

Document 2

ROLE DES FACTEURS DU MILIEU
DANS LA DIFFERENCIATION DE LA COUVERTURE VEGETALE
en milieu continental terrestre

AU SEIN DE LA REGION
PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

par

Guy AUBERT

pédologue-phytoécologue
ex-enseignant-chercheur

à la Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme
13397 MARSEILLE CEDEX 20

Document mis en forme et diffusé par l'Office National des Forêts
Agence Départementale du Var

- 2007 -

SOMMAIRE

I - INTRODUCTION. OBJECTIFS DU DOCUMENT	5
II - CARACTERES MAJEURS DE LA REGION «PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR»	7
1 - LA REGION S'ETEND SUR SIX DEPARTEMENTS	7
2 - FORTE DIVERSITE TOPOGRAPHIQUE	7
2.1 - ENSEMBLE DE TROIS GRANDES PLAINES	7
2.2 - ENSEMBLE DE HAUTES MONTAGNES	9
2.3 - ENSEMBLE DE MOYENNES MONTAGNES	9
2.4 - ENSEMBLE DE COLLINES SEPEEES PAR DES VALLEES OU DEPRESSIONS	9
2.5 - ENSEMBLE DE PLATEAUX	9
2.6 - ENSEMBLE HYDROGRAPHIQUE	9
2.7 - ENSEMBLE DE PETITES ILES	9
3 - FORTE DIVERSITE GEOLOGIQUE	10
4 - REGIME DES PRECIPITATIONS ESSENTIELLEMENT MEDITERRANEEN	10
III - ROLE DES FACTEURS EN ZONE LITTORALE SALEE	11
1 - ESPECES HALOPHILES STRICTES, HALORESISTANTES ET GLYCOPHYTES	11
2 - FACTEURS INTERVENANTS	11
3 - LA DIFFERENCIATION DE LA VEGETATION	12
3.1 - VEGETATION SUR COTE BASSE	12
3.1.1 - LOCALISATION DE LA SALINITE DANS LE SOL	12
3.1.1.1 - SOL SALE SUR TOUTE L'EPAISSEUR	12
3.1.1.2 - SOL NON SALE EN SURFACE	13
3.1.2 - ROLE DE LA TOPOGRAPHIE DANS LA LOCALISATION DES TYPES DE SOLS	13
3.1.2.1 - SUR COTE BASSE EN PRESENCE DE DUNES (fig. N° 2)	13
3.1.2.2- SUR COTE BASSE EN L'ABSENCE DE DUNES	15
3.2 - VEGETATION SUR COTE ROCHEUSE	15
IV - ROLE DES FACTEURS EN ZONE NON SALEE	18
1 - DIFFERENCIATION DANS L'ESPACE	19
1.1 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DE LA TEMPERATURE	19
1.1.1 - EXISTENCE D'UN GRADIENT THERMIQUE ALTITUDINAL	19
1.1.2 - AMPLITUDE ALTITUDINALE DES ESPECES	22
1.1.3 - ESPECES THERMOPHILES EN PERIODE HIVERNALE	22
1.1.4 - CONCEPT D'ETAGE ALTITUDINAL DE VEGETATION	24
1.1.5 - ETAGES ALTITUDINAUX PRESENTS EN REGION P.A.C.A.	26
1.1.5.1 - DESIGNATION	26
1.1.5.2 - REMARQUES	28
1.2 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DU FACTEUR «EAU»	32
1.2.1 - FACTEURS INFLUANT SUR L'EAU DANS LE SOL	33
1.2.1.1 - CARACTERES TOPOGRAPHIQUES	33
1.2.1.2 - CARACTERES CLIMATIQUES	33
1.2.1.3 - CARACTERES GEOLOGIQUES	34
1.2.1.4 - CARACTERES GEOMORPHOLOGIQUES	34
1.2.1.5 - CARACTERES EDAPHIQUES	34

1.2.1.6 - CARACTERES BIOTIQUES	35
1.2.2 - ASPECTS QUANTITATIFS ET QUALITATIFS	35
1.2.3 - GRANDS TYPES DE STATIONS DEFINIES SUR LE PLAN HYDRIQUE	37
1.2.3.1 - STATIONS SANS ANAEROBIOSE OU A RESSUYAGE NORMAL	38
1.2.3.2 - STATIONS A ANAEROBIOSE TEMPORAIRE	39
1.2.5 - AMPLITUDE HYDRIQUE DES ESPECES	40
1.3 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DU FACTEUR «NUTRITION MINERALE»	41
1.3.1- GRANDS TYPES DE SUBSTRATS	42
1.3.1.1 - SUBSTRATS CALCAIRES	42
1.3.1.1.1.- PROPRIETES CHIMIQUES LIEES A LA SOLUBILISATION DU CALCAIRE	42
1.3.1.1.2 - GRANDS TYPES DE ROCHES CALCAIRES	43
1.3.1.2- SUBSTRATS DOLOMITIQUES	43
1.3.1.3 - SUBSTRATS SILICEUX ET / OU SILICATES	44
1.3.2- CAS PARTICULIERS	45
1.4 - REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU ROLE DES FACTEURS THERMIQUES, HYDRIQUES ET NUTRITIONNELS	47
2- DIFFERENCIATION DANS LE TEMPS	51
2.1- PHENOMENES ENGENDRES PAR LES FACTEURS BIOTIQUES ET LES CATACLYSMES NATURELS	52
2.1.1- SUCCESSIONS VEGETALES	52
2.1.2 - PHENOMENES PEDOGENETIQUES	54
2.1.2.1 - EFFET DE L'ENRICHISSEMENT EN MATIERE ORGANIQUE INERTE	54
2.1.2.2- EFFET DE L'ALTERATION PHYSIQUE ET RAPIDE DU SUBSTRAT	56
2.1.2.3- EFFET DES PROCESSUS PEDOGENETIQUES RELATIVEMENT LENTS	56
2.1.3 - MODIFICATIONS MICROCLIMATIQUES ET PEDOCLIMATIQUES	56
2.2 - REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU ROLE DES FACTEURS BIOTIQUES ET DES CATACLYSMES NATURELS	58
V - CONCLUSION	61
Référence bibliographiques	65

- ILLUSTRATION -

FIGURE N°1 –	Carte au 2 000 000°de la région "P rovence-Alpes-Côte d'Azur"	8
FIGURE N°2 –	Différenciation de la végétation sur un complexe de dunes.....	14
FIGURE N°3 –	Différenciation de la végétation sur côte basse à très faible dénivelée.	16
FIGURE N°4 –	Relation entre la température moyenn e annuelle et l'altitude en région "Provence-Alpes-Côte d'Azur".	20
FIGURE N°5 –	Diagramme des bioclimats méditerrané ens définis à partir du coefficient pluviothermique d'Emberger (Q 2) et de la moyenne des minimums du mois le plus froid (m).	25
FIGURE N°6 –	Nomenclature et zones de transition des étages altitudinaux de végétation en région P.A.C.A.	27
PLANCHE N°1 –	Organisation en étages altitudinaux de la couverture végétale en région "Provence-Alpes-Côte d'Azur".....	49
PLANCHE N°2 –	Organisation de la couverture végét ale dans un étage altitudinal en fonction des facteurs "eau" et "nutrition minérale"	50.
PLANCHE N°3 –	Planche 2 détaillée.	51
PLANCHE N°4 –	Rôle du facteur temps dans une stat ion.	61
PLANCHE N°5 –	Vue synthétique sur l'organisation d e la couverture végétale.	63

I - INTRODUCTION. OBJECTIFS DU DOCUMENT

Ce document a pour préoccupation majeure d'apporter à un large public (étudiants, enseignants de tout niveau, personnes chargées d'aménager ou de gérer les espaces à végétation spontanée à divers titres: productions ligneuses ou sylvicoles de nature diverse; restauration de terrains en montagne ou à basse altitude; pastoralisme; chasse; tourisme et aspects paysagers; directives européennes pour la conservation d'habitats, d'espèces végétales ou animales, etc...) une vision synthétique sur la différenciation de la couverture végétale sous l'influence des facteurs du milieu.

Cet article ne s'adresse pas à des spécialistes de la végétation, mais à des personnes qui souhaitent améliorer leurs connaissances. Celles-ci ne disposant en général que peu de temps pour différentes raisons (étudiants devant faire face à l'assimilation de nombreuses disciplines ou matières, suite à l'accroissement rapide des connaissances dans différents domaines; personnes en activité, etc...), recherchent des documents condensés. Pour conserver au présent article un caractère succinct, les citations bibliographiques et les historiques seront en grande partie délibérément exclus. Certaines personnes se contenteront des faits exposés ici, d'autres éprouveront le besoin d'en savoir plus et se reporteront alors à des publications ou encore à des ouvrages plus ou moins spécialisés et souvent volumineux. Une liste non exhaustive figure à la fin de ce document; elle peut être le point de départ d'une recherche bibliographique élargie.

Quant aux personnes plus ou moins spécialisées dans la connaissance de la végétation, elles découvriront des points de convergence ou de divergence par rapport à ce qui a été dit ou écrit au cours des dernières décennies.

Le présent document sera consacré à la végétation dite «spontanée». Sous l'appellation de «couverture végétale spontanée» sera désigné l'ensemble des végétaux dits «supérieurs», abandonnés à eux-mêmes, non soumis à des actions humaines continues directes ou indirectes. L'expression «couverture végétale naturelle» a été exclue car le qualificatif de «naturelle» peut conduire à un malentendu auprès de certaines personnes. En effet, dans la région «Provence-Alpes-Côte d'Azur», la presque totalité de la couverture végétale a été façonnée directement ou indirectement par l'homme depuis qu'il est devenu agriculteur et éleveur. Les fortes interventions survenues lors des derniers siècles, ont laissé des empreintes plus ou moins marquées au niveau du tapis végétal contemporain.

La couverture végétale spontanée est à opposer à celle résultant de pratiques culturelles. La limite entre les deux n'est pas très nette. Par exemple, des pelouses de haute montagne pâturées chaque année ou encore des prairies fauchées et pâturées régulièrement font-elles vraiment partie de la couverture végétale spontanée ? Dans les cartes de végétation elles y figurent sous forme de groupements végétaux; elles sont distinctes des surfaces subissant des façons culturelles intenses (céréales, vignes, vergers, etc...).

Enfin la couverture végétale spontanée ne sera considérée d'une part qu'en milieu continental terrestre, et d'autre part qu'au travers des espèces dites «supérieures», c'est-à-dire cryptogames vasculaires et phanérogames. Les cryptogames non vasculaires, notamment les champignons, les algues, les lichens et les mousses, inféodés surtout aux propriétés de la surface du substrat minéral et/ou organique, et au microclimat qui affecte ce dernier, seront délibérément exclus.

Le présent document comportera trois parties d'importance inégale .

- La **première** rappellera succinctement les caractères majeurs de la région «Provence-Alpes-Côte d'Azur».
- La **deuxième** donnera un aperçu sur la différenciation de la végétation en terrains salés.
- La **troisième**, de loin la plus importante, portera sur la différenciation de la couverture végétale en milieu continental, terrestre et non salé. En dehors des surfaces salées (littoral rocheux ou côte basse), c'est cette végétation qui est omniprésente dans notre environnement.

II - CARACTERES MAJEURS DE LA REGION «PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR»

Pour ceux qui n'ont pas l'occasion de porter un regard sur la totalité de la région «Provence-Alpes-Côte d'Azur», un rappel au moins succinct des caractères majeurs jouant un rôle de premier ordre dans la différenciation de la couverture végétale, s'impose.

1 - LA REGION S'ETEND SUR SIX DEPARTEMENTS

La région administrative «Provence-Alpes-Côte d'Azur» encore désignée par le sigle P.A.C.A., regroupe six départements se répartissant comme suit :

- deux situés en bordure du Rhône: *Vaucluse et Bouches-du-Rhône*
- trois dans les Alpes méridionales: *Hautes-Alpes, Alpes de Haute-Provence* autrefois désignées Basses-Alpes, et *Alpes-Maritimes*
- un compris entre les Bouches-du-Rhône et les Alpes-Maritimes, le *Var*.

2 - FORTE DIVERSITE TOPOGRAPHIQUE

La couverture végétale spontanée, continentale et terrestre, s'étend sur des territoires dont l'altitude est comprise entre 0 m (niveau de la mer) et 4 102 m (Barre des Ecrins).

Sur le plan topographique, la région P.A.C.A. se singularise par la juxtaposition d'une multitude d'unités territoriales dont les principales seront exposées ci-après, et regroupées sous forme de 7 ensembles (voir fig. N° 1 ou se reporter sur la carte routière de la région «Provence-Alpes-Côte d'Azur» au 1/250 000, établie par l'I.G.N.).

2.1- ENSEMBLE DE TROIS GRANDES PLAINES

La Camargue située au niveau du delta du Rhône, est constituée d'alluvions récentes, majoritairement fines, encore plus ou moins salées. Elle a été édifiée récemment par le Rhône, à partir de la fin de la transgression marine dite «flandrienne» (-6 500 B.P.).

La Crau correspondant à un ancien delta, est composée de galets apportés par La Durance (dépôt étalé entre la fin du Miocène et la première partie du Würm, c'est-à-dire la dernière glaciation). Elle est affectée d'un encroûtement calcaire (poudingue d'origine géologique et pédologique).

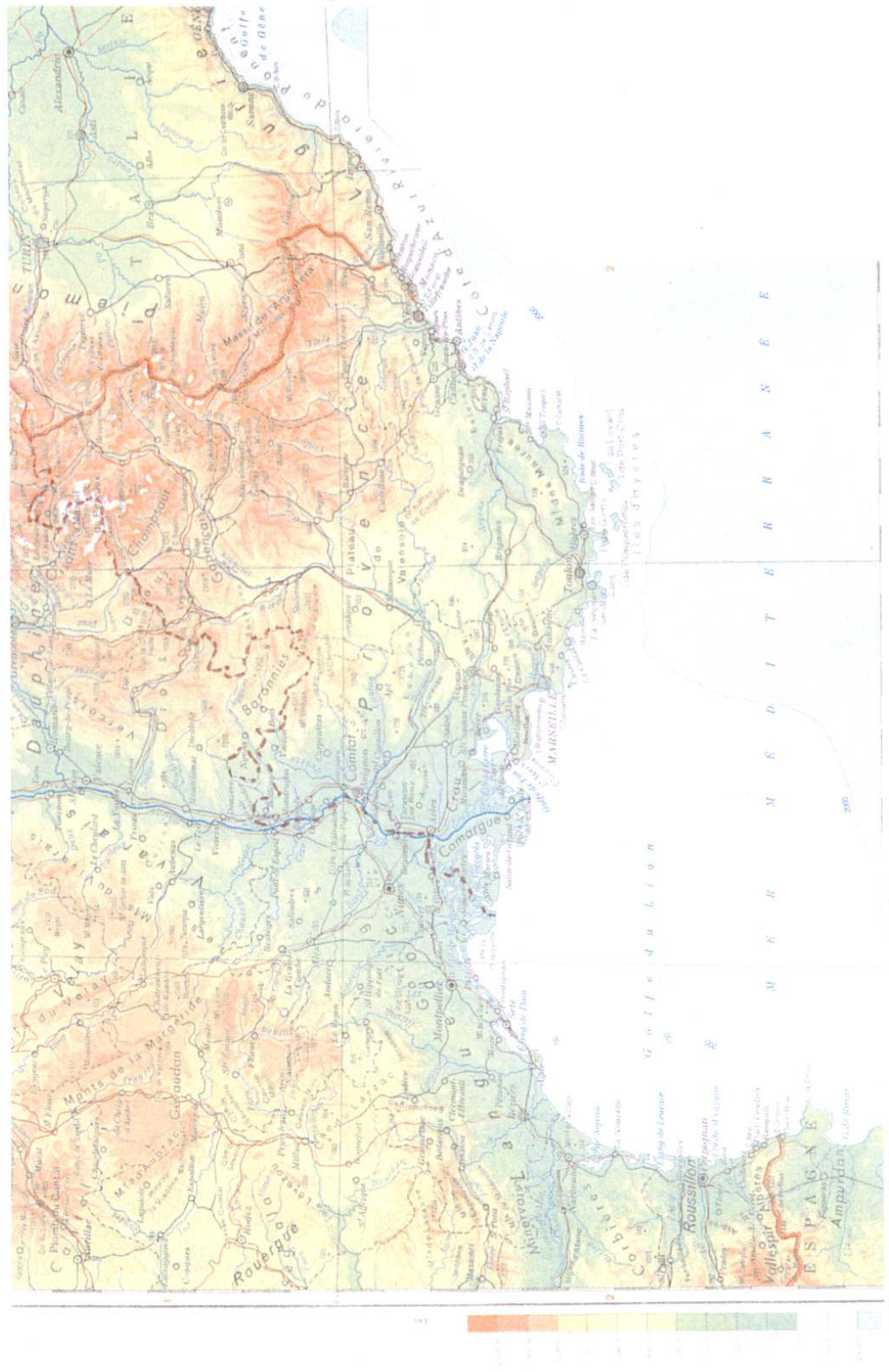
Dans la partie septentrionale des Bouches-du-Rhône et dans la moitié ouest du Vaucluse, s'étend une grande plaine englobant la basse vallée de La Durance, le Comtat et les terres alluviales de la bordure du Rhône. Dans cette plaine émergent sous forme de bombements allongés:

- La Montagnette au sud-ouest d'Avignon,
- la Petite Crau entre Saint-Rémy-de-Provence et Noves,
- les collines de Châteauneuf-de-Gadagne,
- les collines de Châteauneuf-du-Pape.

Les affleurements géologiques y sont de nature calcaire (Crétacé inférieur, Miocène) et fluviatiles (dépôts anciens et récents du Quaternaire).

FIGURE n° 1

REGION PROVENCE ALPES COTE-D'AZUR



Echelle : 1/2 000 000

Limite



2.2 - ENSEMBLE DE HAUTES MONTAGNES

Il s'étale du Pelvoux à la partie interne des Alpes-Maritimes.

2.3 - ENSEMBLE DE MOYENNES MONTAGNES

Sur la bordure ouest du précédent ensemble, viennent s'accoler des massifs moins élevés, dont l'altitude maximale avoisine les 2 000 mètres. Ils se disposent sous forme d'un arc allant du Dévoluy à La Roya (Alpes-Maritimes) en passant par les Préalpes de Digne, Castellane et Grasse. A l'ouest de Sisteron, cet ensemble présente une digitation de direction ouest-est par l'intermédiaire de la Montagne de Lure et du Mont Ventoux (points culminants un peu inférieurs à 2000 m.).

2.4 - ENSEMBLE DE COLLINES SEPARÉES PAR DES VALLÉES OU DÉPRESSIONS

Celui-ci se positionne entre les grandes plaines et l'ensemble des moyennes montagnes. Les collines ont souvent une forme allongée dans la direction Ouest-Est, et portent de ce fait des versants au climat bien contrasté (ubac et adret). Entre les collines se localisent soit des vallées, soit des bassins ou dépressions propices à l'apparition de climats locaux du type continental (fortes amplitudes thermiques).

2.5 - ENSEMBLE DE PLATEAUX

Trois grands plateaux méritent de retenir l'attention: deux de nature karstique (Canjuers et Albion) et un de nature fluviatile (Valensole) d'âge mio-pliocène.

2.6 - ENSEMBLE HYDROGRAPHIQUE

Il est composé de cours d'eau petits ou grands, au débit assez régulier ou très variable, positionnés dans des vallées évasées ou encaissées. On citera notamment :

- la Durance et ses affluents qui drainent une très grande surface au nord de la région considérée ; la vallée proprement dite de la Durance peut être subdivisée en :
 - Basse-Durance (en aval de la cluse de Mirabeau),
 - Moyenne-Durance (entre Mirabeau et la cluse de Sisteron),
 - Haute-Durance (en amont de Sisteron),
- la Roya, le Parpaillon, le Var et ses affluents, le Loup et la Siagne qui collectent les eaux de ruissellement et de sources au sein des Alpes-Maritimes,
- l'Argens et l'Arc positionnés en Basse Provence,
- le Gapeau et l'Huveaune jouant un rôle non négligeable en Basse-Provence littorale,
- et bien entendu le Rhône longeant la région P.A.C.A. au nord d'Arles, et édifiant au sud de cette localité, un vaste delta occupé par la Camargue.

2.7 - ENSEMBLE DE PETITES ÎLES

Quelques petites îles toutes proches du continent, existent entre Marseille et Nice. Leur position les expose à des degrés divers à l'effet tampon thermique de la mer et à la manifestation de précipitations très variables.

Le fait que la région P.A.C.A. soit bordée par la mer Méditerranée, implique l'existence d'une végétation soumise ou non aux sels marins. D'où la nécessité de distinguer en premier lieu deux grands ensembles déterminés par le facteur «salinité».

3 - FORTE DIVERSITE GEOLOGIQUE

La diversité topographique de la région P.A.C.A. s'accompagne d'une très grande diversité géologique (nature des affleurements et organisation structurale des différentes masses de roches). Cette dernière ne sera pas exposée ici, car elle nécessiterait de très nombreuses pages. L'examen des cartes géologiques (feuilles de Marseille et Nice au 1/250 000) permet de se faire une idée de cette diversité.

4 - REGIME DES PRECIPITATIONS ESSENTIELLEMENT MEDITERRANEEN

Par sa position géographique et les traits majeurs de sa topographie, la région P.A.C.A. se trouve exposée au climat méditerranéen défini par un régime des précipitations caractérisé par un minimum estival (juin, juillet, août). Seuls les territoires situés au nord du col Bayard (haute vallée du Drac, Champsaur) et à l'ouest du col du Lautaret (haute vallée de la Romanche) sont sous l'influence d'un climat non-méditerranéen. Toutefois, l'analyse des variations intermensuelles et interannuelles des précipitations révèle que certaines années, le climat tempéré continental peut «déborder» sur le nord de la région considérée, plus particulièrement sur les massifs s'étendant du Mont Ventoux au Briançonnais, ou encore se manifester sur les massifs orientaux (étés orageux sur les Alpes-Maritimes). De même, le phénomène inverse peut se produire au nord du col Bayard (étés exceptionnellement secs).

Les faits exposés dans le présent document se rapporteront essentiellement à la partie de la région soumise très fréquemment à un minimum de précipitations localisé en été (juin, juillet, août).

III - ROLE DES FACTEURS EN ZONE LITTORALE SALEE

Sur le littoral, du delta du Rhône à la frontière franco-italienne, la présence de sels marins dans le sol, mais souvent aussi sur les appareils végétatifs et reproducteurs aériens, crée d'emblée des conditions de vie particulières pour les végétaux. En fonction de leur comportement vis-à-vis du sel, trois grands groupes d'espèces peuvent être envisagés.

1 - ESPECES HALOPHILES STRICTES, HALORESISTANTES ET GLYCOPHYTES

Les espèces *halophiles strictes ou obligatoires* ne peuvent vivre qu'en milieu salé pour diverses raisons (besoins en sels durant une partie du cycle de développement ou durant toute la vie). Toutefois, la salinité ne doit pas dépasser certains seuils, d'ailleurs variables d'une espèce à une autre.

Exemples d'espèces halophiles ou halophytes stricts:

- sur côte basse

Arthrocnemum macrostachyum Moris

Salicornia fruticosa L.

- sur côte rocheuse

Plantago subulata L.

Crithmum maritimum L.

Les espèces *halorésistantes* poussent habituellement en terrain non salé, mais peuvent s'accommoder d'une teneur plus ou moins importante en sels marins dans le sol, ainsi que des dépôts non excessifs de sels sur les parties aériennes. Elles peuvent proliférer en milieu salé si la compétition interspécifique les favorise.

Exemples d'espèces halorésistantes :

Tamaris gallica L.

Phragmites australis (Cav.) Trin.

Atriplex halimus L.

Ulmus campestris L. = *Ulmus minor* Mill.

Les *glycophytes* sont des végétaux qui ne supportent que de très faibles concentrations en sels.

La distribution des halophiles strictes et des halorésistantes dépend de nombreux facteurs.

2 - FACTEURS INTERVENANTS

La couverture végétale des terrains salés se différencie en fonction:

- de la distribution spatiale du substrat prospectable par les racines:

* substrat continu sur côtes basses (exemples: Camargue, entre Giens et Hyères),

* substrat discontinu sur côte rocheuse (ancrage des végétaux dans des fissures ou poches remplies de terre fine),

- de la teneur du substrat en sels marins (salinité) qui varie dans :

* l'espace (verticalement et horizontalement),

* le temps (dilution en période de pluie, concentration en période d'évaporation, apport d'eau douce lors d'irrigation),

- de la proportion d'ions Na⁺ par rapport aux autres cations majeurs (Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺), présents dans la solution du sol et par voie de conséquence sur le complexe absorbant ;

- de la granulométrie du substrat, d'où la présence de :
psammophytes sur dunes,
limonophytes et d'argilophytes dans les dépressions,
- de la disponibilité en eau absorbable (milieux fréquemment très secs sur dunes assez élevées ou sur rochers mal fissurés, milieux humides en bordure des canaux de drainage et dans les zones proches du niveau de la mer) ;
- du potentiel d'oxydo-réduction (pouvoir oxydant ou réducteur) de l'eau contenue dans les interstices du sol (les racines ne pouvant vivre en milieu réducteur que si les tissus assurent l'acheminement de l'oxygène) ;
- de la fréquence et de la violence des vents venus de la mer ou du nord (mistral en Camargue), en plus du risque d'apport de sels s'ajoutent les effets mécaniques (cassures, déchirures, nécroses) ;
- de la pression exercée par les animaux et l'homme (piétinement, prélèvement de biomasse végétale, dépôt de déchets issus de la digestion et du métabolisme, déblais, etc...).

Des phénomènes exceptionnels se produisant une à quelques fois par siècle, tels que raz de marée sur côte basse, rochers fortement battus par les vagues lors de tempêtes, peuvent temporairement perturber la végétation des milieux salés et des milieux non-salés qui les jouxtent (exemple: dégénérescence du pin parasol en Petite Camargue au début de la décennie 80, suite à l'addition de circonstances aggravantes, Guy AUBERT, 1986 et 1987).

3 - LA DIFFERENCIATION DE LA VEGETATION

L'ensemble des milieux salés peut être subdivisé en deux sous-ensembles: côte basse et côte rocheuse.

3.1 - VEGETATION SUR COTE BASSE

Elle est liée à la localisation de la salinité, elle-même dépendante de la topographie, de l'éloignement de la mer et de l'isolement de masses d'alluvions salées par les dépôts récents engendrés par les courants marins.

3.1.1 - LOCALISATION DE LA SALINITE DANS LE SOL

Deux cas sont à envisager: sol salé sur toute son épaisseur et sol salé seulement en profondeur. La distribution spatiale de ces sols dépend certes de l'éloignement de la mer, mais aussi du rôle exercé par la topographie (mésotopographie et microtopographie).

3.1.1.1 - SOL SALE SUR TOUTE L'ÉPAISSEUR

Ce cas est présent à proximité de la mer où les apports de sels peuvent se faire sous l'effet des embruns ou encore à l'intérieur des terres à l'abri de ces derniers, lorsque la surface du sol est proche du niveau de la mer (remontée par capillarité d'eau et de sels dissous sous l'effet de l'évaporation).

Lors des précipitations, le ou les horizons supérieurs peuvent subir un rinçage provoquant un abaissement de la salinité.

3.1.1.2 - SOL NON SALE EN SURFACE

Entre les territoires aux sols plus ou moins salés jusqu'en surface et ceux dont les sols ne sont pas salés, existe une zone de transition où des horizons supérieurs non ou très peu salés reposent sur des couches de matériaux salés à des degrés divers. Dans cette zone, la couverture végétale est composée d'espèces non halophytiques, encore appelées «glycophytes» dont le système racinaire ne peut croître en profondeur (exemple: bois de pins parasols en Petite Camargue). Seules les espèces qui s'accommodent d'un enracinement superficiel traçant peuvent y pousser, mais leur vitalité sera influencée par le volume de terre fine, prospectable par les racines, et par la disponibilité en eau douce qui constitue souvent une nappe placée au-dessus de celle de nature salée. La différence de densité et la très faible circulation dans les cavités du sol, sont à l'origine de l'absence de mélange notable entre les deux nappes.

3.1.2 - ROLE DE LA TOPOGRAPHIE DANS LA LOCALISATION DES TYPES DE SOLS

Lorsque l'altitude est proche du niveau de la mer, de faibles dénivelés peuvent être à l'origine de la différenciation de la couverture végétale. Deux cas sont à envisager selon qu'il y a ou non présence de dunes.

3.1.2.1 - SUR COTE BASSE EN PRESENCE DE DUNES (fig. N° 2)

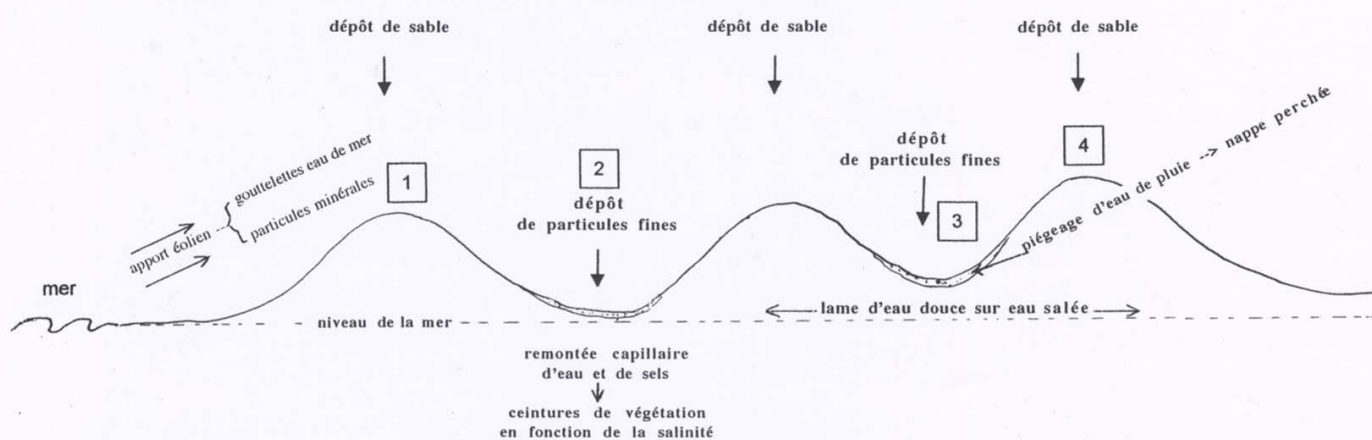
La présence de dunes construites sous l'effet du vent, induit une mésotopographie (dénivelé de plusieurs mètres au moins) plus ou moins instable exerçant un rôle important dans la distribution spatiale des espèces.

En présence d'un complexe de dunes assez étendu, les espaces entre les dômes peuvent constituer des zones relativement abritées des vents et par voie de conséquence des sites propices à une sédimentation fine (limons notamment). Cette dernière peut assurer un colmatage des macropores entre les grains de sable et être à l'origine d'une meilleure rétention en eau et parfois même de nappes perchées temporaires si la configuration du terrain s'y prête. Celles-ci peuvent être révélées par la présence de scirpes et de joncs.

Lorsque les dunes ne sont plus remaniées par le vent pour diverses raisons, la végétation peut les recouvrir entièrement. A l'échelle des siècles, l'infiltration des eaux de pluie engendre une désalinisation si les apports par les embruns se trouvent fortement réduits, mais aussi une décalcarification (dissolution du CaCO_3). En bordure de mer, les sables très souvent de nature siliceuse se trouvent mêlés à des fragments de coquillages. A proximité de l'embouchure d'un fleuve (grand ou simplement côtier), peuvent figurer des alluvions de nature calcaire si le bassin versant présente de grandes surfaces où l'érosion parvient à fragmenter les roches contenant essentiellement du carbonate de calcium.

DIFFERENCIATION DE LA VEGETATION SUR UN COMPLEXE DE DUNES

FIGURE n° 2



1 - Dune littorale recevant des apports de sels marins sous forme d'embruns.

2 - Dépression proche du niveau moyen de la mer, présentant une organisation de la végétation en ceintures (plus salées au centre, moins salées à la périphérie).

3 - Dépression surélevée, située entre des dunes, suffisamment éloignée de la mer et affectée d'une sédimentation éolienne fine (surtout limons). Possibilité d'une mise en place d'une nappe perchée d'eau douce ou à peine salée.

4 - Dunes éloignées de la mer dont le sol n'est pas salé ou très peu salé

3.1.2.2- SUR COTE BASSE EN L'ABSENCE DE DUNES

En l'absence de dunes, ce qui est le cas sur d'immenses surfaces à l'intérieur de la Camargue, ce sont la microtopographie (dénivelé de quelques décimètres), la granulométrie et le régime hydrique (eau douce, eau saumâtre, eau salée) qui interviennent dans la différenciation de la couverture végétale.

En règle générale, il existe une nappe d'eau plus ou moins salée. En période de sécheresse climatique prolongée, l'ascension capillaire dépendante de la granulométrie et de la structure du sol, assure une remontée d'eau et de sels dissous. Ces derniers ont tendance à s'accumuler dans la frange dite capillaire. Si cette dernière atteint la surface du sol, en raison notamment d'un faible dénivelé, l'accumulation est visible sous forme d'efflorescences.

Enfin, selon l'état du potentiel d'oxydo-réduction affectant la nappe, des phénomènes d'oxydation ou de réduction peuvent se manifester. Lorsque la réduction l'emporte nettement sur l'oxydation, des sols à gley (réductisols) se différencient, et l'enracinement ne peut avoir lieu que dans l'horizon supérieur où des échanges gazeux peuvent se dérouler avec l'atmosphère.

Pour plus de détails, le lecteur est invité à consulter la notice explicative de la carte phytosociologique de la Camargue au 50 000° établie par J.P. DEVAUX, et publiée dans la revue de Biologie et d'Ecologie méditerranéennes T.V. N° 4 - 1978, 159-196.

3.2 - VEGETATION SUR COTE ROCHEUSE

Selon, d'une part le découpage en caps et baies, et d'autre part la pente et la disposition des escarpements rocheux par rapport aux vents dominants, les gouttelettes d'eau de mer peuvent être projetées sous forme d'embruns et poussées vers les terres à des altitudes de plusieurs dizaines de mètres et sur des distances d'un à plusieurs hectomètres.

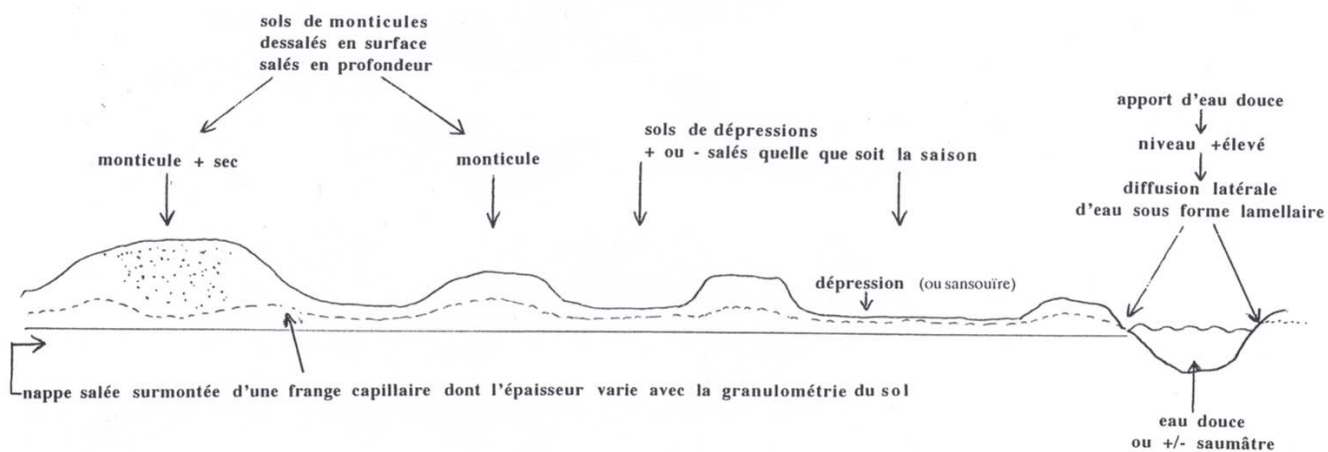
Les caractères de la fissuration (largeur, densité, direction, profondeur, contenu des fissures) et l'existence possible de placages de terre fine argileuse, limoneuse ou sableuse, contribuent à déterminer les aspects de la végétation.

D'une manière générale, la salinité du sol décroît du bord de mer vers l'intérieur des terres selon un gradient. Toutefois, ce dernier est irrégulier à cause du rôle de la microtopographie dans la distribution des surfaces éluviées et des surfaces illuviées.

Sur côte rocheuse, la surface est en général très tourmentée, les rochers sont souvent sculptés par l'érosion, ce qui confère une microtopographie qui a pour effet de créer des impluviums sur lesquels les sels déposés sous forme d'embruns, sont dissous par les eaux de pluie qui vont alors par ruissellement les concentrer dans les fissures ou poches remplies de terre fine. A l'intérieur de celles-ci, la salinité dépend à la fois du dépôt du sel, des caractéristiques des averses et de la configuration de l'impluvium. La combinaison de ces paramètres laisse prévoir une forte variabilité de la teneur en sels marins au sein de la terre fine remplissant les interstices, dans l'espace et dans le temps. Un tel phénomène permet d'expliquer la cohabitation sur de courtes distances, d'espèces végétales dont l'accommodation ou l'exigence vis-à-vis des propriétés du sol sont différentes. De même, un rocher pourra présenter une face fortement exposée aux embruns et au bas de laquelle les sels auront tendance à se concentrer, alors qu'une autre placée à l'opposé sera à l'abri des dépôts importants de gouttelettes d'eau de mer.

DIFFERENCIATION DE LA VEGETATION SUR COTE BASSE A TRES FAIBLE DENIVELEE
(de quelques décimètres à un mètre environ)

FIGURE n° 3



Enfin, localement, la structure géologique affectant les surfaces recevant des embruns projetés à des hauteurs non négligeables (plusieurs mètres ou décamètres), peut par l'intermédiaire de diaclases, de joints de stratification et du pendage des roches sédimentaires, orienter le cheminement des eaux d'infiltration chargées de sels marins et les faire apparaître en des points apparemment hors du périmètre d'atteinte des embruns.

REMARQUE : Contrairement à ce qui a été souvent écrit, un sol salé ne se caractérise pas uniquement par une teneur en sels et les caractéristiques du complexe absorbant. En effet, celles-ci peuvent varier dans l'espace (à différentes profondeurs), mais aussi dans le temps en fonction des apports d'eau douce sous la forme soit de précipitations, soit de circulations en profondeur (lame d'eau émanant d'un cours d'eau ou d'un drainage). L'interprétation des résultats d'analyses de sols doit impérativement tenir compte des conditions climatiques qui se sont déroulées durant les semaines qui ont précédé les prélèvements d'échantillons de sol.

*

* *

En région P.A.C.A, la végétation des milieux salés sur côte rocheuse ne couvre qu'une très faible surface, sous la forme d'un liseré à largeur variable. Par contre, elle peut constituer des taches relativement importantes sur côte basse, notamment en Camargue où la divagation des deux bras du Rhône avant la construction des digues, conjuguée aux courants marins longeant la côte d'est en ouest, a favorisé l'isolement de masses importantes d'alluvions fines imprégnées d'eau salée.

IV - ROLE DES FACTEURS EN ZONE NON SALEE

La zone aux sols non salés représente l'essentiel de la région «Provence-Alpes-Côte d'Azur». Elle s'étend du bord de mer jusqu'à près de 4 102 m (Barre des Ecrins). De ce fait, elle va retenir plus longtemps notre attention.

Les principaux facteurs qui interviennent dans la différenciation de la couverture végétale sont de nature géographique, topographique, géologique, géomorphologique, climatique, pédologique et biotique (rôle de l'homme inclus).

La position géographique d'un territoire doit être considérée au travers de ses incidences climatiques (éloignement de la mer, environnement topographique dans un large rayon) mais aussi par rapport aux aires de distribution des espèces végétales. Les limites des aires ne s'expliquent pas que par l'influence des facteurs climatiques ou pédologiques, mais aussi par des contraintes de nature biotique (dissémination par les animaux, prolifération locale de parasites et de consommateurs, élimination ou extension par l'homme, etc...). Lors de l'interprétation des faits, les phénomènes plus ou moins anciens (périodes froides du Quaternaire et post-glaciaires) doivent être pris en compte.

Au niveau des végétaux supérieurs, les facteurs précédemment cités interviennent surtout par l'intermédiaire de trois paramètres majeurs :

- température
- eau
- nutrition minérale.

L'assimilation chlorophyllienne chez les autotrophes, ainsi que le cycle de développement (germination, croissance, floraison, fructification), dépendent des interactions entre les êtres vivants, mais aussi de la lumière. Ce dernier facteur, en dehors des sous-étages forestiers ou arbustifs, ou encore des sites ombragés par de hautes falaises tournées vers le nord, ne semble pas avoir de rôle majeur dans la différenciation de la couverture végétale vue à l'échelle de la région P.A.C.A. Toutefois, dans l'état actuel des connaissances, il est difficile d'affirmer que certaines espèces végétales poussant à haute altitude, ont des exigences au niveau de la composition spectrale du rayonnement solaire.

La compréhension de la différenciation de la couverture végétale peut être abordée :

- en premier lieu, dans l'espace (analyse à un instant «t»),
- en second lieu, dans le temps (transformation du tapis végétal sur une surface donnée, entre un instant «t₁» et un instant «t₂»).

1 - DIFFERENCIATION DANS L'ESPACE

Si à un instant «t» on porte le regard sur une surface assez étendue (quelques dizaines ou centaines de kilomètres carrés) en zone montagnaise, la végétation apparaît organisée en fonction :

- de l'altitude et de l'exposition, c'est-à-dire de la température,
- du facteur «eau»,
- et du facteur «nutrition minérale».

1.1 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

1.1.1 - EXISTENCE D'UN GRADIENT THERMIQUE ALTITUDINAL

Selon que l'on se trouve à basse, moyenne ou haute altitude, les conditions thermiques sont bien différentes. Dans un même massif et sur un même versant, on constate souvent l'existence d'un gradient allant décroissant du bas vers le haut. La température moyenne annuelle $(M + m) / 2$ décroît de 0,5 à 0,6° C par dénivelé de 100 m (statistiquement la décroissance est voisine de 0,56°C). La figure n° 4 jointe au présent document permet de visualiser comment varie la température moyenne en fonction de l'altitude (*attention: pour faciliter la lecture, les axes relatifs aux abscisses et aux ordonnées ont été inversés; l'altitude est portée sur un axe vertical*). Cette figure correspond à un graphique établi par Monsieur Tiziano PANINI, ingénieur forestier-pédologue, à partir d'une base de données climatiques réalisée dans le cadre d'un travail de recherche intitulé : *Etude des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en région «Provence-Alpes- Côte d'Azur»*, et effectué auprès du Centre Régional de la Propriété Forestière, 7 Impasse Ricard Digne, 13004 Marseille. Ce graphique a été obtenu à partir de postes météorologiques localisés en région P.A.C.A., pour lesquels on disposait de séries complètes de valeurs allant de 1961 à 1996 (années incluses, soit 36 années).

L'examen du graphique suscite les commentaires suivants :

- Une corrélation existe entre la moyenne thermique annuelle $(M + m)/2$ et l'altitude.
- Les points sont distribués de part et d'autre d'une ligne qui n'est pas une courbe mais une droite définie par la fonction :

$$T = - 0,0056 \times (\text{altitude en m}) + 14,815$$

- Pour une altitude donnée :

d'une part $(M + m) / 2$ varie dans un intervalle qui est très souvent inférieur à 3°C.

et d'autre part la position des points par rapport à la droite, est en grande partie liée :

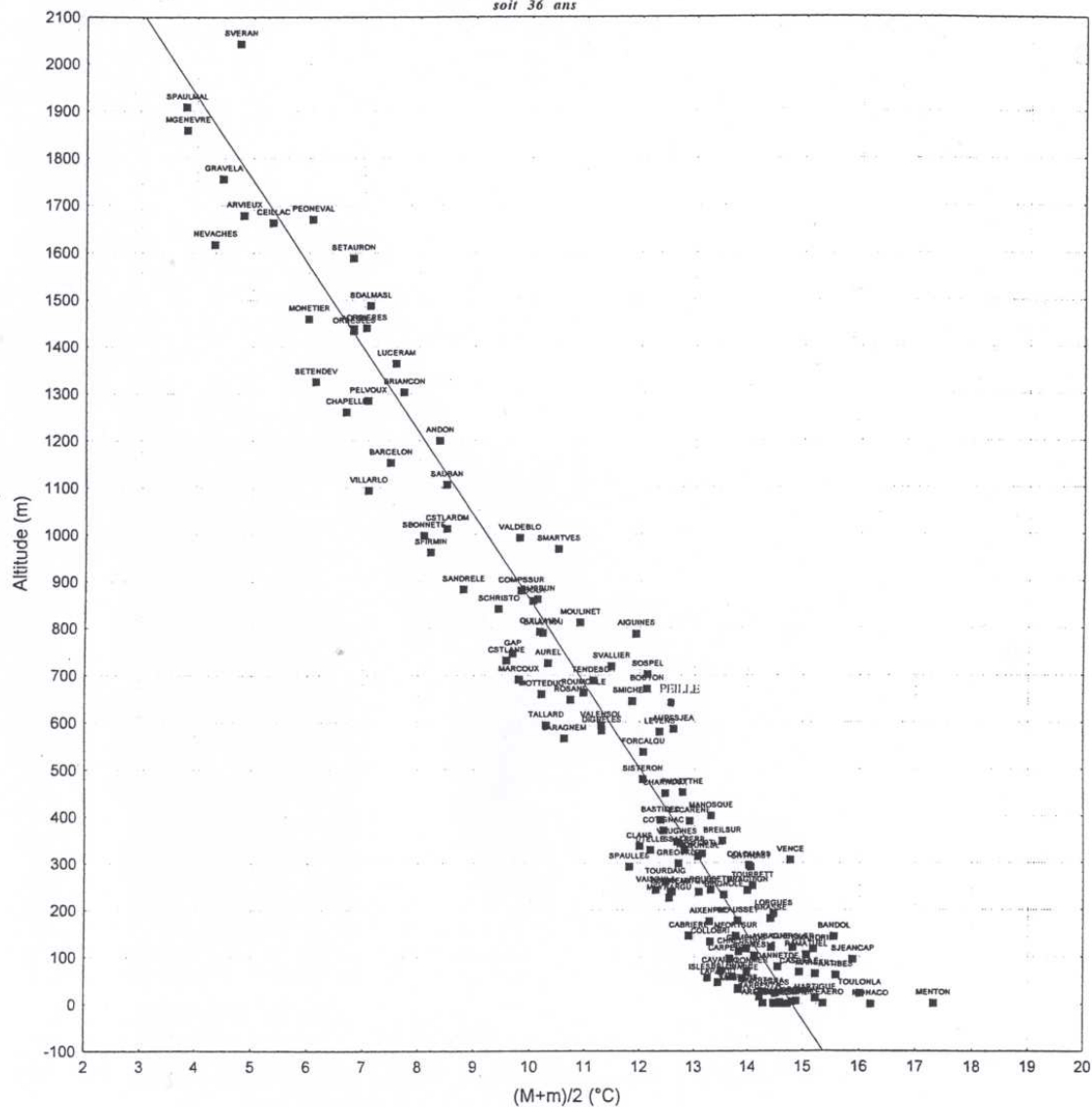
- * à la distance à la mer ou plus précisément à l'isolement de la mer; les stations les plus proches sont en général les plus chaudes,
- * à la longitude, ce sont les postes les plus à l'Est (Var oriental et Alpes-Maritimes) qui sont relativement les plus chauds ou les moins froids,
- * à la position topographique, à l'exposition et à l'environnement topographique (dépression et fond de vallon bien ou mal ouverts, versant, plateau, etc...).

RELATION ENTRE LA TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE ET L'ALTITUDE

en région « Provence-Alpes-Côte d'Azur »

FIGURE n° 4

à partir de 132 postes météorologiques
période 1961-1996
soit 36 ans



La droite de régression a pour équation : moy thermique annuelle = - 0,0056 x altitude en m. + 14,815
Pour faciliter la lecture, les axes des abscisses et des ordonnées ont été inversés (altitude sur l'axe vertical).

Pour une altitude donnée la moyenne thermique annuelle est comprise dans un intervalle très souvent inférieur à 3°C.

La position des points par rapport à la droite (au-dessus ou au-dessous) dépend :

- de l'isolement de la mer (distance, relief environnant),
- de la longitude (zone orientale mieux protégée des vents froids que la zone occidentale),
- de la position topographique et de l'environnement topographique.

M= moyenne annuelle des températures maximales.
m= moyenne annuelle des températures minimales.

Le graphique a été établi par M. Tiziano PANINI, ingénieur forestier-pédologue, à partir d'une base de données climatiques qu'il a conçue dans le cadre d'un travail de recherche intitulé : Etude des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en région « Provence-Alpes-Côte d'Azur » et effectué auprès du Centre Régional de la Propriété Forestière P.A.C.A., 7 Impasse Ricard-Digne, 13004 Marseille

En résumé, la figure N° 4 confirme le rôle primordial joué par les caractères topographiques et la localisation géographique dans le déterminisme de la moyenne des températures $(M + m) / 2$. L'altitude est le facteur déterminant majeur pour une exposition et un environnement topographique donnés.

Le gradient thermique est à l'origine de la distribution altitudinale des espèces végétales supérieures. Ainsi, on peut observer:

- à basse altitude

Pistacia lentiscus L. (lentisque)

Asparagus acutifolius L. (asperge sauvage)

Smilax aspera L. (salsepareille)

Arisarum vulgare Targ.-Tozz.

- à moyenne altitude

Lavandula angustifolia Mill. (lavande à feuilles étroites)

Bromus erectus Huds. (brome érigé)

Centranthus angustifolius (Mill.) DC (centranthe à feuilles étroites)

Daphne alpina L. (Daphné des Alpes)

- à haute altitude

Pinus Cembra L. (pin Cembro)

Rhododendron ferrugineum L. (rhododendron)

Thlaspi rotundifolium (L.) Gaud. (tabouret à feuilles rondes)

Primula marginata Curtis (primevère marginée)

Au niveau des moyennes annuelles relatives aux maximums (M) et aux minimums (m), la corrélation avec l'altitude, sous réserve d'être en même exposition, est moins prononcée. Ce phénomène est lié à l'environnement topographique, ce dernier pouvant accentuer localement un effet de continentalité (effet d'abri inhibant le brassage des masses d'air, d'où surchauffe vers le milieu de la journée ensoleillée et refroidissement nocturne plus intense près de la surface du sol). L'exposition, notamment par l'intermédiaire de l'adret et de l'ubac, est à l'origine d'un décalage altitudinal au niveau des valeurs thermiques. Une même espèce monte plus haut en versant sud qu'en versant nord d'un même massif au substrat (sol et sous-sol) relativement homogène.

1.1.2 - AMPLITUDE ALTITUDINALE DES ESPECES

En règle générale, la plupart des espèces ont une assez grande amplitude altitudinale.

Exemples :

- chêne vert : du bord de la mer à près de 1 200 m en adret (Ventoux)
- chêne pubescent : du bord de la mer (plaine de Hyères, Luminy dans le massif des Calanques près de Marseille) à près de 1 500 m en adret (Ventoux, Alpes du Sud)
- thym vulgaire : du bord de la mer à près de 1 500 m en adret
- pin sylvestre : de 80 m environ (Forêt Départementale de Malpasset dans le Var), de 250 m environ (Villes-sur-Auzon, Roussillon dans le Vaucluse) à près de 1 600 - 1 700 m en adret. Dans les Alpes-Maritimes, il peut être très près du littoral à la faveur de quelques vallons dits «obscur».

Toutefois, à l'échelle régionale, quelques unes sont plutôt cantonnées à basse altitude dans des sites aux hivers relativement doux (exemples: caroubier, palmier nain, euphorbe arborescente sur la Côte d'Azur), d'autres au contraire sont reléguées à des altitudes élevées (exemples: espèces des névés dont la disparition n'a lieu que durant quelques mois ou semaines par an).

Dans bien des territoires, une espèce ne couvre pas toute la tranche altitudinale où les conditions thermiques lui seraient favorables. Diverses raisons peuvent être évoquées:

- disponibilité en eau absorbable insuffisante,
- propriétés chimiques du substrat contraignantes,
- compétition interspécifique défavorable, risque de maladies, de mutilations, etc..

En limite altitudinale inférieure ou supérieure, la faible vitalité d'une espèce expose celle-ci à la concurrence d'autres espèces plus vigoureuses.

Exemple: à basse altitude, le chêne pubescent ne peut concurrencer le chêne vert que dans les milieux qui lui assureront une alimentation en eau suffisante. A moyenne altitude, le chêne pubescent peut coloniser des substrats délaissés par le hêtre parce que ce dernier ne trouve pas une humidité suffisante ou encore parce qu'il a été éradiqué par l'homme.

1.1.3 - ESPECES THERMOPHILES EN PERIODE HIVERNALE

Au sein de la région P.A.C.A., le fait que quelques espèces se soient réfugiées sur le littoral en des points où les hivers sont relativement doux, laisse penser qu'elles présentent des exigences thermiques. Elles sont thermophiles en période hivernale par rapport aux autres qui les côtoient mais qui peuvent s'étendre dans l'arrière pays jusqu'à des altitudes assez élevées.

Parmi celles-ci, on peut citer :

Ceratonia siliqua L. (caroubier)
Chamaerops humilis L. (palmier nain)
Olea silvestris Mill. (oléastre)
Euphorbia dendroides L. (euphorbe arborescente)
Nerium oleander L. (laurier rose)
Lavatera maritima L. (lavatère maritime)
Arisarum vulgare Targ.-Tozz. Cette aracée empiète sur le
 Mésoméditerranéen inférieur en région P.A.C.A.

Leur fréquence croissante d'ouest en est sur le littoral de la région P.A.C.A., s'explique de la façon suivante. La vallée du Rhône de direction nord-sud et le delta qui fait suite, sont en période hivernale rapidement atteints par des masses d'air froid venues du nord (effet de canalisation, d'engouffrement dans le couloir rhodanien). Ces dernières s'étalent sur la mer de part et d'autre du delta du Rhône, plus particulièrement vers le sud-est, voient leur vitesse diminuer, se réchauffent progressivement au contact de la mer, et atteignent les rivages des Alpes-Maritimes avec des températures non excessivement basses. De plus, sur la Côte d'Azur, la présence d'un rivage découpé et escarpé est favorable à la création de biotopes relativement abrités où l'effet tampon thermique de la mer se fait mieux sentir. Enfin, les blocs rocheux volumineux et les falaises exposées au sud et surplombant la mer, jouent le rôle d'accumulateurs thermiques par temps ensoleillé, et laissent diffuser un peu de chaleur par rayonnement, durant la nuit.

Enfin, l'humidité relative restant fréquemment élevée par rapport à d'autres territoires de la région P.A.C.A., a pour effet de provoquer un effet de serre par temps ensoleillé et de couverture réduisant le refroidissement nocturne. De plus, la manifestation fréquente d'une abondante rosée assure un dégagement de chaleur non négligeable. L'addition de tous ces phénomènes contribue à engendrer sur la Côte d'Azur des températures moyennes annuelles un peu supérieures à celles enregistrées dans des localités littorales moins éloignées du delta du Rhône (15,5 à 17°C sur la Côte d'Azur, inférieur ou proche de 15°C sur le littoral des Bouches-du-Rhône).

Si les écarts entre les moyennes thermiques annuelles $(M + m) / 2$ relatives à différentes localités dispersées sur le littoral de la région P.A.C.A. restent assez faibles (près de 3°C), en revanche ils peuvent atteindre près de 5°C au niveau de la moyenne des minimums du mois le plus froid désignée mh (exemple: 3,5°C à Salin de Giraud en Camargue, et 8,2°C à Menton). D'où la nécessité pour les localités proches de la mer, de considérer à la fois les deux paramètres: $(M + m) / 2$ et mh.

1.1.4 - CONCEPT D'ETAGE ALTITUDINAL DE VEGETATION

Certaines essences forestières par leur fort recouvrement dans une tranche altitudinale, déterminent différents aspects au niveau du paysage. Les phytogéographes et les phytosociologues ont été conduits à discerner un étagement de la végétation vu sous l'angle soit de la physionomie, soit des groupements végétaux (ou associations végétales pour certains), d'où le concept d'**étage altitudinal** de la végétation, à ne pas confondre avec celui d'étage bioclimatique conçu par L. EMBERGER et Ch. SAUVAGE.

Les étages bioclimatiques dits «aride, semi-aride, subhumide, humide, perhumide», sont définis à partir de deux paramètres de nature climatique:

1 - le quotient pluviothermique $Q2 = 2\ 000\ P / (M^2 - m^2)$

P = moyenne annuelle des hauteurs de précipitations en mm

M = moyenne des maximums du mois le plus chaud, en degrés Kelvin

m = moyenne des minimums du mois le plus froid, en degrés Kelvin

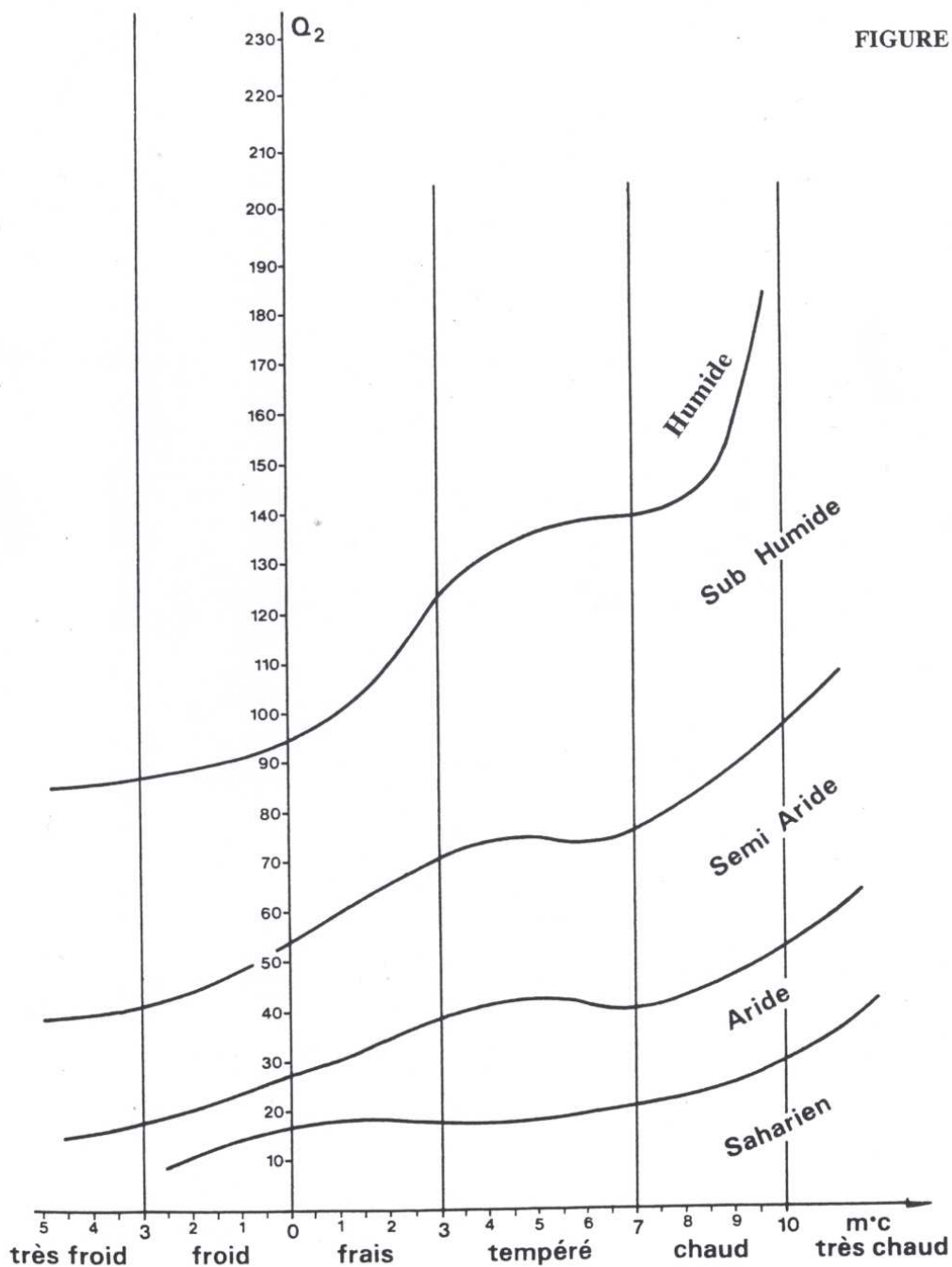
2 - la moyenne des minimums du mois le plus froid en degrés Celsius

Ces deux paramètres sont portés dans un repère orthonormé, le premier en ordonnées, le second en abscisses. Le plan défini par les 2 axes, et plus précisément le demi plan supérieur est découpé en bandes d'une manière empirique à partir de la végétation présente autour de localités représentatives et pour lesquelles on dispose de Q2 et de m exprimé en degrés Celsius. Chaque bande correspond à un bioclimat. La valeur de m permet de distinguer des variantes dites «très froides, froides, fraîches, tempérées, chaudes» (voir figure N° 5).

Dans le cadre d'un aménagement à l'intérieur de la région considérée, l'expérience montre que le concept d'étage altitudinal est mieux adapté que celui d'étage bioclimatique. En effet, il apporte une information précieuse du fait qu'il exprime des conditions thermiques. L'étage bioclimatique n'apporte rien de précis, car dans un étage du type subhumide ou humide peuvent exister des substrats très fréquemment secs (exemple: sur le plateau du Plan d'Aups, département du Var, présence de formations steppiques à *Stipa*, distantes seulement de quelques centaines de mètres des hêtraies et des chênaies pubescentes d'ambiance plus ou moins humide).

En résumé, en région P.A.C.A., l'altitude et l'exposition induisent des conditions thermiques à l'origine d'une différenciation altitudinale de la couverture végétale. Sur le rivage et plus particulièrement sur la Côte d'Azur, l'existence d'hivers relativement doux a permis la mise en place d'espèces végétales que l'on trouve habituellement plus fréquentes dans les pays moins septentrionaux du pourtour de la mer Méditerranée.

DIAGRAMME DES BIOCLIMATS MEDITERRANEENS DEFINIS A PARTIR
 DU QUOTIENT PLUVIOTHERMIQUE D'EMBERGER (Q₂)
 ET DE LA MOYENNE DES MINIMUMS DU MOIS LE PLUS FROID (m)
 (Limites des étages d'après SAUVAGE.1960)



1.1.5 - ETAGES ALTITUDINAUX PRESENTS EN REGION P.A.C.A.

1.1.5.1 - DESIGNATION

Actuellement, on note une relative convergence de vues auprès de la plupart des phytogéographes et phytosociologues ayant travaillé ou travaillant encore en région méditerranéenne française, au niveau de la désignation des étages altitudinaux de végétation.

Toutefois, lorsqu'on examine les différentes cartes de végétation établies en région P.A.C.A., on constate des variations au sein de la nomenclature des étages altitudinaux de végétation. Elles sont liées d'une part aux auteurs et d'autre part à l'époque de la réalisation de ces documents (évolution des connaissances). Le non-spécialiste a du mal à s'y reconnaître. Dans un esprit de clarté, je propose d'adopter une nomenclature aussi simple que possible. Celle-ci est portée sur la figure N° 6 ainsi que sur la planche n°1.

En raison de l'existence locale d'un fond floristique d'affinités plutôt méditerranéennes ou médioeuropéennes (ou encore euro-sibériennes selon les auteurs) dans certains étages, on peut notamment pour le Montagnard et le Subalpin, leur joindre un qualificatif de «méditerranéen» ou de «médioeuropéen».

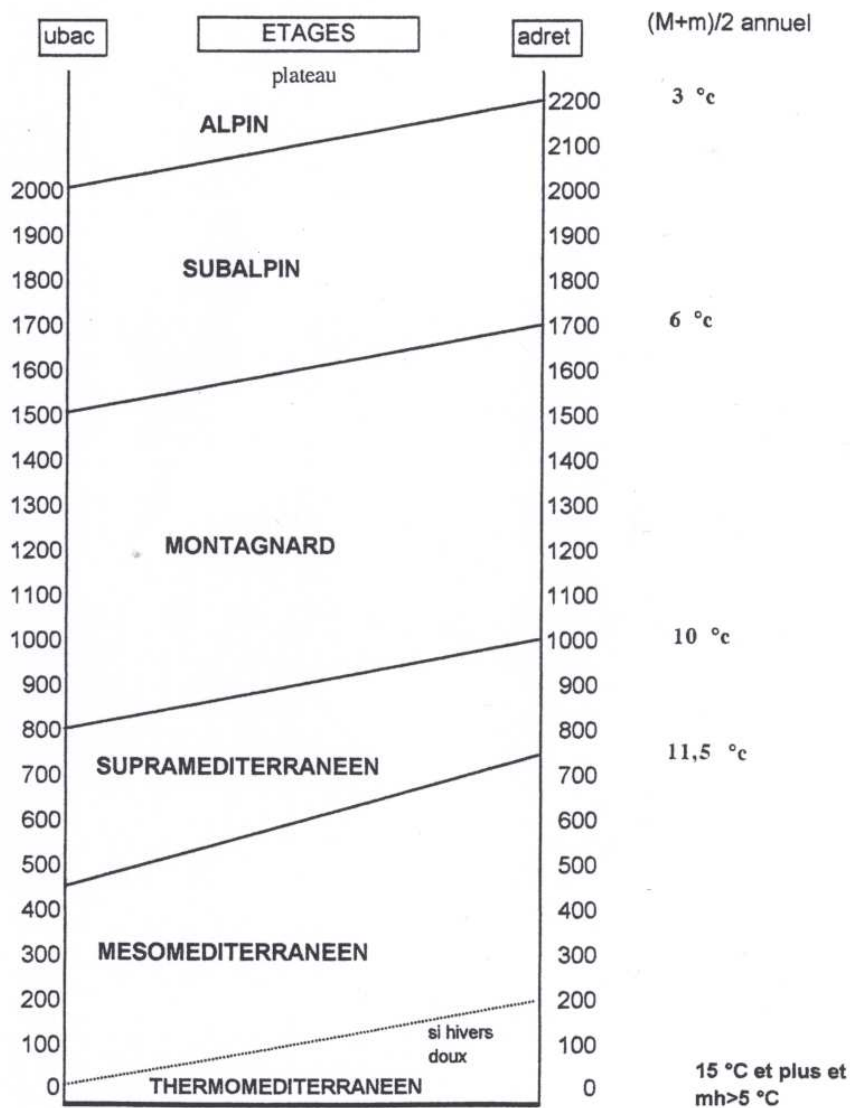
Certains auteurs (J. Gamisans, P. Ozenda, P. Quézel, Rivas-Martinez) ayant travaillé sur des territoires non contigus à la région floristique euro-sibérienne, ont été amenés à utiliser une autre terminologie pour désigner des étages altitudinaux équivalents au Subalpin, Alpin et voire même au Montagnard. Ils ont proposé les termes de «Oroméditerranéen, Cryoméditerranéen, Altiméditerranéen». A mon avis, à l'échelle de la région P.A.C.A., une telle terminologie ne s'impose pas en raison de l'extension de celle-ci sur une partie de la chaîne des Alpes. Les termes d'«Alpin» et de «Subalpin» doivent être conservés en leur joignant éventuellement les qualificatifs de méditerranéen ou de médioeuropéen selon le fond floristique dominant au sein de la couverture végétale.

A basse altitude (Mésoméditerranéen et Supraméditerranéen), l'infiltration d'espèces médioeuropéennes à la faveur de substrats restant humides durant presque toute l'année (circulation d'eau souterraine, nappe) peut inciter certains auteurs à parler d'étage collinéen. Je pense qu'il vaut mieux réserver cette désignation aux territoires non exposés au climat méditerranéen (sécheresse climatique estivale), ce qui est le cas pour la partie de la région P.A.C.A. située au nord du col Bayard.

Par ailleurs, on remarquera que la présence de colonies d'espèces végétales méditerranéennes sur le littoral de l'océan Atlantique ou sur la bordure méridionale du Jura, n'a pas incité les auteurs de cartes de végétation à parler localement d'étage mésoméditerranéen dans ces territoires.

FIGURE n° 6

Nomenclature et zones de transition des étages altitudinaux de végétation en région P.A.C.A.



Sous un climat donné et nettement méditerranéen, et au sein d'un même petit territoire, on peut être en présence d'une large gamme de substrats (sols et sous-sols) ou milieux, en fonction de la disponibilité en eau absorbable fournie par le substrat (exemple: étage supraméditerranéen au sein de la Forêt Domaniale de la Sainte Baume, où l'on peut rencontrer sur des distances relativement courtes des stations allant du très sec au très humide).

1.1.5.2 - REMARQUES

La figure N° 6 évoquée précédemment, impose quelques remarques et compléments d'information.

1 - Le découpage altitudinal en étages tel qu'il est proposé actuellement ne présente pas des intervalles altitudinaux égaux; il repose sur un repérage au niveau de la fréquence élevée de certaines essences forestières et de groupements végétaux qui y sont associés et qui ont été décrits par les phytogéographes et les phytosociologues. Sous la pression humaine qui s'est exercée durant les derniers siècles notamment, beaucoup d'essences forestières ont vu leur aire de distribution régresser d'une manière souvent irrégulière selon les territoires considérés.

2 - Le lecteur non spécialisé dans l'étude de la végétation en région P.A.C.A., a besoin de disposer initialement d'un canevas dans lequel se trouvent associés à la fois les étages de végétation et les grands ensembles forestiers. Dans un premier temps, on peut retenir les associations suivantes, en sachant bien entendu que ces dernières doivent faire l'objet de réajustements lorsqu'on passe à une analyse détaillée portant sur quelques centaines ou milliers d'hectares.

ETAGE THERMOMEDITERRANEEN

peuplements de l'étage mésoméditerranéen infiltrés d'espèces thermophiles en période hivernale.

ETAGE MESOMEDITERRANEEN

immenses surfaces occupées par la chênaie verte et ses stades de dégradation, notamment les pinèdes de pins d'Alep.

ETAGE SUPRAMEDITERRANEEN

domaine du chêne pubescent et du pin sylvestre

ETAGE MONTAGNARD

domaine du hêtre, du pin sylvestre et éventuellement du sapin blanc

ETAGE SUBALPIN

domaine du pin à crochet, du cembro, du mélèze et éventuellement de l'épicéa.

ETAGE ALPIN

domaine des pelouses dites «alpines».

3 - Les altitudes des zones de transition entre les étages sont des valeurs moyennes évaluées à partir de données recueillies dans diverses études régionales relatives notamment à la cartographie de la végétation.

4 - Les moyennes annuelles $(M + m) / 2$ ont été établies à partir d'une part de l'existence d'une décroissance de $0,56^{\circ}\text{C}$ par dénivelé de 100 m, pour une même exposition, et d'autre part par la présence de valeurs proches de 15°C dans les localités dont l'altitude est voisine de celle de la mer.

5 - Le passage d'un étage à un autre ne se fait pas d'une manière brutale comme on pourrait le penser a priori, mais d'une façon progressive lorsque l'exposition et la pente restent les mêmes. Les limites proposées tant sur le plan altitudinal que sur celui de la température, doivent être perçues comme des **zones de transition**. Parfois sur le terrain, la limite peut être relativement nette lorsqu'on passe d'un adret sur un ubac à pente marquée, ou quand une falaise s'interpose entre deux étages.

6 - L'étage thermoméditerranéen n'apparaît que sous la forme d'une frange littorale au niveau de la Côte d'Azur. Il s'effiloche à l'ouest de Toulon, en direction de Marseille. A vrai dire ce n'est pas un véritable étage thermoméditerranéen comme on peut le voir ailleurs dans des territoires moins septentrionaux et jouxtant la Méditerranée. Il faudrait parler d'étage à affinités thermoméditerranéennes, mais dans le cadre de ce document, dans un souci de simplification au niveau de l'expression, le terme «thermoméditerranéen» sera utilisé.

7 - A basse altitude, dans des territoires dépourvus de l'étage thermoméditerranéen, le Mésoméditerranéen colonise environ les 800 premiers mètres en adret, et environ les 400 à 500 premiers mètres en ubac.

8 - l'étage supraméditerranéen tel qu'il est décrit par les phytogéographes et les phytosociologues, semble avoir une plus large amplitude altitudinale en ubac qu'en adret. Ce phénomène est fort probablement en relation avec le fait que les ubacs de basse altitude doivent être relativement humides au niveau de l'atmosphère et du sol. De telles conditions doivent favoriser la descente d'espèces poussant à des altitudes assez élevées non pas expressément pour la recherche de températures moins élevées, mais plus souvent pour satisfaire des besoins hydriques. En effet, souvent à la base des ubacs des basses collines figurent des placages de colluvions assez épais et issus du décapage de sols autrefois situés en amont, et dont le régime hydrique est relativement bon à l'échelle locale.

9 - Les étages montagnard et subalpin semblent coloniser chacun la même épaisseur de tranche altitudinale en adret et en ubac (700 m. environ pour le montagnard, 500 m. environ pour le Subalpin).

10 - L'étage alpin a été défini par la plupart des phytogéographes et des phytosociologues comme correspondant aux territoires de haute altitude où les conditions thermiques ne sont plus propices à la croissance des arbres. La limite supérieure de la forêt dans la région P.A.C.A., s'arrête souvent vers 2 000 m en ubac et 2 200 m en adret. Cette façon de concevoir l'étage alpin comme potentiellement asylvatique doit être de nos jours modulée. En effet, suite aux investigations pédoanthracologiques réalisées par M. THINON et B. TALLON («Ampleur de l'anthropisation des étages supérieurs des Alpes du Sud : données pédoanthracologiques», *Ecologie*, t.29, 1-2, 1998: 323-328), il faut bien admettre que la limite supérieure de la forêt était nettement plus élevée que celle de nos jours, à une époque pas très ancienne, avant que l'homme devienne agriculteur et éleveur à l'échelle locale.

Dans l'état actuel du milieu, au-dessus de 2 000 à 2 200 m. selon l'exposition et la configuration topographique locale, la couverture végétale arbustive, suffrutescente ou herbacée, est fortement influencée par les précipitations qui se font fréquemment sous forme de neige et cela d'autant plus que l'altitude est plus élevée.

Sous l'effet de la turbulence atmosphérique (presque nulle, faible ou forte, fréquente ou rare), la distribution spatiale et temporelle du manteau neigeux est à l'origine de la mise en place de surfaces :

- soit fréquemment déneigées et exposées à de fortes amplitudes thermiques (températures minimales très basses),
- soit longtemps couvertes de plaques de neige plus ou moins épaisses, et dont la disparition durant quelques mois à quelques semaines par an, induit une composition floristique particulière (végétation des combes à neige décrite par certains auteurs),
- soit en permanence couverte de neige dont l'accumulation conduit à la formation de plaques de glace et voire même à l'installation de glaciers (exemple: massif du Pelvoux) dont la langue terminale peut descendre jusqu'à près de 2 100 m d'altitude (exemple: Glacier Blanc du Pelvoux).

Certains auteurs ont proposé l'existence d'un étage nival au-dessus de l'étage alpin. Au sein de la région P.A.C.A., l'existence à une même altitude de surfaces très fréquemment déneigées, longuement enneigées et voire même en permanence couvertes de névés ou de glace, incite à ne considérer qu'un étage alpin dans les parties les plus élevées.

11 - Les étages supérieurs (montagnard, subalpin et alpin) se singularisent des étages inférieurs par la fréquence de plus en plus élevée des températures négatives. Celle-ci a pour conséquence de favoriser :

- le phénomène de gel-dégel induisant:
 - * une gélifraction
 - * un déplacement de matériaux (gélifluxion, solifluxion, cryoturbation)
- l'installation plus ou moins prolongée d'une couverture nuageuse,
- l'accumulation de matière organique inerte à la surface du sol et dans le sol, qui a pour effet:
 - * de maintenir ou de faire apparaître un pH plus ou moins acide,
 - * de constituer un matériau prospectable par les appareils végétatifs souterrains de nombreuses espèces végétales.

12 - En région méditerranéenne française et continentale, plus particulièrement en région P.A.C.A., certaines personnes ont été amenées à parler d'étages dits "du chêne vert, du chêne pubescent, du hêtre, du pin Cembro", ces étages se succédant de bas en haut.

Lorsque sur un même versant, des peuplements de chênes pubescents étaient en position altitudinale inférieure à celle des peuplements de chênes verts, certains auteurs faisaient état d'une inversion d'étage liée à une inversion thermique. C'était l'époque où on attribuait un rôle majeur au climat, notamment à la température, et on délaissait par ignorance, le rôle que pouvait jouer le sol et le sous-sol dans le régime hydrique du substrat, et par voie de conséquence, sur les végétaux.

13 - Localement, la topographie peut engendrer des conditions de vie apparemment anormales pour les végétaux. Quelques exemples seront cités ci-après.

Ponctuellement on peut constater la présence d'espèces végétales à des altitudes anormalement basses. Par exemple, dans les Alpes du Sud, sur des affleurements de roches calcaires et dures, localement on peut observer *Rhododendron ferrugineum* L. vers 1 600 m d'altitude, dans des vallons encaissés à la faveur de sources d'eau froides et permanentes. Ces dernières maintiennent à leur proximité, en période estivale, des sols relativement froids et en hiver un microclimat aux températures non excessivement basses. De plus, autour de ces sources, l'humidité dans le sol et dans l'atmosphère reste élevée et favorise l'installation d'une végétation luxuriante à l'échelle locale, dont la production de matière organique relativement importante conduit à la mise en place d'un humus brut, acide et épais constituant un substrat favorable à l'installation et à la survie du rhododendron. De tels milieux ont été appelés par certains auteurs «stations abyssales». Elles sont caractérisées par des conditions stationnelles localement modifiées sur les plans trophique, pédoclimatique et microclimatique.

De même, les fonds de certaines gorges encaissées, de direction ouest-est, peuvent rester dans l'ombre durant plusieurs mois de l'année et être le siège de températures diurnes relativement basses.

Certains adrets peuvent avoir un faible ensoleillement en période automnale et hivernale à cause de l'ombre créée par un massif tout proche et localisé au sud.

La présence de névés étendus, de «langues» de glaciers, peut induire également à leur périphérie, et en aval, des conditions thermiques particulières (températures plus basses).

Le phénomène inverse, celui d'une surchauffe, peut apparaître lorsque l'érosion a mis en place de grandes surfaces rocheuses exposées au sud (effet d'accumulateur thermique, restitution de chaleur durant la nuit, établissement de courants ascensionnels avec réchauffement de la zone immédiatement située en amont).

Sources froides, fonds de gorges encaissées, falaises exposées au sud ou au nord, névés et glaciers constituent des biotopes qui ne couvrent que des surfaces très restreintes par rapport à l'étendue de la région P.A.C.A. C'est pour cette raison qu'ils ne figurent pas sur le diagramme synthétique explicitant le rôle des principaux facteurs du milieu dans la différenciation de la couverture végétale en milieu continental et terrestre au sein de la région. Malgré leur non-représentation, il faudra tout de même être conscient de leur existence. Lors de l'analyse de la végétation d'un territoire donné, il faudra avoir une large vision sur l'environnement topographique pouvant avoir des incidences notables sur le plan thermique .

1.2 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DU FACTEUR «EAU»

A une même altitude et en même exposition ou environnement topographique (exemples: adret d'un massif, plateau, etc...), la couverture végétale se différencie sous l'influence du facteur «eau» et des propriétés chimiques intervenant dans la nutrition minérale. Le facteur «eau» joue un rôle prépondérant sous climat méditerranéen du fait que l'été est en général une saison caractérisée par un minimum pluviométrique coïncidant d'une part avec une période où l'évaporation et l'évapotranspiration sont intenses en raison de températures élevées, et d'autre part avec une activité physiologique plus ou moins forte au niveau d'un bon nombre d'espèces végétales supérieures (arbres notamment).

Sous climat méditerranéen, ce qui importe pour le végétal c'est la disponibilité en eau absorbable qui varie dans l'espace mais aussi dans le temps.

1.2.1 - FACTEURS INFLUANT SUR L'EAU DANS LE SOL

Pour une même altitude et une même exposition, le facteur «eau» au sein du sol dépend :

- d'une part, des apports aériens sous forme de précipitations liquides ou solides qui peuvent varier d'une manière notable d'un lieu à un autre lorsque les distances qui les séparent, atteignent quelques kilomètres à quelques dizaines de kilomètres au moins,
- et d'autre part, des caractères stationnels portant principalement sur les propriétés physiques du substrat assurant l'emmagasinement et la conservation de l'eau.

Si le facteur «température» intègre :

- deux caractères topographiques majeurs : altitude et exposition,
- un caractère topographique secondaire : l'environnement au niveau du relief, et des caractères relativement mineurs tels que la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère (effet de serre par temps ensoleillé, atténuation du refroidissement nocturne par réflexion du rayonnement infrarouge, dégagement de chaleur par condensation),

le facteur «eau», quant à lui, est assujéti à une multitude de paramètres que l'on peut résumer comme suit:

1.2.1.1 - CARACTERES TOPOGRAPHIQUES

- pente (ruissellement, ravinement, infiltration)
- position topographique (faible évaporation dans fond de vallon abrité des vents, forte évaporation sur crête, environnement rocheux exposé au sud et jouant le rôle d'accumulateur thermique par temps ensoleillé ou encore de concentration de chaleur sous l'effet de la réverbération, etc...).
- configuration en impluviums
- etc...

1.2.1.2 - CARACTERES CLIMATIQUES

- précipitations :
 - .nature (pluie, grêle, neige, sans oublier les précipitations dites «occultes» sous forme de rosée ou de givre)
 - .distribution dans le temps:
 - * intensité et fréquence de faibles ou abondantes précipitations
 - * espacement (succession de longues ou courtes périodes sans précipitation notable)
 - * époque de l'année
 - température (rôle dans l'évaporation)
 - humidité relative de l'air (rôle dans l'évaporation)
 - turbulence atmosphérique
 - accélération de l'évaporation tant à la surface du sol qu'au niveau de celle des végétaux
 - sublimation de l'eau à l'état solide.

Remarque: Lorsqu'on s'élève en altitude, la diminution de la densité de l'atmosphère a pour effet d'intensifier le rayonnement solaire arrivant à la surface du sol. Cette dernière, par temps ensoleillé, subit une surchauffe qui accélère l'évaporation (en montagne, le foin sèche très vite, parfois en moins de 36 heures). Un tel phénomène a pour effet de faire apparaître en versant fortement ensoleillé, des contrastes marqués sur le plan microclimatique, entre les surfaces au tapis végétal clair et ras, et les surfaces portant une végétation haute et dense. Enfin, durant la nuit, le rayonnement est très intense et entraîne un important refroidissement.

1.2.1.3 - CARACTERES GEOLOGIQUES

La nature des affleurements, leur fissuration, leur disposition respective dans l'espace (structure géologique) interviennent au niveau :

- du ruissellement,
- de l'infiltration,
- de la circulation d'eau souterraine pouvant être à l'origine d'apports latéraux temporaires ou permanents se manifestant à une certaine profondeur ou à la surface du sol (suintement, sources).

1.2.1.4 - CARACTERES GEOMORPHOLOGIQUES

Le modelé résultant des caractères géologiques précédemment évoqués et des types d'érosion qui se sont déroulés anciennement ou récemment, intervient aussi dans le bilan hydrique des surfaces considérées. Les modelés peuvent être très diversifiés (exemples: crête aplanie ou en dents de scie; versant au profil longitudinal ou transversal, concave ou convexe; vallée très évasée ou étroite, ou encore encaissée en gorges; plateau karstique ou non; cône de déjection de torrent; éboulis stable ou instable; etc...).

1.2.1.5 - CARACTERES EDAPHIQUES

Ce sont les caractères physiques du sol et du sous-sol qui interviennent, mais aussi dans une moindre mesure, l'influence d'une litière en surface.

Ces caractères agissent dans :

- l'emmagasinement de l'eau
 - . caractéristiques du réservoir hydrique
 - * volume par unité de surface ou lame d'eau
 - * localisation (en surface, en profondeur ou sur toute l'épaisseur)
 - . remplissage du réservoir
 - * caractères de l'horizon superficiel intervenant dans l'infiltration (pente, granulométrie, structure, nature et teneur en matière organique)
 - * cheminement de l'eau dans le réseau de cavités
- la conservation de l'eau
 - . caractères granulométriques et structuraux des horizons supérieurs (évaporation)
 - . remontée capillaire à partir des niveaux profonds.

1.2.1.6 - CARACTERES BIOTIQUES

La couverture végétale peut avoir une incidence sur les caractéristiques du régime hydrique du sol :

- en interceptant une partie des précipitations au niveau:
 - . soit des appareils végétatifs et reproducteurs aériens,
 - . soit de débris organiques déposés à la surface du sol,
- en concentrant localement l'eau de pluie ou de fonte de neige (effet de parapluie ou d'entonnoir induit par la couronne des arbres et arbustes, effet d'entonnoir lié à l'écoulement sur les branches et le tronc),
- en atténuant l'évaporation à la surface du sol par:
 - . effet d'ombre (suppression de surchauffe,)
 - . mise en place d'une bonne structure (humus du type mull),
 - . effet de brise-vent,
- en accélérant plus ou moins les prélèvements d'eau dans la totalité ou une partie seulement du réservoir sous l'effet d'une part de la croissance (formation de nouveaux organes, accroissement des organes préexistants), et d'autre part de l'évapotranspiration.

1.2.2 - ASPECTS QUANTITATIFS ET QUALITATIFS

Le volume d'eau emmagasiné dans le sol, sa variation dans l'espace à différentes profondeurs (profil hydrique) et dans le temps (régime hydrique), résultent donc de la combinaison, de l'interaction d'une multitude de caractères. De ce fait, la disponibilité en eau est très difficilement quantifiable ou prévisible dans l'espace ou dans le temps. D'ores et déjà, le lecteur comprendra qu'il est très difficile de mettre en équation le facteur «eau absorbable» et qu'il faut être très prudent, très réservé dans l'utilisation de valeurs obtenues à partir de formules proposées par différents auteurs, notamment celles se rapportant à l'évapotranspiration potentielle (E.T.P).

Dans des terroirs agricoles au sol épais, à faible charge en éléments grossiers, et relativement homogène sur le plan textural, les valeurs de l'E.T.P. obtenues à partir de formules relativement simples, peuvent apporter des informations utilisables. Par contre, sur des substrats (sol et sous-sol) très hétérogènes, changeant sur de courtes distances, ce qui est fréquemment le cas sur les territoires abandonnées à la végétation spontanée, il est illusoire de vouloir utiliser des valeurs de l'E.T.P. pour expliquer la différenciation de la végétation à l'échelle de quelques centaines ou milliers d'hectares.

L'alimentation en eau des végétaux supérieurs dépend certes du volume emmagasiné dans le substrat (sol et sous-sol) parcouru par les appareils végétatifs souterrains, et des variations dans le temps (régime), mais aussi d'un caractère qualitatif: la teneur en oxygène dissous. En règle générale, quand on pense à l'alimentation en eau des végétaux sous climat méditerranéen, on porte l'attention sur l'aspect quantitatif car c'est de loin le facteur limitant, mais on oublie trop souvent cet aspect qualitatif. En effet, sous climat méditerranéen, comme c'est le cas sur la presque totalité de la région P.A.C.A., après de longues périodes de sécheresse, peuvent se manifester des pluies abondantes qui localement peuvent engendrer un engorgement temporaire. Si l'eau est stagnante, portée à une température assez élevée selon la saison, l'activité microbiologique est telle qu'elle fait disparaître l'oxygène dissous, et engendre des conditions chimiques réductrices.

L'anaérobiose même temporaire, de quelques jours à quelques semaines par an, peut entraîner une dégénérescence des poils absorbants et voire même des racelles, mais aussi des mycéliums de champignons mycorrhiziens. De tels phénomènes auront pour conséquence d'affaiblir les individus des espèces ayant pu s'installer lors de périodes propices.

L'engorgement temporaire en eau stagnante affecte généralement des terrains plats ou très peu inclinés, imperméables à une profondeur de l'ordre de un à quelques décimètres, donc peu ou pas propices à la pénétration des racines en profondeur. Ces milieux là peuvent être gorgés d'eau stagnante en période de pluie, mais très secs en dehors de celle-ci. Cette alternance de phases est favorisée sous climat méditerranéen par un été en règle générale sec, mais aussi par une très forte irrégularité des précipitations au cours des autres saisons. La sécheresse peut affecter les trois autres saisons. De tels substrats assujettis à des alternances de périodes d'engorgement en eau stagnante et de périodes de forte dessiccation, peuvent être qualifiés de XEROHYDROMORPHES ou de HYDROXEROMORPHES. Dans le premier cas, l'hydromorphie stagnante est de courte durée, alors que dans le deuxième elle est plus longue; l'accolement des deux préfixes «XERO» et «HYDRO» a pour intention d'exprimer cette alternance de phases.

Les milieux XEROHYDROMORPHES ou HYDROXEROMORPHES ne doivent pas être confondus avec ceux qui peuvent faire l'objet d'un engorgement par une eau circulante en surface ou tout près de cette dernière. De tels milieux sont en général positionnés sur versant et affectés de suintements induits par la structure géologique. Les suintements peuvent être soit apparents en surface sous forme d'une pellicule d'eau, soit masqués et à quelques décimètres de profondeur si le sol est assez épais. Ce dernier cas peut être observé suite à une période pluvieuse et à la faveur de coupes de terrain visibles en bordure de pistes ou de chemins construits sur les versants.

Les suintements qu'ils soient superficiels ou sous-jacents, impliquent l'existence d'un sous-sol imperméable (couche d'argile ou de marne compactée, dalle rocheuse non ou très mal fissurée). Selon la durée et la période de suintements dans l'année, ce dernier pourra avoir une incidence plus ou moins marquée sur la végétation. En dehors des périodes de pluies abondantes, ce sont des milieux qui s'assèchent plus ou moins rapidement sur toute l'épaisseur du sol et voire même à l'intérieur des rares fissures, étroites et de profondeur variable. De tels milieux au substrat fréquemment sec, correspondent à des substrats ou stations (station = terrain de superficie variable, relativement homogène au niveau des caractères climatiques et édaphiques) très xérophytiques ou xérophytiques. Leur existence est liée à la présence de sols peu épais reposant sur des roches qui se laissent mal pénétrer par les racines. Ils ne doivent pas être confondus avec les stations précédemment définies et qualifiées de «XEROHYDROMORPHES» ou d'«HYDROXEROMORPHES», dont l'hydromorphie passagère est associée à une eau stagnante susceptible d'être privée d'oxygène dissous. Les stations très xérophytiques ou xérophytiques pourvues d'un engorgement temporaire en eau circulante doivent être qualifiées de «SUINTANTES» pour évoquer une mobilité de l'eau.

Remarque: Lors d'épisodes abondamment pluvieux, selon la configuration topographique, le sol gorgé d'une eau plus ou moins stagnante peut présenter en surface un ruissellement temporaire. Seules des observations étalées dans le temps conduisant à saisir les relations entre le régime hydrique du substrat et les aspects de la végétation, permettent d'être conscient des conditions stationnelles sur le plan hydrique.

Quand le suintement à eau circulante se manifeste à la base de sols épais à très épais, et se prolonge dans le temps, on a affaire à d'autres types de stations qui seront précisées ultérieurement.

En altitude, la formation de plaques ou amas de neige (névés) a pour incidence de favoriser localement des suintements superficiels ou profonds en fin de printemps ou en été, lors de la fonte. La durée de l'écoulement des eaux dépendra des conditions thermiques locales, mais aussi de la superficie et de l'épaisseur de la couche de neige située en amont. De tels caractères peuvent varier d'une année à l'autre.

En résumé, suite aux propos précédents, il faut retenir que :

- L'eau à l'état liquide ne doit pas être vue que sous l'angle quantitatif, elle doit aussi être considérée au travers de ses aspects qualitatifs: teneur en oxygène dissous et composition en ions ou substances diverses sous forme dissoute; le deuxième aspect «composition ionique» sera examiné ultérieurement à propos de la différenciation de la couverture végétale sous l'influence du facteur «nutrition minérale»,
- Deux grands ensembles de milieux continentaux terrestres ou stations, doivent être envisagés :
 - * stations sans anaérobiose (dans le pire des cas, l'anaérobiose générale est exceptionnelle ou alors cantonnée dans des microsites du sol),
 - * stations avec anaérobiose de durée plus ou moins longue ou fréquente.

Les stations à anaérobiose permanente ou presque permanente existent en région P.A.C.A. Elles sont plutôt cantonnées en montagne, souvent désignées sous le terme de «sagnes». Elles correspondent à des milieux particuliers dans lesquels se sont mis en place des tourbières. Si ces dernières ne couvrent que des surfaces minimales, leur existence ne doit pas être passée sous silence. Elles portent une végétation particulière à enracinement superficiel, car seul l'horizon supérieur du sol peut échapper à une anaérobiose totale (échanges gazeux entre l'atmosphère et l'hydrosphère remplissant les interstices du substrat à fort pourcentage volumique de matière organique).

1.2.3 - GRANDS TYPES DE STATIONS DEFINIES SUR LE PLAN HYDRIQUE

Selon l'absence ou la présence possible d'un risque d'anaérobiose plus ou moins généralisée au niveau de la rhizosphère, même de courte durée, deux ensembles de stations doivent être considérés.

1.2.3.1 - STATIONS SANS ANAEROBIOSE OU A RESSUYAGE NORMAL

A partir de la composition floristique de la couverture végétale, de la vitalité des individus à fort recouvrement, mais aussi de l'architecture aérienne des espèces suffrutescentes, frutescentes ou arborescentes, et de leur état saisonnier, il est possible de repérer une gamme de stations définies sur le plan hydrique. Elles seront ci-après énumérées du plus sec au plus humide.

STATIONS TRES XEROPHYTIQUES (abréviations proposées XX ou TX)
avec une variante suintante (XXs ou TXs)

STATIONS XEROPHYTIQUES (X) avec une variante suintante (Xs)

STATIONS XEROMESOPHYTIQUES (XM)

STATIONS MESOXEROPHYTIQUES (MX)

STATIONS MESOPHYTIQUES (M)

STATIONS MESOHYGROPHYTIQUES (MHyg) avec suintement
profond de durée non négligeable

STATIONS HYGROMESOPHYTIQUES (HygM) avec suintement
peu profond de longue durée

STATIONS HYGROPHYTIQUES (Hyg) avec suintement
superficiel ou profond permanent sauf au cours d'années
exceptionnellement sèches (exemple: 1989)

REMARQUE

Certaines stations mésoxérophytiques, mésophytiques, mésohygrophytiques, peuvent temporairement présenter un sol dont l'horizon supérieur est saturé en eau non asphyxiante. Si ce phénomène n'est pas directement perceptible lors d'une investigation, sa manifestation peut être révélée par la présence de certaines espèces végétales (exemples : *Cornus mas*, *Narcissus poeticus*, *Ficaria ranunculoides*, *Carex flacca*, etc...). Ainsi, au sein de ces stations, on peut distinguer une variante dite à «engorgement en eau non stagnante».

Dans cette gamme de stations ont été exclues celles présentant un plan d'eau. Elles peuvent être qualifiées d'«**hydrophytiques**», elles relèvent de milieux continentaux aquatiques non considérés dans le présent document. Leur diversité est liée :

- à la vitesse du déplacement de l'élément liquide (courant),
- à la temporalité (mares, cours d'eau temporaires) ou à la permanence de la lame d'eau (étangs, lacs, fleuves, rivières à débit permanent),
- à l'épaisseur de la lame d'eau, à sa constance ou à sa variabilité,
- aux propriétés chimiques (gaz dissous, pH, teneur en minéraux dissous, etc..),
- à la température de l'élément liquide,
- à la transparence ou turbidité,
- à l'apparition d'une masse d'eau solide (épaisseur et durée de la couche de glace).

1.2.3.2 - STATIONS A ANAEROBIOSE TEMPORAIRE

L'expérience sur le terrain conduit à considérer deux cas majeurs, chacun pouvant être subdivisé en deux variantes selon l'épaisseur du sol.

STATIONS XEROHYDROMORPHES

- à sols très superficiels
- à sols épais de quelques décimètres

STATIONS HYDROXEROMORPHES

- à sols très superficiels
- à sols épais de quelques décimètres.

Selon les territoires considérés et l'échelle de travail, certaines de ces variantes peuvent faire à leur tour l'objet de subdivisions à partir d'indices révélés par la végétation.

En raison de la prépondérance de longues phases de dessiccation, le phénomène d'oxydation l'emporte sur celui de la réduction. Ceci explique l'absence de sols à gley (réductisols) dans ces stations. On peut observer des niveaux plus ou moins profonds de couleur verdâtre ou bleu-verdâtre, ou encore noirâtre, à cause de la présence d'affleurements géologiques présentant une telle coloration (exemple : marnes). Les sols qui figurent dans ces stations sont à rattacher au groupe des PELOSOLS.

1.2.4 - IMPOSSIBILITE DE CARACTERISER CHAQUE TYPE DE STATION PAR UNE VALEUR NUMERIQUE

En raison de la forte irrégularité des précipitations d'une année à l'autre, il est impossible de caractériser chaque station définie sur le plan hydrique, par une teneur en eau à une époque de l'année. Une quantification exigerait des mesures à différentes profondeurs, en continu ou presque, étalées sur de nombreuses années. Une telle étude n'est pas envisageable actuellement dans le cadre d'une investigation portant sur un territoire hétérogène et dont la superficie peut osciller entre quelques centaines ou quelques milliers d'hectares. Comment peut-on alors apprécier les caractéristiques hydriques sur le terrain ? Seule la connaissance des exigences hydriques d'un nombre suffisant d'espèces, surtout celles à fort recouvrement et pérennes, de leur vitalité, de leur architecture aérienne et de leur état saisonnier, peut fournir des informations permettant d'établir rapidement un diagnostic sur le terrain.

Les espèces pérennes, notamment celles dites «arborescentes, arbustives, suffrutescentes» peuvent intégrer au fil des mois et des années, et au niveau de leur architecture aérienne, les variations temporelles et spatiales du facteur «eau» tant sur le plan quantitatif que qualitatif. D'où la nécessité d'établir des relations entre l'architecture aérienne et les caractéristiques du substrat (sol et sous-sol), mais aussi entre l'état saisonnier de certains organes (rameaux, feuilles, inflorescences, fruits) et la disponibilité en eau.

Sur un terrain donné, l'identification des stations ne peut être aisément réalisée qu'à partir des caractères offerts par la végétation, et facilement discernables à distance. Ces derniers permettent par comparaison successive de se positionner dans une étroite ou large gamme de cas.

1.2.5 - AMPLITUDE HYDRIQUE DES ESPECES

Comme pour le facteur «température», de nombreuses espèces végétales supérieures offrent une large amplitude par rapport au facteur «eau», alors que certaines sont cantonnées dans des milieux :

- soit très secs (exemples: *Stipa pennata*, *Stipa juncea*, *Staehelina dubia*, orpins),
- soit très humides(exemples: aulne glutineux, *Carex pendula*, *Molinia caerulea*),
- soit encore affectés d'une eau stagnante temporaire pouvant être parfois le siège d'une anaérobiose (exemples: *Deschampsia media*, *Brunella hyssopifolia*, *Plantago serpentina*).

Ici aussi, la compétition interspécifique fait que certaines espèces ne sont abondantes que dans un créneau de disponibilité en eau relativement étroit.

Exemples :

- Le romarin et le ciste cotonneux sont relativement fréquents dans des stations très sèches ou sèches, mais y ont une faible vitalité. Lors d'abandons de terres agricoles, ils peuvent s'installer, et en présence de meilleures conditions édaphiques, ils offrent une bien meilleure croissance. Si d'autres espèces plus vigoureuses s'installent, ils sont progressivement éliminés de ces bonnes stations.

- Dans le massif des Maures ou celui de l'Estérel, le ciste de Montpellier peut voir, pour un âge donné, sa hauteur osciller entre quelques décimètres et près de deux mètres. C'est dans les stations relativement humides qu'il peut atteindre une grande taille, mais on ne le verra qu'en bordure de piste là où les actions humaines l'ont soustrait momentanément de la concurrence exercée par d'autres espèces plus vigoureuses (arbousier, bruyère arborescente, cytise velu, ronce, etc...).

- En terrain siliceux, le romarin et le chêne kermès sont peu fréquents ou absents parce qu'ils ne peuvent faire face à la forte sociabilité des éricacées.

Enfin, il faut être conscient que beaucoup d'espèces qualifiées de «xérophiles» par certains auteurs, ne préfèrent pas en fait des substrats secs, mais y sont reléguées sous l'effet de la compétition interspécifique. Le terme de «xérophile» est mal adapté, car le suffixe «phile» signifie «aime, préfère». C'est pour cette raison que les stations sèches ont été appelées ici «xérophytiques» et non «xérophiles». Dans une station sèche peuvent vivre certes des espèces qui préfèrent des substrats fréquemment secs en rapport avec leur biologie (exemples: *Stipa*, *Sedum*), mais aussi des espèces qui y sont reléguées parce qu'elles sont éliminées de stations moins mauvaises par des espèces plus vigoureuses qu'elles (exemples: ciste cotonneux, sumac des corroyeurs, romarin, immortelle, etc...).

Dans un souci d'harmonisation au niveau de la désignation des stations en milieu sans risque majeur d'anaérobiose, le suffixe «phyte» a été adopté dans toute la gamme.

Si certaines espèces sont effectivement xérophiles, l'expression «station xérophile» doit être bannie du langage. Etymologiquement une telle station serait une station qui préfère le sec. Or, une station n'a pas de préférence, ce sont les végétaux qui l'ont éventuellement. D'où la nécessité d'associer au substantif «station» un qualificatif portant le suffixe «phytique» tel que «xérophytique» signifiant à base de végétaux poussant en milieu sec mais ne préférant pas forcément la sécheresse !

1.3 - DIFFERENCIATION SOUS L'INFLUENCE DU FACTEUR «NUTRITION MINERALE»

Les processus physiologiques participant à la nutrition minérale des végétaux supérieurs, présentent des variantes d'une espèce à l'autre.

L'absorption des éléments minéraux dépend à la fois de caractères intrinsèques (liés au patrimoine génétique) et de caractères extrinsèques (propriétés chimiques de la solution du sol où «baignent» les poils absorbants mais aussi les filaments ou hyphes des champignons mycorrhiziens).

Dans un même étage altitudinal de végétation et pour une même disponibilité en eau, la couverture végétale se différencie en fonction des caractères chimiques du substrat (sol et sous-sol) intervenant dans la nutrition minérale. Parmi ceux-ci on peut citer: le pH, les caractéristiques du complexe absorbant (capacité totale d'échange, somme des cations métalliques échangeables, taux de saturation, proportion entre les principaux cations échangeables, notamment les rapports Ca^{++} / Mg^{++} , Mg^{++} / K^{+}), le phosphore et l'azote assimilables, les oligoéléments, les substances chimiques de nature organique et résultant de l'activité de certains êtres vivants, etc...

En région P.A.C.A. comme dans d'autres régions soumises au climat méditerranéen, la lente cicatrisation du couvert végétal après sa dégradation, imposée par des conditions pluviométriques défavorables, a exposé les sols anciens qui avaient pu se différencier, à une érosion intense (ruissellement, transport par le vent, solifluxion, gélifluxion, cryoturbation, etc...). La surexploitation du milieu par l'homme durant les derniers siècles, voire même durant les derniers millénaires, a conduit à :

- un décapage des sols préexistants par les eaux de ruissellement et par le vent,
- un brassage de résidus anciens avec des particules minérales provenant de l'altération plus ou moins récente du sous-sol;
- ou encore à l'installation de sols superficiels, peu évolués, à partir de roches mises à nu.

Ces sols fréquemment jeunes sont encore très souvent imprégnés de propriétés chimiques héritées du matériau qui leur a donné naissance (roches affleurantes autochtones ou matériaux allochtones). En région P.A.C.A., trois grands types de matériau conférant des propriétés chimiques aux incidences nutritives bien distinctes, méritent de retenir l'attention. Ils peuvent être de nature :

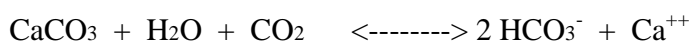
- calcaire
- dolomitique
- siliceux et/ou silicaté.

1.3.1- GRANDS TYPES DE SUBSTRATS

1.3.1.1 - SUBSTRATS CALCAIRES

1.3.1.1.1.- PROPRIETES CHIMIQUES LIEES A LA SOLUBILISATION DU CALCAIRE

Le carbonate de calcium (CaCO_3) a la propriété de subir une solubilisation sous forme d'ions Ca^{++} et HCO_3^- , lorsqu'il est en présence d'eau contenant du dioxyde de carbone à l'état dissous



La concentration en ions Ca^{++} dans la solution du sol va jouer un double rôle majeur.

1. Elle intervient dans la perméabilité des poils absorbants mais aussi dans celle des cellules constituant les hyphes des champignons mycorhiziens et par voie de conséquence dans la nutrition minérale. L'ion Ca^{++} en très forte concentration peut être plus ou moins perturbateur selon les espèces (impact sur la structure de la membrane cytoplasmique et sur les processus enzymatiques).
2. En forte concentration, l'ion Ca^{++} s'associe à des ions PO_4^{--} pour former du phosphate di- ou tricalcique insoluble, d'où carence possible en phosphore.

La concentration en HCO_3^- a également un double effet :

1. L'ion hydrogénocarbonate (HCO_3^-) a la propriété de fixer H^+ (ou H_3O^+) pour donner de l'acide carbonique (H_2CO_3), acide faible, à faible dissociation. Le captage des ions H_3O^+ a pour conséquence d'élever la concentration en OH^- dans la solution du sol, et par contre-coup d'engendrer un pH parfois nettement supérieur à 8.
2. A une concentration élevée, lors de l'assèchement du sol, une partie du fer libre peut passer sous forme de carbonate de fer insoluble, d'où carence possible en cet élément (effet de jaunissement appelé chlorose).

En résumé, plus le calcaire se solubilisera, plus les conditions de nutrition minérale risquent de devenir difficiles pour certaines espèces, suite à :

- une élévation du pH,
- une insolubilisation du phosphore, du fer et de nombreux oligo-éléments,
- un déséquilibre cationique (surreprésentation des ions Ca^{++} par rapport aux autres tels que Mg^{++} ou encore K^+).

La solubilisation du CaCO_3 dépend certes de la teneur en CO_2 dissous dans la solution du sol (température, activité microbiologique), mais aussi de la surface de contact de cette dernière avec les particules minérales de nature calcaire, d'où la nécessité de distinguer au moins deux grands types de roches calcaires.

1.3.1.1.2 - GRANDS TYPES DE ROCHES CALCAIRES

1.3.1.1.2.1 - CALCAIRES DURS

Leur faible fragmentation sous l'effet des agents de l'érosion et leur imperméabilité à la surface des éléments granulométriques de taille assez élevée, s'opposent à une forte solubilisation, d'où un pH non excessivement élevé et une teneur en ions Ca^{++} relativement faible au sein de la terre fine (exemple: terra rossa remplissant les fissures et poches au sein des calcaires durs), conditions propices à une meilleure nutrition minérale pour un bon nombre d'espèces végétales.

1.3.1.1.2.2 - CALCAIRES FRIABLES

Leur friabilité s'explique par la présence de substances minérales non calcaires (argile minéralogique, silice, silicates, oxydes de fer, etc...) intimement mêlées à de petites masses de calcaire, et constituant des zones ou lignes de moindre résistance propice à la mise en place de microfissures. Suite à un remplissage de ces dernières par de l'eau et par une répétition des phénomènes «imbibition-dessiccation» et «gel-dégel», les microfissures s'agrandissent et sont alors le siège d'une diffusion d'eau. La surface de contact entre les particules calcaires et l'eau du sol, peut devenir considérable et entraîner une forte solubilisation sous la forme d'ions. L'excès d'ions Ca^{++} et HCO_3^- confère des propriétés à l'origine d'une malnutrition minérale. Suite à une circulation d'eau dans le sol, chargée en ions Ca^{++} et HCO_3^- , et à une dessiccation passagère, ces ions peuvent se réassocier et être à l'origine d'une surreprésentation en CaCO_3 dans certains horizons du sol (encroûtement calcaire plus ou moins prononcé), laquelle peut constituer une gêne pour la croissance racinaire.

Les calcaires friables correspondent aux marnes, marno-calcaires et calcaires marneux. La multitude de plans de stratification conduit fréquemment à un délitage en plaquettes fragiles.

1.3.1.2- SUBSTRATS DOLOMITIQUES

Les substrats dolomitiques contiennent de la dolomie : carbonate double de calcium et de magnésium. Ce minéral peut atteindre des concentrations élevées (>90 %) et donner naissance à une roche nommée «dolomie», ou au contraire des concentrations nettement moins élevées. Souvent mélangé à du CaCO_3 , il est alors à l'origine de dolomies calcaires ou de calcaires dolomitiques placées au sein d'une gamme allant de la dolomie au calcaire.

La dolomie en tant que minéral est moins soluble que le calcaire. Quoiqu'il en soit, son altération conduit à la libération d'ions Ca^{++} et Mg^{++} . En règle générale, dans les sols issus de roches dolomitiques, la teneur en Mg^{++} dans la solution du sol est plus élevée que dans celle des sols issus de matériau calcaire. Le magnésium étant doué d'un effet d'antagonisme vis-à-vis du calcium, au niveau de la membrane cytoplasmique, notamment celle des poils absorbants ou des hyphes de champignons mycorhiziens, la nutrition minérale se trouve améliorée pour un nombre élevé d'espèces. Ainsi, s'explique la présence d'espèces qualifiées de silicoles ou de calcifuges dans un bon nombre de flores, sur des sols dont le pH est proche de la neutralité, et qui peuvent contenir encore un peu de calcaire (G. AUBERT, 1976).

Parmi ces espèces, on peut citer :

Quercus suber L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Castanea sativa* Mill.,
Erica arborea L., *Erica scoparia* L.

Remarque : *Calluna vulgaris* (L.) Hull. étant une calcifuge stricte ne peut pas s'installer sur de tels substrats.

1.3.1.3 - SUBSTRATS SILICEUX ET / OU SILICATES

Ces substrats contiennent une forte proportion de silicium (Si). Ce dernier peut se présenter sous la forme :

- soit de silice (SiO_2) en général cristallisée (exemple: le quartz) , mais parfois aussi à l'état amorphe,
- soit de silicates (sels d'acides siliciques et de cations alcalins ou alcalino-terreux) dont l'organisation spatiale en cristaux peut être très variée.

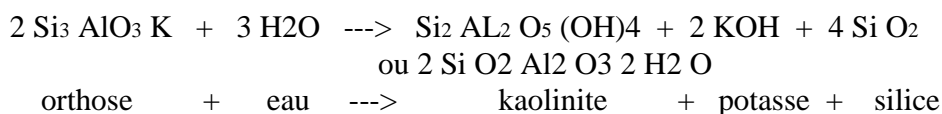
Les termes composés «silico-silicaté» ou «silicato-siliceux» peuvent être utilisés pour désigner des substrats à la fois siliceux et silicatés (exemples: granite, rhyolites, gneiss, etc...). De nombreux auteurs parlent tout simplement de substrats siliceux et ne font pas la distinction entre ceux contenant presque exclusivement de la silice ou des silicates, ou encore un mélange des deux. Une distinction s'impose lorsqu'on s'intéresse à la nutrition minérale des végétaux.

La silice (SiO_2) peut se présenter sous différentes formes cristallisées, très fréquemment sous la forme de quartz. A l'état amorphe, elle se solubilise en faible quantité mais suffisamment pour engendrer en présence d'eau, des acides siliciques dont la dissociation partielle crée une acidité, d'où le caractère plus ou moins acide des sols formés sur des substrats contenant essentiellement de la silice. L'acidité est d'autant plus marquée que le sol est caractérisé par une très faible capacité d'échange, et renferme davantage de silice (exemple: sol à base de sable quartzeux). En règle générale, plus le pH est bas, plus le complexe absorbant est désaturé et la solution du sol pauvre en cations métalliques. Ainsi s'explique le caractère plus ou moins oligotrophe des sols acides.

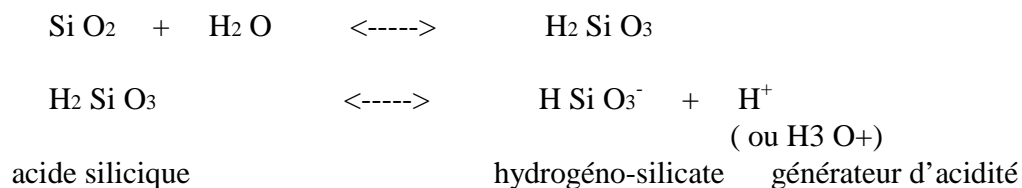
Les roches silicatées ne contenant pas de quartz ou très peu (exemples: gabbros, basaltes, etc...) induisent des sols faiblement acides où la nutrition minérale est moins mauvaise que dans le cas des sols siliceux.

Les silicates contiennent très souvent de l'aluminium et, d'une manière très variable, d'autres cations. La disposition dans l'espace du silicium, de l'oxygène, des hydroxyles (OH^-), des cations, conduit à distinguer différents types de minéraux dont l'altération peut conduire à de la silice soluble, des argiles minéralogiques et des cations. Certains de ces derniers confèrent au sol une fertilité plus ou moins marquée, sous réserve qu'ils soient représentés d'une manière équilibrée.

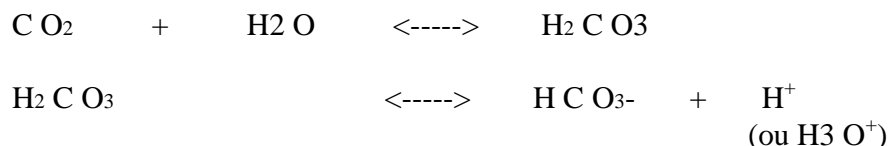
Exemple d'altération d'un minéral silicaté: feldspath potassique ou orthose



Une partie de la silice libérée induit à son tour une acidité.



Ces deux dernières réactions sont à mettre en parallèle avec:



Remarque: Lors de la solubilisation du calcaire explicitée précédemment, il ne faut pas perdre de vue qu'une partie du CO_2 dissous (d'origine atmosphérique ou issu du métabolisme des êtres vivants présents dans le sol) donne directement de l'acide carbonique qui se dissocie partiellement, et abaisse progressivement le pH de quelques dixièmes d'unité pH.

Pour mémoire, le silicium et le carbone ont des propriétés similaires (4^{ème} colonne du tableau de Mendeleïev relatif à de la classification des éléments).

En résumé, il faut retenir l'existence :

- de substrats siliceux contenant une très forte proportion de silice, notamment sous forme de quartz (grès siliceux, quartzites),
- de substrats silicatés renfermant essentiellement des silicates (gabbros, basaltes) auxquels il faut rattacher le cas particulier des argiles minéralogiques structurées en plaquettes ou fibres (kaolinite, illite, montmorillonite, attapulgite,etc...),
- de substrats silico-silicatés constitués d'un mélange de quartz et d'autres minéraux du type silicate. L'abondance et la disposition du quartz par rapport aux silicates, confèrent la dureté ou la friabilité de la roche (granite, rhyolite, micaschiste, gneiss, etc...).

1.3.2- CAS PARTICULIERS

Parfois, on est en présence de matériaux engendrés par les agents de l'érosion, et qui ont donné naissance à des sols dont les propriétés chimiques sont très différentes de celles qui auraient été induites par les roches sous-jacentes.

Exemples :

1. Placages de résidus fins (argiles, limons) ou grossiers (silex), décalcarifiés et voire même décalcifiés sur des affleurements calcaires (Monts de Vaucluse, Plateau d'Albion).
2. Placages de sédiments de nature calcaire apportés par le vent (Cap Sicié) et reposant sur un soubassement silico-silicaté.
3. Placages superficiels de terra rossa contenant peu ou pas de calcaire sur des roches calcaires, dures et mal fissurées, et apportés par le vent (Forêt Domaniale de La Gardiole, près de Cassis),
4. Placages d'éléments fins siliceux et silicatés, d'origine éolienne et posés sur certains affleurements, riches en silice, dans les massifs des Maures et de l'Estérel.
5. Placages d'éléments fins non calcaires et non saturés en ions calcium, sur des grès calcaires (versant nord de la Sainte Baume, département du Var).
6. Enrichissement en fragments de basalte de taille microscopique à macroscopique sur le versant occidental situé sous la Barre des Aiguiers de nature basaltique (Bassin du Beausset- Var).

Parmi les cas particuliers figurent aussi les affleurements de gypse et de roches métallifères. La surreprésentation des métaux qualifiés de «lourds» dans la partie du substrat explorée par les appareils végétatifs souterrains, peut conduire à une malnutrition minérale pour certaines espèces (exemple: mine de cuivre du Pradet dans le Var).

Ces cas particuliers ne couvrent pas de grandes surfaces à l'échelle de la région P.A.C.A. Pour des raisons d'ordre didactique, il est préférable de n'envisager que quatre grands types de substrats :

- à calcaire friable (marnes, marno-calcaires, calcaires marneux),
- à calcaire dur,
- à dolomie,
- à silice et / ou à silicates.

Toutefois, il faut être conscient qu'il existe également un continuum entre ces principaux substrats. En effet, on peut rencontrer des calcaires dolomitiques, des dolomies calcaires, des grès à ciment calcaire rattachés aux substrats calcaires, ou à ciment siliceux rattachés aux substrats siliceux. Certains grès siliceux peuvent contenir des feldspaths (exemple: orthose) et s'appellent alors arkoses.

Enfin, il ne faut pas oublier que sur le terrain on peut être confronté :

- à une alternance de couches ou masses géologiques d'épaisseur décimétrique, de composition chimique et de dureté différentes (exemples: alternance de bancs décimétriques de marnes, de calcaires marneux, de grès, etc...; intercalation de filons de quartzites au sein de schistes, phyllades, micaschistes ou gneiss); ainsi, à la surface de tels affleurements peut apparaître un résidu d'altération complexe conférant des propriétés particulières,
- ou encore à un changement de faciès à l'échelle métrique au sein d'une même strate ou masse géologique. Cela peut se traduire par des vitesses d'altération très différentes (exemples: poches d'altération au sein de dolomies, de granites, de gneiss, etc...).

Si on fait abstraction de cette infinité de variations au niveau des affleurements, on peut dire, en résumé, que dans des conditions thermiques (étage altitudinal de végétation) et hydriques données, ce sont les propriétés chimiques du substrat ayant un rôle majeur dans la nutrition minérale qui sont à l'origine d'une différenciation de la couverture végétale. La réponse de cette dernière aux aptitudes offertes sur le plan chimique par le substrat, est également dépendante de la disponibilité en «eau absorbable». En effet, la nutrition minérale ne peut se dérouler correctement que si le végétal dispose suffisamment d'eau, sous réserve que cette dernière contienne de l'oxygène dissous. Enfin, l'alimentation en eau et la nutrition minérale dépendent de la croissance racinaire et de la mycorhization. Ces deux dernières sont également dépendantes de la distribution spatiale de la terre fine (architecture racinaire parfois fortement imposée par les caractères génétiques).

1.4 - REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU ROLE DES FACTEURS THERMIQUES, HYDRIQUES ET NUTRITIONNELS

En résumé, à un instant «t», la couverture végétale peut être considérée comme étant le résultat des interactions thermiques, hydriques et nutritionnelles exposées précédemment. La connaissance du comportement d'un nombre suffisant d'espèces végétales supérieures par rapport à ces paramètres, permet de se situer dans un étage de végétation ou séquence thermique, dans une séquence hydrique et dans une séquence nutritionnelle.

Le rôle joué par ces trois facteurs majeurs peut être représenté d'une manière schématique (voir planches n° 1, 2 et 3) à l'aide des trois directions de l'espace attribuées comme suit :

- *axe vertical, au facteur «température», et par voie de conséquence à l'altitude,*
- *axe horizontal vu de face, au facteur «eau»,*
- *axe horizontal vu en perspective, au facteur «nutrition minérale»*

Chaque étage de végétation peut ainsi être représenté par un plan horizontal (voir planche N° 3). Dans un plan horizontal, l'axe attribué à l'eau porte une séquence hydrique subdivisée en deux ensembles de stations :

- ensemble de stations sans risque majeur d'anaérobiose, c'est-à-dire à ressuyage normal ou à eau circulante, placées à gauche, et disposées selon un gradient croissant de disponibilité en eau absorbable, de gauche à droite;
- ensemble de stations à engorgement temporaire en eau stagnante avec risque d'anaérobiose, positionnées à droite des précédentes et comprenant deux grands types :
 - XEROHYDROMORPHES à gauche,
 - HYDROXEROMORPHES à droite.

Quant à l'axe correspondant à la nutrition minérale, par souci de simplification, il peut porter les quatre types de substrats majeurs selon l'ordre suivant, à partir de l'origine du repère tridimensionnel :

- silice et/ou silicates
- dolomies
- calcaires durs
- calcaires friables

Barre des Eerins
4 102 m

ORGANISATION EN ETAGES ALTITUDINAUX

DE LA COUVERTURE VEGETALE

EN REGION Provence-Alpes-Côte d'Azur

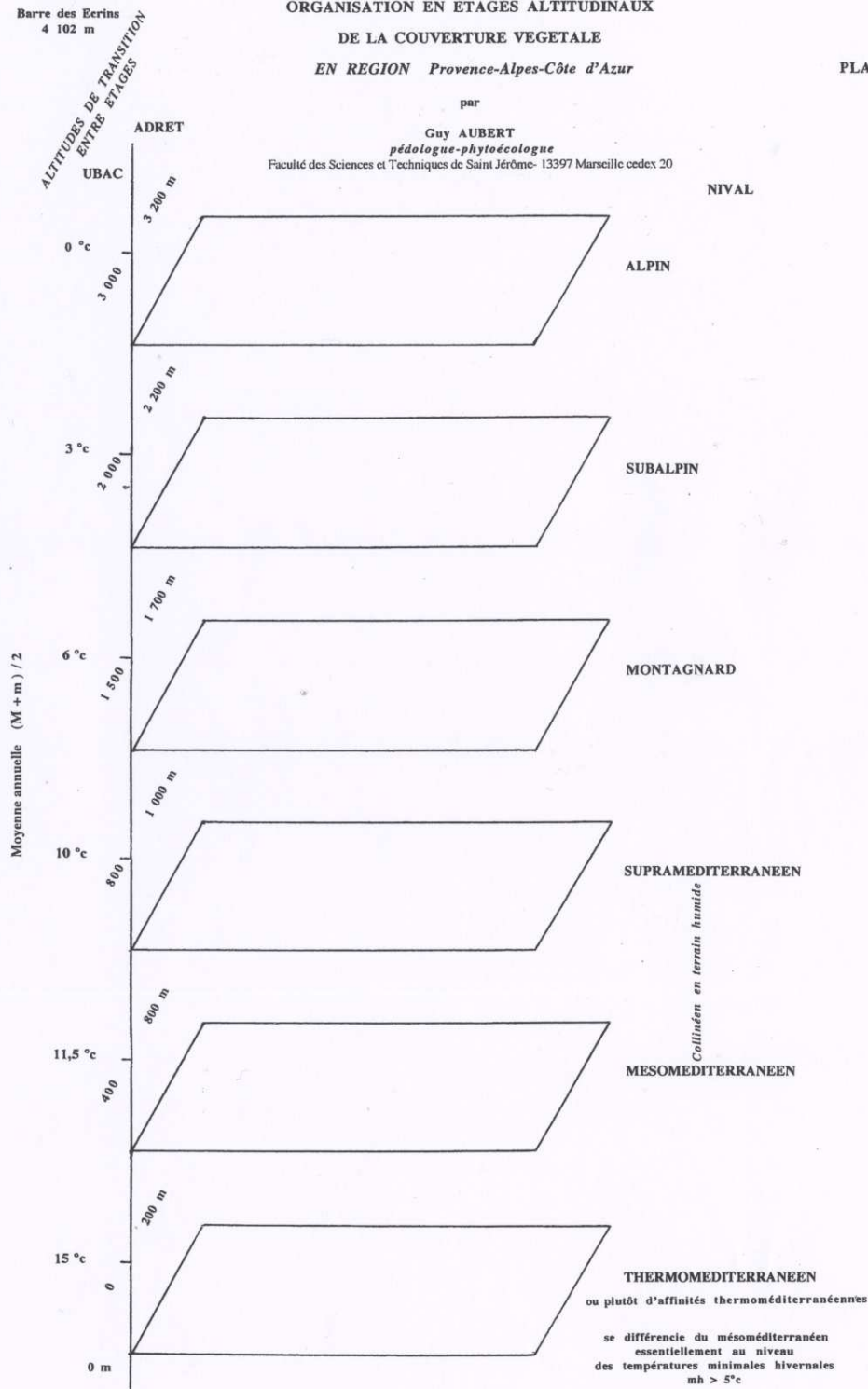
PLANCHE n° 1

par

Guy AUBERT

pédologue-phytoécologue

Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme- 13397 Marseille cedex 20



M = moyenne annuelle des maximums
m = moyenne annuelle des minimums
mh = moyenne des minimums du mois le plus froid

Certains auteurs, lors de travaux de cartographie de la végétation, ont été amenés à discerner des subdivisions en sous-étages ou encore en niveaux (inférieur et supérieur).

PLANCHE n° 2

**ORGANISATION DE LA COUVERTURE VEGETALE
DANS UN ETAGE ALTITUDINAL**

Localement, selon l'importance prise en superficie par certains affleurements géologiques, il peut être opportun de subdiviser un ou plusieurs types de substrats.

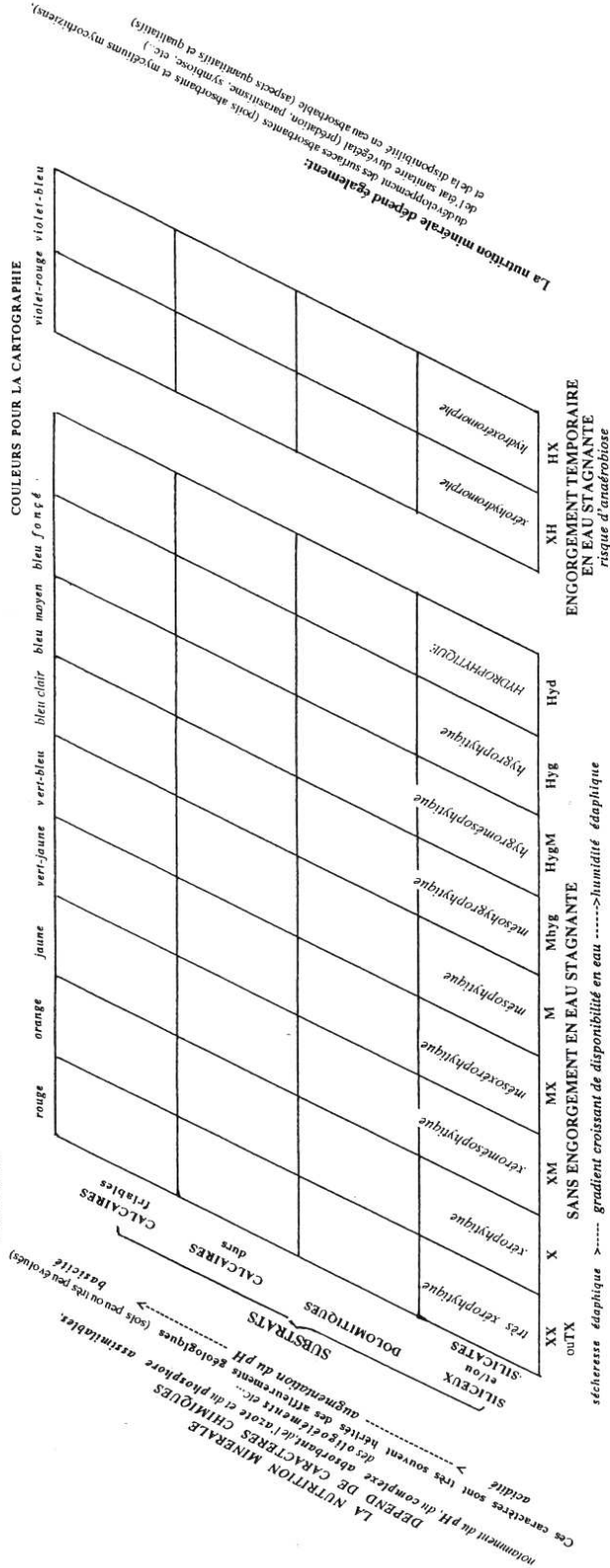
Exemples: calcaires friables: marnes très claires, marnes sombres, grès calcaires

*en fonction
des facteurs « eau » et « nutrition minérale »*

par
Guy AUBERT
pédologie-phytogéologie
Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme - 13397^o Marseille Cedex 20

substrats dolomitiques: dolomies dures, dolomies tendres ---> sables

substrats silico-silicatés: pétilles, phyllades, quartzites, rhyolites, etc....



L'ALIMENTATION EN EAU

dépend d'une multitude de caractères

topographiques: exposition, pente, position topographique (croupe, versant, piémont, fond de vallon, plateau, etc...)

géologiques: nature et structure des affleurements géologiques (circulation des eaux en surface et en profondeur)

geomorphologiques: modèle d'écoulement de l'érosion éolienne et fluviale et des canchères géologiques

climatiques: précipitations, évaporation (rôle de la température, de l'hygroscopie, de la turbulence atmosphérique et du rayonnement nocturne)

du substrat (sol et sous-sol) Interviennent dans:
l'engorgement de l'eau
canchères spaciales, durée de séjour hydrique, volume et localisation

opportunité au remplissage
la conservation de l'eau sous forme de - oxygénée (rôle de la structure et de la matière organique)

biologiques: présence d'espèces végétales à forte ou faible consommation d'eau, d'aires vivantes, consommateurs, destructeurs de canchères, mardelles, poils absorbants et champignons mycorhiziens

REMARQUE/ le facteur « eau » doit être considéré au travers de 3 paramètres (quantité, qualité et distribution dans le temps)

Le croisement des facteurs EAU et NUTRITION MINERALE portés respectivement :
sur l'axe horizontal vu de face,
et sur l'axe horizontal vu en perspective,
conduit à établir des cases.

Chaque des cases peut être assimilée à un type de station.
Une station est alors définie par les facteurs:
thermique (position dans un étage altitudinal de végétation)
et hydrique

et nutritionnel.

Un type de station peut localement présenter une ou plusieurs variantes.
Exemple: station très xérophytique suillante (suiltement temporaire consécutif à des précipitations notables et induit par la structure géologique).

ORGANISATION DE LA COUVERTURE VEGETALE
DANS UN ETAGE ALTITUDINAL

en fonction des facteurs « eau » et « nutrition minérale »

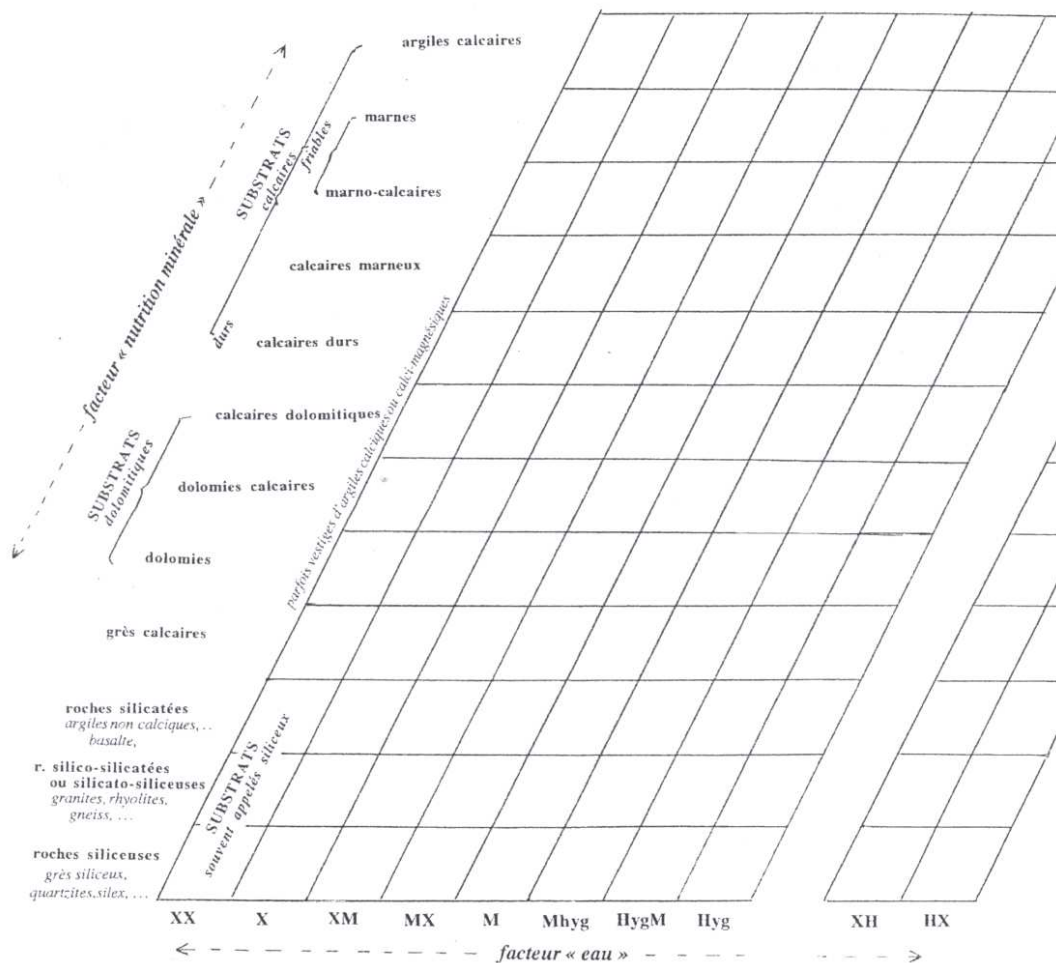
vision plus détaillée sur la nature du matériau minéral

par

Guy AUBERT

pédologue-phytoécologue

Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme 13397- Marseille cedex 20



Selon les particularités géologiques de tel ou tel territoire, on peut être amené à distinguer des variantes sur le plan trophique. En fonction de l'objectif défini dans le plan de gestion, il faut éviter de « tomber » dans un excès de variantes. Quoiqu'il en soit, il faut être conscient de l'existence possible d'une multitude de variantes pour bien saisir la différenciation de la couverture végétale.

D'autres variantes peuvent exister. On peut citer notamment :

- les placages de silex ou d'argiles décalcifiées sur calcaire dur (exemple : Plateau d'Albion aux confins des départements de Vaucluse et des Alpes de Haute-Provence),
- les placages de quartzites (exemple : massif des Maures),
- les placages de résidus d'altération sur grès calcaires qui peuvent être calcaires, calcaïques ou encore en partie décalcifiés (exemple : certains terrains du Bassin du Beausset),
- l'alternance à l'échelle métrique et voire même décimétrique de couches ou masses géologiques de dureté et de composition minéralogique différentes; selon le pouvoir exploratoire du système racinaire des espèces végétales, l'influence de l'hétérogénéité géologique pourra avoir un impact sur les aspects pris par la couverture végétale (exemples : chêne pubescent, brachypode penné, petit genêt d'Espagne).

Cet ordre correspond à un gradient croissant au niveau d'une part du pH et d'autre part de la concentration en Ca^{++} par rapport aux autres cations métalliques majeurs (Mg^{++} , K^+ et Na^+) figurant dans la solution du sol et par voie de conséquence aussi sur le complexe absorbant.

Les caractères hydriques et nutritionnels portés sur les deux axes horizontaux peuvent être croisés, ce qui conduit à la définition de cases. Chacune d'elles se trouve positionnée par rapport à un repère tridimensionnel et correspond en fait à un **type de station** défini sur les plans thermiques, hydriques et nutritionnels.

Remarque : Ici, le sens donné à la station est plus large que celui attribué à l'expression "**station forestière**" (station couverte d'un peuplement forestier) souvent utilisé par les gestionnaires forestiers.

Comme toute représentation schématique, la simplification conduit à occulter certains cas, notamment ceux en situation intermédiaire et ceux dits «particuliers». En région P.A.C.A., des variantes et des cas intermédiaires peuvent être envisagés :

- au niveau de la séquence hydrique

exemples:

- * stations très xérophytiques ou xérophytiques à suintement temporaire
- * stations mésoxérophytiques, mésophytiques et mésohygrophytiques à horizon supérieur temporairement à très temporairement saturé en eau non asphyxiante
- * stations xérohydromorphes ou hydroxéromorphes dont les substrats permettent un enracinement superficiel ou profond

- au niveau de la nature du substrat

exemples:

- * substrats siliceux et/ou silicatés : quartzites, grès siliceux purs ou enrichis de minéraux divers, micaschistes ou gneiss à forte ou faible teneur en quartz, rhyolites, basaltes, dolérites, etc...
- * substrats dolomitiques: dolomies presque pures, dolomies calcaires, calcaires dolomitiques, durs ou friables, etc...
- * grès calcaires en position intermédiaire entre les substrats siliceux et les substrats calcaires; par altération ils laissent un résidu siliceux dépourvu de CaCO_3 et plus ou moins appauvri en Ca^{++} .

La couverture végétale en un point donné et perçue à un instant «t», est dans bien des cas, soumise à une évolution dont la vitesse peut être très variable. Cette évolution est sous la dépendance de facteurs qui peuvent être autres que ceux évoqués précédemment. Ils vont faire l'objet d'un développement dans le paragraphe suivant.

2- DIFFERENCIATION DANS LE TEMPS

Lorsque le paramètre «temps» est considéré, la couverture végétale paraît subir une évolution sous l'influence des facteurs biotiques et des cataclysmes naturels. Celle-ci s'accompagne d'une part de processus pédogénétiques, et d'autre part de modifications microclimatiques et pédoclimatiques. Ces phénomènes agissent en retour sur la végétation.

2.1- PHENOMENES ENGENDRES PAR LES FACTEURS BIOTIQUES ET LES CATACLYSMES NATURELS

2.1.1- SUCCESSIONS VEGETALES

La couverture végétale d'une surface donnée n'est pas figée comme un tableau ou une photographie de paysage, même là où l'œil humain ne perçoit pas de différences à l'échelle des décennies. Dans ce dernier cas, la physionomie globale ne change pas, mais une observation détaillée conduit à constater que des individus de telle ou telle espèce dégènèrent, meurent et sont remplacés par de nouveaux.

Que la transformation du couvert végétal soit spectaculaire ou passe inaperçue, elle reste sous la dépendance des facteurs biotiques et des perturbations causées par les cataclysmes naturels (glissement de terrain, éboulement, raz de marée, incendie, ravinement, inondation, avalanche, chablis, tornade, etc...). dont les manifestations impliquent le facteur «temps».

Sous l'appellation «facteurs biotiques» sont réunies les interactions entre les êtres vivants aussi bien végétaux qu'animaux (compétition intraspécifique et interspécifique, symbiose, parasitisme, prédation, mais aussi la pression des animaux sur les végétaux, notamment celle exercée par les consommateurs primaires, eux-mêmes dépendants de leurs concurrents, de leurs prédateurs et de la configuration des chaînes alimentaires dans lesquelles ils sont impliqués).

Parmi les facteurs biotiques figure aussi l'homme en tant qu'être vivant, qui par ses actions directes ou indirectes, anciennes ou récentes, a façonné à des degrés divers le couvert végétal et son cortège faunistique.

Une terre agricole abandonnée ou encore une surface affectée d'un éboulement, d'une avalanche ou d'une crue dévastatrice, sont colonisées par des espèces végétales dites «pionnières», remplacées progressivement par d'autres. Au fil des décennies, le couvert végétal peut passer par différents stades physionomiques: herbacés, suffrutescents, arbustifs, arborescents. Chacun de ces stades peut subir un changement au niveau de sa composition floristique dominante par le recouvrement (exemples: une cistaie peut céder la place à une spartiaie à *Spartium junceum*, une pinède peut être progressivement remplacée par un bois de feuillus).

Au Néolithique, l'homme devenu agriculteur et éleveur a profondément bouleversé le couvert végétal primitif et son cortège faunistique, installés après la dernière glaciation. La succession des différentes phases de civilisation et les fluctuations au niveau des populations humaines (guerres, épidémies) ont été à l'origine de pressions anthropiques variables dans le temps et dans l'espace. Les grands reboisements contemporains des travaux de Restauration de Terrains en Montagne (R.T.M.) et les plantations postérieures à la dernière guerre mondiale, ont ou vont changer au sein de certains territoires, l'aspect de la couverture végétale.

Les phytosociologues ont décrit des groupements végétaux ou associations végétales correspondant à certaines étapes de l'évolution et qui leur paraissaient offrir un intérêt sur le plan floristique. Il faut être conscient qu'entre ces étapes décrites, existe une multitude de groupements végétaux ou encore un continuum qui n'ont pas été considérés parce qu'ils ont été perçus comme «bâtards» et qu'ils ne se prêtaient pas à l'établissement d'un ensemble de relevés phytosociologiques suffisamment homogènes, condition nécessaire pour décrire par voie statistique une association végétale.

Lors de la description de nouvelles associations végétales, ce qui a été notamment le cas à une époque où la phytosociologie était « à la mode », le phytosociologue a choisi sur le terrain des surfaces qui floristiquement lui paraissaient intéressantes et avaient beaucoup de points communs.

Quoiqu'il en soit, sur le terrain, on est souvent confronté à des couvertures végétales dont l'état ne permet pas de retrouver aisément certaines associations végétales décrites par tel ou tel auteur. Fréquemment, on est en présence de mélanges d'associations végétales parce que :

- soit la surface considérée possède une forte hétérogénéité stationnelle à l'échelle métrique, notamment sur le plan édaphique,
- soit un groupement végétal est en voie de remplacement par un autre.

En région P.A.C.A., il faut bien se rendre compte que les études phytosociologiques n'apportent pas beaucoup d'éléments à l'aménagiste qui doit prendre en compte la couverture végétale dans sa totalité, et qui n'a pas reçu une formation suffisante et adaptée à la lecture de celle-ci.

Dans la majorité des cas, quand on est amené à considérer la totalité de la couverture végétale dans le cadre d'un aménagement, on peut retrouver ponctuellement des groupements végétaux rappelant telle ou telle association végétale décrite, mais entre ces «points» s'étendent souvent de grandes surfaces où la végétation paraît «bâtarde» par rapport à des unités phytosociologiques proposées par les phytosociologues. Ainsi, en région méditerranéenne où la dynamique de la végétation affecte de grandes surfaces, la phytosociologie n'apporte pas à l'aménagiste l'aide escomptée, ce qui explique le désarroi de certaines personnes lorsqu'elles arrivent en région P.A.C.A. avec des préjugés positifs vis-à-vis de la phytosociologie, acquis au cours de leur formation initiale ou continue. Cette formation a souvent été donnée par des intervenants ayant peu d'expérience sur le terrain, notamment dans le domaine de l'aménagement des espaces à végétation spontanée, et qui ont pris pour parole d'évangile ce qui a été écrit par telle ou telle personne souvent munie de pouvoir de décision et par voie de conséquence de pression.

De même au niveau des scénarios relatifs à la dynamique de la végétation et conçus il y a plusieurs décennies, des réserves doivent être émises. En effet, avec l'accroissement des connaissances et un recul suffisant dans le temps, on constate la manifestation de phénomènes auxquels on n'avait pas prêté d'importance ou que l'on n'avait pas perçus.

Exemples :

1. Invasion d'une partie de la vieille forêt de la Sainte Baume (Var) par le houx et l'if, dont la densité élevée peut compromettre localement en l'absence de chablis, la pérennité de ce qui a été décrit comme «climacique», voire même par certains comme «relictuel».
2. Prolifération du laurier-tin ou du *Phillyrea media* dans le sous-étage de certains taillis de basse altitude.
3. Bourrage de certains peuplements de chênes-lièges par le maquis dense à arbousiers et bruyères arborescentes dans les massifs des Maures et de l'Estérel.
4. Invasion des vieux taillis de chênes, plus particulièrement de chênes pubescents, par le buis.

5. Invasion par le lierre du sous-étage forestier, à la surface du sol mais aussi au niveau des troncs et des houppiers. Certaines formations arborescentes vieillissantes sont fortement agressées.

Ainsi, en l'absence de dégradation, certains stades ultimes de la dynamique de la végétation considérés comme «climax», doivent être vus d'une autre manière. Malheureusement, l'absence de témoins nettement plus âgés, la probabilité de phénomènes écologiques nouveaux (notamment intervention de la faune), conduisent à n'émettre que des hypothèses.

Après les réserves émises sur l'utilisation des connaissances relatives à la description et à la dynamique de la végétation, il faut revenir au rôle des facteurs biotiques et des catastrophes naturelles dans la différenciation de la couverture végétale. De nos jours que constate-t-on d'une manière générale ? En dehors des conditions stationnelles drastiques telles que celles existant au niveau des falaises, des vires et croupes rocheuses, des chaos, des dalles dures à pendage conforme et décapées par les agents de l'érosion, le couvert végétal subit une évolution qui est progressive en l'absence d'effet dégradant, et régressive si un facteur destructeur s'intensifie (exemples : passage trop fréquent des incendies, surpâturage).

2.1.2 - PHENOMENES PEDOGENETIQUES

En présence d'une végétation pérenne, figée ou en cours d'évolution progressive, le substrat (sol et sous-sol) subit des modifications liées à :

- une accumulation de matière organique inerte,
- des phénomènes physiques relativement rapides,
- des phénomènes physico-chimiques relativement lents.

2.1.2.1 - EFFET DE L'ENRICHISSEMENT EN MATIERE ORGANIQUE INERTE

A l'échelle des décennies et encore plus à l'échelle des siècles, la permanence d'un couvert végétal induit un enrichissement en matière organique inerte. Cette dernière peut s'accumuler à la surface du sol (litière) et/ou dans les couches supérieures du sol proprement dit (horizons organo-minéraux). Suite à des processus de transformation, cette matière organique subit en partie une minéralisation, et en partie une humification. L'humus mis en place présente des propriétés dépendantes du type de végétation, mais aussi des caractères stationnels : thermiques, hydriques et chimiques, jouant un rôle dans l'activité de la mésofaune et des microorganismes relevant des règnes végétal et animal.

En règle générale, pour une couverture végétale similaire, les sols de montagne sont plus riches en humus que ceux des basses collines (inhibition de la transformation de la matière organique inerte par des températures fréquemment basses). Pour une altitude et une exposition données, les stations sèches recèlent de la matière organique peu évoluée (humus brut), alors que les stations humides renferment un humus souvent mieux transformé si aucune contrainte majeure se manifeste (exemples: nature des débris, forte acidité, etc...), car l'eau est indispensable aux processus biologiques.

En région méditerranéenne, la jeunesse des sols associée souvent à une végétation peu ou pas évoluée, place en arrière-plan le rôle de l'humus au niveau stationnel. Les conséquences de l'accumulation de matière organique peuvent être diverses. Trois exemples seront ci-après exposés :

1. EFFET D'INTERCEPTION DE LA LUMIERE PAR LA LITIERE

Parfois les débris organiques issus de la couronne des arbres s'accumulent sur des espèces suffrutescentes ou frutescentes (apparition d'une litière «aérienne»), interceptant une forte proportion du rayonnement solaire, et induisant la dégénérescence des espèces végétales recouvertes.

Exemples:

- litière épaisse de chênes pubescents sur *Genista hispanica*
- litière d'aiguilles de pins d'Alep sur *Ulex parviflorus* ou *Rosmarinus officinalis*

2. EFFET SUR LA COMPOSITION FLORISTIQUE DU SOUS-BOIS D'UNE FORET

Selon la nature et l'abondance de l'humus mis en place, les espèces végétales qui s'installent dans le sous-bois d'une forêt, peuvent être différentes.

Exemples:

- installation de piroles sur l'humus acide et peu évolué résultant de la transformation de débris organiques engendrés par des pins (pin sylvestre, pin noir d'Autriche),
- mise en place d'un cortège floristique relativement diversifié sous le couvert de chênes verts (chênaie verte séculaire de La Chartreuse de La Verne dans le massif des Maures) ou de feuillus divers pluriséculaires (vieille forêt de la Sainte Baume).

3. EFFET SUR LES APTITUDES A L'ENRACINEMENT, A L'ALIMENTATION EN EAU ET A LA NUTRITION MINERALE

L'accumulation de matière organique sous la forme d'humus peu ou bien évolué, a pour effet :

- près de la surface du sol:
 - * d'accroître:
 - . le volume :
 - . du substrat prospectable par les racines,
 - . du réservoir hydrique,
 - . la masse d'éléments minéraux nutritifs (rôle du cycle biogéochimique)
 - * de modifier le pH
 - exemple : apparition d'un humus acide sous conifères, remplissant les interstices entre les cailloux et les blocs calcaires localisés à la surface du sol
- en profondeur, d'améliorer le bilan hydrique (remplissage du réservoir hydrique et conservation de l'eau)

2.1.2.2- EFFET DE L'ALTERATION PHYSIQUE ET RAPIDE DU SUBSTRAT

L'altération physique (décompactage, fragmentation) est en règle générale plus rapide que l'altération chimique. Si elle s'effectue avec une vitesse relativement grande (cas de certains grès, schistes, micaschistes, gneiss, marnes, etc...), à l'échelle d'un demi-siècle ou d'un siècle, le sol peut s'épaissir notablement, ce qui améliore bien sûr l'exploration racinaire et le volume du réservoir hydrique. Dans de telles circonstances, on peut passer d'un type de station défini sur le plan hydrique à un autre. Le phénomène inverse peut avoir lieu dans le cadre d'une évolution régressive.

2.1.2.3- EFFET DES PROCESSUS PEDOGENETIQUES RELATIVEMENT LENTS

Les processus pédogénétiques relativement lents concernent bien sûr une altération physique inhibée par une grande dureté de la roche jouant le rôle de roche mère, mais aussi des phénomènes de nature chimique tels que la décalcification, la décalcification, le lessivage ou illuviation des argiles, ou encore la podzolisation. Ce sont des processus dont l'impact sur la couverture végétale ne peut être notable qu'au bout d'un à plusieurs siècles au moins, en raison surtout de la jeunesse plus ou moins marquée de la plupart des sols actuels. Parmi les phénomènes pédogénétiques relativement lents, peuvent être aussi considérés les déplacements de matière fine vers le haut par les animaux tels que les lombrics, les fourmis, les taupes, les campagnols, etc...

Dans le cadre de l'aménagement d'espaces à végétation spontanée, la considération de tels phénomènes n'est pas prioritaire. Toutefois, ils ne doivent pas être ignorés si une réflexion est engagée sur un aménagement à long terme.

2.1.3 - MODIFICATIONS MICROCLIMATIQUES ET PEDOCLIMATIQUES

Une couverture végétale pérenne qui se densifie et gagne en hauteur (exemple: évolution vers un stade arbustif ou forestier), contribue à faire apparaître en sous-étage et près de la surface du sol, un microclimat caractérisé par :

- une atténuation des amplitudes thermiques et hygrométriques,
- un affaiblissement des turbulences atmosphériques,
- un relèvement du taux moyen de l'humidité relative,
- une atténuation de l'évaporation et de l'évapotranspiration (apparition d'espèces végétales exigeant une atmosphère fréquemment humide; exemple : *Brachypodium silvaticum*)
- une luminosité moins intense et modifiée dans sa composition spectrale, propice à des espèces dites «sciaphiles».

Lorsque l'interception de la lumière est trop importante (exemples: sous-étage de chênaie verte très vigoureuse et relativement jeune, sous couvert de peuplements denses d'ifs, de houx, d'arbousiers, de bruyères arborescentes, de chênes kermès, etc...), la ou les strates basses sont floristiquement très pauvres.

Quand les houppiers ne sont plus jointifs suite à une dégénérescence imposée par le vieillissement, ou par des mutilations consécutives à d'abondantes chutes de neige (exemple: chênaie verte séculaire de La Chartreuse de La Verne, dans le massif des Maures), l'enrichissement floristique peut se manifester suite à un meilleur éclaircissement. Selon les peuplements arborescents ou même arbustifs, on peut observer une redistribution spatiale des eaux de précipitations sous l'effet de l'architecture prise par les appareils végétatifs aériens (concentration des eaux à la périphérie des houppiers par effet de parapluie, ou près de la base du tronc par effet d'entonnoir).

L'effet de couverture créé d'une part, par la partie aérienne des végétaux dits «supérieurs», et d'autre part, par l'atmosphère comprise entre la surface du sol et le toit de la strate la plus haute et la plus dense, modifie le régime thermique et hydrique des premiers décimètres du sol (pédoclimat).

*

* *

En résumé, au niveau d'une station définie à un instant «t», sur les plans thermique, hydrique et nutritionnel, le facteur «temps» permet de saisir la manifestation :

- des interactions biotiques et éventuellement des cataclysmes naturels; le couvert végétal peut alors se transformer dans une séquence évolutive soit progressive, soit régressive; en conséquence un type de station peut porter différentes végétations;
- de phénomènes pédogénétiques, qui dans le sens d'une évolution progressive, se traduisent par :

- * un enrichissement en matière organique inerte sous forme:

- . d'un dépôt superficiel (litière, humus brut, exsudats),
- . d'une incorporation dans les horizons minéraux supérieurs (substances organiques quittant la litière et migrant dans l'horizon minéral sous-jacent, appareils végétatifs souterrains en décomposition, humus lié ou non aux argiles minéralogiques, pluviolessivats),

- * un épaissement du sol et une augmentation du volume de terre prospectable par les organes souterrains, suite à une altération de nature physique, chimique et biotique du sous-sol,

- * une élévation de la teneur en éléments minéraux assimilables dans les horizons supérieurs (minéralisation de la matière organique, cycle biogéochimique),

- * un déplacement de matière:

- . soit de haut en bas (per descensum) sous l'effet des eaux d'infiltration,
- . soit latéralement sous l'action des eaux de ruissellement ou circulant en profondeur,
- . soit de bas en haut (per ascensum) sous l'influence de remontées capillaires ou de l'activité d'animaux fouisseurs tels que les lombrics, les fourmis, les taupes, les campagnols, etc...

- de modifications microclimatiques et pédoclimatiques affectant respectivement la couche de l'atmosphère proche de la surface du sol et le substrat (sol et sous-sol). Ces modifications se caractérisent par :

- * une atténuation des amplitudes thermiques, hygrométriques (air) et hydriques (sol),
- * un relèvement de l'hygrométrie moyenne de l'air enveloppant la biomasse végétale aérienne,
- * une interception partielle de la lumière solaire se traduisant dans les strates végétales inférieures par :
 - une atténuation de l'intensité lumineuse,
 - et une modification de la composition spectrale,
- * une redistribution spatiale des eaux de précipitations imposée parfois par l'architecture des appareils végétatifs aériens.

Les phénomènes précédemment évoqués, déterminés initialement par les facteurs biotiques et éventuellement par les cataclysmes naturels, peuvent s'inscrire dans une évolution progressive ou régressive par rapport à certains critères retenus.

2.2 - REPRESENTATION SCHEMATIQUE DU ROLE DES FACTEURS BIOTIQUES ET DES CATACLYSMES NATURELS

Au sein d'une case ou station choisie dans un étage, on peut disposer de deux nouveaux axes horizontaux que l'on attribuera comme suit :

- axe horizontal vu en perspective, à la **succession de groupements végétaux** s'inscrivant dans une séquence soit progressive (en partant de l'origine des deux axes), soit régressive (en sens inverse), et induite par les interactions au niveau des êtres vivants (homme compris) , ou par des cataclysmes naturels ;
- axe horizontal vu de face, au facteur «**accumulation de matière organique inerte**», considéré sous ses aspects quantitatifs et qualitatifs.

Si la couverture végétale reste figée au stade herbacé ou suffrutescent (exemples : pelouses steppiques, formations basse à chamaephytes xérophytiques, installées sur des sols superficiels reposant sur une dalle très mal fissurée), la matière organique d'origine épigée ou hypogée se concentre jusqu'à ce que les apports annuels soient compensés par les décompositions (minéralisations) annuelles.

S'il y a possibilité d'une succession de groupements végétaux vers des stades arbustifs ou arborescents (transformation de la composition floristique et de l'organisation verticale du couvert végétal), en plus de la mise en place de la matière organique inerte, plus ou moins évoluée, se manifeste une modification microclimatique et pédoclimatique. Sur le schéma synthétique, cette dernière peut être positionnée parallèlement à la dynamique végétale, c'est-à-dire sur l'axe horizontal vu en perspective. La manifestation simultanée des phénomènes portés par les deux axes horizontaux, peut être schématisée par la résultante de deux vecteurs positionnés chacun sur un axe.

Si le sous-sol s'altère assez rapidement, le sol peut parallèlement s'épaissir et acquérir globalement de meilleures propriétés au niveau de l'alimentation en eau (accroissement du volume du réservoir hydrique, et éventuellement meilleure conservation de l'eau suite à un ralentissement de l'évaporation si le couvert végétal s'y prête). Ainsi, une station peut évoluer positivement sur le plan hydrique.

De même avec le temps, les propriétés chimiques du sol peuvent se modifier (exemples: décalcarification, décalcification, acidification, lessivage ou destruction des argiles minéralogiques). Un type de station défini sur le plan de la nutrition minérale peut évoluer vers un autre type.

Les phénomènes évoqués précédemment peuvent se dérouler en sens inverse en présence d'une évolution régressive du couvert végétal.

Au niveau des grilles de stations (voir modèles), la translation d'un type de station vers un autre type, peut être activée à la fois par la disponibilité en eau absorbable et par la nutrition minérale. Très souvent, le mouvement est déclenché en premier lieu par le facteur « eau ». La nutrition minérale impliquant un temps plus long pour se modifier, n'intervient qu'ultérieurement dans la dynamique stationnelle.

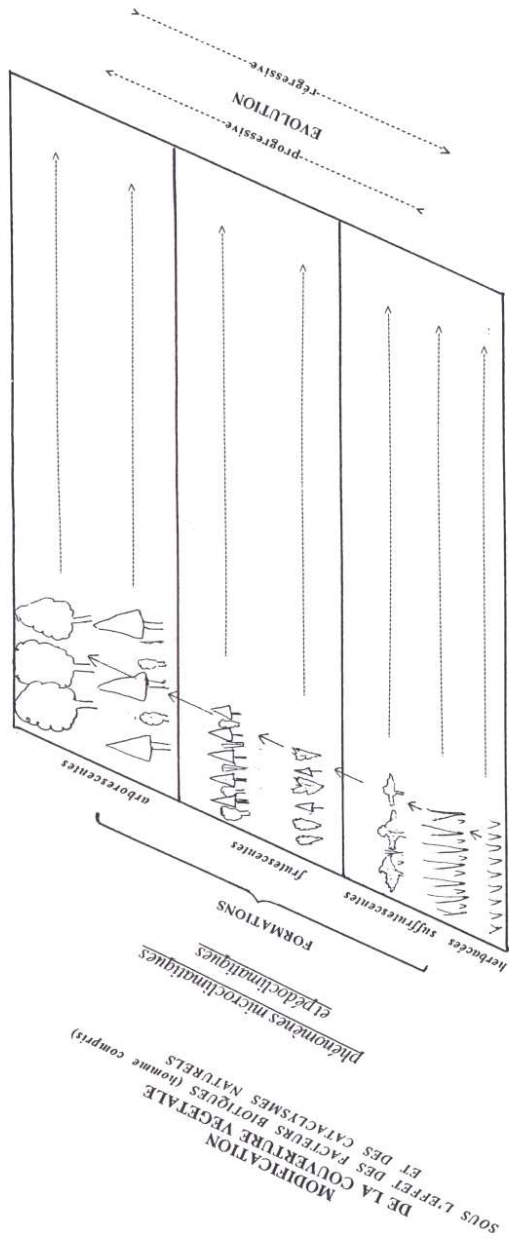
Dans le cadre d'un aménagement, il est bon de savoir si les stations présentes sont relativement stables à l'échelle de vie humaine ou de plusieurs siècles, ou bien si elles peuvent subir rapidement des modifications allant dans le sens d'un gain de fertilité. Il faut être conscient du concept de dynamique stationnelle. Sur un territoire donné, les caractères stationnels peuvent évoluer avec des vitesses variables d'un point à un autre. Une station peut céder la place à une autre selon un temps très variable en fonction notamment de l'altérabilité du substrat et de la dynamique végétale.

ROLE DU FACTEUR TEMPS
DANS UNE STATION

PLANCHE n°4

par
Guy AUBERT
pédologie-phytécologie

Faculté des Sciences et Techniques de saint Jérôme - 13397 Marseilles cedex 20



CONSEQUENCES ENGENDREES PAR UNE EVOLUTION PROGRESSIVE

- Effets du couvert végétal :
- modification du microclimat et du pédoclimat
 - rôle de la croissance et du renouvellement des appareils végétatifs souterrains sur les processus pédogénétiques
- Effets de l'accumulation de matière organique inerte :
- m.o. d'origine épigée
 - litère au sol (effets sur les échanges hydriques entre l'atmosphère et le sol, effets biochimiques: minéralisation et humification)
 - m.o. d'origine hypogée (mise en place de canalicules, de galeries améliorant la circulation des fluides, meilleure minéralisation et humification par rapport à la litère)

Les phénomènes précédemment évoqués contribuent à leur tour à induire des modifications au niveau de la couverture végétale (exemples: flore scapabile, flore liée au type d'humus, flore liée à un microclimat relativement humide).

Sous un couvert végétal non affecté de phases de dégradation, les modifications engendrées par le facteur temps peuvent se dérouler avec des vitesses très différentes:

Exemples: - évolution apparemment imperceptible à l'échelle de vie humaine, sur affleurements de roches très dures et dépourvus de sols épais

- évolution relativement rapide sur substrat très allévable.

Dans le deuxième cas les modifications microclimatiques, pédologiques et nutritionnelles conduisent à un gain de fertilité et au passage d'un type de station à un autre type de station.

Localement, sous couvert forestier relativement âgé, à base de feuillus et dont les feuilles se décomposent assez rapidement sous l'effet de la faune (lombrics) et des microorganismes, la partie supérieure du sol se trouve enrichie en éléments minéraux nutritifs pour les végétaux supérieurs (eutrospation).

En présence d'une luminosité suffisante (éclaircissement des houppiers par dégénérescence de branches ou par cassures causées par des chutes de neige lourde), le tapis herbacé peut de venir exubérant et s'opposer alors à la régénération de certaines essences. Le phénomène de chablis en modifiant les propriétés des couches supérieures du substrat (souches soulevées), peut créer des conditions propices pour lever ce dernier obstacle.

V - CONCLUSION

Suite aux propos développés précédemment, la différenciation de la végétation continentale, terrestre et spontanée de la région P.A.C.A., conduit à dissocier deux grands ensembles :

- **ensemble de terrains salés** se subdivisant en deux sous-ensembles:

côte rocheuse et côte basse.

Le deuxième se subdivise à son tour en deux unités:

- unité comportant des sols plus ou moins salés dans toute l'épaisseur,
- unité relative aux sols plus ou moins salés en profondeur, mais très peu ou pas salés en surface,

- **ensemble de terrains non salés** ou pratiquement pas salés dans toute leur épaisseur.

Le premier ensemble apparaît sous la forme soit d'un étroit liseré sur le littoral rocheux, soit de surfaces plus ou moins massives et relativement étendues à la faveur de plaines alluviales côtières (exemples: Camargue, embouchure de l'Arc, du Gapeau, de l'Argens, etc...).

Le deuxième ensemble par sa très grande extension, est celui qui est très fréquemment considéré dans les aménagements dans lesquels s'inscrit la couverture végétale spontanée. Le présent document lui a consacré une large place, et la conclusion générale rappellera schématiquement comment se différencie sa couverture végétale spontanée sous l'influence des facteurs du milieu.

Le diagramme synthétique proposé sur la planche N° 5, a pour objectif de faciliter la mémorisation des faits majeurs. Sa lecture et sa compréhension seront facilitées si on suit un ordre décroissant dans l'importance du rôle exercé par les facteurs majeurs. Cet ordre se présente comme suit:

- Le facteur «**température**» dépend surtout de l'altitude et de l'exposition, mais aussi de la pente, de l'environnement topographique et de la situation géographique, notamment par rapport à la mer. Il est à l'origine des étages **altitudinaux** ou thermiques.

- Le facteur «**eau**» résulte d'une multitude d'actions exercées par les caractères:

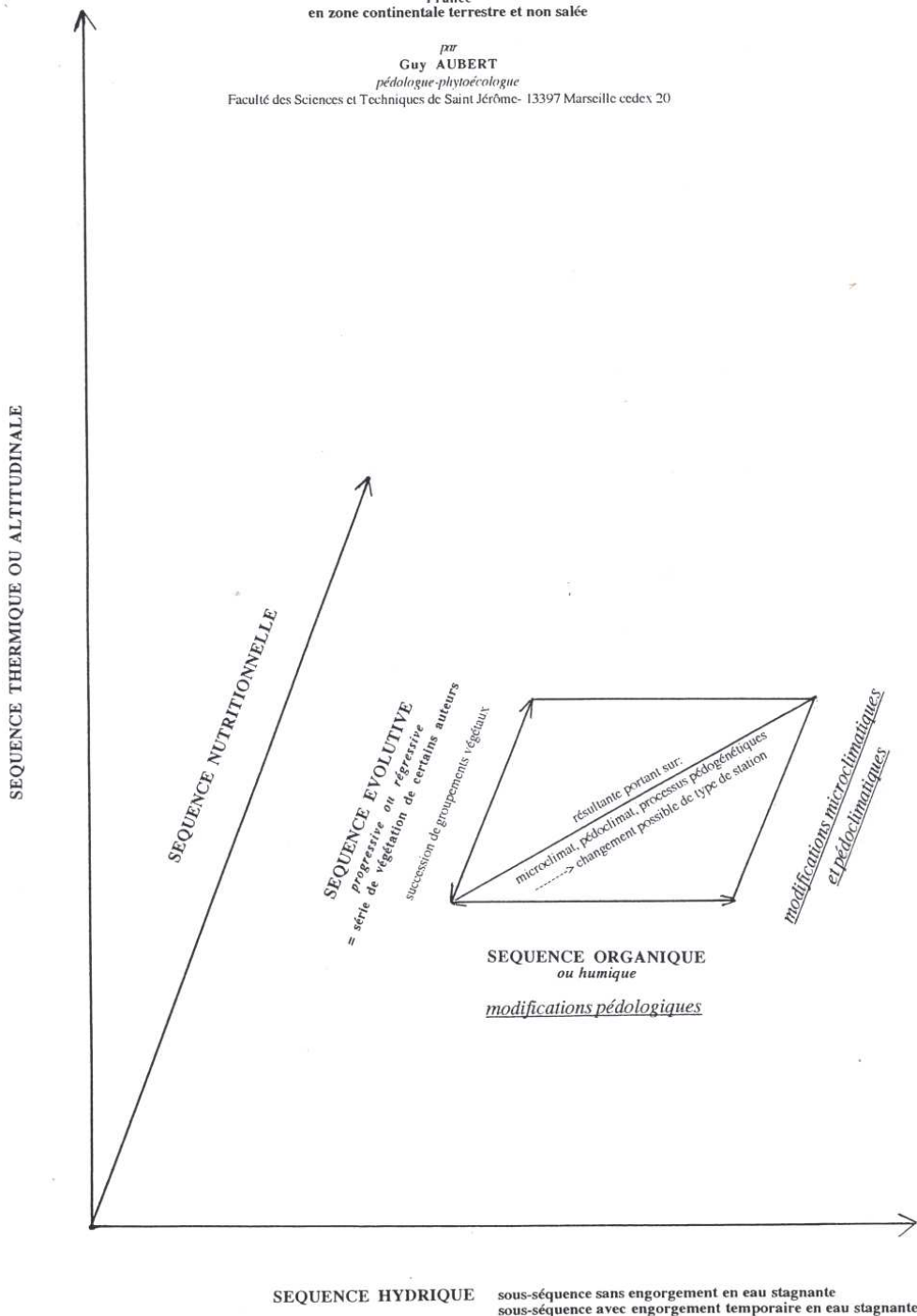
- * topographiques : pente, position topographique,
- * géologiques : nature et disposition des masses géologiques (structure géologique),
- * géomorphologiques : modelé du relief induit d'une part, par les caractères géologiques, et d'autre part, par les agents de l'érosion au cours des différentes périodes géologiques et historiques,
- * climatiques: précipitations, évaporation (turbulence atmosphérique et température et état hygrométrique),
- * édaphiques :
 - . caractères physiques du substrat intervenant dans l'emmagasinement et la conservation de l'eau (aspect quantitatif),
 - . caractères physiques, chimiques et biochimiques du substrat conduisant à une aérobiose ou à une anaérobiose (aspect qualitatif),
- * biotiques: prélèvement d'eau dans le sol par les végétaux en fonction de la localisation de leurs racines et de leur période d'activité.

VUE SYNTHETIQUE
 SUR L'ORGANISATION DE LA COUVERTURE VEGETALE

PLANCHE n°5

en séquences
 EN REGION *PROVENCE- ALPES- COTE D'AZUR*
 France
 en zone continentale terrestre et non salée

par
 Guy AUBERT
 pédologue-phytoécologue
 Faculté des Sciences et Techniques de Saint Jérôme- 13397 Marseille cedex 20



- Le facteur «**nutrition minérale**» englobe l'ensemble des propriétés chimiques du substrat intervenant à des degrés divers dans la composition de la solution du sol. Vu la très forte fréquence de sols peu évolués, les propriétés chimiques sont encore fortement influencées par le matériau originel (calcaire, dolomitique, siliceux et/ou silicaté).
- Les facteurs «**biotiques**» et les «**cataclysmes naturels**» sont responsables d'une transformation du couvert végétal. Celle-ci est très lente ou imperceptible à l'échelle de vie humaine, ou alors rapide quand on est d'une part, en présence de substrats relativement bons (alimentation en eau et nutrition minérale satisfaisantes), et d'autre part, non confronté à l'existence d'une faune fortement perturbatrice : dégradation physique, consommation de la biomasse végétale. La transformation de la couverture végétale déclenche à son tour, des modifications au niveau du substrat (sol et sous-sol) et du microclimat. Ces dernières, par effet de réciprocité, agissent sur la végétation.

Selon la manière dont s'exercent les facteurs biotiques et les cataclysmes naturels, la transformation de la couverture végétale peut se dérouler dans un sens progressif ou régressif.

Les sols méditerranéens qui ont subi une longue et intense érosion, se sont trouvés pratiquement dépourvus d'humus. Le passage répété des incendies conduit au même résultat. Ce n'est qu'au bout de plusieurs décennies au moins, que le sol recouvert d'une végétation pérenne parvient à recouvrir une certaine teneur en humus. En région méditerranéenne, l'état actuel de la plupart des sols fait que l'humus n'est pas un caractère discriminant primordial dans la description d'un milieu, d'une station. L'humus apparaît comme une conséquence de l'action des facteurs biotiques. Dans le diagramme synthétique proposé, il ne vient qu'après les caractères thermiques, hydriques et nutritionnels. Par contre dans les autres régions de France, non soumises au climat méditerranéen, il est souvent conseillé aux forestiers de faire appel à l'humus pour caractériser une station forestière.

En bref, sur le diagramme synthétique proposé, on retiendra l'existence de quatre séquences majeures (séquence = succession d'éléments ordonnés) :

- **séquence thermique** sur l'axe vertical
- **séquence hydrique** sur l'axe horizontal vu de face
- **séquence nutritionnelle** sur l'axe horizontal vu de biais,
- **séquence évolutive** à l'intérieur d'une case ou station, pouvant être décomposée en :
 - * une **sous-séquence dynamique** au niveau de la **végétation** (axe horizontal vu de biais), correspondant au concept de **série de végétation**, proposé par certains auteurs,
 - * une **sous-séquence dynamique** au niveau du **substrat** (sol et sous-sol) pouvant se traduire en premier lieu par un enrichissement en humus brut ou évolué, et en second lieu par divers phénomènes pédogénétiques autres, tels que: épaissement du sol par altération du sous-sol, lessivage des argiles, remontée de particules fines par les lombrics, décalcarification, décalcification, etc...

Au sein de stations relativement bonnes, une évolution progressive du couvert végétal peut conduire à une modification à la fois du pédoclimat et du microclimat près de la surface du sol. Celle-ci est liée à la dynamique de la végétation.

Quand les phénomènes pédogénétiques prennent de l'ampleur, la station initialement considérée se transforme progressivement en une autre station. Ce passage peut se dérouler :

- soit à l'intérieur de la séquence hydrique (exemple : une station xérophytique peut devenir xéromésophytique),
- soit à l'intérieur de la séquence nutritionnelle (exemple: un sol brun calcique (calcisol) peut devenir un sol brun acide (brunisol oligosaturé) par décalcification,
- soit dans les deux à la fois.

Le «glissement» d'une station vers un autre type de station peut se dérouler dans un sens soit progressif, soit régressif selon l'action provoquée par les facteurs biotiques ou les cataclysmes naturels.

La représentation schématique de la différenciation de la couverture végétale en terrain non salé, comme tout autre schéma, fait ressortir les faits majeurs et occultent les cas particuliers. Le lecteur de ce document doit être conscient de cette insuffisance et avoir à l'esprit l'existence de cas particuliers tels que ceux qui ont pu être évoqués.

Le caractère figé ou la rapide évolution d'une station peut avoir des conséquences :

- d'une part sur les autres stations toutes proches,
- et d'autre part sur les habitats (habitat = station + êtres vivants).

La gestion d'un territoire tant au niveau de sa couverture végétale qu'au niveau de ses habitats, ne peut se dérouler avec le moins d'erreurs possibles que si on dispose d'un minimum de connaissances portant sur la différenciation de la végétation dans l'espace et dans le temps sous l'action conjuguée de nombreux facteurs du milieu.

Quelques références bibliographiques

- AUBERT G. -1976-
Les Ericacées en Provence (répartition, édaphologie, phytosociologie, croissance et floraison).
Thèse d'Etat. Fac. Sc.et Tech. St. Jérôme, Marseille, 286 p. et annexes.
- AUBERT G. -1976-
Etude édaphique de certains groupements végétaux de Provence.
Fac. Sc. et Techn. de St Jérôme, Marseille, 275 p.
- AUBERT G. -1977-
Essai d'interprétation écologique de la répartition des Ericacées en Provence (région sud-est de la France).
Ecologia Mediterrana, n° « », p. 113 à 123.
- AUBERT G. -1978-
Relations entre le sol et cinq espèces d'Ericacées dans le sud-est de la France.
Oecologia Plantarum, 13 (3), p. 253 à 269.
- AUBERT G. -1981-
Etude des potentialités forestières du Domaine de La Gardiole (massif des Calanques);
Office National des Forêts, Centre d'Aix-en-Provence, 65 p. et annexes.
- AUBERT G. -1983-
Utilisation des relations «sol-climat-végétation» dans la recherche des potentialités forestières en Provence calcaire.
Bull. Mus. Hist. Nat., Marseille T. 43, p. 31 à 52.
- AUBERT G. -1983-
Apport de la connaissance de la végétation spontanée dans la recherche des potentialités forestières d'un territoire en région méditerranéenne (exemple d'application : Forêt Domaniale de La Gardiole, massif des Calanques).
Rev. For. Fr., T. XXXV-6, p. 425 à 442.
- AUBERT G. -1985-
Guide écologique de la Forêt Domaniale de La Gardiole. (massif des Calanques, Bouches-du-Rhône, France).
Centre Régional de Documentation Pédagogique de Marseille, et CNDP.
Tome I, texte et planches, 69p. 1carte.
Tome 2, documentation photographique, 38p., 36 diapositives.
- AUBERT G. -1985-
Etude préliminaire en vue d'un aménagement et d'une réanimation du massif forestier de La Sainte Baume (Var). Les sols du massif et de ses environs.
Ministère de l'Agriculture, D.D.A.F. département du Var, 228 p. et annexes (cartes et planches).

AUBERT G. -1986-

Etat des sols sous les peuplements de pins parasols ayant dépéri ou étant menacés de dépérissement en Petite Camargue (France).

Parc Naturel Régional de Camargue et Direction Départementale de l'Agriculture (Bouches-du-Rhône), 19p. et annexes (12 p., 4 figures, 11 tableaux).

AUBERT G. -1988-

Etude préalable à la reforestation du Plateau de Carpiagne (Bouches -du-Rhône, France): végétation et sols.

Direction Générale des Services Techniques, Ville de Marseille.

Office National des Forêts, Centre d'Aix-en-Provence, p. 69 à97 et Annexes (cartes au 5 000° de la végétation, des sols, emplacement des fosses pédologiques; fiches d'analyses des sols).

AUBERT G. -1988-

La végétation et sa signification écologique sur les collines de Figuerolles, de Cadéraou et de Collet long, et sur le littoral oriental des Plaines d'Arettes, (Commune de Saint Mître-les - Remparts, Bouches-du-Rhône, France).

Ministère de l'Environnement, Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, 68 p. et annexes (1 tableau, 1 carte au 5 000°).

AUBERT G. et PONTIER R. -1994-

Evaluation des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en région « Provence-Alpes-Côte d'Azur ».

Centre Régional de la Propriété Forestière, Marseille. 2 fascicules: 51 et 55p.

BOISSEAU B., NOUALS D., RIPERT C. -1988-

Stations forestières- Guide technique du forestier méditerranéen français. Les petites régions naturelles de la zone méditerranéenne française.

Cemagref d'Aix-en-Provence. France.

BONNEAU M. et SOUCHIER B. -1979-

Constituants et propriétés du sol.

Masson et Cie. 499p.

DELPECH R. et col.-1993-

Vocabulaire: typologie de stations forestières.

Institut pour le développement forestier. 243 p.

DUCHAUFOR P. -1970-

Précis de Pédologie.

Masson et Cie. 481 p.

DUCHAUFOR P. -1977-

Pédogenèse et classification.

Masson et Cie. 477 p.

- DUVIGNEAUD P. -1980-
La synthèse écologique
Doin. 380 p.
- ELHAI H. -1968-
Biogéographie
Armand Colin. 406 p.
- GODRON M.- 1988-
Carte des étages de végétation du Languedoc-Roussillon.
Institut de Botanique de Montpellier. 28. Carte au 500 000 °.
- GAMISANS J.-2000-
La végétation de La Corse
Edisud 391 p.
- GRUBER M. -1980-
Etages et séries de végétation de la chaîne pyrénéenne
Ecologia mediterranea n ° 5 , p. 147-174.
- LEMEE G. -1978-
Précis d'écologie végétale.
Masson 289 p.
- OZENDA P. -1966-
Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud.
Laboratoire de Biologie végétale et du Lautaret. Saint-Martin-d'Hères, France. 198 p.
- OZENDA P. -1975-
Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen
Documentation cartographique écologique 16. p. 1 à 32.
- PANINI T. -1996-
Etude des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en région «Provence-Alpes-Côte d'Azur» (avec la collaboration de AMANDIER Louis-C.R.P.F.-P.A.C.A. et de AUBERT Guy- Université d'Aix-Marseille III). Synthèse de la première phase de travaux 1995-1996.
Centre Régional de la Propriété Forestière. Marseille. 141 p. et annexes.
- PANINI T. -1999-
Etude des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en région «Provence-Alpes-Côte d'Azur» (avec la collaboration de AMANDIER Louis -C.R.P.F.-P.A.C.A. et de AUBERT Guy -Université d'Aix-Marseille III). Rapport final.
Centre Régional de la Propriété Forestière P.A.C.A. Marseille. 159 p.
- RAMADE F. -1982-
Eléments d'écologie : écologie appliquée.
Mc Graw-Hill .452 p.

- RAMADE F. -1984-
Eléments d'écologie : écologie fondamentale
Mc Graw-Hill. 397 p.
- RAMADE F. -1993-
Dictionnaire encyclopédique de l'Ecologie et des sciences de l'Environnement.
Ediscience. 822 p.
- RAMEAU J-C. et coll. -1989-
Flore forestière française . T 1 (plaines et collines) et T. 2 (montagnes).
Institut pour le Développement Forestier.
- RAMEAU J-C. et coll. -2008-
Flore forestière française . T 3 (région méditerranéenne).
Institut pour le Développement Forestier.
- RIVAS-MARTINEZ S. -1981-
Les étages bioclimatiques de la végétation de la péninsule ibérique.
Anales Jard. Bot. Madrid 32 (2) 251-268.
- SOLTNER D. -1987-
Les bases de la production végétale. Tome I : Le sol 464 p. Tome 2 : Le climat 314 p.
Collection Sciences et Techniques agricoles. Angers.