

Typologie des stations forestières du massif Sainte Victoire

par Jean LADIER * et Bénédicte BOISSEAU **

Introduction

Le massif Sainte Victoire, est un petit massif calcaire situé à une quinzaine de kilomètres à l'Est d'Aix-en-Provence. Sa notoriété doit beaucoup à Cézanne, et le site est classé depuis 1983.

En août 1989, un incendie a parcouru une grande partie du massif, laissant derrière lui de vastes étendues de paysages calcinés et de bois brûlés.

Les services de l'Etat, les élus, les propriétaires et les associations se sont rapidement mobilisés et ont réuni un comité de concertation, pour travailler à la réhabilitation du site.

Dès les premiers jours de septembre 1989, les interventions ont concerné la sécurité et le nettoyage du massif (abattage des bois brûlés, confection de fascines pour lutter contre l'érosion, etc).

Par la suite, un schéma de réhabilitation du massif et de ses abords a été élaboré puis approuvé par le Ministre de l'environnement. Il propose des objectifs et orientations

générales assurant la cohésion des diverses actions de réhabilitation sur l'ensemble du massif. Qu'il s'agisse de projets paysagers, P.F.C.I. (Protection des forêts contre l'incendie), forestiers, agricoles ou pastoraux, il s'avérait nécessaire de mieux connaître les conditions du milieu (climat, sol, végétation, etc) et ses potentialités pour pouvoir en tenir compte lors des aménagements. En particulier pour la reconstitution forestière du massif, il fallait savoir s'il était souhaitable de reboiser, et si oui, où et avec quoi.

C'est dans ces buts que cette étude de typologie des stations forestières a été réalisée par le CEMAGREF et l'Office national des forêts, pour le compte du Ministère

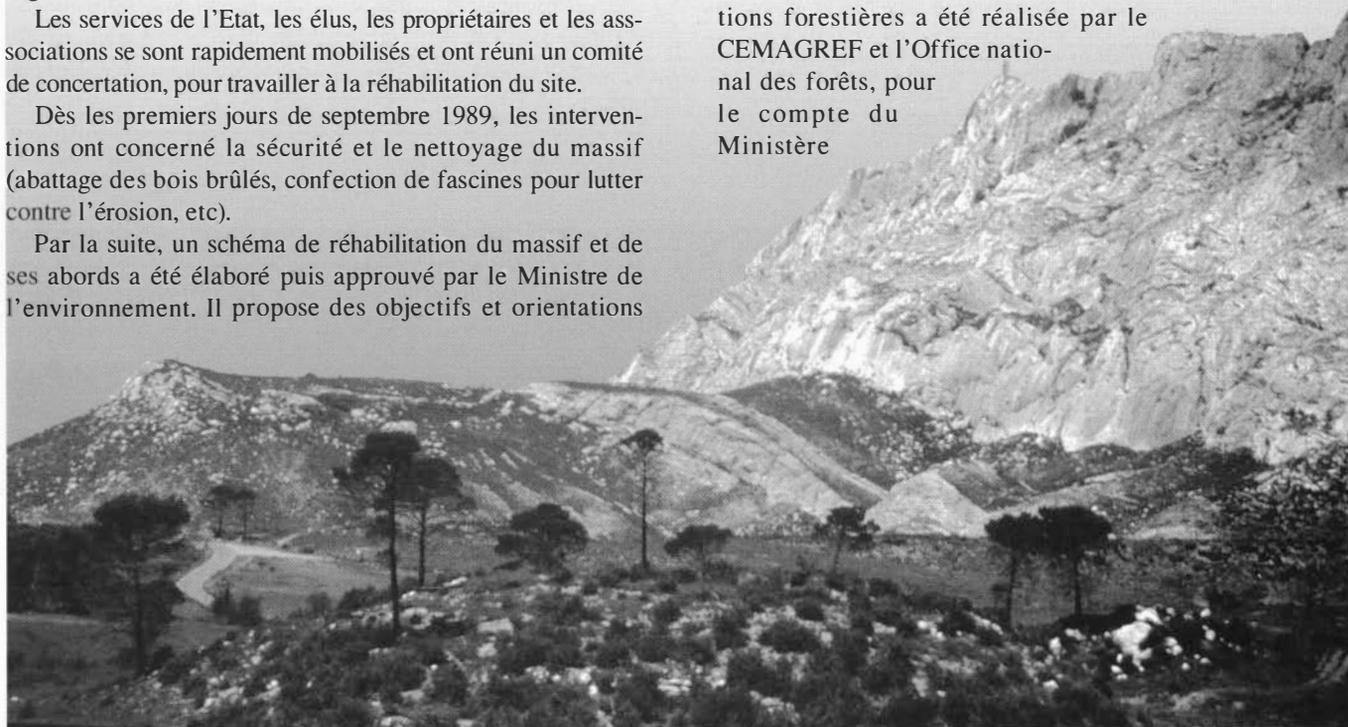


Photo 1 : Versant sud du massif

Photo Nouals-Boisseau/FOMEDI

* O.N.F. - CEMAGREF Aix-en-Provence

** CEMAGREF Aix-en-Provence

Le Tholonet BP31 13612 Aix-en-Provence cedex 1

Tél. 42 66 93 10

de l'environnement (Direction régionale de l'environnement) et du Syndicat intercommunal du massif Sainte Victoire, avec la participation financière de SHELL-FRANCE.

En effet, une étude de typologie des stations permet de connaître sur un massif donné tous les types de milieu existants, leur localisation, leurs contraintes et leurs potentialités forestières.

C'est la première fois qu'une étude de ce genre était réalisée en Provence calcaire et surtout sur terrain incendié. Si le choix de la zone d'étude a été essentiellement conjoncturel, la diversité des milieux qu'elle présente peut permettre de mieux appréhender la région alentour.

C'est également la première typologie de stations réalisée par le CEMAGREF d'Aix-en-Provence. Cette étude était donc l'occasion d'expérimenter les techniques utilisées dans le reste de la France, et de mettre au point une méthode adaptée au contexte méditerranéen, applicable pour les typologies suivantes.

Après un rappel rapide des principes, buts et méthodes de la typologie des stations forestières, le massif Sainte Victoire et le catalogue des stations de ce massif seront présentés.

But et méthode de la typologie des stations forestières

Principe

Sur un massif donné, le milieu naturel présente des variations importantes (climatique, géologique, topographique, etc). Les espèces végétales et en particulier les arbres sont sensibles à ces variations qui conditionnent leur présence et leur croissance.

Pour étudier et caractériser les facteurs du milieu naturel et leurs interactions complexes, on "découpe" le territoire en zones homogènes appelées "stations forestières". **Une station est une surface de terrain définie par ses caractéristiques physiques et biologiques (topographie, sol, végétation naturelle, exposition, etc) et qui présente des conditions homogènes de croissance pour les arbres** (d'après Delpech R., Dume G., Galmiche P., 1985). Un massif forestier est donc une mosaïque de stations.

Ayant bien cerné les caractéristiques d'une station, on s'aperçoit qu'en divers endroits, on retrouve des

conditions de milieu similaires. Ceci permet de regrouper les stations en un nombre limité de **types de stations**, dont on pourra dans un deuxième temps définir les potentialités, c'est-à-dire déterminer les espèces forestières adaptées et prévoir leur croissance.

Il s'agit donc d'une description fine du milieu à l'échelle de la gestion forestière, orientée vers l'évaluation des contraintes et potentialités forestières.

Déroulement de l'étude

L'étude s'est déroulée en 4 phases :

- **La préétude**, au cours de laquelle alternent bibliographie et travail de terrain, a pour but de déterminer les principales caractéristiques de la zone étudiée, et d'optimiser la phase suivante de collecte des données.

Elle a été orientée plus particulièrement vers la géologie et la géomorphologie. Elle a permis de découper la zone d'étude en secteurs aux caractéristiques propres et de dégager pour chacun des relations roche-matériau-sol-végétation (Barthes-Bornand, 1987; Franc, 1992). Elle a débouché sur un plan d'échantillonnage cherchant à couvrir toutes les conditions de milieu existantes dans le massif.

- **La phase de terrain** est la réalisation des relevés prévus par le plan d'échantillonnage. Chaque relevé a été effectué sur une surface homogène d'environ 400m², en notant les données suivantes :

- * altitude, exposition, topographie, pente.
- * type de roche, pendage, pourcentage d'affleurement rocheux, type de matériau.
- * description du sol par horizon d'après une fosse pédologique : couleur, texture, structure, réaction à l'acide chlorhydrique, charge en cailloux, abondance de racines, compacité.
- * liste des espèces végétales présentes, avec leur coefficient d'abondance-dominance.



Photo 2 : Description du sol d'après une fosse pédologique

Photo C. Nouals/FOMEDI

230 relevés ont ainsi été réalisés au cours du printemps et de l'été 1991.

- **L'analyse des données** recueillies nécessitait des traitements informatiques. Les fiches de relevés ont été codées puis saisies sur ordinateur, pour permettre des traitements automatiques basés sur des méthodes statistiques. Cet ensemble d'analyses débouche sur la définition des types de stations.

- **La rédaction.** Le résultat d'une typologie des stations est un catalogue contenant notamment une fiche descriptive par type de station et une clef de détermination permettant d'identifier la station sur laquelle on se trouve à l'aide de quelques critères simples et facilement observables sur le terrain.



Photo 3 : Travail du sol sur une plantation d'oliviers dans le massif Sainte Victoire
Photo Millo-Lecomte/FOMEDI

Détermination des potentialités de chaque station

Un catalogue des types de stations n'est opérationnel que s'il permet de déterminer facilement, ou donne directement les potentialités correspondantes. Habituellement, seules les potentialités forestières sont décrites. Pour la réhabilitation du massif Sainte Victoire, une évaluation des potentialités pastorales ou agricoles a aussi été demandée.

Les potentialités forestières ont été déterminées notamment grâce aux travaux sur l'écologie des essences forestières méditerranéennes menées par le CEMAGREF d'Aix-en-Provence depuis une dizaine d'années (Alexandrian, 1987; Tanghe, 1991; Nouals-Boisseau, 1991; Ripert-Boisseau, 1993). Ces études permettent de cerner le "tempérament" de chaque essence et de déterminer la hauteur atteinte par les arbres à maturité en fonction du milieu. Le croisement de ces données avec la typologie fournit pour chaque type de station une liste d'essences forestières avec leur degré d'adaptation. Cette liste a été complétée par des espèces d'accompagnement et des essences qui n'ont pas fait l'objet à ce jour d'une étude autécologique du CEMAGREF mais pour lesquelles on trouve un certain nombre d'éléments dans la bibliographie.

Grâce à l'aide du C.E.R.P.A.M. (Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes-Méditerranée), des éléments ont pu être ajoutés sur les possibilités de **mise en valeur pastorale** selon les types de stations. En ce qui concerne une éventuelle **mise en valeur agricole**, les descriptions de sol pourront servir de base d'évaluation mais devront être complétées par des analyses plus fines.

Utilisation du catalogue

Le catalogue des types de stations est avant tout un **outil pratique** de **gestion forestière** permettant de réaliser un

diagnostic écologique et de connaître les aptitudes du milieu, que l'objectif soit la production de bois, la protection des sols ou la reconstitution du paysage, etc.

Le catalogue peut être utilisé ponctuellement sur un site donné ou pour **cartographier** une partie du massif pour une zone à aménager. Cela permettra de mieux **cibler les interventions** et de définir plus précisément les objectifs de gestion ou de réhabilitation.

Pour les zones où la vocation forestière est affirmée, la connaissance des contraintes et potentialités du milieu, ainsi que l'évolution naturelle de la végétation après incendie, seront des aides à la décision pour :

- **choisir d'intervenir ou de "laisser faire la nature"**,
- choisir la ou **les espèces les mieux adaptées** à la station et à l'objectif fixé,
- le cas échéant, déterminer le **mode d'intervention** et les **techniques sylvicoles adaptées** au milieu naturel.

Présentation du massif Sainte Victoire

Le milieu naturel du massif Sainte Victoire est marqué de contrastes qui contribuent d'ailleurs pour une large part à la beauté du site. Sur ce massif de 10 000 ha, on rencontre aussi bien des garrigues basses sur des pentes rocheuses ensoleillées, que de véritables peuplements forestiers dans des expositions plus fraîches sur sol épais ou encore des formations végétales caractéristiques des altitudes élevées.

Cadre géographique

La montagne Sainte Victoire est le relief majeur de la zone d'étude. Elle culmine à 1011 m. Son versant nord, ré-

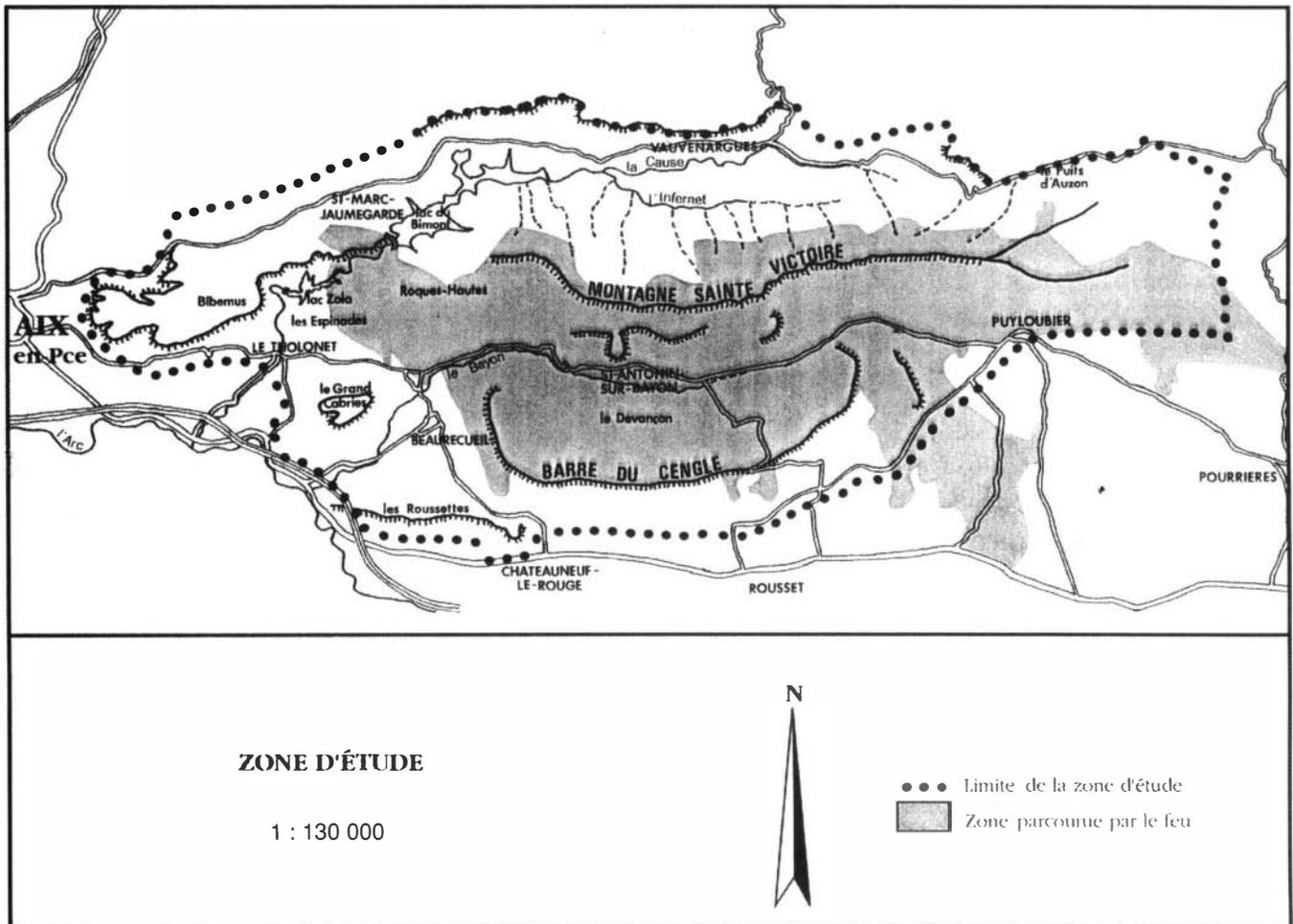


Fig. 1 : Limite de la zone d'étude.

gulier, en pente forte, est entaillé par de nombreux vallons. Ils rejoignent la Cause et l'Infernet qui coulent dans la vallée de Vauvenargues.

Le versant sud est une falaise. Son piémont forme une unité de paysage avec le secteur de Roques Hautes et des Espinades. Le Bayon coule à ses pieds.

Plus au sud, le plateau du Cengle incliné vers le nord est limité par un talus qui regarde la vallée de l'Arc. Le bois des Roussettes et le Grand Cabriès sont des petits reliefs de même nature que le Cengle.

Enfin, le plateau de St Marc-Bibémus, qui forme l'extrémité nord-ouest de la zone d'étude est un entablement presque horizontal à quelques 350 m d'altitude.

Climat

Il est caractérisé par des précipitations faibles (moins de 700 mm par an) et un déficit estival marqué. La hauteur des pluies d'été (de début juin à fin août) n'atteint pas 100 mm. Les conditions de précipitation sont donc parmi les plus défavorables de la zone médi-

terrannée française. Par contre, les températures sont moyennes pour la région. Ainsi, seule une végétation typiquement méditerranéenne, adaptée à la sécheresse, résiste dans ces conditions.

On peut cependant moduler ces observations générales selon les secteurs. Pour la partie ouest (plateau de St Marc-Bibémus, les Espinades, Roques-Hautes, le Grand Cabriès,



Photo 4 : Point culminant du massif

Photo C. Nouals/FOMEDI

les Roussettes) et le talus du Cengle, on peut sans risque se baser sur les données citées plus haut.

Le versant sud de Sainte Victoire est certainement encore plus sec et chaud.

Le versant nord, par contre, est plus humide et plus frais. Asséché par le mistral à l'ouest, il reçoit vers l'est de plus en plus de précipitations ; les pluies doivent approcher 750 mm par an à l'est de Puyloubier et Puits d'Auzon, lorsqu'on aborde le plateau de Pourrières. Par ailleurs, les précipitations augmentent sensiblement avec l'altitude.

Le sommet du Cengle est plus frais que le bassin de l'Arc, avec sans doute des précipitations similaires.

Ainsi, l'altitude (de 200 à 1000 m) et l'exposition ont une grande importance sur ce massif et influencent fortement la composition de la végétation.

Roches et sol

Une histoire mouvementée (Cf. fig.2)

Le massif Sainte Victoire est constitué de roches calcaires d'origine et de nature diverses. Ces roches et leur agencement actuel sont le fruit d'une histoire qui remonte à 200 millions d'années et qui explique la structure complexe et très particulière de la montagne Sainte Victoire.

A l'ère secondaire, la région est d'abord couverte par la mer. Des sédiments se déposent et se superposent en couches de plus en plus épaisses. Leur nature dépend notamment de la profondeur de l'eau. C'est ainsi que se forment les marnes, les calcaires dolomitiques et les calcaires durs qu'on trouve actuellement côté nord de Sainte Victoire et qui constituent la montagne elle-même. La fin de l'ère secondaire marque le début de l'émersion des sédiments.

A l'ère tertiaire, le soulèvement se poursuit et une compression brutale entraîne la formation d'un bombement dans la région de Sainte Victoire. L'érosion de ce nouveau relief engendre des éboulis. La consolidation de ces épandages de cailloux par des limons rouges a formé les brèches, roches visibles actuellement au lac Zola, à Roques-Hautes ou au pied du versant sud en bancs verticaux.

Un lac occupe alors une partie du bassin de l'Arc. Là, s'accumule une épaisseur considérable de sédiments qui formeront le Cengle. Les dépôts sont plus ou moins étendus et de nature variable : les calcaires compacts for-

ment aujourd'hui la barre du Cengle ou la butte du Grand Cabriès, les marnes se retrouvent sur toutes les pentes.

Plusieurs mouvements complexes du relief vont ensuite se succéder pour former la montagne Sainte Victoire telle qu'elle apparaît actuellement et soulever le plateau du Cengle.

Entre ces grands bouleversements, un bras de mer atteindra certaines régions de Sainte Victoire et laissera des sédiments calcaires sableux : les calcarénites qui forment le plateau de St Marc-Bibémus.



Photo 5 : Vue aérienne du plateau du Cengle Photo Drouin-CIRCOSC/FOMEDI

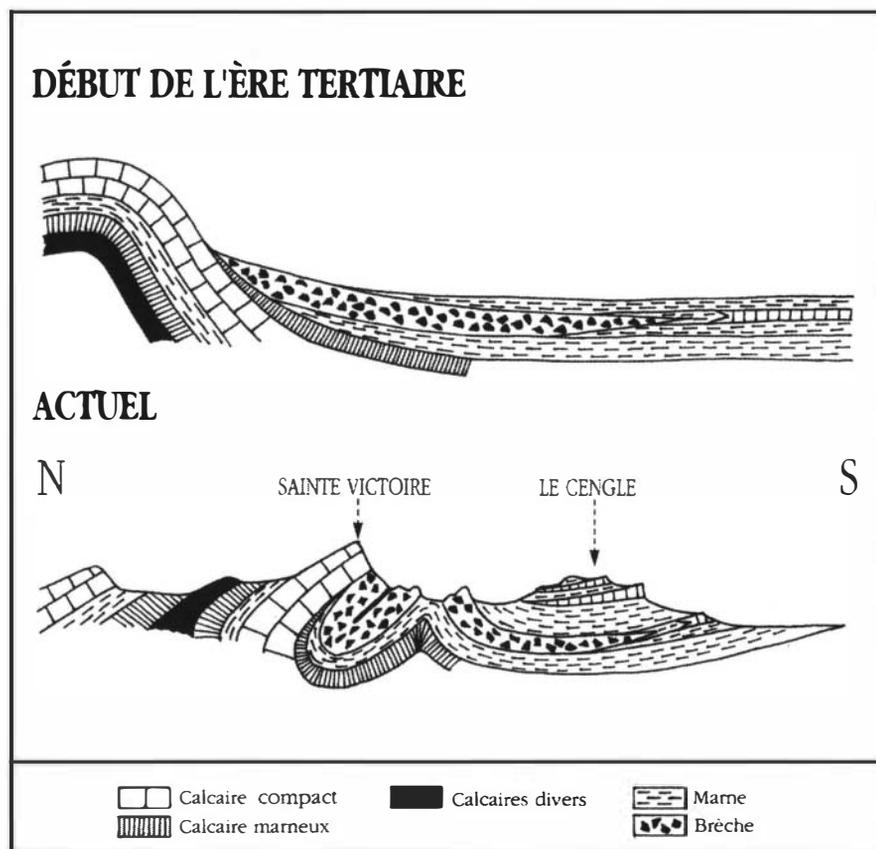


Fig. 2 : Histoire géologique du Massif Sainte Victoire (d'après J. Auboin, 1968).

Des sols étroitement liés à la nature de la roche

Le massif Sainte Victoire présente donc une grande variété de roches qui, selon leur composition, leur structure et leur dureté, ne s'altèrent pas de la même façon et ne donnent pas les mêmes types de sols.

A leur tour, les sols orientent la prospection racinaire des végétaux par les obstacles mécaniques que rencontrent les racines (nombre et tailles des cailloux, compacité et profondeur) et par leur influence sur le stockage et la circulation de l'eau. Une espèce végétale préférera un substrat adapté à l'architecture de son système racinaire et répondant à son besoin en eau.

De ce point de vue, on peut répartir les substrats entre trois pôles :

1. Les roches tendres, qui s'altèrent sur une certaine épaisseur. Il s'agit des marnes et argiles. Sur ces roches, les sols peuvent absorber beaucoup d'eau grâce à leur profondeur et leur texture mais ils s'assèchent aussi très vite et sur une grande épaisseur par remontée capillaire. D'autre part, ils contiennent peu d'air et constituent donc un milieu asphyxiant, défavorable à la prospection racinaire surtout lorsqu'ils sont gorgés d'eau. Heureusement, les marnes sont très souvent couvertes de colluvions qui ont "coulé" le long des pentes en se chargeant de cailloux. Ces formations sont plus aérées, mieux structurées tout en étant profondes et présentent donc de bonnes conditions pour l'enracinement.

2. Les roches dures non fissurées. C'est le cas des brèches compactes, ou de certains bancs calcaires. Les sols sont réduits à une couche mince ou à des poches peu profondes et de faible volume. Ce sont des sols calcaires très caillouteux. Quelle que soit l'exposition, la végétation est clairsemée et doit faire face à une sécheresse sévère.

3. Les roches dures fracturées. C'est typiquement le cas des bancs calcaires finement stratifiés qui affleurent sous la forme de champs de pierres. Même si le sol contient beaucoup de pierres et de blocs et beaucoup moins de terre que les sols sur marnes, il est bien structuré et il retient mieux l'eau en profondeur entre les blocs et dans les fentes. Des espèces comme le Chêne vert savent exploiter tout ce volume de terre fine. Leurs racines profitent de la moindre fissure pour aller chercher l'eau jusqu'à plusieurs mètres de profondeur.

Les calcarénites et les calcaires dolomitiques sont à mi-chemin entre roches dures et roches tendres. Ils ressemblent à des calcaires durs mais s'altèrent beaucoup plus facilement comme s'ils "fondaient" sur place ou se "cariaient" en donnant des sols souvent épais et sableux. Ils seront donc plus favorables au développement de peuplements forestiers.

Végétation naturelle

Sur le massif Sainte Victoire, comme ailleurs, les forêts de Chêne vert et de Chêne pubescent ont de tout temps été exploitées et défrichées, laissant la place sur de grandes surfaces aux garrigues à Chêne kermès et à Romarin. Depuis un siècle, le Pin d'Alep, espèce pionnière parfois favorisée par

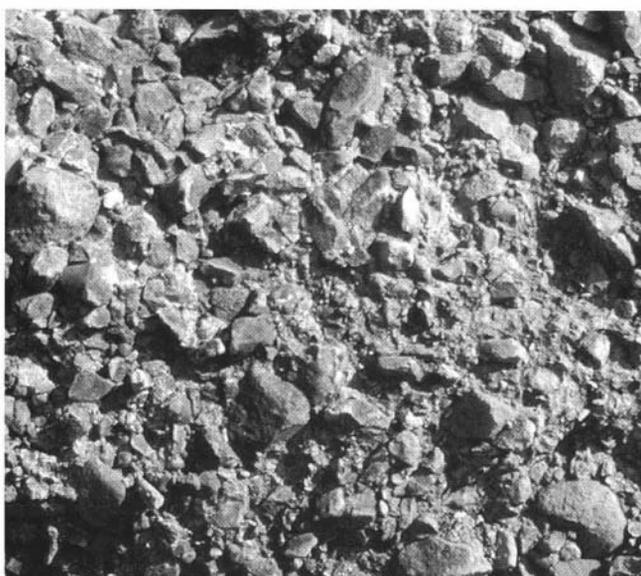


Photo 6 : Brèche - Sainte Victoire

Photo B. Boisseau/FOMEDI



Photo 7 : Chêne vert sur calcaire fracturé

Photo Nouals-Boisseau/FOMEDI

l'homme, a colonisé les terres abandonnées, et est devenu la principale espèce forestière sur le massif.

Bien que fortement marquée par cette histoire, la végétation montre une grande diversité. L'orientation est-ouest du relief (montagne Sainte Victoire, Cengle) crée une opposi-

tion entre adret et ubac à laquelle les espèces sont sensibles. D'autre part, la dénivellation importante permet un étagement de la végétation sur l'ubac de Sainte Victoire. A la base se trouvent les espèces méditerranéennes dominées par le Chêne vert et le Pin d'Alep. Plus haut, les Genévriers et le Chêne pubescent sont plus abondants et le Pin sylvestre apparaît. Enfin la crête plus froide et ventée, moins favorable à la forêt est occupée par une végétation basse à Genêt de Lobel.

Traitement des données et résultats obtenus

La première étape consiste à définir des groupes floristiques et à cerner leur signification écologique. Dans un deuxième temps, ils seront utilisés en complément des critères géopédologiques pour définir les types de station.

Définition des groupes floristiques

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), couplée à la classification ascendante hiérarchique (CAH), est habituellement utilisée pour étudier la flore à partir des relevés (Fenelon, 1988 ; Brethes, 1989). Elle permet de

grouper les espèces qui se trouvent souvent ensemble sur le terrain. Elle permet aussi de situer les relevés par rapport à ces groupes d'espèces. Ces traitements ont permis de répartir les espèces rencontrées en groupes sociologiques.

Nous avons également utilisé les profils écologiques indicés (Daget-Godron, 1982). Il s'agit de tester statistiquement la répartition de chaque espèce selon les modalités de chaque facteur écologique. Par exemple, on pourra déterminer si la présence de telle espèce est significativement liée à telle ou telle classe d'altitude. Le profil écologique indicé est donc le résultat d'un traitement analytique, contrairement à l'AFC qui est un traitement synthétique de l'ensemble de la flore.

Les profils écologiques des espèces rencontrées plus de 5 fois, en fonction des principaux facteurs écologiques relevés, ont été étudiés (soit près de 2000 profils). Cette technique a permis de confirmer et d'affiner les groupes sociologiques issu du traitement AFC+CAH et de cerner plus précisément leur signification écologique. On retrouve cependant de façon constante, l'influence des incendies récents (ceux de 1986 et 1989 en particulier) qui ont fortement perturbé et uniformisé la flore. Elle n'a donc pas pu être la base de distinction des types de station, comme c'est le cas dans d'autres études. Par contre elle a été utile pour révéler ou confirmer des conditions particulières du milieu.

La liste des 13 groupes socio-écologiques obtenus est donnée ci-après, accompagnée de leurs principales caractéristiques écologiques.



▲ Photo 8 : Iris nain
Photo C. Nouals/FOMEDI



◀ Photo 9 : Orchis pourpre
Photo J. Ladier/FOMEDI

Groupe 1

Sedum anopetalum (Sedum à pétales droits)
Allium sp. (Ail)
Sedum nicaeense (Sedum élevé)
Galium verum (Gaillet vrai)
Stypa juncea (Stype faux-jonc)
Verbascum maiale (Molène de mai)
Cerastium pumilum (Céraiste nain)
Antirrhinum majus (Gueule de loup)
Iris chamaeiris (Iris nain)
Asphodelus cerasifer (Asphodèle)
Rhus coriaria (Sumac des corroyeurs)

Sols superficiels sur calcaire dur et brèche, avec roche et cailloux affleurants.

Groupe 2

Fumana thymifolia (Fumana à feuilles de thym)
Coris monspeliensis (Coris de Montpellier)
Ulex parviflorus (A jonc épineux)
Globularia alypum (Globulaire arbustive)
Coronilla juncea (Coronille à branches de jonc)
Coronilla minima (Petite coronille)
Orchis sp. (Orchis)
Onobrychis saxatilis (Sainfoin des rochers)
Lithospermum fruticosum (Gremil ligneux)

Milieux ouverts et zones brûlées en exposition sud sur sol calcaire profond, colluvion ou éboulis sur argile et marne.

Groupe 3

Dorycnium suffruticosum (Dorycnium sous-arbrisseau)
Aphyllantes monspeliensis (Aphyllante de Montpellier)
Teucrium polium (Germandrée tomenteuse)
Helianthemum italicum (Hélianthème d'Italie)
Leuzea conifera (Leuzée à cône)
Euphorbia serrata (Euphorbe dentée)
Helichrysum stoechas (Immortelle)
Hippocrepis comosa (Hippocrepis à toupet)
Linum narbonense (Lin de Narbonne)

Zones incendiées ou faible couvert, groupe de large amplitude climatique (altitude, exposition) sur sol calcaire colluvial sur marne et argile.



Photo 10 : Aphyllante de Montpellier

Photo C. Nouals/FOMEDI

Groupe 4

Quercus coccifera (Chêne kermes)
Brachypodium ramosum (Brachypode rameux)
Phillyrea angustifolia (Filaria à feuille étroite)
Cistus albidus (Ciste blanc)
Ononis minutissima (Ononis nain)
Fumana ericoïdes (Fumana de Spach)
Argyrolobium linnaeanum (Argyrolobe de Linné)
Daphne gnidium (Daphne garou)
Helianthemum hirtum (Hélianthème hérissé)

Zones incendiées et garrigues ouvertes, groupe à large amplitude en exposition ensoleillée à basse altitude.



Photo 11 : Reprise de Daphné garou après l'incendie

Photo D. Nouals/FOMEDI

Groupe 5

Pinus halepensis (Pin d'Alep)
Juniperus oxycedrus (Genévrier oxycèdre)
Rosmarinus officinalis (Romarin)
Thymus vulgaris (Thym)
Stachelina dubia (Stéhéline douteuse)
Avena bromoïdes (Faux brome)
Dactylis glomerata (Dactyle aggloméré)

Zones non brûlées, groupe à large amplitude en exposition sud et sud-ouest, à basse altitude.



Photo 12 : Thym en fleur

Photo C. Nouals/FOMEDI

Groupe 6

Rubia peregrina (Garance voyageuse)
Carex halleriana (Laïche de Haller)
Festuca ovina (Fétuque ovine)
Odontites sp. (Odontites)
Bonjeania hirsuta (Bonjanie hérissée)
Psoralea bituminosa (Herbe à bitume)

Très large amplitude.



Photo 13 : Odontites sous Chêne vert

Photo C. Nouals/FOMEDI



Photo 14 : Euphorbe à fleurs pourpres

Photo C. Nouals/FOMEDI



Photo 15 : Viorne tin

Photo C. Nouals/FOMEDI



Photo 16 : Ciste à feuille de sauge

Photo J. Laurent-DDAF13/FOMEDI



Photo 17 : Aubépine monogyne

Photo C. Nouals/FOMEDI

Groupe 7 a

- Lonicera implexa* (Chèvrefeuille des Baléares)
- Clematis flammula* (Clematite petite flamme)
- Rhamnus alaternus* (Nerprun alaterne)
- Euphorbia characias* (Euphorbe à fleurs pourpres)
- Asparagus acutifolius* (Asperge sauvage)
- Pistacia terebinthus* (Pistachier térébinthe)

Groupe 7 b

- Quercus ilex* (Chêne vert)
- Teucrium chamaedrys* (Germandrée petit Chêne)
- Phillyrea latifolia* (Filaria à large feuille)
- Prunus spinosa* (Prunellier)
- Cytisus sessifolius* (Cytise à feuille sessile)
- Ruscus aculeatus* (Fragon petit houx)
- Osyris alba* (Osyris blanc)
- Viburnum tinus* (Viorne tin)

Groupe 7 c

- Cistus salviaefolius* (Ciste à feuille de sauge)
- Arbutus unedo* (Arbousier)
- Erica scoparia* (Bruyère à balai)

Altitude moyenne, sur sol peu calcaire, issu de l'altération de calcaire dur, calcaire dolomitique, ou calcarénite.

7a nuance chaude

7c nuance sur sol acide

Groupe 8

- Quercus lanuginosa* (Chêne pubescent)
- Rosa* sp. (Eglantier)
- Genista pilosa* (Genêt poilu)
- Genista hispanica* (Genêt piquant)
- Amelanchier rotundifolia* (Amelanchier)
- Lonicera etrusca* (Chèvrefeuille d'Etrurie)
- Rubus* sp. (Ronce)
- Hieracium murorum* (Epervière des murs)
- Viola* sp. (Violette)
- Sorbus domestica* (Cormier)
- Brachypodium pinnatum* (Brachypode penné)
- Crataegus monogyna* (Aubépine monogyne)
- Ulmus campestris* (Orme champêtre)
- Cornus sanguinea* (Cornouiller sanguin)

Zones non brûlées, couvert dense en exposition nord, plutôt en altitude sur roche calcaire ou marneuse.

Groupe 9

Brachypodium phoenicoïdes (Brachypode de Phénicie)
Sanguisorba minor (Sanguisorbe)
Carex glauca (Laîche glauque)
Hieracium pilosella (Epervière piloselle)
Linum salsoloïdes (Lin sous-arbrisseau)
Hypericum perforatum (Millepertuis perforé)
Onobrychis supina (Sainfoin couché)
Linum campanulatum (Lin campanule)
Astragalus monspessulanus (Astragale de Montpellier)

Zones brûlées, sols colluviaux profonds sur marne en exposition nord.

Groupe 10

Bromus erectus (Brôme érigé)
Euphorbia cyparissias (Euphorbe petit cyprès)
Potentilla sp. (Potentille)
Teucrium montanum (Germandrée des montagnes)
Lotus corniculatus (Lotier corniculé)
Ononis spinosa (Ononis épineux)
Echinops ritro (Echinops ritro)
Brunella hyssopifolia (Brunelle à feuille d'hysope)
Catananche caerulea (Cupidone bleue)

Altitude moyenne (500-700 m) et exposition nord sur colluvions et sur marne

Groupe 11

Acer campestre (Erable champêtre)
Juniperus phoenicea (Genévrier de phénicie)
Lavandula latifolia (Lavande à larges feuilles)
Hedera helix (Lierre grimpant)
Ligustrum vulgare (Troëne)
Jasminum fruticans (Jasmin arbrisseau)

Zones non incendiées, couvert dense, altitude moyenne à élevée, sur pente nord et sol moyennement profond

Groupe 12

Acer monspessulanum (Erable de Montpellier)
Pinus sylvestris (Pin sylvestre)
Sorbus aria (Alisier blanc)
Lavandula vera (Lavande vraie)
Juniperus communis (Genévrier commun)
Dianthus sp. (Oeillet)
Prunus mahaleb (Bois de Sainte Lucie)
Satureia montana (Sariette)
Coronilla emerus (Coronille arbrisseau)
Asplenium adiantum nigrum (Capillaire-noire)
Viburnum lantana (Viorne lantane)
Campanula glomerata (Campanule agglomérée)
Asplenium trichomanes (Capillaire rouge)
Evonymus europeaus (Fusain d'Europe)
Polypodium vulgare (Polypode vulgaire)

Zones non brûlées, couvert dense, altitude élevée sur pente nord, sol moyennement profond issu de calcaire dolomitique.



Photo 18 : Astragale de Montpellier

Photo B. Boisseau/FOMEDI



Photo 19 : Brunelle à feuille d'hysope

Photo B. Boisseau/FOMEDI



Photo 20 : Lierre grimpant

Photo C. Nouals/FOMEDI



Photo 21 : Viorne lantane

Photo C. Nouals/FOMEDI



Photo 22 : Anthyllis des montagnes

Photo G. Aillaud/FOMEDI

Groupe 13

Koeleria vallesiana (Koellerie du Valais)
Buxus sempervirens (Buis)
Sesleria caerulea (Seslerie bleue)
Stypa pennata (Stype penné)
Anthyllis montana (Anthyllis des montagnes)
Iberis saxatilis (Iberis des rochers)
Santolina chamaecyparissus (Santoline)
Genista lobelii (Genêt de Lobel)
Laserpitium gallicum (Laserpitium de France)

Milieu ouvert d'altitude élevée sur pente nord, sol superficiel ou caillouteux sur calcaire dur ou calcaire dolomitique.

Définition des types de station

Des classements manuels et automatiques des relevés permettent de constituer des groupes de stations présentant des mêmes caractéristiques écologiques. En particulier des AFC effectués sur les critères de description et des roches ont montré que les relevés se regroupent assez bien par type de substrat. En effet, ces analyses ont permis de dégager des tendances propres aux sols développés sur certaines roches. Cela est très net pour les relevés sur brèche et sur marne. Globalement, des relations entre roches, matériaux et sols sont apparues, affinant celles qui avaient été esquissées dans la préétude.

Ces groupes de relevés issus de l'analyse géopédologique ont été croisés avec les groupes d'espèces issus de l'analyse floristique.

La flore permet de vérifier:

1. les différences entre groupes de relevés :

- soit elle confirme des distinctions faites sur des critères géopédologiques,
- soit elle ne réagit pas à un critère de distinction de deux groupes, ce qui peut justifier ou non leur fusion.

2. la cohérence des groupes de relevés :

- soit elle confirme l'homogénéité de chaque groupe.

- soit, et c'est le plus important, elle introduit des critères de discrimination autres que géopédologiques auxquels la végétation est sensible (exposition, altitude), ce qui peut conduire à scinder des groupes.

ROCHE	TYPE DE STATION	CODE
BRECHE	Brèche dure affleurante	BR1
	Brèche non affleurante	BR2
MARNE	Glacis d'épandage	MA1
	Eboulis	MA2
	Marne affleurante	MA3
	Colluvions sur marne en exposition chaude	MA4
	Colluvions sur marne en exposition fraîche	MA5
CALCAIRE MARNEUX	Calcaire mameux dur	CM1
	Calcaire mameux à niveaux tendres	CM2
CALCAIRE COMPACT	Terra rossa sur calcaire compact affleurant	CC1
	Terra rossa sur calcaire compact fracturé - sol superficiel -	CC2
	Terra rossa sur calcaire compact fracturé - sol assez profond -	CC3
	Terra rossa sur calcaire compact en pendage inverse	CC4
	Sol carbonaté sur calcaire compact affleurant	CC5
	Sol carbonaté assez profond sur calcaire compact	CC6
	Sol décarbonaté sur calcaire compact	CC7
	Calcaire compact en altitude	CC8
CALCARENITE	Sol limoneux décarbonaté sur calcarénite	CA1
	Sol carbonaté peu profond sur calcarénite	CA2
	Sol carbonaté assez profond sur calcarénite	CA3
CALCAIRE DOLOMITIQUE	Calcaire dolomitique	CD1
	Calcaire dolomitique en altitude	CD2
FORMATIONS SILICEUSES	Calcaire siliceux	FS1
	Argile et calcaire à silex	FS2
	Grès à ciment calcaire	FS3
	Poudingue	FS4

Tab. I : Liste des types de stations.

Répartition	Cengle, combe de Vauvenargues et Sainte Victoire nord
Fréquence	fréquent
Stations associées	MA3, MA4, CM1, CM2, FS2, FS3
Confusion possible	MA3, CM2, FS2
Regroupement possible	MA3, CM2, FS2, FS3
Altitude	360 à 580m
Exposition	NW, N, NE
Topographie	mi-pente, bas-de-pente, replat
Pente	7 à 45%
Roche	marne
Pendange	(sans objet)
Matériau	colluvion
Affleurement rocheux	0
Type de sol	calcosol colluvial
Profondeur observée	35 à 100 cm (test tarière 10 à 75 cm)
Texture	L, LA, LAS, LS
Éléments grossiers	cailloux et graviers de calcaire dur, taux très variable
Réaction à HCl	forte
Formation végétale	pinède claire sur pelouse à brachypode de Phénicie
Evolution naturelle	installation du Chêne pubescent sous le Pin d'Alep
Groupes floristiques présents	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Groupe(s) floristique(s) caractéristique(s)	10
Sous-types	dépressions, sols limono-sableux
Essences bien adaptées	Chêne pubescent, Pin d'Alep, Pin pignon, Pin brutia, Cormier
Intérêt pastoral	moyen à grand

Tab. II : Colluvions sur marne en exposition fraîche - Tableau synthétique.

Roche, matériau et sol

Les sols se développent au sein de colluvions superposées aux marnes. Ils sont souvent bruns (10 YR 4/3 à 5/4), mais leur teinte peut varier du brun-rouge (5 YR) au brun-olive (2,5 Y). La texture est à dominante limoneuse, la structure est le plus souvent polyédrique ou subanguleuse. Le taux de calcaire actif est fort sauf dans des cas particuliers (cf. variations constatées). La proportion d'éléments grossiers est très variable, généralement comprise entre 10 et 60 % ; il s'agit de cailloux de calcaire dur ou de silex libérés par une formation géologique située en amont.

Les sols observés sur ce type de station étaient en moyenne plus évolués qu'en exposition chaude (type MA4), c'est-à-dire plus épais et mieux structurés.

Flore et végétation

La végétation est également une pinède claire de Pin d'Alep, sous laquelle le Chêne pubescent est parfois assez abondant. Il semble qu'il s'installe facilement sous le Pin et qu'à terme il puisse le supplanter.

Influence du feu

Le feu provoque comme sur les autres types de stations la régression des espèces du groupe 5 (Pin d'Alep) mais surtout la disparition du groupe 11.

Il favorise les groupes 3, 4, 6 et 9.

Influence de l'exposition

L'exposition fraîche, c'est-à-dire nord, nord-est ou nord-ouest, est un facteur déterminant pour la végétation sur ce type de substrat. L'abondance des groupes 8, 10, 11 et 12 est très significative.

Sous-type dépressions

Les dépressions ouvertes, bien que peu fréquentes et de surface réduite, sont des stations favorables marquées par une flore plus riche. Il s'agit dans certains cas de stations mouilleuses correspondant à des résurgences.

Sous-type sols limono-sableux

Les sols à texture limono-sableuse ont une faible capacité de rétention et constituent un sous-type défavorable.

Variations constatées

La présence de **terrasses** est un facteur positif, mais l'influence sur la végétation semble faible. La composition floristique est identique. On note seulement une meilleure hauteur du Pin d'Alep sur les terrasses et peut-être une installation plus rapide du Chêne pubescent. Cette différence ne justifie pas la distinction d'un sous-type.

L'épaisseur de la colluvion induit également des nuances dans les potentialités. Sur colluvions minces, le sol moins évolué, mal structuré, se rapproche des sols sur marne affleurante. La pinède basse clairsemée et la pelouse discontinuée indiquent des contraintes hydriques plus fortes que sur colluvion épaisse. Le matériau colluvial et le sol sont souvent plus épais sur les terrasses mais ce n'est pas une règle absolue.

Un **sol décarbonaté** a été observé dans une petite dépression surélevée, cette position topographique assurant un bon drainage tout en empêchant l'érosion.

Tab. III : Colluvions sur marne en exposition fraîche - Commentaire

En fait, la composition floristique a permis de fixer des seuils d'altitude, d'exposition et de profondeur de sol pour scinder les groupes de relevés les plus hétérogènes.

Finalement, on aboutit à 26 types de stations caractérisés par des critères géopédologiques et floristiques (Cf. Tab. I).

Chaque type de station est décrit par une fiche comprenant :

- un **tableau synthétique**(Cf. Tab. II),
- un **commentaire** sur les facteurs écologiques(Cf. Tab. III),
- un tableau détaillant les **potentialités forestières**(Cf. Tab. IV),
- un **exemple** correspondant à un point de relevé sur le massif.

L'ensemble de ces fiches constitue le catalogue des types de stations. La fiche concernant les colluvions sur marne en exposition fraîche (MA5) est donnée ici, à titre d'exemple, ainsi qu'une des clefs de détermination mises au point (Cf. fig. 3). Pour reconnaître sur le terrain la station MA5 donnée en exemple, il suffira de vérifier qu'il n'y a pas d'affleurement rocheux ni de cailloux de silex à la surface du sol, puis de déterminer qu'on est en exposition nord avec le groupe d'espèces végétales G10 abondant.

	ESSENCES	Adaptation	Facteurs limitants sur cette station	Facteurs de variation favorables
locales	Chêne vert	moyenne	mauvaise structure du sol	colluvion épaisse
	Chêne pubescent	très bonne		terrasses, dépressions
	Pin d'Alep	très bonne		terrasses
introduites	Pin pignon	bonne	mauvaise structure du sol	colluvion épaisse terrasses
	Pin de Salzmann	moyenne	pluie d'été insuffisante	colluvion épaisse
	Cyprès vert	moyenne	exposition fraîche mauvaise structure du sol	colluvion épaisse
	Pin brutia	bonne		colluvion épaisse terrasses, dépressions
	Sapin de Céhalonie	moyenne	climat chaud et sec	colluvion épaisse
	Cèdre de l'Atlas	limite	mauvaise structure du sol climat sec	colluvion épaisse
d'accompagnement	Frêne à fleurs	moyenne	mauvaise structure du sol	colluvion épaisse
	Cormier	bonne		colluvion épaisse
	Alisier blanc	moyenne	basse altitude	colluvion épaisse dépressions, terrasses
	Erable champêtre	moyenne	basse altitude	colluvion épaisse dépressions, terrasses
	Erable de Montpellier	moyenne	basse altitude	colluvion épaisse dépressions, terrasses

Tab. IV : Colluvions sur marne en exposition fraîche. Potentialités forestières.



Photo 23 : Colonisation du Pin d'Alep sur le Cengle

Photo J. Laurent-DDAF13/FOMEDI

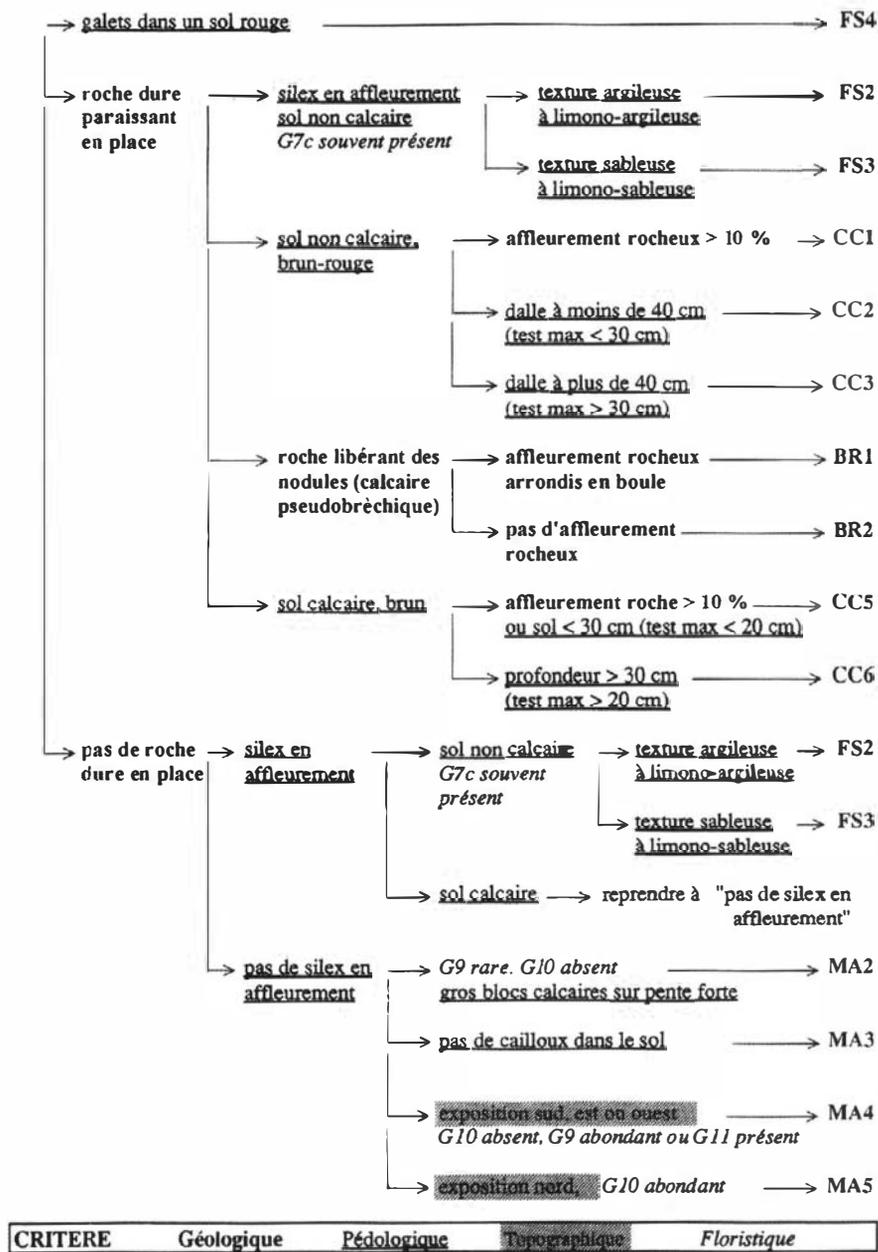


Fig. 3 : Exemple de clef de détermination.

Exemple d'application : la cartographie des stations

Plusieurs secteurs du massif ont été cartographiés, pour tester le catalogue de stations, et en vue d'aménagements forestiers ou paysager.

La carte présentée figure 4 couvre 50 ha, sur la pente nord du Cengle au lieu-dit "le Devançon" (Cf. Fig.1), secteur à la fois complexe et intéressant dont la structure est schématisée sur la figure 5.

Le Cengle est en partie constitué de sols acides, très rares dans ce massif calcaire qu'est Sainte Victoire. On y trouve, à l'état naturel, quelques plantes réputées calcifuges. Les argiles et calcaires à silex (FS2) ou les sols sableux développés sur

grès (FS3) offrent des potentialités forestières particulièrement intéressantes : le Chêne pubescent présente une bonne croissance et on pourra diversifier les essences, par exemple avec du Cormier ou de l'Alisier torminal qui apprécie les sols sableux (sur FS3).

Au dessus de ces formations acides, restent quelques buttes de mame ou de calcaire (CC6, CC2, CC5), derniers témoins de terrains érodés. Les stations sur calcaire apparaissent souvent étroitement imbriquées. Selon que le calcaire est plus ou moins fracturé, on a des sols plus ou moins profonds, aptes au développement de la chênaie verte. Là où la roche affleure beaucoup, les potentialités sont très limitées.

Sur les pentes, on passe des formations siliceuses aux colluvions sur mame (MA5). L'exposition fraîche et l'épaisseur de la colluvion offrent de bonnes conditions pour des essences feuillues comme pour des essences résineuses : Chêne pubescent, Pin brutia, Pin d'Alep et en accompagnement Cormier, Erables, Frêne à fleurs, Alisier blanc. Les terrasses, très présentes sur ces pentes, rassemblent des conditions encore plus favorables pour la croissance de ces essences.

En bas de pente cette colluvion est parfois plus mince ou même absente. Les marnes apparaissent alors (MA3) et les potentialités sont bien moindres (Pin d'Alep essentiellement).

D'un point de vue pastoral, les stations sur pente présentent un grand intérêt pour un pâturage d'été du fait du développement important des pelouses et de la fraîcheur des sous-bois.



Photo 24 : Sol acide avec coulées de silex sur marnes compactes - Cengle
Photo D. Afxantidis

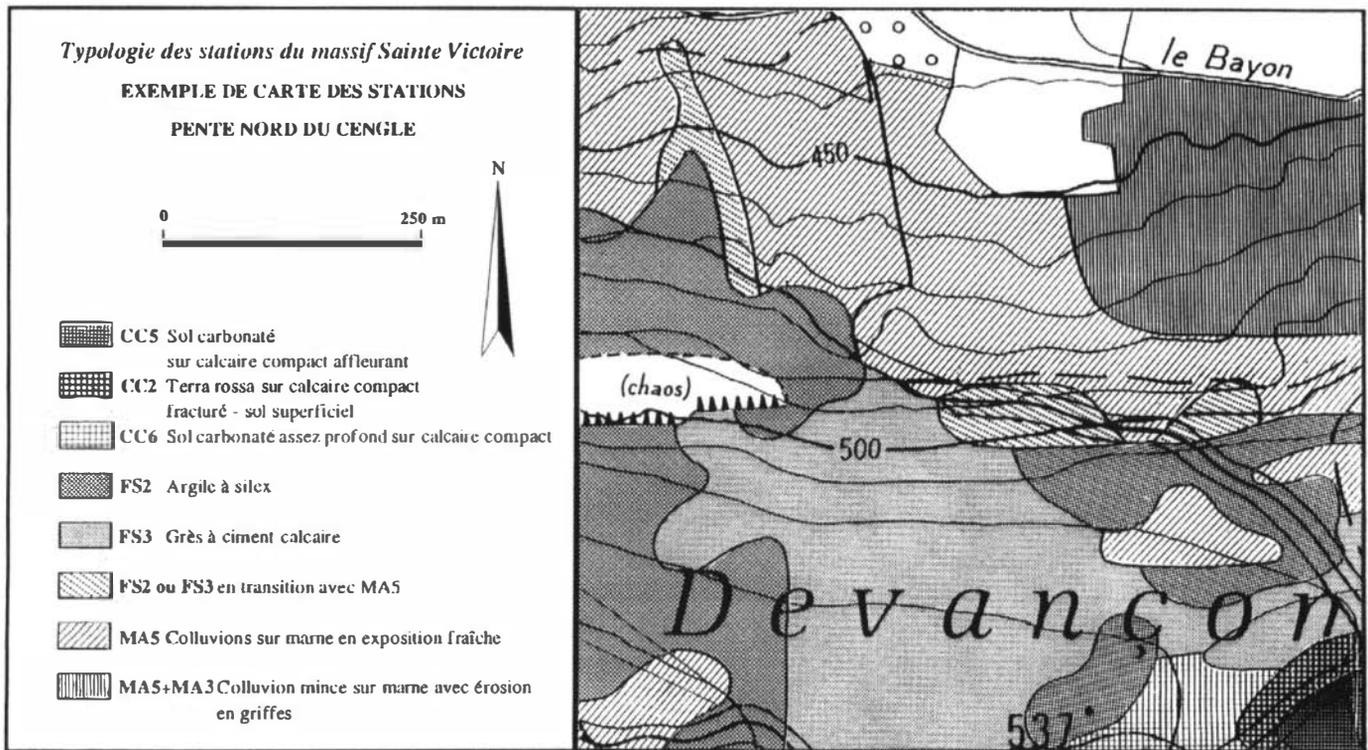


Fig. 4 : Carte des stations forestières du Devançon.

Conclusion

Cette étude qui apporte des éléments utiles pour la mise en valeur forestière voire pastorale ou agricole de certaines zones du massif Sainte Victoire, constitue une base commune de connaissance pour tous : responsables, propriétaires et usagers quels que soient leurs objectifs.

Le massif Sainte Victoire présentait des particularités qui n'en faisaient pas un cadre idéal pour une étude de typologie: grande diversité géologique et climatique sur une petite surface, et surtout végétation perturbée par un incendie récent. Mais du fait même de ces difficultés, les résultats obtenus constituent une bonne base de référence pour d'autres secteurs incendiés en Provence calcaire.

De plus, la réflexion méthodologique imposée par cette étude profite aux typologies suivantes, entamées sur le secteur des plateaux et monts de Vaucluse, de la montagne de Lure et du sud du mont Ventoux (Jappiot et al., 1992), et sur le massif des Maures.

Par ailleurs, un travail similaire est en cours d'achèvement sur le Luberon (Varese, 1990). Ainsi, le retard qu'avait la typologie forestière en Provence méditerranéenne est en train de se combler.

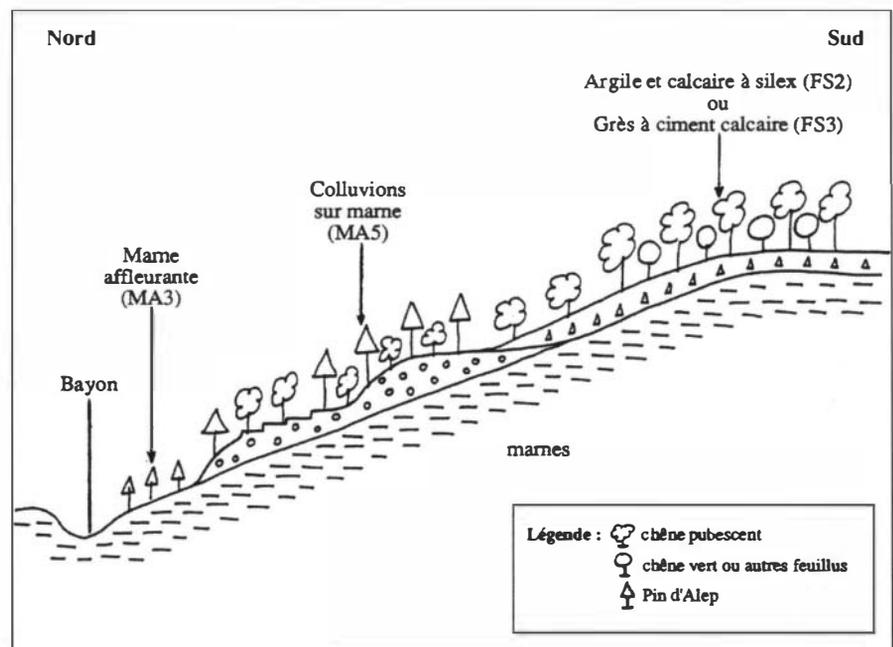


Fig. 5 : Coupe schématique du Devançon.

Pour le CEMAGREF d'Aix-en-Provence, qui avait longtemps concentré ses efforts sur l'autécologie des essences méditerranéennes, la typologie et l'autécologie apparaissent aujourd'hui comme des approches complémentaires qui doivent bénéficier l'une de l'autre pour répondre au mieux aux questions que se pose le forestier méditerranéen.

J.L., B.B.

Bibliographie

- ALEXANDRIAN D., 1987 - Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre 3 : Essences forestières - CEMAGREF Aix-en-Provence, 30 fiches.
- AUBERT G., 1983 - 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 vol.XXXV, n° 6, p. 425-441.
- BARTHES J.P., BORNAND M., 1987 - Cartographie des sols en moyenne montagne calcaire sèche ; une méthode d'approche possible - Les colloques de l'I.N.R.A., n° 39, p. 95-106.
- BRETHES A., 1989 - La typologie des stations forestières, recommandations méthodologiques - Revue Forestière Française, vol.XLI, n°1, p.7-27.
- DAGET P., GODRON M., 1982 - Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés - Masson, 163 p.
- DARRACQ S., ROMANE F., GODRON M., 1984 - Typologie forestière de la région des garrigues du Gard - E.N.G.R.E.F. , 181 p.+ annexes.
- DELPECH R., DUME G., GALMICHE P., 1985 - Typologie des stations forestières ; vocabulaire - IDF, 189 p. + annexes.
- DUREAU R., GARDE L., 1991 - Domaine départemental de Roques-Hautes; étude de faisabilité d'un aménagement pastoral - C.E.R.P.A.M., 11 p.+ 2 cartes.
- FENELON J.P., 1988 - Qu'est-ce que l'Analyse de Données ? - LEFONEN, 311 p.
- FRANC A., 1992 - Stations forestières sur roches carbonatées ; éléments pour un diagnostic et une logique spatiale - CEMAGREF Riom, 14 p.
- JAPPIOT M., NOUALS D., BOISSEAU B., 1992 - Plateaux et monts de Vaucluse, montagne de Lure et Ventoux (versant sud) - Préétude pour une typologie des stations forestières - CEMAGREF Aix-en-Provence, 163 p.+ annexe.
- LADIER J., BOISSEAU B., 1992 - Typologie des stations forestières du massif Sainte Victoire (version provisoire) - CEMAGREF Aix-en-Provence, 213 p.+ annexes.
- NICOT J., 1967 - Recherches morphologiques en Basse-Provence calcaire - Thèse de doctorat - Faculté des lettres et des sciences humaines d'Aix-en-Provence, p. 1-246.
- NOUALS D., BOISSEAU B., 1991 - Le Pin brutia en France continentale - CEMAGREF Aix-en-Provence, 86 p.+ annexes.
- RIPERT C., BOISSEAU B., 1993 - Ecologie et croissance du Cèdre de l'Atlas en Provence - CEMAGREF Aix-en-Provence, 81 p. + annexes.
- TANGHE C., 1991 - Ecologie et croissance du Pin de Salzmann en France - Mémoire de 3ème année E.N.I.T.E.F. / CEMAGREF Aix-en-Provence, 84 p.+ annexes.
- VARESE P., 1990 - Préétude en vue d'une typologie des stations forestières du Luberon - Parc naturel régional du Luberon, 142 p.

Résumé

Le massif Sainte Victoire, situé à l'est d'Aix-en-Provence, a été parcouru par le feu en 1989.

Avant de se lancer dans des reboisements pour réhabiliter le site, une étude des conditions de croissance des arbres dans le massif était souhaitable. C'est pourquoi une typologie des stations forestières a été réalisée du début 1991 à la mi-1992. Croisant des données climatiques, géologiques, pédologiques, topographiques et floristiques, ce travail aboutit à un catalogue des types de milieux qui est un outil pratique pour le forestier.

Malgré sa petite surface, le massif Sainte Victoire est caractérisé par une diversité des substrats et des climats. La flore, qui normalement reflète bien cette diversité, a été très perturbée par l'incendie, perdant ainsi une partie de sa valeur indicatrice. Tout cela faisait de cette première étude de typologie en Provence calcaire un travail complexe.

Après de nombreuses observations sur le terrain, le traitement des données recueillies a permis de définir 26 types de stations, discriminés en premier lieu par le substrat. Pour chacun de ces types de stations, une liste d'essences adaptées est proposée, et les potentialités pastorales sont esquissées.

Summary

The Sainte Victoire massif, situated to the east of Aix-en-Provence, was swept by fire in 1989. Prior to the replanting designed to rehabilitate the site, it appeared desirable to study the growth conditions of trees in the massif. Thus, from early 1991 to mid 1992, research was carried out into the typology of the forested areas. Correlating data about climate, geology, pedology, topography and flora, the research led to a catalogue of the different types of milieu which now constitutes a useful practical tool for forestry purposes.

Though the Sainte Victoire massif is quite small, it is characterized by a diversity of climate and substrates. The flora, which normally closely reflects this diversity, was badly affected by the fire and consequently has lost some of its indicative value. These considerations increased the complexity of the work involved in what is the first typological study in a limestone area of Provence.

After a large number of observations made during the field research, the data gave rise to differentiating 26 types of situation, based in the main on the substrate. For each of these different zones, there is a proposed list of suitable species and the potential for pastoral activity is briefly assessed.

Riassunto

Il massiccio Sainte-Victoire, localizzato all'est di Aix-en-Provence, è stato percorso dal fuoco nel 1989.

Prima di lanciarsi nei rimboschimenti per riabilitare il luogo, uno studio delle condizioni di crescita degli alberi nel massiccio era desiderabile. Ecco perché una tipologia delle stazioni forestali è stata realizzata dall'inizio del 1991 fino al mezzo del 1992. Incrociando i dati climatici, geologici, pedologici, topografici e floristici, questo lavoro porta a un catalogo dei tipi ambientali che è un arnese pratico per il forestale.

Malgrado la sua piccola superficie, il massiccio della Sainte-Victoire è caratterizzato da una diversità dei sostrati e dei clima. La flora, che normalmente riflette bene questa diversità, è stata sconvolta dall'incendio, perdendo così una parte del suo valore indicatore. Tutto questo faceva di questo primo studio di tipologia in Provenza calcarea un lavoro complesso.

Dopo numerose osservazioni sul terreno, il trattamento dei dati raccolti ha permesso di definire 26 tipi di stazioni, discriminati in primo luogo dal sostrato. Per ognuno di questi tipi di stazioni, una lista di essenze adattate è proposta, e le potenzialità pastorali sono tratteggiate.

N.d.e. Cette étude a fait l'objet d'un rapport scientifique et technique sous la forme du "catalogue des stations forestières" destiné aux professionnels et d'une plaquette de présentation "grand public". Ces documents peuvent être obtenus à l'O.N.F. (46 avenue Paul Cézanne 13098 Aix-en-Provence cedex 02), au CEMAGREF (voir adresse p. 275) et au Syndicat intercommunal Sainte Victoire (24 rue Mignet 13100 Aix-en-Provence)