

CENTRE DE DOCUMENTATION  
DES ARCHIVES DES ALPES-MARITIMES

TRIMESTRIEL

# RECHERCHES RÉGIONALES

(Côte d'Azur et Contrées Limitrophes)

---

ARCHIVES DÉPARTEMENTALES  
5, AVENUE EDITH-CAVELL — NICE

# LES RECHERCHES REGIONALES

---

## BULLETIN TRIMESTRIEL

édité par le

CENTRE DE DOCUMENTATION DES ARCHIVES DES ALPES-MARITIMES

---

Directeur : **M. DALMASSO,**

Agrégé de l'Université, Institut d'Etudes Littéraires de Nice.

Secrétaire de Rédaction : **Mme DEVUN,**

Documentaliste - Archiviste des Alpes-Maritimes.

---

Ce bulletin, conçu dans le cadre régional, se propose de présenter les travaux (mémoires, diplômes ou thèses) rédigés pour l'obtention d'un titre universitaire.

Nous demandons aux auteurs de résumer leur étude, d'en dégager les conclusions et d'indiquer sommairement leur bibliographie. Ainsi, espérons-nous, en faisant mieux connaître des résultats qui risquent quelquefois de demeurer un peu ignorés, faciliter les recherches futures. Dans le même but nous publierons également des documents destinés à préparer le terrain pour de nouvelles études de détail et de synthèse.

En assurant la publication de ce périodique, les Archives des Alpes-Maritimes sont fidèles à leur mission qui est essentiellement de fournir aux chercheurs les instruments de documentation indispensables à la réalisation de leur œuvre.

CENTRE DE DOCUMENTATION  
des  
ARCHIVES DES ALPES - MARITIMES

---

---

TRIMESTRIEL

- 1971 - N°2 -

11e année

---

- RECHERCHES REGIONALES -

Côte d'Azur et Contrées limitrophes

---

Archives Départementales  
5 ter, avenue Edith Cavell

NICE

## **SOMMAIRE**

Quelques aspects de la biogéographie de l'Estérel.

Mémoire de maîtrise présenté en juin 1970  
à la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Nice.

Prof. MM. LAPRAZ, JULIAN et NICOD.

Par J.M. COLONNA

P 2

**RECHERCHES  
REGIONALES**

**Alpes-Maritimes**

**et**

**Contrées limitrophes**

**11<sup>e</sup> année**

**1971 – N° 2**

**Avril- juin**

**38**

**QUELQUES ASPECTS DE LA  
BIOGÉOGRAPHIE  
DE L'ESTÉREL.  
MÉMOIRE DE MAÎTRISE  
PRÉSENTÉ EN JUIN 1970  
À LA FACULTÉ DES LETTRES  
ET SCIENCES HUMAINES  
DE NICE.**

**Prof. MM. LAPRAZ, JULIAN et NICOD**

**Par J.M. COLONNA**

## **QUELQUES ASPECTS DE LA BIOGEOGRAPHIE DE L'ESTEREL**

### **Avertissement**

Les lignes qui suivent sont des extraits d'un mémoire de maîtrise intitulé "Biogéographie végétale de l'Estérel" et soutenu en juin 1970 au Laboratoire Raoul BLANCHARD de la Faculté des Lettres de Nice, A.M. LAPRAZ (Faculté des Sciences de Nice), JULIAN et NICOD constituant le jury.

Elles ne prétendent donc pas, au même titre que le mémoire dont elles sont tirées, traiter de la façon la plus complète possible les problèmes biogéographiques du massif de l'Estérel. En particulier, ce travail s'appuie sur de minutieux relevés phytosociologiques, dont les plus importants sont dans les ouvrages inédits de M.M. BARREL, MILANO et PIGAGLIO diplômés d'Études supérieures, préparés sous la direction du Professeur René MOLINIER.

Je ne ferai donc que préciser, avec le maximum d'observations personnelles, les études concernant le massif de l'Estérel, et j'ai laissé délibérément de côté certains traits biogéographiques communs à l'ensemble du monde méditerranéen, et analysés abondamment dans les ouvrages cités en bibliographie. Qu'on ne s'étonne donc pas de ne pas voir étudiées ici, par exemple, les modalités de la résistance à la sécheresse des végétaux, ou des végétations faussement particulières, comme les ripisylves, ou la zonation halophile littorale: l'Estérel ne présente aucune originalité en de tels domaines.

Géographe de formation, mais passionné aussi par la botanique, je tiens à souligner toute Page que j'ai, reçue des naturalistes, et je prie les professeurs G. Lapraz et René Molinier de trouver ici l'expression de ma vive gratitude.

### **Première partie.**

#### **L'ESTEREL : LE MILIEU CLIMATIQUE ET PEDOLOGIQUE**

L'Estérel est le petit massif montagneux situé entre Fréjus et Cannes en bordure de la Méditerranée. Il fait partie, avec les Maures à l'ouest et le Tanneron qui le prolonge vers le nord, de la Provence cristalline, mais de profondes différences le distinguent de ces deux derniers massifs:

- si l'altitude (618 m. au Mont Vinaigre) le place en position intermédiaire entre les Maures (781 m.) et le Tanneron (519 m.) la couleur de ses roches, en particulier des rhyolites amarantes, le "porphyre" rouge de l'Estérel, la direction de son relief, ses vallées étroites ("vallées ravines" de Y. Masurel), la puissance de ses escarpements rhyolitiques et tout un monde de pitons et de pinacles lui assurent une originalité et une hardiesse que ne possèdent pas ses deux voisins qui se peuvent rivaliser de pittoresque avec lui, avec leurs teintes plus ternes et leurs sommets constitués souvent de croupes monotones. Cette originalité est directement en rapport avec la structure; édifice volcanique permien, où les roches acides sont intercalées dans les sédiments gréseux rouge-lie de vin, et à l'importance de la tectonique néogène qui a soulevé l'ancien rift permien et provoqué la dissection. Pour l'étude structurale, on ne saurait faire mieux que de renvoyer à l'excellent guide géologique de P. Bordet, et à ses saisissants schémas.

#### **1°/ Le climat et les eaux.**

Soumis dans l'ensemble au climat méditerranéen, le Massif de l'Estérel présente toutefois des modalités particulières.

a) Les particularités de la circulation atmosphérique et les vents. La région sud-est de la France est une région de conflit où s'affrontent le flux polaire (air froid et sec) et le flux tropical (air chaud et humide). L'Estérel paraît jouer en quelque sorte un rôle de barrière de entre ces deux masses d'air. En effet, le flux nord-ouest qui engendre le mistral prédomine à l'ouest du massif et y détermine un beau temps généralisé, le second, par contre, est à l'origine de formations nuageuses essentiellement locales qui envahissent le littoral à Post de l'Estérel et y amènent des pluies qui peuvent mime parfois s'étendre jusqu'à Toulon et au delà.

De tels systèmes sont différents de ceux constitués par la présence d'une perturbation méditerranéenne proprement dite, émanant généralement du Maroc ou des îles Baléares, et qui vient se localiser entre Corse et Provence où elle provoque, au printemps et à l'automne surtout, du mauvais temps avec vents d'est à sud-est forts, souvent tempétueux. D'autre part, au printemps et en été essentiellement, interviennent les mécanismes classiques de la brise de mer et de la brise de terre qui modèrent agréablement la température. Mais le climat du littoral provençal tire toute son originalité du minimum barométrique dit "de St-Raphaël". La formation de ce minimum est à la fois d'origine dynamique et thermique.

Lorsque le flux atlantique, après l'escalade des Cévennes, redescend plus sec et plus froid sous forme de mistral irrégulier s'engouffrant dans la voie naturelle offerte par la vallée du Rhône pour aller combler la dépression méditerranéenne, il se produit à l'est de cette énorme masse d'air en mouvement rapide, un phénomène de succion qui tend à faire participer au mouvement général les filets d'air de la zone calme.

Cette succion de l'air calme vers le grand courant détermine une dépression dynamique dont le siège se situe précisément pour le sud-est dans la plaine de Fréjus. Ajoutons à cela l'influence de l'insolation qui accentue encore ce minimum et nous aurons ainsi, les conditions requises à la naissance d'un flux à composante est-sud-est à sud-est.

Voici donc que se crée sur place un minimum sporadique satellite qui régit pour une grande part le temps régional. Or, il est piquant de constater que l'origine de ce flux humide n'est autre que le mistral lui-même qui, sec et frais jusqu'à foulon, s'étend au large où il se charge d'humidité et en contournant le minimum de Saint-Raphaël, revient sous forme de branche dérivée du courant général comme flux humide de sud-est (cf.fig.1a). Il produit alors par détente au contact du relief côtier des formations nuageuses dont la limite à l'ouest s'arrête précisément où souffle le mistral; il n'est donc pas rare d'observer à quelques ais seulement, à l'est et à l'ouest de Saint-Raphaël un temps radicalement différent: pluies et vent de secteur sud-est à l'est et beau temps avec mistral à l'ouest.

Mais si l'action solaire aggrave, par les mêmes processus que ceux qui régissent le régime des brises, le jour la profondeur de ce minimum, la nuit, ou elle cesse, elle en modifie la position car, par suite du refroidissement plus rapide de la terre que de la mer, ce minimum se décale vers le sud.

Il s'ensuit que le déplacement de ce minimum vers la terre pendant le jour et vers la mer durant la nuit, imprime un changement dans la physionomie locale du ciel et que ces variations sont à l'origine des brusques modifications de vent qui se manifestent en Provence et sur la Cote d'Azur. L'étude des roses des vents de stations situées de part-et d'autre de l'Estérel confirme d'ailleurs ce qui vient d'être dit plus haut (fig.1b).

A Fréjus domine largement tant en fréquence (55%) qu'en intensité le mistral alors que les vents d'est et de sud-est sont moins fréquents (43%) et surtout moins forts.

A Cannes-Sainte-Marguerite (cette station a été choisie car pour elle seule a été réalisée une rose des vents pour toute l'année), le vent d'est prédomine très nettement, distançant de loin le mistral; on peut Penser que sur le continent moins exposé au mistral par le rentrant de la côte, le contraste est encore plus net.

La conséquence principale de ces particularités de la circulation atmosphérique est que l'insolation est plus forte (2913 heures par an) et le climat plus-sec à l'ouest qui appartient à la

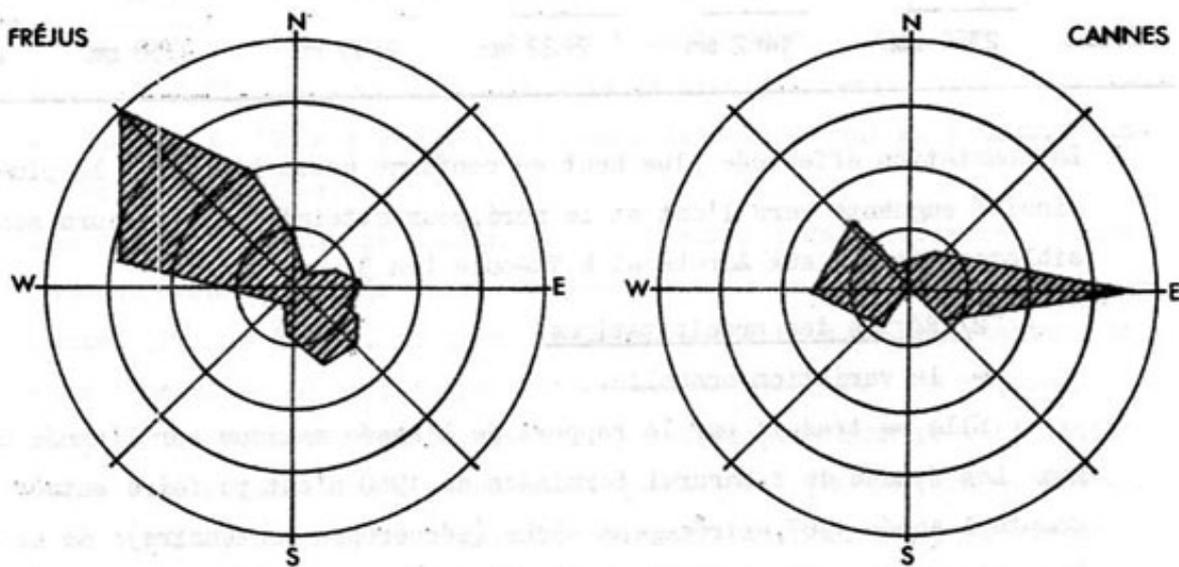
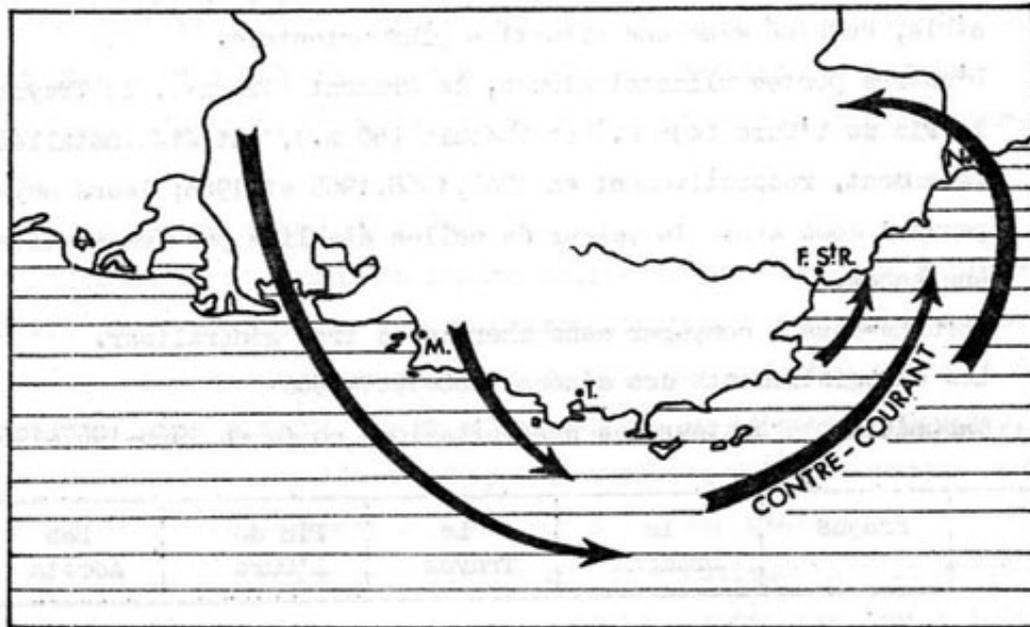


Fig.I- Les vents. a-Mistral et vent d'est sur la côte provençale  
 b-Rose des vents à Fréjus et à Cannes..

zone régie par le mistral alors que l'est où dominent les vents d'est connaît une insolation moindre (2294 heures par an) et une plus grande humidité.

**b) Les précipitations.**

1/ Répartition: En accord avec ce qui a été exposé plus haut, l'étude des précipitations nous montre que l'Estérel central est moins arrosé (Fréjus-Aérodrome 808 mm) que l'Estérel occidental (Cannes-Aérodrome 929 mm).

La station des Adrets située quant à elle, au nord de l'Estérel à 310 mètres d'altitude, reçoit 1020 mm: l'effet orographique est déjà sensible, combiné avec une situation plus orientale.

D'autres postes climatologiques, le Dramont (126 m.), le Trayas (18 m.) le Pic de l'Ours (496 m.) et Théoule (50 m.), ont été installés très récemment, respectivement en 1967, 1968, 1965 et 1966; leurs moyennes ne peuvent donc avoir la valeur de celles établies par des stations plus anciennes.

Bornons-nous à comparer sans chercher à trop généraliser.

Les enregistrements des années 1966-1967-1968.

TABLEAU I. Hauteur des précipitations en mm en 1966-1967-1968.

	Fréjus	Le Dramont	Le Trayas	Pic de l'Ours	Les Adrets	Théoule
1966	1021	-	1046	858	1271	1207
1967	415	402	440	466	402	323
1968	914	1060	1136	1221	1085	1220
TOTAL	2350 mm	1462 mm	2622 mm	2545 mm	2758 mm	2750 mm

La constatation effectuée plus haut se confirme assez bien ici, la pluviosité augmente vers l'est et le nord, pour atteindre des valeurs sensiblement égales aux adrets et à Théoule (en 3 ans).

## 2/ Régime des précipitations.

- La variation annuelle.

Elle se traduit par le rapport de l'année maximum sur l'année minimum. Les études d'Y. Masurel terminées en 1960 n'ont pu faire entrer en compte l'année 1967, extrêmement sèche (sécheresse centenaire) : de ce fait les valeurs que nous donnons sont plus fortes que celles de cet auteur.

- Fréjus :  $\frac{1157}{415}$  (1960) Variation annuelle : 2,7 (Masurel : 1,9)
- Les Adrets :  $\frac{1490}{468}$  (1957) - - : 3,1 (Masurel : 2)

Quant à la station de Théoule, malgré son installation récente, elle se distingue par la plus forte variation annuelle: 1220 (1968) (3,7) 323 (1967)

Ainsi la quantité de pluie tombée peut varier selon les années de 1 à 3,1 et même de 1 à 3,7 avec le cas extrême de Théoule; ici est mise en évidence l'extrême irrégularité du régime pluviométrique méditerranéen.

- le régime annuel

L'Estérel est soumis au régime méditerranéen classique à pluies d'automne et de printemps. Les premières débutent à des dates variables selon les années: c'est pourquoi le mois de septembre, en dépit d'une moyenne assez élevée: 89 mm à Fréjus, 84 mm à Cannes-Mandelieu, est le plus variable, tantôt parce que sans pluie: 0,5 mm à Fréjus en 1946,

tantôt le plus arrosé: 243 en 1968 à la même station. Hais la période pluvieuse par excellence est constituée par la seconde quinzaine d'octobre et les mois de novembre et décembre, qui totalisent respectivement:

- 100 mm - 147 mm - et 86 mm à Fréjus et
- 114 mm - 176 mm - et 119 mm à Cannes-Mandelieu.

Avant la Noël, on passe au minimum secondaire d'hiver:

- Janvier : 57 mm à Fréjus, 75 mm à Mandelieu qui se poursuit jusqu'au début de février.

Les pluies de printemps commencent elles aussi à date variable, elles peuvent débuter et même atteindre leur maximum en février du côté occidental (Fréjus 86 mm), ou plus classiquement être plus importantes en mars (Mandelieu 88 mm); on peut noter que ce mois est déjà beaucoup plus sec à Fréjus: 57 mm seulement. Les précipitations peuvent d'ailleurs être à Mandelieu abondantes jusqu'en Avril (80 mm), on constate donc que le printemps de l'Estérel oriental est beaucoup plus arrosé que celui de l'Estérel central et occidental.

A la fin de juin s'installe, après les derniers orages (Cannes, mai: 41 mm; juin: 49 mm), le régime d'été torride et sec:

- Fréjus: 12 mm en juillet- 27 mm en août
- Cannes: 16 mm " - 29 mm " qui se prolonge au moins jusqu'au 15 septembre.

Au total on peut donc dire que pour l'ensemble du massif, plus de 50%, des précipitations se produisent en automne, 20% en hiver et 20% au printemps cette dernière saison voit l'Estérel oriental beaucoup plus arrosé que la région occidentale.

- le rythme des pluies.

Nous évaluerons l'importance des chutes d'eau en nous référant à la quantité tombée en 24 heures, les pluies, journalières de moins de 0,1 mm étant considérées comme négligeables.

A Fréjus, on compte 82 jours de pluie, dont 43 ne reçoivent pas plus de 5 mm, 14 ont des précipitations comprises entre 5 et 10 mm, et 23 entre 10 et 50 mm, ce dernier chiffre insistant sur la brutalité des précipitations (fig.2b).

A Cannes-Mandelieu, on note 87 jours de pluie sans pouvoir détailler davantage, faute de chiffres précis. La hauteur maximale des précipitations recueillies en 24 heures nous permettra d'effectuer des comparaisons plus fructueuses. Les chiffres les plus importants sont ceux des mois d'automne:

- Fréjus : 109 mm le 2 sept.1968, 113 mm le 12 oct. 1961 et  
128 mm le 1er déc. 1959.

- Cannes : 130 mm un jour de novembre et 161 mm un jour de décembre. Ces chiffres sont donc bien représentatifs de la violence des précipitations méditerranéennes, violence surtout automnale et printanière, où certaines journées peuvent recevoir en de véritables petits déluges des hauteurs d'eau que plusieurs mois parfois ne peuvent totaliser: à Cannes, le total de mai, juin, juillet et août n'atteint que 136 mm. Ainsi, une très forte variation annuelle, un régime contrasté et des rythmes heurtés caractérisent-ils les précipitations dans l'Estérel, ce qui ne contribuera guère à adoucir les effets des autres conditions écologiques.

### c) Les températures (fig.3).

Les moyennes annuelles des stations de Fréjus et Cannes-Mandelieu sont respectivement de 14°45 et 14°22; il faut cependant noter que le chiffre donné pour Cannes est le plus faible des trois stations de la ville (moyenne des deux autres stations: 15°77 et 15°88), mais la station de Mandelieu a été choisie pour sa proximité de l'Estérel, bien qu'elle soit moins bon exposée que la station de Fréjus. D'autre part, les nouvelles stations apportent leur contribution à l'idée que l'Estérel oriental est plus chaud que l'Estérel occidental. C'est ainsi que les températures moyennes pour l'année 1969 ont été de:

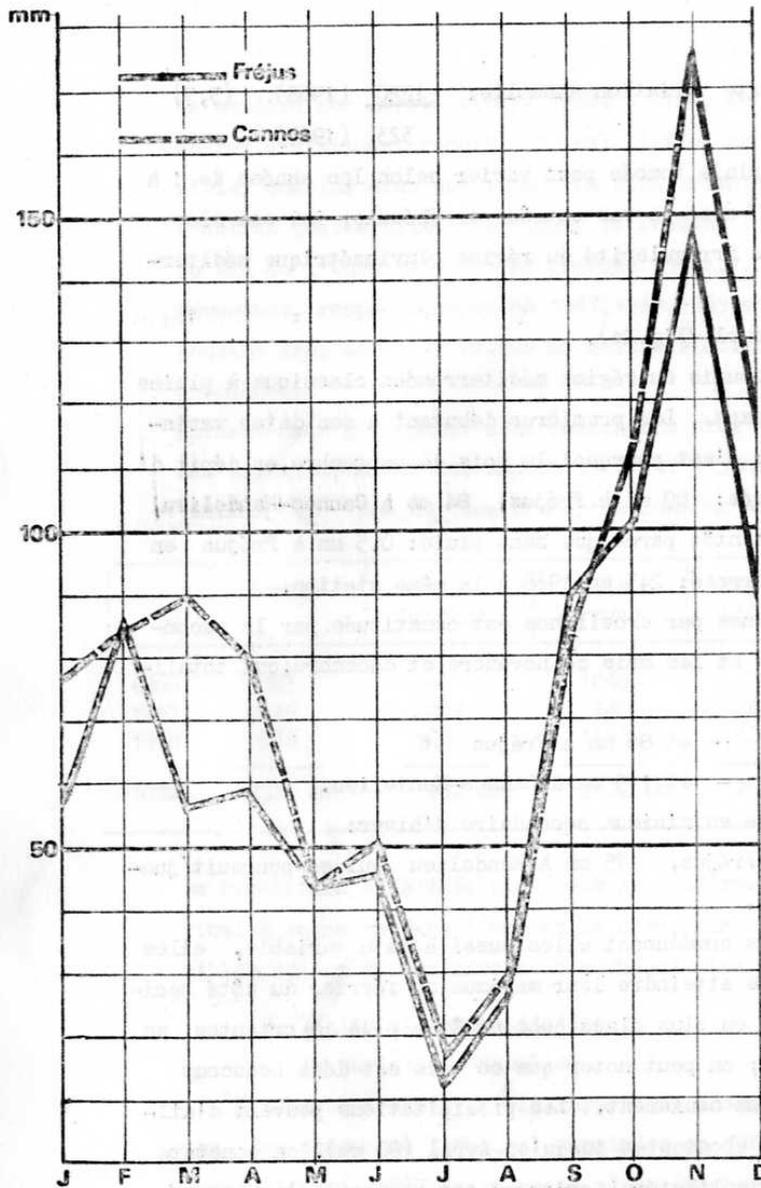
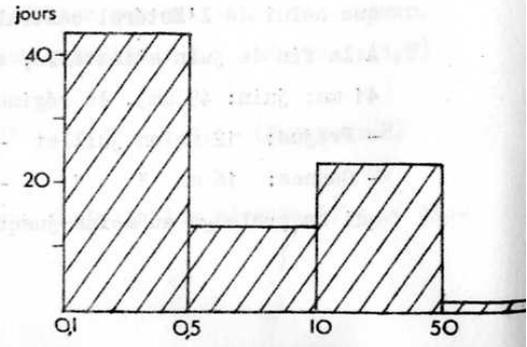


Fig.2-Pluviosité  
 a-Précipitations mensuelles  
 à Fréjus et à Cannes  
 b- Rythme des pluies à Fréjus  
 (ci-contre)



- 13°7 à Fréjus-St Raphael (altitude de la station 2 m.)
- 13°8 au Pic de l'Ours ( - - 496 m.)
- 14°7 au Dramont ( - - 126 m.)

La plus basse moyenne de la station de Fréjus-St Raphaël est dans doute liée à sa position au débouché de la vallée de l'Argens qui canalise les flux d'air froid.

Quant aux moyennes mensuelles, elles sont les suivantes:

TABLEAU 2.- Moyennes thermiques mensuelles à Fréjus et Cannes

	jan	fév	ma	av	mai	ju	juil	ao	sep	oct	no	déc
Fréjus	7°6	8°3	10°1	12°7	15°9	19°4	22°1	21°6	19°4	15°7	11°6	8°8
Cannes	9°	9°1	11°2	13°8	17°3	20°7	23°6	23°2	21°	16°9	12°7	10°2

Ainsi, si l'on excepte la région un peu plus froide de Mandelieu, on s'aperçoit qu'à Cannes 4 mois ont une température supérieure à 20°, alors qu'il n'en existe que 2 à Fréjus; de même tous les mois de la deuxième station ont au moins 1°1 de moyenne de plus que la première, cette différence étant portée à 1°4 en décembre et janvier, 1°6 en août; mais malgré ces différences, il ressort que les températures des 2 stations restent assez voisines et c'est plutôt vers les températures minimales qu'il nous faudra chercher des facteurs de différenciation.

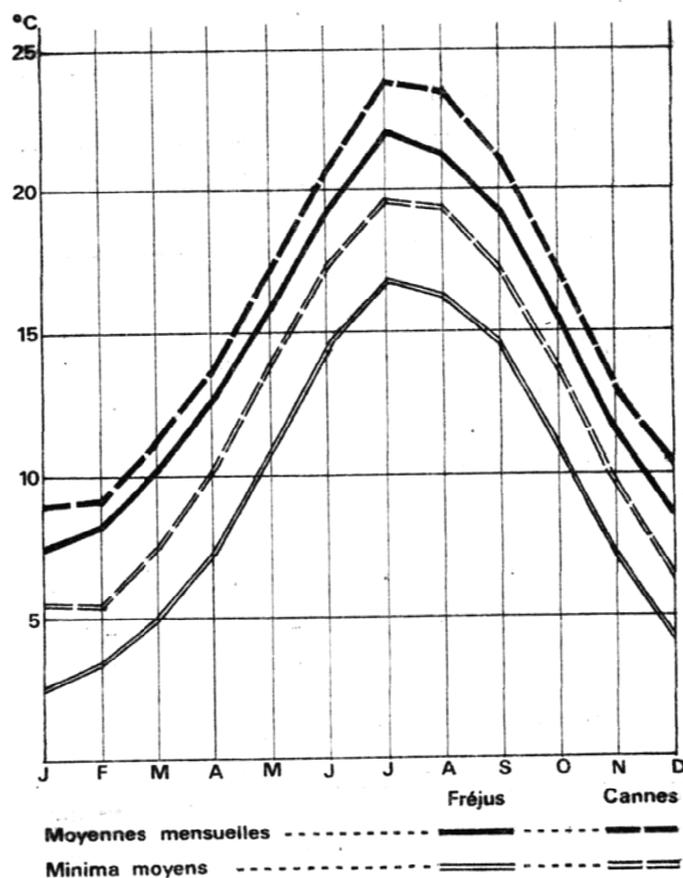


Fig. 3- Températures

Les minima moyens quotidiens sont en effet beaucoup plus bas à Fréjus qu'à Cannes.

TABLEAU 3.- Minima moyens quotidiens.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Fréjus	2°8	3°6	5°3	7°8	11°2	14°7	16°8	16°4	14°4	10°9	7°	4°2
Cannes	5°4	5°3	7°6	10°2	13°8	17°4	19°6	19°1	17°1	13°3	9°3	6°2

A la lecture de ce tableau et à l'observation du graphique, on remarque qu'à Fréjus, les températures minimales moyennes ont jusqu'à 2°G de moins qu'à Cannes, constatation lourde de conséquences, on hiver surtout pour la végétation.

Quant aux minima absolus, ils achèvent de différencier les deux stations:

	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.
Fréjus	- 1°4	- 6°7	- 6°7	- 12°
Cannes	- 1°	- 1°4	- 3°4	- 6°4

Cannes apparaît donc avoir des minima absolus beaucoup moins forts, la différence entre les deux chiffres atteignant 503 en décembre, les chiffres de février sont encore plus éloignés, mais ils ont peut-être moins de valeur puisqu'ils ont été relevés, pour les deux stations, pendant le très rigoureux mois de février 1956.

Le nombre de jours de gel: 4 à Cannes, 20 à Fréjus, doit lui-même être corrigé par des données d'observation courante: à l'exposition nord et même au sud, on compte davantage de jours de gel dès qu'on s'éloigne tant soit peu de la mer, il n'est pas rare que l'on compte 30, voire 40 jours de gel dans la vallée du Reyran.

Ainsi, en même temps qu'il est plus arrosé, l'Estérel oriental est aussi plus chaud en toutes saisons que l'Estérel occidental, surtout pendant les mois d'hiver où les températures minima moyennes et absolues sont beaucoup moins basses qu'à l'ouest, il n'en reste pas moins vrai que par la longueur des étés et la faible quantité d'eau qu'ils reçoivent, l'Estérel connaît tout entier une sécheresse marquée.

#### d) L'aridité.

##### 1/ Les indices de do Martonne, Emberger et Gausser.

Nous avons parlé de sécheresse, il nous faut maintenant essayer de la concrétiser davantage à l'aide de plusieurs formules. L'indice d'aridité d'Emmanuel de Martonne

$$\text{Martonne (I = } \frac{p}{t+10} \text{)}$$

donne 33 à Fréjus et 39 à Cannes-Mandelieu... mais 38 à Brest! Le quotient pluviothermique d'Emberger rend mieux compte de la place de l'Estérel de climat subhumide parmi les pays méditerranéens (fig.4a). La construction des diagrammes ombrothermiques, suivant la méthode de Gausser et Bagnouls, montre que deux mois seulement sont secs à Cannes, contre 3 à Fréjus (fig.4b). Malheureusement il e été impossible faute de données, d'établir le diagramme des Adrets, mais il y a tout lieu de penser qu'en raison de l'altitude et de précipitations plus abondantes, la saison sèche est ici plus courte que partout ailleurs dans l'Estérel....

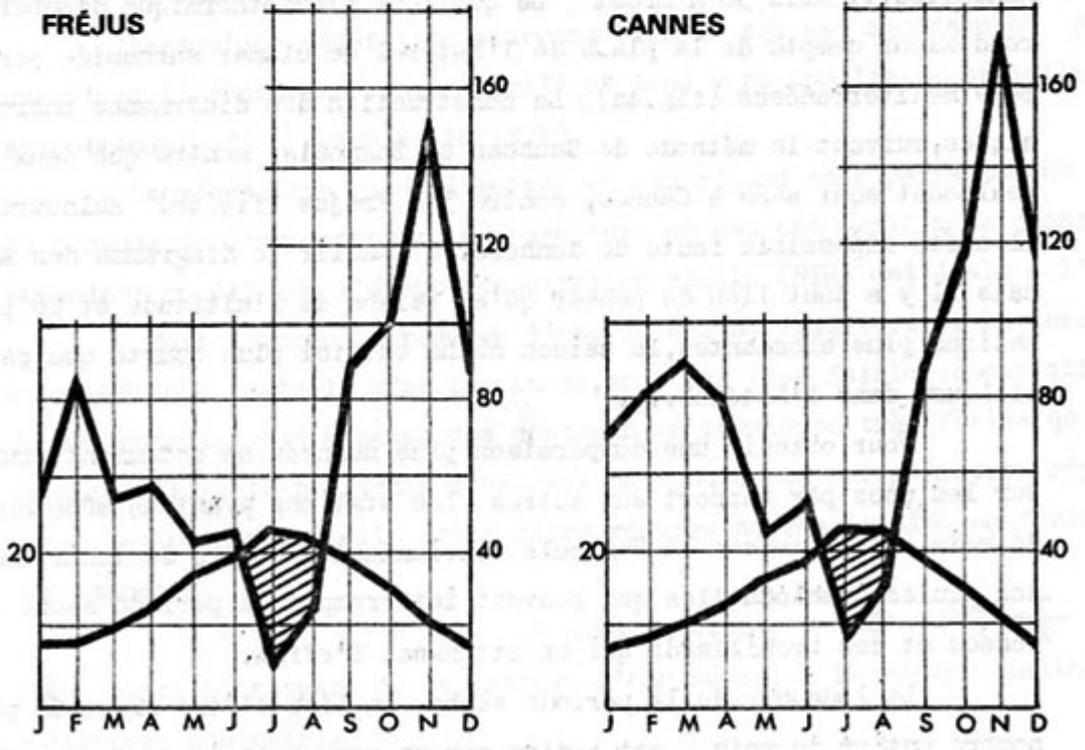
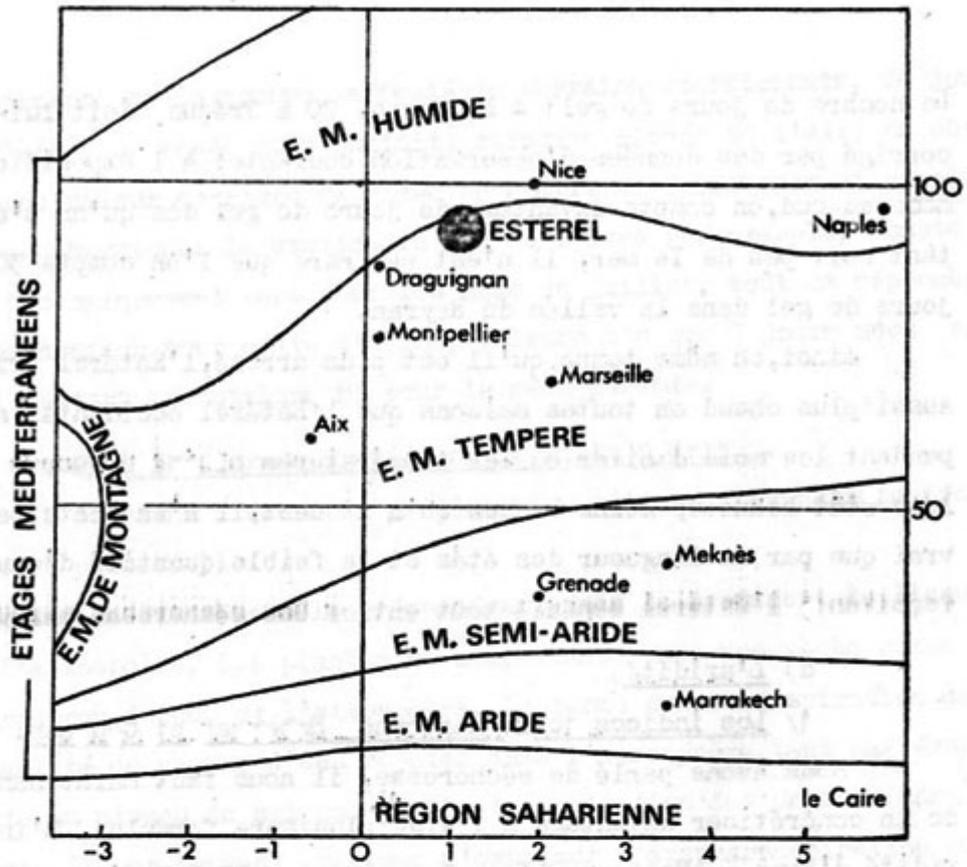


Fig.4- a (en haut) quotient pluviothermique d'EMBERGER  
 b- diagrammes ombrothermiques

Pour obtenir une comparaison plus nuancée et notamment pour classer les unes par rapport aux autres les stations Ayant un même nombre de mois secs, Gausсен et Bagnouls conviennent en outre de tenir compte des pluies "occasionnelles" qui peuvent interrompre la période sèche ou des rosées et des brouillards qui en atténuent l'effet.

La longueur de la période sèche, au lieu d'être exprimée par un nombre entier de mois, c'est-à-dire par un nombre de jours qui serait un multiple de 30, est diminuée du nombre de jours de pluie occasionnels qu'elle comporte et du nombre, affecté de certains coefficients, de jours de brouillards, de rosée ou d'humidité relative élevée de l'air; on obtient ainsi une valeur corrigée exprimée en nombre de jours secs et appelée indice xérothermique: la station du Pic de l'Ours par exemple, compte 68 jours biologiquement secs pour les mois de juillet, août et septembre; par comparaison avec cette station, Valence n'a que 7 jours secs alors que El Kantara en totalise 85 pour la même période.

## 2/ L'évapotranspiration et le bilan hydrique.

Il convient d'abord de préciser les notions d'évapotranspiration réelle et potentielle.

La végétation tient un rôle prépondérant dans le transfert de l'eau du sol dans l'atmosphère, les plantes se comportant comme une mèche entre le sous-sol, réserve d'eau, et l'atmosphère. Le terme évapotranspiration désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol que par la transpiration des organes aériens des plantes. Il est souvent pratique d'exprimer l'évapotranspiration en épaisseur de la lame d'eau convertie en millimètres.

Lorsqu'une végétation couvrant bien le sol est abondamment pourvue d'eau, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale, l'évapotranspiration potentielle (ETP).

La végétation bien alimentée en eau répond donc parfaitement à la demande de l'atmosphère: la fourniture en eau est égale à la quantité demandée; on dit que l'évapotranspiration réelle (ETR) est égale à l'ETP.

Mais lorsque la réserve d'eau du sol se réduit, et si la demande atmosphérique reste la même, la plante soit par trop faible conductibilité de ses canaux, soit à cause des contraintes physiques très fortes qui retiennent alors la pellicule d'eau aux particules du sol, ne pourra répondre à cette demande: elle devra alors réduire sa respiration en fermant ses stomates.

$$E T R < E T P \text{ et plus précisément } ETR = ETP \times \frac{r}{R}$$

( $\frac{r}{R}$  étant le rapport de la réserve d'eau du sol à la réserve maximale qu'il peut contenir).

- La réserve hydrique du sol.

L'eau à l'état liquide dans le sol n'est pas nous l'avons vu totalement disponible pour la plante, en effet:

- une partie de cette eau traverse les horizons prospectés par les racines (eau gravifique) et alimente les nappes phréatiques;

- l'eau fixée par les couches superficielles n'est pas non plus disponible en totalité: le mince film, aqueux de quelques dixièmes de microns, qui recouvre les particules solides du sol (eau hygroscopique) est soumis à de telles contraintes de rétention que la succion des racines est incapable d'extraire cette eau du sol.

Par contre, une large proportion de l'eau capillaire retenue dans les manchettes interstitielles peut être extraite par les végétaux et constitue la réserve utile (R U) (fig.5a).

Cette réserve utile est comprise entre deux seuils:

- la capacité au champ (Hc), quantité d'eau maximum que peut retenir un sol après ressuyage, c'est-à-dire après élimination par percolation de l'eau gravifique et qui résulte d'un

équilibre entre les forces de rétention et les forces de gravité;

– le point de flétrissement permanent, limite inférieure de l'humidité du sol avec laquelle est compatible la vie des végétaux, en dessous de laquelle les racines ne peuvent plus, quelle que soit la demande atmosphérique, extraire l'eau du sol: ce point atteint, le tissu végétal est soumis à des dégradations irréversibles; ces deux dernières valeurs dépendent d'ailleurs de la nature granulométrique du sol.

Dans notre région, on admet une valeur de R.U. de 150 mm. En fait, on constate que la plante commence à souffrir de la sécheresse et met en jeu les processus de défense physiologique (fermeture des stomates) bien avant qu'elle soit atteinte le seuil de flétrissement; on est donc amené à distinguer une réserve facilement utilisable (R.F.U. = 60% de R.U. = 90 mm), susceptible d'alimenter le débit maximal des racines, et par conséquent d'assurer une meilleure productivité de la plante. La réserve de survie, R.S. se définit comme la différence entre les deux précédentes, soit R.S.R.U.

R.F.U. = 60 mm.

Analyse du bilan hydrique au cours du Printemps et de l'été 1968.

(Climatiquement moyen sur le plan des températures et des précipitations):

Sous disposons des mesures et calculs effectués par la station I.N.R.A. de Fréjus; le tableau 4 en donne un résumé, réduit aux seuls résultats (paramètres et méthode de calcul sont donnés dans notre mémoire).

TABLEAU 4 - Bilan hydrique à Fréjus (1er avr.-20 jui.1968)

Écoulement nul pendant toute la période. Bilan calculé semaine par semaine;  $r^u$  réserve utile R.U. à la fin de chaque semaine; DE, déficit d'évaporation = ETP - ETR;  $\sum$  DE, déficit cumulé.

Périodes (semaines)	ETP mm	P mm	ETR mm	$r^u$ mm	$\frac{ETR}{ETP}$	DE mm	$\sum$ DE mm
1	31	24	31	143	1	0	0
2	19	13	19	137	1	0	0
3	15	22	15	145	1	0	0
4	23	40	23	122	1	0	0
5	28	0	28	94	1	0	0
6	37	33	37	90	1	0	0
7	27	0	27	63	1	0	0
8	40	74	40	97	1	0	0
9	21	2	21	78	1	0	0
10	25	0	21,5	56,5	0,86	4,5	4,5
11	30	21	26	52	0,86	4	8,5
12	33	0	18	34	0,56	15	23,5
13	32	0	12	22	0,39	20	53,5
14	44	0	11,5	10,5	0,23	33,5	87
15	71	0	14	0	0,19	57	144
16	33	0	0	0	0	33	177

Au début de la première semaine, le 1er avril, le sol est à sa capacité au champ, par conséquent la réserve utilisable par la végétation atteint sa valeur maximale soit 150 mm. Au cours de la semaine les précipitations P sont de 24 mm, l'eau disponible s'élève à 174 mm, d'où l'on retranche 11 évapotranspiration réelle (égale à l'évapotranspiration potentielle, puis qu'il n'y a pas pour le moment de restrictions, soit 31 mm). La réserve utile en fin de semaine, r', est égale à  $174-31=143$  mm. Pendant les neuf premières semaines le même mécanisme se répète, les pluies complétant les réserves d'eau du sol; il n'y a ni déficit d'évaporation, ni écoulement. Toutefois, à la 7e période, la réserve disponible égale la réserve de survie, on frôle l'apparition du phénomène de régulation stomatique. Au contraire, au début de la 10e période, la réserve disponible n'est plus que de 78 mm: aucune pluie ne vient compenser une évapotranspiration qui s'aggrave. Les plantes entament maintenant leur réserve de survie, et l'ETR ne représente plus désormais qu'une fraction de l'ETP, il y a déficit d'évaporation. On doit s'attendre à la réduction de la production végétale. Certes la 11e semaine quelque, pluie (21,5 mm), mais cela ne permet que le maintien, en fin de période, de la réserve disponible à 78 mm. Au cours des périodes suivantes, la réduction d'ETR par rapport à ETP va s'aggravant, à cause de la rareté des précipitations et de l'augmentation d'ETP (record au cours de la 15e période où le déficit d'évaporation atteint 57 mm). Tandis que le déficit cumulé croit sans cesse, la réserve d'eau devient nulle; on a atteint le point de flétrissement permanent.

Cependant, l'observation montre que la végétation a survécu du 20 juillet au 8 septembre dans un sol biologiquement sec: ce qui démontre ses extraordinaires facultés de résistance. Même au cours d'un été beaucoup plus sec que celui de 1968, mn n'a jamais vu les plantes méditerranéennes se dessécher: ce sont des xérophytes très perfectionnées. On peut penser aussi que les paramètres utilisés dans le calcul du bilan hydrique ne tiennent pas compte de certains facteurs, comme la granulométrie des sols, leur épaisseur, les possibilités de stockage profond: Par leurs longues racines, les plantes méditerranéennes pompent l'eau à une grande profondeur. Mais en définitive, on peut dire que l'Estérel, sec pendant 2 à 3 mois, constitue pour la végétation un milieu contraignant très aride pendant de nombreuses semaines.

#### **e) hydrographie et hydrologie.**

Il ne m'est possible ici, dans le cadre nécessairement restreint de cet article, que de rappeler le grand nombre de ravins qui dissèquent l'Estérel et l'extrême irrégularité de leur régime. L'étude de régime d'un petit cours d'eau comme le Pédégal, de quelques kilomètres carrés de bassin versant, montre qu'en quelques heures il peut passer de 0 à 4 puis 25 m<sup>3</sup>/sec., ce qui laisse présager la vigueur de l'érosion.

#### **f) Les microclimats.**

On étudie dans ce paragraphe, les très importantes oppositions de température, d'insolation et d'humidité qui différencient adrets et ubacs, et sur un même versant pelouse et chênaie.

L'exposition joue en effet un grand rôle en ce qui concerne les températures et l'humidité: les vallons au nord ont une moyenne thermique plus basse de 3 à 4° que celle des adrets, ces différences se faisant d'ailleurs surtout sentir pendant la saison froide car l'encaissement des vallons exagère les effets de l'hiver après une nuit de gel, alors que la glace fond au soleil dans les dernières heures de la matinée, elle persiste à l'ombre toute la journée: des pipekrates de belle taille ne se résorbent qu'après plusieurs jours et les ruisseaux sont prisonniers sous une épaisse couverture de glace qui ne disparaît parfois qu'après une semaine si les températures sont plus basses en moyenne dans les vallons, elles sont aussi plus amorties, les sautes brutales qui caractérisent les adrets sont ici beaucoup plus atténuées. L'humidité par

contre croit beaucoup, surtout en hiver où le soleil ne fait guère sentir ses effets sur les flancs nord, mais elle procure l'été une bienfaisante fraîcheur à la végétation. Ainsi, l'opposition des adrets et des ubacs est-elle très sensible - Bible dans l'Estérel: nous en verrons plus loin les conséquences sur la répartition des plantes et des associations, mais, sur un même versant, des contrastes aussi évidents sont déterminés par la végétation. nous avons relevé pendant plusieurs jours d'hiver, les températures maximales: et minimales, ainsi que l'hygrométrie d'une chênaie puis d'une pelouse, comme nous n'avons pu faute d'un nombre suffisant d'appareils-faire simultanément nos mesures sous chênaie et sur pelouse, nous avons rapporté les deux séries d'enregistrements à une station de référence, le Pic de l'Ours, avec laquelle nous effectuerons les comparaisons, encore que les températures relevées sous abri au Pic de l'Ours, n'aient pas ainsi grande valeur.

En hiver, les différences sont évidentes.

L'amplitude thermique atteint 17° sur pelouse et 13° seulement sous chênaie, pour des températures maximales identiques: la conséquence est que la pelouse connaît deux gels sévères (- 4°) en trois jours, alors qu'en 4 jours on n'enregistre que 1/4°, un seul matin sous chênaie.

D'autre part, l'hygrométrie est plus élevée (Ris chênaie par rapport au Pic de l'Ours, alors qu'elle est considérablement plus basse sur pelouse.

D'autres mesures, seulement thermiques celles-là, ont été effectuées en juin sur pelouse et sous chênaie de chênes verts (au sol), de deux heures en deux heures.

Ici aussi on constate que la forte température et la très forte amplitude thermique (25°) qui caractérise la pelouse, s'oppose à la température plus basse et à l'amplitude beaucoup plus réduite de la chênaie (9°). Enfin, à 14 heures au mois de juin, l'intensité lumineuse est quinze fois plus élevée dans la pelouse. La chênaie à l'atmosphère plus humide, aux températures et à la luminosité plus régulière s'oppose totalement à la pelouse plus sèche, plus lumineuse et plus contrastée thermiquement, ce qui s'explique d'ailleurs aisément:

– la chênaie est plus humide que la pelouse à cause de l'ambiance des sous-bois qui y règne perpétuellement; le vent est freiné, le soleil y pénètre moins, l'évapotranspiration est importante; la pelouse ne peut évidemment pas, par la faible hauteur de ses espèces, réaliser ces conditions;

– la chênaie est aussi moins contrastée thermiquement à cause de son épais feuillage persistant qui en hiver s'oppose à une trop grande perte de chaleur par rayonnement alors qu'en été, les frondaisons protègent le sol des ardeurs du soleil: la température moyenne pour être assez élevée n'atteint pas les extrêmes de la pelouse;

– enfin la luminosité est moindre sous chênaie dont le feuillage filtre les rayons solaires, mais aussi plus régulière, il ne s'y produit pas les grands contrastes lumineux que connaît la pelouse.

On peut donc conclure que les conditions qui règnent sur pelouse sont des conditions extrêmes de température et de luminosité, par temps de sécheresse, la chênaie est au contraire un milieu beaucoup plus égal ainsi de la forêt à la pelouse les conditions de vie s'aggravent-elles; par ces quelques données, on saisit donc mieux l'importance des micro climats sur la vie végétale.

## **6) Conclusion à l'étude climatologique.**

La conclusion s'impose donc: l'Estérel central et occidental est plus sec et plus lumineux que l'Estérel oriental, mais en même temps plus froid, surtout lorsque l'on considère les températures minimales. Quant à la partie nord du massif, elle est aussi humide que l'Estérel oriental et plus froide sans doute que l'Estérel occidental, mais tous les contrastes d'exposition et de végétation varient à plaisir ces données.

Quoi qu'il en soit, on peut se demander où se fait la jonction entre les deux nuances climatiques, qui restent le caractère climatologique essentiel de l'Estérel; le réseau des stations est encore trop récent pour qu'on puisse en déterminer avec précision la localisation, mais il semble raisonnable de dire que l'Estérel devient plus humide là où le vent d'est prend une nette prééminence sur le mistral, c'est-à-dire là où celui-ci fait sentir moins souvent et moins fortement ses effets desséchants et réfrigérants; c'est dans la région du Dramont et d' Agay que se situe ce point et c'est là que -comme le plupart des climatologues- nous placerons la césure entre le domaine mistral à l'ouest et celui du vent d'est à l'est.

Les données, quoique récentes, des stations du mayas et du Pic de l'Ours, militent en ce sens par comparaison avec celles de Fréjus-Saint-Raphaël.

## 2°/ Les roches et les sols.

L'étude des sols de l'Estérel, n'a jamais été effectuée: c'est-à-dire que les lignes qui suivront ne prétendent pas traiter entièrement le problème, il s'en faut de beaucoup, elles visent très modestement à donner un petit aperçu de la pédologie du massif; les analyses qui ont été faites l'ont été grâce à l'obligeance du Professeur Lapraz, mais la longueur des manipulations jointe à notre inexpérience n'ont permis d'étudier que trois sols; ce maigre tableau aurait été encore plus restreint si les membres du Laboratoire de Botanique ne nous avaient longuement et patiemment conseillé ; qu'ils en soient encore une fois remerciés.

### a) Influence des facteurs écologiques sur la formation des sols de l'Estérel.

#### 1) La roche mère.

Les roches de l'Estérel, dans leur grande majorité, contiennent une forte proportion de silice, comme par exemple la rhyolite e 3.

Tableau 5 — Composition de la rhyolite R 3, d'après P. Bordet.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
76	11	2	0,5	0,5	0,2	8	10

Ces roches fortement siliceuses sont des roches acides, la proportion de CO<sub>3</sub>Ca qu'elles renferment est en général très faible. Il n'y a guère que certaines dolérites et esterellites qui contiennent davantage de bases.

D'une manière générale, les roches de l'Estérel résistent admirablement bien à l'altération; c'est ce qui différencie ce massif des Maures ou du Tanneron, dont les roches cristallines et cristallophylliennes se décomposent avec une grande facilité que l'on ouvre une tranchée dans le granite du Plan de la Tour ou dans le diorite de Prignonet et il se formera très rapidement une épaisse pellicule d'altération qui recouvrira la roche saine.

Rien de semblable dans l'Estérel (à part le cas des dolérites), on comprendra alors que les sols développés ici sont moins profonds que ceux des massifs voisins; ce n'est qu'à la base des versants empâtés d'éboulis fins que la végétation trouvera des conditions plus favorables à son développement.

Car on sait que la roche mère exerce une action beaucoup moins marquée lorsqu'il s'agit de sols mûrs que lorsqu'il s'agit de sols dégradés ou jeunes. Ce n'est que dans les premiers, où le type d'humus est semblable sous une même végétation, (même s'il s'agit de roches mères différentes) que la pédogénèse est indépendante de la roche mère et détermine ainsi des sols dits analogues (cf. Duchaufour, Précis de pédologie). La résistance des roches

de l'Estérel à l'altération et l'érosion des sols, qui révèle la roche mère, feront que bien souvent ceux-ci seront étroitement liés aux caractères physiques et chimiques de cette dernière.

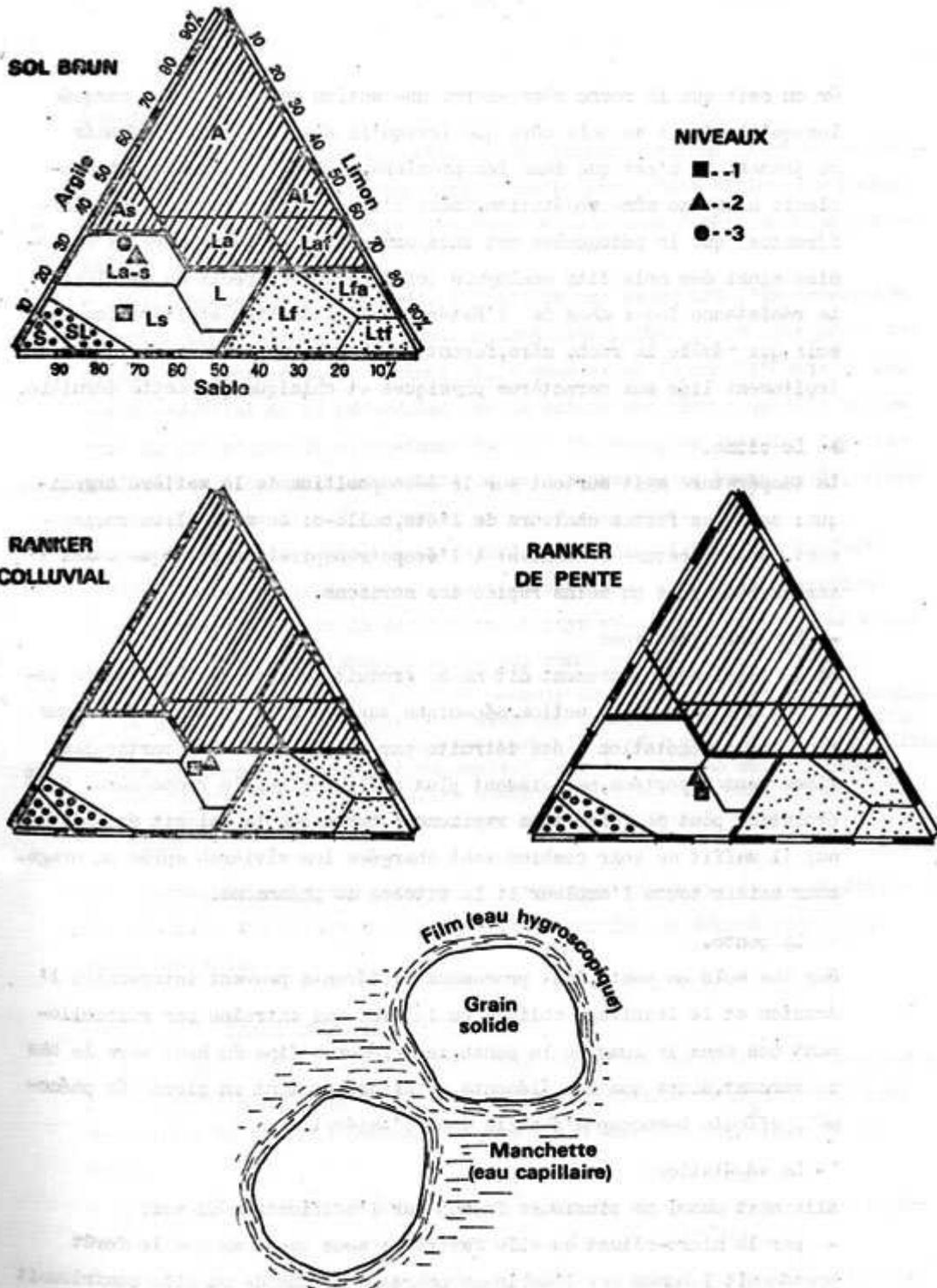


Fig.5 a (en bas) : Eau capillaire et eau hygroscopique  
 b- diagramme des textures des sols étudiés.

2- Le climat.

La température agit surtout sur la décomposition de la matière organique: sous les fortes chaleurs de l'été, celle-ci se minéralise rapidement. La température commandant à l'évapotranspiration provoque aussi l'assèchement plus ou moins rapide des horizons.

– Les précipitations.

Si le lessivage proprement dit ne se produit pas, les fortes averses exercent une redoutable action mécanique sur ces sels en pente forte, surtout si la végétation a été détruite par un incendie: les particules fines sont emportées, ne laissant plus affleurer que la roche mère. Cette évolution peut se faire très rapidement après que le sol ait été mis à nu; il suffit de voir combien sont chargées les rivières après un orage, pour saisir toute l'ampleur et la vitesse du phénomène.

– La pente.

Sur les sols en pente, deux processus différents peuvent intervenir: l'érosion et le lessivage oblique ou latéral qui entraîne par ruissellement des eaux le long de la pente, les éléments fins du haut vers le bas du versant, alors que les éléments grossiers restent en place. Ce phénomène affecte beaucoup d'éboulis dans l'Estérel.

### **3- La végétation.**

Elle agit aussi de plusieurs façons sur l'édification du sol:

- par le micro-climat qu'elle favorise: nous avons vu que la forêt protégeait l'humus par l'ambiance ombragée et humide qu'elle contribuait à créer;

- par la profondeur: sous forêt, l'enracinement profond favorise au maximum les courants d'eau descendants, d'autre part l'altération des roches

- pour réduite qu'elle soit est plus poussée sous forêt que sous pelouse;

- par l'humus qu'elle produit, la matière organique est l'intermédiaire entre le monde vivant et le monde minéral, par lequel le premier peut modifier les propriétés du second; or, la végétation façonne l'humus du sol agent essentiel de la pédogénèse par la nature des débris qu'elle incorpore au sol et par la micro faune qu'elle favorise, par exemple: les aiguilles des pins maritimes créent en se décomposant un humus acide, alors que les feuilles de chêne donnent un humus plus doux;

– par la protection plus ou moins efficace contre l'érosion; la forêt protège mieux que toute autre formation végétale le sol de l'érosion. La synthèse du rôle de la végétation en pays méditerranéen est donnée par ce passage de Braun-Blanquet, en ce qui concerne la chênaie d'yeuse:

"Le chêne vert possède un grand pouvoir édificateur: avec lui s'installe un micro-climat particulier avec une faune et une flore particulières; sous l'influence de ces facteurs, le profil pédologique se modifie, les matières organiques s'accumulent dans les couches supérieures/le sol s'aère progressivement, les couches inférieures s'enrichissent en collodes, tandis que la couverture végétale garantit l'ensemble de l'érosion".

4- L'homme, par son action souvent destructrice vis à vis de la végétation (cf.infra 40) déclenche l'érosion, qui entraîne la dégradation et la ruine des sols.

#### **b) Étude pédologique.**

Elle a été effectuée sur trois sols dont voici les deux premiers:

– au Mont Vinaigre, à 500 m. d'altitude, sur éboulis de rhyolite et sous végétation de Maquis, surmontés de pins maritimes (le tout incendié en 1964),

– à la Colle du Rouet, à 210 m. sur éboulis de rhyolite, et sous une végétation de maquis, et grands pins maritimes incendiés m:1960.

Ces deux sols se caractérisent par un profil simple, qui met au contact un mince horizon de surface, surmonté d'une litière peu épaisse, avec une roche mère constituée dans les deux cas de rhyolite amarante. Ce caractère élémentaire du profil suffit à les classer dans la catégorie des Rankers, de plus leur PH nettement acide, en relation avec l'acidité de la roche mère, confirme ce classement.

Le rapport C/N des horizons de surface est de 10 et 8, ce qui veut dire que la minéralisation de l'humus est rapide: il n'y a pas sur ces sols de grosse accumulation de matière organique.

Lorsqu'on considère la texture de ces sols, on s'aperçoit (fig.5b) que les éléments grossiers représentent une part très importante: respectivement 75 et 59%, J; un certain affaiblissement de ce pourcentage se constate néanmoins en profondeur. Mais les dissemblances s'accusent quand on considère la fraction de "terre fine", il apparaît que le sol du mont Vinaigre possède en profondeur davantage de limons (34% contre 27%) que celui prélevé à la Colle du Rouet, qui est plus riche par contre en sables fins (24% contre 13%), la proportion de sables grossiers étant à peu près la même dans les deux cas (32 et 31%).

Ces différences peuvent s'expliquer par la topographie: le ranker du Mont Vinaigre a été prélevé à la base d'un versant/juste au-dessus d'un adoucissement de la pente, tandis que l'autre l'a été sur une surface presque sommitale. Le premier sol a sans doute subi le lessivage oblique dont nous avons parlé plus haut, par sa position au bas d'une pente, il est exposé à recevoir les éléments fins qui en descendent: il se rapproche donc, par ces caractères, des rankers colluviaux. La profondeur de l'éboulis, sa granulométrie relativement faible, en font un milieu plus favorable à la végétation que le second ranker qui, par la plus grande grossièreté de sa granulométrie, constitue un milieu plus perméable et plus sec; on peut classer ce ranker dans la catégorie des rankers de pente.

Quant au troisième sol, tout l'oppose aux précédents:

- sol sous châenaie, vallon du Gargalon, altitude 55 m., exposition ouest, pente 4%; roche mère: pélites permienes; végétation: châenaie de châenes verts en taillis avec quelques châenes pubescents, des buissons de Filaire, des touffes de Fragon et des fougères.

1er niveau: litière: fouilles de châene vert et de châene pubescent, brindilles, mycelium;

2e niveau : 0-1 cm- horizon mince, souple, aéré, très humide et noir, petits grumeaux avec quelques racines, tourillons de lombrics;

3e niveau : 1 - 20 cm.- brun, bien aéré, structure en petits grumeaux, nombreuses racines, légèrement argileux, quelques cailloux;

4e niveau : 20-40 cm.- ocre, beaucoup plus compact, peu aéré et peu pénétré par les racines, fragmenté en petits blocs anguleux de 2-5 cm. qui se brisent sous un choc avec des plages noires sur les cassures; ces blocs deviennent de plus en plus nombreux vers la base du profil;

5e niveau : 40 cm.- roche en place: pélites permienes.

Le profil beaucoup plus diversifié est celui d'un sol plus évolué, beaucoup plus riche: le pH voisin de la neutralité (5,9) au moins en surface, alors que ce sol est développé sur une roche mère acide, nous renforce encore dans cette idée, la seule ressemblance avec les sols précédents consiste en la faible valeur du rapport C/N 11; là aussi la matière organique se minéralise rapidement.

Par les valeurs de son C/N et de son pH, l'humus de ce sol se rapproche beaucoup d'un mull forestier: c'est un humus doux de forêt feuillue. Une texture différente (fig.5b) contribue encore à l'opposer aux deux rankers: les éléments grossiers sont ici en pourcentage beaucoup plus faible, ainsi que les sables grossiers: en effet, sables fins, limons et argiles prédominent dans tous les niveaux de ce sol (cf. tableau). On peut d'ailleurs remarquer que le pourcentage d'argile croît avec la profondeur; ce sol s'enrichit donc en colloïdes dans ses horizons profonds. Malgré son épaisseur relativement faible (40 cm.), il assure, sans doute à cause des éléments

fins qu'il contient en abondance, une meilleure rétention de l'eau favorable à la forêt de chênes verts qui y prospère.

Tous ces caractères nous incitent à penser qu'il s'agit d'un sol brun climacique (puisque portant la forêt de chênes verts qui est le climax en Provence) et même d'un sol "analogue": il suffit de noter les ressemblances qui existent entre celui-ci et le sol brun décrit par Braun Blanquet dans "La chênaie d'yeuse", porté par une roche mère calcaire, pour si en persuader.

Ces trois types de sols sont ceux nous l'avons dit que l'on rencontre le plus fréquemment dans l'Estérel. Est-il besoin d'ajouter que le sol brun climacique est le moins bien représenté; on ne le trouve en effet que dans quelques vallons privilégiés, lié aux îlots de végétation climacique la dégradation de la couverture végétale ayant entraîné la ruine des sols, ceux-ci se réduisent le plus souvent quand la roche mère n'affleure pas à des rankers qui offrent des conditions de croissance et d'alimentation défavorables et ne portent qu'une végétation peu exigeante, qui représente souvent des stades avancés de dégradations.

Nous venons de mettre l'homme en accusation, il convient maintenant d'examiner les façons dont son action s'exerce sur l'Estérel.

### **3°/ L'empreinte humaine.**

On ne saurait expliquer la végétation de l'Estérel sans parler du rôle négatif qu'a joué et que continue d'y tenir l'homme; sans doute, entre le passé et le présent, des différences se notent-elles, mais l'action humaine est toujours aussi manifeste et elle reste, plus que jamais, la clé de l'explication du paysage de l'Estérel.

La dégradation de l'Estérel remonte fort loin dans le temps: si avant la colonisation romaine les dégâts étaient sans doute peu poussés du fait d'une population relativement faible, il en fut autrement quand les légions se furent installées. Il est impossible de penser, en effet, qu'une ville comme Fréjus, qui atteignit 40.000 habitants sous l'empire, ne se soit pas attaquée aux forêts avoisinantes pour en tirer profit. Que dans le haut Moyen-âge, l'emprise humaine ait été moins forte, c'est certain, mais dès que la population augmenta à nouveau, les sollicitations s'exercèrent davantage et allèrent s'amplifiant, au fur et à mesure des exigences croissantes d'une population plus nombreuse, qui trouvait dans ces forêts du bois de chauffage (bûches ou charbon de bois), du bois de charpente et de menuiserie, des feuillages polir servir de litière ou d'engrais, du liège et mille produits accessoires.

Mais la forêt était aussi une réserve de terres. Qu'il était bien facile d'incendier pour les défricher plus aisément et lorsqu'on voulait vendre ou exploiter des arbres trop jeunes encore pour être coupés, on ne se mariait guère pour y mettre le feu, après quoi chacun pouvait recueillir le bois incomplètement brûlé qui se vendait à un assez bon prix.

Ces bois enfin, et c'est un fait essentiel, servaient aussi de terrains de parcours aux troupeaux.

#### **a) Les causes de dégradation.**

On vient donc d'énumérer les principales causes de destruction de la végétation, classiques en pays méditerranéen:

- le brûlis pour culture temporaire
- les abus de pâturage
- l'exploitation excessive
- l'incendie intéressé ou spontané.

Mais toutes ces causes n'ont pas toujours eu la même importance.

1) La première cause de destruction des forêts a été le brûlis pour culture temporaire, effectué surtout aux XVIIe et XVIIIe siècles, par une population qui augmentait et qui

recherchait de nouvelles terres; on pratiquait alors la méthode dite du "sartage à feu couvert" qui consistait à abattre ou à arracher les arbustes dont les branches étaient jetées dans des trous, puis recouvertes de plaques de "gazon", c'est-à-dire de sol mêlé à des éléments végétaux détachés à la poche. On mettait le feu à ces "fourneaux", puis on répandait dans le futur champ les cendres mêlées de terre brûlée qui servaient d'engrais. Gin voit aisément les dangers d'une telle méthode: non seulement la végétation, mais encore le sol étaient détruits, ce dernier prêt à partir à la moindre averse. Les défrichements effectués ainsi ont occupé jadis une grande étendue et on est surpris de trouver aujourd'hui en plein bois, les traces d'anciennes murettes, là où la maigreur du sol n'autorise que le maquis et la cistaie. Ici comme partout, le résultat de ces défrichements a été de faire disparaître le sol forestier qui tapissait les versants. Ces pratiques se sont pourtant prolongées très avant dans le temps, puisque nous en avons trouvé trace dans les archives de Fréjus jusqu'au XIXe siècle : ainsi en 1656, on autorise les défrichements à condition de respecter les arbres et tout particulièrement les chênes-liège; on interdit de même de défricher les collines en pente ardue et les parties très boisées de jeunes pins. Les terrains défrichés pouvaient êtreensemencés pendant quatre ans Par les mêmes individus, le sol devait ensuite reposer pendant quatre autres années, mais l'autorité se réservait le droit d'abaisser ce délai à deux ans, ou de l'élever à six; ces mises en culture répétées, laissaient donc un sol nu et désagrégé pendant de longs mois et le rendaient ainsi particulièrement sensible à l'érosion, ce que ne semblait guère réaliser le rapporteur de cet arrêt qui y voyait au contraire la sauvegarde des intérêts de la commune. D'ailleurs, ces méthodes de culture connaissaient un grand succès, puisque 57 hectares, divisés en 22 lots furent défrichés et cultivés de cette manière.

2) Si de telles méthodes ont aujourd'hui disparu, le pâturage subsiste mais sans revêtir l'ampleur qui était la sienne auparavant. L'Estérel, comme le reste de la Provence, a connu jusqu'au XIXe siècle les effets désastreux de la surcharge pastorale: moutons et chèvres malgré les dégâts qu'ils pouvaient commettre étaient nécessaires à une économie qui restait très fermée: les moutons étaient élevés pour leur viande et leur laine, les chèvres pour leur lait qui remplaçait celui des vaches, peu nombreuses du fait de la rareté des prairies irriguées. Les propriétaires de troupeaux louaient donc des parcelles (2.455 hectares affermés à Fréjus en 1847) et lâchaient leurs botes dans les bois, sans grande surveillance. Aussi, non seulement exerçaient elles leurs ravages sur les forêts, mais encore s'attaquaient-elles parfois aux parcelles défrichées dans les bois et mises en cultures; il arrivait même aux bergers de leur couper des rameaux de pins et de chênes, pour leur servir de nourriture et de litière, causant aux arbres des dommages difficilement réparables.

Ces troupeaux étaient composés d'un nombre de têtes impressionnant, il suffit pour s'en convaincre, de considérer un recensement effectué dans le canton en 1802 (portant seulement sur les bêtes à laine):

- Bagnols	1 300
- Fréjus	14 686
- Le Muy	2 586
- Puget	2 082
- St-Raphaël	1 930
- Roquebrune	<u>10 401</u>
Soit	32 985 bêtes à laine

On comprend de ce fait l'importance des ravages commis dans les bois, ravages encore accrus par le fait que les habitants des montagnes envoyaient leurs bêtes passer l'hiver à Fréjus, Saint-Raphaël et Puget (transhumance inverse). Aujourd'hui, l'ouverture de l'économie, la désaffection des métiers de la terre, le faible rendement de tels troupeaux, en ont

considérablement réduit le nombre, et ils ne paissent plus guère dans l'Estérel que vers la Colle du Rouet.

3) Les bois ont été exploités dans l'économie ancienne pour le chauffage (bûches nu charbon de bois), la menuiserie et le liège l'a été pour la fabrication des bouchons: dès le XVIIe siècle, chacun a toute licence d'exploiter les bois: en fait foi cette transaction passée entre l'Évêque de Fréjus et la ville en 1609 (archives de Fréjus):

"Tous les habitants de Fréjus auront pleine et entière faculté comme le seigneur Évêque la leur donne de pouvoir jouir et user du bocage, tant grand que petit, croissant aux territoires de Puget, Saint-Raphaël et Agay, tant pour leur chauffage que tous autres usages nécessaires aux dits habitants."

On peut citer, d'autre part, un passage d'un règlement d'exploitation de 1856 concernant les charbonniers (archives de Fréjus).

"Ceux qui seront autorisés à faire du charbon dans les forêts devront respecter les arbres suivante: chêne-liège, chêne vert, chêne blanc (pubescent), pins et ne devront carboniser que les racines des plantes parasites (sic), telles que myrtes, bruyères, lentisques, etc..."

On voit qu'à côté d'une louable intention de conserver les grands arbres, on n'hésite pas à autoriser l'arrachage, partant, la destruction totale des arbustes du maquis; de plus, l'arrachage total de ces plantes aura pour conséquence le retournement et la désagrégation du sol qui ne sera alors ni protégé par les plantes, ni même retenu par les racines et prêt-à être emporté par la moindre averse quant à l'exploitation des morts bois (on appelait ainsi non pas les branches mortes, mais les plantes du sous-bois et du maquis qui n'avaient que peu de valeur) et des feuillages (en particulier ceux de cistes, en vue de séparer de l'engrais), elle a longtemps été florissante, puisqu'en 1850 encore, on autorisait les habitants du canton à couper les branches des arbrisseaux pour cet usage et à ramasser (sans l'emploi de râteaux, il est vrai), les feuilles mortes des arbres pour les épandre dans les champs, ce qui ne devait guère contribuer à la formation de l'humus dans la forêt; On le voit, il y a toujours dans ces arrêtés et décisions divers, un souci de préserver la forêt: mais les permissions accordées sont tellement néfastes qu'elle vont à l'encontre de l'effet désiré. Si encore les bois avaient été exploités par les habitants du canton pour leur usage propre, il n'y aurait eu que moindre mal, mais bien souvent la ville de Fréjus faisait effectuer des coupes dans ses forêts pour payer ses dettes; c'est ainsi qu'en 1768 pour payer un arriéré 4.000 pins furent vendus à un acheteur qui les choisit et les coupa lui-même. Peu d'années après, 10.000 autres pins furent coupées dans les mêmes conditions, sur un territoire restreint: on imagine aisément les conséquences de telles saignées à blanc. Ces quelques exemples montrent à quel point les abus volontaires ou non ont été poussés dans l'économie ancienne. De nos jours, on n'exploite plus les cistes comme engrais et il y a bien longtemps que les charbonnières ont cessé de fumer, on coupe encore du bois, mais les contrôles sont plus sévères; il n'y a jamais de coupe à blanc et l'on n'abat qu'un arbre sur trois ou cinq malgré tout, les cubages abattus restent considérables et l'exportation des bois de pins constitue l'activité essentielle du port de Saint-Raphaël.

Quant au liège, son exploitation se fait avec toutes les précautions requises: on peut simplement déplorer le démasclage d'arbres trop chétifs qui souffrent alors de cette pratique. Mais à côté de ces exploitations plus rationnelles, il s'en trouve d'autres qui, par leurs excès rappellent encore les anciennes pratiques. En effet, l'exploitation des produits de la forêt s'est portée sur les espèces nouvelles, avec des buts tout différents: de quantitative qu'elle était et trouvant son utilité à chaque essence, elle tend à se faire qualitative, ne jetant son dévolu que sur quelques espèces précieuses à divers titres et fixant souvent son choix sur les plus beaux spécimens. Ce sont essentiellement les parfumeurs grassois et les horticulteurs qui exploitent ainsi l'Estérel. Les premiers cueillent le ciste ladanifère qui ne croit que dans l'Estérel occidental; c'est une espèce rare, dont les feuilles odorantes contiennent du ladanum utilisé en

parfumerie: les cistes sont cueillis, rameau par rameau et non pas arrachés, ceci en vue de récoltes futures, mais le ciste n'émet que difficilement de nouvelles pousses, il n'a pas le temps de reconstituer sa ramure avant qu'on vienne le couper à nouveau: après deux ou trois coupes, la plante meurt sans avoir pu fructifier. Le ciste ladanifère est menacé d'extinction si ce rythme continu.

Les horticulteurs, quant à eux, s'attaquent à d'autres espèces. Quand arrive le mois d'août et les lauriers-roses sauvages sont en fleurs dans les ravins: pour l'horticulteur, c'est l'époque des boutures dont chacune, après un an de culture, fournit un pied vendu 4 à 6 Fr; il est facile d'aller s'approvisionner en boutures dans l'Estérel: on coupe les branches à ras, ne laissant que la souche qui aura juste le temps d'émettre quelques rameaux avant l'hiver. Ces pratiques ne mettent en danger qu'une seule espèce à chaque fois, mais il en est une autre qui peut mettre en péril toutes les espèces sur une certaine surface: les propriétaires de villas aiment à s'entourer de verdure et apprécient souvent l'ombrage des pins parasols; ils s'adressent aux horticulteurs pour leur en procure ceux-ci ne les élèvent pas en pépinière et répugnent à les importer de Toscane, vu les frais de transport. Pour leur bonheur, le pin parasol croît sur les grès de l'Estérel. Ils louent alors une parcelle où poussent de jeunes pins et mettent ceux-ci en bacs: une fois le pin enlevé, il ne reste qu'un trou béant qu'on ne rebouche pas et que les premières pluies transforment en mare profonde; naturellement aucune végétation ne peut se reconstituer au voisinage de ces milieux asphyxiants. C'est un spectacle désolant de voir ces zones de pillage; les plus beaux pins ont été arrachés, la densité des trous est extraordinaire et les camions qui ont chargé les bacs ont écrasé tout le reste de la végétation. On le voit, pour être restreints les excès d'exploitation n'en existent pas moins et d'importantes surfaces sont menacées par de telles pratiques; on ne peut que les déplorer, non seulement avec l'esprit du botaniste qui voit disparaître les espèces rares, mais aussi avec la mentalité de l'écologiste qui constate les troubles profonds qui apparaissent ainsi dans certains milieux.

#### **4) L'incendie.**

Ces trois causes de dégradation (l'exploitation abusive, le brûlis pour culture temporaire, les excès de pâturage) appartiennent donc, qu'on le veuille ou non, au passé. Aujourd'hui le facteur le plus important de cette dégradation est l'incendie, ce qui ne signifie nullement qu'il n'ait pas été redouté jadis, au contraire, la pratique du sartage à feu couvert favorisait d'autant plus l'extension des feux, qu'elle se pratiquait en septembre et meule en août, sur une végétation complètement desséchée; un coup de vent, un instant d'inattention et c'était l'embrassement de la forêt, encore plus difficile à combattre que de nos jours, à cause de la faiblesse des moyens de lutte. Aussi laissait-on brûler et c'est ainsi, rapporte Charles de Ribbe "qu'à la fin du XVIIIe siècle les incendies s'étaient déjà chargés d'ouvrir dans les forêts de l'Estérel des vides immenses"; en 90 ans de 1838 à 1927, la forêt domaniale de l'Estérel a connu quatre grands feux, dont les deux plus graves ont ravagé plus des 4/5e de sa superficie.

De nos jours, le sartage à feu couvert ayant disparu, on aurait pu s'attendre à une réduction du nombre des incendies; il n'en est rien, bien au contraire, et la cadence ne cesse de s'accélérer: pour le département du Var, (nous n'avons pu avoir les statistiques concernant le seul Estérel) on note:

TABLEAU 6 - Superficies brûlées annuellement dans la Var

Période	Nombre moyen d'incendies par année	Superficie moyenne brûlée par année (ha)	Superficie brûlée par incendie (ha)
de 1938 à 1948	66	1.500	22
1949 à 1958	184	2.600	14
1959 à 1966	290	5.600	19

Ainsi, le nombre des incendies s'est-il multiplié par 4 mais grâce au perfectionnement des moyens de lutte, la surface brûlée par incendie a décréu; quoi qu'il en soit, le bilan est négatif puisque les superficies moyennes brûlées en un an ne cessent d'augmenter.

En ce qui concerne l'Estérel, deux grands feux ont détruit dans sa presque totalité la forêt domaniale en 1943 et 1964: il faut donc ici compter sur un taux annuel d'incendies de 5 c'est-à-dire que le feu repasse au même endroit tous les vingt ans, ce qui ne représente pas, un laps de temps assez long pour que la végétation ait le temps de se reconstituer. Il faut donc rechercher les nouvelles causes qui déterminent les embrasements: à cet égard, une statistique effectuée par le service départemental d'incendie est particulièrement édifiante car elle reconnaît que 61% des incendies ont des causes indéterminées!

Une autre statistique est plus intéressante puisqu'elle nous renseigne sur le point de départ des incendies:

- 69% partent des bordures de routes et de sentiers
- 19% de chantiers agricoles et silvicoles
- 12% de campings, de dépôts d'ordures etc.

A cet égard, il faut bien dire le rôle négatif joué par les personnes peu au courant de la facilité d'embrasement de la forêt méditerranéenne, en particulier les touristes qui fument en forêt et n'hésitent pas à jeter leur cigarette au bord du chemin: on peut d'ailleurs rapprocher les pourcentages des causes indéterminées d'incendies (61%) et celui du point de départ des feux depuis une route ou un sentier (69%). L'établissement de touristes inexpérimentés en forêt pour la durée de leurs vacances, dans des campings, lotissements etc... représente une grave menace pour la forêt: en 1969 un camping s'est ouvert dans les bois de Puget-sur-Argens: trois incendies ont éclaté en deux mois à moins d'un kilomètre de celui-ci. D'autre part, il est bien évident que les incendies ne se produisent pas à n'importe quelle époque de l'année: l'été est leur saison de prédilection.

L'explication des chiffres du tableau suivant est simple si l'on tient compte des facteurs ci-après:

- le vent
- la sécheresse des végétaux (cf. bilan hydrique)
- l'hygrométrie de l'air
- la température

TABLEAU 7.- Périodicité mensuelle des incendies (Département du Var).

Mois	{ Nombre d'incen- dies }	Surfaces brûlées (en ha)
Janvier	5	20
Février	10	49
Mars	14	112
Avril	9	36
Mai	10	48
Juin	15	108
Juillet	53	1.287
Août	62	2.433
Septembre	32	356
Octobre	13	28
Novembre	5	20
Décembre	2	5

En juillet, août et septembre, tous ces facteurs concomitants augmentent le nombre des incendies et permettent leur développement rapide. En octobre, novembre, décembre, janvier et février, il n'y a pas de danger à cause de la basse température, de l'hygrométrie élevée et de l'humidité du sol. En mars, avril et mai, l'hygrométrie baisse déjà tandis que la température s'élève: mars commence à devenir un mois dangereux car la montée de la sève ne fait que commencer, tandis qu'en avril et mai, l'abondance de la sève qui circule dans les végétaux, réduit les risques au niveau des mois d'hiver; juin voit s'amorcer la période dangereuse avec l'apparition de la sécheresse et de la chaleur. On peut examiner séparément chacun des facteurs énumérés plus haut en essayant de déterminer leur influence de façon plus précise:

- la siccité des végétaux apparaît comme absolument nécessaire à la naissance et à la propagation des incendies; sans cet élément, aucun incendie ne peut naître: pas de combustible sec, pas d'incendie.

- la température est aussi un élément intéressant, mais qui présente une importance moindre que le précédent; il arrive fréquemment que des feux se développent la nuit avec violence, alors que la température baisse de façon considérable; on peut admettre que la température agit surtout sur la fréquence des incendies, son influence sur leur propagation étant nettement inférieure à celle des autres facteurs.

- l'indice hygrométrique est extrêmement important et généralement sous estimé: son influence s'exerce à la fois sur la fréquence et la propagation des incendies; tous les grands incendies ont lieu les jours où l'indice est inférieur à 4°.

- le vent enfin, joue un rôle prépondérant dans la propagation des feux: par effet chimique (renouvellement constant du comburant sur le foyer et diffusion en avant de celui-ci de gaz chauds débutant le processus de la distillation des essences végétales inflammables), et par effet mécanique (allongement des flammes sur le combustible voisin et transport de flammèches).

Qui n'a pas assisté de près à un incendie en Provence, ne peut guère imaginer la vitesse à laquelle il progresse: partant d'un petit foyer, l'incendie s'étend en obéissant à certaines règles. Le feu avance dans le sens du vent, l'incendie progresse donc davantage en avant que sur les côtés; d'autre part, le feu escalade les reliefs plus vite qu'il ne les descend; sa vitesse de propagation varie aussi selon les peuplements rencontrés: il régresse lentement, avec des flammes

peu élevées sur des espèces du maquis, mais dès que se présente un bouquet de pins, les flammes fusent instantanément à plus de dix mètres de hauteur, en dégageant une chaleur extrême qui, en desséchant l'air et les végétaux voisins prépare l'avance du sinistre. Enfin, le vent pousse des brindilles ignées qui enflamment les végétaux en avant du front, ce qui n'est pas sans danger pour les sauveteurs qui risquent d'être pris -c'est le cas de le dire- entre deux feux. De tels embrasements font place à un paysage de désolation; -à la place des pinèdes ou du maquis, ne se dressent plus que des troncs et des branches noircis, une cendre fine couvre le sol, le plus triste est peut-être de voir des pins dont la flamme n'a fait que roussir les cimes et qui sont morts malgré tout. Sans doute les premières ondées d'automne feront-elles reverdir quelques chênes-lièges et beaucoup de souches, mais elles emporteront aussi la terre rendue vulnérable par la disparition des feuillages. L'incendie est bien, dans l'Estérel comme dans le reste de la Provence, le plus grand fléau, car c'est vraiment un fléau total: les coupes abusives, les dégâts des troupeaux, les défrichements intempestifs ne se produisaient que sur des territoires restreints et ne détruisaient pas tout, tandis que le feu fait place nette; après son passage/il ne reste rien sinon des arbres morts et des souches affaiblies et les conséquences du sinistre retentiront pendant de longues années sur la végétation.

### **Conclusion de la première partie.**

Ainsi, dans son ensemble, l'Estérel offre-t-il des conditions écologiques difficiles. Des sécheresses prononcées sévissent longtemps en été, encore aggravées par la force des vents, la nature des roches et des sols et la maigreur de ces derniers; elles sont accompagnées par de fortes températures qui, pour être généralement clémentes, n'en sont pas moins susceptibles de s'abaisser en hiver jusqu'à d'étonnants minima. Mais l'exposition, l'encaissement des vallons, la plus ou moins grande distance de la mer et surtout les influences contraires du mistral et du vent d'est, qui créent une nette barrière climatique au cœur du massif, modifient à l'extrême les données générales du climat. Enfin l'homme, par les dégradations qu'il a commises ou commet encore actuellement, a encore rendu plus sévères les conditions de ce milieu.

### **COMMENTAIRES DES CARTES fig.6 et 7.**

L'analyse de ces deux fragments de la carte phytosociologique de l'Estérel met en évidence une dissymétrie nette dans la répartition des associations végétales et dans celle des pins entre les régions orientales et occidentales. La chênaie d'yeuse et le maquis élevé donnent dans la région du cap Roux, alors que vers l'ouest donne la cistaie.

L'association du chêne vert dont la composition est celle des chênaies d'yeuse des autres régions siliceuses de la Méditerranée occidentale, occupe dans la partie est du massif les fonds de vallons tendant même parfois supplanter la brousse à olivier, lentisque et myrte qui, dans la région littorale ouest remonte ces derniers. Dans les deux cas néanmoins, elle s'étend aussi le long du littoral sous forme d'une brousse compacte. Les îlots de suveraine sont pour leur part disséminés dans tout le massif avec toutefois une fréquence plus grande dans la partie orientale et intérieure.

La sous-association à chêne pubescent de la chênaie d'yeuse n'existe pas sur le littoral, trop chaud et trop sec: elle est cantonnée strictement dans la zone interne, plus fraîche et plus humide.

Le maquis haut, à dominance de bruyère arborescente et d'arbousier, couvre des surfaces de plus en plus importantes Lu fur et à mesure que l'on se déplace vers l'est à cause de l'humidité constante qui caractérise cette région; d'ailleurs il n'existe dans la partie occidentale qu'à la faveur du flanc nord de la vallée de la Garonne; le contraste entre les deux parties de l'Estérel est, à cet égard, frappant.

Le maquis bas où l'emporte la bruyère à balai et la fausse lavande couvre aussi des superficies importantes essentiellement dans les lieux bien exposés de la partie est et nord. Sa présence dans la partie occidentale n'est pas du tout comme celle du maquis haut, qu'à ces conditions topographiques particulières.

Quant à la cistaie xérophile, elle domine au contraire dans la partie occidentale, plus sèche à cause du mistral, où elle ne s'interrompt guère que dans les fonds de vallon, cédant alors la place à l'oléo-lentiscetum. On ne la rencontre qu'exceptionnellement dans la partie est, plus humide et moins dégradée.

Les pelouses pour leur part caractérisent les endroits très dégradés ou très secs; carrières, mines, alentours des maisons forestières, affleurements de roches nues etc.,

La répartition des pins présente aussi une nette différence entre la région est et la région ouest; les pins d'Alep xérophiles sont localisés dans la partie occidentale littorale jusqu'à gay mais l'humidité croissante les fait alors disparaître. Ils n'existent pas sur la carte de la partie est.

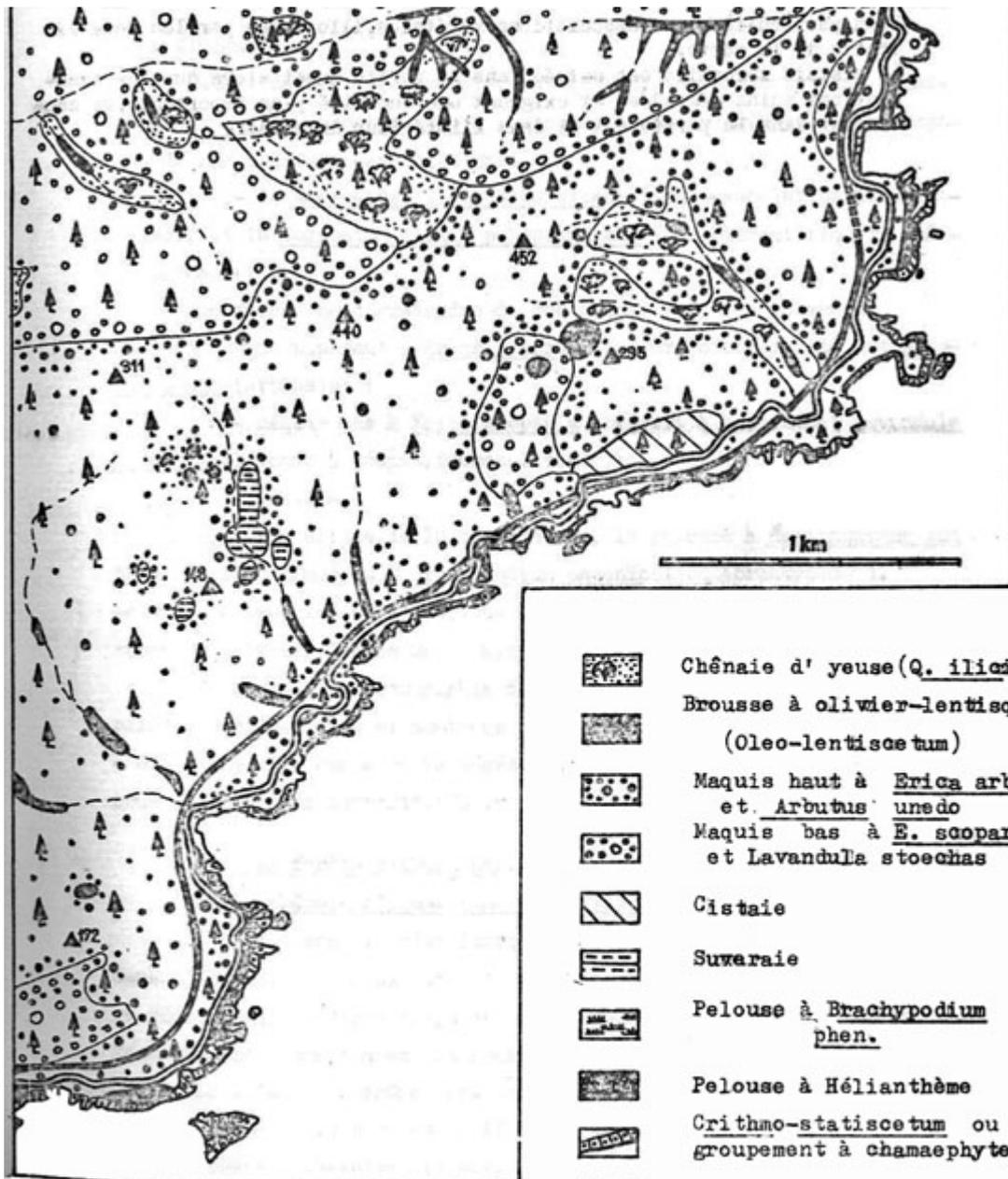
Les pins maritimes plus exigeants en humidité, croissent à l'est de cette région littorale et occupent seuls la zone intérieure à toutes les expositions dans la partie est et seulement les vallons et les versants au nord de la partie ouest.

Les pins parasols liés aux substrats sableux les remplacent sur les affleurements gréseux vers Fréjus-St-Raphaël. Ainsi existe une répartition bien particulière des associations végétales illustrées par les deux extraits de la carte.

La cistaie xérophile est située dans la partie sud-ouest alors que les associations moins dégradées et exigeant une humidité plus importante, se cantonnent dans la partie est et dans l'intérieur du massif.



Fig. 6 – Extrait de la phytosociologique (N de Boulouris) légende, cf. fig. 7



- Chênaie d'yeuse (*Q. ilicis*)
- Brousse à olivier-lentisque (*Oleo-lentiscetum*)
- Maquis haut à *Erica arbor.* et *Arbutus unedo*
- Maquis bas à *E. scoparia* et *Lavandula stoechas*
- Cistaie
- Suverraie
- Pelouse à *Brachypodium phen.*
- Pelouse à Hélianthème *Crithmo-staticetum* ou groupement à chamaephytes
- Cultures arbustives.

Pins maritimes, parasol, d'Alep  
*Pinus pinaster, pinea, halepensis*

Fig.7- Extrait de la carte phytosocio:  
Région du Cap Roux.

## Deuxième partie.

### LA VEGETATION

Dans cette étude, nous avons suivi le concept et la classification des associations, telle qu'elle a été établie par Braun-Blanquet, puis par R. Molinier. Rappelons d'abord que l'on nomme climax les groupements végétaux en équilibre avec le milieu, notamment avec le climat et qui ne varient plus, tant que ce dernier demeure semblable. Lorsque ces associations sont détruites (surtout par l'homme et selon les modalités que nous avons étudiées plus haut), la nature tend à réparer le mal en retournant au climax: le dynamisme des associations est déclenché et c'est une des tâches essentielles pour phytogéographie, que de définir les climax et les phases de leur évolution progressive ou régressive, selon que la végétation tend à revenir vers le climax ou à s'en éloigner.

– Dans l'Estérel, par exemple, se trouvent deux associations climaciques: - le Quercetum ilicis (ou association du chêne vert) accompagné de ses deux sous-associations:

– le Quercetum ilicis suberetosum (sous-association du chêne-liège), et le Quercetum ilicis pubuscentosum (sous-association du chêne pubescent).

Les termes de dégradation de ces climax sont les suivants:

– maquis haut à Erica arborea (bruyère arborescente) et Arbutus unedo (arbousier);

– maquis bas à Erica scoparia (bruyère à balais) et Lavandula stocchas (lavande à toupet, fausse lavande);

– cistaie

et enfin, terme ultime de la dégradation, la pelouse à helianthemum : guttati (hélianthème) ou à Brachipodium thoenicordes (brachypode).

La seconde association climacique est celle de l'Oléo-lentiscotum (ou brousse à olivier, lentisque et myrta).

C'est par la cartographie de ces associations, précisées par des relevés systématiques et nombreux au seuil de chacune d'entre elles, qu'a été dressée la carte de la végétation d'une partie de l'Estérel dont nous donnons deux extraits. ( fig.6 et 7).

#### 1°/ Les forêts climaciques.

##### a) La chênaie d'Yeuse (Quercetum ilicis)

Ce qui frappe le plus lorsque l'on compare les relevés effectués dans l'Estérel avec ceux qui ont été faits, sur sols siliceux dans toute la Méditerranée occidentale, c'est que tous mentionnent les mêmes espèces végétales, soulignant ainsi la remarquable unité de composition de la chênaie de chêne vert sur silice dans cette zone.

Toutefois, les relevés effectués dans l'Estérel sont souvent pauvres en espèces caractéristiques, la sévérité des conditions du milieu apparaissant bien ainsi dans cette association climacique déjà appauvrie.

Dans l'ensemble, on peut penser que cette chênaie climacique, qui se présente le plus souvent en îlots épars, est moins un vestige de forêt originelle qui a été entièrement détruite, qu'à une tentative de reconstitution de cette forêt.

**Écologie et répartition.** La chênaie d'yeuse recherche les lieux humides: elle est ainsi beaucoup mieux représentée dans la partie orientale de l'Estérel que dans sa partie centrale et occidentale, où elle a eu, par ailleurs au cours des siècles, à subir les ravages d'une population plus dense. Dans le détail, on la rencontre essentiellement au voisinage de la mer (à cause de

l'humidité atmosphérique engendrée par cette dernière) et dans les fonds de vallons, surtout sur leurs flancs nord. A ce sujet la coupe du "Vallon de l'Estérel" au cœur du massif est particulièrement éloquent (fig.8a). La forêt climacique occupe ici le fond du vallon dont l'altitude est voisine 300 m. et s'élève presque jusqu'au sommet du Mont Vinaigre par le maquis haut, alors que sur le flanc sud, elle s'arrête à 30 m. à peine au dessous du fond du ravin pour céder la place au maquis bas, beaucoup plus Xérophile que le maquis haut.

#### **b) La suveraine ou forêt de chênes-lièges (*Quercetum ilicis suberetosum*).**

A la lecture des relevés, on s'aperçoit que la suveraine est encore plus pauvre en espèces que la chênaie d'yeuse: une telle pauvreté ne peut s'expliquer que par une extrême dégradation de climax, qui ne sont d'ailleurs plus représentée que par des îlots de faibles dimensions. La plus grande pauvreté de la flore de la suveraine appuierait l'hypothèse qu'il s'agit peut-être l'un peuplement ayant secondairement succédé au véritable climax qui serait ici, comme dans le reste de la Provence, la forêt de chênes verts.

**Ecologie et répartition.** La suveraine a sensiblement les mêmes exigences écologiques que la forêt de chênes verts; toutefois, elle marque une nette préférence pour les éboulis meubles et profonds. Pourtant la suveraine se rencontre à peu près partout dans l'Estérel car l'homme l'a propagée artificiellement en vue de s'assurer de plus abondantes récoltes Ce liège, principalement le long des routes et des chemins forestiers, ce qui facilita son exploitation. Elle est néanmoins plus rare dans l'Estérel occidental trop sec. Sous ces deux chênaies se développe le sol brun climacique que nous avons analysé plus haut.

#### **c) La chênaie de chênes pubescents (*Quercetum ilicis pubescentosum*).**

##### **d)**

Nous ne mentionnons que pour mémoire cette association relique caractéristique de l'étage méditerranée-montagnard et qui ne prospère qu'au fond de quelques rares vallons de la région intérieure du massif.

### **2°/ Les stades de dégradation.**

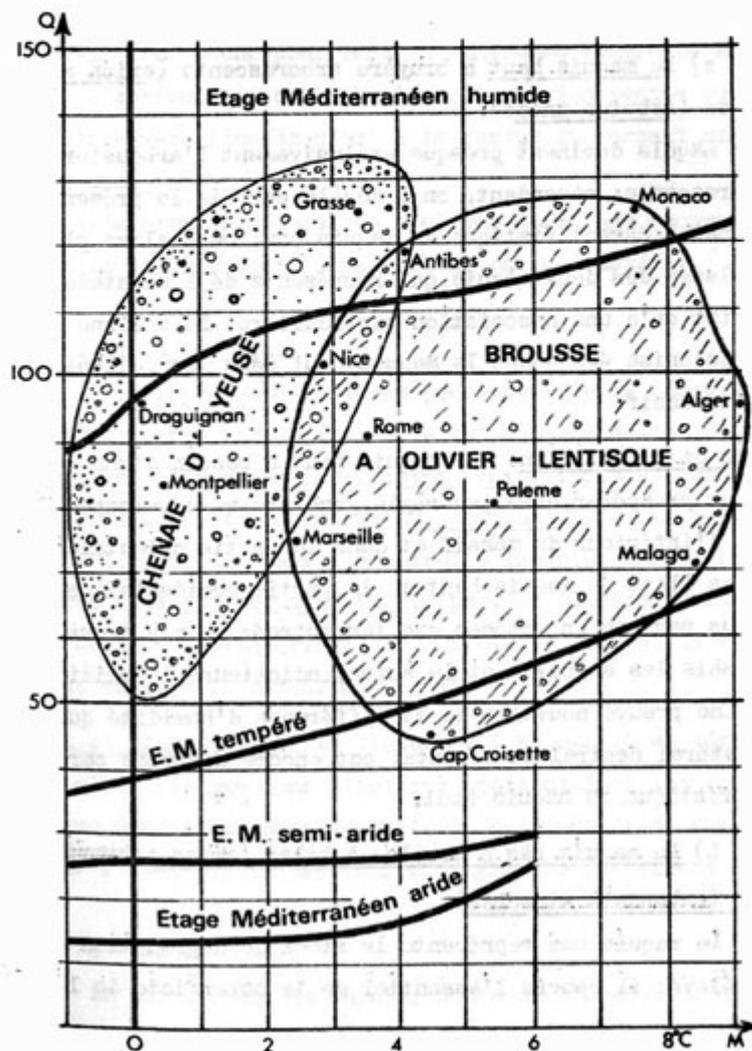
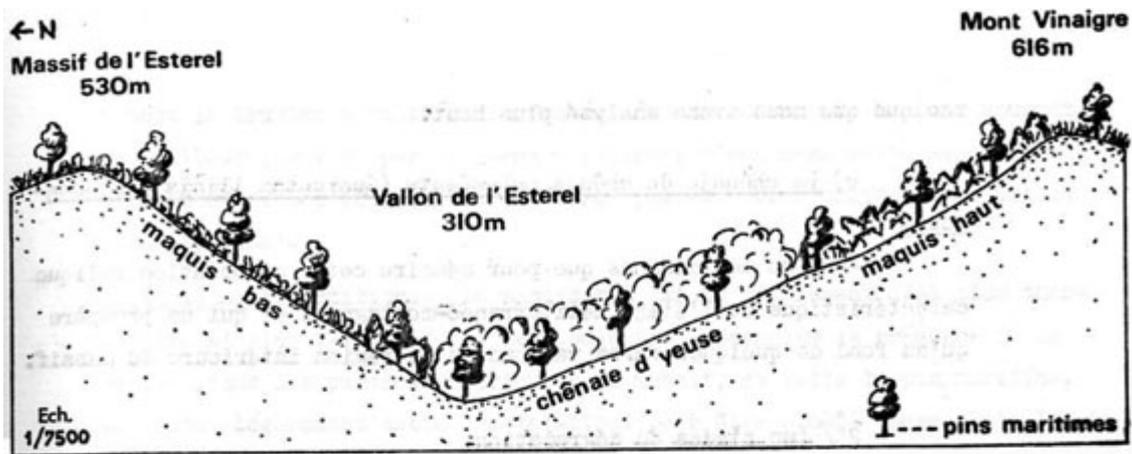
Par la superficie qu'ils recouvrent, ils constituent l'essentiel de la végétation de l'Estérel.

#### **a) Le maquis haut à bruyère arborescente (*Erica arborea*) et à arbousier (*Arbutus unedo*).**

Dans ce maquis dominant presque exclusivement l'arbousier et la bruyère arborescente; cependant, on y décèle parfois la présence de la bruyère à balai, caractéristique du maquis bas: on a alors plutôt affaire à un mélange des deux maquis qui représente déjà un stade de transition, plutôt qu'à une association particulière. La callune (*Calluna vulgaris*) colonise également le maquis haut dans les vallons les plus frais du massif.

**Ecologie et répartition.** Le maquis haut a besoin d'une certaine humidité pour prospérer, aussi, en règle générale se développe-t-il davantage dans l'intérieur du massif et dans la partie orientale; d'autre part, les îlots de maquis haut de la partie occidentale sont bien souvent plus pauvres en espèces que les autres: on n'y trouve pratiquement jamais les sorbiers et le sumac, indicateurs d'humidité et de fraîcheur. Une preuve nouvelle de la différence d'humidité qui existe entre l'Estérel central et oriental est encore apportée par la composition floristique du maquis haut.

a) Le maquis bas à bruyère à balai (*Erica scoparia*) et fausse lavande (*Lavendula stoechas*)



Le maquis bas représente le stock de dégradation ultérieur au maquis élevé: il couvre l'essentiel de la superficie de l'Esterel, y prédominent la bruyère à balai et la fausse lavande; ce maquis bas est souvent, par ailleurs, envahi par les pins maritimes: c'est dans cette association, où la composition floristique est assez pauvre et que l'enrésinement est le plus important.

**Écologie et répartition.** Le maquis bas est un peuplement déjà plus thermophile et plus xérophile que le maquis haut, néanmoins la présence de la callune dans les parties intérieures du massif, et celle du pin maritime, infirment légèrement cette constatation: pour être plutôt thermophile, le maquis bas n'en possède pas moins certains faciès qui le sont beaucoup moins. Il ne prospère d'ailleurs que fort peu dans la région de Fréjus-St Raphaël déjà trop sèche pour lui: il couvre au contraire la plus Grande partie de l'Estérel oriental où il croît sur les pentes sud et s'il pousse une pointe vers l'ouest c'est à la faveur du versant nord de la vallée de la Garonne que l'énorme extension du maquis bas souligne davantage encore/celle du maquis haut le mauvais état de la végétation de l'Estérel.

#### b) La cistaie.

Elle représente le terme pénultième de la dégradation de la forêt de chênes verts sur silice: elle est constituée de peuplements monotones de ciste de Montpellier (*Cistus monpellierensis*) auxquels se joignent parfois le ciste cotonneux (*C. albidus*) le ciste à feuille de sauge (*C. salvifolius*) et dans les endroits les plus chauds les rares cistes ladanifères (*C. ladaniferus* et *C. crispus*). La cistaie, formant des peuplements en mosaïque caractéristiques, constitue souvent un véritable climax qui entrave le retour du maquis.

**Écologie et répartition.** La cistaie est héliophile et xérophile: c'est pourquoi elle triomphe dans l'Estérel occidental, où les conditions climatiques, les conditions édaphiques (grès permians très secs), et la dégradation par l'homme de la végétation originelle favorisent son implantation.

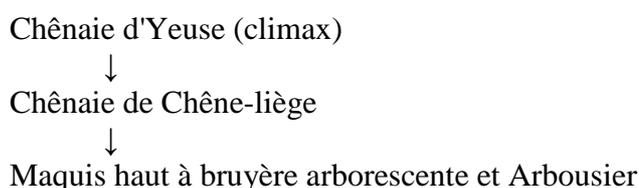
#### c) Les pelouses.

La pelouse est le dernier stade de dégradation de la forêt climacique: de très nombreuses espèces de très petite taille annuelles pour la plupart, la composent: en fait, on distingue la pelouse à *Helianthemum guttatum* qui occupe les zones vides du maquis et de la cistaie où elle forme avec les autres associations une mosaïque confuse, et la pelouse à *Brachypodium phoenicoides* formée d'espèces souvent vivaces qui prospèrent essentiellement à l'intérieur du massif et sur les terrains agricoles fraîchement abandonnés.

Tous les stades de dégradation de la chênaie d'Yeuse sont donc bien représentés dans l'Estérel: ils recouvrent des superficies beau -coup plus importantes que le climax dont ils sont issus: l'extension de la cistaie et du maquis bas différencie en particulier l'Estérel des Maures et du Tanneron où nulle part n'est constatée une telle étendue de ces termes poussés de dégradation. On passe, d'autre part, d'un stade (progressif ou régressif) à un autre par des intermédiaires peu tranchés; en outre, certains stades peuvent être sautés.

En conclusion, on peut résumer l'évolution de la végétation dans l'Estérel par le tableau suivant extrait d'un article de René Monnier, dans la revue "Phytosociologie"

Tableau 8.- EVOLUTION DE LA VEGETATION MEDITERANEENNE SUR SOL SILICEUX.



↓  
Maquis bas à bruyère à balais et fausse lavande  
↓  
Cistaie  
↓  
Pelouses

### **3°/ Les pins dans l'Estérel.**

Les relevés phytosociologiques permettent de constater l'extrême abondance des pins qui forment des enrésinements importants dans tout le massif, et d'ailleurs ce sont eux qui s'imposent tout d'abord à l'esprit, beaucoup plus que les autres espèces du maquis; lorsqu'on prononce le mot "Estérel", on imagine aussitôt la mer bleue, les rochers rouges et des forêts de pins. Nous n'en avons pas traité lorsque nous avons analysé la végétation climacique et ses stades de dégradation, pour une raison que nous verrons plus loin. Quoi qu'il en soit, ces pins appartiennent à trois espèces:

- le pin d'Alep (*Pinus alepensis*)
- le pin parasol (*P. pinea*)
- le pin maritime (*P. pinaster*)

Leur localisation est complémentaire et fonction de leurs exigences en écologiques et surtout édaphiques, beaucoup plus nette encore que celle des espèces du maquis (cf. cartes.fig.),

Le pin d'Alep occupe toute la région occidentale et pénètre assez loin. L'intérieur du massif, mais au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'est, l'humidité devient trop importante pour ce xérophyte qui se raréfie et y est remplacé par le pin maritime: passé le promontoire du Dramont, le pin d'Alep n'apparaît plus guère qu'à l'état d'individus isolés.

Le pin parasol, toujours lié aux substrats sableux ou gréseux est essentiellement localisé sur les grès permien de l'Estérel central et occidental: il forme, de Valescure au Puget, d'admirables peuplements monospécifiques qui dominent la cistaie.

Le pin maritime qui est l'essence la plus importante, au point de vue forestier, de l'Estérel, a une répartition complémentaire des deux autres pins: il est très abondant dans les parties orientales et intérieures, plus humides du massif, on se complaît surtout sur les pentes ouest et les fonds des vallons, ce qui est bien en rapport avec l'écologie de cette espèce dont on sait qu'elle recherche une ambiance suffisamment humide beaucoup plus qu'un substratum géologique déterminé.

Ce pin constitue ainsi des enrésinements d'une étonnante densité: on peut facilement compter dans les peuplements issus de semis, qui ont levé après les incendies, 100 jeunes pins de 1 m de haut sur une superficie de 1 m<sup>2</sup>, ce qui donnerait un million de pieds à l'hectare. On conçoit que cet enrésinement formidable rendu possible seulement par l'extraordinaire faculté de propagation de l'espèce non seulement concoure puissamment à la progression des incendies (les pins étant éminemment pyrophytes), mais encore, gêne l'évolution de la végétation vers le climax par la densité et la concurrence qu'il représente.

Justement, on peut se demander quels sont les rapports de ces trois pins avec la végétation climacique et ses stades de dégradation: en fait, il n'y en a pas. Les pins, et essentiellement: le pin maritime, sont présents dans toutes les associations, tant climaciques que dégradées; leur plasticité écologique leur permet de croître dans les îlots de chênaie d'yeuse comme sur les cistaies et les pelouses. Les pins sont donc surimposés au climax et à ses différents stades de dégradation, et c'est la raison pour laquelle nous en avons distrait l'étude jusqu'ici.

#### **4°/ La brousse à olivier, lentisque et myrte.**

Cette association qui est ici à la limite nord de son aire, constitue le second climax de l'Estérel, et prospère dans les zones les plus chaudes et les plus humides du massif, c'est-à-dire à proximité immédiate du littoral, juste au-dessus de la zone halophile, et dans les vallons bien exposés (fig.6 et 7).

Les massifs impénétrables de l'oleo-lentiscetum, hauts de 1 à 2 m., sont essentiellement constitués par des buissons de myrte et de lentisque, que lie la salsepareille d'Europe (*Smilax aspera*); dans les zones les plus chaudes apparaissent l'olivier sauvage (*Olea europaea* var. *oleaster*) et surtout, caractérisant des moyennes annuelles supérieures à 15° le caroubier (*Ceratonia siliqua*) et l'euphorbe arborescente (*Euphorbia dendroides*).

-Répartition. - La brousse à olivier-lentisque et myrte forme donc dans les fonds des vallons bien exposés des îlots éloignés de quelques mètres les uns des autres; sur le littoral elle forme également un liséré plus ou moins étendu et discontinu; c'est naturellement dans la partie orient.- le du massif où les conditions de température et d'humidité sont les plus favorables que cette association A le mieux développée. Le graphique fig.8b illustre les aires écologiques respectives de la chênaie d'Yeuse et de la brousse à olivier, lentisque et myrte.

#### **Troisième partie.**

### **PROBLEMES BIOGEOGRAPHIQUES**

L'étude phytosociologique qui précède, a tenté d'étudier la répartition de la végétation, en fonction des conditions du milieu: néanmoins une étude phytosociologique, pour complète qu'elle soit, ne donne que l'état de la végétation à un moment donné, elle reste malgré tout une image statique, un cliché de cette végétation; il nous faut donc pousser plus loin nos investigations et animer cette étude en y incorporant le facteur temps; c'est pourquoi les problèmes biogéographiques que nous allons étudier maintenant feront plus souvent appel au facteur temps qu'au facteur espace.

Nous étudierons tout d'abord les modalités de l'adaptation au milieu, ensuite le dynamisme de la végétation et le problème --passionnant du point de vue biogéographique— de la disparition du pin maritime.

Enfin, l'étude de l'érosion actuelle, dans ses rapports avec la couverture végétale, conclura ce chapitre.

#### **1°/ L'adaptation aux Conditions du milieu.**

##### **a) La lutte contre la sécheresse.**

Nous avons dit, dans notre première partie, que la sécheresse estivale était le facteur écologique le plus contraignant pour la végétation: cette dernière subit deux périodes de repos forcé, l'une estivale, conditionnée par la dite sécheresse, et une hivernale en raison des trop basses températures, cette dernière étant sans doute moins marquée que l'autre: Ch. Flahault n'a-t-il pas trouvé 139 espèces indigènes en fleurs entre le 25 et le 31 décembre aux environs immédiats de Fréjus? Les végétaux sont donc organisés pour survivre au faible approvisionnement en eau et aux hautes températures; nous n'analyserons pas ici les modalités diverses de cette survie (thérophytisme, géophytisme ou, au contraire persistance générale pour les arbres et arbustes d'un feuillage réduite cuticulisés et de longues racines capables d'aller chercher l'eau en profondeur, etc.).

Des nages connues ont été écrites à ce sujet par Ch. Flahault, Fr. Gaussen, Braun Blanquet, etc., et nous y renvoyons le lecteur car l'Estérel ne possède aucune originalité en ce domaine.

En ce qui concerne les variations de la pression osmotique, on consultera P.Birot: "Les formations végétales du globe", p.263 et sq.

b) L'adaptation et la résistance aux conditions particulières et locales.

Plus intéressante est l'étude de quelques adaptations particulières: les problèmes de la végétation du bord de la mer, l'étude des pyrophytes et celle de la résistance aux hivers exceptionnels fourniront matière à ce chapitre.

## **1. Problèmes de la végétation du bord de la mer.**

Sur la côte de l'Estérel, les associations végétales littorales et jusqu'au maquis, peuvent avoir des morphoses particulières sous l'action des vents chargés d'embruns salés. Ces derniers, plus encore que la force des vents, sont responsables des formes plus ou moins prostrées qu'affecte la végétation, car l'impact des microcristaux de sel qu'ils charrient, tuent les jeunes pousses. D'ailleurs il est remarquable de constater que toutes les morphoses sont dues au vent d'est exclusivement qui, par la disposition même de la côte est le seul à pouvoir se charger de cristaux de sel qui jouent le rôle de projectiles et de poison pour les jeunes pousses mal protégées. Le mistral --si fort soit-il-- n'a pratiquement créé aucune forme éolienne sur la côte. Cependant, on doit distinguer avec Kuhneltz-Lordat deux types de végétaux sur la côte de l'Estérel:

- ceux qui ne sont pas modifiés par le vent et qui sont des anémophiles strictes;
- ceux qui prennent un port spécial (port éolien), parfois très différent de leur port normal.

- Les anémophiles strictes se présentent essentiellement sous la forme des plantes en coussinet, tels sont par exemple: *Flantago subuluta*, *Statice minute*, etc., leur port général ne change pas mais ces plantes peuvent être frappées de nanisme.

- Les espèces susceptibles de modifier leur port sont très variées; les hémicryptophytes développent peu leur hampe florale souvent unique, les chamaéphytes et les arbres se plaquent plus ou moins contre la roche et répondent alors à trois types: un type en couronne, qui correspond à l'étalement des rameaux et le vent tourne autour de la souche; un type hémisphérique adopté spécialement par la *Thymélé*e et surtout un type couché. Le pin d'Alep et le myrte plaquent leur tronc contre le sol; ils se redressent progressivement d'amont en aval, formant une frondaison épaisse sur laquelle glisse le vent (cf.fig.9 a et b).

Deux aspects saisonniers sont d'ailleurs à distinguer dans ce type: un aspect estival où la plante émet des pousses qui hérissent le plan incliné créé par le vent et un aspect automnal où les jeunes pousses directement exposées aux tempêtes de vent d'est, ont tuées et où la plante reprend ce port en coin caractéristique.

Ainsi créées, ces formes éoliennes donnent aux espèces qui en bénéficient un pouvoir dynamique des plus importants dans l'évolution du tapis végétal: elles forment un noyau de colonisation, à l'abri duquel d'autres espèces prennent pied; elles sont donc le départ des premiers groupements éoliens.

Une plante fait donc office de paravent et d'autres se groupent étroitement autour d'elle; c'est le cas, par exemple, d'un groupement éolien du Cap Roux (fig.9b) où les végétaux les plus exposés (myrte) ne dépassent guère 20 cm de hauteur, alors que douze mètres plus loin, favorisés il est vrai par une déclivité du terrain, les pins maritimes atteignent 5 m. de haut.

Le vent, précis comme un sécateur, a établi un plan incliné indépendamment des dispositions naturelles de port des espèces, du groupement; l'évolution générale rappelle, en plus complexe, celle du type couché précédemment étudié.

Dans les endroits très exposés (Cap Roux), les plantes peuvent être morphosées jusqu'à une centaine de mètres d'altitude, avec naturellement moins d'intensité au fur et à mesure que l'on s'élève. Dans certaines calanques, le vent butant brusquement contre les parois rocheuses détermine aussi des formes éoliennes jusqu'à une altitude assez forte; mais en général on peut dire qu'au-dessus de l'altitude de 20 - 30 m., les déformations dues au vent ne sont plus guère perceptibles.

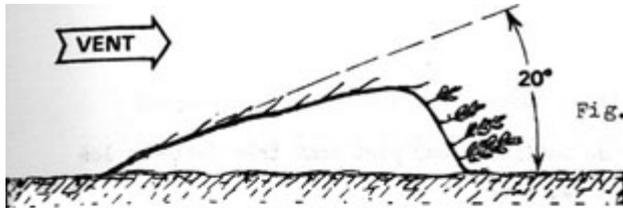


Fig. 9 a - La création de formes éoliennes

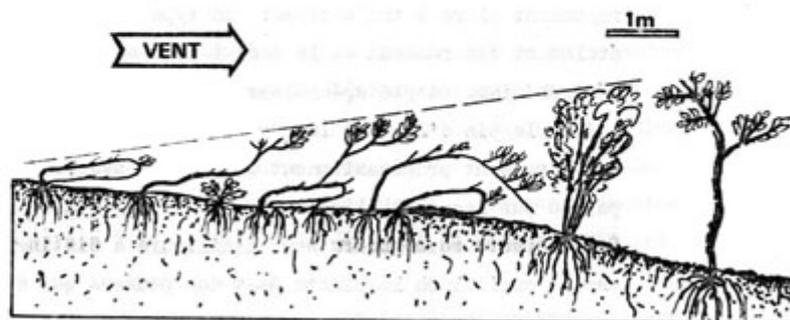


Fig. 9 b - Un groupement éolien au Cap Roux

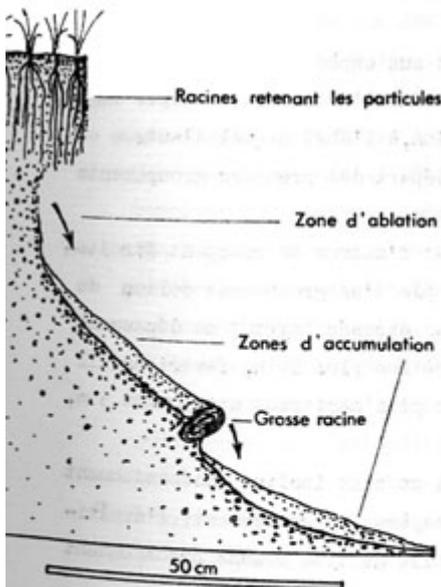


Fig. 9 c - Action du gel sur une tranchée

Fig. 9 d - Les micro-barrages en aiguilles de pins



## **2.- Les pyrophytes.**

Est dit pyrophyte-tout végétal qui, d'une manière ou d'une autre est susceptible de résister au passage de l'incendie; dans un massif comme l'Estérel, leur importance sera donc considérable, puisque l'évolution de tout le tapis végétal est placée sous l'hypothèque principale du feu. Il n'en faudrait pas pour autant conclure à l'existence éventuelle d'un climax du feu (fire-climax) des auteurs américains; il est certes bien connu que le terme le plus élevé d'approche du climax qu'on puisse atteindre sur une bonne partie des côtes méditerranéennes françaises est la pinède, à l'ombre de laquelle peuvent croître quelques chênes verts, mais que les incendies cessent et la végétation changera. Il n'en reste pas moins vrai que le feu crée, ou a créé, presque à lui seul les paysages dégradés de l'Estérel.

Les plantes pyrophytes sont nombreuses et les moyens qu'elles déploient pour survivre sont extrêmement variés; Kuhnoltz-Lordat distingue des pyrophytes à résistance indirecte et des pyrophytes sociaux. Les pyrophytes à résistance passive doivent cette dernière à leur aptitude à bourgeonner, après destruction partielle ou totale de leurs organes aériens. - Bourgeoisement aérien.

La souche calcinée émet de nouveaux rameaux qui percent sur la souche ou sur les branches maîtresses, si le feu n'a pas été trop fort; les exemples sont nombreux: l'arbousier, les bruyères sont à ce propos bien représentatifs; on peut d'ailleurs dans ce cas faire remarquer que certaines plantes, peu vigoureuses par rapport à d'autres le garou, *Daphne gnidium*, vis-à-vis d'*Erica arborea*, peuvent après incendie rejeter plus vigoureusement et étouffer par leur puissance de végétation des plantes voisines qui sont-normalement plus vigoureuses, plus touffues et plus volumineuses qu'elles.

- Bourgeoisement souterrain.

Les plantes dont les organes souterrains sont capables d'emmagasiner suffisamment de réserves nutritives, émettent par ces mêmes organes de nouvelles pousses aériennes après les feux (les géophytes, par exemple, présentent une remarquable résistance au feu, et la petite orchidée, *spiranthes automnalis*, peut fleurir un mois après le passage de l'incendie).

On groupe sous le vocable de pyrophytes à résistance indirecte des végétaux qui créent autour d'eux des conditions défavorables à la propagation de l'incendie et qui se trouvent ainsi directement protégés contre la flamme (le chêne vert, qui par son pouvoir étioyant élimine les arbustes du sous-bois, est un bon exemple de pyrophyte à résistance indirecte). A part cet exemple et celui du chêne liège, les pyrophytes à résistance passive sont rares dans l'Estérel.

Par contre, abondent les pyrophytes sociaux dont les peuplements denses prennent de l'extension après les incendies par voie de semis: ils marquent les premiers stades de recolonisation du sol incendié et se comportent ainsi comme des pionniers (les cistes et les pins maritimes sont les deux principaux exemples). Les pyrophytes sociaux agissent efficacement par leur puissance de régénération en masse plus ou moins compacte. Cette aptitude grégaire leur fait jouer un rôle de premier plan dans les paysages de substitution. Enfin, quand des feux répétés viennent à bout des arbustes il peut apparaître des peuplements plus éphémères à croissance rapide tel le chardon (*Galactites tomentosa*), cas fréquent au bord des chemins.

On remarque donc que le nombre et les modes d'adaptation des pyrophytes sont très élevés dans l'Estérel, comme partout ailleurs dans le monde méditerranéen; tout, en somme, se passe comme si la végétation méditerranéenne palliait en quelque sorte la fréquence des incendies par des moyens de défense divers et complémentaires.

## **3.- Les hivers exceptionnels.**

Un autre danger, encore que moins fréquent que l'incendie, est représenté par l'abaissement, jusqu'à des minima contraignants, des températures au cours d'hivers

exceptionnels; certes les températures de -3, -4, -5, qui ne sont pas rares dans l'Estérel, ne représentent naturellement aucun danger dans la mesure où elles ne sévissent que pendant quelques heures au lever du jour, cédant ensuite la place à des températures beaucoup plus clémentes; mais eue se produise un abaissement plus sensible et surtout plus durable du thermomètre et la végétation sera en danger: ce fut le cas en février 1956. Cette année-là, après un mois de janvier exceptionnellement ensoleillé et assez doux (qui avait déjà fait fleurir les amandiers), une vague de froid s'installa en Provence le 1er février et étendit ses effets, entrecoupés de redoux, jusqu'à la fin du mois; les chutes de neige abondantes qui se produisirent n'épargnèrent pas l'Estérel. En-effet, s'il n'y eut que deux jours de gel à Monaco, on en notait déjà 17 à Nice, 20 à Cannes, 22 au Luc, la station de Fréjus-plage connaissant pour sa part 20 jours de gel et celle d'Agay 22, cette dernière n'étant battue que par Puget-Théniers (24 jours). Les minima minimorum sont descendus à -6° à Cannes, -12° à Fréjus-plage et -14° à Agay. De plus, les températures ont été négatives pendant 4 jours à Fréjus et 2 à Agay; la neige a atteint une hauteur de 20 cm. à Nice contre 60 à Agay. Enfin, l'amplitude diurne a été forte puisqu'on a noté 15,05 à Antibes, 14,3 à Fréjus, 18° à Agay; les plantes ont eu à supporter journalièrement pendant plusieurs semaines des Bels sévères pendant la nuit et des redoux assez marqués pendant la journée. L'Estérel a donc joué un rôle de pôle du froid en ce mois de février 1956; il y a gelé plus longtemps que presque partout ailleurs, la température y a été la plus basse de la côte et le massif a connu quelques journées où le thermomètre ne s'est pas élevé au-dessus de 0°. Un hiver si sévère devait nécessairement laisser son empreinte sur une végétation peu habituée à des froids aussi rigoureux et aussi durables. Les plantes exotiques acclimatées sur la côte sont évidemment celles qui ont le plus souffert: le gel des agrumes a été général à Fréjus-Saint-Raphaël suivi de celui de nombreuses cactacées; les palmiers ont perdu leurs palmes, mais ont survécu; il en fut de même pour les eucalyptus et les mimosas (*acacia dealbata*), qui repartiront du pied. Mais les dégâts, contrairement à ce qu'on aurait pu craindre, ont été relativement minimes pour la végétation autochtone. Les chênes verts et les chênes-lièges ont subi une défoliation partielle ou totale selon les sujets de l'exposition (à noter que les peuplements des versants nord qui ont moins connu le brusque jeu des amplitudes ont mieux résisté que les autres). Ces constatations sont les mêmes que celles qui ont découlé des expériences en laboratoire de Larcher (1954) et citées par P. Birot: à -12°, 10 à 157 des feuilles du chêne vert sont tuées à -16° toutes les feuilles meurent. Cependant, pour ces deux essences, et particulièrement pour le chêne-liège, les plus gros dommages ont été réalisés par la neige qui a brisé de nombreuses branches. Le pin d'Alep a souffert du froid davantage que le pin maritime; celui-ci n'a subi aucun dégât, tandis que celui-là a eu ses aiguilles roussies, mais dans le nord du département, la moitié des peuplements de pin d'Alep a été détruite. Le pin parasol, pour sa part, n'a pratiquement pas souffert. Le caroubier a perdu des rameaux dans l'Estérel; le laurier-rose a gelé mais les nouvelles pousses se sont développées par la suite; le myrte et le lentisque ont parfois gelé jusqu'à la souche; les bruyères et l'arbousier n'ont eu leurs feuilles roussies que dans quelques rares endroits. Par contre, les cistes, les filaires, les genévriers, le thym, la lavande, le laurier-tin (différent en cela de l'estimation de Larcher qui donne pour cette dernière espèce 10% des dégâts sur le fouillage à -10°), n'ont subi aucun dommage. On le voit, les effets du froid se sont essentiellement exercés sur les espèces de l'Oleo-lentiscetum, l'association la plus thermophile: que la température se soit abaissée de quelques degrés supplémentaires et cette association aurait fort bien pu disparaître de l'Estérel.

Nous concluons avec E. Bonifay et J. Nicod en disant qu'il suffirait d'une fréquence plus grande et d'une sévérité légèrement accrue les tels hivers. Pour nous ramener au régime péri-glaciaire, caractérisé par la disparition de la végétation méditerranéenne sous les abris; la végétation méditerranéenne est donc en équilibre précaire et pour être adaptée à la sécheresse de l'été, elle n'en redoute pas moins les hivers exceptionnels qui peuvent détruire en quelques heures les végétaux les plus spécialisés pour résister à l'aridité estivale.

## 2°/ Le dynamisme de la végétation.

Nous avons étudié dans le chapitre II les associations végétales de l'Estérel dans le sens régressif de la chênaie climacique à la pelouse, mais nous avons dit aussi qu'il aurait été possible de faire ce cheminement en sens inverse, en partant de la pelouse et en remontant au climax. Un problème se pose alors: celui du temps nécessaire pour atteindre le climax. Si, dans l'étude des successions régressives, la ration de temps n'a guère d'importance, puisque deux incendies trop rapprochés peuvent amener une dégradation considérable de la végétation, dans l'étude des successions progressives, par contre, il est très intéressant de noter combien de temps après la mise à nu à un sol, la végétation climacique apparait. René Molinier a fondé son étude en Provence calcaire sur l'observation des restanques d'où il a déduit, d'après la végétation qui poussait sur ces "bancaous" abandonnés depuis dix, vingt ou cinquante ans, la vitesse d'apparition du climax: les restanques laissées à l'abandon depuis un demi siècle portaient déjà de beaux taillis de chênes verts. Malheureusement, dans l'Estérel où les restanques sont rarissimes, où le cadastre de 1820 est incomplet et peu précis et où il ne reste à peu près rien des défrichements étudiés dans la première partie, il n'en est pas de même. Il faut simplement se contenter de l'étude des champs abandonnés récemment; en effet, depuis 10-15 ans, beaucoup de petites parcelles, trop infertiles, trop exigües pour être rentables ont été abandonnées par des agriculteurs vieillissants. Comme elles sont situées à la tête de petites vallées qui pénètrent dans l'Estérel, il est facile de conclure qu'elles présentent les mêmes conditions écologiques (si l'on excepte une plus grande profondeur du sol), que les versants qui les enserrent; malheureusement, la date d'abandon de ces parcelles est trop récente pour qu'on puisse y voir autre chose que des pelouses à inule ou un début de cistaie.

Dans les cas les plus favorables, on a affaire à une friche armée (c'est-à-dire non pas peuplée d'arbrisseaux sociaux et transitoires, tels les cistes ou les genêts, mais d'espèces arbustives et arborescentes, sporadiques et durables). Les espèces de cette friche armée se ressentent d'ailleurs très fortement des espèces arborescentes des peuplements environnants ce qui n'est évidemment pas un indice d'approche du climax: quand le champ est situé 'près d'un bois de pins, les jeunes pins croissent vigoureusement entre les pieds de vigne moribonds, si au contraire c'est un bosquet de chênes lièges qui jouxte la friche, celle-ci s'ornera de quelques jeunes chênes lièges. Pour pouvoir tirer le fruit de l'étude de ces nombreuses parcelles abandonnées à peu près simultanément, il convient donc d'attendre encore quelques décades.

La même observation est à faire en ce qui concerne les surfaces mises à nu (déblais ou remblais) par la construction de l'autoroute Estérel-Côte d'Azur. Non seulement les conditions de milieu sont très défavorables, car les roches sont en général des roches résistantes, mais encore la date de réalisation de ces travaux (10-12 ans) est trop récente pour qu'on ait sur déblais ou remblais, autre chose qu'une pelouse discontinue à inule, avec parfois, çà et là, aux endroits les plus humides quelques rares arbousiers ou bruyères.

Seuls les pins, montrant ainsi leur indépendance vis-à-vis du climax, de ses stades d'approche, se sont installés: pins d'Alep sur les dolérites, pins maritimes ailleurs. Quant aux terrains mis à nu ou révélés par la rupture du barrage de Malpasset, ils ne sont, à l'amont du barrage, que recouverts de callune (dont on sait qu'elle affectionne les sols dégradés, pourvu qu'ils soient un peu humides; et comment ces sols n'auraient-ils pas subi de dégradation après plusieurs années d'immersion?).

A l'aval, le décapage a été si poussé que la roche est souvent à nue, réalisant ainsi les mêmes conditions que dans les tranchées de l'autoroute, et même là où l'onde de crue a laissé sur les versants des terrains meubles, l'érosion qui s'exerce sur eux est telle qu'aucune végétation ne peut s'y implanter. Des sables épandus dans la haute vallée par la même onde de crue sont si secs que peu de plantes peuvent s'y installer et ils ne partent, eux non plus, que des inules, des bisannuelles à racines pivotantes (Onagre) (*Oenothera missouriensis*) ou des labiées

xérophiles (thym, lavande) dominées par quelques pins. On le voit, on ne peut pas tirer grand-chose de ces minces indications, mais notre chance a été de pouvoir visiter la propriété de C. de M. qui réunit sur des grès permians 5 hectares d'un seul tenant à lien seulement de Fréjus. Cette propriété a été achetée en 1880 aux Évêques de Fréjus qui l'avaient affermée à des bergers; autour d'une grande bâtisse, un vaste parc a été aménagé par les propriétaires: il y avait donc de grandes chances pour que cette propriété, en 1880, soit dans un état de dégradation poussé à cause des méfaits des troupeaux et que de plus, les travaux d'aménagement du parc où il a été planté beaucoup d'espèces exotiques, où l'on a créé des chemins, des massifs, des pièces d'eau, aient encore accentué les dégâts. Cette propriété --close actuellement-- comporte un versant exposé au sud que l'on voit lorsqu'on prend la bretelle de l'autoroute: cette partie a brûlé on 1930; d'un seul coup d'œil, on se rend compte du piètre état de la végétation : cistaie surmontée de pins parasols; on pst donc après quarante ans, bien loin du climax. Le versant nord au contraire, n a jamais brûlé depuis l'achat de la propriété et c'est là que nous avons eu une belle surprise: à 20 mètres en-dessous de la crête, qui porte la "villa Aurélienne", une magnifique chênaie de chênes verts prospère sur un sol brun très caractérisé; non seulement les crènes verts atteignent 7 - 8 mètres, non seulement les arbousiers et les bruyères (enfin réellement arborescentes) Qui croissent alentour ont des troncs gros comme des cuisses d'homme, mais le nombre des espèces de l'association est infiniment plus élevé que dans les relevés effectués par les élèves du Professeur Monnier : c'est peut-être le plus bel îlot de climax de l'Estérel. Sa vitalité est telle que les pins parasols, qui avaient du se développer lorsque la végétation était beaucoup moins dense, sont étouffés et meurent les uns après les autres. Cet exemple ne doit pas se répéter beaucoup dans l'Estérel: nous devons pourtant en tirer des conclusions générales. Avec un minimum de conditions favorables (exposition au nord), sur un substratum dont nous avons vu qu'il était pourtant ingrat et ne permettait guère ailleurs que la cistaie, la végétation, sous réserve de la non-intervention de l'homme, peut se reconstituer assez rapidement: après 90 ans, le climax est donc à peu près réalisé (ce qui corrobore les observations effectuées dans la région de Montpellier et aux ailes d'Hyères où un siècle est nécessaire pour la réinstallation du climax).

Sur les flancs sud, la vitesse d'apparition du climax est évidemment beaucoup plus lente puisque nous avons vu qu'après 40 ans, on n'y trouvait encore qu'une cistaie. Quoi qu'il en soit, cet exemple montre bien --Par comparaison avec le reste de la végétation-- l'importance des destructions opérées par l'homme et l'accablante responsabilité qui lui incombe dans la dégradation de l'Estérel.

### **3°/ Le problème des pins maritimes.**

Le pin maritime est l'essence qui a été et qui est encore dominante dans l'Estérel; mais les conditions de son extension au début du siècle, puis de sa régression dans les années 60, ont considérablement modifié un paysage biogéographique qui n'avait jusqu'alors évolué que lentement. Nous l'avons dit plus haut, le pin maritime est caractérisé par une extraordinaire puissance de régénération; il n'est pas rare qu'un bouquet de quelques arbres adultes, préservé de l'incendie engendre, sur plusieurs hectares alentour, une nouvelle forêt; nous avons d'ailleurs vu l'étonnante densité des enrésinements de jeunes pins maritimes; si une telle densité ne favorise évidemment pas des conditions de croissance optimale, elle n'en démontre pas moins le grand pouvoir colonisateur de cette essence, surtout lorsqu'un incendie a fait place nette: des brosses de semis si drues ne lèvent d'ailleurs pas autrement. Quoi qu'il en soit, tant que des incendies ne se sont pas succédés à une cadence trop rapprochée, les pins maritimes n'ont guère fait montre de leur dynamisme conquérant; ils occupaient une place qui, pour être importante, n'en était pas moins stable; mais dès que les embrasements sont devenus plus fréquents en dénudant ainsi de grands espaces propices à la germination de leurs graines, ils se sont

multipliés à une allure étonnante. Deux études du pourcentage des essences dans la forêt domaniale, l'une menée en 1905, l'autre effectuée en 1958, en font preuve.

TABLEAU 9: Pourcentage des espèces arborescentes dans l'Estérel en 1905 et 1958

	1905	1958
Pins maritimes	64% des peuplements	78,6% des peupl. <sup>ts</sup>
Chênes lièges	26% " "	17,3% " "
Chênes verts	6% " "	2,9% " "
Divers	4%	4,2%

On le voit, la répétition des incendies a fait considérablement baisser le pourcentage de toutes les essences, hormis le pin maritime qui progresse de 14,6% en 50 ans: ce chiffre est énorme pour une si brève durée et il traduit bien un état de déséquilibre de la végétation, qui pouvait faire préjuger d'une catastrophe, surtout lorsque l'on sait que le pin maritime, même sous sa variété *mesogenensis*, est une espèce qui demande un sol profond, un degré d'humidité important et des précipitations fréquentes, ce qui, on en conviendra, n'est pas le cas dans l'Estérel; on avait donc affaire à une essence dont les exigences écologiques étaient peu satisfaites et qui, à la faveur de circonstances exceptionnelles (les incendies) s'était multipliée de façon considérable, sans être intégrée au climax ou à ses stades de dégradation. La moindre rupture de cet équilibre précaire pouvait déclencher un désastre que René Molinier avait prévu dans les Maures, mais dont ne semblait guère conscient l'ingénieur des Eaux et Forêts de Fréjus qui écrivait en 1958: "Nous mettrons l'accent sur la parfaite adaptation du pin maritime dans l'Es4.éro1. L'introduction de nouvelles essences ne doit pas faire oublier au forestier local qu'il dispose d'un matériel parfaitement adapté, dont il lui appartient de tirer le meilleur parti". Pourtant, des attaques parasitaires qui causaient la mort des arbres s'étaient produites dès l'année 1956 dans les Maures et avaient lentement progressé les années suivantes, mais jusqu'à l'année 1958, il est vrai n'avaient guère causé d'inquiétude aux Agents des services forestiers, qui pensaient que les pins qui mouraient avaient été affaiblis par les gels de 1956. La chose devint plus sérieuse en 1959 où une brusque flambée de la maladie détruisit plusieurs milliers d'hectares dans les Maures; au demeurant, les symptômes étaient toujours les mêmes:

- le flétrissement et le jaunissement progressifs des aiguilles, affectant en général l'ensemble du houppier causant le brunissement et la chute des rameaux;
- la sécrétion de nombreuses perles de résine sur l'écorce des rameaux et des jeunes pousses;
- la coulée de masses abondantes de résine le long des fûts;
- enfin, la mort de l'arbre sur pied.

Les recherches entreprises depuis 1957 par les spécialistes de stations de recherches forestières permirent de déceler l'action prépondérante d'insectes parasites sub-corticaux, notamment:

- *Blastophagus pinipenda* du groupe des Scolytides
- *Pissodes notatus* du groupe des charançons
- *Dioryctria spendidella* (lépidoptères).

Il n'était cependant attribué à cet ensemble d'insectes qu'un rôle secondaire, celui de "charognards" dont l'installation et la prolifération n'étaient rendues possibles que par un état de souffrance de la forêt dont la cause restait inconnue.

Cette responsabilité première fut attribuée à l'origine à un déséquilibre physiologique provoqué par les froids exceptionnels de février 1956 (mais comment rendre compte alors du

fait que de jeunes pins qui avaient germé de graines maries bien après 1956 soient aussi atteints?). Ce n'est qu'en 1965-1964, à l'époque où la maladie atteignait l'Estérel, après avoir contaminé et détruit 50.000 hectares dans les Maures, que la détection sur l'ensemble du territoire infesté d'une cochenille spécifique du pin maritime, *Matsucoccus feytaudi*, permit de reconnaître dans ce parasite l'agent essentiel du dépérissement.

Si les modalités de l'action du *matsucoccus* et le cycle de son développement sont peu intéressants sur le plan biogéographique, il reste néanmoins à préciser les raisons de l'apparition extraordinaire de ce parasite qui a étendu ses ravages à tout l'Estérel et qui en détruit tous les peuplements - cents de pins; les théories en ce domaine sont nombreuses et notamment postulent sur:

- l'introduction accidentelle de la cochenille par des bois originaires d'autres régions ou même d'outre-mer, la cochenille aurait proliféré parce qu'il n'y avait aucun prédateur ne s'opposait à son développement:

- la destruction de l'équilibre biologique et plus précisément la destruction par le froid de 1956 d'un prédateur (inconnu) de la cochenille et de la prolifération consécutive de cette dernière (hypothèse qui nous paraît à peu près certaine).

On peut admettre, en outre, la présence simultanée de plusieurs groupes de facteurs et attribuer des effets catastrophiques à la raréfaction des oiseaux et à l'emploi généralisé des insecticides agricoles, mais on ne peut, dans ce domaine, dépasser le stade de l'hypothèse. Quoi qu'il en soit, l'Estérel est le siège d'une véritable cascade de ruptures des équilibres naturels. La végétation climacique est détruite; l'équilibre climacique est rompu et à la place de la forêt de chênes verts s'installent les faciès de dégradation; à la suite des incendies répétés, le pin maritime, dont les exigences sont loin d'être réalisées, s'installe à cause de sa facilité de dissémination jusqu'à occuper une place considérable, sans rapport aucun avec celle qu'il devait avoir quand la végétation n'était pas dégradée. La disparition des oiseaux, l'emploi des insecticides, on modifiant encore les conditions de l'écosystème amènent un autre déséquilibre; la conséquence est que l'espèce la plus exposée, qui avait pourtant paru très adaptée par le fait qu'elle avait une très grande facilité de dissémination, est détruite; la localisation même des zones de mortalité du pin est particulièrement parlante: les arbres résistent moins bien et meurent plus vite sur les faces sud où les conditions écologiques sont plus éloignées de leurs exigences, que sur les faces nord où certains individus survivent.

On projette maintenant de lutter contre l'extension du *matsucoccus* en multipliant un parasite spécifique de la cochenille: on a découvert qu'une punaise exotique (*Elatophilus nigricornis*) s'attaquait -et pour l'instant exclusivement- à la cochenille, mais qui prouve qu'après avoir exterminé cette dernière, la punaise ne s'attaquera pas à d'autres insectes, utiles cette fois, dont la disparition pourrait, en amenant un autre déséquilibre, avoir des conséquences incalculables?

L'avenir forestier de l'Estérel n'est donc en 1970 aucunement assuré; il est à peu près certain cependant que le pin maritime disparaîtra presque entièrement, dans un premier temps. tout au moins, malgré les traitements antiparasitaires; ceux-ci, vu leur prix, ne seront appliqués qu'aux endroits touristiques, dont ils préserveront la beauté, alors qu'ailleurs, malgré la survie de certains pins, on ne sait trop quel nouvel équilibre va se créer; il ne fait malgré tout guère de doute que les chênes (et en particulier le chêne liège) qui ne seront plus concurrencés par le pin maritime se développeront davantage, mais il est de plus en plus certain que la cochenille, après avoir détruit la quasi totalité des pins, va à peu près disparaître; de nouveau ces derniers pourront s'étendre à partir de graines produites par les arbres survivants.

Enfin, l'homme, pour combler les vides, se prépare à introduire des espèces nouvelles (eucalyptus, pins exotiques, etc.); il est donc impossible aujourd'hui de prévoir les lendemains de l'Estérel; quel sera le comportement des espèces nouvelles? Quel sera le dynamisme des chênes? Le pin maritime retrouvera-t-il une place importante? Sur tout cela planent, de plus, les

hypothèses de l'incendie et de l'urbanisation; l'avenir de la végétation de l'Estérel n'est donc, en 1970, nullement prévisible.

#### **4°/ L'érosion actuelle.**

Dans l'état d'extrême dégradation où se trouve la végétation de l'Estérel, il est intéressant de se demander dans quelle mesure celle-ci peut encore exercer un rôle protecteur contre l'érosion, d'autant plus que le fort relief, la proximité du niveau marin, l'attaque spasmodique et brutale des précipitations, jouent en la faveur de cette dernière. La plus ou moins grande intensité de l'érosion actuelle est, donc avant tout liée à l'état de la couverture végétale: que celle-ci soit dense, que les frondaisons amortissent l'impact des Boutes d'eau, que le sol soit recouvert par un épais tapis de mousses, en un mot que les conditions du climax soient réalisées et l'érosion aura peu de prise sur des sols et des roches parfaitement protégés; or, nous avons vu que nous étions bien loin de ces conditions idéales; la couverture végétale est extrêmement dégradée: et le sol reste longtemps nu après les incendies, sans défense contre la violence des précipitations; de plus l'humus a disparu, qui jouait un rôle d'éponge; les eaux de pluie s'écoulent donc plutôt qu'elles ne s'infiltrent dans un sol qui n'existe plus guère; des crues importantes se produisent alors comme celle que nous avons étudiée dans la première partie. Mais il est intéressant de noter qu'il n'en a pas toujours été ainsi: Kuhnoltz-Lordat cite un témoignage du XIXe siècle selon lequel: "Quand l'Estérel était-encore boisé, les crues de la Garonne mettaient 3 à 4 jours pour atteindre St-Raphaël, alors qu'aujourd'hui, elles suivent immédiatement les précipitations. Mais les phénomènes d'érosion ne sont pas tous liés à l'action des eaux et beaucoup ont de tout-autres causes. Nous devons donc maintenant essayer d'esquisser un classement de ceux-ci; pour ce faire, nous distinguerons des micro formes et des formes majeures.

##### **a) Les micro-formes.**

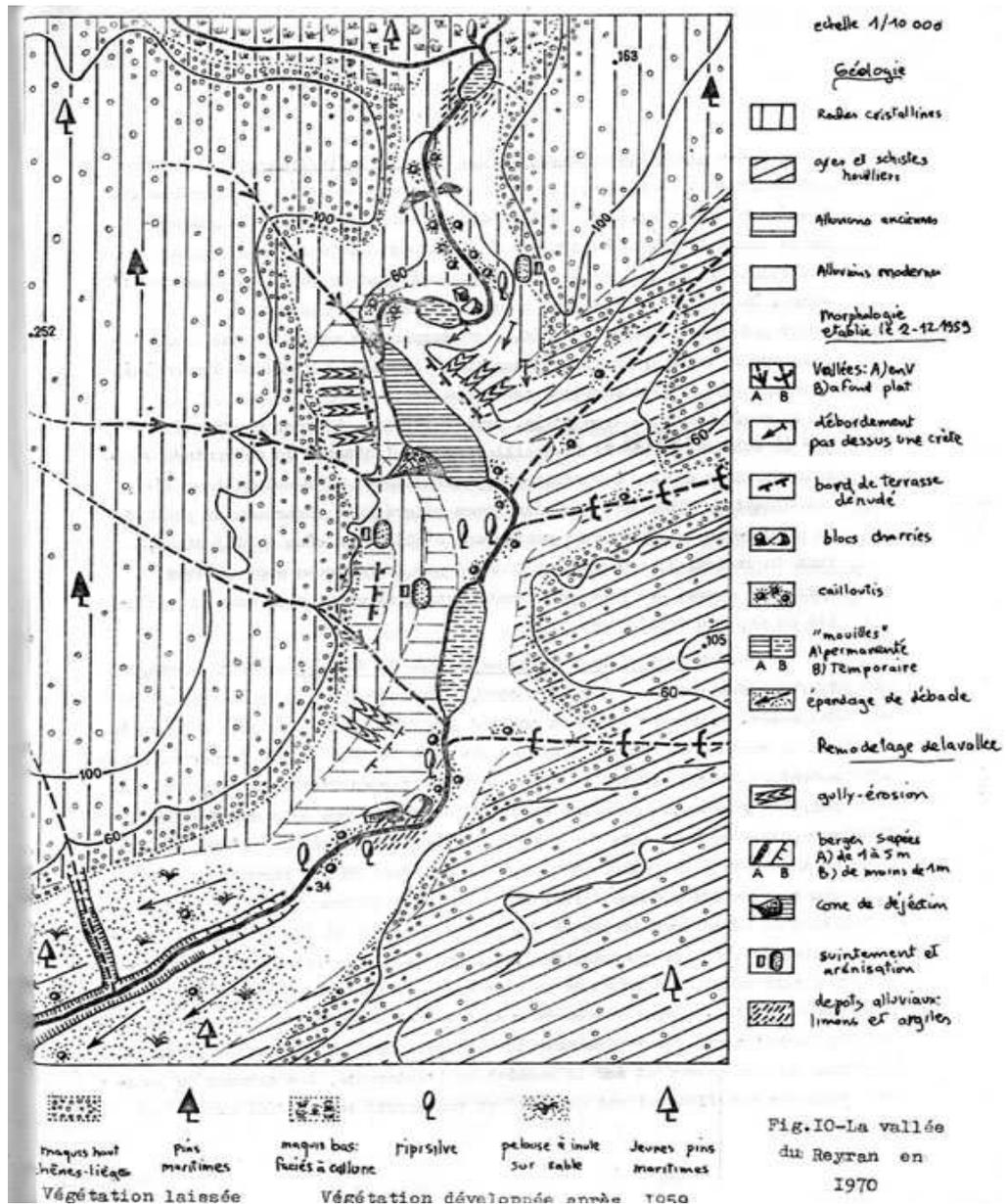
1.- Sur certaines coulées rhyolites se trouvent des vasques dont les dimensions peuvent être assez importantes: de plus de 1 m. de long sur autant de large dans les meilleurs cas; la profondeur est moindre et varie entre 10 et 15 cm, elles sont occupées par une association végétale spéciale, l' "Isoetion", qui prospère dans l'eau qui y stagne d'octobre à mai. La création de ces vasques est d'origine chimique; en effet, les eaux acides (pH 5,2) attaquent la rhyolite dont les cristaux de quartz, plus résistants, restent en relief avant d'être complètement déchaussés; les produits de l'attaque sont évacués lors des pluies qui font déborder la vasque par un chenal souvent très visible; la vasque s'agrandit donc ainsi, mais il arrive parfois que des débris végétaux viennent s'y entasser, s'y décomposent et y forment un humus très sombre qui le remplit entièrement; des plantes xérophiles s'installent et jusqu'à de jeunes pins; la vasque ainsi remplie, cesse alors d'évoluer.

2- Les phénomènes dus au gel et au dégel. Les éléments meubles (sols, dépôts de pente, alluvions) sont évidemment plus sensibles aux sollicitations du gel que les grès ou les rhyolites. Le gel s'exercera surtout si la couverture végétale est absente ou peu épaisse, n'empêchant plus ainsi le rayonnement nocturne: c'est le cas des pelouses et-des surfaces incendiées où tout l'hiver les alternances gel-dégel désagrègent un sol qui n'offrira plus à la fin la moindre compacité. Le gel détermine ainsi des pipkrates sur les lieux découverts qui peuvent persister quelques jours au fond de certains vallons; leur action morphologique est assez nette, surtout sur les-pentes, leur fonte entraîne la migration des granules qui ont été soulevés. D'autre part, le gel travaille à élargir toute surface verticale ou subverticale, taillée dans des éléments meubles (ravines, micro - ravines, tranchées, etc.); il suffit de regarder le croquis pour s'en convaincre (fig.9c); il représente le profil d'une tranchée de chemin, du dégel; la glace a gonflé

en une sorte de soufflé les éléments du sol, créant entre eux des vides; ne les retient ou ne les arrête, déterminant ainsi le recul du petit escarpement. Ces phénomènes sont fréquents et assez importants: en fin d'hiver, toute surface verticale, de quelque origine qu'elle soit, est empâtée d'une épaisse couverture de débris que les eaux courantes n'auront aucune peine à débiter. Sur les éléments résistants l'action du gel est beaucoup moins manifeste, même si les rhyolites ne sont pas des roches où la cryoclastie est impossible comme le pense Masurel; cependant, les escarpements rhyolitiques évoluent très lentement, par élargissement des diaclases sous l'effet du gel; sur les autres roches, la cryoclastie n'est guère plus active, sauf peut-être sur quelques grès en plaquettes.

**3.- Les phénomènes dus aux incendies.** L'incendie, laissant les sols à nu va être le point de départ d'une érosion rapide, mais néanmoins une certaine progression des phénomènes peut s'observer.

Si le feu a ravagé un maquis surmonté de pins, il arrive, comme nous l'avons déjà constaté, que ces derniers soient tués par l'intense chaleur dégagée par les flammes sans que leur houppier soit brûlé; les aiguilles tombent alors, qui vont créer sur le sol une mince protection; lors des premières averses en effet, celles-ci sont entraînées mais s'opposent à un ruissellement trop rapide en s'organisant à la faveur du moindre obstacle qu'elles rencontrent en minuscules barrages de 2 à 3 cm de haut qui ralentissent les courants et derrière lesquelles s'accumulent les éléments emportés par les eaux (fig.9 d), Comme ces dernières circulent sur des surfaces qui, protégées jusqu'alors par la végétation, n'ont pas connu d'écoulement notable, le ruissellement ne se concentre pas en rigoles, mais s'effectue d'abord en nappe. Ce n'est qu'après plusieurs averses que s'incisent des ravines: l'éphémère protection réalisée auparavant cesse de jouer: on passe alors à des formes d'érosion à plus grande échelle. Lorsque les ravines ont commencé à se former, rien ou presque, ne peut arrêter leur évolution; on assiste donc —là où le manteau d'éboulis est assez épais au creusement de véritables petits canyons qui s'élargiront par le sapement latéral et le gel: il arrive alors souvent que les jeunes pins qui ont, dans l'intervalle, repoussé, tombent au fond de ces incisions témoignent ainsi de la rapidité de leur extension.



**4.- L'érosion consécutive aux travaux de terrassement.** Quoique nécessairement localisée, elle se produit fréquemment le long des chemins tracés au bulldozer, tant par les Eaux et Forêts que dans les lotissements immobiliers. L'éventrement d'un versant détermine deux zones de faiblesse: l'entaille d'une cité, l'accumulation de débris meubles de l'autre. Deux conséquences sont à craindre lors des pluies: des phénomènes de solifluxion, par exemple une coulée boueuse qui s'étale sur le chemin, ou la solifluxion de la masse hétérogène du remblai, avec apparition de nombreuses crevasses et ravinements du type tills, très agressifs. L'érosion est avivée par la subverticalité de l'entaille, et par l'absence de couverture végétale des deux cités. Les rills s'approfondissent et reculent leur tête, entraînant la chute des pins maritimes malgré leur enracinement profond. En contrebas de la zone de ravinement s'édifie un cône de déjection au fond du vallon; il est souvent tronqué par le ruisseau dont il tend à barrer le cours. Ces processus sont particulièrement nets dans les éboulis du Capitou de l'Estérel.

5.- L'évolution de la basse vallée du Reyran, après le passage du flot dévastateur de décembre 1959, libéré par la rupture du barrage de Malpasset. J. Tricart (1960) a analysé les formes d'érosion dues à la débâcle de rupture du barrage, les accumulations de crue et les formes du creusement et d'accumulation de décrue. Comme formes d'érosion dues à la débâcle

de rupture, le décapage de la végétation et des sols sur les bas versants, y compris dans les vallons affluents remontés par l'onde de crue et la création de grandes mouilles dans le fond du lit furent les phénomènes essentiels. Comme formes d'accumulation de crue, on a les énormes blocs de béton transportés en aval de l'autoroute et les embâcles de matériaux divers (arbres, machines), l'engravement et l'ensablement des terres cultivées (avec en amont la disposition des matériaux en ripple-marks géants). Comme formes de creusement et d'accumulation de décrue, on notait alors les ravinements de ruissellement dus à la retombée de l'eau sur les berges et sur le remblai de l'autoroute, les chenaux de jonction des mouilles qui ont entaillé et transporté le matériel meuble et frais déposé par la crue et de petits deltas commençant à combler les mouilles.

Dix ans après, les travaux de l'homme et l'évolution naturelle ont considérablement modifié ces données; on peut donc mener une étude comparative des différentes formes d'érosion et d'accumulation (fig.10). –L'évolution des formes d'érosion dues à la rupture du barrage. Les bas versants qui avaient été décapés n'ont guère été reconquis par la végétation; la roche en place (gnoiss oeuillés) s'arénise légèrement surtout aux endroits maintenus humides par des sourcins; les terrasses sont entaillées de petites ravines parallèles (gully érosion) qui édifient à leur base un cône qui n'est pas sans rappeler (en miniature) les cônes de transition étalés par les eaux fluviales en avant des moraines; l'accumulation est ici très importante vu la puissance de l'érosion et quelques pieds de saules et de peupliers, qui ont pris racine, sont un peu plus enterrés à chaque averse; ils ne doivent leur survie qu'à l'émission de racines sur leurs branches enfouies. Sur l'ensemble, une maigre et éparse végétation (inules et peupliers et saules aux endroits humides) s'est installée sans jouer aucun rôle de protection.

Dans les petites vallées affluentes, on retrouve encore bien la marque de l'onde de crue à contre-pente, jalonnée par des troncs d'arbres et des débris de toute sorte. Le fond du lit porte toujours les grandes mouilles signalées précédemment. Certaines s'assèchent complètement pendant l'été, tandis que d'autres (dont les baisses successives de niveau sont signalées par de micro-gradins), sont permanentes. Un torrent un peu plus important tend à combler l'un de ces lacs se fait sous les pierrailles et elles (en surface du moins) par la rivière.

- L'évolution des formes d'accumulation de crue. Les blocs cyclopéens charriés par l'onde de crue sont restés en place, contrairement aux embâcles de matériels divers dont on a le plus possible débarrassé les terres agricoles; les cours d'eau descendant des crêtes voisines y ont cependant creusé d'abruptes gorges de raccordement avec le Reyran. Enfin, il ne reste plus trace des ripple-marks géants qui ont été détruits lors de la réfection de l'autoroute.

- L'évolution des formes de creusement et d'accumulation de décrue. Les ravinements de ruissellement de "retombée" de l'eau ont été retouchés par l'homme sur le remblai de l'autoroute et ne sont plus visibles; les autres formes n'ont guère évolué, sinon les petits deltas qui, eux, continuent à progresser. Ainsi, la vallée du Reyran en aval du barrage, non reconquise par la végétation offre-t-elle le spectacle d'une érosion intense; les formes d'érosion créées par l'onde de crue, qui évoluent très rapidement, s'opposent en général aux formes d'accumulation, dont le remaniement ultérieur (si l'on excepte bien sûr ceux opérés par l'homme), a peu dérangé l'ordonnance.

## **b) Le problème des glairés.**

Si nous ne sommes guère d'accord avec Y. Masurel pour affirmer que les Flairés, ces grands éboulis nus de gros blocs qui pars ment beaucoup de versants de l'Estérel, sont dus à des mouvements tectoniques, nos avis concordent pour reconnaître que les glairés sont des éboulis anciens, lessivés et tassés dont les éléments fins se révèlent à leurs parties inférieures dans les tranchées des chemins. Y. Masurel reste muet toutefois sur la façon dont ces éboulis se dépouillent de leurs éléments fins et sur la vitesse de cette évolution.

Nous avons, pour notre part, été frappés de constater que les plus beaux pins maritimes de l'Estérel se trouvaient sur les bords de ces glairés et poussaient isolés, au milieu des blocs de rhyolite; à vrai dire, que ces arbres fussent beaux ne nous étonnait guère, et l'explication était toute simple: ces arbres étaient beaux parce qu'ils étaient vieux, et s'ils étaient vieux, c'est qu'ils avaient échappé à l'incendie: en effet, croissant au milieu des pierres, ils n'avaient à leur base et alentour aucun sous-bois qui eût pu propager les flammes jusqu'à eux. Ce qui nous étonnait davantage était qu'autour d'eux absolument aucun jeune pin ne croisait: les plus proches se trouvaient à plusieurs mètres de leurs géniteurs dans le maquis dense qui commençait que le glairé passait latéralement à l'éboulis fin; il était facile de conclure que les jeunes pins ne pouvaient se développer dans les conditions actuelles offertes par le glairé; nous n'avons en effet trouvé d'éléments sableux et argileux qu'à 1,2 m. sous la surface de l'éboulis, et on comprend parfaitement qu'ainsi les graines de pins qui germeraient ne puissent survivre. Il était tout aussi facile de penser que les vieux individus de pin maritime- n'avaient pas poussé dans de telles conditions, mais avaient au contraire développé leurs premières racines dans un substratum de granulométrie fine ou tout au moins mêlée; or, de toute évidence, ce substratum n'existait plus depuis la surface jusqu'à 1,2 m. en profondeur, mais cela ne gênait nullement les vieux arbres qui avaient maintenant enfoncé leurs racines bien plus bas et donnaient l'illusion de croître entre les pierres. On pouvait donc déduire qu'entre le moment où les vieux pins avaient germé et l'heure actuelle, le glairé s'était étendu latéralement de la façon suivante: l'incendie une première fois, avait sévi sur une couverture végétale dense en épargnant toutefois (comme cela arrive presque toujours) quelques pins; les pluies avaient alors entraîné en profondeur la couverture pédologique plus mince des bords de l'éboulis, qui n'était plus protégée, ainsi que les autres éléments fins du glairé, faisant apparence de gros blocs qui avaient naturellement résisté au lessivage. Les pins survivants se trouvaient alors mis en avant du maquis et protégés par leur isolement de tout incendie ultérieur, qui répétait les processus de ce recul.

L'âge de ces pins permettait enfin de préciser la vitesse de cette évolution; la circonférence de leur tronc correspondant à celui d'arbres âgés d'une centaine d'années, on pouvait dire que la couverture des glairés avait reculé de plusieurs mètres en un siècle. On peut ainsi définir par des preuves biogéographiques, l'intensité d'un phénomène d'érosion. De cette étude de l'érosion dans l'Estérel, se dégage le rôle essentiel de protection joué par la végétation: tant que, même dégradée, elle recouvre un versant, celui-ci sera à peu près protégé; mais, dès que la couverture végétale n'existe plus, détruite par le feu, le bulldozer, ou, dans le cas de la vallée du Reyran, par une crue exceptionnelle, l'érosion se déchaîne: elle crée alors des dommages qu'il sera très difficile par la suite de réparer; c'est ainsi que l'Estérel a vu peu à peu disparaître ses sols. La végétation a subi le contre-coup de cette évolution régressive et est arrivée bien souvent aux stades pénultièmes de la dégradation; cependant les menaces vont s'aggravant; la fréquence des incendies augmente en même temps que la fréquentation touristique -puisque campings et lotissements s'installent même en pleine forêt-; l'Estérel est donc aujourd'hui plus que jamais menacé, et il suffirait de quelques décennies encore pour que l'ensemble du massif ne se présente plus que sous l'aspect de solitudes pétrées, d'où toute végétation serait absente et où l'érosion aurait libre cours.

## **CONCLUSIONS GENERALES**

Au terme de cet essai, il nous paraît nécessaire non pas tant d'établir une synthèse ou de nous lancer dans des prédictions que tant de contingences rendraient pour le moins hésitantes, que d'essayer de reconsidérer le rôle que peut tenir le tapis végétal dans l'explication morphologique d'un paysage. Nous avons traité de la "Biogéographie végétale de l'Estérel" et un de nos buts, à côté d'autres purement biogéographiques était de mener à une compréhension.

de l'évolution, morphologique récente du massif sous un éclairage un peu différent. Nous avons pour cela choisi l'Estérel à cause de raisons purement pratiques et parce que nous le connaissons bien pour l'avoir parcouru depuis notre enfance, mais il est regrettable que le temps nous ait manqué pour nous permettre d'esquisser des comparaisons avec d'autres régions de la basse Provence calcaire en particulier. Quoi qu'il en soit, il nous semble que toute étude, même géomorphologique, devrait se soucier de faire davantage entrer en ligne de compte le rôle de la végétation dans l'explication des phénomènes d'érosion; on parle souvent de la végétation, mais comme d'une simple formalité, dans les généralités qui précèdent l'étude approfondie des phénomènes, sans plus s'en soucier par la suite, négligeant ainsi les facteurs d'explication qui, sans être exclusifs, n'en demeurent pas moins importants.

L'Estérel a été défini dans son individualité écologique et ses contraintes climatiques; nous avons particulièrement insisté, grâce aux méthodes nouvelles d'évaluation de l'évapotranspiration et du bilan hydrique des sols on général, sur la tyrannie de la sécheresse; l'étude pédologique et celle des actions humaines ont achevé de nous peindre un milieu naturel particulièrement contraignant, où la végétation avait tout de même réussi à créer un équilibre climacique depuis le réchauffement post wurmien, réalisant sur l'ensemble du massif couvert d'une forêt de chênes-verts mélangée de chênes-lièges, les conditions de la biostasie (Echart) où l'érosion ne devait guère avoir de prise.

L'étude des dévastations commises par l'homme, nous a montré les modalités de la perte générale de cet équilibre et la péjoration des conditions du milieu, ce qui nous a tout naturellement conduits à examiner l'état actuel de la végétation et ses adaptations pour triompher des exigences de ce ratine milieu.

Nous avons enfin vu que malgré des possibilités évidentes de retour au climax dans un certain nombre de Cas, les déséquilibres n'ont fait que s'accroître depuis un siècle, accélérant la ruine de la végétation de l'Estérel. Pourtant nous avons établi que tant qu'une couverture végétale -quels que soient ses rapports avec le climax- recouvre totalement le sol, sans interruption d'aucune sorte, celui-ci se trouve à peu près protégé. Nous avons pu ainsi constater que la notion de dégradation du phytosociologue ne correspond pas exactement à celle du géographe; celui-ci a plutôt une vue physiologique de la chose, pour qui une forêt de pins surmontant une cistaie vaut mieux qu'un maquis bas, alors que celui-là pense moins en termes de protection des sols que d'évolution par rapport au climax ; peut-être y aurait-il lieu d'établir une synthèse de ces deux idées et de faire la part du formel et celle de la réalité.(cf. tableau 10, page suivante).

Ainsi, l'évolution morphogénétique actuelle de l'Estérel est donc placée sous le signe d'une rhexistasie triomphante et qui ne cesse, aidée en cela par la multiplication des dégradations, d'accroître ses effets. Les sombres forêts évoquées par Stendhal ou le Président des Brosses, lors de leur voyage en Italie, risquent bientôt de ne plus exister, il serait dommage qu'après avoir été le temple d'une divinité, elles ne puissent plus bientôt accueillir les hommes en quête de repos.

TABLEAU 10.- Relations entre l'intensité de l'érosion, la végétation et les causes de dégradation.

Echelle	Intensité de l'érosion	Végétation correspondante	Causes de l'érosion
0	érosion nulle	forêts climaciques, maquis haut pinèdes denses	-
1	légère érosion en nappe	maquis haut, pinèdes denses	incendies, abattages
2	érosion en nappe	maquis bas, cistaie, pinèdes denses	incendies, abattages, pâturage
3	sévère érosion en nappe	maquis bas clair, pinède claire	incendies, coupes à blanc, pâturage
4	très sévère érosion en nappe (roche mère mise à nu)	cistaie, pelouses	incendies, coupes à blanc, pâturage
5	Roche mère mise à nu	pelouses	incendies, travaux à l'aide d'outils mécaniques, catastrophe de Malpasset
6	roche mère entamée, érosion en rigoles	pelouses monospécifiques à inule, jeunes pins	travaux publics, catastrophe de Malpasset, incendie
7	roche mère entamée, rill érosion	pelouse monospécifique à inule, jeunes pins	travaux publics, catastrophe de Malpasset
8	gully érosion	pas de végétation	catastrophe de Malpasset
9	mouvements de masse, glissements, solifluxion	pas de végétation, la végétation des zones voisines est entraînée	travaux publics mal menés

## APPENDICE

### L'aménagement de l'Estérel

L'administration des Faux et Forêts, pour porter remède à tous ces maux, a donc établi sur les 5.671 hectares de la forêt domaniale un programme, non de rentabilité immédiate car les revenus y sont ridiculement bas (2,94 fr par hectare et par an pour l'exploitation des pins et 25 fr pour le liège), mais au contraire de défense des peuplements existants, de reboisement et d'exploitation touristique.

La défense des peuplements existants a été accrue ces dernières années par trois mesures:

- la création d'un réseau de pistes en bon état pour permettre l'accès des coins les plus reculés de la forêt à des équipes de lutte contre le feu; - un quadrillage de pare-feux permettant de cloisonner le massif;

- un nombre suffisant de réserves d'eau: à ce sujet, un lac collinaire a été aménagé au cours de l'été 1969 au titre de la lutte contre les incendies dans le ravin du Mal-Infernet; neuf autres sont prévus.

Il serait illusoire d'autre part, d'envisager avec certitude de succès un reboisement général dans un si vaste massif, et dans des conditions gîgues si difficiles; il est donc apparu préférable de limiter les interventions de reboisement à trois objectifs principaux, sur des surfaces relativement restreintes:

- des reboisements d'intérêt productif avec des pins exotiques (*Pinus ponderosa* et *P. insignis* qui résiste bien à l'incendie) dans le vallon du Pond du Pommier;
- l'amélioration des peuplements existants par recépage des chênes-lièges après chaque incendie et par reboisement des zones affectées par l'érosion; à cet effet, ont été

aménagées des banquettes continues qui ne sont pas sans rappeler les "restanques", sur lesquelles des pins, des chênes et des eucalyptus ont été plantés;

- des reboisements d'intérêt touristique: le long des chemins fréquentés des touristes, on s'apprête à planter des bosquets d'espèces à croissance rapide, tout en traitant les pins maritimes dépérissants (vu le prix de revient du traitement) en ces seuls endroits.

Le programme d'aménagement touristique porte sur quatre points:

- la création d'itinéraires de promenades pédestres à travers tout le massif -l'établissement d'un club hippique avec une dizaine de chevaux - la création de deux campings au cœur du massif - la possibilité de loisirs divers: pique-nique dans des aires spécialement aménagées, pêche dans les lacs collinaires empoissonnés, chasse, etc., l'idée directrice étant de faire de l'Estérel un havre de détente d'accès facile pour les populations de la Côte d'Azur.

On songe ainsi à faire œuvre positive dans une partie du massif, après tant de siècles de dégradation; encore faudra-t-il que ces travaux soient régulièrement suivis et qu'on ne revoie plus ce qui s'est passé il y a deux ans: 5 hectares de jeunes eucalyptus ont été plantés trop tard en saison; les plantes n'ont pas eu le temps de développer leurs racines avant l'été et sont mortes, faute d'arrosage. Il n'en reste pas moins que l'introduction des espèces exotiques, dont on ne connaît encore guère le comportement dans des conditions similaires, risque de modifier le paysage végétal de l'Estérel; peut-être assisterons-nous (de la part des pins essentiellement) à des naturalisations. Peut-être les mesures de protection prises par les Eaux et Forêts contre l'incendie porteront-elles leurs fruits et peut-être verra-t-on s'étendre à nouveau les forêts de chênes favorisées par la disparition du pin maritime; mais peut-être aussi l'ouverture plus grande du massif aux touristes qui y vivront on établissements permanents, en précipitera-t-elle la ruine. L'avenir de l'Estérel, pour apparaître moins sombre qu'il y a vingt ans, n'en est pas pour autant assuré.

J.M. COLONNA.

Maître en géographie  
Laboratoire Raoul Blanchard à Nice.

Toutes les figures illustrant cet article ont été exécutées par N. OTTAVI

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

A côté des grands ouvrages de géomorphologie, de climatologie, de pédologie et de biogéographie que nous avons consultés et dont nous n'avons pas à rappeler les titres ici, il en est d'autres traitant directement de la question et dont nous avons tiré le plus grand profit.

### 1°/ Géologie, morphologie, climatologie, hydrologie

- BORDET P. 1951 - L'Estérel et le massif de Tanneron (thèse).  
BORDET P. 1966 - Guide géologique de l'Estérel.  
MASUREL Y. 1964 - La Provence cristalline et ses enveloppes sédimentaires (Thèse).  
TRICART J. 1960 - Aspects morphologiques et morphodynamiques de la rupture du barrage de Malpasset. (C.G.A. Strasbourg)

### 2°/ Végétation.

- BRAUN-BLANQUET 1936 - La chânaie d'yeuse.  
FLAHAULT Ch. 1932 - La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française.  
GAUSSEN A. 1931 - Les sols et le climat méditerranéen en France (Le chêne, t.II).  
LIVET R. 1963 - La végétation d'une montagne provençale: le Mourre d'Agnis (Edit. Ophrys, Gap).  
MOLINIER R. 1953 - Le feu et l'avenir des forêts en Provence (Revue générale des Sciences pures et appliquées, t.60).  
MOLINIER R. 1969 - Cours de géobotanique (Marseille C.R.D.P.).  
NICOD J. 1952 - Les bois de Basse-Provence à la fin du XVIIIe siècle à la Révolution (Provence historique t.V).  
POIRION L. 1968 - La végétation de l'Estérel. (Revue des Naturalistes des Alpes-Maritimes, Nice, Fac. Sciences).  
RIBBE Ch.(de) 1869 - Enquête sur l'incendie de forêt dans les Maures et l'Estérel; (Revue agric. et forest. de Provence).

### 3°/ Ouvrages manuscrits.

- CHABERT de l'ISLE. Mémoire au sujet du hors de Provence. (1723, Toulon, Archives de l'Arsenal).  
BAREL P. Etude physiosociologique du Tanneron. (Mémoire Maîtrise Fac.Sc.Marseille).  
MILANO J. Etude physiosociologique de Saint-Raphaël au cap Roux. (Mémoire Maîtrise Fac.Sc.Marseille).  
PIGAGLIO J. Etude des groupements végétaux de l'Estérel. (Mémoire Maîtrise Fac.Sc.Marseille).

Documents fournis par les services des Stations météorologiques de Toulon La Mitre, Nice (Aéroport) et Marseille-Marignane; par l'Office National des Forêts, à Fréjus, et l'I.N.R.A. (Vallée du Reyran-Fréjus).

### 4°/ Cartes.

France au 1/20.000, Fréjus 2,3,4,8 et Cannes 1,5.

Carte géologique au 1/50.000, Fréjus-Cannes

Carte de la végétation de la France au 1/200.000 Antibes

Cartes physiosociologiques au 1/20.000, inédites, au Laboratoire du Professeur R. Molinier à Marseille.