

L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne 1^{re} partie

par Henri-Noël LE HOUÉROU*

SOMMAIRE

1^{re} partie

Introduction : Le rôle de l'homme depuis la préhistoire; le rôle du climat.....

1. Esquisse de la végétation du bassin méditerranéen

- Forêt et bioclimats
- Considérations générales

2. L'effet du feu.....

- Généralités
- Qu'est-ce qui brûle où, quand et pourquoi
- Le rôle du feu dans l'équilibre de la végétation
- Conclusions

2^e partie (à paraître dans le Tome II, n° 2)

3. Le pâturage

- Généralités
- Les principaux types
- Améliorations
- Conclusions

4. L'agriculture

- Généralités
- Pays développés
- Pays en voie de développement

5. Autres causes de dégradation

- Industrie
- Bois de chauffage
- Urbanisation

6. Conséquences de la dégradation de la forêt

- Réduction de productivité
- Erosion et sédimentation
- Appauvrissement de la faune
- Appauvrissement des aménités

Conclusions

Références

pages

31

34

36

INTRODUCTION

Les données historiques

On peut distinguer six phases principales lorsqu'on considère l'action de l'homme sur le milieu méditerranéen. D'après les connaissances actuelles les ancêtres de l'homme (*Homo abilis*) seraient arrivés dans la région méditerranéenne, venant probablement de l'Afrique de l'Est par le Proche Orient, il y a environ un million et demi d'années.

Phase 1. – **Jusqu'à 500 000 B. P.** (1) on ne sait pratiquement rien sur lui en zone méditerranéenne; on peut cependant supposer raisonnablement qu'étant représenté par un très petit nombre d'individus et ne maîtrisant pas encore le feu, son impact sur la végétation et le milieu n'a pu être qu'insensible au paléolithique inférieur.

Phase 2. – **La conquête du feu** entre 400 000 et 500 000 B. P. a permis à l'*Homo erectus* d'améliorer ses techniques de chasse et de cueillette donc de marquer un impact plus sensible quoique léger sur son environnement.

Phase 3. – **La révolution néolithique, à l'holocène, entre 12 000 à 4 000 B. P.** a correspondu à une action très importante de l'homme sur la végétation méditerranéenne; encore qu'il soit impossible, bien entendu, de la quantifier. Cependant les choses se sont passées différemment en méditerranée orientale et occidentale, ou du moins à des époques différentes, puisque en occident, la révolution néolithique est venue de l'est méditerranéen (les nouveautés viennent souvent de l'est!).

(1) B.P. Before présent, c'est-à-dire « il y a... ». N.D.L.R.

* Henri-Noël LE HOUÉROU

Directeur de Recherches

Centre International pour l'Elevage en Afrique

P.O. Box 5689, Addis Abeba, Ethiopie

Tableau 1. — *Histoire de l'homme dans le Bassin méditerranéen*

Périodes	Néolithiques	Chalcolithique (enéolithique)	Début des temps historiques	XVII ^e siècle (1650)	XIX ^e siècle (1850)	XX ^e siècle (1950)
Années (BP)	12 000 - 4 000	4 000 - 2 500	2 500 - 1 340	330	130	30
Population mondiale en millions	5 à 10	50 à 100	100 à 350	600	1 200	3 000

On estime généralement que la population humaine a vingtuplé au cours du néolithique 5 à 100 millions. Il faudra attendre le début du XX^e siècle pour qu'elle décuple à nouveau. Ce fait montre bien l'importance extrême de ce qu'on peut légitimement appeler la « révolution néolithique »; cette importance peut seulement être comparée à la révolution industrielle moderne dès les XIX^e et XX^e siècles.

Il semble donc que la révolution néolithique et proto-historique et l'explosion démographique qui en résulte se soient développées environ 4 000 ans plus tôt en Méditerranée orientale par rapport à la Méditerranée occidentale.

Les céréales primitives blé et orge (*Triticum monococcum*, *T. dicoccum*, *T. aestivum*, *Hordeum spontaneum*) ont été trouvées dans des sites de Grèce et du Proche Orient dont l'occupation a été datée de 7 000 à 9 000 B. P. (D. Zohary, 1973). Les légumineuses alimentaires à graines (pois, lentilles, pois-chiche, fèves, kersenta) étaient également déjà cultivées il y a 7 000 à 9 000 ans (D. Zohary, *Op. cit.*). Les cultures fruitières : oliviers, vigne, dattier apparaissent en Méditerranée Orientale dans le Chalcolithique de l'âge du bronze entre 4 000 et 6 000 BP. (D. Zohary, 1975). L'élevage des moutons des chèvres est apparu en Méditerranée Orientale entre 8 000 et 12 000 BP (Zeuner, 1963; Reed, 1969) celui des bovins un peu plus tard 7 500 à 8 500 BP; mais les chameaux domestiques (dromadaires) sont apparus d'abord en Arabie et en Egypte seulement vers 4 700 BP (Zeuner, *ibid.*). En Méditerranée occidentale, l'extension de l'agriculture et de l'élevage datent de l'Enéolithique (âge du cuivre et du bronze). Cette extension a correspondu à une pénurie (2) climatique vers l'aridité, mise en évidence aussi bien au nord qu'au Sud de la Méditerranée entre 5 000 et 4 000 BP.

Au Nord de la Méditerranée, il y a 6 000 ans, il semble que les peuplades néolithiques, bien que connaissant déjà une agriculture céréalière fruste et l'élevage extensif des petits ruminants, vivaient encore principalement de chasse dans un milieu forestier plus frais et plus humide que l'actuel. Ce milieu était riche en gibier puisque cerfs et sangliers représentaient encore 86% de l'alimentation carnée dans la région des Matelles au Nord de Montpellier 6 000 ans BP (Pannoux, 1953).

Au début du deuxième millénaire avant J.C., le climat devient plus aride; dans le midi de la France, le chêne vert tend à remplacer le chêne pubescent, le gibier se raréfie et l'élevage du mouton et des chèvres s'installe définitivement puisque 80% des restes carnés dans les déchets alimentaires leur sont alors attribuables (Pannoux, *op. cit.*).

La transhumance entre la garrigue languedocienne et les alpages cévenols s'organise déjà par le tracé des grandes drailles unissant la plaine à la montagne. Dugrand (1964) écrit :

« On peut alors considérer qu'est définitivement installé le genre de vie traditionnelle de la garrigue, celui qui est à l'origine même de sa formation. Car l'on ne saurait mettre ce fait en doute : dans un climat plus sec que le climat actuel, obligés de transhumer du fait même de la raréfaction estivale de l'herbe, ces pasteurs ont nécessairement tenté de s'ouvrir aux dépens de la forêt, des pâturages artificiels, par la hache et le feu. C'est nécessairement à cette époque qu'a débuté la destruction du milieu climatique originel constitué par le binôme inséparable : forêt claire méditerranéenne et sol noir humifère ».

Phase 4. — Au cours des époques protohistorique et historique. Les tendances amorcées au néolithique et au chalcolithique n'ont fait que s'affirmer en s'accélérant au fur et à mesure qu'augmentaient les besoins d'une population en constante expansion. On peut en citer de nombreux exemples. Le Zagros, aujourd'hui dénudé, était couvert d'épaisses forêts au V^e siècle avant J.C., selon Hérodote. En Grèce, Platon n'écrivait-il pas dans le Critias, il y a 2 400 ans :

Tότε δε ἀκέραιος ούσα τα τε δηπη γηλότφους ὑψηλοὺς εἶχε, καίτα φελλέως νῦν δνομασθέντα πεδία πληρή γῆς πιείρας ἐκέχτντο, καλ πολλὸν ἐν. τοῖς δρεοιν ὀλην εἶχεν, ης καλ νῦν ἔτι φανερά τεκμηρία τῶν γαρ δρῶν ἔστιν ἀ νῦν μὲν ἔχει μελίττας μονάις τροφήν, χρόνος δ' οὐ πάμπο λυς ὅτε δένδρων αὐτοθεν εἰς οικοδομήστεις ταὶς μεγύστας ἐρεψίμωψ τημθέντων στεγασίματ' ἔστιν ἔτι οᾶ. Πολλὰ δ' ἦν ἀλλ' ἡμερα ὑψηλα δένδρα, νομῆν δὲ βοσκήμασον ἀμηχανον

« Parmi les montagnes (de l'Attique) qui ne peuvent plus nourrir que des abeilles, il y en a sur lesquelles on coupait encore il n'y a pas très longtemps de grands arbres propres à édifier les plus grandes constructions ».

Le pharaon Snefrou importait du bois de construction de Palestine et du Liban (Phénicie) vers 2600 av. J.-C. Les mines de cuivre du roi Salomon, dans l'Ouadi Araba, utilisaient encore la même source d'énergie 1600 ans plus tard (Naveh, 1973). L'histoire nous apprend qu'au cours de la guerre contre Pompée, en 46 av. J.-C., Jules César, dont la flotte avait été anéantie par une tempête la reconstruisit à Hadrumète (Sousse), dont l'arrière pays était donc encore boisé à l'époque.

La Palestine avait plus de 5 millions d'habitants vers la fin du II^e siècle de notre ère, selon Flavius Joseph (Naveh, *ibid.*). De même l'Ifrykia et la Numidie, dans l'Est de l'Afrique du Nord, auraient eu 10 à 12 millions d'habitants entre le III^e et le VI^e siècle ap. J.-C. (Le Houérou, 1969). On imagine les besoins de telles populations : défrichements, cultures, élevage, constructions, métallurgie, forge, fours à chaux, verrerie, poterie, chantiers navals, charbon de bois, bois de feu, incendies pastoraux, et, plus tard, au Moyen Age, les raffineries de sucre dont on peut voir encore les ruines en Afrique du Nord (Cap Bon).

(2) Evolution vers le pire. N.D.L.R.

Phase 5. De la fin de l'empire byzantin (640) jusqu'au XIX^e siècle on assiste à un phase de stabilisation relative de la végétation méditerranéenne, due à un ralentissement de la croissance démographique puisque la population mondiale a pu à grand peine doubler (de 350 à 600 millions) en 1 000 ans, de 640 à 1650. Au sud et à l'est de la Méditerranée cette phase a correspondu à l'expansion de la civilisation arabe, civilisation de pasteurs essentiellement ; donc avec de faibles densités de population. Au début du XIX^e siècle la Palestine avait une population de 200 000 à 300 000 habitants contre 5 millions au II^e et au VI^e siècle. L'Afrique du Nord comptait également moitié moins d'habitants (6 millions) au début du XIX^e siècle qu'à la moitié du VII^e siècle au moment de la conquête arabe (10 à 12 millions).

Contrairement à ce qui a été souvent écrit, les civilisations des pasteurs et des bédouins ont eu un effet beaucoup moins désastreux sur la végétation méditerranéenne que les périodes de prospérité économique et d'expansion d'une population sédentaire.

Les spécialistes sont maintenant unanimes sur ce point ; en voici un exemple, sous la plume du géographe X. de Planhol, spécialiste du Proche Orient.

« Les analyses rassemblées ici (3) permettent des conclusions sans équivoque. Dans le mécanisme du déboisement et de la destruction du tapis végétal, l'action du milieu physique et des éventuels changements de climats, pour autant qu'ils aient existé durant l'époque historique, est négligeable à côté de l'action des hommes. Parmi ceux-ci, les sédentaires sont infiniment plus destructeurs que les nomades pour la simple raison qu'ils sont beaucoup plus nombreux. Les périodes de paix, de développement rural et de pression démographique sont des périodes de désertification. Les époques de troubles, d'invasions nomades sont les seules où le processus ait pu se stabiliser, parfois même se renverser ».

Despois (1961) s'exprime en termes à peu près identiques pour l'Afrique du Nord :

« Il paraît certain que l'Afrique du Nord n'a jamais atteint, au cours de son histoire une aussi grande extension des cultures ni une telle augmentation de population qu'à l'époque actuelle, que jamais sa végétation naturelle et ses sols n'ont couru d'autant grands risques... On paraît bien être arrivé dans les pays de l'Afrique du Nord à un début de rupture d'équilibre, pour l'exploitation des terres entre les besoins d'une population devenue trop nombreuse et les possibilités d'une nature déjà aride et ingrate ».

Phase 6. — Depuis la seconde moitié du XIX^e siècle, et surtout depuis la seconde moitié du XX^e, on assiste à des changements progressifs mais importants par rapport à la phase précédente. Mais il faut ici distinguer deux cas : celui des pays développés et celui des pays en voie de développement ; on pourrait, bien entendu, distinguer de nombreuses nuances selon le degré de développement de chaque pays ou même de chaque région à l'intérieur de chaque pays. Les pays développés : Italie, France, Grèce, Espagne, Yougoslavie, Israël, Portugal, ayant une industrialisation accélérée, un accroissement rapide du revenu par habitant, une croissance démographique très faible, voient une désertification rapide des campagnes dans les zones pauvres ; les troupeaux s'amenuisent et le bois de feu n'a plus guère de valeur marchande ; les terres de culture les plus pauvres sont abandonnées et retournent à la garrigue ou à la forêt. On assiste partout à une régénération de la végétation naturelle. Cette régénération est seu-

lement ralentie par les incendies de forêts et à un bien moindre degré par les activités récréatives : création de complexes touristiques, ceintures de résidences secondaires autour de concentrations urbaines. Dans ce dernier domaine les Etats interviennent de plus en plus dans la protection et la sauvegarde des sites et de l'environnement naturel.

Il n'en va pas du tout de même dans les pays en voie de développement où la croissance démographique est forte (2,5 à 3,5 % par an), où les masses rurales représentent généralement encore plus de 60 % et parfois plus de 80 % de la population, où les revenus individuels sont cinq à dix fois inférieurs à ceux des pays développés (exception faite de certains pays producteurs de pétrole).

Dans ces pays la végétation naturelle est en voie de régression rapide par suite des défrichements, du surpâturage, de la cueillette de bois de feu, du charbonnage, etc... L'érosion et la désertification y font des progrès effrayants. La végétation naturelle y recule à un taux probablement de l'ordre de 1 à 2 % par an.

Le rôle du climat

On peut se demander si cette dégradation progressive de la végétation méditerranéenne depuis l'époque historique n'est pas, en partie, due à l'aggravation d'un climat en voie d'aridification.

De nombreux auteurs (plus d'une centaine...) appartenant à une dizaine de disciplines scientifiques, se sont penchés sur ce problème depuis un demi siècle. Plusieurs revues bibliographiques, critiques ou non, y ont été consacrées.

Les spécialistes sont unanimes pour reconnaître une aridification du climat en Méditerranée et dans les déserts adjacents vers 2000-500 av. J.-C.

Ils sont également unanimes pour admettre l'absence de preuves ou même de sérieuses présomptions en faveur d'une péjoration climatique depuis le début des temps historiques.

Th. Monod (1958) conclut ainsi une des plus riches revues bibliographiques sur le sujet :

« Il semble que l'opinion générale au fur et à mesure que s'approfondit la connaissance des régions en cause, de leur passé et des témoignages, écrits ou non, de ce dernier, incline à la conclusion que depuis le début des temps historiques — disons en gros depuis cinq à sept mille ans — il ne paraît pas être intervenu de changement climatique appréciable, significatif, général... ».

La littérature postérieure, particulièrement abondante depuis les sécheresses de 1970-73, a très largement confirmé cette analyse déjà ancienne de 22 ans au moment où j'écris (Le Houérou, 1968, 1979 ; Rapp., 1974). Pour conclure ce chapitre on peut affirmer que la végétation méditerranéenne est en régression générale depuis le Néolithique. Il y a eu des périodes d'intense dégradation au cours des époques de calme politique, de prospérité économique et d'expansion démographique, alternant avec des périodes de rémission au cours des époques troublées, consécutives aux guerres, famines, épidémies et caractérisées par la régression économique, démographique et parfois par le retour à la vie nomade de populations sédentaires.

Un exemple particulièrement éloquent et bien documenté sur plus de trois mille ans d'histoire tourmentée est le cas de la Palestine. Cette dégradation est essentiellement le fait des activités humaines ; le climat ne constitue qu'une circonstance favorable, quoique constante.

(3) Dans l'article cité en bibliographie.

Esquisse de la végétation du Bassin Méditerranéen

La végétation méditerranéenne est comprise ici au sens large que lui donnait Emberger, c'est-à-dire celle qui se développe sous un climat méditerranéen. Le climat méditerranéen, selon cet auteur et ses disciples se caractérise par des pluies d'hiver (période à jours courts) et une intense et longue sécheresse estivale. Cette définition comprend à la fois des climats de montagne et de zone côtière, des régions à haute pluviosité et des zones quasi désertiques. D'autres phytogéographes et géobotanistes ont proposé des classifications plus restrictives basées sur une zonation altitudinale (Gaussem, 1954 ; Ozenda, 1970 ; Tomaselli, 1970 ; Quezel, 1976). Ces classifications ont un intérêt local évident et indéniable, mais leur généralisation pose de nombreux problèmes puisque les limites altitudinale varient en fonction de la latitude, de la continentalité, de l'exposition et d'autres critères locaux, d'ordre climatique, topographique et édaphique notamment. Dans le n° 1 du tome I de « Forêt Méditerranéenne » (oct. 79), Pierre Quezel a synthétisé les données les plus récentes à ce sujet, et il n'est pas nécessaire d'y revenir.

Il suffit de rappeler que la végétation méditerranéenne est extrêmement riche et ne comprend pas moins d'une centaine d'espèces d'arbres, alors que les forêts tempérées européennes n'en comptent qu'une trentaine (Quezel, 1976). Cela traduit une grande diversité génétique (trois espèces de Cèdres, huit espèces de sapins, une quinzaine d'espèces et sous-espèces de pins, une dizaine d'espèces de chênes caducifoliés, cinq espèces de chênes sempervirents, etc....). Cette diversité s'explique par la situation géographique au contact de trois continents, et le fait que la Méditerranée a servi de conservatoire botanique lors des avancées des inlandsis, au cours des glaciations quaternaires, accueillants ainsi au moins cinq doubles invasions successives de flores alternativement cryophiles et thermophiles. Il en est d'ailleurs de même des plantes cultivées dont la Méditerranée — surtout orientale — a été à la fois un centre d'origine et de dispersion pour de nombreuses espèces (Vavilov, 1951) : blé, orge, sorgho, lentille, pois chiche, pois, fèves, olivier, vigne, cerisier, amandier, abri-

cotier, pêcher, prunier, poirier, pommier, dattier, pistachier, figuier, coton, canne à sucre, luzerne, vesce, trèfle d'Alexandrie, etc...

Un second caractère frappant de la végétation méditerranéenne, outre sa richesse et sa diversité génétique, est sa fragilité, sa vulnérabilité. Elles résultent des conditions écologiques, essentiellement climatiques : hiver doux, longue sécheresse estivale, donc susceptible au feu et au surpâturage. Un troisième caractère marquant de cette végétation est sa complexité.

Dans un petit pays comme la Tunisie (160 000 km²) un millier de groupements végétaux ont été inventoriés, recensés et cartographiés. À l'échelle du bassin méditerranéen le nombre de groupements végétaux doit être de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers. Ceci s'explique par :

a) L'extrême diversité des conditions écologiques ; la pluviosité, par exemple, y varie de 100 à 2 500 mm par an ; la moyenne des minima de janvier peut aller de - 10 °C à + 10 °C ; on y rencontre tous les substrats géologiques possibles, des altitudes de - 400 à + 4 000 m, des types de sols très divers depuis les rakers et les podzols jusqu'aux croûtes calcaires.

b) Enfin l'influence humaine y est intense depuis 6 000 à 8 000 ans, déterminant de nombreuses formes de dégradation de la végétation originelle en fonction de la nature et de l'intensité de l'utilisation des milieux par l'homme et de la variation de celles-ci au cours de la préhistoire et de l'histoire. Probablement 50 à 60% des zones méditerranéennes ont été mises en culture, à une époque ou à une autre, entre 3 000 et 1 500 ans avant le temps présent, ne laissant à la végétation naturelle que les zones incultivables. Actuellement les cultures occupent environ 48% du bassin méditerranéen.

c) La richesse floristique au contact du monde tempéré et tropical. La flore méditerranéenne comprend quelques 15 000 espèces, soit le triple de la flore tempérée européenne.

Les superficies de boisements et le taux de boisement par pays sont fournis dans le tableau n° 2.

Pays	Terrains forestiers en milliers d'ha	Taux d'afforestation %	Forêts et maquis méditerranéens en milliers d'ha	Pourcentage de forêts et maquis méditerranéens
Portugal	2 500	28	1 250	50
Espagne	26 818	49	16 049	60
France	13 022	24	2 030	16
Italie.	6 146	20	3 320	54
Yougoslavie.	8 812	34	800	10
Grèce	2 608	20	1 568	60
Turquie	12 273	23	5 500	30
Syrie.	440	2,3	entièrement	100
Liban	95	9,1	— idem —	100
Israël	104	5,0	— idem —	100
Jordanie	67	0,7	— idem —	100
Chypre	173	18,5	— idem —	100
Irak	—	—	— idem —	100
Iran	—	—	— idem —	100
Egypte	2	0,1	— idem —	100
Libye	501	0,3	— idem —	100
Tunisie.	840	5,1 (9,0)	— idem —	100
Algérie	3 050	1,5 (13,0)	— idem —	100

Tableau 2. — Importance des forêts et maquis dans les pays méditerranéens.

PAYS	PAYS	PAYS																			
		PAYS					PAYS														
Maquis et garrigues divers		—	—	—	—	—	10 070	300	—	—	Tunisie										
(Arganier (Argania sideroxylon))		—	—	700	100	500	—	—	823	—	Algérie										
Genévrier de Phénicie		425	600	200	—	62	—	—	—	—	Maroc										
Caroubier (Ceratonia siliqua, Oleastre (Olea europaea))		70	100	—	—	2	—	—	—	—	Portugal										
Thuya de Berbérie (Terrastris articulata)		30	161	740	—	—	—	—	—	—	Espagne										
Pin pigeon		—	—	20	238	5	—	—	—	—	France										
Cyprés, toujours vert, de l'Atlas ou du Tassili (ou de Duprez)		0,1	0,1	8,5	—	—	—	—	—	—	Italie										
Pin d'Alep et Pin brutia		340	843	65	100	300	80	—	—	—	Grèce										
Chêne kermès (Quercus coccifera) et (Q. calliprinos)		3	41	—	16	300	—	—	—	—	Turquie										
Cèdres de l'Atlas, du Liban, Cèdre à feuilles courtes		—	30	115	—	—	—	—	—	—	Syrie										
Chênes verts (Quercus ilex, Q. rotundifolia)		83	673	1 345	2 800	400	—	—	—	—	Liban										
Chêne liège		127	440	367	339	100	2 500	—	—	—	Jordanie										
Pin maritime		2	12	15	100	50	—	—	—	—	Israël										
Genévrier (Juniperus thurifera, J. excelsa)		—	1	31	—	—	—	—	—	—	Chypre										
Châtaignier		—	—	45	163	135	—	—	—	—	Libye										
Chênes à feuilles caduques (Quercus pubescens, Q. Toza, Q. Faginea, Q. Infectoria)		25	67	24	140	966	670	—	—	—											
Hêtres (Fagus sylvatica, F. orientalis)		—	—	360	30	234	1 034	—	—	—											
Pin noir		—	0,1	—	—	—	—	—	—	—											
Sapins (Abies sp. pl.)		—	5,5	340	50	420	770	28	4	—											
		—	1,3	340	30	145	1 034	—	—	—											
		—	1,6	67	770	244	—	—	—	—											
		364	145	234	4 538	183	385	—	—	—											
		1 482	2 946	2 982	—	—	—	—	—	—											
TOTAL		1 866,4	3 552,1	4 026	8 243	798	417	1 379	2 148	8 164	419	1 856	6 832,2	25,2	320	931	722,1	1 529	700	11 248	55 175,8

Tableau 3. – Types de forêts et maquis des pays méditerranéens ; superficies en milliers d'hectares. Chiffres extraits des documents statistiques des Services forestiers nationaux. (1970).

L'EFFET DU FEU

Généralités.

Les incendies de forêt intéressent une superficie moyenne annuelle de près de 200 000 hectares dans le bassin méditerranéen (Le Houérou, 1973). Le feu, combiné avec le surpâturage, et la déforestation, est le principal ennemi de la forêt méditerranéenne. Depuis au moins 2 500 à 4 000 ans les pasteurs et les cultivateurs ont eu l'habitude d'incendier la forêt pour obtenir des pâturages meilleurs et plus précoces et des terres de culture à défricher. Le surpâturage, en éliminant les plantules retardé ou empêche toute régénération après le feu et/ou le défrichement.

Les risques d'incendie et les ravages du feu sont d'autant plus grands que la saison sèche est plus longue et que la végétation est plus sensible et inflammable (Trabaud, 1979). Les plus grands ravages s'exercent donc dans les végétations à résineux (Pin d'Alep) des étages semi-aride et subhumide ainsi que certains types de garrigue ou de maquis dont les espèces dominantes sont riches en huiles essentielles et qui flambent comme des hydrocarbures (Cistacées, labiées etc.). Bien entendu, les superficies brûlées varient considérablement d'une année à l'autre; dans le midi de la France, par exemple, la superficie minimum a été de 3 430 ha en 1963 et le maximum de 73 700 ha en 1970 (R. et R. Molinier, 1971), avec une moyenne interannuelle de 38 000 ha entre 1956 et 1970. En Corse le minimum a été de 1 038 ha en 1959 et le maximum de 30 900 ha en 1971. En Algérie le minimum a été de 1 600 ha en 1929 et le maximum de 169 000 ha en 1881.

Les superficies moyennes brûlées annuellement par pays sont indiqués dans le tableau n° 4.

En Europe méditerranéenne la végétation forestière *sensu lato* c'est-à-dire forêts plus maquis et garrigues) couvre selon les pays 20 à 30% du territoire. Près de 0,3% de ces superficies sont brûlées tous les ans, en moyenne. Il faut cependant garder à l'esprit que les chiffres donnés dans le tableau n° 4 ne sont que des ordres de grandeurs car les statistiques concernent des régions administratives dont la végétation n'est pas toujours entière-

ment méditerranéenne. D'autre part ces chiffres sont obtenus de sources diverses et parfois contradictoires. Même pour des zones où il existe des statistiques sérieuses sur de longues périodes, les chiffres ne donnent pas une idée exacte du phénomène. Par exemple la proportion de forêt et garrigues brûlée tous les ans dans le midi de la France est de 1,87% en moyenne interannuelle (1961-1970). Mais dans une zone couvrant 1 000 000 ha en Corse, Provence et Côte d'Azur, la fameuse « zone rouge ». Ce taux atteint 4% (Molinier, 1971, 1972). Autrement dit chaque parcelle de forêt brûle en moyenne une fois tous les 25 ans dans cette zone.

Dans certaines zones plus restreintes du SE de la France (départements du Var, des Bouches-du-Rhône, de la Corse), de Sardaigne, de Sicile et d'Algérie du NE (Annaba) jusqu'à 10% des garrigues et maquis sont brûlés tous les ans.

Si on tient compte du fait que les statistiques que nous possédons sont insuffisantes pour certains pays et inexistantes pour d'autres, on peut estimer que le feu détruit tous les ans près de 200 000 hectares de végétation méditerranéenne. Le coût annuel estimé est de l'ordre de 100 millions de \$ US en valeur 1980. Ce chiffre inclut la valeur commerciale du bois détruit, les moyens de prévention et de lutte, le coût de régénération mais ne tient pas compte des dégâts dus à l'érosion, aux inondations, à la sédimentation, à l'envasement des barrages et canaux, à la réduction de fertilité et de productivité des sols et de la végétation consécutifs aux incendies. Soixantequinze pourcent de ces destructions se produisent en méditerranée occidentale où le taux de boisement est très supérieur à celui de la méditerranée orientale et méridionale.

Qu'est-ce qui brûle, où, quand et pourquoi ?

L'occurrence des incendies par unité de surface est trois fois plus élevée dans les forêts privées que dans les forêts domaniales (Susmel, 1973). Les forêts de pin d'Alep et brutia (*P. halepensis*, *P. brutia*) sont particulièrement vulnérables. Ces forêts occupent de vastes superficies en Espagne, France, Italie, Grèce, Turquie, Tunisie, Algérie (6,8 millions d'hectares). En Grèce, par exemple,

Pays	Nombre moyen de feux par an	superficie brûlée par an (milliers d'ha)	superficie moyenne des feux (ha)	Pourcentage de végétation méditerranéenne brûlée par an	périodes de référence
Espagne.....	1 200	31,0	25,8	0,2	1960-1971
France.....	1 260	38,0	30,0	1,9	1960-1971
Italie.....	1 800	19,0	10,8	0,6	1960-1971
Grèce.....	522	8,3	15,9	0,5	1965-1970
Yougoslavie.....	300	1,2	4,2	1,5	1963-1966
Israël.....	330	3,3	10,0	3,1	1963-1966
Turquie.....	518	7,3	14,0	0,04	1963-1966
Chypre.....	56	1,1	19,2	0,6	1963-1966
Tunisie.....	50	6,0	120,0	0,7	1903-1945
Algérie.....	300	40,0	133,0	1,3	1853-1945
Maroc.....	60	2,5	41,6	0,04	1924-1945
TOTAL.....	6 120	157,7	25,9	-	-

TABLEAU 4. — Importance des incendies de forêts dans divers pays méditerranéens

les forêts de pin d'Alep représentent 1/3 des superficies brûlées. Cette proportion est presque la même en Espagne, en France et en Italie, alors que les forêts de pin d'Alep ne représentent respectivement que 17%, 7%, 4% et 3% des terrains forestiers dans ces quatre pays. Autrement dit les forêts de pin d'Alep brûlent deux fois plus que la moyenne des terrains forestiers en Grèce et dix fois plus en Italie.

Les autres résineux *Pinus pinea*, *P. pinaster mesogeen-sis*, *P. nigra*, s.l. et les cèdres sont également très sensibles au feu. Cependant comme ces forêts occupent des zones moins arides et généralement moins peuplées, et comme d'autre part elles occupent des superficies beaucoup plus faibles, elles payent un tribut beaucoup moins lourd au moloch. Le même phénomène se produit pour les sapinières dont beaucoup n'occupent que quelques hectares dans des massifs très isolés et sous des bioclimats relativement humides (exception faite de certaines sapinières à *Abies cephalonica* en Grèce et d'*A. cilicica* en Turquie).

Les chênaies sclérophylles sempervirentes. — Les chênaies sclérophylles représentent environ 37% de la végétation méditerranéenne : environ 24 millions d'hectares, si l'on y inclut les diverses formes de garrigues et maquis dérivées des forêts, soit de *Quercus ilex*, *Q. rotundifolia*, *Q. calliprinos*, *Q. coccifera*, ou *Q. suber*. Elles payent un lourd tribut aux feux de brousse qui peut être estimé à 50% des superficies détruites, ce qui est très élevé en termes absolus mais beaucoup moins important en termes relatifs que dans le cas des boisements de pin d'Alep.

Les chênaies caducifoliées occupent de grandes superficies (plus de 8 millions d'hectares). Cependant elles sont relativement peu atteintes par les deux forestiers et ceci pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les chênaies caducifoliées sont en général localisées dans l'étage humide et perhumide avec des pluviosités moyennes annuelles supérieures à 1 000 mm et une saison sèche relativement courte un mois et demi à deux mois et demi (contre 4 à 8 mois pour le pin d'Alep), exception faite de *Q. ithaburensis* d'Israël et de Jordanie mais qui n'existe pas en formation dense sur des surfaces appréciables. Ensuite, beaucoup de forêts caducifoliées ont été transformées par dégradation due au feu en forêt sclérophylle. C'est le cas de nombreux peuplement de chêne Zeen (*Q. faginea*) de l'Afrique du Nord d'Espagne et du Portugal qui ont été souvent dégradés en forêts et maquis à chêne liège (*Q. suber*) (Quézel, 1956 ; Le Houérou, 1973). D'ailleurs l'aire géographique de distribution du chêne Zeen et du chêne-liège se recouvrent quasi exactement en Afrique du Nord, mais le chêne-liège occupe plus de deux millions d'hectares tandis que le chêne Zeen n'en occupe plus que 450 000.

Les autres espèces caducifoliées. — La hêtraie méditerranéenne occupe quelques quatre millions d'hectares et la châtaigneraie moins de 800 000. Toutes deux sont en zone méditerranéenne de transition sous climat humide et avec une saison sèche atténuée. Leur tribut aux incendies de forêt est faible sinon négligeable.

Autres espèces dominantes. Ces formations à Génévriers (*Juniperus thurifera*, *J. excelsa*, *J. phoneicea*, *J. oxycedrus*, sont en général trop ouvertes pour donner lieu à des incendies de forêts sur des surfaces appréciables. Il en est de même des formations de Cyprès (*Cupressus sempervirens*, *C. atlantica*) qui, de plus, n'occupent que des

superficies négligeables (25 000 hectares) ; bien entendu, elles n'en sont que plus importantes en tant que ressources génétique et méritent par conséquent des mesures de protection particulières.

On peut cependant dire que, dans une zone écologique et pour un type de végétation donnés, la fréquence des feux tend à suivre la densité du peuplement humain estival. Les feux tendent à se concentrer le long des voies de communication (routes, chemin de fer) autour des zones de villégiature, de campement ou de résidence temporaire d'estivants ; mais ceci n'est vrai que pour les zones méditerranéennes européennes.

Une grande partie des feux a lieu en été : 45 à 65% de juillet à septembre ; il y a un second pic au printemps de février à avril (20 à 35%).

La plupart des feux surviennent de jour : 80% s'allument de 9h à 18h ; dont 70% de 11h à 17h (Susmel, 1973). Les causes des feux sont nombreuses et leur importance relative varie d'un pays à l'autre et d'une province à l'autre à l'intérieur de chaque pays. Pour la Méditerranée dans son ensemble Susmel (*op. cit.*) atteint les estimations suivantes extraites de statistiques diverses et nombreuses :

	Nombre d'incendies	Superficies brûlées
Foudre	1,6%	2,4%
Chemin de fer	1,9%	2,1%
Négligence	42,2%	40,4%
Malveillance	14,6%	10,3%
Inconnu	29,4%	30,2%
Divers	10,3%	10,3%

TABLEAU 5

Dans le Sud-Est de la France Astier (1972) donne les chiffres ci-dessous :

Volontaires ou criminels	30%
Négligence (touristes)	25%
Négligence non touristes	25%
Dépôts d'ordures	10%
Inconnus	10%

TABLEAU 6

Dans le Nord de l'Italie, Toscane, Lombardie, Ligurie, Aronica et Bertini (1971) citent les chiffres suivantes :

	Nombre %	Surface %
Foudre	0,2	1,0
Chemin de fer	0,5	1,0
Criminel (malveillance)	10,7	14,0
Négligence	33,4	30,0
Divers et Inconnus	55,2	54,0

TABLEAU 7

En Europe (France, Italie, Grèce, Espagne) la négligence est essentiellement le fait de touristes (environ cent millions de touristes fréquentent le littoral méditerranéen de Juin à Septembre) : pique-niques, feux de camp, cigarettes mal éteintes jetées des voitures ou des trains, bou-

teilles abandonnées jouant le rôle de lentille au soleil. D'après un échantillonnage effectué dans le département des Bouches-du-Rhône, aux environs de Marseille, il semble qu'au cours d'une journée moyenne d'été 12 000 à 15 000 cigarettes enflammées sont jetées des voitures et des trains dans ce département (R. et R. Molinier, 1971). Même si le risque d'allumer un feu à partir d'une cigarette allumée n'est que de 1/1 000 on comprend aisément pourquoi tant de feu surviennent le long des voies de communication.

En Espagne où de nombreux trains fonctionnent encore à la vapeur, les chemins de fer seraient responsables de 5% des feux. Dans les pays sous-développés, les feux pastoraux restent encore une cause importante d'incendie de forêt. C'est le cas en Corse, certaines parties de l'Italie, de la Grèce, de la Turquie, de l'Espagne et en Algérie.

Cependant on observe des différences extrêmement nettes dans l'importance des incendies de forêt dans des pays ou les conditions écologiques et socio-économiques sont sensiblement identiques, et les législations ad hoc tout à fait comparables tels que la Tunisie, l'Algérie et le Maroc où les pourcentages de forêt et maquis brûlés annuellement sont de 0,7, 1,3 et 0,04% respectivement. Les causes de ces différences sont inconnues. L'attitude des populations vis-à-vis des services forestiers et l'efficacité de ces derniers jouent probablement un grand rôle.

En Europe où des statistiques précises existent sur plusieurs décennies on peut discerner quelques tendances.

Le nombre des feux croît rapidement depuis 25 ans mais les superficies brûlées restent stables où sont en légère régression. La superficie moyenne brûlée par chaque feu décroît donc rapidement. Un exemple dans la région des Calanques - Ste Baume à l'est de Marseille le nombre d'incendies est passé de 1 000 an 1961-65 à 18 000 en 1966-70. Dans la même zone les superficies brûlées étaient de 700 ha en 1951-55, 20 000 ha en 1961-65 et 13 000 ha en 1966-70 ; la superficie moyenne brûlée par feu est passée de 28 ha en 1961-65 à 7 ha en 1966-70 (Astier, 1972). Cette tendance résulte de la mise en place des moyens et système de prévention, de lutte et de contrôle de plus en plus efficaces, en particulier l'emploi généralisé d'avions spécialisés (Catalina, Canadair) pouvant intervenir rapidement en tout lieu. Parallèlement l'éducation des populations par le canal des mass media se poursuit, sans grand résultat apparent jusqu'à présent.

On peut espérer, dans un avenir que l'on souhaite pas trop lointain, recourir aux feux préventifs contrôlés de contre saison couramment utilisés aux Etats-Unis et en Australie, au moins pour la mise en place et l'entretien des pare-feux.

Le rôle du feu dans l'équilibre de la végétation ; quelques séries dynamiques d'évolution de la végétation sous l'effet des feux sauvages.

Généralités

Le rôle du feu dans l'évolution de la végétation méditerranéenne est extrêmement complexe et loin d'être élucidé, bien que de nombreux travaux y soient consacrés.

Les raisons de cette complexité et de ce manque de clarté sont nombreuses.

a) La flore est très riche (> 15 000 espèces) et les groupements végétaux sont très nombreux (plusieurs dizaines de milliers, vraisemblablement).

b) Le rôle du feu est difficile à identifier avec certitude car, dans la nature il est toujours associé à d'autres facteurs d'évolution tels que le pâturage, le broût (4), l'exploitation forestière, l'exploitation de bois de feu, du charbon de bois, la distillation de certaines espèces, les défrichements, les reboisements etc.

c) La fréquence du feu est irrégulière et mal connue, bien qu'elle exerce une influence déterminante sur la composition de la végétation selon que le cycle reproductif de telle ou telle espèce est compatible ou non avec telle ou telle fréquence des feux.

d) L'intensité des feux, combinée à leur fréquence (d'ailleurs dans une certaine mesure interdépendants) joue un rôle sur le maintien ou l'élimination de telle ou telle espèce.

e) La saison d'occurrence d'un feu a une influence profonde sur certaines espèces en fonction du stade phénologique de chaque espèce au moment de l'incendie.

Cependant, depuis quelques années ces problèmes sont étudiés de façon expérimentale sur une garrigue à chêne kermès du Midi de la France ce qui permet de clarifier un certain nombre de problème en dissociant les paramètres (Trabaud, 1970, 73, 76, 78, 79).

Les pyrophytes

Ce mot, créé par Kuhnholz-Lordat (1939), désigne les plantes dont la propagation, la multiplication ou la reproduction est stimulée par le feu ou celles qui résistent au feu par divers mécanismes. Il importe de ne pas les confondre avec les anthracophytes qui colonisent les espèces dénudées après les incendies de forêt et qui sont souvent des nitratophytes annuels et n'ont rien de commun avec le feu lui-même mais avec l'effet du feu sur le sol, c'est-à-dire l'enrichissement de ce dernier en éléments fertilisants ou biogéochimiques en général N, P, K, Mg, Na, Ca, S, par suite de la minéralisation brutale des matières organiques accumulées dans les horizons supérieurs du sol et la litière.

On distingue plusieurs types de pyrophytes (Kuhnholz-Lordat, 1939, 1958, Trabaud, 1970).

Les pyrophytes passifs résistent à l'effet du feu grâce à des mécanismes ou des particularités diverses telle que la présence d'une écorce épaisse : chêne-liège, une mauvaise flammabilité ou susceptibilité à prendre feu tels les tamarix, les Atriplex (taux élevé de matières minérales dans le bois) ou même certains chênes caducifoliés et autres essences à bois très dur (If, Buis) ou enfin certaines espèces qui échappent au feu dans une large mesure grâce à leurs organes souterrains de régénération et/ou de réserves : la fougère aigle, (*Pteridium aquilinum*), divers géophytes.

On distingue encore les pyrophytes actifs à stimulation végétative dont la croissance végétative est stimulée par le feu. Tels sont :

Le chêne kermès : repousses souterraines à partir des racines ou des souches, drageons ;

le thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*) : repousses souterraines de souche ; pas de drageon ;

le filaire (*Phillyrea media*) : idem ;

(4) Pâturage, pacage = consommation d'espèce herbacée sur pied ; broût = consommation d'espèce ligneuse sur pied.

le générvier de phénicie : (*Juniperus phoenicea*) : idem ;

l'arbousier (*Arbutus unedo*) : idem ;

les bruyères arborescente et multiflore : (*Erica arborea*) : idem ; (*E. multiflora*) : idem ;

le buis (*Buxus sempervirens*) : idem ;

Parmi ces derniers les loupes de *Tetraclinis* et d'*Erica arborea* sont peut-être le résultat d'une sélection par le feu donc une adaptation sélective pour la survie de l'espèce, ces particularités anatomiques possèdent d'ailleurs l'une et l'autre un intérêt économique : ébénisterie de luxe, ébauchons de pipes.

Les pyrophytes actifs dont la propagation des graines est stimulée par le feu : Les pins appartiennent à cette catégorie, en particulier le pin d'Alep dont les cônes éclatent au feu projetant les graines à des distances de plusieurs mètres permettant à une partie d'entre elles d'échapper au feu tout en améliorant le taux de germination par levée de dormance.

Aussi beaucoup d'espèces de la famille des *Cistaceae* (Cistes) appartiennent à cette catégorie.

Elles se rencontrent souvent en peuplements denses d'une seule espèce avec un couvert important dans les zones où les feux sont fréquents. L'effet du feu sur la physiologie de la germination est mal connu et requiert des recherches expérimentales.

Ecologie et biologie de quelques pyrophytes

Le chêne kermès (*Quercus coccifera*) est un arbuste sclérophylle sempervirent typique qui couvre d'immenses surfaces de garrigues méditerranéennes, probablement plus de deux millions d'hectares en Espagne, France, Italie, Grèce, Afrique du Nord ; la sous-espèce orientale *Q. calliprinos* se développe en Libye, Grèce, Crète, Chypre, Israël, Syrie, Jordanie, Turquie.

Bien qu'il puisse constituer un petit arbuste de 3-5 m de hauteur en conditions naturelles protégées, il en est rarement ainsi en raison des incendies répétés et du broût par les animaux domestiques. C'est habituellement un arbrisseau érigé-prosté densément intriqué, de 0,5 à 1,5 m de haut disposé en touffes de 1 à 10 m de diamètre, muni de branches rigides et de feuilles raides, épaisses, épineuses totalement glabres. Il présente le plus souvent l'aspect d'un tapis discontinu de 0,5 à 1,0 m de haut où les espaces entre les arbrisseaux sont généralement dénudés laissant apparaître la roche sous-jacente, généralement calcaire. Dans les taches de Kermès la couverture végétale approche 100 %. Le chêne Kermès existe sur différents types de roches calcaires avec des sols squelettiques superficiels dans les zones semi-aride à humide sous des pluviosités de 400 à 1 200 mm avec des températures hivernales chaudes à fraîches ($10 > m > 1$) ; il est beaucoup plus thermophile que le chêne vert (*Q. Ilex*, *Q. rotundifolia*) ($-2 > m > 5$). Divers chercheurs dont Liacos et Moulopoulos puis Papanastasis en Grèce, et Long, Fay, Thiault et Trabaud en France ont montré que les jeunes pousses de Kermès sont très recherchées des moutons et des chèvres et constituent un aliment riche en protéines, fait intuitivement connu des pasteurs depuis des siècles. On a mis en évidence en Grèce plusieurs types morphologiques de chêne Kermès de productivités et de valeurs pastorales très différentes (Liacos et Moulopoulos, 1967 ; Papanastasis et Liacos, 1980).

Le chêne Kermès se trouve en équilibre depuis des siècles avec les pratiques de feux pastoraux répétés (Kuhnholz Lordat, 1939 ; Barry, 1960). C'est une végétation « pyrostable », une sorte de pseudo climax pyrogène. Néanmoins, lorsque les feux sont par trop fréquents (moins de 4-6 ans entre deux feux consécutifs), il finit par disparaître laissant la place à une maigre pelouse de brachypode rameux (*Brachypodium ramosum*) et d'aspodèle (*Asphodelus cerasifer*). Le chêne Kermès a la double faculté de repousser par ses organes aériens et aussi d'émettre des drageons à partir du système racinaire. Son enracinement est extrêmement puissant quoique assez superficiel et réussit à se développer dans les diaclases, poches de dissolution et crevasses de toutes sortes présentes dans les roches calcaires. Ses feuilles rigides, épineuses, ses rameaux imbriqués lui assurent une excellente protection contre le brûlage excessif d'où les incendies périodiques provoqués par les bergers. Des semis ont été rarement observés, ce qui semble indiquer que l'espèce se propage essentiellement par voie végétative, stimulée par le feu. Les diverses séries évolutives sous chêne Kermès peuvent être synthétisées selon le diagramme donné ci-après (paragraphe 3.4.3).

Les *Arbousiers* (*Arbutus unedo*, *A. andrachne*, *A. pavarii*). Ces éricacées, dont il existe une espèce vicariante (5) en Californie *A. californica* (*A. menziesii*) (Strawberry tree), est un arbuste sclérophylle lauriforme de 1-4 m de haut très commun dans les maquis méditerranéens sous des pluviosités relativement élevées ($P > 600$ mm) et sur sols acides, fersiallitiques ou décarbonatés telles que la « terra rossa ». C'est un arbuste typique des étages de végétation méditerranéens sub-humide à humide à hivers relativement tempérés à chauds ($10 > m > 1$). En tant que pyrophytes les arbousiers se caractérisent par une repousse extrêmement vigoureuse, après les incendies à partir de la souche, mais, contrairement au chêne Kermès, il ne produit pas de drageons. En raison de cette grande vigueur l'arbousier tend à éliminer ses concurrents, ou du moins à les affaiblir, et à constituer des peuplements denses à tendance monospécifique. La reproduction par semis est le mode normal de propagation.

La bruyère arborescente (*Erica arborea*), espèce méditerranéenne et oro-tropicale africaine (elle occupe de vastes superficies au-dessus de 3 000 m en Afrique de l'Est), présente dans le maquis méditerranéen une écologie et des caractéristiques biologiques très voisines de celles des arbousiers, mais se rencontre sous des pluviosités plus élevées et sur des sols plus acides, en moyenne. Les deux éricacées *Arbutus* et *Erica* sont souvent les deux espèces dominantes dans les forêts ou maquis incendiés de chêne Zeen et surtout de chêne liège.

Quelques séquences évolutives typiques de végétation influencée par le feu en Méditerranée occidentale.

– Série du cèdre (*C. atlantica*).

Les forêts de cèdre peuvent être qualifiées de « pyroabiles » en raison de leur sensibilité aux incendies ; elles se rencontrent dans les hautes montagnes d'Afrique du Nord et de Proche-Orient (*C. libani*) entre 1 500 et 2 500 m d'altitude où la pluviosité dépasse généralement 600 mm et où les hivers sont froids ($-2 > m > -5^{\circ}\text{C}$) avec

(5) Autre espèce jouant un rôle analogue dans l'écosystème. N.D.L.R.

une couverture de neige de 30 à 120 jours. Les espèces caractéristiques des cédraires sont : l'éralde de Montpellier, l'if, le houx, etc... (Emberger, 1939 ; Quézel, 1956 ; Shoenberger, 1970 ; Le Houérou et Claudin, 1975).

Les incendies répétés de ce type de forêt provoquent l'évolution vers deux types de végétation différents.

A) Dans les plus hautes altitudes la forêt est remplacée par des groupements à xérophytes épineux analogues à ceux que l'on trouve au-dessus de la limite altitudinale des arbres : ils couvrent 60 à 100 % du sol en mélange avec des graminées et des espèces graminoides.

Xérophytes épineux : *Erinacea anthyllis*, *Bupleurum spinosum*.

Strate graminoidée : de fétuque ovine, fléole, etc...

B) A plus basse altitude la séquence comprend les stades suivants :

- a) Forêt de Cèdres ;
- b) Maquis à chêne vert et genévrier oxycédré ;
- c) Pelouses à thym.

Série du chêne Zeen (*Q. faginea* s.l.).

Les forêts de chêne Zeen peuvent également être qualifiées de pyrolabile ; elles occupent les zones à pluviosité élevée en Afrique du Nord, au Portugal et en Espagne. La pluviosité est toujours supérieure à 800 mm et souvent à 1 000 mm.

Les hivers sont doux à frais ($7 > m > 1$), les sols sont généralement humifères profonds à réaction acide ou neutre. *Q. faginea* est un grand arbre de 10-20 m de haut, très semblable, dans son port, aux *Q. pedunculata* ou *Q. sessiliflora* d'Europe tempérée.

A) Dans les forêts bien développées et proche du stade originel ou primitif (climax) l'espèce dominante est *Q. faginea* (Quézel, 1956 ; Debazac, 1959) avec les espèces caractéristiques suivantes :

chêne Zeen, chêne liège, bruyère arborescente, cytise à trois fleurs, petit houx viorne-tin, etc...

Le chêne Zeen est très sensible au feu ; presque tous les arbres sont tués lorsqu'un feu de quelqu'intensité survient (Debazac, 1959). C'est pourquoi les forêts de chêne Zeen ne couvrent qu'une faible partie de l'aire écologique de l'espèce. La destruction par le feu laisse l'espace libre au pyrophyte passif qu'est le chêne liège (Quézel, 1956). Toutes les forêts de chêne liège de l'Afrique du Nord ne sont sans doute pas des stades de dégradation de la chênaie de Zeen, mais beaucoup le sont ; mes observations personnelles confirment pleinement en cela les conclusions de Quézel.

B) Le stade à chêne liège se caractérise par les espèces suivantes : chêne liège, calycotome, filaire, lenticisque, bruyère arborescente, fougère aigle, arbousier (6), myrte.

C) Lorsque la forêt, ou, plus souvent, le maquis à chêne liège est lui-même incendié trop souvent, il est remplacé par un maquis plus ou moins fermé de 1-4 m de haut dominé par des pyrophytes tels que l'arbousier, le calycotome, le ciste de Montpellier, le ciste à feuilles de sauge, la filaire, la bruyère arborescente.

Debazac (1959) a publié une série d'observations sur la végétation post-incendie dans les forêts à *Q. faginea* et à *Q. suber* de la Tunisie du NO. Ces observations peuvent se résumer comme suit :

a. - 9 mois après le feu :

- Couverture d'annuelles de 100 %.

	Valeur de R en %
Vesce : <i>Vicia sativa</i>	35
Luzernes : <i>Medicago soleirolii</i>	10
<i>Medicago murex</i>	10
Trèfles : <i>Trifolium campestre</i>	5
<i>Trifolium jaminianum</i>	5
<i>Trifolium ligusticum</i>	5
<i>Hypochaeris aetnensis</i>	5
<i>Cynosurus polybracteatus</i>	5
<i>Briza maxima</i>	5
<i>Fumaria capreolata</i>	5

- Les arbustes couvrent 10 à 15 %.

	Valeur de R en %
<i>Erica arborea</i>	5
<i>Myrtus communis</i>	5
<i>Cistus monspeliensis</i>	5
<i>Quercus suber</i>	5

Ceci est en accord avec les observations de Trabaud (1970) aussi bien qu'avec les miennes selon lesquelles le premier stade pionnier après l'incendie est dominé par des « *anthracophytes* » (7) essentiellement représentés par des espèces annuelles nitratophiles ou eutrophophiles ; puis les arbustes tendent à les remplacer de nouveau lorsque les minéraux libérés par l'incendie tendent à s'épuiser.

b. - 24 mois après le feu :

	Valeur de R en %
<i>Arbutus unedo</i>	20
<i>Quercus suber</i>	5
<i>Cistus monspeliensis</i>	5
<i>Cistus salvifolius</i>	5
<i>Cytisus triflorus</i>	5
<i>Calycotome villosa</i>	5
<i>Genista ulicina</i>	1
<i>Daphne gnidium</i>	1

Les annuelles couvrent seulement 10 à 20 %.

c. - Dix années après le feu :

Les arbres et arbustes couvrent de nouveau près de 100 % de la surface du sol.

	Valeur de R en %
<i>Q. suber</i>	45
<i>Erica arborea</i>	15
<i>Arbutus unedo</i>	60
<i>Calycotome villosa</i>	5
<i>Cytisus triflorus</i>	5
<i>Phillyrea media</i>	5
<i>Daphne gnidium</i>	5
<i>Myrtus communis</i>	5

Ces observations en Tunisie du N.O. sont en parfait accord avec les miennes en Algérie du N.E., avec celles de Zeller (1958) en Catalogne et celles de Sauvage (1961) au Maroc. R. et R. Molinier arrivent aux mêmes conclusions pour le S.E. de la France. On peut donc synthétiser les séquences évolutives comme suit :

(7) Plantes favorisées par une présence importante de carbone, voire de charbon.

(6) Pyrophite actif.

TABLEAU 8. — Evolution des séquences de la série du chêne Zeen.

Stades et types de végétation	Afrique du Nord	Europe : N.E. d'Espagne, Italie : S.E. France
A. — Forêt primitive	<i>Q. faginea</i> ↓ Incendie	<i>Q. ilex</i> ↓ Incendie
B. — Forêt claire ou matorral élevé	<i>Q. suber</i> ↓ Incendie	<i>Q. suber</i> ↓ Incendie
C. — Maquis matorral élevé	<i>Arbutus unedo</i> <i>Calycotome, Myrtus,</i> etc. ↓ Incendie	<i>Erica arborea</i> ↓ Incendie
D. — Matorral bas « Lande »	<i>Cistus monspeliensis</i> <i>Cistus villosus</i> <i>Cistus albidus</i> <i>Halimium</i> sp. pl. <i>Ulex</i> sp. pl. <i>Genista</i> sp. pl. <i>Cytisus</i> sp. pl. ↓ Incendie	<i>Cistus laurifolius</i> <i>Cistus ladaniferus</i> <i>Cistus populifolius</i> <i>Cistus crispus</i> <i>Cistus salviifolius</i> ↓ Incendie
E. — Erme	<i>Asphodelus</i> <i>microcarpus</i> <i>Pteridium aquilinum</i>	<i>Urginea maritima</i> <i>Helianthemum</i> <i>guttatum</i>

— Série du chêne vert.

a) Dans les zones à pluviosité élevée ($p > 800$ mm et sur roche siliceuse ou sol décarbonaté la séquence est indiquée dans la partie droite du diagramme ci-dessus : la forêt de chêne va se transformer en matorral à chêne liège puis en maquis à arbousier et bruyère arborescente. Sur sols calcaires la séquence est différente. En voici un exemple en provenance du piedmont Ouest des Appennins à 70 km au Nord de Rome, en Italie :

$X = 12,5^{\circ} E$; $Y = 42,5 N$; $Z = 300$;
Pluviosité 850 mm;

Substrat : calcaire marneux tendre;

Sols : rouge méditerranéen, terra rossa, épais de 5-50 cm décalcarifié par tâches.

Témoin non brûlé, taillis de chêne vert âgé de 30 à 40 ans, haut de 4 à 8 m, couvrant 100 % du sol, litière > 80 %, épaisse de 10 cm.

	Valeur de R en %
<i>Q. ilex</i>	85
<i>Pinus halepensis</i>	5
<i>Juniperus oxycedrus</i>	5
<i>Arbutus unedo</i>	1
<i>Erica arborea</i>	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	1
<i>Q. pubescens</i>	1
<i>Spartium junceum</i>	1
<i>Lonicera implexa</i>	1
<i>Rubia peregrina</i>	1
<i>Asparagus acutifolia</i>	1
<i>Hedera helix</i>	5

Même végétation 30 mois après un incendie (août 1971), strate I, hauteur 2-8 m, couverture 10 %.

Pinus halepensis

70 % morts

Q. ilex

100 % vivants, bourgeonnant sur le tronc et les grosses branches (bourgeons épícormiques).

Strate II, hauteur 1-2 m, recouvrement 60 % :

	Valeur de R en %
<i>Arbutus unedo</i>	30
<i>Erica arborea</i>	5
<i>Q. ilex</i>	5
<i>Pistacia lentiscus</i>	5
<i>Phillyrea media</i>	5
<i>Coronilla emerus</i>	5
<i>Erica multiflora</i>	1
<i>Q. pubescens</i>	1

Strate III, hauteur 5-50 cm, couverture 10 %.

Plantules de *Pinus halepensis* 0,1 par m² :

	Valeur de R en %
<i>Cistus salviifolius</i>	1
<i>Cistus albidus</i>	1
<i>Carex halleriana</i>	1
<i>Satureia</i> sp.	1

12 mois après un incendie très sévère nous avons la végétation suivante :

Strate I, hauteur 4-8 m, recouvrement 10 %. Tous les chênes verts et les pins d'Alep sont morts.

Strate II, hauteur 0,5 à 1,5 m recouvrement 30% Arbustes repoussant de souche :

	Valeur de R en %
<i>Arbutus unedo</i>	25
<i>Pistacia lentiscus</i>	<5
<i>Phillyrea media</i>	<5
<i>Erica multiflora</i>	<5
<i>Erica arborea</i>	<5
<i>Q. ilex</i> R	<5
<i>Spartium junceum</i>	<5
<i>Sarreja</i> sp	<5
<i>Pistacia lentiscus</i>	<1
<i>Quercus pubescens</i>	<0,1

TABLEAU 9. — Stades d'évolution de la série du chêne vert dans des zones à faible pluviosité.

Strate III, hauteur 0,01 à 0,5 m recouvrement 80 %

	Valeur de R en %
<i>Cistus albidus</i> (semis)	30
<i>Cistus Salviifolius</i>	±10
<i>Similax aspera</i>	<10
<i>Satura</i> sp.	5
<i>Dorycnium</i> sp.	5
<i>Pinus halepensis</i> (semis : 5 par m ²)	<1
<i>Vicia</i> sp.	<5
<i>Medicago</i> sp. pl.	20
<i>Rubia peregrina</i>	10
<i>Senecio</i> sp.	1
<i>Osyris alba</i>	<5
<i>Lotus</i> sp.	<5

Cette séquence montre que dès la première saison de pluies après l'incendie le sol se couvre d'annuelles plus ou moins nitratophiles des milieux eutrophes, ce qui est en accord avec les conclusions de Debazac (*op. cit.*) et Traubaud (*op. cit.*) et d'autres. Mais il n'en serait pas nécessairement ainsi lorsque les incendies sont très fréquents 10 ans, (ou moins, entre deux incendies consécutifs), dans ce cas la végétation se transforme aussitôt après les feux en une végétation de pyrophyles bas : cistes, hélianthèmes etc. la garrigue sur sol calcaire squelettique avec un affleurement important de la roche-mère et couverte de chêne kermès, de légumineuses et de cistacées qui représente le stade le plus dégradé de la séquence évolutive porte divers noms locaux tels que « phrygana » en Grèce « Batha : en Israël, « Tomillares » en Espagne où des chaméphytes (8) appartenant aux genres suivants jouent le rôle essentiel :

Cistaceae : *Helianthemum*, *Fumana*, *Halimium* ; *Leguminosae* : *Genista*, *Ulex*, *Coronilla*, *Argyrolobium*, *Dorycnium* ; *Labiaceae* : *Thymus*, *Lavandula*, *Teucrium*, *Rosmarinus*. Plus de nombreuses espèces appartenant à diverses familles.

b) Dans les zones à plus faible pluviosité (800 < P < 400 mm. La séquence est similaire à celle du Pin d'Alep avec les tades suivants :

Stades	Types de végétation	
	A	B
A	Forêt primitive à <i>Q. ilex</i> s.l. Série sur calcaire	Série sur marne
B	Incendie	Incendie
C	Garrigue haute chêne kermès	Garrigue haute à genêt d'espagne (<i>spartium junceum</i>) et <i>Dorycnium suffruticosum</i>
D	incendie	incendie
C	Garrigue basse à Romarin et <i>bruyère multiflore</i>	Erme à <i>Aphyllantes monspeliensis</i> et <i>Thymus serpyllum</i>
D	Incendie	Incendie
	Pelouse à <i>Brachypodium Asphodelus cerasifer</i> <i>Euphorbia characias</i> et Labiées	Pelouse à <i>Brachypodium phoenicoides</i>

(8) Petits arbrisseaux (h < 50 cm).

La série du Pin d'Alep

Les forêts de pin d'Alep occupent 2,8 millions d'hectares en Méditerranée occidentale tandis que *Pinus brutia*, qui lui est étroitement apparenté en occupe 4 millions en Méditerranée orientale (Turquie, Chypre, Syrie, Grèce, Crète). Comme il a été mentionné plus haut *P. halepensis* est un pyrophyte actif puisque le feu joue un rôle positif dans la dissémination et la physiologie de la germination des graines. Les arbres sont habituellement tués par l'incendie ou même complètement brûlés, mais les cônes éclatent pendant ou après l'incendie et les graines sont ainsi disséminées. Les plantules de pin, exigeantes en lumière, trouvent dans les zones dénudées par le feu des conditions favorables à leur établissement sur les sols enrichis en éléments fertilisants par les cendres, où la compétition est beaucoup moins sévère que sous le couvert du maquis. Ces faits expliquent pourquoi le pin d'Alep et le pin Brutia couvrent des superficies aussi considérables dans les zones méditerranéennes semi-arides et sub-humides, alors qu'elles n'ont aucun cortège floristique caractéristique, contrairement aux autres espèces dominantes comme les chênaies caducifoliés, les chênaies sclerophylles, les cédrées ou les hêtraies. En Afrique du Nord, au début des temps historiques les pinèdes à pin d'Alep arrivaient jusqu'à la lisière présente du Sahara sous des pluviosités de 150 à 200 mm (Le Houérou, 1968, 1969). Mais à présent le pin d'Alep, en tant qu'essence dominante se rencontre entre les isohyètes de 300 à 900 mm. On divisera ici les pinèdes à pin d'Alep en trois séries :

Série de l'étage aride à Genévrier de phénicie

Série de l'étage semi-aride à Chêne vert

Série de l'étage sub-humide à Terebinthe

a) Série de l'étage aride, à Genévrier de phénicie

Espèces dominantes :

Pin d'Alep	Genévrier de phénicie
Nerprun	Oleastre
Sumac	Alfa
Romarin	Ciste du Liban

Stades	Type de végétation
A	Forêt primitive : à <i>Pinus halepensis</i> et <i>Juniperus phoenicea</i> Incendie + surpâturage
B	Garrigues ouverte : à <i>Juniperus phoenicea</i> et <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Cistus libanotis</i> Incendie + surpâturage
C	Garrigue steppique : à <i>Rosmarinus officinalis</i> et <i>Stipa tenacissima</i> Incendie + surpâturage
D	Steppe : à <i>Stipa tenacissima</i> et <i>Artemisia herba-alba</i> Incendie + surpâturage
E	Steppe : à <i>Artemisia herba-alba</i> et <i>Poa bulbosa</i> surpâturage
F	Erme : à <i>Peganum hermala</i> , <i>Thapsia garganica</i> , <i>Ferula sp.</i> , <i>Poa bulbosa</i>

TABLEAU 10. – Evolution de la série du pin d'Alep à l'étage aride à Genévrier de Phénicie

b) Série de l'étage semi-aride, à *Quercus chêne vert*

Espèces dominantes :

Pin d'Alep	Genévrier oxycèdre
Chêne vert	Lentisque
	Filaire

Stades	Type de végétation
A	Forêt primitive : à <i>Pinus halepensis</i> et <i>Quercus ilex</i> Incendie + surpâturage
B	Garrigues à : <i>Q. ilex</i> et <i>Juniperus oxycedrus</i> Incendie + surpâturage
C	Garrigue ouverte, basse : à <i>Juniperus oxycedrus</i> <i>Cistus villosus</i> et <i>Rosmarinus officinalis</i> Incendie + surpâturage
D	Pseudo steppe ligneuses : à <i>Cistus villosus</i> et <i>Ampelodesma mauritanicum</i> Incendie + surpâturage
E	Erme : à <i>Poa bulbosa</i> , <i>Ferula</i> , <i>Thapsia</i>

TABLEAU 11. – Evolution de la série de pin d'Alep à l'étage semi-aride à chêne vert

c) Série de l'étage sub-humide à Pistachier terebinthe

les espèces dominantes en plus de celles de l'étage semi-aride :

Pistachier terebinthe	Aubépine
Baguenaudier	Arbousier
Viorne-tin	Myrte
Azerolier	Genêt à trois épines

Les stades dynamiques sont analogues à ceux de la chênaie d'yeuse sub-humide décrits ci-dessus.

Série du Thuya de berbérie : *Tetraclinis articulata*

Le thuya de Berbérie est une espèce caractéristique de la méditerranée occidentale, Italie (Sicile, Malte, Afrique du Nord, Espagne, c'est une espèce typique de l'étage semi-aride, se développant entre les isohyètes de 400 à 600 mm où elle couvre environ un million d'hectares.

Espèces dominantes :

Thuya de Berbérie	Palmier nain
Oleastre	Lentisque
Caroubier	Chêne kermès
Genévriers de Phénicie	

Stades	Type de végétation
A	Forêt primitive : <i>Tetraclinis articulata</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Olea europaea</i> Incendie
B	Garrigues à : <i>tetraclinis articulata</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Chaemerops humilis</i> Incendie + surpâturage
C	Garrigue ouverte : à <i>Q. coccifera</i> , <i>Chaemerops humilis</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> Incendie + surpâturage
D	Matoral en brosse : à <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Asphodelus microcarpus</i>

TABLEAU 12. – Evolution de la série du Thuya de Berbérie.

Conclusions sur le rôle du feu dans la végétation méditerranéenne

La végétation méditerranéenne est très sensible au feu en raison de la nature du climat. On retrouve ce caractère avec des flores différentes mais vicariantes, dans des zones à climat identique, ailleurs dans le monde : en Californie, en Australie du sud et de l'ouest, au Chili central. L'analogie entre la végétation californienne et la végétation méditerranéenne est particulièrement frappante. Beaucoup d'espèces dominantes ont un port et une biologie identiques ; il y a de nombreuses espèces vicariantes réparties dans une quinzaine de genres : *Quercus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Rhamnus*, *Crataegus*, *Cercis*, *Styrax*, *Smilax*, *Salvia*, *Satureja*, *Helianthemum*, *Stachys*, *Arctostaphylos*, *Arbutus* etc. Les homologies et les espèces vicariantes ont été analysées par Naveh (1967). Les ravages du feu sont comparables dans les deux cas. La structure des végétations est identique et des phénomènes de télétoxicité (Alléopathie) se retrouvent dans les deux cas. Les formations végétales sont analogues : les forêts-parcs à chênes caducifoliés de la Californie du Nord (*Q. kelloggii*, *Q. douglasii*) rappellent étrangement les « Dehesa » et « Montado » de l'ouest de l'Espagne et du Portugal, cette structure particulière due à une exploitation combinant culture, le feu et le pâturage est peut-être le résultat de la gestion des premiers colons espagnols, dont beaucoup venaient précisément d'Extramadure (pays de la Dehesa « y tierras de los conquistadores », de Palos, de Moguer...). Le chaparral californien est la réplique physionomique des maquis et garrigues méditerranéens, les feux ont une ampleur analogue dans les deux cas et aboutissent à un résultat comparable dans la sélection des types biologiques.

L'homme brûle la forêt méditerranéenne « depuis plus de 4 000 ans », à la recherche de meilleurs pâturages et de terres de culture. Il en brûle actuellement en moyenne 200 000 hectares par an en causant une perte nette supérieure à 100 millions de dollars US par an comme il a été dit plus haut. C'est la raison pour laquelle la végétation méditerranéenne est aujourd'hui dominée par des pyrophytes ; pour cette raison nous ne savons pas ce que serait effectivement une végétation climax non influencée par le feu puisque depuis que le climat méditerranéen est demeuré à peu près identique à ce qu'il est actuellement, c'est-à-dire depuis 3 000 ans, la végétation méditerranéenne a été constamment ravagée par le feu. La palynologie ne peut donc nous renseigner sur ce que serait un tel climax, à supposer qu'il ait existé. Certaines espèces, aujourd'hui rares ont peu été dominantes dans des zones indemnes de feu, à supposer qu'il en ait existé. C'est le cas du Laurier sauce (*Laurus nobilis*) qui ne résiste pas du tout au feu et dont la propagation est inhibée par lui (il s'enflamme comme un hydrocarbure... et ne rejette pas ; les graines elles-mêmes sont détruites).

(9) N.D.L.R. Les compte rendu d'expériences en cours et de la mission de trois ingénieurs français aux U.S.A. enchaîneront prochainement avec cette suggestion.

Il y a cependant un certain nombre de conclusions générales à tirer des nombreuses études sur le rôle du feu dans la végétation méditerranéenne.

Le feu affecte la végétation dans sa structure, sa composition et dans sa productivité. Les rares forêts qui n'ont pas brûlé depuis 50 à 100 ans ou davantage présentent une structure très simple avec seulement des arbres, des lianes et des herbes.

Lorsque le feu survient périodiquement, la structure devient plus complexe et comprend des arbres, des arbustes hauts, des arbustes bas, des arbrisseaux, des lianes et des herbes. Lorsque les feux sont très fréquents (10 ans et moins) la structure devient à nouveau très simple avec seulement des arbustes bas, et des herbes.

Dans les cas de dégradation extrême seules les herbes demeurent : géophytes, hémicryptophytes, théophytes. Le rôle du feu sur la composition botanique est également clair : le nombre d'espèces et la proportion d'annuelles croît avec la fréquence des feux.

Par contre la productivité de la végétation est inversement proportionnelle à la fréquence des feux pour deux raisons :

- i) la végétation pyrophile est potentiellement moins productive que la végétation non pyrophile ;
- ii) l'érosion du sol consécutive aux incendies réduit la quantité d'eau disponible pour les plantes ; elle réduit aussi la fertilité des sols car les éléments géobiogènes mobilisés dans les cendres sont en grande partie emportés par le ruissellement et perdus pour la végétation terrestre (la question de la productivité sera reprise plus loin, dans les conclusions générales).

Finalement, comme Kuhnholtz-Lordat l'a fait remarquer, les faits essentiels sont la périodicité et l'intensité du feu en fonction de la résistance des diverses espèces qui fait qu'une espèce donnée peut ou non se reproduire et se propager dans l'intervalle entre deux feux consécutifs.

Des méthodes d'évaluation des risques d'incendie ont été mises au point par des écologistes, elles permettent de cartographier ces risques et par conséquent d'y faire mieux face (Trabaud, 1969, 1970, 1971, 1973, 1976, 1979) ; on a par ailleurs montré que les feux prescrits et contrôlés de contre-saison sont un moyen de prévention efficace et aussi un moyen moderne de gestion de certains types de végétation, cependant réputés très sensibles, telles les forêts de Pin d'Alep de Grèce (Liaccos, 1973). Aux Etats-Unis 20 millions d'hectares de forêts, surtout des pinèdes, sont gérées par l'utilisation des « feux prescrits ». Cette technique a mis près d'un demi-siècle à s'imposer outre Atlantique. On peut seulement espérer que les gestionnaires des forêts méditerranéennes seront moins durs à la détente..., si on me pardonne cette expression familiale et militante (9).

H.-N. L.H.

(à suivre...)