



HAL
open science

**Apport de la connaissance de la végétation spontanée
dans la recherche des potentialités forestières d'un
territoire en région méditerranéenne (exemple
d'application: forêt domaniale de la Gardiole massif des
Calanques)**

Guy Aubert

► **To cite this version:**

Guy Aubert. Apport de la connaissance de la végétation spontanée dans la recherche des potentialités forestières d'un territoire en région méditerranéenne (exemple d'application: forêt domaniale de la Gardiole massif des Calanques). *Revue forestière française*, 1983, 35 (6), pp.425-442. 10.4267/2042/21679 . hal-03423813

HAL Id: hal-03423813

<https://hal.science/hal-03423813>

Submitted on 10 Nov 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

APPORT DE LA CONNAISSANCE DE LA VÉGÉTATION SPONTANÉE DANS LA RECHERCHE DES POTENTIALITÉS FORESTIÈRES D'UN TERRITOIRE EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE

**Exemple d'application : forêt domaniale de la Gardiole
massif des Calanques**

G. AUBERT

L'étude des potentialités forestières d'un territoire, quelle que soit sa superficie, nécessite des connaissances relatives au climat et au sol. Or ces dernières se révèlent souvent incomplètes, voire même inexistantes selon les secteurs. Parfois la bibliographie offre des cartes relatives à la climatologie, à la pédologie, à la végétation ; mais ce sont en général des documents à petite ou moyenne échelle difficilement utilisables ou même inutilisables pour le forestier. Ce dernier travaillant sur des fonds topographiques à grande échelle, éprouve alors des difficultés pour délimiter avec une marge d'erreur relativement faible les différents milieux écologiques que la bibliographie, notamment les cartes précédemment citées, lui auront mentionnés. De plus, des caractères, des phénomènes de nature diverse pourront ne pas figurer sur ces documents cartographiques pour des raisons d'ordre technique ou encore parce que le (ou les) auteurs les auront délibérément omis pour divers motifs.

Puisqu'une étude des potentialités forestières nécessite au préalable celle des caractères climatiques et pédologiques à une grande échelle, comment peut-on alors acquérir de telles informations ?

VOIES DE RECHERCHE DES PRINCIPAUX MILIEUX ÉCOLOGIQUES

Deux voies de recherche s'offrent à l'investigation :

— soit procéder à des observations, des mesures, des prélèvements sur le terrain, au niveau d'un nombre élevé de points, nombre d'autant plus important que l'échelle à laquelle on travaille est plus grande ;

— soit faire appel à des espèces végétales indicatrices de conditions climatiques ou pédologiques.

Quels sont les avantages et les inconvénients de ces deux méthodes ?

La première a :

— pour avantage de fournir des valeurs numériques à partir desquelles il est possible d'établir des comparaisons rigoureuses ;

— pour inconvénients :

- de nécessiter un matériel (climatologie notamment) important, coûteux, d'entretien délicat, difficile à soustraire des actes de vandalisme s'il est installé sur le terrain,
- de ne fournir des résultats valables qu'au terme de plusieurs années (en particulier pour les données climatiques),
- d'exiger un personnel technique relativement important sur le terrain et au laboratoire.

La deuxième a :

— pour avantages :

- de donner des informations dans un délai relativement bref (la végétation naturelle si elle est en place depuis des décennies ou des siècles a eu le temps de se différencier en fonction des facteurs climatiques et pédologiques),
- de repérer des milieux écologiques qui pourraient passer inaperçus au travers du maillage de points de mesures climatiques ou d'analyses pédologiques,
- de faciliter la cartographie à grande échelle des différents milieux écologiques définis à partir d'espèces végétales indicatrices de conditions climatiques ou pédologiques ;

— pour inconvénient de ne pas fournir de valeurs numériques aussi précises que celles obtenues à partir de l'étude directe des facteurs écologiques.

L'expérience montre que les informations apportées par l'étude du couvert végétal sont dans l'ensemble suffisantes pour le forestier aménagiste méditerranéen. Cette voie de recherche s'impose alors d'autant plus qu'elle est moins onéreuse et plus rapide. Peut-on toujours y faire appel ? La réponse à cette question se dégagera à la suite des remarques qui seront mentionnées ci-après. Cette méthode ne peut être appliquée valablement que si on connaît les relations « sol-climat-végétation ». De plus, les personnes qui seront chargées de cette étude, devront être conscientes également du rôle exercé par les facteurs biotiques (homme compris).

Dans le cas où les relations sont mal connues ou inconnues, il est possible de combiner les deux voies de recherche précédemment exposées. Dans ces conditions, l'étude de la végétation doit servir de cadre à une investigation des facteurs écologiques. Le choix des placettes d'observations, de mesures, sera déterminé par le couvert végétal et leur nombre pourra être relativement faible.

Toutefois, pour chaque type de milieu écologique, il ne faudra pas se contenter d'une seule placette mais de plusieurs afin de déterminer l'amplitude des facteurs majeurs, et plus précisément l'intervalle dans lequel se situent les valeurs numériques.

L'accomplissement d'un tel travail exige des chercheurs déjà expérimentés, ayant de larges connaissances en écologie, mais aussi conscients des problèmes rencontrés par les forestiers.

MÉTHODE APPLIQUÉE À LA FORÊT DOMANIALE DE LA GARDIOLE (MASSIF DES CALANQUES)

La présente note est le fruit d'un travail effectué en collaboration entre l'Office national des Forêts, plus particulièrement le Centre d'Aix-en-Provence couvrant le département des Bouches-du-Rhône (MM. Chevalier et Boiseau, et leurs collaborateurs MM. Chabert, Poulain, Vaquier et Léone)

et la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme (Marseille). Ce travail s'intègre dans l'élaboration d'un projet d'aménagement de la partie domaniale du massif des Calanques, c'est-à-dire de la forêt domaniale de la Gardiole située au sud du Camp de Carpiagne, entre Cassis et Marseille, et couvrant une superficie de 830 hectares environ.

Les conditions écologiques, apparemment hostiles à la végétation et mal connues, ont nécessité une étude. Cette dernière axée au départ sur la pédologie, à la demande des forestiers, fut confiée à l'Université et partiellement subventionnée par l'Office national des Forêts. L'investigation s'est échelonnée sur une année, elle a permis d'apporter des informations pédologiques, mais aussi des éléments climatiques. De plus, elle a nécessité la mise au point d'une méthodologie dont les grandes lignes sont exposées ici et dans laquelle quatre principales étapes peuvent être distinguées :

- établissement d'un bilan bibliographique,
- recherche des principaux types de milieux écologiques,
- lever d'une carte des groupements végétaux ayant une signification climatique ou pédologique et d'une carte des sols,
- élaboration d'une carte des différents milieux écologiques et d'une carte des potentialités forestières, cette dernière étant le fruit d'une collaboration étroite entre les forestiers et les écologues.

Bilan bibliographique

Au niveau de la forêt domaniale de la Gardiole, la recherche bibliographique a consisté à rassembler des données relatives au climat, à la géologie, à la pédologie et à la végétation.

• *Données climatiques*

Pour la forêt domaniale de la Gardiole, comme pour la majeure partie du massif des Calanques, les données climatiques sont inexistantes. Il a fallu se contenter des valeurs fournies par des stations météorologiques périphériques telles que Cassis, Roquefort-la-Bédoule, Aubagne, Marseille-Observatoire, Marseille-Mourepiane, Pomègues, Le Planier. L'exploitation de ces données a permis seulement de dégager les grands traits climatiques de la région dans laquelle s'insère la forêt domaniale de la Gardiole, leur extrapolation sur cette dernière étant une opération délicate. Les caractères fondamentaux peuvent se résumer de la manière suivante :

- le climat est bien méditerranéen et de type APHE (maximum des précipitations en automne, minimum en été) ;
- la moyenne annuelle des températures doit être de l'ordre de 12 à 15° C selon l'altitude ;
- l'amplitude thermique doit croître en fonction de l'éloignement de la mer et de l'isolation par la topographie ;
- les ubacs et les adrets doivent offrir des contrastes thermiques surtout accentués en automne et en hiver lorsque l'angle d'incidence des rayons solaires par rapport au plan horizontal est le plus grand ;
- les précipitations atmosphériques pourraient être (en l'absence de mesures *in situ*) de 250 à 700 mm suivant la topographie et l'éloignement de la mer ;
- si les températures s'écartent en général peu des moyennes, par contre les précipitations sont très capricieuses d'une année à l'autre ; la sécheresse si elle est de règle en été, elle peut affecter les autres saisons ;
- le vent par sa fréquence et sa violence assez élevées, notamment sur les croupes, accentue le dessèchement des sols et l'évapotranspiration des végétaux.

• *Données géologiques*

D'après la carte géologique au 50 000^e, le territoire considéré se trouve presque en totalité sur des affleurements de calcaires compacts de faciès urgonien. Trois parties seulement, de surface d'ailleurs réduite, montrent des sédiments calcaréo-marneux. Tous ces terrains sont d'âge crétacé inférieur.

• *Données pédologiques*

Elles étaient pratiquement inexistantes, mises à part quelques observations personnelles effectuées antérieurement.

• *Données relatives à la végétation*

Aucune des cartes établies (200 000^e du Service de la Carte de la Végétation, ainsi que la carte dressée vers 1935-1937 par Molinier René) n'a apporté des informations précises, transposables à l'échelle du 5 000^e, échelle qui a été utilisée dans l'étude des potentialités forestières de la forêt domaniale de la Gardiole.

Ainsi, le site étudié est l'exemple d'un territoire pour lequel les données écologiques sont très vagues.

Recherche des principaux types de milieux écologiques

L'étude de la végétation a permis de préciser les caractères climatiques et pédologiques du secteur considéré. Les figures 1 à 8 résument d'une manière schématique l'essentiel des relations « sol-climat-végétation » décelées dans un massif constitué de calcaire compact et situé en Provence littorale.

La démarche utilisée pour obtenir ces résultats peut être résumée de la manière suivante. Grâce à l'expérience acquise sur le terrain, des hypothèses de relations entre le milieu et la végétation

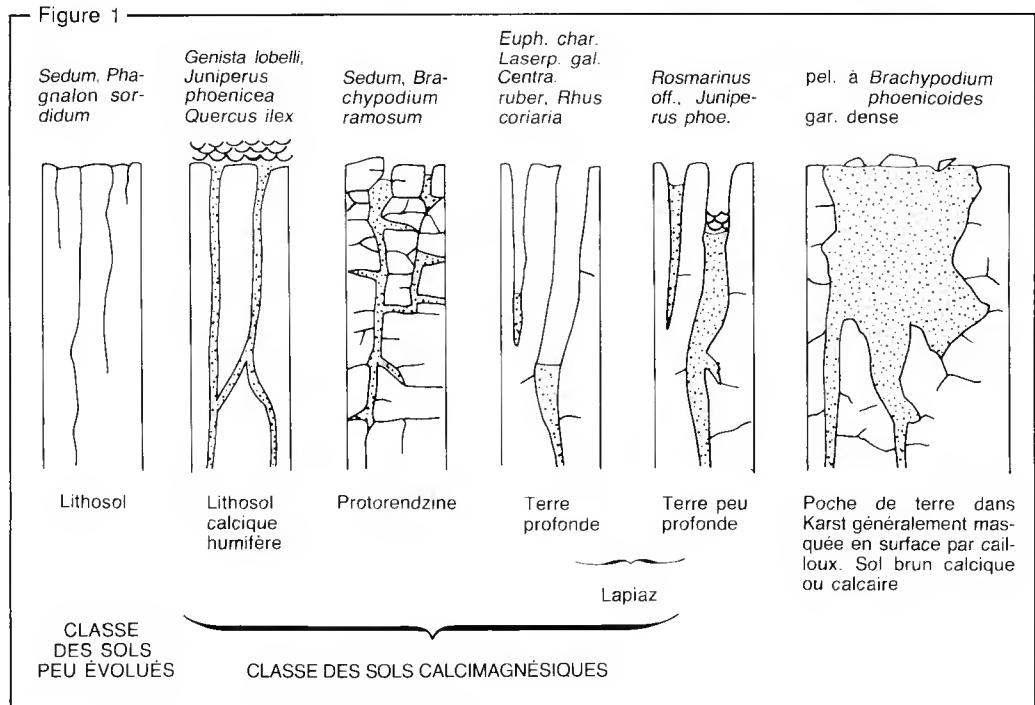


Figure 2

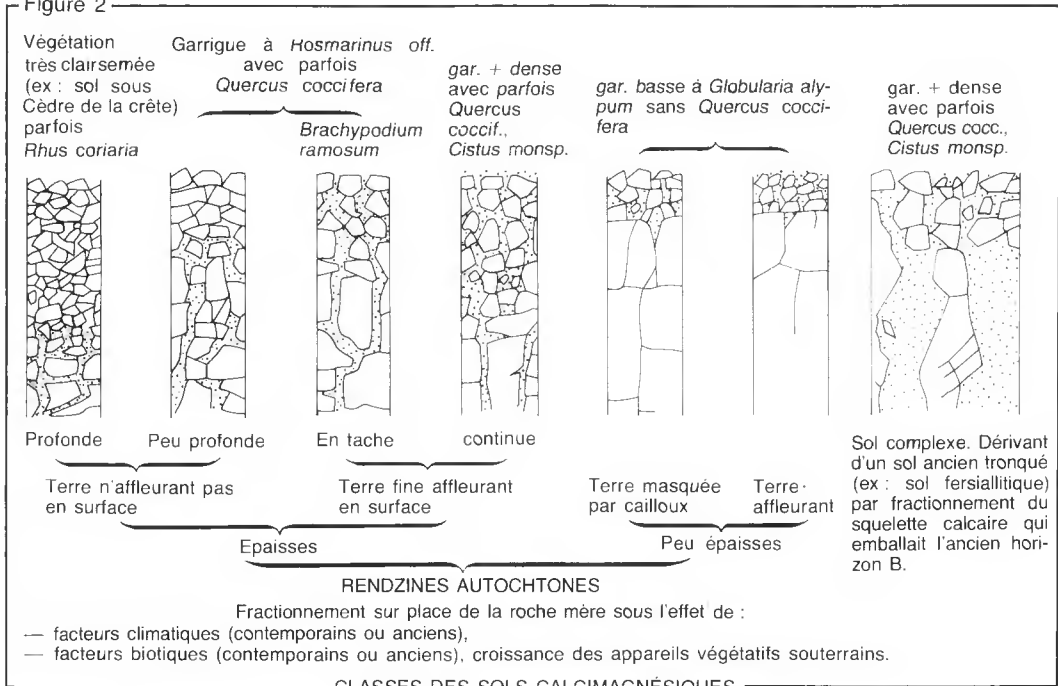
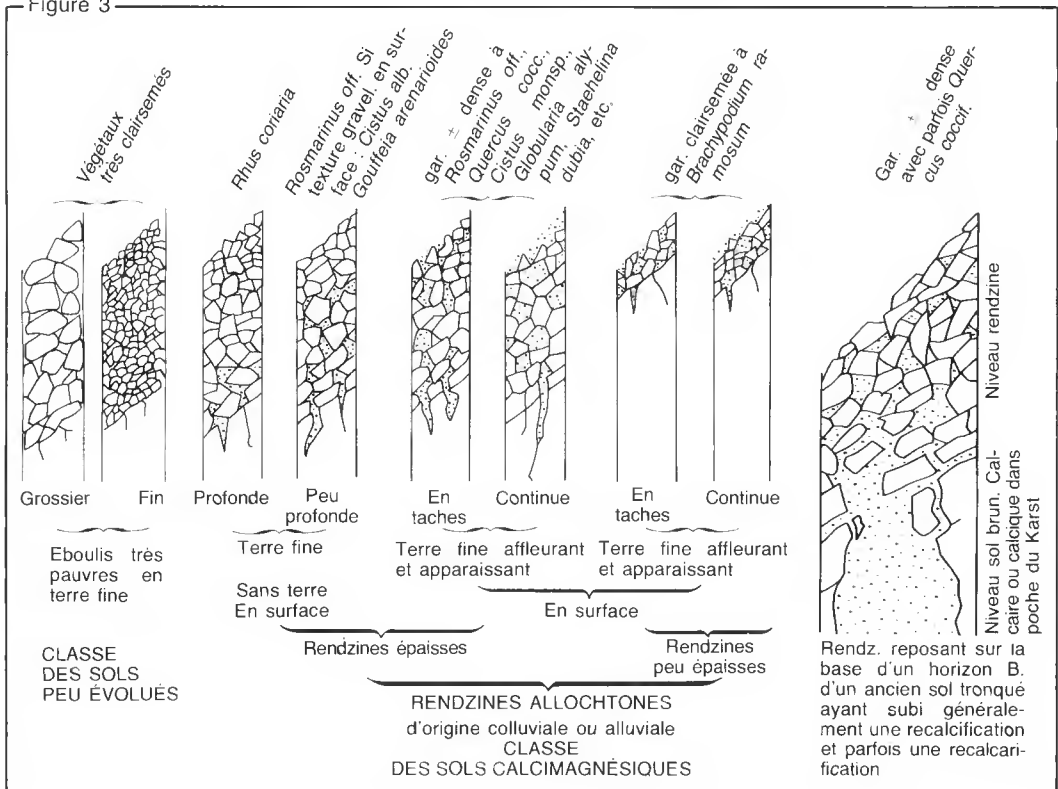


Figure 3



furent établies après un premier parcours du terrain. Les hypothèses relatives aux rapports « sol-végétation » furent ensuite vérifiées à l'aide de fosses pédologiques dont l'emplacement a été choisi en fonction du couvert végétal. Une cinquantaine de placettes au tapis végétal homogène ont fait l'objet de relevés phytosociologiques suivant la méthode sigmatiste de Braun-Blanquet et d'observations pédologiques détaillées. Les relations « sol-végétation » ont été vérifiées en d'autres points du territoire considéré mais n'ont pas fait l'objet de relevés floristiques et pédologiques. Des échantillons de terre ont été prélevés en vue d'éventuelles analyses en laboratoire. Pour des raisons budgétaires celles-ci n'ont pas encore eu lieu. De plus elles ne se sont pas révélées indispensables pour l'instant.

Le présent article a pour préoccupation majeure de faire état de l'intérêt de la méthode utilisée. Pour plus de détails le lecteur est invité à consulter le rapport d'étude déposé auprès du directeur du Centre d'Aix-en-Provence (O.N.F.).

- *Caractères climatiques*

La majeure partie de la forêt domaniale de la Gardiole se localise dans l'étage méditerranéen. La zone culminale (plateaux et croupes situés entre 450 et 550 m d'altitude) et les hauts de versant nord sont soumis à des conditions thermiques laissant penser à l'existence d'affinités supraméditerranéennes (présence de *Sorbus aria*, *Bromus erectus*, *Arrhenatherum elatius*, fréquence plus élevée de *Festuca ovina*, *Sesleria coerulea* et *Amelanchier ovalis*).

L'absence du *Rhus coriaria* à partir d'une certaine altitude (400 m environ) sur les adrets, et à plus basse altitude sur les ubacs pentus, montre bien qu'il existe un gradient thermique altitudinal et des écarts notables entre face sud et face nord des croupes.

En ce qui concerne les précipitations atmosphériques, la végétation ne permet pas de préciser leur importance ; en effet celle-ci réagit essentiellement à la capacité de rétention en eau et au régime hydrique du sol.

- *Caractères du sol et du sous-sol*

Proportion de terre fine

Les substrats très pauvres en terre fine (colluvions, éboulis, lapiaz) sont colonisés à basse altitude par *Rhus coriaria* et à altitude plus élevée par *Euphorbia characias*, *Laserpitium gallicum*, *Centranthus ruber*, etc.

Lorsque les éléments grossiers sont fortement majoritaires et représentés surtout par des graviers, ce caractère granulométrique peut être révélé par la présence de *Gouffeia arenarioides*.

Les cistes et *Erica multiflora* sont des espèces indicatrices de la granulométrie de la partie superficielle du sol. (Aubert G. 1976, 1978). *Erica multiflora* est révélateur d'un horizon supérieur meuble relativement riche en terre fine (éléments ≤ 2 mm). *Cistus albidus* se contente de sols graveleux, caillouteux, pauvres en terre fine près de la surface, s'asséchant rapidement.

Cistus monspeliensis apparaît au sein de la forêt domaniale de la Gardiole, sous forme de peuplements denses dans les zones où la couche supérieure du sol est très riche en terre fine, au moins sur quelques centimètres d'épaisseur.

Fissuration de la roche

La roche mère étant en général très proche de la surface du sol, la végétation réagit sur la majorité du territoire à la fissuration du substratum géologique composé essentiellement de calcaire compact de faciès urgonien.

Les peuplements denses de *Quercus coccifera* ou éventuellement de *Staehelina dubia* témoignent de l'existence d'un sol pierreux en surface surmontant un substratum géologique très fissuré, les diaclases étant remplies de terre fine au sein de laquelle cette cupulifère trouve de l'eau en quantité suffisante en période de sécheresse.

Les peuplements de *Brachypodium ramosum* révèlent également un substrat aux caractères précédemment cités. Toutefois de telles formations herbacées peuvent se contenter d'un sol moins épais, les rhizomes de cette graminée entrant à l'état de vie ralentie en période de sécheresse prolongée et accusée.

La présence de peuplements de *Juniperus phoenicea* témoigne de conditions plus ou moins xériques, notamment sur les zones où la dalle rocheuse peu fissurée affleure (croupes de forte turbulence atmosphérique, diaclases étroites mais profondes).

Quant aux taillis de *Quercus ilex* et de *Phillyrea media*, ils sont liés à l'existence d'une fissuration profonde et assez dense du substratum géologique.

Régime hydrique du sol

Dans la forêt domaniale de la Gardiole, il s'avère que le régime hydrique exerce un rôle majeur par rapport à celui déterminé par la capacité de rétention.

Le régime hydrique étant différent suivant la profondeur des niveaux du substrat, il est nécessaire au moins de distinguer d'une part, celui qui affecte les horizons supérieurs et d'autre part, celui qui se manifeste en profondeur.

— Régime hydrique des horizons supérieurs

Les zones s'asséchant très rapidement en surface sont couvertes selon la granulométrie par *Rhus coriaria* (sumac), *Cistus albidus*, *Cephalaria leucantha*, *Globularia alypum*.

Les secteurs se déshydratant moins rapidement peuvent être subdivisés au moins en deux ensembles :

- zone dont la partie supérieure du sol reste suffisamment humide au printemps, mais devient sèche en été, de telles conditions favorisant l'apparition de *Staehelina dubia*, *Aphyllanthes monspeliensis*, *Santolina chamaecyparissius*, *Sesleria coerulea*, *Bromus erectus*, *Arrhenatherum elatius*, etc. ;
- zone dont la partie supérieure contient davantage d'eau en période estivale, de tels milieux favorisant l'installation de peuplements de *Quercus coccifera*, *Amelanchier ovalis*, *Ulex parviflorus*, *Viburnum tinus*, etc.

— Régime hydrique des niveaux profonds

La présence de *Quercus ilex*, *Phillyrea media*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Rhamnus alaternus* sous forme d'arbustes isolés ou de taillis atteignant plusieurs mètres de hauteur, montre que sur la majorité du territoire, le substrat est suffisamment fissuré même en profondeur. Grâce au colmatage des diaclases par de la terre fine (terra rossa), des réserves en « eau utile » se sont individualisées en raison de la microporosité élevée. De plus, leur éloignement de la surface les met à l'abri de l'évaporation.

• Remarques

Cohabitation de plusieurs indicateurs édaphiques

La cohabitation sur une même surface de plusieurs espèces végétales indicatrices de conditions édaphiques différentes, permet de mieux préciser les caractères du substrat. Par exemple, la

présence simultanée de *Quercus coccifera* et de *Cistus monspeliensis* est liée certes au passage de l'incendie favorisant notamment ce dernier, mais aussi à l'existence d'un substrat relativement riche en terre fine en surface et fortement fissuré ou caillouteux en dessous. Dans le cadre d'un reboisement on peut prévoir un ameublissement par sous-solage dont les bandes seront parallèles aux courbes de niveau afin d'éviter un entraînement des éléments fins abondants en surface vers le thalweg. Par contre l'absence de *Cistus monspeliensis* au sein d'une garrigue continue de *Quercus coccifera*, fréquemment incendiée, permet d'affirmer que le substrat est densément fissuré et caillouteux en surface, qu'un sous-solage est possible et que les risques de ravinement sont minimes.

En ce qui concerne *Cistus monspeliensis* et *Quercus coccifera*, une remarque s'impose. Si la fréquence des incendies n'est pas très élevée, *Quercus coccifera* parvient malgré sa lente croissance à éliminer *Cistus monspeliensis*. Dans un tel cas on est alors privé d'un indicateur édaphique permettant de repérer les zones où le sol offre une teneur élevée en terre fine près de la surface.

Cet exemple montre d'une part qu'il faut tenir compte du passé de la végétation et d'autre part que parfois ce sont les stades suffisamment dégradés qui peuvent révéler le plus d'informations sur les caractères du sol et du substratum géologique. Les espèces dont l'enracinement n'est pas profond, sont assujetties aux caractères édaphiques de la partie superficielle du sol ; leur germination, leur croissance, leur développement dépendent étroitement des horizons supérieurs ou éventuellement du substratum géologique si celui-ci est proche de la surface. Or la connaissance des propriétés édaphiques des couches peu profondes est nécessaire pour assurer une bonne germination des semis ou une reprise convenable des plants dans le cas d'un reboisement ou d'un enrichissement.

Existence d'indicateurs relais

La forêt domaniale de la Gardiole montre que :

— les sols pauvres en terre fine portent :

- à basse altitude en adret et en ubac, et à moyenne altitude en adret, *Rhus coriaria*,
- à moyenne altitude en ubac, *Amelanchier ovalis*,
- au-dessus de 400-450 m en adret, une végétation clairsemée où figure notamment *Rosmarinus officinalis*,
- sur les plateaux situés à plus de 450 m d'altitude, *Euphorbia characias*, *Centranthus ruber*, *Laserpitium gallicum* ;

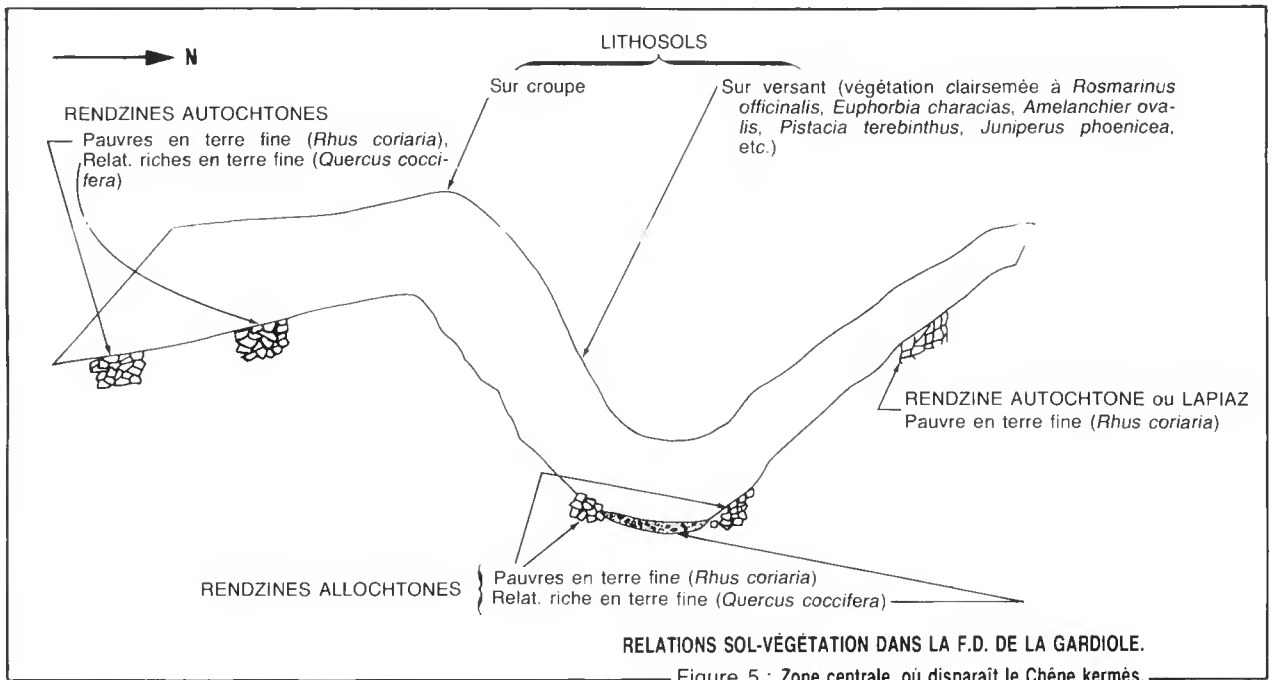
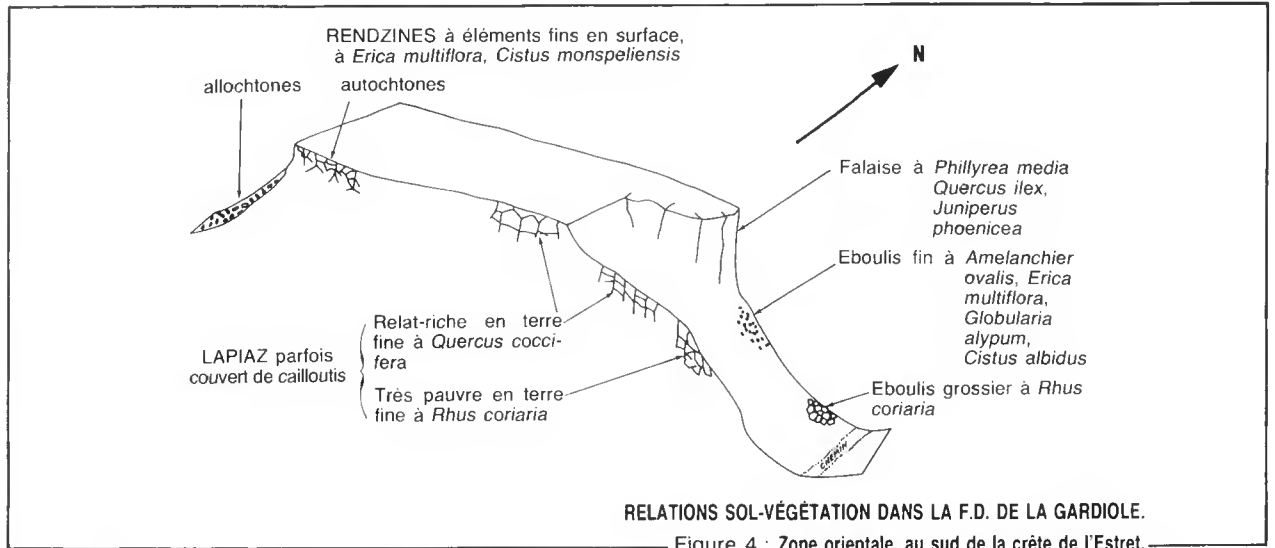
— les sols relativement riches en terre fine, épais ou reposant sur un substrat bien fissuré, avec fissures remplies d'éléments fins, portent :

- à basse altitude des peuplements de *Quercus coccifera* (exceptés les zones les plus littorales où l'absence de cette cupulifère est compensée par exemple par *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora*, etc.),
- au-dessus de 350 à 400 m d'altitude selon les sites, des peuplements de *Staehelina dubia* ou de *Santolina chamaecyparissius*.

La répartition de ces espèces végétales suscite les commentaires suivants :

Dans le premier cas, *Rhus coriaria* disparaît à partir d'une certaine altitude, différente suivant l'exposition, pour des raisons d'ordre thermique et voire même hydrique ⁽¹⁾. Le créneau édaphique qu'il occupe à basse ou moyenne altitude est laissé libre au-dessus ; celui-ci est alors occupé par *Euphorbia characias*, *Centranthus ruber*, *Laserpitium gallicum*, espèces que l'on peut rencontrer jusque sur le littoral (zone non salée).

(1) En effet cette anacardiacee semble mal s'accommoder de précipitations insuffisantes ou d'une évaporation trop intense. En dehors du massif des Calanques elle peut constituer de petits peuplements sous une altitude assez élevée (600 m environ) et dans des milieux relativement humides (exemple : partie nord-est du massif de la Sainte-Baume, lieu-dit Fontfrége, département du Var).



Dans le deuxième cas, *Quercus coccifera* ne disparaît pas à partir d'une certaine altitude pour des raisons thermiques, mais pour des motifs pédoclimatiques et plus précisément d'ordre hydrique (alimentation en eau). En effet, en Provence littorale, *Quercus coccifera* peut atteindre le sommet de certaines collines voisines dont l'altitude se situe entre 700 et 800 m (exemple : le Grand Puech de la Chaîne de l'Etoile, au nord de Marseille). Sur la forêt domaniale de la Gardiole, l'étude pédologique a révélé que dans la zone où *Quercus coccifera* était absent, il existait çà

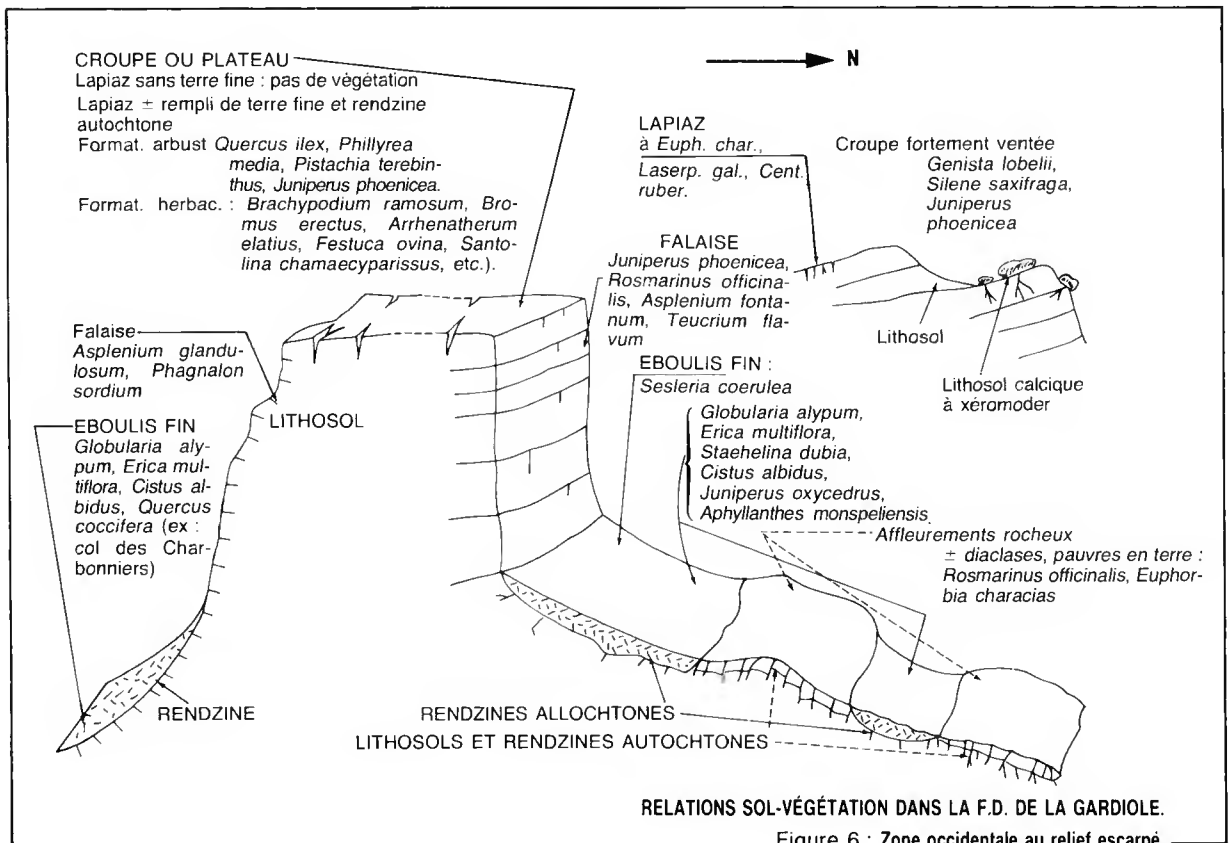
et là des sols qui présentaient des caractères morphologiques apparemment favorables à cette cupulifère. L'absence de cette dernière peut s'expliquer par le fait que cette espèce est relativement exigeante en eau. A défaut de données numériques sur les besoins hydriques du *Quercus coccifera*, l'idée émise doit être considérée comme une hypothèse de travail. Toutefois, un ensemble de phénomènes observés sur le terrain semble la confirmer. En effet, dans les sites où la sécheresse édaphique est plus accusée (déficit de précipitation, forte évaporation, faible capacité de rétention en eau du sol), *Quercus coccifera* est absent ; deux observations personnelles seront citées à titre d'exemple.

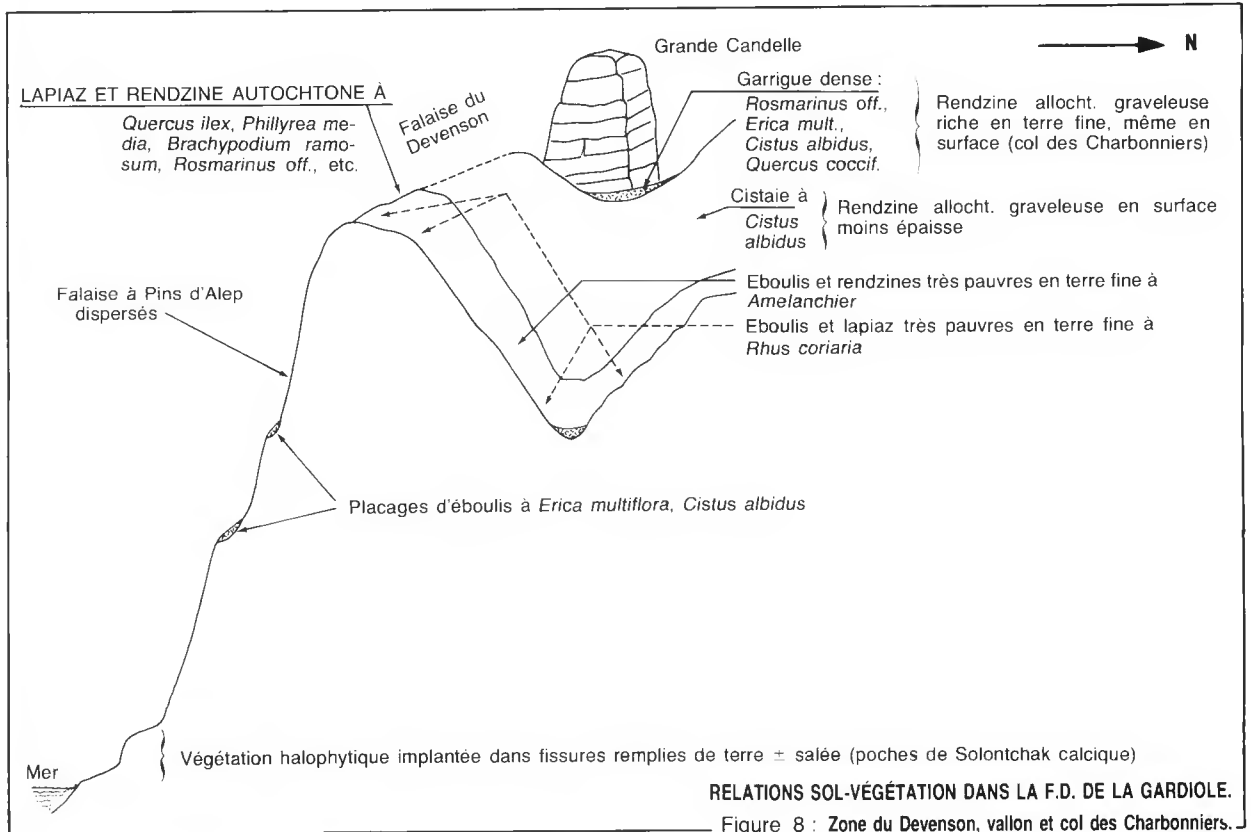
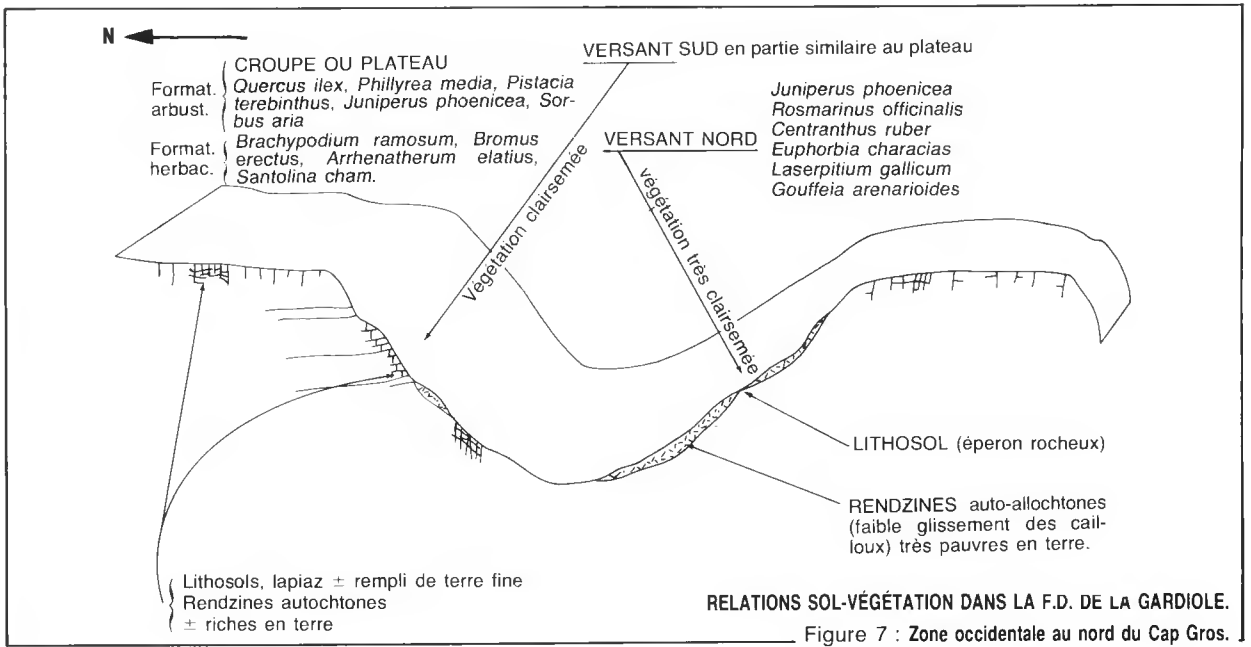
Au sud du Cap Gros (forêt domaniale de la Gardiole), ce taxon se localise sur un placage de colluvions fines, riches en éléments fins, épaisses (plus d'un mètre par endroit), d'origine péglaciaire.

De même en Algérie, au sud des Monts de Tlemcen (environs de Sebdou), au sud-est de Sidi-Bel-Abbès, au nord-est de Saïda (Cascade de Tifrit), *Quercus coccifera* n'apparaît abondant que sur les sols épais et relativement riches en terre fine. Ainsi dans les zones où les précipitations sont déficitaires, le sol par son épaisseur et par sa texture peut compenser plus ou moins l'aridité atmosphérique et par voie de conséquence permettre l'installation de cette espèce.

Mise au point d'interprétations antérieurement établies

Les remarques qui viennent d'être développées peuvent remettre en question certaines notions, certains cadres que des phytogéographes s'étaient édifiés ou tracés. La limite altitudinale d'une espèce ou d'un groupement végétal (association végétale par exemple) n'est pas toujours liée





à la température ; elle peut être d'origine édaphique, caractère lui-même lié à la nature des roches qui affleurent ou à la géomorphologie.

Le schéma qui avait été proposé par René Molinier pour les collines de la Basse Provence calcaire : cocciféraie sur les bancs calcaires, association du romarin sur les calcaires marneux ou marnes, doit être alors amélioré au vu des résultats récents.

Dans les zones les plus littorales du massif des Calanques, le chêne kermès se localise sur des sols dont la capacité de rétention est relativement élevée (placages de colluvions fines et épaisses, calcaires marneux recouverts de cailloux sur le versant sud et sud-ouest du Mont Puget), et est absent sur les calcaires compacts même bien fissurés.

A partir d'une certaine altitude, le déficit pluviométrique et la forte turbulence atmosphérique accentuant l'évaporation, seraient à l'origine de la disparition des cocciféraies et des peuplements de *Rhus coriaria*, même sur les substrats offrant une capacité de rétention élevée.

Sur les affleurements de calcaires compacts, là où les précipitations sont supérieures et l'évaporation moins intense, le chêne kermès peut s'installer. Celui-ci forme alors des peuplements denses si la roche est densément, largement et profondément fissurée (fissures remplies de terre fine), mais est absent si le substrat compact et mal fissuré (fissures étroites et rares) ne se trouve qu'à quelques décimètres seulement de la surface du sol. Sur les substrats favorables à *Quercus coccifera*, *Rhus coriaria* pourrait constituer des peuplements : il n'y parvient pas en raison de phénomènes de compétition interspécifique ; il est concurrencé par cette cupulifère.

Portée fondamentale et pratique des résultats acquis

En résumé, l'étude réalisée en forêt domaniale de la Gardiole, a révélé :

— le rôle primordial joué par les facteurs édaphiques intervenant dans la capacité de rétention en eau et dans le régime hydrique du sol,

— l'importance de la fissuration (densité, largeur, orientation) de la roche lorsqu'elle est compacte, comme l'est en Provence le calcaire de faciès urgonien.

Grâce à l'existence d'espèces sensibles à ces caractères et selon des degrés divers, il a été possible dans le territoire considéré d'établir une carte des sols traduisant la capacité de rétention, le régime hydrique et la fissuration du substratum géologique, caractères majeurs (après la nature du substrat) pour le forestier méditerranéen chargé d'opérations de reboisement.

De plus, dans certains cas, l'étude de la couverture végétale peut permettre de définir le type de préparation du terrain précédant le reboisement (sous-solage continu ou localisé, profond ou superficiel ; intervention ponctuelle et manuelle à l'aide de la pelle et de la pioche, ou encore par l'usage d'explosifs). Dans la forêt domaniale de la Gardiole il apparaît que :

— les peuplements de *Rhus coriaria*, *Centranthus ruber*, *Laserpitium gallicum*, ne se prêtent pas à un sous-solage (substrat très caillouteux ou roche compacte mal fissurée, sol très pauvre en terre fine, cette dernière risquant d'être entraînée en profondeur entre les blocs rocheux formés lors des travaux),

— les peuplements de *Rosmarinus officinalis*, *Globularia alypum* et *Stipa juncea* reposant sur un sol superficiel graveleux en surface, lui-même situé sur une dalle compacte mal fissurée, ne peuvent faire l'objet que d'un « crochetage » superficiel,

— les peuplements de *Rosmarinus officinalis* et de *Brachypodium ramosum* constituent des zones où le sous-solage est déconseillé en raison d'un substrat mal fissuré en profondeur et pauvre en terre fine,

— les peuplements denses de *Quercus coccifera*, *Staezelina dubia* ou *Erica multiflora*, se prêtent à un sous-solage assez profond.



Ci-dessus, à gauche, garrigue à *Globularia alypum* et *Rosmarinus officinalis*. Surface dépourvue en Chêne kermès en raison de l'existence d'une dalle calcaire très faiblement fissurée ou perforée. A droite, rendzine peu épaisse, caillouteuse ou graveleuse en surface reposant sur une dalle calcaire à fissures rares et étroites.

Ci-dessous, à droite, au premier plan, peuplement de Cistes de Montpellier recouvrant une strate de Chênes kermès de petite taille ; au second plan, Pins épars plantés au début du siècle et ayant survécu aux incendies ; à l'arrière plan, le Cap Canaille.

Au niveau du massif de la Gardiole, le Ciste de Montpellier forme des peuplements denses lorsque la surface du sol est couverte de terre fine. Ici le Chêne kermès est chétif en raison d'une part de la concurrence du Ciste et d'autre part de la fissuration insuffisante de la roche-mère. Dans le cas présent, ci-dessous, à gauche, le sol est une rendzine autochtone dont la surface est pourvue de terre fine et reposant sur une roche-mère faiblement fissurée.

Photos G. AUBERT.



Lever de la carte de végétation et de la carte des sols

Lorsque l'investigateur a suffisamment établi de relations « sol-climat-végétation », il peut grâce à la couverture végétale passer au lever de cartes.

Les groupements végétaux cartographiés auront une valeur essentiellement écologique. La conception d'une telle carte, si elle s'éloigne plus ou moins des principes habituellement retenus, permettra en plus des informations pédologiques qu'elle apporte, d'avoir un jalon de l'état du couvert végétal à un moment donné.

Quant à la carte des sols, elle sera réalisée en même temps que la précédente, d'autant plus que son élaboration sera guidée par la végétation. Il est tout de même recommandé de vérifier de place en place, à l'aide de fosses pédologiques rapidement creusées, la fidélité des corrélations qui avaient été décelées.

Établissement d'une carte des différents milieux et d'une carte des potentialités forestières

La carte des différents milieux définis climatiquement et pédologiquement, est un document que l'on peut établir en effectuant une synthèse à partir des cartes des pentes et des expositions, de la végétation et des sols. La combinaison des facteurs topographiques, climatiques et pédologiques, peut aboutir à un nombre assez élevé de milieux différents. C'est à partir de ces derniers qu'une carte des potentialités forestières pourra être conçue en collaboration étroite entre l'écologue et le forestier aménagiste. Enfin ce dernier en fonction des pressions socio-économiques du moment, mettra au point un plan d'aménagement (reboisement, enrichissement, conduite des taillis et de futaies déjà existantes, voies d'accès, dispositifs de lutte contre les incendies, aires de loisirs, circuits pédestres ou équestres, etc.).

COMPARAISON ENTRE LA MÉTHODE APPLIQUÉE À LA FORÊT DOMANIALE DE LA GARDIOLE (massif des Calanques) ET CELLES UTILISÉES PAR D'AUTRES CHERCHEURS NOTAMMENT EN FRANCE SOUS CLIMAT TEMPÉRÉ DE TYPE MÉDIO-EUROPÉEN

La méthode utilisée sur le territoire de la forêt domaniale de la Gardiole a été mise au point indépendamment de celles qui avaient pu être conçues ailleurs, notamment de celles élaborées par les chercheurs du Centre national de Recherches forestières de Nancy ou de l'École forestière de Nancy. Une telle démarche a été dictée par les faits et les préoccupations suivantes :

- Le paysage actuel du massif des Calanques laisse au premier abord une impression d'hostilité à la vie végétale et en particulier à l'arbre. Les sols et la végétation semblent être très dégradés et relativement homogènes. De tels caractères laissaient alors penser que les méthodes mises au point ailleurs notamment dans des massifs forestiers aux conditions écologiques moins rudes, voire plutôt favorables, n'étaient pas intégralement transposables sur le territoire considéré ici.
- Par curiosité scientifique, je m'étais posé la question de savoir si à partir de connaissances personnelles acquises en région méditerranéenne, il était possible de mettre au point une démarche relativement simple, permettant à l'aide de moyens modestes, d'obtenir dans un temps assez court, des résultats utiles aux forestiers aménagistes.

Au terme de l'étude réalisée sur la partie domaniale du massif des Calanques, il est apparu opportun de dégager les traits communs et différents entre la méthode présentée ici et celles qui avaient pu être déjà établies dans d'autres régions. Afin de conserver à cet article un caractère succinct, la comparaison sera surtout limitée au niveau des travaux réalisés par le Centre national

de Recherches forestières de Nancy et l'École forestière de Nancy. Pour plus de détails sur la méthodologie utilisée par les chercheurs de l'I.N.R.A.-C.N.R.F., le lecteur est invité à consulter les publications citées en bibliographie et notamment celles intitulées « Définition et Cartographie des stations » de Bonneau M. et Timbal J. (1973), et « Forêt française : pour une définition et une cartographie des stations » de Becker M. (1977).

La lecture de ces publications suscite les remarques suivantes :

— La cartographie des stations telle qu'elle est conçue par le Centre national de Recherches forestières de Nancy, correspond à ce qui a été appelé ici la cartographie des milieux écologiques ou des biotopes. Pour Duchaufour (1960) « ... la station correspond donc à un ensemble bien défini, comprenant à la fois milieu et végétation caractéristiques ; prise dans cette acception, la définition de la station devient : surface à conditions écologiques homogènes, caractérisée par une même végétation naturelle ». A propos des termes « station » et « biotope », il paraît opportun ici d'attirer l'attention de certains lecteurs. Pour la plupart des phytosociologues, station = lieu ou localité où vit une espèce animale ou végétale, ou encore un individu d'association ; biotope = portion de sol (et en partie de roches-mères sous-jacentes) et d'atmosphère correspondant dans l'espace à une biocénose (Guinochet M. 1973, *Phytosociologie*, pp. 12 et 123).

— la démarche suivie sur le massif des Calanques présente une grande similitude avec celle proposée par Duchaufour Ph. et Millischer H. (1954), Duchaufour Ph. (1958, 1960), Jacamon M. et Mormiche A. (1958), Debazac E.F. (1961), Bartoli Ch. (1966), Becker M. (1969, 1972, 1978).

Ces auteurs utilisent la notion d'espèces indicatrices, de groupes écologiques, pour identifier sur le terrain différentes stations forestières et pour les cartographier.

Duchaufour Ph. (1960) dans sa publication : « *Station, types d'humus et groupes écologiques* » fait également état de l'existence, des avantages et des inconvénients de deux voies de recherche qui peuvent être suivies pour identifier et cartographier les stations ou milieux écologiques. La première de ces voies consiste à dresser séparément les cartes géologique, pédologique et phytosociologique, cartes servant à établir une carte synthétique dite « carte des stations ». La seconde méthode apparaissant plus efficace, a pour but de rechercher les corrélations entre la végétation et les facteurs du milieu, corrélations permettant de définir et de repérer sur le terrain les stations.

Ainsi, le présent travail comme ceux réalisés à Nancy, démontre que l'étude des stations suivant la deuxième méthode est plus rentable, toutefois il faut préciser qu'elle exige en revanche une recherche en équipe où pédologues et phytosociologues doivent se compléter harmonieusement et posséder une formation suffisamment élargie leur permettant de prendre conscience des phénomènes qui peuvent sortir du cadre de leur spécialité. Bonneau M. et Timbal J. (1973) étaient d'ailleurs amenés à écrire « *le pédologue perçoit moins bien que le phytosociologue les nuances dans l'économie de l'eau, la richesse chimique des sols... Le pédologue ne perçoit pas non plus les variations climatiques plus ou moins importantes qui peuvent se rencontrer dans un périmètre donné* ».

Un autre point de convergence existe entre le présent article et le point de vue de Duchaufour Ph. (1960), c'est celui relatif au phénomène de compensation de facteurs.

En résumé entre la méthode utilisée ici et celle proposée par les auteurs précédemment cités, il existe plusieurs points communs relatifs notamment à la recherche de corrélations entre la végétation et les facteurs du milieu (climat, sol, etc.) et à l'utilisation d'une démarche rapide et peu onéreuse.

Malgré les grandes similitudes qui viennent d'être mentionnées, quelques points divergents sont à signaler. La méthode appliquée à la partie domaniale du massif des Calanques a été utilisée sur un territoire dont le couvert végétal est fort différent tant sur le plan physiognomique, que sur le plan phytosociologique, de celui qui a servi de support d'étude aux chercheurs mentionnés

ci-dessus. L'extrême dégradation du tapis végétal des Calanques contraste avec les futaies « exhubérantes » du nord-est de la France. Ainsi dans l'étude consacrée à ce secteur de la Provence, l'expression « milieu écologique » convenait mieux que celle de « station forestière » et voire même s'imposait.

Parmi les caractères non similaires, on notera aussi le rôle important que joue l'humus dans l'établissement des corrélations « sol-végétation » notamment dans les forêts médio-européennes. Par contre en région méditerranéenne là où le couvert végétal est très dégradé, comme c'est le cas en forêt domaniale de la Gardiole, l'humus ne figure plus parmi les facteurs majeurs.

Le présent travail n'a pas fait appel aux méthodes mathématiques pour le traitement des données numériques relatives à la végétation et aux facteurs écologiques, comme l'ont fait en forêt médio-européenne Timbal J. (1973), Picard J.-F. et al (1979). La raison en est la suivante : l'analyse « en composantes principales » ou « factorielle » exige des séries complètes de valeurs. Or, dans un travail comme celui qui a fait l'objet de la présente note, les moyens modestes qui sont mis à la disposition des chercheurs obligent ces derniers à ne pas répéter certaines observations, mesures ou analyses dès que les corrélations paraissent évidentes. De plus, l'expérience acquise sur le terrain permet de pressentir certaines corrélations, pressentiments qui peuvent être convertis en hypothèses de travail.

Les données acquises dans ce travail se sont révélées bien suffisantes pour le forestier aménagiste. Ainsi il est démontré que l'utilisation des méthodes mathématiques citées précédemment n'est pas toujours indispensable. Dans le cas présent elle aurait eu pour inconvénients, une perte de temps et un accroissement des moyens.

En dehors des travaux mentionnés précédemment et essentiellement relatifs à la forêt médio-européenne, on peut effectuer quelques remarques concernant des publications ayant trait à la région méditerranéenne.

Timbal J. (1976) fait état qu'il « a dans le nord de la Tunisie, utilisé la cartographie de la végétation pour définir et délimiter des stations, leur aptitude au reboisement étant ensuite déterminée en fonction des groupes écologiques mis en évidence et de sondages pédologiques ». Une telle démarche est analogue dans ses grandes lignes à celle retenue dans la forêt domaniale de la Gardiole.

Bonfils P. (1978) met l'accent sur l'importance des propriétés physiques du sol et du degré de fissuration de la roche mère. Ce point de vue rejoint certaines conclusions du présent travail.

Duclos G. (1980) dans « l'appréciation de l'aptitude à la mise en valeur forestière et agricole des sols des zones accidentées de Provence », expose une méthodologie axée sur la définition de classes d'aptitudes à la mise en valeur forestière à partir d'une notation de facteurs, comme par exemple, la pente, l'érosion, le substratum géologique, l'épaisseur du sol, l'eau, la salinité, la charge en cailloux, la texture de la terre fine, le calcaire, le pH, etc. Cette méthode ne fait pas allusion aux renseignements qui peuvent être fournis par le tapis végétal ; à mon avis la démarche proposée par Duclos G. et celle développée dans le présent article peuvent être complémentaires.

CONCLUSION

Le travail réalisé sur le site de la forêt domaniale de la Gardiole (résultats détaillés consignés dans un rapport remis au centre de l'Office national des Forêts d'Aix-en-Provence ; les planches ci-jointes en ont été extraites) a démontré que par l'intermédiaire de la couverture végétale même

fortement dégradée, ce qui est fréquemment le cas en région méditerranéenne, l'écologue peut déceler assez rapidement et à l'aide de moyens non excessifs, des informations climatiques et pédologiques utiles au forestier pour l'élaboration d'un projet d'aménagement. Le degré de précision dans les données acquises peut varier d'un site à un autre suivant l'état d'avancement des connaissances. L'étude des relations « sol-climat-végétation » présente encore et malheureusement beaucoup de lacunes ; elle mériterait d'être encouragée car les résultats obtenus pourraient recevoir une application dans le domaine de l'aménagement du territoire. Enfin le lecteur ne doit pas perdre de vue que si la méthode décrite ici peut être appliquée ailleurs, les résultats acquis dans la forêt domaniale de la Gardiole ne sont pas forcément transposables ailleurs pour les raisons évoquées précédemment (compensation de facteurs écologiques).

Enfin, on retiendra que l'étude axée à l'origine vers l'obtention de résultats d'intérêt pratique (potentialités forestières) a permis de mettre en évidence des phénomènes que la recherche fondamentale n'avait pas pu préciser jusqu'à présent. Ainsi la recherche appliquée peut soulever des problèmes qui pourront être repris ultérieurement d'une manière plus approfondie par la recherche fondamentale si cette dernière est munie de moyens suffisants.

G. AUBERT

Laboratoire de Botanique et d'Écologie méditerranéenne
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE SAINT-JÉRÔME
Rue Henri-Poincaré
13397 MARSEILLE CEDEX 13

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.). — Les *Ericacées* en Provence : répartition, édaphologie, phytosociologie, croissance et floraison. — Thèse d'État, 1-286 et annexes, Faculté des Sciences et Techniques d'Aix-Marseille III. Saint-Jérôme, Marseille, 1976.
- AUBERT (G.). — Étude édaphique de certains groupements végétaux de Provence. — Faculté des Sciences et Techniques d'Aix-Marseille III, Saint-Jérôme, Marseille, 1-275 et annexes, 1976.
- AUBERT (G.). — Relations entre le sol et cinq espèces d'*éricacées* dans le sud-est de la France. — *Oecologia Plantarum*, n° 3, 1978, pp. 253-269.
- AUBERT (G.), BIGOT (L.), QUEZEL (P.), THINON (M.). — Étude des potentialités forestières du Domaine de la Gardiole (massif des Calanques). 1-65 et annexes, Office national des Forêts. Centre d'Aix-en-Provence, 1981.
- BARTOLI (Ch.). — Études écologiques sur les associations forestières de la Haute-Maurienne (1^{re} thèse) ; Aménagement, sylviculture et étude des stations (2^e thèse). Thèse, Montpellier. — *Annales des Sciences forestières*, 1966, vol. 33, n° 3, pp. 3-321.
- BECKER (M.). — Le Hêtre (*Fagus sylvatica* L.) et ses problèmes en forêt de Villers-Cotterêts (Aisne). — *Annales des Sciences forestières*, vol. 26, n° 2, 1969, pp. 141-182.
- BECKER (M.). — Étude des relations sol-végétation en condition d'hydromorphie dans une forêt de la plaine lorraine. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 30, n°2, 1972, p. 143.
- BECKER (M.). — Forêt française : pour une définition et une cartographie des stations. — *Bulletin technique de l'O.N.F.*, n° 9, 1977.
- BECKER (M.). — Définition des stations en forêt de Haye. Potentialités du Hêtre et du Chêne. — *Revue forestière française*, vol. 30, n° 4, 1978, pp. 251-269.
- BECKER (M.), LE TACON (F.), TIMBAL (J.). — Les plateaux calcaires de Lorraine. Types de stations et potentialités forestières. — Nancy : École nationale du Génie rural, des Eaux et des Forêts, 1980. — 216-LII p.
- BONFILS (P.). — Le classement des sols en vue de la reforestation en zone méditerranéenne. — *Revue forestière française*, vol. 30, n° 4, 1978, pp. 271-282.

- BONNEAU (M.), TIMBAL (J.). — Définition et cartographie des stations. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 30, n° 3, 1973, pp. 201-218.
- B.R.G.M. — Carte géologique détaillée de la France au 50 000^e, feuille d'Aubagne-Marseille.
- DEBAZAC (E.-F.) et al. — Type de forêt et aménagement : la forêt de la Contrôlerie en Argonne. — *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts*, vol. 18, n° 1, 1961, pp. 3-41.
- DECOURT (N.), LE TACON (F.). — L'épicéa commun (*Picea excelsa*) sur les plateaux calcaires de l'est de la France. Essai de prévision de la production à l'aide de déterminations pédologiques simples. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 27, n° 3, 1970, pp. 255-286.
- DELAUNAY (A.), LEPOUTRE (B.), NAGELEISEN (L.-M.). — Une méthode de cartographie pédologique des forêts de plaine. Proposition d'utilisation pour la gestion et l'aménagement. — O.N.F. École Nationale des Ingénieurs des Travaux des Eaux et Forêts, 1980. — pp. 1-29 et annexes.
- DUCHAUFOR (Ph.), MILLISCHER (H.). — Étude des types de végétation dans une sapinière vosgienne. — *Revue forestière française*, n° 3, 1954, pp. 160-178.
- DUCHAUFOR (Ph.), PARDE (J.), JACAMON (M.), DEBAZAC (E.). — Un exemple d'utilisation pratique de la cartographie des stations : la forêt du Ban d'Étival (Vosges). — *Revue forestière française*, n° 10, 1958, pp. 597-631.
- DUCHAUFOR (Ph.). — Stations, types d'humus et groupements écologiques. — *Revue forestière française*, n° 7, 1960, pp. 484-494.
- DUCLOS (G.). — Pédologie et aménagement rural : appréciation de l'aptitude à la mise en valeur forestière et agricole des sols des zones accidentées de Provence. — *Forêt méditerranéenne*, T. II, n° 1, 1980, pp. 5-16.
- JACAMON (M.), MORMICHE (A.). — Une étude pédologique et botanique en liaison avec celle des types de peuplements (la forêt domaniale des Trois-Bois). — *Revue forestière française*, n° 2, 1958, pp. 81-95.
- LE TACON (F.), TIMBAL (J.). — La cartographie des stations. — Application à l'aménagement des forêts. — *Bulletin A.F.E.S.*, n° 1, 1975, pp. 51-64.
- MOLINIER (R.). — Carte des associations végétales des massifs de Carpiagne, Puget et Marseilleveyre. *Bull. Le Chêne*, Marseille, 1937.
- PICARD (J.-F.), COURNICHOUX (J.-P.), KIEFFER (Ch.). — Une méthode de définition des stations en forêt : application à la forêt domaniale de Bellême. — *Annales des Sciences forestières*, vol. 36, n° 3, 1979, pp. 211-229.
- TIMBAL (J.). — Application des techniques écologiques aux reboisements en Tunisie. — *Revue forestière française*, vol. XXIII, n° 1, 1971, pp. 1-25.
- TIMBAL (J.). — La végétation de la forêt de Sainte-Hélène (Vosges). — *Vegetatio*, vol. 27, n°s 4-6, 1973, pp. 267-321.
- TIMBAL (J.). — La typologie et la cartographie des stations forestières en France. Application aux forêts méditerranéennes. — *Forêt méditerranéenne*, IV, n° 1, 1982, pp. 5-12.