « dégradation des montagnes » au XIXe siècle dans les Pyrénées ». In : *Temps et espaces des crises de l'environnement*. Editions Quæ. Chap. 12, p. 191–210.
- METRO, A. (1976). *Dictionnaire Forestier Multilingue*. French & European Publications, Incorporated. ISBN : 9780828856515.
- MEYER, H.A. (1953). *Forest Mensuration*. Penns Valley Publishers. 357 p.
- MICHON, G. (2015). *Agriculteurs à l'ombre des forêts du monde*. 252 p.
- MONTOYA OLIVER, J.M. (1989). *Encinas y encinares*. Sous la dir. de MUNDI-PRENSA. 135 p.
- (1996). *La poda de los árboles forestales*. Mundi-Prensa Libros. 71 p.
- NAIR, P.K.R. (1993). *An Introduction to Agroforestry*. Sous la dir. de Kluwer Academic PUBLISHERS. Sous la dir. d'International Centre for RESEARCH IN AGROFORESTRY. 499 p.
- NÉGAWATT, Association (2017). *Scénario négaWatt 2017-2050*. Dossier de synthèse. Association négaWatt. 48 p.
- PANAÏOTIS, C., R. LOISEL et G. PARADIS (1995). « Dating natural gaps in the holm oak forest (*Quercus ilex* L.) in Fango MAB Reserve (Corsica) by reading rings of maquis components ». In : *Annales des sciences forestières* 52 (5), p. 477–487.
- PARDÉ, J. (1996). « Il y a 200 ans : l'instruction sur la culture des bois ». In : *Revue Forestière Française* 48.3, p. 285–287. ISSN : 0035-2829.
- PARDO, F. et L. GIL (2005). « The impact of traditional land use on woodlands : a case study in the Spanish Central System ». In : *Journal of Historical Geography* 31, p. 390–408.
- PARDO, F.M.V. (1998). *Semillas del género Quercus L. : (biología, ecología y manejo) ; (de especial interés para la Península Ibérica)*. Colección monografías. Junta de Extremadura, Consejería de Agricultura y Comercio, Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. ISBN : 9788481070286.
- PARSONS, J.T. (1962). « The Acorn-Hog Economy of the Oak Woodlands of Southwestern Spain ». In : *Geographical Review* 52.2, p. 211–235.
- PEREA GARCÍA-CALVO, R., S. M. 2 REGNERI et L. A. GIL SÁNCHEZ (2009). « Interpretación de la Historiaselvícola de una dehesa mixta a partir de la georreferenciación y estimación de la edad ». In : *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 30, p. 331–336.
- PICKETT, S.T. et P.S. WHITE (1986). *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. 472 p.
- PICKETT, S.T.A., S.L. COLLINS et J.J. ARMESTO (1987). « Models, Mechanisms and Pathways of Sucesion ». In : *Botanical Review* 53.3, p. 335–371.

- PINTO-CORREIA, T. (2000). « Future development in Portuguese rural areas : how to manage agricultural support for landscape conservation ? » In : *Landscape and Urban Planning*, p. 95–106.
- PLIENINGER, T. (2007). « Compatibility of livestock grazing with stand regeneration in Mediterranean holm oak parklands ». In : *Journal for Nature Conservation* 15, p. 1–9.
- PLIENINGER, T., Pulido F.J. et H. SCHAICH (2004). « Effects of land-use and landscape structure on holm oak recruitment and regeneration at farm level in *Quercus ilex* L. dehesas ». In : *Journal of Arid Environments* 57 (3), p. 345–364.
- PLIENINGER, T., J. MODOLELL Y MAINOU et W. KONOLD (2004). « Land manager attitudes toward management, regeneration, and conservation of Spanish holm oak savannas (dehesas) ». In : *Landscape and Urban Planning* 66 (3), p. 185–198.
- PLIENINGER, T., F.J. PULIDO et W. KONOLD (2003). « Effects of land-use history on size structure of holm oak stands in Spanish dehesas : implications for conservation and restoration ». In : *Environmental Conservation* 30.1, p. 61–70.
- PLIENINGER, T. et C. WILBRAND (2001). « Land use, biodiversity conservation and rural development in the dehesas of Cuatro Lugares, Spain ». In : *Agroforestry Systems* 51 (1), p. 22–34.
- PONS, J. et J.G. PAUSAS (2006). « Oak regeneration in heterogeneous landscapes : the case of fragmented *Quercus suber* forests in the eastern Iberian Peninsula ». In : *Forest Ecology and Management* 231, p. 196–204.
- PRIOTON, J. (1964). « Plaidoyer pour le sapin d'Espagne ». In : *Revue forestière française* 2, p. 99–114.
- PULIDO, F, M. DÍAZ et S.J. HIDALGO DE TRUCIOS (2001). « Size structure and regeneration of Spanish holm oak *Quercus ilex* forests and dehesas : Effects of agroforestry use on their long-term sustainability ». In : *Forest Ecology and Management* 146, p. 1–13.
- PULIDO, F.J. et M DÍAZ (2005). « Regeneration of a Mediterranean oak : A whole-cycle approach ». In : *Ecoscience* 12 (1), p. 92–102.
- PULIDO, F.J., P.C. PALACÍN et G.M. GONZÁLEZ (2003). *La gestión forestal de las dehesas .[historia, ecología, silvicultura y economía]*. Instituto del Corcho, la Madera y el Carbón. ISBN : 9788460770336.
- QUÉZEL, P. et F. MÉDAIL (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Forest conservation. Elsevier. 571 p.
- RAMÍREZ, J.A. et M. DÍAZ (2008). « The role of temporal shrub encroachment for the maintenance of Spanish holm oak *Quercus ilex* dehesas ». In : *Forest Ecology and Management* 255 (5-6), p. 1976–1983.
- RAUCH, F.A. (1818). *Régénération de la nature végétale [...]* de l'Imprimerie de P.Didot l'Ainé. 502 p.

- REBOLLO, P.F. et C.F.P TEJEIRO (1998). *La Dehesa : algunos aspectos para la regeneración del arbolado*. Informaciones técnicas 58-98. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Dirección General de Información y Gestión de Ayudas. 42 p.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987). *Memoria del Mapa de Series de Vegetación*. Serie Técnica. 1 :400000. I.C.O.N.A. 268 p.
- RODÀ, F. et al. (1999). *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. T. 137. Ecological Studies. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 377 p.
- ROUSSET, O et Lepart J. (2000). « Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (*Quercus humilis*) ». In : *Journal of Ecology* 88 (3), p. 401–412.
- RUIZ, Jabier et Beaufoy GUY (2015). *Informe sobre la elegibilidad para pagos directos de la PAC de los pastos leñosos españoles*. Etude. Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. 225 p.
- RUNKLE, J.R. (1986). « 1986 ». In : PICKETT, S.T. et P.S. WHITE. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, p. 17–33.
- SANO, J. (1997). « Age and size distribution in a long-term forest dynamics ». In : *Forest Ecology and Management* 92, p. 39–44.
- SANTIAGO BUJALANCE, J. (2004). *Historia de la Agricultura Andaluza Siglos : XVIII-XXI. "Una ansiada reforma agraria siempre frustrada"*. Sous la dir. de Consejería de AGRICULTURA Y PESCA. 580 p.
- SCHRÖDER, C. (2011). « Land use dynamics in the dehesas in the Sierra Morena (Spain) : The role of Diverse management strategies to cope with the drivers of change ». In : *European Countryside* 2, p. 93–110.
- SHARP, W.M. (1958). *Evaluating Mast Yields in the Oaks*. Pennsylvania State University. Agricultural Experiment Station Bulletin 635. Pennsylvania State University. 22 p.
- SÍGLER SILVERA, F. et Juan Carrasco SOTO (2002). *Frontera, repoblación señorial y patrimonio mancomunado en Andalucía. Las Siete Villas de la Serranía de Villaluenga, 1502-2002*. Sous la dir. d'Editorial Tréveris – Fundación de las SIETE VILLAS. 178 p.
- STEVENSON, A.C. et R.J. HARRISON (1992). « Ancient Forests in Spain : A Model for Land-use and Dry Forest Management in South-west Spain from 4000 BC to 1900 AD ». In : *Proceedings of the Prehistoric Society* 58, p. 227–247.
- STEVENSON, A.C. et P.D. MOORE (1988). « Studies in the vegetational history of S.W. Spain. IV. Palynological investigations of a valley mire at El Acerbon, Huelva ». In : *Journal of Biogeography* 15, p. 339–361.
- TÁRREGA, R. et al. (2006). « Forest structure and understory diversity in *Quercus pyrenaica* communities with different human uses and disturbances ». In : *Forest Ecology and Management* 227 (1-2), p. 50–58.

- TERRASSON, F. (2007). *La Peur de la nature*. Sous la dir. de Sang de la TERRE. 3^e éd. 270 p.
- TIVER, F. et M.H. ANDREW (1997). « Relative Effects of Herbivory by Sheep, Rabbits, Goats and Kangaroos on Recruitment and Regeneration of Shrubs and Trees in Eastern South Australia ». In : *Journal of Applied Ecology* 34.4, p. 903–914.
- TRICART, J. (1979). « L'analyse de système et l'étude intégrée du milieu naturel ». In : *Annales de Géographie* 88.490, p. 705–714.
- VALLE TENDERO, F. (2004). *Datos botánicos aplicados a la gestión del medio natural andaluz I Bioclimatología y biogeografía*. Manuales de restauración forestal 5. Consejería de Medio Ambiente. 353 p.
- VAN DER MAAREL, E. (1993). « Some Remarks on Disturbance and Its Relations to Diversity and Stability ». In : *Journal of Vegetation Science* 4.6, p. 733–736.
- VÁSQUEZ, F.M. et al. (1996). « Estructura de una masa mixta de Frondosas (*Quercus Rotundifolia* Lam y *Q. suber* L.) I densidad de arbolado ». In : *Cuadernos de la S.E.C.F.* P. 69–79.
- VEBLEN, T.T. (1986). « Stand Dynamics in Chilean *Nothofagus* Forests ». In : PICKETT, S.T. et P.S. WHITE. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, p. 35–51.
- VINCENTE MARTÍN, Angel. et R. FERNÁNDEZ ALÉS (2006). « Long term persistence of dehesas. Evidences from history ». In : *Agroforestry Systems* 67, p. 19–28.
- VIVIER, N. (19976). *Propriété collective et identité communale : Les Biens Communaux en France 1750-1914*. Sous la dir. de Publications de la SORBONNE. 352 p.
- WATT, A.S. (1947). « Pattern and Process in the Plant Community ». In : *Journal of Ecology* 35.1/2, p. 1–22.
- WHITMORE, T.C. (1974). *Change with time and the role of cyclones in tropical rain forest on Kolombangara, Solomon Islands*. 46. Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 78 p.
- WORSTER, D. (1994). *Nature's Economy : A History of Ecological Ideas*. Cambridge University Press. 505 p.