

Etude de la dynamique forestière de l'île de Port-Cros (Parc national de Port-Cros, Var, S-E France) de 1968 à 2004

**André LAVAGNE¹, Nathalie BIGEARD², Fanny DELAYE³,
Véronique MASOTTI⁴**

¹ *Professeur honoraire à l'Université de Provence, Centre Saint-Charles, case 17, 3 Place V. Hugo, 13331 Marseille cedex 3.*

² *Ingénieur écologue - Master Pro Sciences de l'Environnement Terrestre, Université Paul Cézanne, Marseille.*

³ *Ingénieur-Maître en Génie de l'Environnement, IUP ENTES, Université de Provence, Marseille.*

⁴ *Maître de Conférences - ER Biodiversité et Environnement, DyReVe, Université de Provence, Centre Saint-Charles, case 17, 3 place V. Hugo, 13331 Marseille cedex 3. Courriel : vmasotti@up.univ-mrs.fr*

Résumé. Cet article traite de la dynamique de la forêt de l'île de Port-Cros étudiée sur un laps de temps relativement long (35 années) depuis la création du Parc national en 1963 jusqu'à aujourd'hui. Ce travail a été réalisé de deux façons, d'abord par analyse synchronique, levés en 2002, 2003 et 2004 de la nouvelle carte phytosociologique au 1/5000^{ème} pour la comparer à celle levée à la même échelle en 1967-69, ensuite analyse diachronique de 1979 à 2004 de trois placettes fixes destinées à mesurer la biomasse et la "productivité" dans les deux phytocénoses principales de l'île, la forêt de chêne vert (*Quercus ilex*) et le maquis élevé à *Arbutus unedo* et *Erica arborea*. Les résultats des deux méthodes corroborent et nous ont permis de mettre en évidence une dynamique progressive rapide de la forêt de chêne vert (*Quercetum ilicis*) au détriment du maquis élevé. Les développements qui suivent montrent que cette dynamique n'est pas linéaire, mais se fait par à-coups, par crises, suivis de périodes de lente récupération.

Resúmen. Desde 2002, la Dirección del Parque de Port-Cros se ha propuesto hacer el balance de la situación del bosque del Parque National y de su evolución 35 años después de los primeros inventarios. Este trabajo ha sido realizado siguiendo dos métodos : el primero, parte de un análisis sincrónico establecido durante los años 2002, 2003 y 2004 y se apoya sobre los datos del nuevo mapa fitosociológico de escala 1/5000 que comparamos con los datos observados en los años 1967-69, el segundo método analítico descansa sobre la observación diacrónica de tres terrenos cercados que establecimos durante los años 1979 a 2004. Terrenos que permitieron medir la biomasa y la "productividad" de las dos principales fitocenosis de la isla, del bosque de encina (*Quercus ilex*) y del alto matorral de *Arbutus unedo* y *Erica arborea*. Los resultados de los dos métodos han permitido corroborar y poner en evidencia una rápida aunque progresiva dinámica del bosque de encina (*Quercetum ilicis*) en detrimento del alto matorral. Las observaciones siguientes desarrollan este aspecto y demuestran que aquella dinámica lejos de ser lineal, se produce por intermitencias, por crisis, seguidas de un lento período de recuperación.

Abstract. This paper deals with the evolution of Port-Cros Island forest in order to point out its evolution 35 years after the first investigations. This work has been lead using two methods: first, a synchronic analysis by mapping the vegetation (during spring 2002, 2003 and 2004), at 1/5000, and by comparing this phytosociology map with the one done in 1967-69 at the same scale. Then, a diachronic study of three spots, from 1979 to 2004, has allowed us to point out the evolution of biomass and "productivity" of two main phytocenoses: green oak forest (*Quercus ilex*) and high matorral with *Arbutus unedo* and *Erica arborea*. The results given by both methods are consistent and show a positive dynamics of green oak forest to the detriment of matorral. This evolution is not linear, but works in fits and starts, with "crises" of high productivity and periods of slow recovery.

INTRODUCTION

Depuis 2002, la Direction du Parc national de Port-Cros a entrepris de dresser un bilan de la forêt du Parc national, de son état actuel et de son évolution 35 ans après les premiers inventaires. Il est connu de longue date que, par rapport au proche continent, la végétation forestière de l'île de Port-Cros présente certaines originalités : la chênaie verte thermo-méditerranéenne prédomine avec des espèces sclérophylles comme *Quercus ilex*, *Arbutus unedo* et *Pinus halepensis* tandis que les ligneux caducifoliés (*Quercus pubescens*) et *Quercus suber* sont rares par rapport au massif des Maures (Jahandiez, 1929 ; Molinier, 1937, 1952, 1973). De plus, comme beaucoup de systèmes insulaires, Port-Cros compte des espèces envahissantes qui peuvent affecter à la fois

la flore indigène (Muller, 2004), la faune endémique mais aussi les habitats de l'île. Près de 80 espèces introduites ont été identifiées, parmi lesquelles certaines affectent et menacent l'écosystème insulaire (D'Onofrio *et al.*, 2003).

Toutefois, après des siècles de pression anthropique, le régime majeur de non perturbation de ce système insulaire a conduit à une modification du couvert végétal, qu'il convient de mieux évaluer et quantifier. Les objectifs de cette étude consistent donc à comparer les cartes phytosociologiques de l'île de Port-Cros levées en 1967-1969 et en 2002-2004, ainsi que les placettes permanentes suivies en 1979, 1981, 1982, 1986 et 2004, afin de mieux orienter les opérations de gestion et de resituer la dynamique forestière de Port-Cros notamment par rapport à la persistance d'espèces végétales ou animales rares menacées par la fermeture du couvert végétal.

La carte phytosociologique de l'île de Port-Cros, levée de 1967 à 1969 (carte au 1/5000^{ème} ; Lavagne, 1972), a nécessité de nouveaux travaux de cartographie, qui se sont déroulés comme en 1967-1969 sous la direction de A. Lavagne, avec la collaboration de F. Delaye et V. Masotti en 2003, et de N. Bigeard en 2004, co-auteurs du présent travail.

Parallèlement à cette étude de cartographie de la végétation, nous avons réalisé un autre type d'étude, diachronique, consistant au réexamen de trois placettes installées en 1979 et destinées à mesurer les biomasses et "productivités" de deux phytocénoses principales de l'île, la yeuseraie et le maquis élevé. Depuis 1986, ces placettes n'avaient plus été étudiées, mais nous avons pu retrouver les marquages et reprendre les mesures correspondant aux 18 dernières années. En effet, le suivi à long ou moyen terme de placettes permanentes de végétation constitue une approche indispensable pour analyser objectivement les évolutions de structure et l'architecture des communautés végétales. Bien souvent par le passé, l'évolution progressive vers la yeuseraie climacique (*Quercetum ilicis gallo provinciale* dans le Sud de la France) avait été mise en avant, mais il s'agissait presque toujours de suppositions rarement corroborées par des données précises. Les études diachroniques relatives à la dynamique des forêts méditerranéennes restent encore peu fréquentes, mais le présent travail est un des premiers avec celui de Quézel et Médail (2003) à s'appuyer sur des observations précises à travers le temps.

Evidemment nous avons eu la chance de réaliser cette étude dans une zone de régime majeur de non perturbation, en milieu insulaire, 25 ans plus tard pour le suivi des placettes permanentes et 36 ans plus tard pour la cartographie. Les résultats sont là, probants ; ils permettent de mettre en évidence et de mesurer la cinétique évolutive de la sylvie port-crosienne.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Etude cartographique phytosociologique ***Méthodes cartographiques***

En 2002-2004, le fond de carte utilisé est le même qu'en 1967, soit un document au 1/5000^{ème} issu de l'agrandissement du document IGN au 1/20000^{ème} avec ajustement du trait de côte. Le Parc possède d'autres documents auxquels nous avons eu recours : (i) une carte au 1/8000^{ème} qui précise les points hauts, reprend les courbes hypsométriques en les plaçant notamment sur les falaises côtières et précise le tracé de certains chemins ; (ii) la carte de 1967 numérisée sous SIG (Système d'Information Géographique), qui présente un calage des limites des associations imparfait, du fait d'un trait de côte moins précis en 1967 et quelques erreurs qu'il a fallu rectifier ; (iii) la photographie aériennes de l'île (campagne IGN de 1995) et l'infrarouge fausse couleur (IFC), tous deux sous format informatique.

Sur le terrain nous avons donc travaillé à la fois avec l'ancien 1/5000^{ème}, qui présente l'avantage d'offrir en fond les contours des unités de végétation définies en 1969 et permet donc une comparaison immédiate de l'évolution végétale depuis cette date, et la carte numérisée de 1967 qui possède un trait de côte plus précis et des points de repères pointés au GPS : points côtés, carrefours, bâtiments, rochers, etc. Les levés ont été effectués au ruban de 50 m à partir de ces quelques points fixes. En dehors du réseau de sentiers existants, la pénétration de la sylve port-crosienne s'est avérée très difficile, notamment pour certains transects (St-Joseph, chemin des Crêtes, Sardinière-Saru, Marma, Galère, etc.). Le recours à la photographie aérienne de 1995 et à l'infrarouge fausse couleur a donc été systématique afin de distinguer au mieux la yeuseraie, le maquis et l'oléolentisque presque toujours masqués par la couverture de pin d'Alep.

L'utilisation du logiciel de SIG MapInfo 6.0 nous a permis, entre autres, de numériser les données de terrain, de calculer les surfaces de recouvrement de chaque association et surtout d'affiner la carte grâce à plusieurs rasters (fonds de carte) : IGN de 1995, IFC et les données du Parc (sentiers et pistes 2004, bâti, positionnement des citernes, des puits, localisation des espèces protégées, etc.).

Référentiel taxonomique

Les taxons utilisés sont ceux de la base de donnée de la flore de France (BDNFF), version 01aa du 10/02/2005, présente sur le site Internet du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN, Site internet). Ces données, revues par B. Bock et R. Baudouin, ont pour origine l'Index Synonymique de la Flore de France de Kerguelen (1993).

Les unités phytosociologiques retenues sont celles de Braun-Blanquet (1952) et Lavagne (1972).

Légende

Nous avons gardé pour une meilleure comparaison la légende de 1969, avec quelques ajustements. Par exemple, la surcharge « m » indique des phytocénoses morphosées sur la côte, la chênaie initiale « post-incendie » est distinguée de la normale, le maquis et l'oléolentisque interne infiltrés de chênes verts sont distingués de ceux non infiltrés, etc. Ces modifications minimales ne nuisent pas à l'examen comparatif et affinent l'étude de la dynamique de la végétation. Pour le reste, les unités de végétation définies en 1972 ont été réutilisées. Les stades évolutifs retenus pour la cartographie de la yeuseraie acidophile sont les suivants :

- **la yeuseraie climacique** : c'est la forêt la plus évoluée à *Quercus ilex* dominant sur sol de ranker (pente) ou sur sol brun lessivé (bas fond) avec la flore caractérisée du *Quercetum ilicis melicetosum* (Lavagne, 1972).

- **la yeuseraie initiale proclimacique** : cette yeuseraie, plus jeune, à *Quercus ilex* dominant, a un sol non encore totalement différencié ; elle est sans flore climacique ou avec seulement quelques éléments (souvent *Arisarum vulgare*). Son sous-bois est souvent encombré d'entrelacs d'Ericaceae mortes ou moribondes.

- **la yeuseraie maquis-mixte** : elle admet encore environ 50 % d'Ericaceae vivantes mais *Quercus ilex* domine le couvert.

- **le maquis** : parfois déjà infiltré de chêne vert, il se caractérise par la dominance des Ericaceae, *Arbutus unedo* et *Erica arborea*.

- **les pins d'Alep** : souvent présents, ils ne forment pas une unité de végétation spéciale mais s'intègrent aux différents stades de la yeuseraie, aux maquis, aux cistaies, à l'oléolentisque et aux autres formations.

Ce classement, critiquable dans l'absolu, a été conservé du fait de sa simplicité et afin de comparer les deux cartographies successives (1967-1969 et 2002-2004). Les autres groupements (cistaies, pelouses à hélianthèmes, etc.) n'ont pas fait l'objet de toute notre attention, car ils n'occupaient en 1967-1969 que des surfaces réduites (moins de 1 %), et n'entrent pas réellement en jeu dans la dynamique forestière telle qu'elle s'exprime aujourd'hui à Port-Cros.

Comparaison des documents cartographiques

Le nouveau document levé au 1/5000^{ème} en 2002-2004 (Fig. 1) peut être facilement comparé par superposition à l'ancienne carte phytosociologique levée à la même échelle en 1967-1969 (Fig. 2). Les cartes originales en couleur (1969 et 2004) peuvent être consultées au Parc

national ; dans ce travail ne sont publiées que des réductions en format A3 (plages hors texte).

L'analyse des résultats cartographiques se fera par types de végétation sachant que la partie sud-occidentale de l'île a été levée en 2003 (AL, FD et VM), la partie nord-orientale et le linéaire côtier ont été levés en 2004 (AL et NB), avec comme limite la route des forts.

L'évaluation précise des surfaces de la totalité de l'île a été réalisée grâce au logiciel MapInfo 6.0 (Boite de dialogue : Objet Polygone Surface totale ; méthode de calcul : sphérique ; unités de surface : km²). Pour l'évaluation des variations de surfaces des parties SW et NE, nous avons procédé plus traditionnellement, par découpage (des cartes au 1/5000^{ème}) et pesée à la balance de précision, ou par mesure directe des aires au papier millimétré. Les deux méthodes donnent des résultats concordants.

Etude diachronique des placettes permanentes

En 1979, deux types de placettes permanentes d'observation avaient été mises en place sur l'île, celles destinées à mesurer la biomasse végétale de la phytocénose à l'instant *t* et celles destinées à mesurer en plus la "productivité", avec un passage réitéré d'année en année, dans lesquelles les troncs ont été balisés. Seules ces dernières placettes de 200 m² (20 m x 10 m), au nombre de trois (Tabl. I ; Fig. 3), ont été retrouvées et réétudiées grâce au marquage qui a supporté 17 ans d'abandon.

Tableau I. Localisation et caractéristiques des placettes permanentes P3, P5 et P6

| | Palud/Vallon noir (P3) | Sardinière (P5) | Solitude (P6) |
|--------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Coordonnées GPS | N 43 00 576 E 006 23 597 | N 43 00 201 E 006 24 154 | N 43 00 308 E 006 23 116 |
| Localisation | A gauche du portail de la propriété de La Palud | 150 m avant la ruine (au carrefour) en venant du col des 4 chemins | En face des ruines de l'ancienne usine à pipes |
| Orientation | WNW | W | SSW |
| Altitude | 10 m | 95 m | 10 m |
| Pente | 25 à 30° | 10 à 15° | 5 à 10° |
| Type de végétation | Yeuseraie initiale | Yeuseraie maquis mixte en 2004, Maquis élevé à <i>E. arborea</i> et <i>A. unedo</i> en 1979 | Yeuseraie climacique |

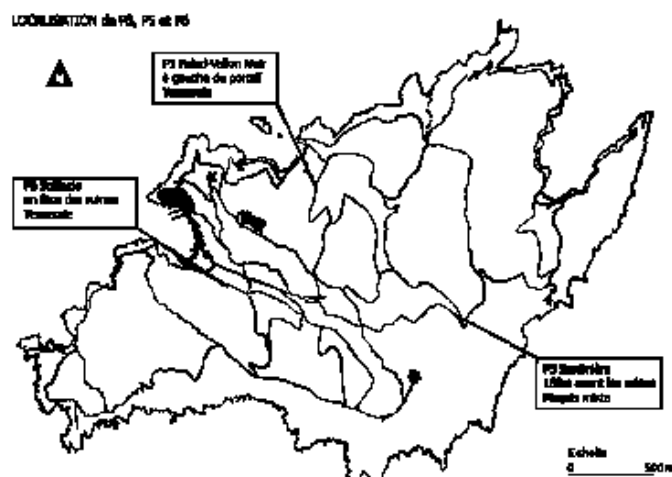


Figure 3. Localisation des placettes permanentes pour la mesure de la biomasse et de la "productivité" (Source : PNPC/N. Bigeard)

Notre travail a consisté à reprendre le protocole de 1979 (Lavagne, 1988) et à étudier à l'intérieur des placettes la variation de la composition des peuplements, la nouvelle répartition des essences, ainsi que les nouvelles biomasses et "productivités" des sujets restés en place et de ceux nouvellement implantés.

Dans les placettes permanentes, tous les troncs de circonférence supérieure à 90 mm ont été repérés et numérotés à la peinture rouge indélébile. L'observateur situe l'emplacement de la mesure à 1,30 m du sol pour *Quercus ilex* et *Pinus halepensis* et 0,40 m du sol pour *Arbutus unedo* et *Erica arborea*. A partir des mesures de circonférence, on calcule les biomasses correspondantes des sujets mesurés en utilisant des abaques de référence pré-établis (p = biomasse exprimée en kg de poids sec ; e = fonction exponentielle ; c = circonférence en cm):

$$Pinus halepensis : \log p = 1,62575 + 2,0344 \log c \text{ (Rapp, 1974)}$$

$$Quercus ilex : p = 37,366 c^2 - 1972,15 \text{ (Vieuville, 1985)}$$

$$Arbutus unedo : p = e^{-5,73} \times c^{2,63} \text{ (Lavagne, 1985)}$$

$$Erica arborea : p = e^{-5,69} \times c^{2,56} \text{ (Lavagne, 1985)}$$

Même si à peu près tous les arbres ont pu être à nouveau repérés, quelques précautions ont dû être prises avant de faire des comparaisons entre les mesures de 1979 à 1986 et celles de 2004. Ont été distingués et pris en compte : (i) Les individus morts (ou disparus), soit morts sur pied mais encore visibles et passés à la nécromasse (dead trees), en incluant les branches mortes sur pied vivant (attached dead) selon Kestemont (1971), soit morts au sol (nécromasse au sol) à troncs reconnaissables ou non (leaf litter - non leaf litter - timber litter) (Hervé, 1977 ; Lavagne et Delcourt, 1985). (ii) Les individus pérennes, présents à la fois en 1979 et en 2004 ; ils sont classés selon le taux d'accroisse-

ment des individus : sujets actifs (+ : >2 mm/an), inhibés (- : <2 mm/an) ou moribonds (0 : 0 mm/an). Ce classement est critiquable dans la mesure où nous ne tenons pas compte de la valeur absolue de la circonférence de référence, mais il reste toutefois pratique pour une comparaison diachronique des accroissements (Rebaudo, 1977). -les sujets nouveaux, apparus depuis la dernière mesure de 1986 et ayant atteint 90 mm de circonférence.

En 2004, la réactualisation des trois placettes permanentes a concerné la délimitation des placettes, le repérage des essences sur un plan, le marquage et la numérotation des arbres. La numérotation des sujets de 1979-1986 a été abandonnée, du fait de nombreux hiatus causés par les sujets morts et de sa faible lisibilité, pour une nouvelle numérotation plus pratique pour les mesures ultérieures. Seule nouveauté, les cépées et les fourches sont distinguées par une lettre qui accompagne le numéro de l'arbre. Nous avons également donné les correspondances avec les mesures antérieures retrouvées grâce aux traces restantes sur les troncs et/ou aux plans micrographiques de 1979 (Bigéard, 2004).

Il est important de noter que ce que nous nommons dans ce travail "productivité" ne correspond pas à la productivité primaire nette, mais à l'accroissement des parties pérennes épicées. Cette "productivité" ne tient pas compte de la productivité sous forme de feuilles ni de racines. Par ailleurs, elle est plus ou moins fortement sous-estimée (en fonction de l'écart de temps entre deux mesures), dans la mesure où un organe pérenne mort entre deux mesures n'est pas pris en compte.

Critiques à la méthodologie employée

Le travail de cartographie a été réalisé par des personnes différentes mais il n'en reste pas moins homogène. La réalisation de la carte sous SIG a quant à elle été réalisée en 2005 par une seule personne (NB) et il est donc possible que quelques erreurs d'interprétation aient été commises. Toutefois la vérification sur le terrain a été systématique pour avoir les mêmes points de comparaison sur l'ensemble de l'île et afin d'harmoniser les jointures entre les zones occidentales et orientales et de rectifier quelques erreurs.

Les plans micrographiques des placettes permanentes, refaits en 2004, présentent parfois des différences avec ceux des campagnes de mesures précédentes. En effet, l'emplacement des essences dans ces nouveaux plans, plus précis et réalisés à l'aide d'un quadrillage au sol, peut varier par rapport aux plans de 1979 du fait d'un léger décalage dans la délimitation des angles lors de la réactualisation de la placette. Nous avons cependant préféré ne pas apporter de modifications aux plans de l'époque.

Tous les types de végétation et leur cortège d'espèces associées ne seront pas systématiquement mentionnés, le but de cette étude étant principalement de cartographier les principales associations végétales de l'île. Les espèces protégées, remarquables, ou les particularités de l'île, présentes sur la carte de 1967-1969, ne figurent donc pas non plus dans cet article, même si certaines ont fait l'objet d'une nouvelle cartographie. Des documents internes au Parc national de Port-Cros peuvent combler ce manque (travail de D'Onofrio *et al.* (2003) pour la localisation des espèces protégées par exemple).

RÉSULTATS

Analyse cartographique de la végétation

La série acidophile du chêne vert

La **yeuseraie climacique** des fonds de vallons s'est accrue (elle passe d'environ 53 ha en 1969 à 80 ha en 2004), soit près de 27 ha d'accroissement. La surface occupée reste toutefois faible (12,75 % de l'île) contre 8,51 % en 1969 (Fig. 1, 2 ; Tabl. II, III, IV). La flore associée (*Smilax aspera*, *Carex distachya*, *Melica pyramidalis*, *Ruscus aculeatus*, *Asplenium onopteris*, *Tamus communis*, *Arisarum vulgare*) gagne latéralement dans les vallons aux dépens de l'ancienne chênaie initiale (nommée improprement en 1969 « taillis de *Quercus ilex* dégradé »). Cette progression est visible à la Pomme d'Or, dans le haut de la Solitude et au niveau de la Vigie. Elle est plus modeste dans les vallons de la partie N-E de l'île : Vallon Noir, Sardinière et Port-Man. D'autres gains en surface, comme vers la Palud Ouest ou à la calanque de la Coulontre, doivent être mis au compte d'une cartographie améliorée (utilisation systématique en 2002-2004 du ruban gradué de 50 m).

Tableau II. Evolution des surfaces (en ha) occupées par les différentes associations de l'île de Port-Cros entre 1967-1969 et 2002-2004

| N° | Groupements végétaux | Surface | Surface |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|
| | | 1969* | 2004* |
| 1 | Yeuseraie climacique | 53,20 | 79,72 |
| 2 | Yeuseraie initiale | 12,07 | 85,29 |
| 3 | Yeuseraie maquis mixte | 14,41 | 239,31 |
| 4 | Yeuseraie maquis mixte - faciès incendié | | 2,73 |
| 5 | Maquis élevé à <i>Erica arborea</i> et <i>Arbutus unedo</i> | 408,15 | 10,14 |
| 6 | Maquis élevé à <i>Erica arborea</i> et <i>Arbutus unedo</i> - faciès à chênes verts denses | 0,49 | 55,43 |
| 7 | Maquis élevé à <i>Erica arborea</i> et <i>Arbutus unedo</i> - faciès à <i>Arbutus unedo</i> | | 3,92 |
| 8 | Maquis élevé à <i>Erica arborea</i> et <i>Arbutus unedo</i> - faciès à lentisques | 4,09 | |
| 9 | Cistaie à <i>Cistus monspeliensis</i> et <i>Cistus salviifolius</i> | 4,65 | 4,54 |
| 10 | Garrigue à <i>Quercus coccifera</i> | 0,45 | 0,08 |
| 11 | Pelouses sableuses à Hélianthèmes | 0,70 | 1,40 |
| 12 | Association rudérale à <i>Raphanus landra</i> et <i>Spergula arvensis</i> - Friches à <i>Inula viscosa</i> | 1,79 | 1,35 |

| N° | Groupements végétaux | Surface 1969* | Surface 2004* |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| 13 | Pelouses à <i>Galactites tomentosa</i> et <i>Echium plantagineum</i> | 0,50 | ND |
| 15 | <i>Oleo-lentiscetum</i> climacique | 18,04 | 48,08 |
| 16 | <i>Oleo-lentiscetum</i> climacique - faciès à <i>Quercus ilex</i> denses | 0 | 11,61 |
| 17 | <i>Oleo-lentiscetum</i> climacique - faciès rocheux à <i>Juniperus turbinata</i> | 23,72 | 13,96 |
| 18 | <i>Oleo-lentiscetum</i> climacique - faciès à <i>Olea europaea</i> | 17,39 | 20,30 |
| 19 | Groupements à <i>Euphorbia dendroïdes</i> | 1,91 | 1,39 |
| 20 | Ruisseau à <i>Scirpus holoschoenus</i> | 0,64 | 0,12 |
| 21 | Eaux douces stagnantes à <i>Myriophyllum spicatum</i> | 0,12 | 0,04 |
| 22 | Prairie à <i>Holcus lanatus</i> et <i>Cynodon dactylon</i> | 0,85 | ND |
| 23 | <i>Crithmo-Lotetum allionii</i> | 26,70 | 28,18 |
| 25 | Groupements halo-ornithocoprofiles à <i>Frankenia hirsuta</i> | 1,06 | 1,73 |
| 26 | Groupements à <i>Juncus maritimus</i> et <i>Juncus acutus</i> | 0,08 | ND |
| 27 | Groupements à <i>Anthyllis barba-jovis</i> | 0,31 | ND |
| 29 | Marécages à <i>Salicornia fruticosa</i> , <i>Inula crithmoides</i> et <i>Salsola</i> sp. plur. | 0,28 | ND |
| 30 | Suintements à <i>Samolus valerandi</i> | 0,18 | ND |
| 31 | Plages à <i>Eryngium maritimum</i> et <i>Euphorbia paralias</i> | 0,22 | 0,41 |
| 32 | Plages à <i>Eryngium maritimum</i> et <i>Euphorbia paralias</i> - avec <i>Phragmites</i> ou <i>Arundo donax</i> | 0,20 | 0,39 |
| 33 | Plages à <i>Eryngium maritimum</i> et <i>Euphorbia paralias</i> - avec <i>Tamarix gallica</i> | 0,23 | 0,22 |
| 34 | Pin d'Alep sur sol nu | 0,73 | 0,17 |
| 35 | Bâti, routes | 32,40 | 15,00 |
| TOTAL | | 625,56 | 625,50 |

* Méthode de calcul : sphérique ; unité : ha

La yeuseraie initiale augmente sa surface passant de 12 ha en 1969 à 85 ha en 2004, mais elle reste cependant un groupement subordonné avec 13,64 % de la surface de l'île couverte en 2004 (Fig. 1, 2; Tabl. II, III, IV). Cette forêt de *Quercus ilex* quasi exclusif, mais ne possédant pas encore les espèces caractéristiques de l'*Arisaro-Quercetum ilicis* climacique, progresse sur les pentes Nord de la Solitude et aux débouchés des vallons affluents, le barrage, le vallon des Vaches et occupe le talweg du vallon du Janet au Sud. Elle progresse davantage dans la partie N-E de l'île que dans la partie S-W. Ce gain peut venir d'une cartographie plus affinée, mais l'avancée de la chênaie initiale est manifeste dans les hauts de vallons (Vallon Noir, Notre Dame et Port-Man) et sur la côte Nord comme aux Chênes vers la Galère.

La progression de la **yeuseraie maquis-mixte** est par contre spectaculaire. Elle a envahi la quasi-totalité des maquis d'antan à *Erica arboorea* et *Arbutus unedo*, sur les pentes faibles et les dômes évasés des sommets jusqu'à couvrir 239 ha en 2004 (contre 14 ha seulement en 1969) soit 38,26 % de la surface de l'île en 2004 au lieu de 2,30 % en 1969 (Fig. 1, 2 ; Tabl. II, III, IV). Cette structure mixte à *Quercus ilex* et Ericaceae est d'ailleurs presque partout favorable au chêne vert qui tend à envahir la strate arborée, gênant par là le développement des Ericaceae.

Tableau III. Evolution des surfaces absolues et relatives des principales phytocénoses de l'île de Port-Cros (calculé par SIG)

| Groupements végétaux | 1969 | | 2004 | |
|-----------------------------------------|--------|-------|--------|-------|
| | ha | % | ha | % |
| Yeuseraie climacique (1) | 53,20 | 8,51 | 79,72 | 12,75 |
| Yeuseraie initiale (2) | 12,07 | 1,93 | 85,29 | 13,64 |
| Yeuseraie maquis mixte (3, 4) | 14,41 | 2,30 | 242,03 | 38,69 |
| Σ Yeuseraie (1-4) | 79,68 | 12,74 | 407,04 | 65,07 |
| Maquis (5-8) | 412,73 | 65,98 | 69,49 | 11,11 |
| Cistaie, pelouses (9-14) | 8,09 | 1,29 | 7,37 | 1,18 |
| Oléolentisque (15-18) | 59,16 | 9,46 | 93,95 | 15,02 |
| Végétation halophile (19, 23-27, 31-33) | 27,35 | 4,37 | 29,20 | 4,66 |

(X) = numéro d'identification des groupements végétaux dans le Tabl. II

Tableau IV. Evolution des surfaces absolues et relatives des principales phytocénoses de l'île de Port-Cros (calculé par estimation pondérale)

| Groupements végétaux | 1969 | | 2004 | |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | ha | % | ha | % |
| Yeuseraie climacique (1) | 59,0 | 8,45 | 78,5 | 11,25 |
| Yeuseraie initiale (2) | 10,5 | 1,50 | 71,0 | 10,17 |
| Yeuseraie maquis mixte (3, 4) | 16,5 | 2,36 | 325,3 | 46,60 |
| Σ Yeuseraie (1-4) | 86,0 | 12,32 | 474,8 | 68,01 |
| Maquis (5-8) | 493,0 | 70,63 | 101,0 | 14,47 |
| Cistaie, pelouses (9-14) | 1,0 | <<1 | 1,0 | <<1 |
| Oléolentisque (15-18) | 68,3 | 9,80 | 71,5 | 10,25 |
| Végétation halophile (19, 23-27, 31-33) | 41,0 | 5,87 | 41,0 | 5,87 |

(X) = numéro d'identification des groupements végétaux dans le Tabl. II

Cette dynamique, très marquée dans les strates arborée et arborescente, semble toucher assez peu la strate herbacée. La progression de la flore forestière dans les fonds de vallons reste limitée : maintien de *Smilax aspera*, *Carex distachya*, *Melica pyramidalis*, *Ruscus aculeatus*, *Asplenium onopteris*, légère progression de *Tamus communis* et plus importante d'*Arisarum vulgare*. Dans la chênaie initiale se rencontrent seulement çà et là *Carex halleriana*, *Asparagus acutifolius* et *Rubia peregrina*. Pratiquement tous les vallons de mi-pente et de haut de

pente du centre de l'île (Vallon Noir, Notre Dame, Sardinière et Port-Man) et toutes les pentes côtières exposées N, N-E, E et quelquefois W sont occupées par la chênaie mixte. Notons que l'emprise de cette chênaie mixte résulte d'un bilan, positif pour elle, entre l'érosion de certaines de ses surfaces passées à la chênaie initiale (cf. *ibidem*) et le gain plus conséquent en surface de la chênaie mixte sur les anciens maquis purs.

Le **maquis élevé** à *Arbutus unedo* et *Erica arborea* qui occupait 66 % de la surface de l'île en 1969 est réduit à quelques îlots relégués sur les crêtes en 2004 (route des forts, carrefour du Vallon Noir, col des Quatre Chemins, La Vigie, l'héliport, etc.) ne totalisant plus que 69 ha (soit 11,11 % de la surface) (Fig. 1, 2 ; Tabl. II, III, IV). Pourtant, ces 69 ha forment encore de beaux peuplements sur l'extrême N-E de l'île : tout le plateau de Port-Man (du Fort de Port-Man au Tuf en passant par la Saru), celui de la Galère et également le versant S du dôme de la Marma. Il s'agit dans ces zones étales ou de pentes faibles d'une formation où le chêne vert est présent, infiltré en sous-strate, mais où il ne perce pas encore le couvert des Ericaceae (figuration spéciale sur la carte de 2004). Cette extrémité N-E, à maquis persistant, annonce la situation de l'île du Levant toute proche où, du fait de l'extrême rareté de *Quercus ilex*, le maquis reste la phytocénose dominante. Contrairement à la yeuseraie maquis-mixte le maquis n'est pas sénéscent dans ces zones et le chêne semble avoir du mal à s'infiltrer...

Les cistaies et pelouses à hélianthèmes : Issues de la dégradation du maquis, elles occupent en 2004 comme en 1969 des surfaces réduites (1 %) en bords de pistes et des chemins, sur les plateformes aménagées, sur les crêtes et les saillies rocheuses. La variation de leur surface ne dépend donc pas d'une dynamique à long terme mais correspond plutôt à des phénomènes naturels ou à des actions anthropiques ponctuelles (débroussaillage des sentiers ou création d'héliports). Les chablis de pin d'Alep créent des éclaircies dans la forêt qui sont cicatrisées dans les 2 à 3 ans par les espèces de *Helianthemetea*, et remplacées quelques années plus tard par les cistaies acidophile à *Cistus salviifolius* et *Cistus monspelliensis*. A titre d'exemple, citons l'extension récente de la pelouse à *Tuberaria guttata* dans la longue friche en arrière de l'hôtel du manoir et certainement celle à venir de l'enclos des tortues en amont de la précédente. Leur suivi est intéressant pour l'étude de la floristique, de la biodiversité et pour l'évaluation du stock de gènes disponibles, mais n'offre pas grand renseignement sur l'évolution sylvatique dans les derniers stades.

La série de l'oléolentisque

L'oléolentisque n'a pas subi la même extension que la yeuseraie et la surface couverte est passée de 68 ha en 1969 à 72 ha en 2004 soit 10,25 % de la surface de l'île (calcul par estimation pondérale) (Tabl. IV).

L'oléolentisque côtier conserve son extension aréale, mais a perdu de son biovolume (et donc de sa biomasse) à cause de sa sensibilité à la pollution par les embruns, et ce depuis 1976 (Lavagne, 1995). La figure 4 illustre l'abaissement progressif des touffes morphosées par nécroses des rameaux supérieurs. Ce phénomène, visible sur la côte Ouest de Bagaud, l'est aussi dans le S-W de l'île de Port-Cros, à la Batterie du Sud (Antinéa), à la pointe Ste Pierre et à la Pointe Maître Angelin.



Figure 4. Morphoses puis nécroses de l'oléolentisque littoral (St Pierre et Pointe de maître Angelin)

L'oléolentisque interne est toujours présent (au-dessus du village, à la Fausse Monnaie, etc.) mais à l'abri de la pollution marine, l'olivier se maintient même si le chêne vert et parfois aussi le filaire (*Phillyrea latifolia* ssp. *media*) gagnent du terrain, au détriment du lentisque (*Pistacia lentiscus*) et surtout du myrte (*Myrtus communis*) ; d'où la figuration nouvelle « oléolentisque à chênes verts » sur la nouvelle carte. Ce dernier groupement occupe 11,61 ha en 2004. Le gain de l'oléolentisque n'est pas significatif et provient d'une cartographie 2002-2004 plus fine. Par contre, le groupement à *Euphorbia dendroides*, en contrebas Est du fort de l'Estissac, assimilé à l'oléolentisque, a régressé par envahissement des arbustes du maquis. Cette régression est estimée à 29 % de la surface par rapport à la situation de 1969 (Lavagne *et al.*, 1974) ; rappelons que cette station a bénéficié d'une ouverture du milieu en 1980 suite à un incendie. Mais, nous avons observé, en 2004 et 2005, une migration significative de la station vers le N-W en contrebas de la Pointe de Grand Peyre où plusieurs jeunes individus de *Euphorbia dendroides* ont été cartographiés en arrière de la ceinture côtière halorésistante.

Dynamique d'ensemble

Au final, la dynamique observée est une « remontée biologique » des phytocénoses à *Quercus ilex* au détriment de celles des maquis initiaux. Ce processus évolutif se manifeste par un gain des surfaces de la yeuseraie climacique (+ 27 ha et + 4,24 % d'augmentation du couvert), un accroissement un peu plus marqué au niveau de la yeuseraie initiale (+ 73 ha et + 11,71% de gain de surface) et surtout par un gain

spectaculaire pour la yeuseraie mixte (+ 228 ha, soit + 36,39 % de gain de surface). Le maquis élevé pur décline partout hormis un maintien de 70 ha à l'extrême N-E ; il perd près de 83 % de sa surface. L'examen de la figure 5 permet de constater une répartition inverse des phytocénoses (maquis et chênaie verte) entre 1969 et 2004. En 1969, l'ensemble des groupements de la chênaie verte recouvrait 13 % de l'île contre 66 % pour le maquis ; en 2004, la yeuseraie recouvre 65 % de l'île et le maquis seulement 11 % (Tabl. III).

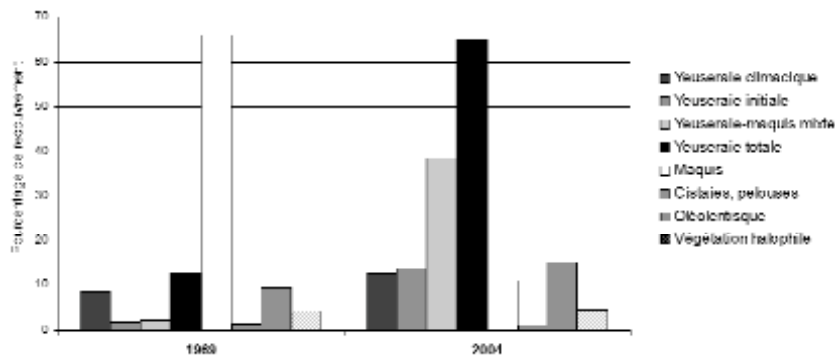


Figure 5. Variation de la répartition des phytocénoses (en % de la surface totale) entre 1969 et 2004

Ainsi tout se passe comme si, au cours des 35 dernières années, la dynamique avait franchi, en un lieu donné, un stade dans la succession menant à la yeuseraie, en suivant le schéma suivant :

| Situation en 1969 | | Situation en 2004 |
|----------------------|---|----------------------|
| Maquis élevé pur | → | Chênaie-maquis mixte |
| Chênaie-maquis mixte | → | Chênaie initiale |
| Chênaie initiale | → | Chênaie climacique |
| Chênaie climacique | → | Chênaie climacique |

Analyse diachronique des trois placettes permanentes

La placette P6

La placette P6, localisée à la Solitude, était déjà assimilée à une chênaie verte climacique en 1979 et en 1986 du fait de la présence d'une flore typique d'un *Quercetum*

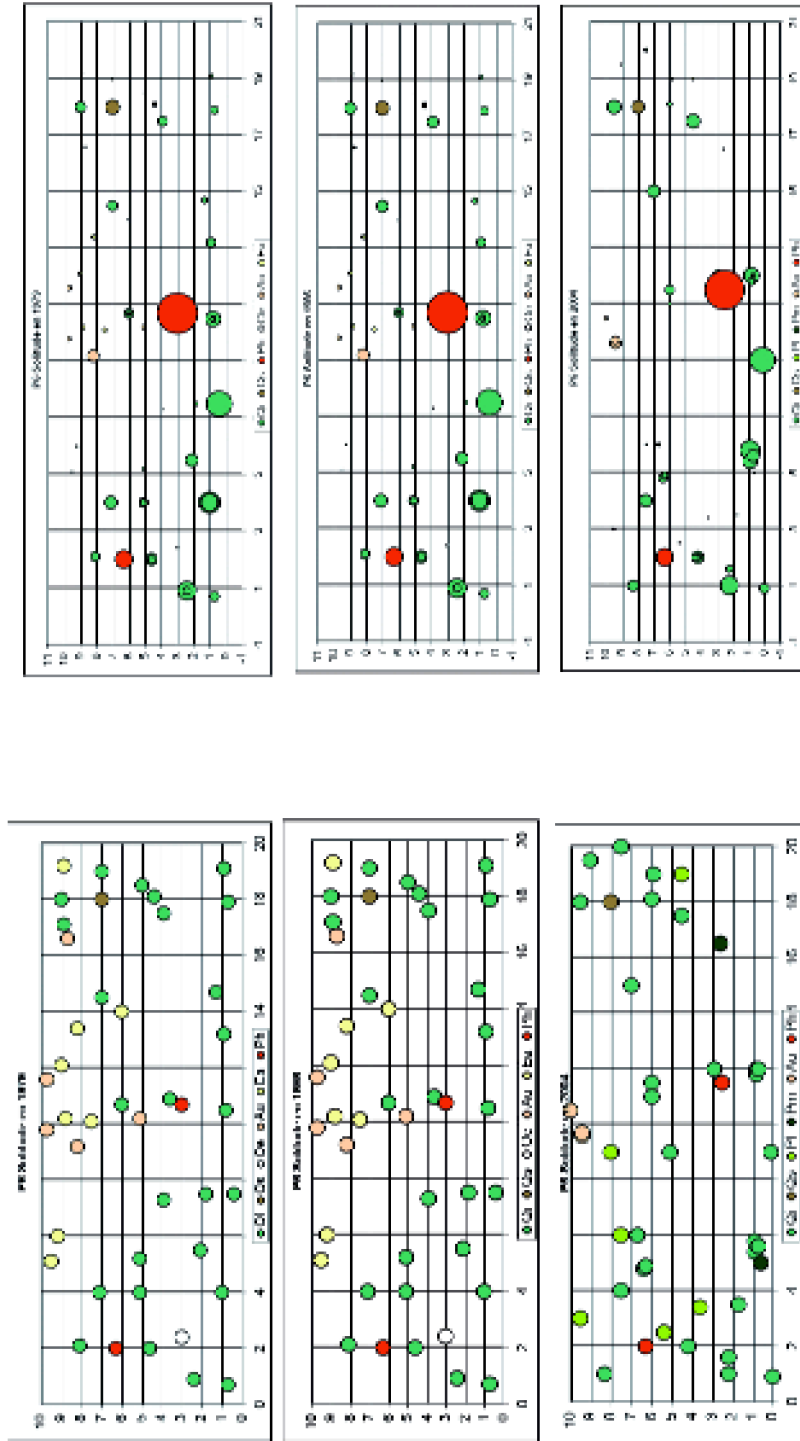


Figure 6. Plan de la placette P6 (Solitude) en 1979, 1986 et 2004 (position des sujets à gauche, position des sujets avec indication relative du diamètre à droite). Les coordonnées sont en mètres. Ea = *Erica arborea*, Au = *Arbutus unedo*, Oe = *Olea europaea*, Pm = *Phillyrea latifolia* ssp. *media*, Qi = *Quercus ilex*, Ph = *Pinus halepensis*, Qs = *Quercus suber*, Pl = *Pistacia lentiscus*. Abscisse et ordonnée en mètres.

ilicis melicetosum (Lavagne, 1972). C'était sans doute excessif, étant donné la participation encore forte des Ericaceae à cette époque (13 sujets sur 43 présents soit 30 % du peuplement). Aujourd'hui, l'assimilation n'est plus contestable avec seulement deux Ericaceae sur les 33 sujets présents soit 6 % du peuplement (Fig. 6 ; Tabl. V). L'examen du tableau V montre une diminution conséquente du peuplement ligneux total qui passe de 43 à 33 sujets.

Tableau V. Variation du nombre de sujets par essence ligneuse dans la placette P6 (Solitude)

| Espèces | 1979 et 1986 | 2004 |
|---------------------------|--------------|------|
| <i>Quercus ilex</i> | 26 | 21 |
| <i>Arbutus unedo</i> | 5 | 2 |
| <i>Erica arborea</i> | 8 | 0 |
| <i>Pinus halepensis</i> | 2 | 2 |
| <i>Quercus suber</i> | 1 | 1 |
| <i>Olea europaea</i> | 1 | 1 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | 0 | 6 |
| TOTAL | 43 | 33 |

La diminution frappe surtout les Ericaceae (3 arbousiers sur 5 et 8 bruyères arborescentes sur 8) mais aussi les chênes verts qui passent de 26 à 21 (19 pérennes, 7 disparus et 2 nouveaux venus). Chez *Quercus ilex*, la concurrence intraspécifique joue toujours puisque sur les 19 sujets pérennes on compte 15 pieds actifs, 3 pieds inhibés et 1 pied moribond. Au total, il apparaît un éclaircissement somme toute encore modeste du peuplement, marqué surtout par la très forte baisse des Ericaceae (disparition de *Erica arborea* et le déclin avancé de *Arbutus unedo*) (Fig. 6 ; Tabl. V). Les deux pins d'Alep et le chêne liège se maintiennent tandis que les chênes verts ne gagnent qu'en participation relative (60 % de la population en 1979-86 et 64 % en 2004).

Durant la période 1986-2004, la biomasse totale de la placette est passée de 184,9 t/ha à 203,3 t/ha, soit un accroissement en 18 ans de 18,4 t/ha (Tabl. VI, VII, VIII). La "productivité" moyenne durant cette période a donc été de 1,0 t/ha/an, ce qui est peu : seulement 20 kg par an pour 200 m². Il convient toutefois de rappeler qu'il ne s'agit pas de la productivité primaire nette totale, mais seulement de la part de la productivité qui a été investie dans des parties pérennes épicéées. Par ailleurs, même cette fraction de la productivité est sous-estimée, puisqu'un organe pérenne qui a disparu au cours des 18 années séparant les deux mesures n'est pas pris en compte.

Tableau VI. Evolution de la circonférence (en mm) des sujets de la placette P6 (Solitude) entre 1979 et 2004. C0, C2, C3, C7 et C25 = circonférence en 1979, 1981, 1982, 1986 et 2004, respectivement. ▲C2, ▲C3, ▲C7 et ▲C25 = évolution de la circonférence après 2, 3, 7 et 25 ans, respectivement. Noter que les numéros des sujets ont été changés entre 1979-1986 et 2004. Les sujets marqués X en 2004 sont ceux qui ont disparu depuis 1986.

| Espèces | n°1979 | C0 | C2 | C3 | C7 | ▲C2 | ▲C3 | (i) | ▲C7 | (j) | Espèces | n°2004 | C25 | ▲C25 |
|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------|------|------|
| Qi | 1 | 345 | 359 | 364 | 380 | 14 | 19 | + | 35 | + | Qi | n°3 | 470 | 125 |
| Qi | 2 | 675 | 680 | 683 | 690 | 5 | 8 | + | 15 | + | Qi | n°2a | 760 | 85 |
| | 2' | 313 | 314 | 315 | 320 | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 | | n°2b | 325 | 12 |
| Qi | 3 | 372 | 375 | 377 | 382 | 3 | 5 | 0 | 10 | 0 | Qi | n°1 | 415 | 43 |
| Qi | 4 | 511 | 511 | 510 | 516 | 0 | -1 | 0 | 5 | 0 | Qi | n°8c | 520 | 9 |
| | 4' | 770 | 782 | 780 | 780 | 12 | 10 | - | 10 | 0 | | n°8a | 790 | 20 |
| | 4'' | 620 | 624 | 621 | 622 | 4 | 1 | 0 | 2 | 0 | | n°8b | 610 | -10 |
| Qi | 5 | 478 | 482 | 482 | 483 | 4 | 4 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 6 | 134 | 138 | 150 | 150 | 4 | 16 | + | 16 | 0 | Qi | n°4c* | 167 | 33 |
| | 6' | 437 | 438 | 440 | 448 | 1 | 3 | 0 | 11 | + | | n°4a* | 510 | 73 |
| | 6'' | 306 | 312 | 316 | 320 | 6 | 10 | + | 14 | 0 | | n°4b* | 330 | 24 |
| Qi | 7 | 469 | 480 | 492 | 492 | 11 | 23 | + | 23 | 0 | Qi | n°6 | 540 | 71 |
| Qi | 8 | 357 | 371 | 381 | 382 | 14 | 24 | + | 25 | 0 | Qi | n°7a | 400 | 43 |
| | 8' | 286 | 291 | 294 | 302 | 5 | 8 | + | 16 | + | | n°7b | 330 | 44 |
| Qi | 9 | 150 | 160 | 160 | 166 | 10 | 10 | - | 16 | + | Qi | n°9 | 175 | 25 |
| Qi | 10 | 908 | 918 | 921 | 940 | 10 | 13 | + | 32 | + | Qi | n°10 | 1020 | 112 |
| Qi | 11 | 155 | 155 | 156 | 160 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 12 | 90 | 90 | 90 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Qi | n°11a* | 110 | 20 |
| Qi | 13 | 385 | 396 | 400 | 418 | 11 | 15 | + | 33 | + | Qi | n°14 | 495 | 110 |
| Qi | 14 | 560 | 570 | 575 | 594 | 10 | 15 | + | 34 | + | Qi | n°13a | 645 | 85 |
| | 14' | 236 | 253 | 260 | 273 | 17 | 24 | + | 37 | + | | n°13b | 310 | 74 |
| | 14'' | 200 | 200 | 205 | 202 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | | n°13c | 200 | 0 |
| Qi | 15 | 369 | 374 | 368 | 370 | 5 | -1 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 16 | 241 | 241 | 240 | 243 | 0 | -1 | 0 | 2 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 17 | 307 | 320 | 325 | 340 | 13 | 18 | + | 33 | + | | X | X | X |
| Qi | 18 | 170 | 172 | 172 | 174 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 19 | 115 | 123 | 122 | 124 | 8 | 7 | - | 9 | 0 | Qi | n°19 | 150 | 35 |
| Qi | 20 | 207 | 210 | 214 | 214 | 3 | 7 | - | 7 | 0 | Qi | n°18 | 215 | 8 |
| | 20' | 138 | 140 | 135 | 138 | 2 | -3 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X |
| | 20'' | 117 | 121 | 124 | 126 | 4 | 7 | + | 9 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 21 | 367 | 395 | 401 | 434 | 28 | 34 | + | 67 | + | Qi | n°16 | 573 | 206 |
| Qi | 22 | 110 | 113 | 116 | 119 | 3 | 6 | - | 9 | 0 | Qi | n°21 | 180 | 70 |
| Qi | 23 | 409 | 423 | 427 | 446 | 14 | 18 | + | 37 | + | Qi | n°17 | 555 | 146 |
| Qi | 24 | 90 | 94 | 89 | 94 | 4 | -1 | 0 | 4 | 0 | | X | X | |
| Qi | 25 | 385 | 411 | 422 | 452 | 26 | 37 | + | 67 | + | Qi | n°15 | 530 | 145 |
| Qi | 26 | 343 | 355 | 354 | 370 | 12 | 11 | - | 27 | + | Qi | n°12a | 420 | 77 |
| | 26' | 142 | 149 | 148 | 155 | 7 | 6 | - | 13 | + | | n°12b | 175 | 33 |
| | 26'' | 105 | 109 | 109 | 110 | 4 | 4 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| | 26''' | 90 | 90 | 90 | 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X |

| Espèces | n°1979 | C0 | C2 | C3 | C7 | C2 | C3 | (i) | C7 | (i) | Espèces | n°2004 | C25 | C25 |
|---------|--------|------|------|------|------|----|----|-----|----|-----|---------|--------|------|-----|
| Qs | 1 | 522 | 528 | 528 | 530 | 6 | 6 | - | 8 | 0 | Qs | n°1 | 525 | 3 |
| Ph | 1 | 618 | 626 | 632 | 650 | 8 | 14 | + | 32 | + | Ph | n°1 | 705 | 87 |
| Ph | 2 | 1419 | 1438 | 1444 | 1445 | 19 | 25 | + | 26 | 0 | Ph | n°2 | 1550 | 131 |
| Oe | 1 | 107 | 110 | 110 | 110 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X |
| Au | 1 | 126 | 132 | 138 | 143 | 6 | 12 | + | 17 | 0 | | X | X | X |
| Au | 2 | 172 | 175 | 176 | 182 | 3 | 4 | 0 | 10 | + | | X | X | X |
| Au | 3 | 143 | 146 | 150 | 154 | 3 | 7 | - | 11 | 0 | | X | X | X |
| | 3' | 200 | 200 | 200 | 203 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X |
| Au | 4 | 184 | 194 | 191 | 195 | 10 | 7 | - | 11 | 0 | Au | n°2 | 205 | 21 |
| Au | 5 | 345 | 351 | 358 | 370 | 6 | 13 | + | 25 | + | Au | n°1b | 380 | 35 |
| | 5' | 430 | 445 | 448 | 458 | 15 | 18 | + | 28 | + | | n°1a | 470 | 40 |
| Ea | 1 | 125 | 128 | 129 | 130 | 3 | 4 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 2 | 174 | 174 | 175 | 178 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 3 | 170 | 170 | 170 | 172 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 4 | 115 | 118 | 119 | 122 | 3 | 4 | 0 | 7 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 5 | 200 | 209 | 210 | 212 | 9 | 10 | - | 12 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 6 | 172 | 173 | 174 | 179 | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 7 | 107 | 103 | 101 | 103 | -4 | -6 | 0 | -4 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 8 | 88 | 90 | 89 | 88 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X |
| | | | | | | | | | | | Qi | n°5 | 115 | |

Composition du peuplement :

en 1979 : 26Qi + 1Qs + 2Ph + 1Oe + 5Au + 8Ea = 43

en 2004 : 21Qi + 1Qs + 2Ph + 2Au + 2Pm + 6PI = 34

(i) = indice de vitalité : + = actif, 0 = moribond, - = inhibé

Qi = *Quercus ilex*

Au = *Arbutus unedo*

Qs = *Quercus suber*

Ea = *Erica arborea*

Ph = *Pinus halepensis*

PI = *Pistacia lentiscus*

Oe = *Olea europaea*

Pm = *Phillyrea latifolia* ssp. *media*

| | | |
|----|--------|-----|
| Qi | n°11b* | 105 |
| | n°20 | 120 |
| PI | n°1 | 125 |
| PI | n°2 | 155 |
| PI | n°3 | 115 |
| PI | n°4 | 130 |
| PI | n°5 | 125 |
| PI | n°6 | 130 |
| Pm | n°1 | 101 |
| Pm | n°2 | 105 |

Tableau VII. Biomasse épigée (en kg) et surface terrière (en cm²) des sujets en 2004, dans la placette P6 (Solitude). C25 = circonférence (en cm) en 2004.

| Espèce | N° 2004 | C25 | Coordonnées | Biomasse | Surface terrière |
|---------------------|---------|------|-------------|----------|------------------|
| <i>Quercus ilex</i> | n°1 | 41,5 | (0,9 ; 0) | 62,38 | 137,05 |
| | n°2a | 76,0 | (1 ; 2,2) | 213,85 | 459,64 |
| | n°2b | 32,5 | (1,6 ; 2,2) | 37,50 | 84,05 |
| | n°3 | 47,0 | (1 ; 8,3) | 80,57 | 175,79 |
| | n°4a* | 51,0 | (2 ; 4,2) | 95,22 | 206,98 |
| | n°4b* | 33,0 | (2 ; 4,2) | 38,72 | 86,66 |
| | n°4c* | 16,7 | (2 ; 4,2) | 8,45 | 22,19 |
| | n°5 | 11,5 | (3,5 ; 1,7) | 2,97 | 10,52 |
| | n°6 | 54,0 | (4 ; 7,5) | 106,99 | 232,05 |
| | n°7a | 40,0 | (4,8 ; 6,4) | 57,81 | 127,32 |

| Espèce | N° 2004 | C25 | Coordonnées | Biomasse | Surface terrière |
|------------------------------|---------|-------|--------------|----------|------------------|
| | n°7b | 33,0 | (4,9 ; 6,3) | 38,72 | 86,66 |
| | n°8a | 79,0 | (5,8 ; 0,9) | 231,23 | 496,64 |
| | n°8b | 61,0 | (5,4 ; 0,9) | 137,07 | 296,11 |
| | n°8c | 52,0 | (5,6 ; 0,7) | 99,07 | 215,18 |
| | n°9 | 17,5 | (6 ; 6,7) | 9,47 | 24,37 |
| | n°10 | 102,0 | (9 ; 0,1) | 386,78 | 827,92 |
| | n°11a* | 11,0 | (9 ; 5,1) | 2,55 | 9,63 |
| | n°11b* | 10,5 | (9 ; 5,1) | 2,15 | 8,77 |
| | n°12a | 42,0 | (11,5 ; 6) | 63,94 | 140,37 |
| | n°12b | 17,5 | (11 ; 6) | 9,47 | 24,37 |
| | n°13a | 64,5 | (12 ; 0,8) | 153,48 | 331,06 |
| | n°13b | 31,0 | (11,8 ; 0,8) | 33,94 | 76,47 |
| | n°13c | 20,0 | (12 ; 0,7) | 12,97 | 31,83 |
| | n°14 | 49,5 | (12 ; 2,9) | 89,58 | 194,98 |
| | n°15 | 53,0 | (15 ; 7) | 102,99 | 223,53 |
| | n°16 | 57,3 | (17,5 ; 4,5) | 120,71 | 261,28 |
| | n°17 | 55,5 | (18 ; 9,5) | 113,12 | 245,12 |
| | n°18 | 21,5 | (18,1 ; 6) | 15,30 | 36,78 |
| | n°19 | 15,0 | (19 ; 5,9) | 6,44 | 17,90 |
| | n°20 | 12,0 | (19,5 ; 9) | 3,41 | 11,46 |
| | n°21 | 18,0 | (20 ; 7,5) | 10,13 | 25,78 |
| <i>Quercus suber</i> | n°1 | 52,5 | (18 ; 8) | 101,02 | 219,34 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | n°1 | 12,5 | (2,5 ; 5,4) | 3,87 | 12,43 |
| | n°2 | 15,5 | (3 ; 9,5) | 7,01 | 19,12 |
| | n°3 | 11,5 | (3,4 ; 3,6) | 2,97 | 10,52 |
| | n°4 | 13,0 | (6 ; 7,5) | 4,34 | 13,45 |
| | n°5 | 12,5 | (9 ; 8) | 3,87 | 12,43 |
| | n°6 | 13,0 | (19 ; 4,5) | 4,34 | 13,45 |
| <i>Phillyrea latifolia</i> | | | | | |
| ssp. <i>media</i> | n°1 | 10,1 | (5 ; 0,6) | 1,84 | 8,12 |
| | n°2 | 10,5 | (16,5 ; 2,6) | 2,15 | 8,77 |
| <i>Arbutus unedo</i> | n°1a | 47,0 | (9,6 ; 9,4) | 81,12 | 175,79 |
| | n°1b | 38,0 | (9,7 ; 9,4) | 46,38 | 114,91 |
| | n°2 | 20,5 | (10,5 ; 10) | 9,15 | 33,44 |
| <i>Pinus halepensis</i> | n°1 | 70,5 | (2 ; 6,3) | 243,06 | 395,52 |
| | n°2 | 155,0 | (11,5 ; 2,5) | 1207,15 | 1911,85 |
| Total en 2004 en kg/placette | | | | 4065,23 | 8077,65 |
| Total en 2004 en tonne/ha | | | | 203,26 | 40,39 |

Durant la période précédente (1979-1986), la biomasse totale était passée de 171,2 t/ha à 184,9 t/ha soit une "productivité" en 7 ans de 13,7 t/ha et une "productivité" moyenne de 2.0 t/ha/an, chiffre presque deux fois supérieur à celui de la période 1986-2004. La baisse de la «productivité» de la yeuseraie de la placette P6 devenue climatique est ici constatée.

Tableau VIII. Variation de la biomasse des différentes espèces dans la placette P6 (Solitude), entre 1979, 1986 et 2004 (pourcentage pondéral par rapport à la biomasse totale de la placette)

| Année | <i>Quercus ilex</i> | <i>Pinus halepensis</i> | Ericaceae | TOTAL |
|-------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1979 | 2072 kg/200m ² | 1204 kg/200m ² | 158 kg/200m ² | 3436 kg/200m ² |
| | 103,64 t/ha | 59,73 t/ha | 7,79 t/ha | 171,16 t/ha |
| | 60,55 % | 34,89 % | 4,55 % | 100 % |
| 1986 | 2260 kg/200m ² | 1 252 kg/200m ² | 184 kg/200m ² | 3 697 kg/200m ² |
| | 113,44 t/ha | 62,63 t/ha | 9,06 t/ha | 184,9 t/ha |
| | 61,30 % | 33,84 % | 4,89 % | 100 % |
| 2004 | 2401 kg/200m ² | 1 469 kg/200m ² | 141 kg/200m ² | 4 122 kg/200m ² |
| | 123,91 t/ha | 72,51 t/ha | 6,83 t/ha | 203,26 t/ha |
| | 60,96 % | 35,67 % | 3,36 % | 100 % |

En ce qui concerne les variations de biomasse au niveau des essences, seul le bilan global des Ericaceae est négatif (Tabl. VIII) ; leur biomasse est passée de 7,79 t/ha en 1979 à 9,06 t/ha en 1986 (progression encore sensible) pour tomber à 6,83 t/ha en 2004 après la disparition des bruyères. Le bilan global des autres essences est positif, mais les chênes verts sont moins productifs en 2004 qu'en 1986 et le sont même moins que les pins d'Alep. En effet, de 1986 à 2004, la biomasse de *Quercus ilex* passe de 113,44 t/ha à 123,91 t/ha soit une production de 10,47 t/ha et une "productivité" sur 18 ans de 0,58 t/ha/an. Durant la période précédente (1979-1986), la production a été de 9,7 t/ha et la "productivité" de 1,61 t/ha/an, valeur trois fois supérieure à l'actuelle.

Cette baisse de "productivité" de *Quercus ilex* dans P6 n'est pas seulement le fait de quelques pieds inhibés ou moribonds, elle affecte également les sujets actifs. Ainsi la circonférence du sujet Qi 16 (anciennement Qi 21), très actif, s'est accrue de 139 mm en 18 ans de 1986 à 2004, soit +7,7 mm/an, ce qui n'est pas considérable pour un sujet de 573 mm de circonférence. Le même sujet s'était accru de 67 mm en 7 ans entre 1979 et 1986 soit +9,6 mm/an, valeur supérieure à l'actuelle.

Curieusement, les pins d'Alep ne paraissent pas affectés par cette baisse de "productivité". Leur biomasse passe de 62,63 t/ha en 1986 à 72,51 t/ha en 2004 soit une production de 9,88 t/ha sur 18 ans et une "productivité" moyenne de 0,55 t/ha. Durant la période précédente (1979-1986), la production a été de 2,9 t/ha et la "productivité" de seulement 0,41 t/ha/an. Ainsi, Ph 2, qui avait gagné 26 mm entre 1979 et 1986, soit +3,71 mm/an, s'est accru de 105 mm entre 1986 et 2004, soit +5,8 mm/an. Ce regain d'activité du pin d'Alep dans une placette de yeuseraie jugée climacique est-elle une donnée atypique ou au contraire constitue-t-elle une donnée nouvelle à intégrer dans le processus dynamique ?

L'examen de la placette P6 de la Solitude fournit des résultats de grand intérêt car elle dévoile un peu ce que pourrait être la dynamique au niveau du climax. La disparition progressive des Ericaceae était un phénomène prévisible, mais le ralentissement de la progression du chêne vert l'était moins, ralentissement peut-être en rapport avec l'exacerbation de la concurrence intraspécifique en dynamique finale. Enfin, le regain du pin d'Alep est également étonnant.

La placette P3

La placette P3, située au débouché du Vallon Noir dans la plaine de la Palud, était déjà considérée en 1979 et en 1986 comme une yeuse-raie proclimacique (stade jeune, antérieur au climax). En 2004, nous parlons plutôt d'une chênaie initiale. L'évolution du peuplement de 1979 à 2004 a été la suivante (Tab.IX) : de 1979 à 1986, aucun changement n'a été constaté parmi les 37 sujets, alors que de 1986 à 2004, la population est tombée à 28 sujets.

Tableau IX. Variation du nombre de sujets par essence ligneuse dans la placette P3 (Vallon Noir, La Palud)

| Espèces | 1979 | 1986 | 2004 |
|----------------------------------------------|------|------|------|
| <i>Quercus ilex</i> | 29 | 29 | 26 |
| <i>Arbutus unedo</i> | 3 | 3 | 0 |
| <i>Erica arborea</i> | 1 | 1 | 0 |
| <i>Pinus halepensis</i> | 3 | 3 | 0 |
| <i>Phillyrea latifolia</i> ssp. <i>media</i> | 1 | 1 | 2 |
| TOTAL | 37 | 37 | 28 |

Les trois arbousiers et l'unique bruyère de 1986 ont disparu ; de même, les trois pins d'Alep, encore visibles, sont écroulés dans la placette. Le nombre des chênes verts demeure quasi identique (28 au lieu de 29), mais ce ne sont pas les mêmes qu'en 1986 : 10 ont disparu et sont inclus à la nécromasse (Qi3, 4, 8, 10, 15-18, 20 et 25 de l'ancienne numérotation), 8 sont de nouveaux venus et 10 seulement sont des sujets pérennes. La concurrence intraspécifique reste donc active chez *Quercus ilex*, désormais seul dans la placette. La disparition des trois pins d'Alep et des dernières Ericaceae s'accompagne d'une croissance significative des chênes verts, en diamètre (Fig. 7) et en surface terrière (Fig. 8), ce qui traduit une évolution très différente de celle de la placette P6.

Le chablis des trois pins d'Alep et la disparition des dernières Ericaceae laissent les chênes verts seuls dans la placette (Tabl. X). Ces dépérissements semblent avoir permis une reprise vigoureuse des

chênes verts et une "productivité" accrue de cette essence. Cette progression est essentiellement le fait des 15 sujets de *Quercus ilex* actifs ; les nouveaux venus n'apportent qu'une biomasse faible du fait de leur taille encore modeste.

Tableau X. Variation de la biomasse des différentes espèces dans la placette P3 (Vallon Noir, La Palud) entre 1979, 1986 et 2004 (pourcentage pondéral par rapport à la biomasse totale de la placette)

| Année | <i>Quercus ilex</i> | <i>Pinus halepensis</i> | Ericaceae | TOTAL |
|-------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1979 | 1 671 kg/200m ² | 1 704 kg/200m ² | 63 kg/200m ² | 3 439 kg/200m ² |
| | 83,24 t/ha | 85,22 t/ha | 3,17 t/ha | 171,63 t/ha |
| | 48,50 % | 49,65 % | 1,85 % | 100 % |
| 1986 | 2 000 kg/200m ² | 1 728 kg/200m ² | 68 kg/200m ² | 3 797 kg/200m ² |
| | 99,68 t/ha | 86,40 t/ha | 3,44 t/ha | 189,50 t/ha |
| | 52,60 % | 45,60 % | 1,80 % | 100 % |
| 2004 | 2 872 kg/200m ² | 0 | 0 | 2 872 kg/200m ² |
| | 144,98 t/ha | 0 | 0 | 144,98 t/ha |
| | 100,00 % | 0 | 0 | 100 % |

La production du *Quercus ilex* durant la séquence 1986-2004 (144,98 t/ha en 2004, contre 99,68 t/ha avant 1986) a été de 45,3 t/ha, ce qui correspond à un incrément annuel de 2,52 t/ha/an (Tabl. XI, XII). Durant la période antérieure (1979-1986), l'accroissement était à peine plus faible, +16,44 t/ha sur 7 ans (99,68 t/ha en 1986 contre 83,24 en 1979), soit un incrément annuel de 2,35 t/ha/an. Cette dynamique progressive de *Quercus ilex* maintenue depuis 25 ans n'est pas sans rapport avec la dynamique inverse du pin d'Alep dans la placette : (i) stagnation durant la période 1979-1986, où la biomasse des pins passe de 85,22 t/ha à 86,40 t/ha, soit une production bien faible de +1,18 t/ha et une "productivité" minime de 0,17 t/ha/an ; (ii) écroulement des sujets et passage à la nécromasse depuis ; 86,40 t/ha sont ainsi passées à la nécromasse (actuellement en partie sur pied ou au sol), ce qui correspond à 45,60 % de la biomasse de P3 (valeur de 1986).

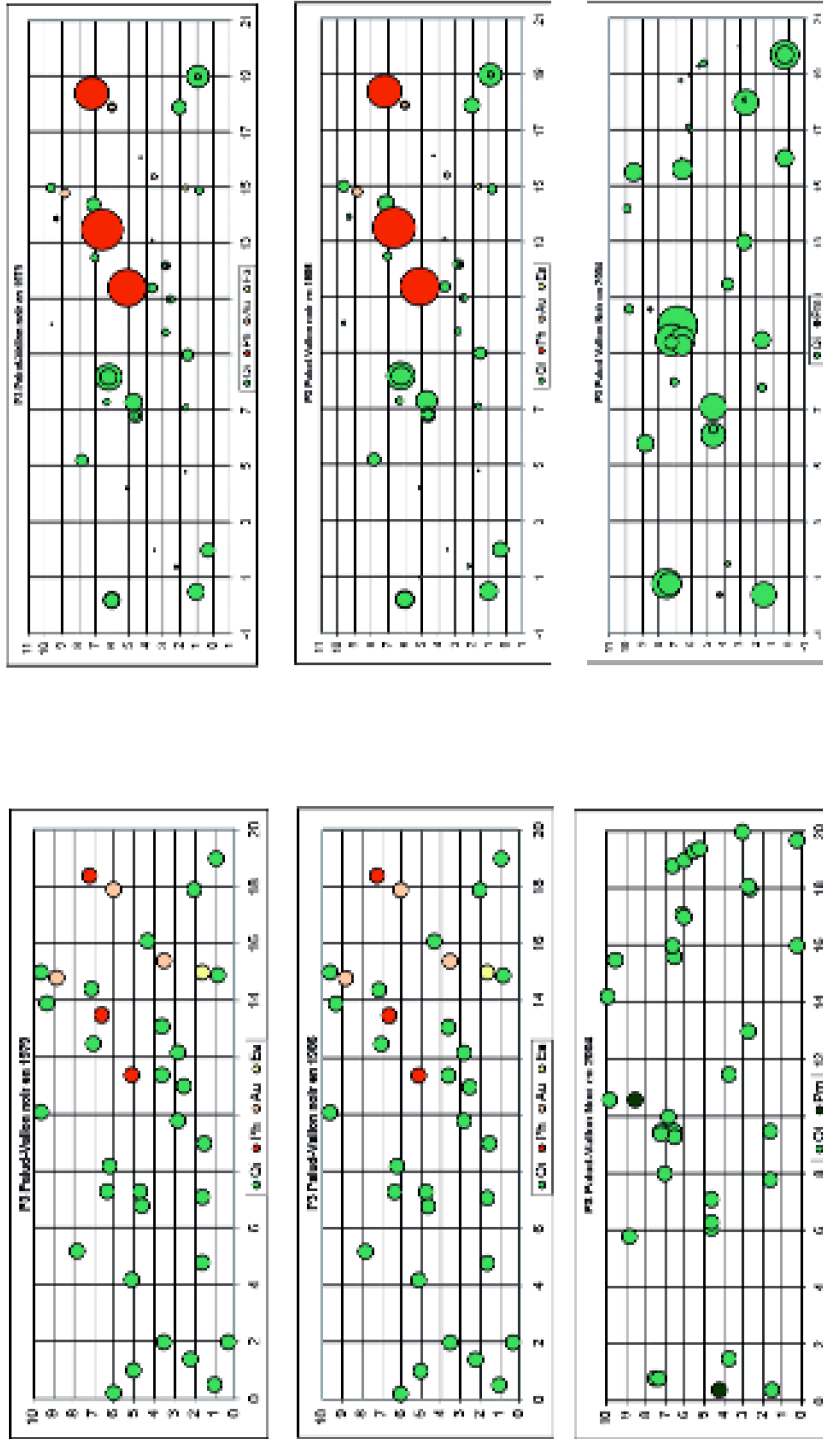


Figure 7. Plan de la placette P3 (Vallon Noir, La Palud) en 1979, 1986 et 2004 (position des sujets à gauche, position des sujets avec indication relative du diamètre à droite). Les coordonnées sont en mètres. Ea = *Erica arborea*, Au = *Arbutus unedo*, Pm = *Phillyrea latifolia* ssp. *media*, Qi = *Quercus ilex*, Ph = *Pirus halepensis*

Au niveau du bilan global de la placette P3, cette perte n'est pas encore compensée. En effet, la biomasse totale en 2004 est de 144,98 t/ha (Tabl. XII) ; elle accuse donc un déficit de 44,52 t/ha, soit -23,5 %, par rapport à la biomasse de 1986 (189,52 t/ha). Nous pouvons remarquer cependant qu'en 18 ans le « rattrapage » de la biomasse est d'environ 50 % et que, toutes choses restant égales, nous pouvons estimer que la récupération complète de la biomasse de 1986 se fera dans 18 ans, soit vers 2022 (rattrapage par le chêne vert de la biomasse perdue par le pin d'Alep).

La placette P3 du Vallon Noir paraît représentative d'une évolution dans un stade proclimacique. Elle conforte les constats souvent émis, que les productivités forestières sont maximales aux stades dynamiques intermédiaires, tendant à baisser ensuite au stade climacique.

Tableau XI. Evolution de la circonférence (en mm) des sujets de la placette P3 (Vallon Noir, La Palud) entre 1979 et 2004. C0, C2, C3, C7 et C25 = circonférence en 1979, 1981, 1982, 1986 et 2004, respectivement. ▲C2, ▲C3, ▲C7 et ▲C25 = évolution de la circonférence après 2, 3, 7 et 25 ans, respectivement. Noter que les numéros des sujets ont été changés entre 1979-1986 et 2004. Les sujets marqués X en 2004 sont ceux qui ont disparu depuis 1986

| Espèces | n°1979 | C0 | C2 | C3 | C7 | ▲C2 | ▲C3 | (i) | ▲C7 | (j) | Espèces | n°2004 | C25 | ▲C25 |
|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------|------|------|
| Q | 1 | 423 | 435 | 439 | 456 | 12 | 16 | + | 33 | + | | X | X | X |
| Qi | 2 | 484 | 498 | 511 | 535 | 14 | 27 | + | 51 | + | Qi | n°2 | 650 | 166 |
| Qi | 3 | 143 | 148 | 149 | 153 | 5 | 6 | - | 10 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 4 | 89 | 89 | 91 | 92 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 5 | 204 | 210 | 214 | 220 | 6 | 10 | + | 16 | + | Qi | n°8 | 252 | 48 |
| Qi | 6 | 523 | 564 | 578 | 614 | 41 | 55 | + | 91 | + | Qi | n°6 | 676 | 153 |
| Qi | 7 | 399 | 412 | 414 | 440 | 13 | 15 | + | 41 | + | Qi | n°5a | 645 | 246 |
| | 7' | 186 | 190 | 192 | 195 | 4 | 6 | + | 9 | 0 | | n°5b | 255 | 69 |
| | 7'' | 237 | 270 | 280 | 340 | 33 | 43 | + | 103 | + | | X | X | X |
| Qi | 8 | 104 | 108 | 110 | 110 | 4 | 6 | + | 6 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 9 | 90 | 99 | 100 | 101 | 9 | 10 | - | 11 | 0 | Qi | n°3 | 154 | 64 |
| Qi | 10 | 112 | 120 | 124 | 124 | 8 | 12 | + | 12 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 11 | 492 | 510 | 510 | 542 | 18 | 18 | - | 50 | + | Qi | n°1a | 765 | 273 |
| | 11' | 453 | 468 | 470 | 488 | 15 | 17 | + | 35 | + | | n°1b | 580 | 127 |
| Qi | 12 | 372 | 380 | 382 | 394 | 8 | 10 | + | 22 | + | Qi | n°4 | 460 | 88 |
| Qi | 13 | 225 | 235 | 236 | 237 | 10 | 11 | - | 12 | 0 | Qi | n°7 | 235 | 10 |
| Qi | 14 | 396 | 410 | 411 | 431 | 14 | 15 | - | 35 | + | Qi | n°9e | 380 | -16 |
| | 14' | 459 | 475 | 475 | 494 | 16 | 16 | - | 35 | + | | n°9d | 532 | 73 |
| | 14'' | 761 | 773 | 781 | 796 | 12 | 20 | + | 35 | + | | n°9a | 1020 | 259 |
| | 14''' | 348 | 351 | 360 | 360 | 3 | 12 | - | 12 | 0 | | n°9c | 653 | 305 |
| | 14'''' | 489 | 513 | 518 | 558 | 24 | 29 | + | 69 | + | | n°9b | 810 | 321 |
| Qi | 15 | 263 | 265 | 265 | 268 | 2 | 2 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Qi | 16 | 201 | 202 | 198 | 208 | 1 | -3 | 0 | 7 | + | | X | X | X |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|----|----|---|----|---|----|--------|-------|-----|---|
| | 16' | 358 | 365 | 365 | 370 | 7 | 7 | - | 12 | 0 | Qi | n°10 | 445 | 87 | |
| Qi | 17 | 233 | 233 | 233 | 232 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | | X | X | X | |
| Qi | 18 | 244 | 247 | 250 | 252 | 3 | 6 | - | 8 | 0 | | X | X | X | |
| | 18' | 100 | 100 | 101 | 100 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X | |
| Qi | 19 | 245 | 273 | 280 | 310 | 28 | 35 | + | 65 | + | Qi | n°13 | 425 | 180 | |
| | 19' | 169 | 169 | 169 | 169 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Qi | X | X | X | |
| Qi | 20 | 115 | 117 | 120 | 121 | 2 | 5 | 0 | 6 | 0 | Qi | X | X | X | |
| Qi | 21 | 301 | 305 | 311 | 320 | 4 | 10 | + | 19 | + | Qi | n°12 | 328 | 27 | |
| Qi | 22 | 377 | 382 | 382 | 390 | 5 | 5 | 0 | 13 | + | Qi | n°25b* | 460 | 83 | |
| | 22' | 632 | 646 | 649 | 656 | 14 | 17 | + | 24 | + | | n°25a* | 745 | 113 | |
| | 22'' | 204 | 204 | 204 | 207 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X | |
| Qi | 23 | 254 | 275 | 283 | 299 | 21 | 29 | + | 45 | + | Qi | n°18 | 461 | 207 | |
| Qi | 24 | 421 | 436 | 444 | 465 | 15 | 23 | + | 44 | + | Qi | n°20a | 640 | 219 | |
| Qi | 25 | 92 | 96 | 98 | 102 | 4 | 6 | + | 10 | 0 | | X | X | X | |
| Qi | 26 | 425 | 436 | 439 | 468 | 11 | 14 | + | 43 | + | Qi | n°16 | 543 | 118 | |
| Qi | 27 | 100 | 113 | 115 | 144 | 13 | 15 | + | 44 | + | Qi | n°11 | 245 | 145 | |
| Qi | 28 | 178 | 185 | 190 | 203 | 7 | 12 | + | 25 | + | Qi | n°14 | 243 | 65 | |
| | 28' | 86 | 88 | 88 | 90 | 2 | 2 | 0 | 4 | 0 | | X | X | X | |
| Qi | 29 | 281 | 310 | 312 | 349 | 29 | 31 | + | 68 | + | Qi | n°15 | 485 | 204 | |
| Ph | 1 | 1072 | 1080 | 1082 | 1090 | 8 | 10 | + | 18 | + | | X | X | X | |
| Ph | 2 | 1176 | 1175 | 1175 | 1173 | -1 | -1 | 0 | -3 | 0 | | X | X | X | |
| Ph | 3 | 950 | 950 | 953 | 958 | 0 | 3 | 0 | 8 | 0 | | X | X | X | |
| PI | 1 | 146 | 149 | 149 | 152 | 3 | 3 | 0 | 6 | 0 | | X | X | X | |
| Au | 1 | 201 | 201 | 201 | 202 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X | |
| Au | 2 | 260 | 270 | 275 | 270 | 10 | 15 | + | 10 | 0 | | X | X | X | |
| | 2' | 200 | 200 | 202 | 202 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | | X | X | X | |
| Au | 3 | 290 | 292 | 295 | 303 | 2 | 5 | 0 | 13 | + | | X | X | X | |
| Ea | 1 | 188 | 189 | 188 | 188 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X | |
| Composition du peuplement : | | | | | | | | | | | | Qi | n°17 | 90 | 0 |
| en 1979 : 29Qi + 3Ph + 1PI + 3Au + 1Ea = 37 | | | | | | | | | | | | Qi | n°19a | 203 | 0 |
| en 2004 : 26Qi + 2Pm = 28 | | | | | | | | | | | | | n°19b | 152 | 0 |
| (i) = indice de vitalité : + = actif, | | | | | | | | | | | | Qi | n°20b | 135 | 0 |
| 0 = moribond, - = inhibé | | | | | | | | | | | | Qi | n°21 | 127 | 0 |
| Qi = <i>Quercus ilex</i> | | | | | | | | | | | | Qi | n°22 | 130 | 0 |
| Au = <i>Arbutus unedo</i> | | | | | | | | | | | | Qi | n°23 | 119 | 0 |
| Ph = <i>Pinus halepensis</i> | | | | | | | | | | | | Qi | n°24 | 203 | 0 |
| Ea = <i>Erica arborea</i> | | | | | | | | | | | | Qi | n°26 | 100 | 0 |
| PI = <i>Pistacia lentiscus</i> | | | | | | | | | | | | Pm | n°1 | 155 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | Pm | n°2a* | 146 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | n°2b* | 125 | 0 |

Tableau XII. Biomasse épigée (en kg) et surface terrière (en cm²) des sujets en 2004, dans la placette P3 (Vallon Noir, La Palud). C25 = circonférence (en cm) en 2004.

| Espèce | N° 2004 | C25 | Coordonnées | Biomasse | Surface terrière |
|----------------------------|---------|--------------|--------------|----------|------------------|
| <i>Quercus ilex</i> | n°1a | 76,5 | (0,8 ; 7,5) | 216,70 | 465,71 |
| | n°1b | 58,0 | (0,8 ; 7,3) | 123,73 | 267,70 |
| | n°2 | 65,0 | (0,4 ; 1,5) | 155,90 | 336,21 |
| | n°3 | 15,4 | (1,5 ; 3,7) | 6,89 | 18,87 |
| | n°4 | 46,0 | (5,8 ; 8,8) | 77,09 | 168,39 |
| | n°5a | 64,5 | (6,10 ; 4,6) | 153,48 | 331,06 |
| | n°5b | 25,5 | (6,3 ; 4,6) | 22,33 | 51,75 |
| | n°6 | 67,6 | (7,10 ; 4,6) | 168,78 | 363,65 |
| | n°7 | 23,5 | (8 ; 7) | 18,66 | 43,95 |
| | n°8 | 25,2 | (7,8 ; 1,6) | 21,76 | 50,53 |
| | n°9a | 102,0 | (10 ; 6,8) | 386,78 | 827,92 |
| | n°9b | 81,0 | (9,5 ; 7,2) | 243,19 | 522,11 |
| | n°9c | 65,3 | (9,5 ; 6,5) | 157,36 | 339,33 |
| | n°9d | 53,2 | (9,3 ; 6,5) | 103,78 | 225,22 |
| | n°9e | 38,0 | (9,4 ; 7,2) | 51,98 | 114,91 |
| | n°10 | 44,5 | (9,5 ; 1,6) | 72,02 | 157,58 |
| | n°11 | 24,5 | (10,6 ; 9,8) | 20,46 | 47,77 |
| | n°12 | 32,8 | (11,5 ; 3,7) | 38,23 | 85,61 |
| | n°13 | 42,5 | (13 ; 2,7) | 65,52 | 143,74 |
| | n°14 | 24,3 | (14,2 ; 9,9) | 20,09 | 46,99 |
| | n°15 | 48,5 | (15,5 ; 9,5) | 85,92 | 187,19 |
| | n°16 | 54,3 | (15,6 ; 6,5) | 108,20 | 234,63 |
| | n°17 | 9,0 | (1,6 ; 6,6) | 1,05 | 6,45 |
| | n°18 | 46,1 | (16 ; 0,2) | 77,44 | 169,12 |
| | n°19a | 20,3 | (17,1 ; 6,1) | 13,43 | 32,79 |
| | n°19b | 15,2 | (17 ; 6) | 6,66 | 18,39 |
| n°20a | 64,0 | (18 ; 2,6) | 151,08 | 325,95 | |
| n°20b | 13,5 | (18,1 ; 2,7) | 4,84 | 14,50 | |
| n°21 | 12,7 | (18,8 ; 6,6) | 4,05 | 12,84 | |
| n°22 | 13,0 | (19 ; 6) | 4,34 | 13,45 | |
| n°23 | 11,9 | (19,3 ; 5,5) | 3,32 | 11,27 | |
| n°24 | 20,3 | (19,4 ; 5,2) | 13,43 | 32,79 | |
| n°25a* | 74,5 | (19,7 ; 0,2) | 205,42 | 441,67 | |
| n°25b* | 46,0 | (19,7 ; 0,2) | 77,09 | 168,39 | |
| n°26 | 10,0 | (20 ; 3) | 1,76 | 7,96 | |
| <i>Phillyrea latifolia</i> | | | | | |
| <i>ssp. media</i> | n°1 | 15,5 | (0,4 ; 4,2) | 7,01 | 19,12 |
| | n°2a* | 14,6 | (10,6 ; 8,5) | 5,99 | 16,96 |
| | n°2b* | 12,5 | (10,6 ; 8,5) | 3,87 | 12,43 |
| Total en kg/placette | | | | 2899,64 | 6334,89 |
| Total en tonne/ha | | | | 144,98 | 31,67 |

La placette P5

La placette P5 est située à la Sardinière. Bénéficiant pour cette placette d'un comptage de population intermédiaire un peu plus tardif (1988), nous pouvons en faire une rétrospective plus fine que pour les deux autres placettes (Fig. 8, Tabl. XIII).

En 1979, l'assimilation de la placette à un maquis élevé âgé n'était pas contestable avec, sur les 79 sujets, 66 Ericaceae (83,5 % de la population), 2 pins d'Alep et 11 chênes verts (13,9 % de la population). En 1988, la situation avait déjà changé, avec un peuplement total de 47 sujets seulement (40,5 % de sujets en moins) ; nous pouvions parler alors d'une chênaie-maquis mixte (25,5 % de *Quercus ilex* et 70% d'Ericaceae). En 2004, la population est tombée à 32 sujets (21 pérennes et 11 nouveaux venus), soit une perte de 58 % par rapport à 1979 et de 30 % par rapport à 1988. Malgré une présence encore conséquente d'Ericaceae (14 sur 32), le peuplement se rapproche de celui d'une chênaie initiale (avec 50 % de sclérophylles, *Quercus ilex*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia* ssp. *media*).

Dans aucune placette n'a été observé un effondrement aussi spectaculaire du nombre de ligneux, passant de 79 sujets (1979) à 47 (1988) et seulement 32 en 2004, soit une perte de 60 % en nombre d'individus depuis 1979. L'effondrement est surtout le fait des Ericaceae, qui encombrant aujourd'hui le milieu d'entrelacs de branches mortes (attached-dead). La population de *Erica arborea* passe de 42 sujets en 1979, à 18 en 1988 et 3 seulement en 2004 ; celle de *Arbutus unedo* passe de 24 sujets en 1979, à 15 en 1988 et à 11 en 2004.

Tableau XIII. Variation du nombre de sujets par essence ligneuse dans la placette P5 (Sardinière)

| Espèces | 1979 | 1988 | 2004 |
|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|
| <i>Quercus ilex</i> | 11 | 12 | 11 |
| <i>Pinus halepensis</i> | 2 | 2 | 2 |
| <i>Arbutus unedo</i> | 24 | 15 | 11 |
| <i>Erica arborea</i> | 42 | 18 | 3 |
| <i>Pistacia lentiscus</i> et <i>Phillyrea latifolia</i> ssp. <i>media</i> | 0 | 0 | 5 |
| TOTAL | 79 | 47 | 32 |

La vitalité des Ericaceae encore vivants est moyenne pour l'arbousier (4 sujets actifs, 3 inhibés et 2 moribonds parmi les 9 pérennes) et faible pour la bruyère (1 sujet actif, 1 inhibé et 1 moribond).

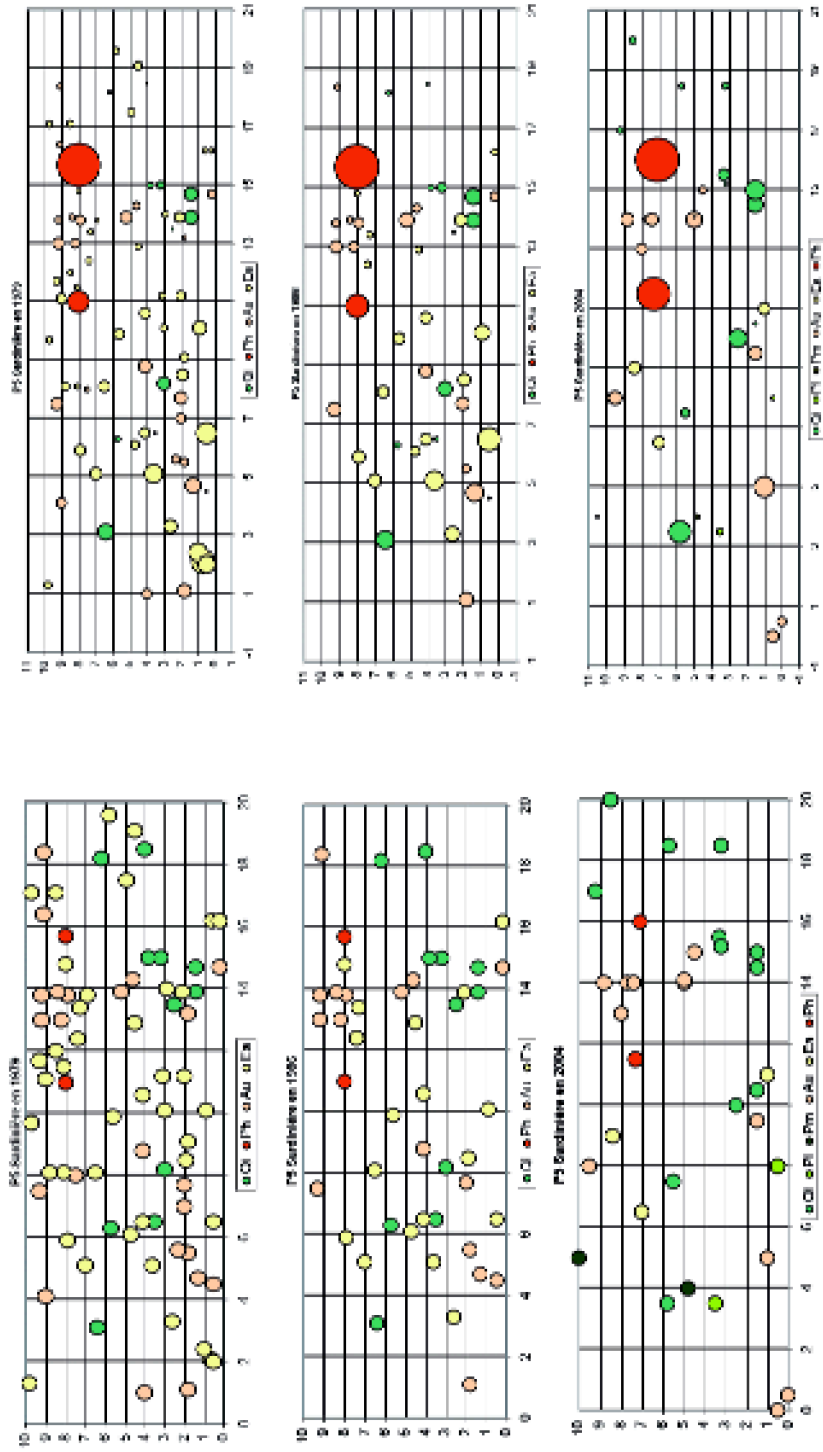


Figure 8. Plan de la placette P5 (Sardinière) en 1979, 1986 et 2004 (position des sujets avec indication relative du diamètre à droite). Les coordonnées sont en mètres. Ea = *Erica arborea*, Au = *Arbutus unedo*, Qi = *Quercus ilex*, Ph = *Pinus halepensis*, Qs = *Quercus suber*, Pl = *Pistacia lentiscus*

Bien que le nombre de pieds reste le même (11 sujets) la participation relative du *Quercus ilex* progresse de 13,9 % de la population en 1979 à 25,5 % en 1988 à 33 % en 2004. Tous sont des sujets actifs sauf le Qi 9 de l'ancienne numérotation qui est mort sur pied (sans doute parasité par *Corebus*) (Tabl. XV, XVI). Les deux Pins d'Alep présents en 1979 tiennent toujours bien leur place ; ils sont tous deux classés « actifs ». Ph 2, ayant la circonférence la plus importante (1 075 mm), a une croissance modérée de +1,95 mm/an (période 1986-2004) alors que Ph 1 (826 mm) a une croissance forte de 14,8 mm/an (un record).

Au total, si nous nous référons à la figure 8, la chute de la population des Ericaceae est particulièrement frappante, la progression de chênes verts dans la strate arborescente inférieure est manifeste tandis que le pin d'Alep tient toujours sa place, dominant dans la strate arborescente supérieure. Tout comme dans la placette P6, le recul (annoncé) du Pin d'Alep n'est pas encore sensible.

La lecture du tableau XIV, relatif à l'évolution des biomasses, conforte et affine les résultats obtenus par l'étude du peuplement. Ici, comme au Vallon Noir (P3) le regain de vitalité et les accroissements conséquents du chêne vert (et aussi du pin d'Alep) ne compensent pas l'hécatombe des Ericaceae et la placette de la Sardinière n'a pas encore regagné sa biomasse de 1986 (105,19 t/ha en 1979, 117,84 t/ha en 1986 et 94,95 t/ha en 2004). En ce qui concerne les Ericaceae, il existe un décalage entre l'évolution du peuplement et celui de la biomasse. De 1979 à 1986, le nombre de sujets amorce une chute importante (Tabl. XIV) mais les biomasses progressent encore (de 60,62 t/ha en 1979 à 69,31 t/ha en 1986) ; cela signifie que, pendant cette période, la concurrence intraspécifique jouait toujours chez les Ericaceae, avec une élimination des sujets jeunes et un accroissement encore sensible des sujets âgés. L'élimination des sujets âgés s'est produite après 1986. Dans cette dynamique régressive, l'arbousier résiste plus longtemps. Sa participation pondérale passe de 24,18 t/ha en 1986 à 20,95 t/ha en 2004, soit une perte pondérale de 13,5 %. La biomasse de la bruyère arborescente passe de 45,13 t/ha en 1986 à 4,04 t/ha en 2004, soit une perte pondérale de 91 %.

La disparition des Ericaceae (*Erica arborea* d'abord, puis *Arbutus unedo*) de la placette P5 semble donc programmée pour les prochaines décennies. Cette place vide profite au chêne vert, dont la participation pondérale passe de 11% (11,58 t/ha) en 1979, à 12 % (14,15 t/ha) en 1986 et 25,8 % (24,51 t/ha) en 2004 ; cette progression s'avère somme toute modérée. Plus étonnant est le regain du pin d'Alep qui passe d'une participation pondérale de 29,2 % (34,4 t/ha) en 1986 à celle de 47,85 % (45,44 t/ha) en 2004. C'est un vainqueur inattendu et sans doute temporaire.

Tableau XIV. Variation de la biomasse des différentes espèces dans la placette P5 (Vallon Noir, La Sardinière) entre 1979, 1986 et 2004 (pourcentage pondéral par rapport à la biomasse totale de la placette)

| Année | <i>Quercus ilex</i> | <i>Pinus halepensis</i> | <i>Arbutus unedo</i> | <i>Erica arborea</i> | Ericaceae | TOTAL |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1979 | 231 kg/200m ² | 659 kg/200m ² | 414 kg/200m ² | 798 kg/200m ² | 1 212 kg/200m ² | 2 103 kg/200m ² |
| | 11,58 t/ha | 32,98 t/ha | 20,7 t/ha | 60,62 t/ha | 60,62 t/ha | 105,19 t/ha |
| | 11,00 % | 31,35 % | 19,68 % | 57,63 % | 57,63 % | 100 % |
| 1986 | 282 kg/200m ² | 688 kg/200m ² | 483 kg/200m ² | 902 kg/200m ² | 1 386 kg/200m ² | 2 356 kg/200m ² |
| | 14,12 t/ha | 34,4 t/ha | 24,18 t/ha | 45,13 t/ha | 69,31 t/ha | 117,84 t/ha |
| | 12,05 % | 29,20 % | 20,52 % | 38,30 % | 58,80 % | 100 % |
| 2004 | 490 kg/200m ² | 908 kg/200m ² | 419 kg/200m ² | 80 kg/200m ² | 500 kg/200m ² | 1 899 kg/200m ² |
| | 24,51 t/ha | 45,44 t/ha | 20,96 t/ha | 4,04 t/ha | 25 t/ha | 94,95 t/ha |
| | 25,80 % | 47,86 % | 22,07 % | 4,25 % | 26,32 % | 100 % |

Tableau XV. Evolution de la circonférence (en mm) des sujets de la placette P5 (Sardinière) entre 1979 et 2004. C0, C2, C3, C7 et C25 = circonférence en 1979, 1981, 1982, 1986 et 2004, respectivement. ▲C2, ▲C3, ▲C7 et ▲C25 = évolution de la circonférence après 2, 3, 7 et 25 ans, respectivement. Noter que les numéros des sujets ont été changés entre 1979-1986 et 2004. Les sujets marqués X en 2004 sont ceux qui ont disparu depuis 1986

| Espèces | n°1979 | C0 | C2 | C3 | C7 | ▲C2 | ▲C3 | (i) | ▲C7 | (j) | Espèces | n°2004 | C25 | ▲C25 |
|---------|--------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------|-------|------|
| Qi | 1 | 358 | 377 | 375 | 394 | 19 | 17 | - | 36 | + | Qi | n°6 | 505 | 147 |
| Qi | 2 | 352 | 367 | 365 | 380 | 15 | 13 | - | 28 | + | Qi | n°5 | 413 | 61 |
| Qi | 3 | 105 | 108 | 112 | 110 | 3 | 7 | - | 5 | 0 | X | X | X | |
| Qi | 4 | 219 | 238 | 238 | 247 | 19 | 19 | - | 28 | + | Qi | n°7a | 315 | 96 |
| Qi | 5 | 172 | 173 | 171 | 169 | 1 | -1 | 0 | -3 | 0 | X | X | X | |
| Qi | 6 | 80 | 98 | 102 | 114 | 18 | 22 | + | 34 | + | Qi | n°9 | 192 | 112 |
| Qi | 7 | 131 | 135 | 140 | 141 | 4 | 9 | + | 10 | 0 | Qi | n°10 | 180 | 49 |
| Qi | 8 | 413 | 432 | 436 | 446 | 19 | 23 | + | 33 | + | Qi | n°1 | 558 | 145 |
| Qi | 9 | 102 | 113 | 116 | 130 | 11 | 14 | + | 28 | + | X | X | X | |
| Qi | 10 | 153 | 153 | 160 | 175 | 0 | 7 | + | 22 | + | Qi | n°2 | 255 | 102 |
| Qi | 11 | 331 | 347 | 351 | 365 | 16 | 20 | + | 34 | + | Qi | n°3 | 482 | 151 |
| Ph | 1 | 1028 | 1035 | 1036 | 1040 | 7 | 8 | - | 12 | - | Ph | n°2 | 1 075 | 47 |
| Ph | 2 | 530 | 540 | 546 | 560 | 10 | 16 | + | 30 | + | Ph | n°1 | 826 | 296 |
| Au | 1 | 233 | 246 | 243 | 253 | 13 | 10 | - | 20 | + | X | X | X | |
| Au | 2 | 140 | 142 | 142 | 142 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | X | X | X | |
| Au | 3 | 165 | 170 | 171 | 174 | 5 | 6 | - | 9 | 0 | X | X | X | |
| Au | 4 | 172 | 170 | 169 | 170 | -2 | -3 | 0 | -2 | 0 | X | X | X | |
| Au | 5 | 188 | 203 | 205 | 211 | 15 | 17 | + | 23 | + | X | X | X | |
| Au | 6 | 288 | 292 | 295 | 310 | 4 | 7 | + | 22 | + | Au | n°7 | 363 | 75 |
| Au | 7 | 266 | 272 | 274 | 285 | 6 | 8 | + | 19 | + | Au | n°9 | 338 | 72 |
| Au | 8 | 177 | 180 | 184 | 186 | 3 | 7 | - | 9 | 0 | Au | n°8 | 195 | 18 |
| Au | 9 | 250 | 257 | 260 | 266 | 7 | 10 | + | 16 | + | Au | n°6 | 290 | 40 |
| Au | 10 | 162 | 165 | 165 | 165 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | X | X | X | |
| Au | 11 | 330 | 333 | 335 | 349 | 3 | 5 | 0 | 19 | + | Au | n°4 | 355 | 25 |

| Espèces | n°1979 | CO | C2 | C3 | C7 | ▲C2 | ▲C3 | (j) | ▲C7 | (j) | Espèces | n°2004 | C25 | ▲C25 |
|---------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------|-----|------|
| Au | 12 | 265 | 269 | 270 | 272 | 4 | 5 | 0 | 7 | 0 | | X | X | X |
| Au | 13 | 256 | 256 | 259 | 259 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X |
| Au | 14 | 349 | 351 | 356 | 363 | 2 | 7 | - | 14 | + | | X | X | X |
| Au | 15 | 95 | 100 | 97 | 100 | 5 | 2 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Au | 16 | 395 | 410 | 419 | 443 | 15 | 24 | + | 48 | + | Au | n°3 | 535 | 140 |
| Au | 17 | 215 | 218 | 220 | 230 | 3 | 5 | 0 | 15 | + | | X | X | X |
| Au | 18 | 231 | 238 | 238 | 240 | 7 | 7 | - | 9 | 0 | | X | X | X |
| Au | 19 | 213 | 217 | 216 | 214 | 4 | 3 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Au | 20 | 260 | 264 | 264 | 263 | 4 | 4 | 0 | 3 | 0 | | X | X | X |
| Au | 21 | 318 | 324 | 330 | 342 | 6 | 12 | + | 24 | + | Au | n°5 | 355 | 37 |
| Au | 22 | 345 | 348 | 345 | 342 | 3 | 0 | 0 | -3 | 0 | | X | X | X |
| Au | 23 | 225 | 235 | 232 | 226 | 10 | 7 | - | 1 | 0 | Au | n°11 | 235 | 10 |
| Au | 24 | 321 | 334 | 338 | 366 | 13 | 17 | + | 45 | + | Au | n°10a | 419 | 98 |
| Ea | 1 | 163 | 165 | 165 | 164 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 2 | 156 | 161 | 167 | 170 | 5 | 11 | + | 14 | - | | X | X | X |
| Ea | 3 | 283 | 301 | 301 | 321 | 18 | 18 | - | 38 | + | | X | X | X |
| Ea | 4 | 193 | 200 | 200 | 201 | 7 | 7 | - | 8 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 5 | 230 | 236 | 235 | 236 | 6 | 5 | 0 | 6 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 6 | 195 | 195 | 200 | 200 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 7 | 220 | 220 | 222 | 220 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 8 | 209 | 210 | 214 | 214 | 1 | 5 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 9 | 191 | 192 | 190 | 195 | 1 | -1 | 0 | 4 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 10 | 155 | 155 | 155 | 160 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 11 | 185 | 193 | 195 | 198 | 8 | 10 | + | 13 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 12 | 157 | 157 | 155 | 154 | 0 | -2 | 0 | -3 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 13 | 165 | 163 | 165 | 164 | -2 | 0 | 0 | -1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 14 | 283 | 281 | 281 | 280 | -2 | -2 | 0 | -3 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 15 | 215 | 217 | 216 | 216 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 16 | 181 | 183 | 184 | 186 | 2 | 3 | 0 | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 17 | 163 | 167 | 171 | 168 | 4 | 8 | + | 5 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 18 | 235 | 242 | 243 | 245 | 7 | 8 | - | 10 | 0 | Ea | n°2 | 345 | 110 |
| Ea | 19 | 295 | 307 | 309 | 316 | 12 | 14 | + | 21 | + | Ea | n°1 | 330 | 35 |
| Ea | 20 | 200 | 201 | 200 | 199 | 1 | 0 | 0 | -1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 21 | 360 | 364 | 363 | 375 | 4 | 3 | 0 | 15 | + | | X | X | X |
| Ea | 22 | 584 | 590 | 595 | 618 | 6 | 11 | + | 34 | + | | X | X | X |
| Ea | 23 | 460 | 460 | 460 | 461 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 24 | 428 | 434 | 436 | 470 | 6 | 8 | + | 42 | + | | X | X | X |
| Ea | 25 | 453 | 456 | 460 | 467 | 3 | 7 | - | 14 | + | | X | X | X |
| Ea | 26 | 520 | 534 | 537 | 561 | 14 | 17 | + | 41 | + | | X | X | X |
| Ea | 27 | 270 | 270 | 270 | 271 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | | X | X | X |
| Ea | 28 | 275 | 284 | 290 | 298 | 9 | 15 | + | 23 | + | | X | X | X |
| Ea | 29 | 239 | 240 | 240 | 257 | 1 | 1 | 0 | 18 | + | | X | X | X |
| Ea | 30 | 318 | 322 | 327 | 341 | 4 | 9 | + | 23 | + | | X | X | X |

| Espèces n°1979 | C0 | C2 | C3 | C7 | C2 | C3 (i) | C7 (i) | Espèces n°2004 | C25 | C25 | |
|----------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|--------|-----------|----------------|-----|-------|-----|
| Ea | 31 | 288 | 291 | 294 | 306 | 3 | 6 - 18 + | | X | X | X |
| Ea | 32 | 308 | 314 | 316 | 318 | 6 | 8 + 10 0 | Ea n°3 | 327 | 19 | |
| Ea | 33 | 241 | 246 | 248 | 255 | 5 | 7 + 14 + | | X | X | X |
| Ea | 34 | 293 | 299 | 296 | 296 | 6 | 3 0 3 0 | | X | X | X |
| Ea | 35 | 282 | 287 | 295 | 298 | 5 | 13 + 16 0 | | X | X | X |
| Ea | 36 | 205 | 210 | 208 | 205 | 5 | 3 0 0 0 | | X | X | X |
| Ea | 37 | 200 | 205 | 202 | 197 | 5 | 2 0 -3 0 | | X | X | X |
| Ea | 38 | 374 | 385 | 395 | 400 | 11 | 21 + 26 0 | | X | X | X |
| Ea | 39 | 259 | 260 | 260 | 263 | 1 | 1 0 4 0 | | X | X | X |
| Ea | 40 | 189 | 190 | 190 | 199 | 1 | 1 0 10 + | | X | X | X |
| Ea | 41 | 128 | 130 | 130 | 128 | 2 | 2 0 0 0 | | X | X | X |
| Ea | 42 | 175 | 175 | 181 | 185 | 0 | 6 0 10 0 | | X | X | X |
| Composition du peuplement : | | | | | | | | | Qi | n°4 | 115 |
| en 1979 : 11Qi + 2Ph + 24Au + 42Ea = 79 | | | | | | | | | Qi | n°7b | 120 |
| en 2004 : 11Qi + 2Ph + 11Au + 3Ea + 2Pl + 3Pm = 32 | | | | | | | | | Qi | n°8 | 177 |
| P5 SARDINIÈRE | | | | | | | | | Qi | n°11 | 208 |
| C0 = circonférence en mm en 1979 | | | | | | | | | Au | n°1 | 325 |
| (i) = indice de vitalité : + = actif, 0 = moribond, - = inhibé | | | | | | | | | Au | n°2 | 255 |
| Qi = <i>Quercus ilex</i> | | | | | | | | | Au | n°10b | 105 |
| Au = <i>Arbutus unedo</i> | | | | | | | | | Pl | n°1 | 193 |
| Ph = <i>Pinus halepensis</i> | | | | | | | | | Pl | n°2 | 135 |
| Ea = <i>Erica arborea</i> | | | | | | | | | Pm | n°1 | 100 |
| Pm = <i>Phillyrea latifolia ssp. media</i> | | | | | | | | | Pm | n°2 | 143 |
| Pl = <i>Pistacia lentiscus</i> | | | | | | | | | Pm | n°3 | 103 |

Tableau XVI. Biomasse épigée (en kg) et surface terrière (en cm²) des sujets en 2004, dans la placette P5 (Sardinière). C25 = circonférence (en cm) en 2004.

| Espèce | N° 2004 | C25 | Coordonnées | Biomasse | Surface terrière |
|---------------------------|---------|------------|--------------|----------|------------------|
| <i>Quercus ilex</i> | n°1 | 55,8 | (3,5 ; 5,8) | 114,37 | 247,78 |
| | n°2 | 25,5 | (7,5 ; 5,5) | 22,33 | 51,75 |
| | n°3 | 48,2 | (10 ; 2,5) | 84,84 | 184,88 |
| | n°4 | 11,5 | (10,5 ; 1,5) | 2,97 | 10,52 |
| | n°5 | 41,3 | (14,5 ; 1,5) | 61,76 | 135,73 |
| | n°6 | 50,5 | (15 ; 1,5) | 93,32 | 202,94 |
| | n°7a | 31,5 | (15,5 ; 3,3) | 35,10 | 78,96 |
| | n°7b | 12,0 | (15,2 ; 3,2) | 3,41 | 11,46 |
| | n°8 | 17,7 | (17 ; 9,2) | 9,73 | 24,93 |
| | n°9 | 19,2 | (18,5 ; 3,2) | 11,80 | 29,34 |
| | n°10 | 18,0 | (18,5 ; 5,7) | 10,13 | 25,78 |
| n°11 | 20,8 | (20 ; 8,5) | 14,19 | 34,43 | |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | n°1 | 19,3 | (3,5 ; 3,5) | 11,95 | 29,64 |
| | n°2 | 13,5 | (8 ; 0,5) | 4,84 | 14,50 |

| Espèce | N° 2004 | C25 | Coordonnées | Biomasse | Surface terrière |
|------------------------------------------------|---------|------------|--------------|----------|------------------|
| <i>Phillyrea latifolia</i> <i>ssp.media</i> | n°1 | 10,0 | (4 ; 10,5) | 1,76 | 7,96 |
| | n°2 | 14,3 | (4 ; 4,8) | 5,67 | 16,27 |
| | n°3 | 10,3 | (5 ; 10) | 1,99 | 8,44 |
| <i>Arbutus unedo</i> | n°1 | 32,5 | (0 ; 0,5) | 30,74 | 84,05 |
| | n°2 | 25,5 | (0,5 ; 0) | 16,24 | 51,75 |
| | n°3 | 53,5 | (5 ; 1) | 114,04 | 227,77 |
| | n°4 | 35,5 | (8 ; 9,5) | 38,78 | 100,29 |
| | n°5 | 35,5 | (9,5 ; 1,5) | 38,78 | 100,29 |
| | n°6 | 29,0 | (13 ; 8) | 22,78 | 66,92 |
| | n°7 | 36,3 | (14 ; 8,8) | 41,12 | 104,86 |
| | n°8 | 19,5 | (14 ; 7,7) | 8,02 | 30,26 |
| | n°9 | 33,8 | (14 ; 7,4) | 34,08 | 90,91 |
| | n°10a | 41,9 | (14 ; 5) | 59,97 | 139,71 |
| | n°10b | 10,5 | (14,1 ; 5) | 1,57 | 8,77 |
| n°11 | 23,5 | (15 ; 4,5) | 13,10 | 43,95 | |
| <i>Erica arborea</i> | n°1 | 33,0 | (6,5 ; 7) | 26,08 | 86,66 |
| | n°2 | 34,5 | (9 ; 8,4) | 29,22 | 94,72 |
| | n°3 | 32,7 | (11 ; 1) | 25,47 | 85,09 |
| <i>Pinus halepensis</i> | n°1 | 82,6 | (11,5 ; 7,3) | 335,47 | 5 42,94 |
| | n°2 | 107,5 | (16 ; 7,1) | 573,39 | 919,62 |
| Total en kg/200m ² | | | | 1 899,04 | 3 893,86 |
| Total en tonne/ha | | | | 94,95 | 19,47 |

La placette de la Sardinière, observée pendant 25 ans, nous a permis de suivre la dynamique de passage du maquis élevé à la chênaie-maquis mixte dans un premier temps, de la chênaie mixte à la chênaie initiale ensuite. La concurrence intraspécifique joue en premier (surtout chez les Ericaceae), et elle est responsable de la diminution du nombre total des individus. La concurrence interspécifique joue ensuite. Lentement, les chênes verts s'imposent par concurrence hypogée d'abord, puis concurrence au niveau du couvert pour la lumière quand les chênes verts atteignent la strate arborée et dépassent en taille les Ericaceae. Mais cette progression n'est pas fulgurante et le pin d'Alep peut profiter momentanément de cette dynamique intermédiaire.

DISCUSSION

Aussi bien l'étude cartographique du couvert forestier que l'analyse diachronique des placettes permanentes mettent en évidence partout sur l'île de Port-Cros la « remontée biologique » du chêne vert vers son stade climacique, l'*Arisaro-Quercetum ilicis*. Le fait est particulièrement sensible en comparant la carte phytosociologique de 1969 avec celle levée en 2002-2004. (fig. 1 et 2)

La restriction en peau de chagrin du maquis élevé, l'extension de la chênaie mixte aux dépens du maquis, l'extension de la chênaie initiale aux dépens de la chênaie mixte et la progression locale de la yeuseraie climacique sont partout constatées. Cette translation dynamique d'associations végétales s'est faite en 35 ans, ce qui permet d'estimer pour la première fois la vitesse de la dynamique de retour au climax à Port-Cros, dans ses derniers stades du moins.

En effet, l'île de Port-Cros, et notamment le fond du Vallon de la Solitude, étaient encore cultivés au début du XX^e siècle (Jahandiez, 1929) ; on peut donc estimer à une centaine d'années le temps nécessaire pour accomplir un cycle climacique complet allant des pelouses annuelles à la cistaie, puis au maquis et enfin à la yeuseraie. Cette estimation de 100 ans est une moyenne qui peut varier selon les conditions stationnelles (le retour au pédoclimax est certainement plus long). Cet ordre de grandeur du siècle infirme certains points de vue considérant le climax comme une forêt toujours très ancienne, venue du fond des âges.

L'analyse diachronique, limitée il est vrai à seulement trois placettes, nous fait entrevoir les mécanismes de cette dynamique forestière climacique. Cette évolution n'est pas linéaire, mais se fait par à coups, par crises, suivies de périodes de lente récupération.

La placette P5 (Sardinière, maquis élevé) montre le passage du maquis élevé à la chênaie mixte, caractérisé par la disparition rapide des Ericaceae par le jeu de la concurrence intraspécifique d'abord et interspécifique ensuite. Cette hécatombe des Ericaceae stimule la croissance des chênes verts voisins, mais la reprise de biomasse est fonction de la situation antérieure du chêne dans la station. Actuellement, en 2004, la perte de biomasse (passage à la nécromasse puis décomposition des Ericaceae) n'est toujours pas compensée par l'augmentation de biomasse des autres espèces dont le chêne vert. Le pourcentage pondéral de *Quercus ilex* dans P5 passe de 11 % en 1979 à 25,8 % seulement en 2004, et ce en 25 ans. La dynamique est ici obérée par le faible nombre de pieds de chênes présents (11), par le manque de sujets jeunes et est ralentie encore par le maintien du pin d'Alep. La "productivité" du chêne vert passe de 0,35 t/ha/an pour la période 1979-1986 à 0,50 t/ha/an pour la période 1986-2004, accroissement significatif mais restant faible en valeur absolue. Le pin d'Alep entre 1986 et 2004 se caractérise par une "productivité" plus élevée de 0,67 t/ha/an (Tabl. XVII).

Tableau XVII. "Productivité" (en t/ha/an) par séquence temporelle et par espèce dans les trois placettes P3, P5 et P6

| Placette | Espèce | Période 1979-1986 | Période 1986-2004 |
|----------------|-------------------------|-------------------|-------------------|
| P5 Sardinière | <i>Quercus ilex</i> | 0,36 | 0,50 |
| | Ericaceae | 1,24 | 0 |
| | <i>Pinus halepensis</i> | 0,20 | 0,67 |
| P3 Vallon Noir | <i>Quercus ilex</i> | 2,35 | 2,52 |
| | Ericaceae | 0,04 | 0 |
| | <i>Pinus halepensis</i> | 0,17 | 0 |
| P6 Solitude | <i>Quercus ilex</i> | 1,40 | 0,58 |
| | Ericaceae | 0,18 | 0 |
| | <i>Pinus halepensis</i> | 0,41 | 0,55 |

La placette P3 (Vallon Noir) montre un stade postérieur de l'évolution, après disparition totale des Ericaceae et chablis de pins d'Alep tous passés à la nécromasse, le chêne vert restant seul en lice. Ces conditions, associés à une participation plus grande des chênes verts (29 individus), vont permettre un accroissement conséquent et rapide de la biomasse. Mais là aussi, le rattrapage de la biomasse de 1986 n'est pas achevé malgré une productivité optimale du chêne vert (de 2,35 t/ha/an pour la période 1979-1986 et 2,52 t/ha/an pour la période 1986-2004) et le rattrapage de la biomasse initiale est prévu pour 2022, donc à échéance courte. Cette placette illustre le fonctionnement proclimacique, stade de production et de productivité maximales dans la dynamique de retour au climax.

Au niveau de la placette P6 (Solitude), cette dynamique du chêne vert se ralentit et s'essouffle même. Certes, la persistance du pin d'Alep dans la placette peut expliquer partiellement ce ralentissement, bien que les résineux ne s'accroissent plus beaucoup (0,41 t/ha/an de 1979 à 1986 et 0,55 t/ha/an de 1986 à 2004). De son côté, le chêne vert avait une "productivité" normale (1,4 t/ha/an) de 1979 à 1986, mais la baisse est amorcée depuis 1986 avec 0,58 t/ha/an seulement (période 1986-2004). Cette situation est-elle accidentelle ou au contraire significative des stades climaciques ? Le ralentissement de la production au niveau du climax a été constatée par ailleurs dans d'autres régions et avec d'autres essences (Rapp, 1971 ; Grillas, 1980 ; Vieuville, 1985).

Si la présente étude illustre clairement les mécanismes de la dynamique progressive de la yeuseraie qui se manifeste au détriment du maquis, elle soulève par contre d'autres problèmes :

- La reprise inégale selon les stations de la poussée végétative du chêne vert, reprise qui dépend de la situation antérieure de l'arbre dans la station. Plus les sujets sont nombreux au départ et plus la reprise est facile et forte. Ces sujets peuvent être soit des pieds déjà présents et revitalisés par la concurrence, soit des « nouveaux venus ». Or, la pré-

sence de ces derniers est très variable. Viennent-ils de rejets de souche ou de germinations issues de glands ? Autant d'études à promouvoir car la glandée est irrégulière à Port-Cros comme ailleurs et les prédateurs des semences (Rat noir principalement) y sont nombreux.

- la compétition entre le chêne vert et le pin d'Alep n'est pas non plus élucidée. L'opinion selon laquelle le pin d'Alep serait progressivement éliminé par le chêne vert dans les derniers stades proclimaciques (Molinier *et al*, 1959 ; Lavagne, 1972, 1988) n'est toujours pas vérifiée. Certes le pin d'Alep est vieillissant presque partout (environ 110 ans aujourd'hui d'après Devaux *et al*, 1976) et les chablis sont nombreux (placette P3, Vallon Noir), mais cela n'empêche pas localement un maintien (placette P6, Solitude) et même un léger regain de ce résineux (placette P5, Sardinière). Sa régénération reste toutefois limitée à des clairières ouvertes après chablis (sentier des crêtes, littoral). Au total, malgré une élimination partielle, ou du moins une diminution aréale, depuis longtemps annoncée, force est de constater que le pin d'Alep occupe encore une emprise spatiale importante sur Port-Cros, comme en témoigne la carte du résineux levée en 2003 (Delaye, 2003).

- D'autres inconnues demeurent concernant cette fois ci les yeuseraies évoluées. Quel est leur âge exact, quel est leur avenir, comment sera assuré le renouvellement de *Quercus ilex* dans la sylvie climacique ? Les réponses doivent être modulées en fonction de la position topographique et des relations édaphiques ; les yeuseraies de crête (la Vigie) ou de pentes (Pomme d'Or) ne pourront jamais atteindre des biomasses comparables à celles des yeuseraies de fonds de vallon mesurées antérieurement (vallon de la Palud : 491 t/ha ; le Manoir : 400 t/ha ; Lavagne, 1988) ou récemment (St-Joseph : 371 t/ha ; Delaye, 2003).

La poursuite des mesures sur ces trois placettes permanentes et la mise en place en 2003 de six nouvelles placettes dans des situations écologiquement différentes (Delaye, 2003) permettront de répondre au moins partiellement à ces questions.

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié de financements du Parc national de Port-Cros (Conventions de stages et d'encadrements). Nos remerciements s'adressent tout d'abord à la Direction du Parc national de Port-Cros, qui en 2002 a initié ce travail, à M. Lopez, alors Directeur, et à Mme Jensen, sous-directrice jusqu'à la fin de 2003, qui a pris à cœur ce projet et su résoudre tous les problèmes administratifs et techniques, et l'a mené presque à son terme. Ils s'adressent ensuite au personnel du Parc national de Port-Cros au Castel Ste Claire et du Conservatoire botanique national de Porquerolles : Mme Gerardin, MM. Boillot, Pellizzari et collaborateurs mis plusieurs fois à contribution. Nous

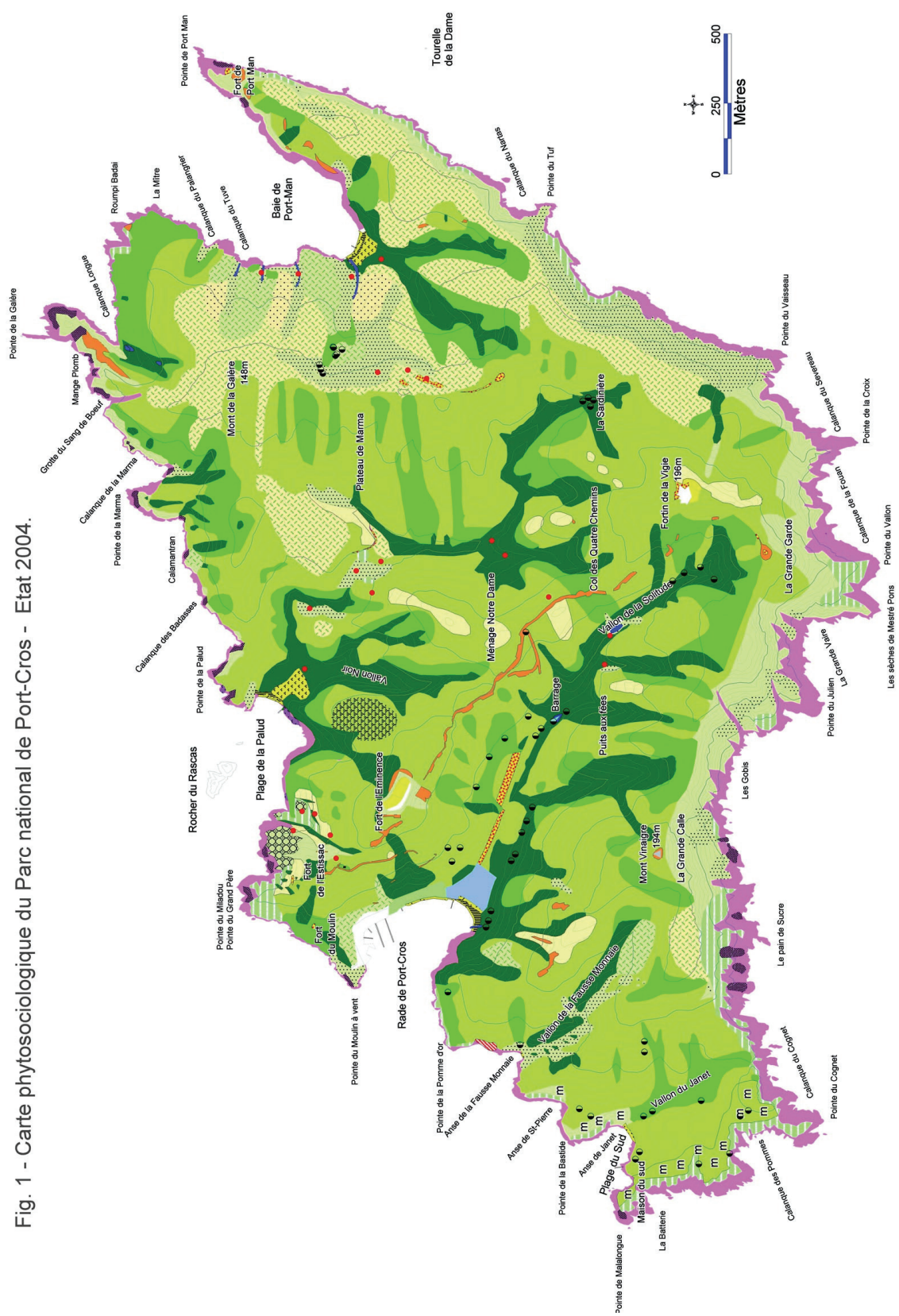
remercions plus particulièrement toute l'équipe présente sur l'île : Mmes Colombey, Masinski et Cabaret, MM. Bergère, Dromzey et Larchevêque, ainsi que tous les port-crosiens rencontrés, habitants ou de passage sur l'île, pour leur aide sur le terrain et pour la transmission de leurs connaissances de l'île.

RÉFÉRENCES



- BIGEARD N., 2004. - *Evaluation de la phytomasse aérienne de la forêt de Port-Cros - Suivi des placettes de productivité*. Rapport d'ingénieur maître en environnement, IUP ENTES, Univ. Provence, Marseille, Fr. : 1-22, 20 pl. h.t.
- BRAUN-BLANQUET J., 1952. - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. CNRS publ., Montpellier : 1-297.
- DELAYE F., 2003. - *Etude de la dynamique de la végétation de l'île de Port-Cros*. Rapport d'ingénieur maître en environnement, IUP ENTES, Univ. Provence, Marseille, Fr. : 1-22, 18 pl. h.t.
- DEVAUX J.P., LE BOURHIS M., MOUTTE P. 1976. - Structures et croissances comparées de quelques peuplements de pins d'Alep dans l'île de Port-Cros (Parc national). *Trav. sci. Parc. nation. Port-Cros*, Fr., 2 : 131-166.
- D'ONOFRIO P., LEOTARD G., CROUZET N., ABOUCAYA A., MICHAUD H., 2003. - Contributions à la connaissance de la flore des îles d'Hyères. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 19 : 41-62.
- GRILLAS P., 1980. - *Structure et phytomasse du taillis de chêne vert*. Rapport de DEA, Univ. Sci. Techn. Languedoc, Montpellier, Fr. : 1-27.
- HERVÉ P., 1977. - Les arbres dépérissant et les arbres morts à Port-Cros. *Trav. Sci. Parc. nation. Port-Cros*, Fr., 3 : 159-164.
- JAHANDIEZ E., 1929. - *Les îles d'Hyères - Monographie des îles d'or*. Etablissement Rebufa et Rouard, Toulon (3ème édition), Fr. : 1-447.
- KERGUÉLEN M., 1993.- *Index synonymique de la flore de France*. Secrétariat de la faune et de la flore du Muséum National d'Histoire Naturelle publ., Paris : 1-196.
- KESTEMONT P., 1971. - Productivité primaire des taillis simples et concept de nécromasse. *Ecol. Conserv. Cahiers de l'UNESCO*, Fr., 4 : 271-279.
- LAVAGNE A., 1972. - *La végétation de l'île de Port-Cros : notice explicative de la carte phytosociologique au 1/5000ème du Parc national*. Louis Jean Impr, Gap, Fr. : 1-31.
- LAVAGNE A., 1985. - Relations circonférence du tronc-poids et accroissement annuel de la circonférence du tronc chez *Arbutus unedo* et *Erica arborea* - évaluation des biomasses des maquis élevés à Port-Cros et Porquerolles. *Trav. Sci. Parc. nation. Port-Cros*, Fr., 11 : 143-159.
- LAVAGNE A., 1988. - Evaluation de la phytomasse aérienne et de la productivité des formations végétales arborées du Parc national de Port-Cros : chênaie verte à *Quercus ilex*, maquis élevé à *Arbutus unedo* et *Erica arborea*. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 14 : 147-165.
- LAVAGNE A., 1995. - Impact des aérosols marins pollués sur la végétation littorale des côtes varaises. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park*, Fr., 16 : 55-80.
- LAVAGNE A., DELCOURT E., 1985. - Première évaluation de la nécromasse dans la chênaie à *Quercus ilex* et le maquis élevé à *Erica arborea* et *Arbutus unedo* de Port-Cros. *Trav. sci. Parc. nation. Port-Cros*, Fr., 11 : 161-171.

- LAVAGNE A., MOUTTE P., WEISS H., 1974. - Répartition et signification des stations à *Euphorbia dendroides* L. entre Toulon et l'embouchure du Var. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, Fr., 34 : 251-268.
- MOLINIER R., 1937. - Les îles d'Hyères - Etude phytosociologique. *Ann. Soc. Hist. nat. Toulon Var*, Fr., 21 : 91-129.
- MOLINIER R., 1952. - Carte des peuplements végétaux de l'île de Port-Cros, *Rev. Forest. Fr.*, Fr., mai 1952, XX.
- MOLINIER R., 1973. - Les études phytosociologiques en Provence cristalline, *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, Fr., 23 : 7-46.
- MOLINIER R., MOLINIER R., TALLON G., 1959. - L'excursion en Provence de la Société Internationale de Phytosociologie, *Vegetatio*, 8 : 341-383, 3 pl. h.t.
- MULLER S., 2004. *Plantes invasives en France*. Collection Patrimoines Naturels vol. 62, Publications scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2005. - *Inventaire National du Patrimoine Naturel : Référentiel taxonomique de la flore de France*, [On-line], [mise à jour : 10/02/2005], <http://www.inpn.mnhn.fr>.
- QUÉZEL P. & MÉDAIL F. 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier (Collection Environnement), Paris, 1-573.
- RAPP M., 1974. - *Cycle biogéochimique dans un bois de Pin d'Alep*. Ecologie forestière, Gauthier-Villars, Paris, Fr.
- REBAUDO B., 1977. - *Premières évaluations des phytomasses dans les différents maquis des Maures occidentales - application à l'évaluation quantitative des dégâts commis par les aménagements*. Thèse de 3^e cycle, Univ. Provence, Fr. : 1-46.
- VIEUVILLE B., 1985. - *Impact des opérations de débroussaillage - modifications floristiques, dynamiques et pondérales des principales formations végétales du Centre Var*. Thèse de 3^e cycle, Univ. Provence, Fr. : 1-196.

Fig. 1 - Carte phytosociologique du Parc national de Port-Cros - Etat 2004.



Légende de la carte phytosociologique de Port-Cros - Etat 1969 et état 2004.

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Chênaie d'yeuse climacique - <i>Quercetum ilicis</i> |
|  | Chênaie d'yeuse initiale proclimacique |
|  | Chênaie-maquis mixte. <i>Quercetum ilicis ericetosum</i> |
|  | Chênaie-maquis mixte - faciès incendie (Vallon Noir - carte 2004) |
|  | Maquis élevé à <i>Erica arborea et Arbutus unedo</i> |
|  | Maquis élevé à <i>Erica arborea et Arbutus unedo</i> - faciès à <i>Quercus ilex</i> isolés |
|  | Maquis élevé à <i>Erica arborea et Arbutus unedo</i> - faciès à lentisques (carte 1969) |
|  | Maquis élevé à <i>Arbutus unedo</i> exclusif (Port Man) |
|  | Cistaie à <i>Cistus monspeliensis et Cistus salviifolius</i> - Ericeto-Lavanduletum <i>stoechadis</i> fragmentaire |
|  | Pelouses sableuses à hélianthèmes - Ornithopodiето-Helianthemetum <i>tuberariae</i> |
|  | Association rudérale à <i>Raphanus landra et Spergula arvensis</i> - Fiches à <i>Dittrichia viscosa</i> |
|  | Pelouses à <i>Galactites elegans et Echium plantagineum</i> |
|  | Oleo-lentiscetum |
|  | Oleo-lentiscetum - faciès à <i>Juniperus turbinata</i> |
|  | Oleo-lentiscetum - faciès à <i>Olea europaea</i> |
|  | Oleo-lentiscetum - faciès à <i>Quercus ilex</i> denses |
|  | Oleo-lentiscetum (1) et <i>Quercetum ilicis</i> (2) morphosés et nécrosés |
|  | |
|  | Groupements à <i>Euphorbia dendroides</i> |
|  | Suintements de l'Isoetion |
|  | Ruisseau à <i>Scirpus holoschoenus</i> - <i>Holoschoenetum</i> |
|  | Eaux douces stagnantes à <i>Myriophyllum spicatum</i> |
|  | Prairies à <i>Holcus lanatus et Cynodon dactylon</i> |
|  | Critmo-Lotetum <i>allionii</i> - Ceinture halophile |
|  | Groupements halo-ornitho-coprophières à <i>Frankenia intermedia</i> |
|  | Groupements à <i>Anthyllis barba-jovis</i> - Anthyllideto-Thymeleaetum <i>hirsutae</i> |
|  | Marécages à <i>Salicornia fruticosa, Inula crithmoides et Salsola spp.</i> |
|  | Plages à <i>Ammophiletum</i> fragmentaire |
|  | Plages à <i>Ammophiletum</i> fragmentaire - avec <i>Phragmites australis</i> ou <i>Arundo donax</i> |
|  | Chênes liège (<i>Quercus suber</i>) isolés |
|  | Rochers nus (carte 1969) |

