

Régénération naturelle de *Cedrus atlantica* Man. et de divers pins après incendie dans l'arboretum de Meurdja (Algérie)

par Rachid MEDDOUR *

Introduction

Il est connu qu'en région méditerranéenne, les incendies de forêts, quand ils ne sont pas fréquents, favorisent l'extension des conifères (Quézel, 1980).

Ainsi, l'extension du pin d'Alep, du pin brutia, voire du pin maritime, par exemple, est certainement, d'après cet auteur, liée à l'occurrence du feu.

Par ailleurs, Quézel (1980) note que la régénération naturelle des forêts de conifères, de l'étage montagnard méditerranéen (*sensu* Quézel, 1976), tel que le cèdre, est souvent consécutive à l'apparition des incendies, comme le montre localement la prédominance des peuplements forestiers équiennois.

Il nous a paru ainsi intéressant d'analyser l'effet du passage du feu sur la régénération naturelle de

quelques résineux, dans l'arboretum de Meurdja, 4 ans après incendie.

Pour cela, notre choix a porté, tout naturellement, sur *Pinus halepensis* Mill., *Pinus pinaster* Sol. et *Cedrus atlantica* Man., qui sont

d'une grande importance forestière en Algérie (cf. Tab. I).

En outre, nous nous intéressons à deux pins californiens, *Pinus radiata* D. Don (= *P. insignis* Douglas) et *P. coulteri* D. Don., introduits dans l'arboretum. En rai-

Essences	Superficies	
	ha	%
Pin d'Alep	792 000	34,9
Chêne liège	463 000	20,4
Chêne vert	354 000	15,6
Genévrier de phénicie	227 000	10,0
Thuya de Berbérie	191 000	8,4
Chênes zén et afarès	65 000	2,9
Cèdre	23 000	1,0
Pin maritime	12 000	0,5
Diverses (Chêne Kermès, Oxycèdre, Thurifère,...)	143 000	6,3
Total forêt	2 270 000	100 %
Maquis	780 000	
Total : Forêts et maquis	3 050 000	

Tab. I : Importance des principales essences forestières en Algérie (d'après le Service des forêts, 1966 *in* Kadik, 1983).

* Assistant. Université de Tizi-Ouzou, Institut d'agronomie. Département forestier, Hasnaoua - 15000 Tizi-Ouzou - Algérie

son des résultats forts prometteurs obtenus par ces deux pins dans les arboreta (Meurdja, Bains, ...), ils constituent des essences de choix pour les reboisements en Algérie, du moins dans les zones subhumides et humides (Kadik, 1980 ; Letreuch-Belarouci, 1981).

La connaissance de leurs potentialités de survie et de régénération après incendie est nécessaire, dès lors qu'en Algérie une superficie importante est parcourue chaque année par le feu.

En effet, la moyenne de la superficie forestière et subforestière brûlée annuellement est de 32 000 ha,

pour la décennie 1975/1984 (cf. Tab. II).

A titre de comparaison, 1 % des forêts et maquis brûle en moyenne par an en Algérie, contre 0,2 % en Tunisie et moins de 0,1 % au Maroc (Le Houerou, 1987). Ce sont les maquis, les pineraies à pins d'Alep et les suberaies qui sont particulièrement touchés, en Algérie, à l'instar de nombreux pays méditerranéens.

Notons enfin, que la régénération naturelle après incendie de ces différentes espèces est analysée dans cet article principalement sur le plan de la densité numérique et de la croissance en hauteur des semis.

Années	Superficie incendiée (en ha)
1975	37 331
1976	19 943
1977	50 152
1978	41 152
1979	15 662
1980	19 730
1981	20 920
1982	7 355
1983	102 592
1984	4 731
1975/1984	319 568

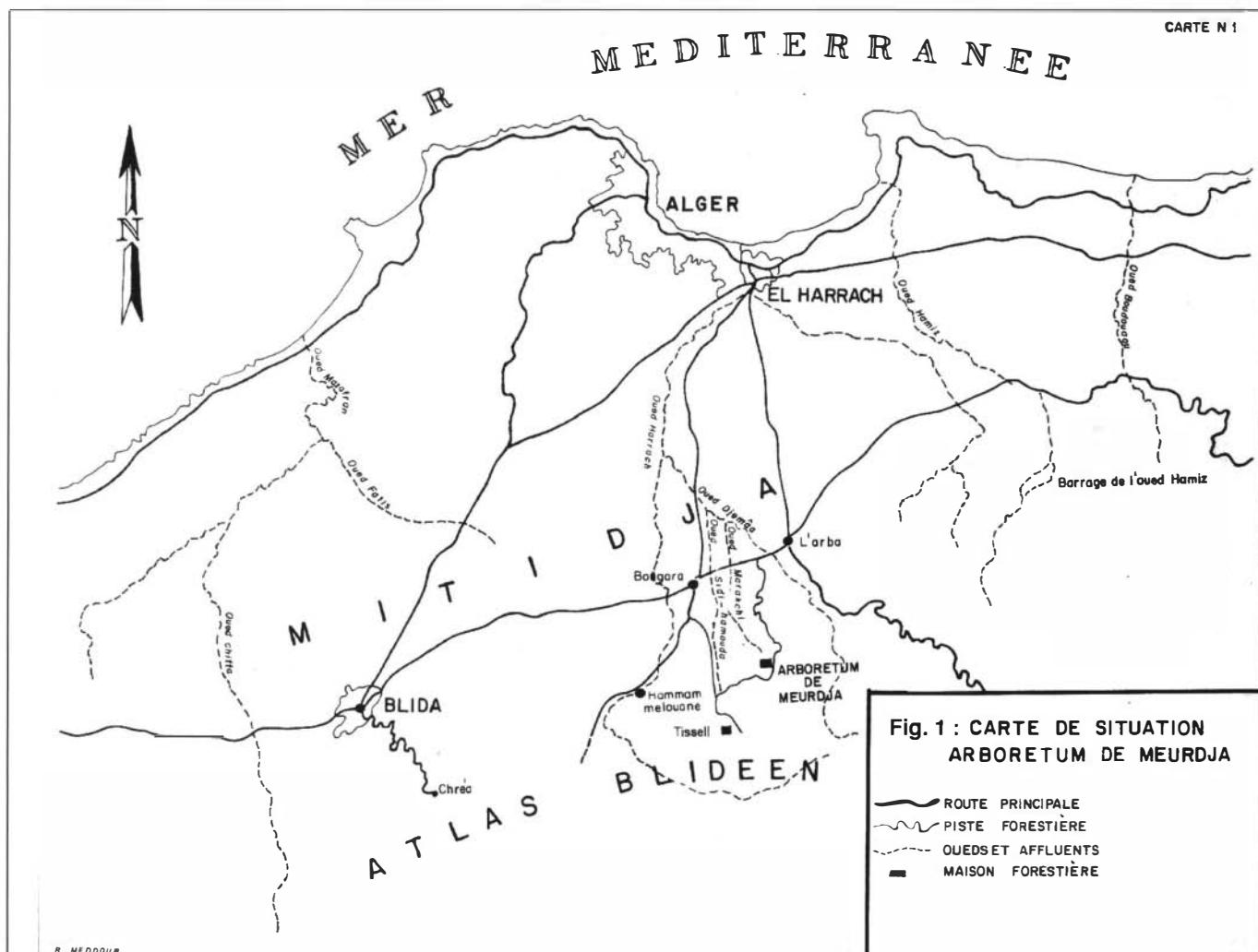
Tab. II : Superficie incendiée chaque année : forêts et maquis (d'après le "Bilan des incendies" du M.H.E., 1987).

Description de la zone d'étude

L'arboretum de Meurdja, d'une superficie de 289 ha, a été créé en 1933. Il s'étend sur les contreforts septentrionaux de l'Atlas Blideen, à 40 km au sud d'Alger (cf. Fig. 1).

La majeure partie est exposée au nord, mais de nombreux vallons y débouche, à 40 km au sud d'Alger (cf. Fig. 1).

réalisent une grande variété d'expositions. Son altitude s'étend de 850 à 1 000 m (cf. Fig. 2). Les pentes varient de 17 % à 50 %.



La région est caractérisée par un climat humide et assez froid ; elle s'inscrit dans la variante fraîche de l'étage bioclimatique méditerranéen humide *sensu* Emberger (1955), avec une saison sèche estivale de moins de 3 mois. La pluviométrie moyenne est de 1159 mm par an (à 950 m d'altitude) et la température moyenne annuelle est de 14.4 °C (Halimi, 1980).

Au point de vue lithologique, on notera la nature essentiellement siliceuse, schistes et quartzites, du substrat avec quelques bancs de calcaire compact (cénomanien). La végétation naturelle, selon Aubert, Loisel et Zeraïa (1976), comprend essentiellement la série du chêne vert, qui est observée dans la presque totalité de l'arboretum. Cependant, les stades de dégradation de cette chênaie verte sont très répandus dans la région. Ce sont des maquis à *Erica arborea*, génistiaies à *Genista tricuspidata*,

ptéridiaies, cistiaies et dissaines (Aubert *et al.*, 1976).

Quant aux introductions, l'arboretum de Meurdja réunissait, avant l'incendie, une considérable col-

lection d'arbres d'origine très diverse : plus de 200 espèces dont un grand nombre de résineux (des genres *Pinus*, *Abies*, *Cedrus*, *Cupressus*,...) et d'eucalyptus.

Les conditions de l'incendie

Si "aucun incendie important n'a dévasté le périmètre de l'arboretum depuis plus de quarante ans" (Aubert *et al.*, 1976), malheureusement, celui-ci a connu deux incendies successifs durant les étés de 1977 et 1979.

L'arboretum de Meurdja a été surtout ravagé par l'incendie du mois d'août 1979. Celui-ci a pris naissance près de la route départementale et s'est propagé rapidement, entraînant la destruction de la quasi-totalité des boisements (soit 249 ha représentant environ 86 % de la superficie du périmètre). (Photos 1 et 2).

Cet incendie a finalement détruit diverses plantations de résineux,

Pinus halepensis, *P. pinea*, *P. insignis*, *P. ponderosa*, *P. nigra* s.l., *Cupressus sempervirens*, *C. benthami*, *C. macrocarpa*, *Cedrus libani*, *C. deodora*, *Abies numidica*,..., ainsi que de nombreux boisements d'eucalyptus. De plus, les taillis de chênes verts, très vigoureux et très denses, atteignant fréquemment plus de 10 m de haut (Aubert *et al.*, 1976), ont été incendiés.

Il n'a épargné que les formations à *Cedrus atlantica* (31 ha) existant en amont de la maison forestière, de la pépinière et à proximité d'une chabot (thalweg) et quelques bouquets d'essences localisées dans des stations humides, telles que *Pinus*

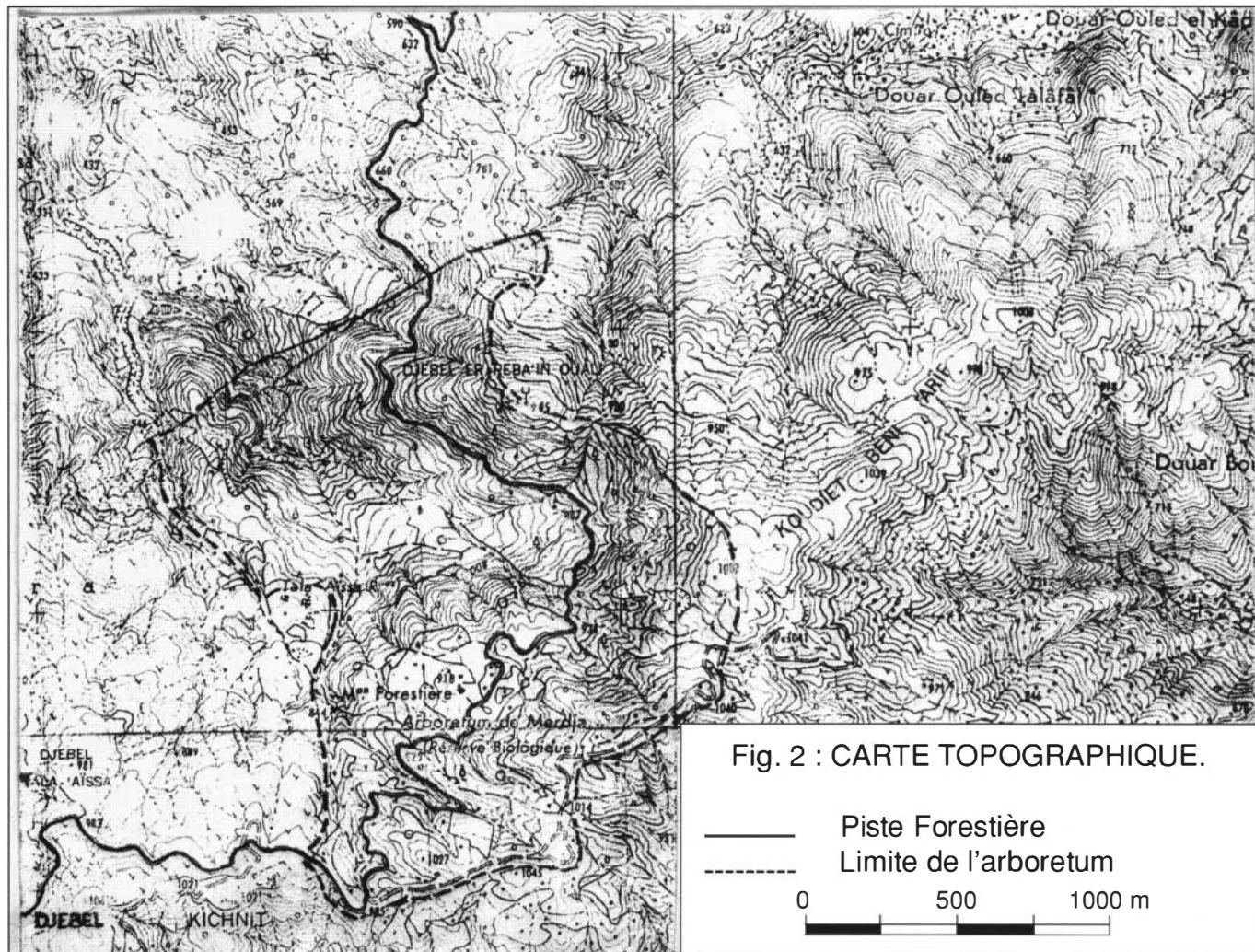


Photo 1 ci-contre : Le Djebel er rebain Ouali. Totalement dégradé après 2 incendies successifs. En arrière plan, on distingue les peuplements d'eucalyptus qui ont rejeté vigoureusement.

Photo R.M., 1983.

Photo 2 ci-dessous : Zone de Tala Aissa, à l'extrême N.E. de l'arboretum, la dégradation des plantations est totale. On observe au fond quelques terrains de cultures des riverains.

Photo R.M., 1983.

coulteri, P. brutia, Taxodium distichum, Ulmus campestris,... (Photos 3 et 4).

Quant à l'intensité du feu, dans la placette de pin de Coulter, sur certains arbres de plus de 20 m de haut des traces de carbonisation sont encore visibles sur les troncs 4 ans après l'incendie, sur une hauteur de 2 à 6 m.

L'importance de l'incendie de l'été 1979 dans cet arboretum est en partie due aux conditions climatiques qui ont été extrêmement défavorables dans toute la région au cours de cette période (déficit pluviométrique important, températures supérieures à la normale, vent modéré à fort,...).

Il faut souligner, en outre, un manque flagrant d'infrastructure de D.F.C.I. au niveau de l'arboretum : absence de pare-feux et de points d'eau aménagés, pistes envahies par la broussaille, un seul poste de vigie existe sur le périmètre,...



Considérations générales sur les Pinacées et leurs réponses au feu

Les pins, connus comme "pyrophytes actifs" sont, selon Kuhnholz-Lordat (1938), des plantes dont la propagation, la multiplication ou la reproduction est stimulée par le feu.

Trabaud (1970 - 1980) admet comme "vérifiables pyrophytes", les plantes qui sont à la fois résistantes au feu et favorisées par lui.

L'influence du feu se résume pour les pins dans les quelques éléments positifs suivants :

- La désarticulation des cônes sous le coup de chaleur et la dissémination des graines (Franclet, 1970 ; Le Houerou, 1974).

Le Houerou (1980) cite, 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.

Il est intéressant de noter, qu'en milieu non modifié par le feu, les

- graines anémochores¹ du pin d'Alep tombent à moins de 30 m de semenciers (Acherar et al., 1984) et celles du cèdre sont disséminées au plus entre 20 et 50 m (Toth, 1978).

- Levée de dormance activée par la chaleur.

D'après de nombreux auteurs cités par Trabaud (1980), les températures

1 - N.d.e. **Anémochore**: qualifie les graines des plantes dont la pollinisation est assurée par le vent.



Photo 3 ci-contre : Vue générale de la partie centrale de l'Arboretum où se localisent les plantations du Cèdre de l'Atlas. Au premier plan, la cédraie de la chabet Tanazers (entrée de l'Arboretum).
Photo R.M., 1983.



Photo 4 ci-dessous : Quelques bouquets d'essences feuillues, en général, localisées aux alentours de la maison forestière, près des sources et endroits humides.
Photo R.M., 1983.

dénudées par le feu, où la compétition est moins sévère que sous le couvert du maquis, des conditions favorables à leur installation sur des sols enrichis en éléments fertilisants par les cendres (Le Houerou, 1980 ; Rego *et al.*, 1987).

Méthode d'observation de la régénération

élèves stimulent le pouvoir germinatif de nombreuses graines. La déshydratation des graines sous l'effet de la chaleur augmente l'énergie et le pourcentage de germination (Karschon, 1973 ; Le Houerou, 1980). Comme le souligne notamment Gaussen (1968), la germination du pin d'Alep (et du pin brutia) est accélérée si on chauffe les graines à 60 ou 70 °C.

- Elimination de la végétation épigée² tant herbacée que ligneuse basse surtout, et donc, de son effet concurrentiel vis à vis des semis (Le Houerou, 1974 ; Toth, 1987).

- Par ailleurs, c'est au niveau des modifications du milieu édaphique

en particulier, que se situe l'effet favorable du feu sur la régénération naturelle de nombreuses espèces (Boudy, 1950 ; Nahal, 1962 ; Traubaud, 1980). En effet, la disponibilité d'éléments fertilisants augmente la croissance des semis qui sont particulièrement vigoureux après incendie (Nahal, 1962 ; Abbas, Barbero, Loisel, 1984).

A ce propos, Letreuch-Belarouci (1972) constate que la croissance du pin d'Alep est plus grande sur les terrains atteints par le feu. Cette meilleure croissance sur une surface incendiée est due à l'activité plus intense du processus de nitrification de l'azote dans le sol (Vlassev *in* Letreuch-Belarouci, 1972).

Ainsi, les semis de pins, exigeants en lumière, trouvent dans les zones

Durant les mois de juin-juillet 1983, nous avons effectué différentes observations dans 8 placettes totalement incendiées, dispersées au niveau de l'arboretum. Les essences considérées y étaient présentes avant le passage du feu (cf. Tab. III).

Seuls quelques semenciers subsistent encore en place, après l'assainissement d'une grande partie de l'arboretum en 1980.

Dans chacune de ces placettes, la quantification de la régénération a été réalisée selon 2 méthodes :

- **par recensement** c'est-à-dire, comptage de tous les semis présents sur la placette quand la densité des semis est faible (cas des placettes 6, 7 et 8) ;

- **par inventaire statistique**, c'est-à-dire comptage des semis pas échantillonage quand leur densité est importante (cas des placettes 1 à 5).

Pour cette méthode, des transects linéaires³ sont matérialisés sur le

3 - N.d.e. **Transects linéaires** : lignes tracées réellement ou virtuellement à l'intérieur d'une végétation et qui permettent d'en faire l'analyse.

2 - N.d.e. **Épigée**: qualifie la partie aérienne d'un végétal.

terrain à l'aide d'un double décamètre, selon la ligne de plus grande pente. Ce facteur stationnel, comme le soulignent Troumbis et Trabaud (1987), est très important dans la régénération naturelle des espèces car il joue un rôle prépondérant dans la régulation des pertes de graines. Vega Hidalgo (1977), par exemple, constate que son effet est clairement négatif sur la régénération de *Pinus pinaster* et *P. radiata*.

Le comptage des semis, pour une placette donnée, a été fait ensuite, dans 20 à 35 quadrats de 1 m² (cadres en bois), répartis le long des transects, avec une équidistance de 1 m. Le taux d'échantillonnage est alors de 4 à 10 %, suivant les placettes (cf. Tab. IV).

N°	Essences	Superficie (ares)	Date introduction	Semenciers (1969)*	
				Nbre	H moy (m)
1	<i>Cedrus atlantica</i>	8	1933-1937	? (25)	- (12)
2	<i>Cedrus atlantica</i>	6	1933-1937	? (6)	- (10)
3	<i>Pinus halepensis</i> (Prov. Cherchell et Djelfa)	2	1936	15 (0)	5,5 -
4	<i>Pinus halepensis</i> (Prov. Meurdja)	2	1935 ?	? (0)	10 -
5	<i>Pinus pinaster</i> (Prov. Tamjout, Maroc)	6	1954	103 (12)	7,6 (13)
6	<i>Pinus pinaster</i> (Prov. Jijel)	6	1951	24 (0)	6 -
7	<i>Pinus insignis</i>	2	1938	36 (0)	12,7 -
8	<i>Pinus coulteri</i>	12	1954	197 (0)	7,5 -

* Nous ne pouvons donner l'état du peuplement de chacune des placettes avant incendie (1979) car les dernières observations datent de 1969 (*in Zeraïa*). Entre parenthèses sont indiqués le nombre et la hauteur moyenne des semenciers vivants après incendies (1983).

Tab. III. Caractéristiques des placettes d'études.

N° des placettes	1	2	3	4	5
Surface échantillonnée (m ²) ou nombre de quadrats	35	25	20	20	20
Taux %	4	4	10	10	5

Tab. IV. Caractéristiques de l'inventaire statistique.

Analyse des résultats et discussion

Dans le tableau V sont consignés les résultats obtenus pour les différentes essences (densité des semis par placette et hauteur du semis le plus haut). La densité n'est extrapolée à l'hectare que dans un but comparatif.

1.- Le cèdre

La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas a fait l'objet de nombreux travaux, tant dans son aire naturelle (Maghreb) que dans son aire d'introduction (notamment en France). Citons, en particulier, les récentes recherches réalisées en Algérie par Nedjahi (1988) et Deridj (1990).

Concernant l'action du feu sur la

régénération de cette essence, Le Houerou (1980), Boudy (1950), Quézel (1956, 1980), Lepoutre (1964) et M'Hirit (1982) s'accordent à reconnaître l'influence favorable des incendies sur le développement des cédraies (les Babors en Algérie et le Rif au Maroc sont précisément cités).

Abdessemed (1984) signale la présence de taches de régénération du cèdre, après incendie, sur les versants sud du Chélia (Aurès).

En France, Toth (1987) constate également qu'après le passage du feu, il se produit très souvent une abondante régénération naturelle du cèdre.

Cependant, si pour les pins quatre éléments positifs ont été évoqués pour expliquer cette action favorable du feu dans le cas du

cèdre, Boudy (1950) et Toth (1987) ne retiennent que les deux points relatifs au milieu (cf. supra).

Qu'en est-il alors de la déhiscence des cônes et de la dissémination et germination des graines ?

A ce propos, il apparaît que l'action directe du feu n'a pas le même effet positif, sur l'ouverture des cônes de cèdre, que chez les pins.

En effet, les cônes, encore immatures physiologiquement, à cette époque de l'année (mois d'août), qui ont de surcroît besoin d'un coup de froid humide, pour leur désarticulation et la dissémination des graines (Zaki, 1970 ; Toth, 1978), brûlent avec leurs graines, tout simplement, au lieu d'éclater durant l'incendie.

D'autre part, comme le fait re-

Tab. V. Densité des semis et hauteur du semis le plus haut (H max.).

N°	Essences	Etat de la régénération	Densité/ placettes *	Densité estimée à l'ha	H max (cm)
1	Cèdre de l'Atlas	Localisée sous couvert des semenciers	15 / 35 m ² (342)	4 300	
2	Cèdre de l'Atlas	Localisée près des semenciers	9 / 25 m ² (216)	3 600	
3	Pin d'Alep	Assez dense	6 / 20 m ² (160)	8 000	100
4	Pin d'Alep	Dense	84 / 20 m ² (840)	42 000	145
	Cyprès vert	Très dense	344 / 20 m ² (3440)	172 000	
5	Pin maritime	Dense	110 / 30 m ² (2200)	37 000	150
6	Pin maritime	Disséminée	39 / 600 m ²	650	144
7	Pin de Monterey	Disséminée	23 / 200 m ²	1 150	231
8	Pin de Coulter	Disséminée	50 / 1200 m ²	420	122

* Il s'agit des densités calculées sur des surfaces-échantillon et entre parenthèses des estimations pour les surfaces totales des placettes (sauf 6, 7 et 8).

marquer Boudy (1952), les incendies de cédraies, à l'inverse des pineraies, n'entraînent pas la destruction complète des peuplements.

Effectivement, quelques semenciers de cèdre subsistent après incendie dans les placettes 1 et 2 (cf. Tab. III), alors que dans celles des divers pins, à l'exception de la placette 5 du pin maritime de provenance marocaine, la destruction des plantations est totale.

Ce fait est très important à relever, en ce sens que la régénération naturelle du cèdre n'est probablement assurée sur les sites incendiés, que si des porte-graines y sont encore présents.

Nos observations sur la cédraie du versant sud du Djurdjura (Tikjda, Tala rana) abondent dans le même sens.

A Meurdja, nous constatons que les plantules de cèdre sont, en général, localisées :

- en placette 1, sous le couvert assez clair (60 %) des 25 arbres épargnés par le feu, sur une couche de litière où l'on trouve, notamment, de nombreuses écailles mêlées aux aiguilles de cèdre (à partir de mars-avril) ;

- en placette 2, sur une pente à découvert près des 6 arbres ayant

survécu à l'incendie, sur un sol décapé de toute litière.

Cette proximité tend à prouver que les semis recensés sont bien issus des semenciers fructifères et sains, encore en place, dans les 2 placettes brûlées. Toth (1987) signale aussi dans le Mont Ventoux, que les plants de cèdre installés ont pour origine les porte-graines entourant la partie incendiée du peuplement.

Il convient de remarquer, en outre, que cette essence peut facilement s'installer et se développer sur des sols décapés de toute litière (cas de la placette 2).

Dans la cédraie de Chréa (Atlas de Blida), nous avons pu constater en divers points, en accord avec Faurel (1947) et Zeraia (1986) que la dégradation des formations végétales qui a pour corollaire la destruction complète des horizons superficiels du sol, favorise l'installation des plantules de cèdre.

Le même phénomène a été observé au niveau des massifs des Babors et des Aurès (Zeraia, 1986) et dans le Moyen Atlas, au Maroc (Ezzahiri, 1989).

Dans les cédraies libanaises, Bouvarel (1950) a signalé, de son côté, l'abondante installation des semis sur des sols squelettiques et des éboulis.

Dans les régions de sécheresse

estivale marquée, la rapidité de germination est un atout majeur qui permet à la radicelle d'atteindre les horizons profonds plus humides. C'est pourquoi, Lepoutre (1964) préconise un décapage des horizons humifères de surface pour favoriser l'installation et surtout le maintien des plantules.

Toutefois, comme l'a bien montré Toth (1978), l'action de la litière est positive sur la réussite des semis de cèdre (effet des mycorhizes et de l'acide oxalique).

A Meurdja, la régénération du cèdre, dans un peuplement dense, où l'ambiance est certes peu lumineuse, est pratiquement absente alors que les germinations de l'année sont très abondantes. L'explication résiderait, en grande partie, dans le fait que l'horizon humifère favorise la germination du cèdre au début du printemps (fonte des neiges ?) mais devient physiologiquement sec pendant l'été et ne permet plus à la plantule de se développer.

Les observations de M'Hirit (1982), sur les cédraies du Rif, corroborent ce fait important sinon déterminant.

Dans certaines plantations denses de cèdres dans l'arboretum, cet horizon humifère peut dépasser 50 cm d'épaisseur (Aubert *et al.*, 1976). Or, Toth (1978) note que les racines

des plantules de cèdre ont entre 14 et 20 cm de long, après une saison de végétation. Lepoutre (1964) rapporte, quant à lui, un allongement racinaire de 40 cm à 4 mois, parfois, chez cette espèce.

En définitive, il est ainsi plus facile de comprendre, de ce point de vue, comment la destruction de la litière par le feu peut permettre une implantation, peut-être plus aisée que dans les conditions ordinaires, si les précipitations sont assurées pendant la période active de la croissance du cèdre (Toth, 1987).

Aux Etats Unis, on a coutume, avant régénération naturelle, d'éliminer par "brûlage contrôlé" la litière trop épaisse (Alexandrian *et al.*, 1980).

Soulignons, enfin, que de nos inventaires il ressort que la densité du semis naturel de cèdre est estimée à 342 et 216 semis de 1-3 ans, respectivement pour les placettes 1 et 2, (soit 4 300/ha et 3 600/ha). Ces densités, eu égard au nombre très faible de semenciers, sont pour le moins remarquables.

Dans une étude comparable, Toth (1987), dans une cédraie âgée d'environ 100 ans sur le Mont-Ventoux, signale 5 ans après incendie, une densité du même ordre de grandeur (6 000/ha).

Mais si l'on se réfère aux données de Nedjahi (1988), il s'avère que dans des conditions écologiques similaires (cédraie de Chréa, Atlas de Blida), la densité des semis de 1-3 ans est de plus de 9700/ha, en absence de feu.

Aussi, nous estimons qu'il ne se produit pas après incendie d'ensemencement massif comme dans le cas du pin d'Alep (Boudy, 1952), et que l'effet favorable du feu sur la régénération du cèdre est loin d'être un fait bien établi, tout au moins dans les conditions particulières de nos observations.

néralement facile (Boudy, 1952 ; Seigue, 1985).

Cette essence anémochore, à fertilité précoce, produisant de nombreuses graines résistantes, à germination facile et peu exigeantes au niveau de leurs plantules (Abbas *et al.*, 1984) occupe très facilement les cultures abandonnées ou les places vides créées par le feu (Trabaud, 1980 ; Acherar *et al.*, 1984).

Cet héliophyte a ainsi toutes les caractéristiques biologiques d'une espèce colonisatrice et expansionniste (Barbero et Quézel, 1989), attestant que le feu n'est pas indispensable pour sa régénération (Barbero *et al.*, 1987).

Mais il est indéniable qu'après incendie des pinèdes à *Pinus halepensis*, il s'ensuit très souvent une régénération massive de ce pin, parfois sur d'importantes surfaces avec une densité de plusieurs dizaines de milliers de semis à l'hectare (Cf. Lapie, 1909 ; Boudy, 1950 ; Souleres, 1969 ; Sari, 1978 ;...).

Ce phénomène a suscité la réalisation de nombreuses recherches, dans diverses régions du bassin méditerranéen, notamment Karschon (1973), Abbas *et al.* (1984), Trabaud *et al.* (1985), Barbero *et al.* (1987) et May (1987).

Tous ces auteurs s'accordent aussi à reconnaître une rapide recolonisation des pineraies brûlées par une abondante régénération de ce pin.

Il apparaît également que la régénération naturelle du pin d'Alep est assurée après le feu grâce à :

- un grand nombre de graines fertiles qui restent dans les vieux cônes (4-5 ans), très lignifiés et indéhiscents dits "cônes sérotineux" (Abbas *et al.*, 1984). Selon Trabaud (1987), de nombreuses espèces de pins possèdent ces cônes sérotineux qui ne s'ouvrent qu'après avoir subi le choc thermique du feu.

Ce qui est aussi le cas de *P. brutia* (Eron, 1987) et de *P. radiata* (Vega Hidalgo, 1977).

- L'effet protecteur des écailles du cône qui leur permet d'échapper au feu et de participer à la régénération de cette essence (Oustric, 1984).

Ces deux faits sont essentiels dans le processus de recolonisation par le pin d'Alep des pineraies brûlées.

A Meurdja, la régénération de ce pin est effectivement importante après le passage du feu. Une brosse de semis de 4 ans, vigoureuse, d'une hauteur moyenne d'un mètre, avec un maximum de 1 m 45 pour le semis le plus haut, recouvre le sol (placette 4).

Nous notons, cependant, une forte densité de 840 sur 2 ares (soit 42 000 semis/ha) dans la placette 4 et seulement 160 sur 2 ares (soit 8 000 semis/ha) dans la placette 3. Cette différence de densité montre, à notre sens, l'intérêt de l'utilisation de la provenance locale.

Néanmoins, cette densité (8 000/ha) est tout aussi bonne, quand on considère que le nombre de pins adultes, présents avant l'incendie, dans cette placette, était seulement de 15 !

D'autre part, ces deux placettes sont suffisamment éloignées l'une de l'autre et de tout semencier. Ce qui ne laisse aucun doute quant à l'origine des semis inventoriés dans chacune d'elles.

A titre indicatif, notons qu'en absence de feu, dans une pineraie du massif des Senalba (Atlas saharien), en bioclimat semi-aride froid, Kadik (1986) dénombre 2720 plants de 1-3 ans, à l'hectare.

Cette densité est certainement intéressante comparée à la norme utilisée dans le reboisement du Barrage vert qui est de 2000 plants/ha, soit un espacement de 2,5 X 2 m (Letreuch-Belarouci, 1981).

Cependant, en ce qui concerne l'ensemencement naturel du pin d'Alep après incendie, des études comparables montrent que les densités obtenues sont nettement supérieures (de l'ordre de dizaines de milliers de semis à l'hectare durant les 10 premières années) (Cf. Tab. VI).

On note, en outre, une régénération fort dense de *Cupressus sempervirens* dans cette même placette 4. Les plants sont surtout répartis en agrégats. Les diaspores du cyprès vert qui sont relativement lourdes et à ailes étroites, ont une dispersion spatiale très réduite et tendent à se regrouper près des individus pa-

2.- Les pins

Le pin d'Alep

La régénération naturelle du pin d'Alep, en absence de feu, est gé-

Localité	ans	Densité à l'ha	H max (cm)	Auteurs
Meurdja (Algérie)	4	42000	145	Nos données
Provence (France)	6	50000	100	Abbas et al., 1984
Montpellier (France)	8	15000	107	Trabaud et al., 1985
Andalousie (Espagne)	9	22000	/	May, 1987
Djurdjura (Algérie)	11	52000	250	Données non publiées

Tab. VI : Données comparatives sur la régénération naturelle post-incendie du pin d'Alep.

rentaux. Ainsi, l'éclatement des cônes du cyprès, durant l'incendie, n'entraîne apparemment pas une forte dispersion des graines.

Hossaert-Palauqui et Gautier (1980) constatent le même phénomène chez *Ulex minor* dans une lande incendiée (en France).

Les jeunes plants du cyprès sont moins vigoureux, mais leur densité est de loin supérieure à celle de *Pinus halepensis*, environ 4 fois plus (3440 sur 2 ares soit 172 000/ha).

Cette forte densité de semis dans cette placette, estimée à 4280 sur 2 ares (20 % de pins et 80 % de cyprès) doit probablement entraîner une compétition inter et intraspécifique intense.

Il est possible, toutefois, en dépit de ces densités initiales, que le pin d'Alep, en raison de sa dispersion plus régulière, de sa meilleure croissance et vigueur, devienne dominant avec le temps.

D'ailleurs, Ozenda (1982) note que dans un peuplement très serré, la compétition s'établit entre les espèces et celles qui présentent la croissance la plus rapide et la plus vigoureuse, comme les pins par exemple, éliminent les autres.

Mais la parfaite cohabitation de ces deux essences rustiques a été constatée, tant dans des plantations artificielles (versant sud du Djurdjura, observation personnelle) qu'en peuplements naturels (Syrie littorale, Barbero et al., 1976).

Le pin maritime

Cette essence méditerranéo-atlantique se subdivise, selon Quézel (1979) en 4 sous-espèces dont la ssp.*renoui*, en Tunisie et Algérie littorale et la ssp.*hamiltonii*, au Maroc.

Le pin maritime est aussi très touché par les incendies, dans son aire naturelle. En effet, si les forêts de pin d'Alep représentent 1/3 des superficies brûlées dans plusieurs pays du bassin méditerranéen (Grèce, Espagne, France et Italie), (Le Houérou, 1980), au Portugal, les forêts de pin maritime constituent plus de la moitié des superficies forestières brûlées (Rego et al., 1987).

Concernant sa régénération après un incendie, Boudy (1952) et Trabaud (1982) lui reconnaissent les mêmes potentialités que celles du pin d'Alep.

Lavagne et Zeraïa (1976) font, en effet, état d'une régénération extrêmement dense de *Pinus pinaster* après incendie, avec de jeunes plants vigoureux de 6-7 ans dans les Maures.

En Corse (Bassin du Fango), le pin maritime s'implante et se développe rapidement en formant des peuplements denses, dans certains maquis bas, notamment après incendie (Allier et Lacoste, 1980).

D'après Stortelder et al., (1986), dans la région Toscane (Italie), l'expansion de cette essence est particulièrement favorisée par le passage du feu.

Dans le massif des Maures, Mazurek et Romane (1988) observent, également après incendie, d'importantes régénéérations équennes de pin maritime.

Au total, ces auteurs reconnaissent clairement, et cela dans diverses régions du bassin méditerranéen, une action favorable du feu sur la régénération de ce pin.

Pour notre part, nous notons une abondante régénération du pin maritime (provenance marocaine) dans la placette 5, évaluée à 2200 semis/6 ares (soit 37000 semis/ha). Ces jeunes

plants ont une vigueur et une croissance remarquables, l'un des semis fait 1 m 50 de haut. La fructification (cônelets) est déjà visible sur quelques individus de 4 ans.

Ces densité et croissance aussi importantes que celles du pin d'Alep (en placette 4) confirment, dans une certaine mesure, des potentialités identiques quant à leur réponse au feu.

Remarquons tout de même, que la présence d'un groupe de 12 arbres semenciers, d'une hauteur moyenne de 13 m, qui n'ont pas été touchés de façon mortelle par le feu, a sans doute contribué à augmenter la densité de régénération dans la placette 5.

Dans la placette 6, où le pin maritime est de provenance locale (Jijel), nous avons dénombré 39 plants seulement, dispersés sur la totalité de la surface (6 ares), (soit 650/ha).

Ces semis sont aussi vigoureux et leur croissance est bonne ; le semis le plus haut fait 1 m 44.

Comparativement à la placette 5, il est certain que cette densité est nettement plus faible. Mais, il faut rappeler que 24 semenciers (environ 4 fois moins) étaient présents lors du passage du feu et qu'aucun d'eux ne subsiste sur cette placette 6.

Rappelons que les provenances marocaines du pin maritime (ex : écotype pin de Taza) sont réputées pour leurs meilleures caractéristiques écologiques et constituent de précieuses essences de reboisement (Quézel, 1979). En effet, Boudy (1952) souligne que "la race marocaine de montagne" est très différente de la race locale. Elle est caractérisée par : un fût rectiligne, une écorce plus épaisse, une taille élevée de 18-30 m, une large amplitude altitudinale (700-2000 m), supporte la neige et les froids rigoureux (- 15° C), ainsi que les substrats calcaires,...(Boudy, 1952 ; Benabid, 1984).

Cela dit, les conditions particulières de notre analyse ne nous permettent guère de comparer ces deux provenances.

Le pin de Monterey

Le pin de Monterey (*Pinus insignis* Douglas = *P. radiata* D. Don), compte

parmi les réussites de l'arboretum (il atteint une hauteur maximale de 22 m à 30 ans !), sauf au plan sanitaire en raison de sa grande sensibilité aux attaques de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) (Aubert et al., 1976).

Ce pin est justement connu comme l'un des résineux dont la croissance est la plus rapide (Scott, 1962). Il grandit souvent de 1 m à 1 m 30 par an. En Australie du sud, où il a été introduit, il a un accroissement en volume 3 fois plus grand que le pin maritime et 4 à 5 fois plus important que le pin d'Alep (Woods, 1980 in Derouiche, 1981).

Le pin de Monterey a une aire naturelle restreinte sur le littoral de la Californie centrale (Baie de Monterey, Swanton) et quelques îles (Debachac, 1964).

Cette essence a été très largement utilisée dans les reboisements en Nouvelle-Zélande, au Chili, en Australie, en Afrique du sud et en Europe (France, Espagne,...).

Sa régénération naturelle est excellente. Dans son milieu naturel californien, elle y est abondante et tous les ans les graines sont fertiles et leur faculté germinative très élevée (Lindsay, 1937 in Scott, 1962). Le pin de Monterey peut aussi se régénérer naturellement et facilement quand les conditions sont bonnes, dans son aire d'introduction (Scott, 1962).

Après le passage du feu, en Australie du sud, ce pin se régénère avec profusion (Lindsay, 1937 in Scott, 1962). Au Chili, on fait brûler les débris d'abattage sur toute la surface de coupe et la régénération y est alors abondante et vigoureuse, et en Nouvelle-Zélande, après un feu de cimes, il est normal de voir s'installer un épais fourré de semis (Scott, 1962).

A ce propos, Vega Hidalgo (1977) constate qu'après un feu de cimes, en général, les cônes de *Pinus radiata* sont brûlés superficiellement, tandis que ceux de *P. pinaster* sont partiellement consumés par le feu avec destruction des graines.

Dans l'arboretum de Bainem (situé à l'ouest d'Alger, en bioclimat subhumide doux) dans des plantations d'une trentaine d'années, nous avons constaté que les semis sont plutôt rares.

A Meurdja, Aubert et al., (1976) signalent qu'il fructifie abondamment sans qu'il y ait pour autant de nombreuses régénérations.

Dans la placette 7, bien qu'éparse et de faible densité, la régénération du pin de Monterey après incendie est donc loin d'être insignifiante et présente un intérêt écologique certain. En effet, 23 semis de 4 ans sont recensés sur 2 ares (ce qui correspond à une densité de 1150/ha). Ces plants sont tous vigoureux et de croissance remarquable. Leur hauteur moyenne est de 1 m 28 et l'un d'eux fait 2 m 31 de haut.

Bien que de nombreux facteurs importants nous échappent (intensité du feu, fructification, impact des conditions climatiques et des espèces concurrentes, mortalité des semis durant les 4 ans qui suivent l'incendie,...), il apparaît toutefois que cette régénération et croissance du pin de Monterey après incendie, en plus de sa réussite dans les arboreta sont autant d'atouts qui justifient l'intérêt accordé à cette essence qu'il convient d'étendre dans la zone littorale de l'Est Algérien (Derouiche, 1981).

Le pin de Coulter

Le pin de Coulter est sans doute la meilleure réussite de l'arboretum ; il présente une hauteur maximale de 22 m à 47 ans, dans une plantation épargnée par le feu.

Dans son aire naturelle, selon Thorne (1977 in Quézel et Sherock, 1982), le pin de Coulter, qui apparaît à partir de 600-700 m dans les San Gabriel Mountains (Californie littorale), reste clairsemé et ne constitue jamais de forêts climaciques⁴.

Ce pin californien, à notre connaissance, n'a pas suscité le même engouement de la part des reboiseurs que le pin de Monterey ou le pin des Canaries (*Pinus canariensis*).

Peu de renseignements sont disponibles sur cette essence qui a été

introduite en Algérie dans plusieurs arboreta (Meurdja, Bainem, Djebel ouahch près de Constantine), avec beaucoup de satisfaction.

A Meurdja, nous avons dénombré 50 semis de 4 ans disséminés sur toute la surface de la placette 8 (12 ares), ce qui correspond à une densité de 420/ha. La hauteur maximale d'un des semis est de 1 m 22.

Cette régénération de *Pinus coulteri* est évidemment insuffisante comparativement à celles des autres pins étudiés. Cependant, dans un peuplement dense âgé d'environ 50 ans, où le passage du feu n'a eu de prise que sur la litière, les semis sont pratiquement inexistant (2 semis/2 ares). Ce qui confère à cette régénération post-incendie du pin de Coulter, un indéniable intérêt écologique.

Cherchant à expliquer cette faiblesse de la régénération, en absence de données, nous ne pouvons qu'émettre des hypothèses :

- nous pensons que la carbonisation des cônes et donc des graines par le feu a été très importante, en raison peut-être de la lourdeur exceptionnelle des cônes (2 à 3 kg). En effet, le feu de par son intensité, brûle parfois toutes les graines quand il s'attarde sur une même placette ;

- d'autre part, le pin de Coulter est probablement une essence qui à l'état juvénile résiste mal à la concurrence et, de ce fait, la mortalité des semis a été très forte.

Abbas et al., (1984) et Acherar et al., (1984) trouvent les mortalités les plus importantes dans les classes d'âges les plus jeunes (1-2 ans). De nombreux semis s'étiolent durant les deux premiers étés à la suite des effets combinés de la compétition racinaire et des conditions de lumière et de sécheresse.

Ces hypothèses, particulièrement la première, méritent évidemment d'être vérifiées.

Comme dans le cas de *Pinus radiata*, il aurait fallu suivre l'installation des plantules juste après l'incendie et évaluer leur capacité de survie durant les années qui suivent le feu (1979-1983), car il est possible qu'il y ait eu une forte diminution de leur densité probablement à cause de la sécheresse et de la concurrence.

4 - N.d.e. **Climacique**: qui se rapporte au climax, c'est-à-dire au stade ultime d'une succession évolutive de communautés végétales dans un milieu donné, où l'on conçoit que la végétation atteint une très grande stabilité.

Conclusion

Après incendie, les pinèdes sont généralement colonisées par une grande quantité de plantules de pins qui redonnent une nouvelle pinède (Lapie, 1909 ; Boudy, 1950, 1952 ; Souleres, 1969 ; Sari, 1978 ; Trabaud, 1980 ; de Montgolfier, 1986 ; May, 1987).

Mais cette régénération des pins après incendie dépend, en particulier, de la périodicité et de l'intensité du feu. En effet, dans les jeunes peuplements de 15-20 ans, la survie de la population n'est assurée aussi longtemps que si le feu ne survient pas, car les arbres ne peuvent fournir d'abondantes graines fertiles qu'à partir de 20 ans (Boudy, 1950 ; Nahal, 1962 ; Barbero *et al.*, 1987).

Si le feu se déclare avant cette période de 20 ans pour le pin d'Alep (et 25-35 ans pour le pin maritime, d'après Régo *et al.*, 1987), le peuplement sera détruit. Sinon, les pinèdes peuvent se perpétuer indéfiniment (Guillerm *et al.*, 1980 ; Trabaud, 1982).

Sari (1978) cite le cas édifiant de la forêt de pin d'Alep de l'oued Lardjem (Ouarsenis), qui malgré des incendies périodiques (au pas de temps de 21-22 ans) détruisant la quasi-totalité de cette forêt, se présente 10 à 15 ans après le dernier feu, en fourrés denses de 30 à 45 000 tiges/ha en moyenne avec une hauteur de 2 à 2,5 m.

Dans la région des Pine Barrens (New Jersey, Etats Unis), les feux d'une certaine périodicité ont favorisé la mise en place de pineraies à *Pinus rigida* et *P. echinata* (Little, 1979 *in* Lepart et Escare, 1983).

D'autre part, le feu en raison de son intensité, parfois, brûle toutes les graines malgré l'indéniable rôle de protection contre le choc thermique des écailles du cône.

En ce sens, à très juste titre, Abbas *et al.* (1984), puis Barbero *et al.* (1987) soulignent que l'incendie ne favorise pas automatiquement les pins (voir l'exemple du pin de Coulter).

Dans la pinède des Béni-Imloul (Aurès), Schoenenberger (1970) constate, dans des trouées pro-

voquées par les bombes de Napalm, qu'effectivement les semis de pin d'Alep sont inexistant. Cet auteur pense que les cônes ont été brûlés complètement avec l'embrasement des cimes sans pouvoir libérer leurs graines comme lors d'un incendie ordinaire. Ce que Morandini (1970) observe également dans cette forêt.

En fait, la régénération du pin d'Alep après incendie n'est possible qu'à condition que les cônes dispersés sur le sol ne soient pas totalement carbonisés avec leurs graines (Trabaud, 1980). Ainsi, Abbas *et al.*, (1984) ont remarqué que la régénération du pin d'Alep, sur les placettes où l'incendie a tardé, est extrêmement faible voire nulle.

Toutefois, de nos résultats, il apparaît que les pins d'Alep et maritime montrent une importante densité de semis, du même ordre de grandeur pour ces 2 essences, attestant que le passage du feu a été favorable à leur régénération naturelle. Mais, différentes provenances de ces 2 pins n'ont apparemment pas, de ce point de vue, les mêmes potentialités.

Les pins californiens se régénèrent de même, après incendie, mais avec des densités très nettement inférieures à celles des pins autochtones. Dans les limites de nos observations, par exemple, *Pinus coulteri* montre une densité de semis naturel 100 fois inférieure à celle de *Pinus halepensis*.

Ce qui est dû, a priori, à une moindre capacité de survie en raison des effets combinés de la concurrence et de la sécheresse.

Cette hypothèse plausible reste, comme déjà souligné plus haut, à vérifier.

Au point de vue de la croissance en hauteur du semis le plus grand, s'il est logique de constater ici la nette supériorité du *Pinus insignis*, avec 2 m 31, par contre, le pin de Coulter ne présente qu'un maximum de 1 m 22.

Le pin d'Alep qui se trouve, rappelons-le, en bioclimat humide, s'avère capable d'une croissance juvénile en hauteur tout aussi rapide que celle du pin maritime, du moins durant le pas de temps considéré (4 ans), avec un maximum pour un des semis de 1 m 45 contre 1 m 50.

Le cyprès vert s'affirme aussi comme un véritable pyrophyte, au sens de Trabaud, montrant une densité de semis 4 fois supérieure à celle du pin d'Alep, mais sa dispersion spatiale reste réduite.

Quant au cèdre, sa régénération n'est pas directement liée à l'action du feu (ouverture des cônes, dissémination des graines, levée de dormance). En réalité, celle-ci est loin d'être spontanée après incendie mais dépend surtout de la présence de porte-graines à proximité des sites incendiés et des conditions climatiques les années qui suivent le feu (Toth, 1987).

Dans le cas qui nous intéresse, la présence d'arbres portant des semences, sur les placettes incendiées a assuré une bonne densité de régénération. Néanmoins, celle-ci est, par exemple, 10 fois moindre que celles des pins d'Alep et maritime. Il est à noter que de nombreuses cédrales d'Algérie, incendiées au cours de la guerre d'indépendance (Napalm), se sont transformées en pelouses, jonchées de troncs calcinés où la régénération est extrêmement faible voire nulle, comme celles des Aurès (Schoenenberger, 1970 ; Abdessemad, 1984), de l'Ouarsenis (Sari, 1978) et du Djurdjura (Djebel Tigounatine à Tikjda, obs. pers.).

En outre, en analysant l'influence des incendies sur les forêts de la région méditerranéenne à la lumière d'études paléoécologiques, Pons et Thinon (1987) constatent une expansion passée et actuelle de diverses formations de pins (*Pinus halepensis*, *P. pinaster*, *P. nigra*,...) et, au contraire, une forte régression des cédrales à *Cedrus atlantica* au Maroc et *C. libani* en Anatolie.

Enfin, il est certain qu'au plan méthodologique, le suivi de plusieurs placettes pour chacune des essences, surtout depuis la première année post-incendie est nécessaire pour pouvoir conclure de manière objective sur ce sujet où de nombreux points sont à éclaircir.

R.M.

Bibliographie

- Abbas H., Barbero M. et Loisel R., 1984. Réflexion sur le dynamisme actuel de la régénération du pin d'Alep dans les pinèdes incendiées en Provence calcaire (de 1973 à 1979). *Ecol. Médit.*, 10 (3/4) : 85-104.
- Abdessemed K., 1984. Les problèmes de dégradation des formations végétales dans l'Aurès (Algérie). I. La dégradation, ses origines et ses conséquences. *Forêt Méditerranéenne*, 6 (1) : 19-26.
- Acherar M., Lepart J. et Debussche M., 1984. La colonisation des friches par le pin d'Alep en Languedoc méditerranéen. *Oecol. Plant.*, 5 (19) : 179-189.
- Alexandrian D., Chaurand L. et Delabrage P., 1980. Prescribed fire study tour (Voyage d'études aux Etats Unis d'Amérique sur le feu prescrit). *Forêt Méditerranéenne*, 2 (2) : 229-236.
- Allier C. et Lacoste A., 1980. Massifs et groupements végétaux de la série du chêne vert dans le bassin du Fango (Corse). *Ecol. Médit.*, 5 : 59-82.
- Aubert G., Loisel R. et Zeraïa L., 1976. Première contribution à la mise en évidence de l'intérêt présenté par l'arboretum de Meurdja. *Ecol. Médit.*, 2 : 123-130.
- Barbero M., Chalabi N., Nahal I. et Quézel P., 1976. Les formations à conifères méditerranéens en Syrie littorale. *Ecol. Médit.*, 2 : 27-89.
- Barbero M., Bonin G., Loisel R., Miglioretti F. et Quézel P., 1987. Incidence of exogenous factors on the regeneration of *Pinus halepensis* Mill. after fires. *Ecol. Médit.*, 13 (4) : 51-56.
- Barbero M. et Quézel P., 1989. Structures et architectures forestières à sclérophylles et prévention des incendies. *Bull. Ecol.*, 20 (1) : 7-14.
- Benabid A., 1984. Etude phytosociologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centro-occidental (Maroc). *Trav. Inst. Sc., Sér. Bot.*, 34 : 1-64.
- Boudy P., 1950. Economie forestière nord-africaine. II. Monographies et traitement des essences forestières. Larose, Paris, 887 p.
- Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. La maison russe, Paris, 505 p.
- Bouvarel P., 1950. Les principales essences forestières du Liban. *Revue forestière française*, 5016 : 323-332.
- Debazac E.F., 1964. Manuel des conifères. E.N.E.F., Nancy, 172 p.
- De Montgolfier J., 1986. Les forêts méditerranéennes et leur aménagement (2^{ème} partie). *Forêt Méditerranéenne*, 8 (1) : 49-60.
- Derouiche K., 1981. Contribution à l'étude du Pin de Monterey dans les reboisements d'El Kala et de Bainem. *Thèse Ing. Agro., I.N.A., Alger*, 55 p.
- Derridj A., 1990. Etude des populations de *Cedrus atlantica* Man. en Algérie. *Thèse doctorat en sciences, Univ. Paul Sabatier, Toulouse*, 288 p.
- Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Trav. lab. bot. géol. zool., Montpellier*, 7 : 3-43.
- Eron Z., 1987. Ecological factors restricting the regeneration of *Pinus brutia* in Turkey. *Ecol. Médit.*, 13 (4) : 57-67.
- Ezzahiri M., 1989. Application de l'analyse numérique à l'étude phytosociologique et sylvicole de la cédraie de Sidi-Mguid. (Moyen Atlas tabulaire). *Thèse Doct. en sciences, Univ. Aix-Marseille III*, 163 p.
- Faurel L., 1947. Note sur la cédraie de l'Atlas de Blida, ses sols et ses associations végétales. *C.R. cong. pédologie, Montpellier-Alger*, 474-480.
- Franclot A.; 1970. Stimulation de l'ouverture des cônes de pins. *I.N.R.F., Tunis. Note technique 13*.
- Gaussin H., 1968. La résistance à la sécheresse des arbres xérophiles. *Revue forestière française*, 1, Nancy.
- Guillerm J.L. et Trabaud L., 1980. Les interventions récentes de l'homme sur la végétation au nord de la méditerranée et plus particulièrement dans le sud de la France. *Naturalia Monspeliensis*, n° H.S., 157-171.
- Halimi A., 1980. L'Atlas Blidéen. Climats et étages végétaux. O.P.U., Alger, 523 p.
- Hossaert-Palauqui M. et Gautier N., 1980. Régénération d'une lande incendiée. I. Evolution de la structure du peuplement végétal au cours de la première année. *Bull. écol.*, 20 (1) : 7-14.
- Kadik B., 1980. Choix des essences de reboisement en Algérie. *C.N.R.E.F., Alger*, 63 p.
- Kadik B., 1983. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Ecologie, dendrométrie et morphologie, *Thèse doct. d'Etat, Univ. Aix-Marseille*, 581 p.
- Kadik B., 1986. Etude des facteurs régissant la régénération naturelle du pin d'Alep dans le massif des Senalba (Atlas saharien). *Ann. rech. forest. alg.*, 1 : 64-83.
- Karschon R., 1973. Natural regeneration after fire of Aleppo pine. *Forestry direction agricultural research organisation*.
- Kuhnholtz-Lordat G., 1938. La terre incendiée. *Essai d'agronomie comparée. La maison carrée, Nîmes*, 361 p.
- Lapie G., 1909. Etude phytogéographique de la Kabylie du Djurdjura. *Thèse fac.des sciences Univ. Paris, ed. Delagrave*, 156 p.
- Lavagne A. et Zeraïa L., 1976. Etude phytosociologique et cartographique du vallon du Maraval. Proposition d'aménagement intégré en vue de la protection du massif contre les incendies. *Rev. biol. écol. médit.*, 3 (4) : 75-93.
- Le Houérou H.N., 1974. Fire and vegetation in the Mediterranean basin. *Proc. annu. Tall. timbers. Fire Ecol. conf.*, 13 : 237-277.
- Le Houérou H.N., 1980. L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne*, 2 (1) : 31-44.
- Le Houérou H.N., 1987. Vegetation and wildfires in the mediterranean basin : evolution and trends. *Ecol. Medit.*, 13 (4) : 13-23.
- Lepart J. et Escarre J., 1983. La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bilbiographique. *Bull. Ecol.*, 14 (3) : 133-178.
- Lepoutre B., 1964. Premier essai de synthèse sur le mécanisme de la régénération du cèdre dans le Moyen Atlas marocain. *Ann. rev. for. Mar.*, 7 : 57-163.
- Letreuch-Belarouci N., 1972. Etude de la régénération du pin d'Alep (Djelfa). Techniques sylvicoles. *Thèse ing. agro., I.N.A., Alger*, 89 p.
- Letreuch-Belarouci N., 1981. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. *Thèse doct. ing., Gembloux*, 588 p.
- May T., 1987. L'état de la végétation 9 ans après l'incendie d'un reboisement de *Pinus halepensis* en Andalousie orientale. *Forêt Méditerranéenne*, 9 (2) : 139-142.
- Mazurek H. et Romane F., 1988. Diversité des herbacées, ligneux bas et arbres dans des formations de pins en milieu méditerranéen. *in : J.J. Barkman et K.V. Sykora (eds.), Dependent plant communities*, pp. 87-95, SPB Academic publishing, The Hague.
- M'Hirit O., 1982. Etude écologique et forestière des cédrées du Rif marocain. *Thèse doct. d'Etat, Marseille, St Jérôme*, 436 p.
- Morandini R., 1970. Note sulla foresta di Béni-Imloul. *Ann. Ist. sper. selv.*, 1 : 365-386.
- Nahal I., 1962. Le pin d'Alep : étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. E.N.E.F.*, 19 (4) : 475-685.

- Nedjahi A., 1988. La cédraie de Chréa, Atlas Blidén. Phénologie, productivité, régénération. Thèse doct. Univ. Nancy, 184 p.
- Oustric J., 1984. Le feu et l'éco-physiologie de la germination de quelques espèces des garrigues du Bas-Languedoc. C.E.P.E./C.N.R.S., Montpellier, 65 p.
- Ozenda P., 1982. Les végétaux dans la biosphère. *Doin*. Paris, 431 p.
- Pons A. et Thimon M., 1987. The role of fire from paleoecological data. *Ecol. Médit.*, 13 (4) : 3-11.
- Quézel P., 1956. Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. Mem. doc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, N^e série, n° 1 : 1-57.
- Quézel P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. *in* : Forêts et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement. Note technique du MAB, 2, pp. 9-23, UNESCO, Paris.
- Quézel P., 1979. La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. Forêt Méditerranéenne, 1 (1) : 7-18.
- Quézel P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. *in* P. Pesson (ed.), Actualités d'écologie forestière, pp 205-255, Gauthier-Villars, Paris.
- Quézel P. et Shevock J., 1982. Essai de mise en parallèle de la zonation altitudinale des structures forestières de végétation entre la Californie méridionale et le pourtour méditerranéen. *Ecol. Médit.*, 8 (1/2) : 389-408.
- Rego A. et al., 1987. Prescribed fires effects on soils and vegetation in *Pinus pinaster* forests in northern Portugal. *Ecol. Médit.*, 13 (4) : 189-194.
- Sari D., 1978. Le reboisement de l'Ouarsenis. *in* : Recherches sur l'Algérie, Mémoires et documents, vol. 17 : 101-164.
- Schoenenberger A., 1970. Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental. F.A.O., projet Algérie 15, 42 p.
- Scott E.W., 1962. Le pin de Montrey. F.A.O. Rome, vol. 14, 342 p.
- Seigue A., 1985. La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Maisonneuve et Larose, Paris, 502 p.
- Souleres G., 1969. Le pin d'Alep en Tunisie. *Ann. de l'I.N.R.F.*, Tunis vol. 2 (1) : 1-126.
- Stortelder A.H.F. et al., 1986. Vegetation information values in a sub-mediterranean ecosystem. Documents phytosociologiques.
- Toth J., 1978. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) dans le sud de la France. Thèse de Docteur Ingénieur, Fac. sci. et tech. de St Jérôme, Univ. Aix-Marseille, 136 p.
- Toth J., 1987. Installation et développement du semis naturel "pin noir d'Autriche, pin sylvestre et cèdre de l'Atlas" après incendie sur le Mont Ventoux. Forêt Méditerranéenne, 9 (1) : 29-34.
- Trabaud L., 1970. Quelques valeurs et observations sur la phyto-dynamique des surfaces incendiées dans le Bas-Languedoc. *Nat. Mons.*, sér. bot., 21 : 231-242.
- Trabaud L., 1980. Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas-Languedoc. Thèse Doct. d'Etat, Montpellier, 290 p.
- Trabaud L., 1982. Effects of past and present fire on the vegetation of the French mediterranean region. *Gen. tech. Rep. PSW-58*. Forest service USDA, Berkeley : 450-457.
- Trabaud L., 1987. Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in mediterranean ecosystems. *in* J.D. Tenhunen et al. (eds.), *Plant response to stress*, pp. 607-621, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Trabaud L., Michels C. et Groisman J., 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. forests. II. Pine reconstitution after wildfire. Elsevier science publ., Amsterdam Forest Ecology and Management, 13: 167-179.
- Troumbis A. et Trabaud L., 1987. Dynamique de la banque de graines de deux espèces de Cistes dans les maquis grecs. *Oecol. plant.*, 8 (2) : 167-179.
- Vega-Hidalgo J.A., 1977. Influencias del fuego en los hábitos regenerativos del *Pinus pinaster* y *P. radiata* en Galicia (N.O. de España). F.A.O., Lourizan, 8 p.
- Zaki A., 1970. Premières études sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre. *Ann. rev. for. Maroc.*, 2 : 243-248.
- Zeraia L., 1969. L'Arboretum de Meurdja. Etude écologique. CAREF, Alger.
- Zeraia L., 1986. Etude phytosociologique des groupements forestiers du parc de Chréa. *Ann. rech. forest. Algérie*, vol. 1 : 23-52.

Résumé

L'auteur analyse la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas et de divers pins, 4 ans après incendie, au point de vue de la densité et de la croissance en hauteur des semis, dans l'arboretum de Meurdja (Atlas tellien, Algérie).

Il apparaît ainsi que les pins autochtones (pin d'Alep et pin maritime) sont favorisés par le passage du feu ; leur régénération est importante : plusieurs milliers de semis par hectare. Les pins californiens (pin de Monterey et pin de Coulter) se régénèrent aussi, mais avec des densités très faibles.

La croissance juvénile du pin de Monterey est naturellement la plus importante.

Quant à la régénération du cèdre, celle-ci dépend étroitement de la présence de semenciers encore vivants, après incendie.

Summary

After forest fire, the author analyses the natural regeneration of five conifer : Atlas cedar, Aleppo pine, maritime pine, Monterey pine (*Pinus radiata*) and big cone pine (*P. coulteri*), in the "Arboretum de Meurdja" (Algeria).

To judge by the abundance of seedlings of native pine (several thousands per hectare), it would seem that fire is favorable; while Californians pines regenerate too, but with very small density.

It appears that the juvenile growth in the height of Monterey pine over four years is naturally the most important.

In the case of *Cedrus atlantica*, the post-fire regeneration is very dependent on the presence of seed bearers still remaining in the burnt area.

gique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas-Languedoc. Thèse Doct. d'Etat, Montpellier, 290 p.

Trabaud L., 1982. Effects of past and present fire on the vegetation of the French mediterranean region. *Gen. tech. Rep. PSW-58*. Forest service USDA, Berkeley : 450-457.

Trabaud L., 1987. Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in mediterranean ecosystems. *in* J.D. Tenhunen et al. (eds.), *Plant response to stress*, pp. 607-621, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Trabaud L., Michels C. et Groisman J., 1985. Recovery of burnt *Pinus halepensis* Mill. forests. II. Pine reconstitution after wildfire. Elsevier science publ., Amsterdam Forest Ecology and Management, 13: 167-179.

Troumbis A. et Trabaud L., 1987. Dynamique de la banque de graines de deux espèces de Cistes dans les maquis grecs. *Oecol. plant.*, 8 (2) : 167-179.

Vega-Hidalgo J.A., 1977. Influencias del fuego en los hábitos regenerativos del *Pinus pinaster* y *P. radiata* en Galicia (N.O. de España). F.A.O., Lourizan, 8 p.

Zaki A., 1970. Premières études sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre. *Ann. rev. for. Maroc.*, 2 : 243-248.

Zeraia L., 1969. L'Arboretum de Meurdja. Etude écologique. CAREF, Alger.

Zeraia L., 1986. Etude phytosociologique des groupements forestiers du parc de Chréa. *Ann. rech. forest. Algérie*, vol. 1 : 23-52.

Riassunto

L'autore analizza la rigenerazione naturale del cedro dell'Atlante e di vari pini, 4 anni dopo incendio, dal punto di vista della densità e della crescenza in altezza delle semine, nell'arboreto di Meurdja (Atlante telliano, Algeria).

Pare così che i pini autoctoni (pino di Aleppo e pino marittimo) sono favoriti dal passaggio del fuoco, la loro rigenerazione è importante : alcune migliaia di semine all'ettaro. I pini californiani (pino di Monterey e pino di Coulter) si rigenerano anch'essi ma con densità assai deboli.

La crescenza giovanile del pino di Monterey è naturalmente più importante.

In quanto alla rigenerazione del cedro, questa dipende strettamente della presenza di alberi seminatori ancora vivi, dopo incendio.