

غابات أرز الاطلس بالبيدة العوامل الإحيائية المناخية و الحركية و الفصائليته

مدور رشيد

جامعة تيزي وزو

تيزي وزو - الجزائر

تنضاف غابة أرز الاطلس بالبيدة (ممتزه شرية الوطني) إلى سلسلة حوض البحر الأبيض المتوسط العليا من سدرس أطلنتيكا مانيتي وقد تم تصنيف ٢ مجموعات نباتية ضمن هذه السلسلة وهي:

- المستعمرة الغابوية لأشجار الأرز بونيوم أليينوم و التي لكونها تأتي تحت جنح عقبة المنحدرات، تقع في سفح ظليل على شكل مستعمرة من الباطن بإلكس أكويغوليوم وفي سفح مشمس على شكل مستعمرة من الباطن بجونييروس أكسيسدرس
- الأرض الخضراء المنسلخة بيوبلوروم سينيوزوم

من زاوية نظر إحيائية مناخية، فإن غابة أرز شرية تتموقع بالأساس، داخل المجال المضمخ الرطب

**LA CEDRAIE DE L'ATLAS BLIDEEN (ALGERIE).
VALEUR BIOCLIMATIQUE, SYNTAXONOMIQUE ET DYNAMIQUE**

MEDDOUR R.

*Assistant, Laboratoire d'Ecologie Forestière
Institut d'Agronomie, Université de Tizi-Ouzou
Hasnaoua, 15000 Tizi-Ouzou (Algérie).*

Résumé - La cédraie de l'Atlas de Blida (Parc National de Chréa) s'encarte dans la série silicole méditerranéenne supérieure à *Cedrus atlantica* Man.

Dans cette série 3 groupements végétaux ont pu être mis en évidence:

- L'association forestière du cèdre à *Bunium alpinum*. (*Bunioalpinae-Cedretum atlanticae*. Nov. ass.) qui à la faveur de l'opposition des versants se présente en ubac, en sous-association mésophile à *Ilex aquifolium* et *Taxus baccata* (*taxetosum baccatae*) et en adret, en sous-association méso-xérophile à *Juniperus oxycedrus* (*Juniperebsum oxycedri*)

- La pelouse écorchée à *Bupleurum spinosum* (*Hélianthemo crocei-Bupleuretum spinosi* Non. ass.).

Au point de vue bioclimatique, la cédraie de chréa se situe essentiellement dans le perhumide frais.

Cèdre de l'Atlas / bioclimat / syntaxonomie / dynamique / écologie / flore.

Summary - The author presents a bioclimatic, syntaxonomic and dynamic interpretation of the Atlantic Cedar serie of Chrea (Atlas of Blida, Algeria). Two new associations are described: the *Bunio alpinae-Cedretum atlanticae* and the *Hélianthemo crocei-Bupleuretum spinosi*. In the Cedar forest, two subassociations are also recognizable: the *taxetosum baccatae*, at the shaded slopes and the *juniperetosum oxycedri*, at the sunny slopes, more thermophile than the previous. This serie is located at the supramediterranean level in the cool perhumid mediterranean climate.

At last, ecologic and floristic affinities between the forest cedar of Chrea (*Bunio-Cedretum*) and the Kabylia forest cedar (*Senecio-Cedretum*) are made evident.

Atlas cedar / bioclimat / syntaxonomy / dynamic / ecology / flora.

INTRODUCTION

Les premières observations phytosociologiques sur les Cédraies du Maghreb ont été réalisées par Negre (1953) au Maroc et Quezel (1956) en Algérie.

Par la suite, d'importants travaux phytosociologiques au Maroc (Barbero *et al.*, 1981; M'hirit, 1982; Benabid, 1982, 1984) ont permis l'individualisation de plusieurs associations de *Cedrus atlantica* Manetti.

En Algérie, la connaissance des structures phytosociologiques auxquelles participe le Cèdre de l'Atlas est relativement bien avancée pour les Aurès-Bélézma, depuis les recherches de Abdessamed (1981). Quant aux Cédraies humides de l'Atlas Tellien, une approche syntaxonomique a été récemment entreprise (Quezel et Barbero, 1989), mais elle ne concerne que les Cédraies des Kabylies.

Le présent travail se propose d'analyser la signification bioclimatique, syntaxonomique et dynamique de la Cédraie de l'Atlas Blidéen (ou de Chréa).

PRESENTATION DE LA CEDRAIE DE L'ATLAS BLIDEEN

Conditions écologiques ►

Parmi l'ensemble des massifs algériens coiffés par une Cédraie, l'Atlas Blidéen est le moins élevé. La ligne de crêtes du massif oscille entre 1400 et 1600 m d'altitude, sur une longueur approximative de 8 km, et culmine au Koudiat Sidi Abdelkader à 1629m. Son orientation générale E-NE, W-SW entraîne une dissymétrie climatique et forestière, entre les deux versants d'adret et d'ubac.

Au point de vue lithologique, le massif est très homogène et composé essentiellement de schistes du Crétacé inférieur, plus ou moins argileux par endroits (Faurel, 1947), donnant naissance sous les Cédraies à des sols bruns lessivés (Killian et Martin, 1957).

La station de Chréa (1550m) reçoit des précipitations de près de 1400mm/an (Halimi, 1980), en raison de son exposition face aux vents humides du NW. La période pluvieuse y est de 10 mois (Septembre à Juin) et la période sèche compte 2 mois (Juillet et Août). Cependant, la nébulosité est relativement fréquente, même en été, dans les parties hautes de Chréa, où on compte en moyenne 104 jours/an de brouillard (Halimi, 1980).

La cédraie couvre toute la zone sommitale de la chaîne, sur une superficie de 1350 ha (Putod, 1950). Elle débute vers 1000-1100m sur le flanc nord par l'apparition de nombreux cèdres isolés ou en bouquets dans la forêt de Chêne vert. A partir de 1300m et jusqu'aux sommets, celle-ci est pratiquement pure. Sur le flanc sud, la Cédraie ne commence que vers 1400m; elle est mélangée de Chêne vert jusqu'aux crêtes.

Physionomie et structure

La cédraie de Chréa est de type pure (Maire, 1926) et se présente le plus souvent en futaie assez dense à dense, assurant un recouvrement moyen de 60 à 90%, où la strate arborescente est surtout formée de cèdre. Celui-ci n'atteint pas sur l'Atlas Blidéen des dimensions considérables comme dans les Cédraies de Téniet El Haad et Chéliah aux Aurès (Level, 1891 *in* Lapie, 1909; Battandier *et al.*, 1920), mais des arbres de 32 à 34m de haut et près de 3m de circonférence ne sont pas rares (Nedjahi, 1988).

Dans la cédraie plus ou moins dense et ombragée d'ubac, le sous-bois est, en général, réduit et constitué de quelques espèces ligneuses disséminées ou localisées. La strate herbacée comporte d'assez nombreuses plantes sciaphiles.

Le versant sud est beaucoup moins densément boisé que le versant nord. La Cédraie y est plus claire et ensoleillée, permettant alors un développement relativement important de la strate frutescente. Le Chêne vert, à l'état arbustif ou de rejets en ubac, y est fréquemment arborescent. Dans la strate herbacée se développe un tapis graminéen dense.

CARACTERISATION BIOCLIMATIQUE ET ALTITUDINALE

Bioclimats

Les cédraies de l'Atlas Tellien, en raison de leur proximité de la mer Méditerranée et, partant, de son effet adoucissant, bénéficient d'un climat plus humide et manifestement plus doux que celui des Cédraies méridionales (Aurès-Bélézma, Monts du Hodna), en majorité soumises au bioclimat subhumide froid et très froid (Le Houerou *et al.*, 1977; M'hirit, 1982; Abdessedmed, 1984; Derridj, 1990).

Il apparaît, ainsi, que ces Cédraies septentrionales (Atlas Blidéen, Djurdjura, Massif des Babors) s'inscrivent, dans leur frange altitudinale inférieure (1300-1600m), dans la variante fraîche du bioclimat humide voire perhumide.

M'hirit (1980) constate également que la Cédraie du Rif, soumise à l'influence combinée de la Méditerranée et de l'Atlantique, est nettement plus humide et moins froide que les autres Cédraies des Atlas du Maroc. La cédraie de l'Atlas Blideen (Algérie)

Dans l'Atlas Blidéen, il est aisé de distinguer une zone à bioclimat humide frais, entre 900 et 1400 m d'altitude, où est représentée surtout la série acidophile de *Quercus rotundifolia*, et. une zone située dans la tranche altitudinale supérieure (1400-1600 m), à bioclimat perhumide frais, où se développe la série silicicole de *Cedrus atlantica*. La Cédraie de Chréa est donc essentiellement située en perhumide frais (tableau 1).

Tableau 1: Quotient pluviométrique et bioclimat correspondant

Stations	τ P (mm)	M	m	M-m	Q2	Bioclimat
Chréa (1550m)	1382	26.3	0.4	25.9	186	Perhumide frais
Hakou-Feraoune (950m)	1173	29.9	2.7	27.2	148	Humide frais

Zonation altitudinale

Le *Cedrus atlantica* situé essentiellement à l'étage montagnard-méditerranéen (Quezel, 1980; Achhal *et al*, 1980; M'hirit, 1982; Benabid, 1982) descend, toutefois, dans le supraméditerranéen à la faveur de microclimats locaux, en particulier, dans les Cédraies humides du Rif et de l'Atlas Tellien algérien (Quezel, 1980).

Au niveau de l'Atlas Blidéen, la constitution lithologique étant très homogène (Faurel, 1947), la répartition altitudinale de la végétation est principalement d'ordre bioclimatique. Il est possible, dès lors, de décrire au moins pour le versant nord, la zonation altitudinale suivante (tableau 2), en considérant les correspondances entre étages altitudinaux de végétation et variantes thermiques proposées par M'hirit (1982). Ces équivalences nous semble plus adéquates pour les massifs bénéficiant de l'influence adoucissante de la mer (Rif, Atlas Tellien, Kroûmirie).

Ainsi, la série silicicole de *Cedrus atlantica* de Chréa, située en bioclimat perhumide frais, s'encarte entièrement dans l'horizon supérieur de l'étage supraméditerranéen. Cet étage semble apparaître, en versant sud, avec un décalage altitudinal d'environ 100 m, correspondant à une différence thermique de l'ordre de 0.5°C pour T et m (Sensu Rivas Martinez, 1981). Il y a, de plus, une nette différenciation au niveau du cortège floristique de la Cédraie (cf. infra).

Tableau 2: Etages de végétation et signification bioclimatique et phytocénotique du versant nord de l'Atlas Blidéen.

Stations	Alt. (m)	P mm)	T°C	m°C	Bioclimats	Etages	Formations
Chrèa	1550	1400	11	0.5	Perhumide frais	SUPRAMED. (ou MEDIT. SUPERIEUR)	Cédra'ie à <i>Ilex aquifolium</i> et <i>Taxus baccata</i>
	1350		12	1.5			Yeuseraie à <i>Cytisus triflorus</i>
Hakou-Feraoune	950	1200	14,5	3	Humide tempéré	MESOMED. supérieur	<i>Suberaie*</i> à <i>Pisiacia lentiscu</i> et <i>Erica arborea</i> + Pinaie introduite
	550		17	5	Humide doux	inférieur	Oléo-lentisque* à <i>Ceratonia</i>
Blida	250	900	18,5	7,5			

* Ces formations n'existent plus qu' à l'état fragmentaire à la suite d'une d'une forte anthropisation, voire artificialisation

VALEUR SYNTAXONOMIQUE ET DYNAMIQUE

L'étude phytosociologique des groupements forestiers et préforestiers de l'Atlas Blidéen, nous a permis d'individualiser 2 séries principales: la série silicicole supraméditerranéenne de *Cedrus atlantica* et la série acidiphile méditerranéenne supérieure de *Quercus rotundifolia*. Seule la première série sera envisagée dans le présent travail.

Organisation floristique et phytosociologique

L'ensemble de nos relevés a été effectué dans les portions les moins dégradées de la Cédraie, sous couvert forestier relativement fermé (recouvrement arboré de 60 à 90%), sur les deux vers opposés de la chaîne.

L'analyse floristique de ces relevés (tableau 3), nous conduit sans conteste à les intégrer aux *Quercetea pubescentis*. De nombreux représentants de cette classe y figurent: *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Acer obtusatum*, *Sorbus aria*, *Ranunculus spicatus*, *Calamintha dinopodium*, *Rumex tuberosus*, *Lamium flexuosum*, *Rosa canina*, *Viola silvestris*,...etc.

Bien que les caractéristiques des *Quercu-Cedretalia atlanticae* et du *Paeonio atlanticae-Cedron atlanticae* ne sont jamais fréquentes et semblent manquer, en particulier sur le vers sud, il convient pourtant de rapporter la Cédraie de Chrèa à ces unités, dont on retrouve quelques indicatrices: *Bunium alpinum*, *Scilla hispanica* var. *algeriensis*, *Luzula nodulosa*, *Saxifraga carpetana* ssp. *atlantica*, *Viola munbyana*. *Vicia*

ochroleuca ssp. *atlantica*, *Senecio perralderianus*, *Geranium malvaeflorum* et le rarissime *Evonymus latifolius* var. *kabylicus*.

En outre, parmi les éléments se rapportant à ces alliance et ordre (Barbero *et al.*, 1981; Aime *et al.*, 1986), absents dans nos relevés, nous avons noté la présence occasionnelle, dans les ravins ombreux et humides du versant nord, de *Geum urbanum*, *Geranium atlanticum*, *Doronicum atlanticum*, *Potentilla micrantha* et de *Primula vulgaris* var. *atlantica*, notamment près des sources.

Il semblerait que toutes ces caractéristiques n'ont guère été fréquentes même par le passé. Battandier *et al.* (1920) les signalèrent déjà comme étant parsemées ou localisées dans cette cédraie.

Quant au groupement individualisé au niveau de Chréa (*Bunio alpinae-Cedretum atlanticae*), son cortège floristique ne révèle aucune particularité, si ce n'est l'abondance et la fréquence élevée de *Balansaea glaberrima*, *Bunium alpinum* et *Viola munbyana*, particulièrement en ubac. La prédominance de ces géophytes y a été soulignée à plusieurs reprises (Battandier *et al.*, 1920; Maire, 1926; Faurel, 1947).

Il convient surtout de retenir pour caractériser cette association le *Bunium alpinum* qui est, dans l'Atlas Blidéen, exclusivement répandu dans la Cédraie, quelque soit l'orientation du versant. En effet, *Balansaea glaberrima*, cette trans-gressive du *Balansaeo-Quercion*, trouve également son optimum au niveau de la yeuseraie mésophile de l'Atlas Blidéen (*Phlomido bovei-Quercetum rotundifoliae* Zeraia 1981) et ne saurait être retenue comme caractéristique de cette association. Quant à *Viola munbyana*, considérée comme la meilleure caractéristique des cédraies (Schoenenberger, 1970), celle-ci est manifestement une préférentielle de la cédraie plus ou moins dense d'ubac, et mérite donc de figurer parmi ses différentielles.

Tableau 3: *Bunio alpinae-cedretum atlanticae* ass. nov.

N° des relevés	sous-ass <i>taxetosum baccatae</i>										sou ass <i>juniperetosum oxycedri</i>										Pr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<i>Caractéristiques de l'association et du Paeonio Cedrion atlanticae Cedrus atlantica -</i>																					
<i>Bunium alpinum</i>	5	5	4	4	4	4	5	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	V
<i>Viola munbyana</i>	2	2	3	1	1	.	3	2	1	1	.	+	2	+	.	.	1	.	1	+	IV
<i>Silene atlantica</i>	+	1	1	2	2	+	2	1	2	+	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	III
<i>Ammoides atlantica</i>	+	.	+	+	+	.	.	+	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	1	II
<i>Vicia ochroleuca atlantica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	1	.	I
<i>Saxifraga atlantica</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	I
<i>Caractéristiques de l'ordre des Quercu-Cedretalia atlanticae</i>																					
<i>Scilla hispanica algeriensis</i>	+	.	.	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	1	.	.	II
<i>Senecio perralderianus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Luzula nodulosa</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Evonymus latifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Geranium malviflorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	I
<i>Caractéristiques de la classe des Quercetea pubescentis</i>																					
<i>Calamintha clinopodium</i>	1	1	+	+	1	1	1	+	+	+	+	1	1	.	2	.	1	1	1	+	V
<i>Rosa canina</i>	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	+	.	.	.	+	.	.	+	1	.	IV
<i>Ranunculus spicatus</i>	.	1	1	2	+	+	+	1	+	.	.	.	+	.	.	.	.	2	1	1	III
<i>Rubus ulmifolius</i>	1	2	.	1	2	2	+	+	1	.	.	.	.	.	+	.	+	.	2	.	III
<i>Galium tunetanum</i>	.	2	2	2	1	+	1	.	1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	1	III
<i>Taxus baccata</i>	+	2	.	+	1	2	1	2	2	3	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	III
<i>Ilex aquifolium</i>	1	1	.	+	1	+	.	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Prunus avium silvestris</i>	+	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	II
<i>Lamium flexuosum</i>	.	+	+	.	.	1	.	.	+	.	.	.	.	+	1	.	.	+	1	.	II
<i>Crataegus monogyna</i>	.	2	.	1	+	.	.	2	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Rumex tuberosus</i>	.	.	1	.	.	.	+	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Silene italica</i>	.	.	1	.	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II
<i>Anthriscus silvestris</i>	.	.	.	.	.	.	1	2	4	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Viola silvestris</i>	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	I
<i>Acer obtusatum</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	1	.	I
<i>Sorbus aria</i>	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Caractéristiques trangres sives des Quercetea ilicis et des syntaxons subordonnés:</i>																					
<i>Quet eus rotundifolia</i>	.	2	1	2	+	+	+	+	1	+	2	+	1	1	1	1	1	1	2	2	V
<i>Balansae glaberrima</i>	3	3	3	3	3	3	3	2	2	.	+	.	2	+	.	+	1	+	1	1	V
<i>Geranium purpureum</i>	1	3	1	1	2	1	2	1	1	.	.	3	.	1	2	+	1	1	3	+	V
<i>Galium rotundifolium</i>	1	1	+	+	1	1	+	.	1	2	1	.	1	.	2	.	+	2	1	1	IV
<i>Cytisus triflorus</i>	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.	+	+	1	.	+	4	+	4	III

<i>Juniperus oxycedrus</i>	. . . . .	+ 1 . 1 + 1 2 1 + 1	III
<i>Lonicera etrusca</i>	. . . + . 1	+ . + + + . . 1 1 .	II
<i>Teucrium pseudo-scorodonia</i>	. . . . .	1 . + + 1 . 1 + . +	II
<i>Phlomis samia bovei</i>	. + + + . + . . . .	. . . . + . . + . .	II
<i>Asplenium adiantum-nigrum</i>	. + . . . +	+ . . . + . . + . .	II
<i>Daphne gnidium</i>	. . . . .	. . . + + . + + . .	I
<i>Festuca triflora</i>	. + . . . + . + .	. . . . . . . 1	I
<i>Ruscus aculeatus</i>	. 1 . . . + . . . 1	. . . . . . . . .	I
<i>Anarrhinum pedatum</i>	. . . . .	. . . . . . . +	I
Compagnes principales:			
<i>Stellaria media</i>	1 1 1+ + 1 2 2 1 .	+ 2 + . 2 + 2 1 2 1	V
<i>Festuca Atlantica</i>	+ + . + + + . . + .	2 1 1 1 . 1 + 1 1 2	IV
<i>Betula silvestris</i>	. 1 1 1 2 + 1 1 1 +	1 1 + 1 . . + . + 1	IV
<i>Galium aparine</i>	. 2 1+ + 1 2 1 . .	. 2 . . 1 1 1 . 2 1	IV
<i>Dactylis glomerata</i>	+ 1 . +	1 1 1 1 1 1 1 + 2	IV
<i>Anthemis pedunculata</i>	. + 1+ 1 + 2 1 1 .	1 . + + . . 1 . . 1	IV
<i>Hyoseris radiata</i>	2 1 1 2 1 1 3 + 1 .	1 . 2 1	III
<i>Cynosurus elegans</i>	. + 1 1 1 + 1 1 . .	. . . + + 1 1 . . +	III
<i>Geranium molle</i>	1 . . . 2 1 . 1 . +	. . 2 1 2 1 2 1 . 1	III
<i>Geranium lucidum</i>	. 2 2 2 2 2 1 1 2 2	. 1	III
<i>Genista tricuspidata</i>	. . + + + . + . + .	1 . + + . + + . . +	III
<i>Origanum floribundum</i>	+ +	1 + . 1 + 2 2 . . +	III
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	. + + + + . + + + +	+ 1	III
<i>Vicia sativa</i>	. + + + + . + + . .	. + . . . + + . . +	III
<i>Sinapis pubescens</i>	. + . 1 . . . + + .	. + . 1 . . + . . +	II
<i>Arabis pubescens</i>	+ + . 1	+ . 2 + . 1 . . . 1	II
<i>Seriola laevigata</i>	. 4+ 1 +	2 . . 1	II
<i>Arabis verna</i>	. 1 2+ . + + . . . .	. . . . . . . . +	II
<i>Gagea foliosa</i>	+ . . . . . . . . .	. 1 . . + . 1 . 1 .	II
<i>Arabis alpina caucasica</i>	. . + + . + 1 . . +	. . . . . . . . + .	II
<i>Melandrium album</i>	. + 1 1 1 .	+	II
<i>Cotyledon umbilicus-veneris</i>	+ + + . . + . . . .	. . . . + . + . + +	II
<i>Daucus carota</i>	1 . . 1	+ 1 + + .	II
<i>Crucianella angustifolia</i>	. . . . . 1 . . . .	. . . + . + + . . +	II
<i>Prunus spinosa</i>	. + . . . + + . + .	. . . . . . . . . .	I
<i>Specularia perfoliata</i>	. + 1 . . . .	. . . . . . . . . +	I
<i>Silene inflata</i>	. . 1 . . . + . . . .	. + . . . . . . . .	I
<i>Asperula hirsuta</i>	. . . . + . . . . .	. . . . . . . . 1 +	I
<i>Sanguisorba minor</i>	. . + . . . . . . . .	. . . + . 1 1 . . .	I
<i>Thapsia villosa</i>	. . . . . . . . . .	+ . . 1 . . 1 . . .	I
Bromus madritensis	. 1 . 1 . . 1 1 . .	. . . . . . . . . .	I
Asplenium trichomanes	. + . . . + . . . + .	. . . . + . . . . .	I
<i>Tulipa silvestris</i>	. . + . . + 1 . . . .	. . . . . . . . . .	I

Autres espèces:

Leucanthemum glabrum +,1(3,17), *Galium mollugo* +,(6,9), *Cistus salvifolius* 1,1(11,16), *Clematis cirrhosa* 1,(18,19), *Pteridium aquilinum* 1(19), *Cardamine hirsuta* +(19), *Myosotis coltina* +(3), *Alliaria officinalis* 1(17), *Tamus communis* +(2), *Cyclamen africanum* +(12), *Ampelodesma mauritanicum* +(15), *Satureja graeca* 1(16), *Linaria heterophylla* +(8), *Erysimum bocconeii* +(8), *Epilobium tetragonum* +(10), *Hedera helix* +(10), *Crophalaria laevigata* +(10), *Brachypodium sylvaticum* +(10).

Il est, par contre, possible de ranger parmi les caractéristiques locales de l'association, deux endémiques algériennes *Silene atlantica* et *Ammoides atlantica*, localisées en général dans les forêts montagnardes humides (Quezel et Santa, 1962), qui à Chréa semblent strictement liées à la Cédraie. Ces espèces sont signalées dans d'autres Cédraies (Téniet El Haad, Djurdjura, Babors, Aurès et Bélézma) (Lapie, 1909; Schoenenberger, 1970; Abdessedmed, 1981; Gharzouli, 1989). Il conviendra donc de préciser leur statut phytosociologique car elles sont susceptibles de se voir attribuer une valeur de caractéristiques d'alliance.

Du point de vue de sa répartition sur le terrain, l'association apparaît à toutes expositions, à des altitudes comprises entre 1280 et 1550m. Ce qui n'est pas sans conséquence dans la distinction à son niveau d'unités inférieures caractérisées par plusieurs différentielles.

Ainsi, en fonction des structures des Cédraies et, surtout, de l'opposition des versants, il est possible de distinguer au sein du *Bunio alpinae-Cedretum atlanticae* deux sous-associations.

- la sous-association mésophile *taxetosum baccatae* (relevés 1 à 10), individualisée surtout au-dessus de 1350 m en revers septentrional, où les différentielles retenues sont *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Viola munbyana*, *Sorbus aria*, *Rumex tuberosus*, *Arabis alpina*, *Galium tunetanum*, *Geranium lucidum*, *Silene italica* et *Arabis verna*. Ce syntaxon représente les Cédraies les plus mésophiles que l'on rencontre notamment dans la zone du Chabet Bou Raliou (petite source). Ces Cédraies constituent souvent des futaies denses où les cèdres atteignent parfois des hauteurs de l'ordre de 30 à 35m et sont à cimes jointives. En sous-bois, les arbres ou arbustes sont fréquents, citons *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Crataegus monogyna* et *Rosa canina*; *Sorbus aria*, *Acer obtusatum*, dans les endroits particulièrement accidentés et escarpements rocheux, et *Prunus spinosa*, dans les thalwegs. Par ailleurs, ces Cédraies sur sols relativement frais et profonds, localisées dans les stations les plus fraîches, en exposition NE en général (relevés 3, 6, 8, 9 et 10), sont caractérisées par l'abondance des herbacées du mull forestier, comme *Bunium alpinum*, *Balansaea glaberrima*, *Viola munbyana*, *Galium rotundifolium*, *Calamintha clinopodium*, *Geranium purpureum*,...etc.

- la sous-association méso-xérophile *juniperetosum oxycedri* (relevés 11 à 20), apparaît surtout au-dessus de 1400m d'altitude en revers méridional, où les principales différentielles sont *Juniperus oxycedrus*, *Teucrium pseudo-scorodonia*, *Origanum floribundum*, *Cytisus triflorus*, *Daphne gnidium* et *Lonicera etrusca*. Cet aspect de l'association représente des Cédraies jeunes et peu denses où le Chêne vert est assez souvent arborescent. Les couronnes non jointives des arbres laissent pénétrer la lumière, permettant le développement des espèces héliophiles précitées. Elle se distingue de la précédente (*taxetosum*) par une thermophilie et héliophilie plus marquées se traduisant par un appauvrissement très net du cortège floristique en éléments significatifs des *Quercetea pubescentis* et des syntaxons subordonnés et par la fréquence d'espèces transgressives des *Quercetea ilicis*, dont certaines (*Daphne gnidium*, *Lonicera etrusca*) sont habituellement répandues à l'étage mésoméditerranéen (Barbero et al., 1981). Néanmoins, à la faveur de microclimats locaux en exposition SE et E, là où le bilan hydrique du sol est meilleur, elle s'enrichit en espèces mésophiles, comme *Ranunculus spicatus*, *Lamium flexuosum*, *Galium tunetanum*, *Rubus ulmifolius* et parfois *Acer obtusatum*.

Signalons encore qu'au niveau de certaines stations du versant nord soustraites à toute influence anthropique (zone militaire), se développe au sein du *taxetosum*, une

variante à *Anthriscus silvestris* (relevés 7 à 10) correspondant à des variations floristico-écologiques.

Enfin, dans un ravin humide et frais même en été (le ravin bleu), orienté NE sur sol humifère relativement profond (50 cm environ, selon Killian et Martin, 1957), le *Cedrus atlantica* s'estompe par suite de l'abondance du Houx et de l'If qui y sont arborescents et de très belle venue. Dans ce ravin, ainsi qu'au ravin des "2 cèdres" à l'est de Chréa, apparaît *Evonymus latifolius* var. *kabylicus* (relevé 10). Outre l'Atlas Blidéen, cette essence caducifoliée n'a été observée jusqu'ici que dans les Babors et Tababort (Quezel, 1956; Quezel et Barbero, 1989; Gharzouli, 1989) et les Ait Ouabane (Dubuis et Faurel, 1949). Le caractère mésohygrophile de cette station se traduit par la présence de taxons nettement exigeants du point de vue du bilan hydrique du sol et de la fraîcheur: *Hedera helix* ssp. *canariense*, *Scrophularia laevigata*, *Epilobium tetragonum* ssp. *tournefortii* et dans une moindre mesure *Brachypodium sylvaticum*.

Affinités

Il ne paraît pas possible de rapprocher la Cédraie de Chréa à celles des Aurès-Bélézma, écologiquement très différentes (substrat calcaire, bioclimat subhumide froid à très froid). Abdessemed (1981) les a, d'ailleurs, rapporté à une alliance particulière le *Lamio numidicae-Cedrion atlanticae*, dont aucune des caractéristiques de cette unité ne figure dans nos relevés.

Pour ce qui est des Cédraies de l'Atlas Tellien, la signification syntaxonomique d'une partie d'entre elles, a été récemment précisée par Quezel et Barbero (1989). Ces auteurs ont défini une association unique, le *Senecio perralderiani-Cedretum atlanticae* s'encartant dans les *Quercu-Cedretalia atlanticae* et le *Paeonio atlanticae-Cedrion atlanticae*, regroupant l'ensemble des forêts de *Cedrus atlantica* des Kabylies.

Bien que toutes les caractéristiques de cette nouvelle association se retrouvent dans la Cédraie de Chréa (Tableau 4), il nous a paru nécessaire de proposer pour le groupement individualisé ici, une autre dénomination (*Bunio alpinae-Cedretum atlanticae*), en raison de la très grande rareté du *Senecio perralderianus*. En effet, si ce dernier est effectivement très fréquent sous les Cèdres en Kabylies (Lapie, 1909; Quezel, 1956), en revanche, dans la Cédraie de l'Atlas Blidéen, il est confiné au niveau d'une seule station, près d'un ravin humide d'exposition NE (le ravin bleu) (relevés 9 et 10).

En attendant l'étude de la Cédraie occidentale de Téniet El Haad, il reste indiscutable que le *Bunio alpinae-Cedretum atlanticae* présente avec les forêts de *Cedrus atlantica* des Babors et du Djurdjura, et tout particulièrement, avec la Cédraie pure de Tala Guilef, installée elle aussi sur substrat siliceux et dans des conditions bioclimatiques analogues, du moins aux altitudes inférieures, d'évidentes affinités phytosociologiques (Tableau 4).

Il convient pourtant de souligner que le *Bunio-Cedretum* se distingue du *Senecio-Cedretum*, comme le montre l'examen du tableau 4, essentiellement par des caractères négatifs, en raison probablement de la situation altitudinale, bioclimatique et biogéographique de la Cédraie de l'Atlas Blidéen.

- Les essences caducifoliées (*Quercus canariensis*, *Acer monspessulanum*, *Amelanchier ovalis*, *Cotoneasterfontanesii*,...) répandues dans la Cédraie mixte des Ait Ouabane et du Babor (Lapie, 1909; Maire, 1926; Quezel et Barbero, 1989), hormis la présence sporadique d'*Acer obtusatum* et de *Sorbus aria*, font complètement défaut.

- Quelques taxons trouvant essentiellement leur optimum à l'étage montagnard-méditerranéen, comme *Daphne laureola* ssp. *latifolia*, *Paeonia corallina* ssp. *atlantica*, *Lamium longiflorum* var. *numidicum* et *Geum sylvaticum* ssp. *atlanticum*, manquent totalement dans la Cédraie supraméditerranéenne de l'Atlas Blidéen.

- En outre, la quasi-totalité des caractéristiques de manteaux d'arbustes du *Lonicero kabylicae-Juniperion hemisphaericae* Quézel et Barbero 1989, n'est pas représentée sur l'Atlas Blidéen, eu égard sans doute à son altitude relativement peu élevée. Seul *Prunus prostrata*, peu alticole et très commun en Algérie au-dessus de 1000 m (Quézel et Santa, 1962), apparaît dans les stations rocailleuses avec quelque abondance. L'Aubépine laciniée (*Crataegus laciniata*) a été signalée par Battandier *et al.* (1920), mais nous ne l'avons guère rencontré. Quant à *Berberis hispanica*, il existe vers 1600 m d'altitude, dans une vieille futaie dense de *Cedrus atlantica*, au pic de Sidi Abdelkader. Ce type de Cédraie, unique dans la région, indiquerait probablement le plafond du supraméditerranéen (m y est proche de 0°C).

Tableau 4: tableau de synthèse

	A	B	C
Caractéristiques des associations			
<i>Cedrus atlantica</i>	V	V	V
<i>Senecio perralderianus</i>	V	V	I
<i>Viola munbyana</i> var. <i>kabylica</i>	IV	I	III
<i>Vicia ochroleuca</i> ssp. <i>atlantica</i>	II	I	I
<i>Bunium alpinum</i> ssp. <i>mauritanicum</i>	III	II	
<i>Gagea foliosa</i>	II	.	IV
<i>Silene atlantica</i>	.	III	II
<i>Ammoides atlantica</i>	.		II I
Caractéristiques du <i>Paeonio-Cedrion Atlanticae</i> . et des <i>Querco-Cedretalia atlanticae</i>			
<i>Paeonia corallina</i> ssp. <i>atlantica</i>	IV	I	.
<i>Daphne laureola</i> var. <i>latifolia</i>	IV	III	.
<i>Lamium longiflorum</i> ssp. <i>numidicum</i>	III	II	.
<i>Quercus canariensis</i>	II	II	.
<i>Doronicum atlanticum</i>	II	I	.
<i>Potentilla micrantha</i>	I	II	.
<i>Saxifraga carpetana</i> ssp. <i>atlantica</i> <i>Geranium malviflorum</i>	I	II	I
<i>Scilla hispanica</i> var. <i>algeriensis</i>	I	II	I
<i>Luzula nodulosa</i>	II	.	II
<i>Evonymus latifolius</i> var. <i>kabylicus</i>	II	.	I
<i>Sorbus aria</i>	I	.	I
<i>Geum sylvaticum</i> ssp. <i>atlanticum</i>	I	.	I
<i>Selinopsis montana</i>	III II	.	.
Caractéristiques du <i>Lonicero kabylicae-Juniperion hemisphaericae</i>			
<i>Berberis hispanica</i>	IV		
<i>Lonicera kabylica</i> (+ <i>L. arborea</i>)	II		

<i>Rosa sicula</i>	II		
<i>Juniperus communis var hemisphaerica</i>	II		
<i>Crataegus laciniata</i>	I		
<i>Cotoneaster fontanesii</i>	I		
<i>Prunus prostrata</i>	I		
<i>Rosa montana</i>	I		
<i>Acer monspessulanum</i>	I		
<i>Amelanchier ovalis</i>	I		
Caractéristiques des Quercetea pubescentis			
<i>Silene mellifera</i>	III	II	II
<i>Ilex aquifolium</i>	III	II	II
<i>Acer obtusatum</i>	II	I	I
<i>Ranunculus spicatus</i>	II	IV	III
<i>Clinopodium vulgare</i>	II	I	IV
<i>Galium tunetanum</i>	III	IV	III
<i>Taxus baccata</i>	III	.	III
<i>Anthriscus silvestris</i>	I	.	I
<i>Rumex tuberosus</i>	I	.	II
<i>Vincetoxicum officinale</i>	I	I	.
<i>Rosa canina</i>	.	I	IV
<i>Lamiwn flexuosum</i>	.	II	II
<i>Viola silvestris</i>	.	II	I
<i>Rubus ulmifolius</i>	.	II	III
<i>Prunus avium ssp. silvestris</i>	.	I	II
Caractéristiques des Quercetea ilicis			
<i>Balansaea glaberrima</i>	III	V	V
<i>Galium rotundifolium</i>	I	III	IV
<i>Phlomis samia ssp. bovei</i>	II	IV	II
<i>Asplenium onopteris</i>	I	II	II
<i>Ruscus aculeatus</i>	I	II	I
<i>Cyclamen africanum</i>	I	II	I
<i>Quercus rotundifolia</i>	I	V	V
<i>Geanium purpureum</i>	I	IV	V
<i>Cytisus triflorus</i>		III	III
<i>Lonicera etrusca</i>	I	.	II
<i>Moehringia pentandra</i>	I	I	.
Compagnes principales			
<i>Seriola laevigata</i>	V	III	II
<i>Bellis silvestris</i>	III	IV	IV
<i>Arabis alpina ssp. caucasica</i>	III	I	II
<i>Anthémis pedunculata</i>	III	V	IV
<i>Festuca atlantica</i>	III	IV	IV
<i>Erysimum bocconeii</i>	III	II	I
<i>Satureja alpina</i>	III	I	.
<i>Linaria heterophylla</i>	II	II	I
<i>Tulipa silvestris</i>	I	I	I
<i>Cynosurus elegans</i>	I	IV	III
<i>Dactylis glomerata</i>	I	II	IV

<i>Stellaria media</i>	.	V	V
<i>Genista tricuspidata</i>	.	IV	III
<i>Arabis pubescens</i>	.	III	II
<i>Hyoseris radiata</i>	.	III	III
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	II	I
<i>Sinapis pubescens</i>	.	I	II

A : Cédraies kabyles, 16 relevés, Quezel & Barbero (1989).

B : Cédraie de Tala-Guilef, 27 rel., Meddour & Bouheraoua (inédit).

C : Cédraie de Chréa, 20 rel., cf. Tab. 3, données personnelles.

EVOLUTION REGRESSIVE

Depuis le travail fondamental de Quezel (1957), le problème de la dégradation de la Cédraie a été abordé au Maghreb par de nombreux auteurs, notamment Barbero *et al.* (1981), Abdessemed (1981), Benabid (1982, 1984), Wojterski (1985), Quezel *et al.* (1988), Quezel et Barbero (1989), qui ont décrit plusieurs syntaxons s'inscrivant dans les séries régressives du *Cedrus atlantica*.

La dégradation de la Cédraie de Chréa a été évoquée brièvement par Rikli (1910 *in* Wojterski, 1985), Battandier *et al.* (1920) et Maire (1926). La Cédraie clairière (couverture arborescente inférieure à 50%) ne présente pas un développement considérable de la strate frutescente. De ce fait, son évolution régressive aboutit très rapidement à la formation d'une pelouse écorchée.

En effet, bien que présentes avec une certaine abondance, en versant nord notamment, les caractéristiques du manteau épineux des *Rhamno-Prunetea*, comme *Rosa canina* ssp. *pouzini*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus oxycantha* ssp. *monogyna* et *Prunus spinosa* (Guinochet, 1970), n'organisent nulle part en bordure de la cédraie, un groupement préforestier buissonnant pouvant assurer la transition vers la pelouse écorchée.

Au point de vue physiognomique, cette pelouse rocailleuse, entre les quelques touffes de nanbphanérophytes et de chaméphytes, le gazon ras et parfois dense des graminées, laisse à nu le sol sur une étendue plus ou moins grande. Celui-ci est constitué de schistes feuilletés se délitant, le plus souvent, en plaquettes séparées par une fine pellicule de terre argileuse (Faurel, 1947). Cette formation colonise les pentes moyennement déclives (30 à 50%), les sommets dénudés et les crêtes ventées, au-dessus de 1400 m d'altitude, sur les 2 versants de la chaîne.

S'agissant de l'analyse floristique de cette pelouse (Tableau 5), il nous paraît possible de la rapporter à une association particulière *VHelianthemo crocei-Bupleuretum spinosi*. Parmi ses éléments floristiques les plus remarquables, citons *Bupleurum spinosum*, xérophyte épineux en coussinets, surtout présent à l'état disséminé avec un recouvrement du sol de 20 à 40%, des chaméphytes *Helianthemum croceum*, *Thymus algeriensis* et des graminées vivaces *Poa bulbosa*, *Festuca atlantica*. Ces espèces transgressives d'unités supérieures et caractéristiques de l'association, à l'exception des deux dernières, n'ont certainement qu'une valeur tout à fait locale.

Tableau 5: *Helianthemo crocei-bupleuretum spinosi* ass. nov.

N° des relevés	1	2	3	4	5	6	7	Pr
Caractéristiques de l'association								
<i>Bupleurum spinosum</i>	3	3	3	3	2	+	+	7
<i>Helianthemum croceum</i>	.	1	1	1	1	+	1	6
<i>Thymus algeriensis</i>	+	2	+	2	+	2	.	6
Caractéristiques des <i>Erinacetalia</i>								
<i>Poa bulbosa</i>	1	1	2	1	2	2	2	7
<i>Festuca atlantica</i>	2	1	2	3	2	.	2	6
<i>Erysimum bocconeii</i>	.	2	1	1	.	.	2	4
<i>Valeriana tuberosa</i>	+	+	.	.	.	+	.	3
<i>Asperula hirsuta</i>	1	.	.	1	.	.	.	2
<i>Prunus prostrata</i>	.	.	.	.	.	4	4	2
Caractéristiques des <i>Tuberarietea guttatae</i>								
<i>Anthemis pedunculata</i>	+	.	+	+	1	1	1	6
<i>Trifolium stellatum</i>	.	.	2	+	1	.	1	4
<i>Trifolium campestre</i>	+	.	.	.	2	.	1	3
<i>Sedum amplexicaule</i>	+	+	.	.	.	2	.	3
<i>Lagurus ovatus</i>	.	+	.	1	.	.	1	3
<i>Sedum coeruleum</i>	.	.	1	1	.	1	.	3
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	.	+	.	1	.	.	2
<i>Trifolium scabrum</i>	.	.	1	.	.	+	.	2
<i>Alchemilla floribunda</i>	.	.	.	1	1	.	+	2
<i>Carlina corymbosa</i>	.	.	.	.	+	.	+	2
Caractéristiques des <i>Stellarietea mediae</i>								
<i>Geranium molle</i>	1	1	+	+	2	+	.	6
<i>Vicia sativa</i>	+	.	+	+	+	.	+	5
<i>Senecio vulgaris</i>	1	+	+	1	+	.	.	5
<i>Papaver argemone</i>	+	.	.	.	+	1	2	4
<i>Galium aparine</i>	1	.	.	.	+	.	+	3
<i>Stellaria media</i>	+	.	.	.	+	.	+	3
<i>Carduus tenuiflorus</i>	+	.	.	.	.	+	+	3
<i>Fumaria capreolata</i>	1	.	.	.	.	1	.	2
<i>Biscutella didyma</i>	1	.	.	.	.	.	2	2
<i>Scandix pecten-veneris</i>	.	.	.	.	.	+	2	2
<i>Lamium amplexicaule</i>	+	.	.	.	.	+	.	2
<i>Cerastium glomeratu</i>	.	.	.	.	+	+	.	2
Compagnes								
<i>Leucanthemum glabrum</i>	1	1	1	2	1	1	2	7
<i>Ornithogalum umbellatwn</i>	1	1	+	+	+	+	+	7
<i>Sedum dasyphyllum</i>	+	1	1	1	+	2	+	7.
<i>Cynoglossum cheirifoiium</i>	+	+	+	+	+	+	+	7*
<i>Thlaspi perfoliatum</i>	+	+	+	.	+	1	+	6
<i>Linaria virgata</i>	+	+	1	.	.	1	+	5
<i>Allium roseum</i>	1	1	+	+	.	.	+	5
<i>Hyoseris radiata</i>	+	.	+	.	1	2	+	5
<i>Erodium cicutarium</i>	2	1	1	+	.	1	.	5
<i>Alyssum granatense</i>	+	.	2	2	1	.	+	5
<i>Hypochoeris radicata</i>	1	+	2	2	.	.	+	4
<i>Romulea bulbocodium</i>	1	.	+	+	+	.	.	4

<i>Dactylis glomerata</i>	2	+	.	1	1	.	.	4
<i>Sinapis pubescens</i>	1	+	.	.	.	+	1	4
<i>Ranunculus rupestris</i>	1	.	+	.	+	+	1	4
<i>Paronychia argentea</i>	+	.	.	+	.	.	+	4
<i>Silene pseudo-atocion</i>	.	.	2	.	+	1	+	4
<i>Genista tricuspidata</i>	.	.	2	.	+	1	+	4
<i>Cynosurus elegans</i>	.	.	1	.	1	1	1	4
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	.	1	1	1	+	+	3
<i>Saxifraga globulifera</i>	+	.	.	.	.	.	+	3
<i>Ranunculus flabellatus</i>	1	.	1	.	1	+	.	3
<i>Senecio leucanthemifolius</i>	.	.	+	.	.	1	1	3
<i>Silene imbricata</i>	+	+	.	+	.	.	.	3
<i>Bellis silvestris</i>	1	.	.	.	1	.	.	2
<i>Teucrium pseudo-scorodonia</i>	+	.	.	.	.	+	.	2
<i>Tulipa silvestris</i>	+	.	.	.	.	+	.	2
<i>Arabis pubescens</i>	.	.	+	.	.	+	.	2
Autres espèces:								
<i>Arabis alpina</i> 1(1), <i>Evax pygmaea</i> +(1), <i>Teucrium polium</i> +(1), <i>Sherardia arvensis</i> 1(1), <i>Viola munbyana</i> 1(1), <i>Bunium alpinum</i> +(1), <i>Bromus madritensis</i> 1(3), <i>Crucianella angustifolia</i> 1(3), <i>Draba hispanica</i> +(3), <i>Dianthus virgineus</i> +(3), <i>Linaria simplex</i> +(4), <i>Filago spathulata</i> 1(4), <i>Aegylops ovata</i> +(4), <i>Xeranthemwn inapertum</i> 1(4), <i>Juniperus oxycedrus</i> +(4), <i>Plantago cupani</i> 2(5), <i>Sanguisorba minor</i> +(5), <i>Vulpia myuros</i> 1(5), <i>Rumex scutatus</i> 1(6), <i>Convolvulus cantabrica</i> +(6), <i>Asphodetus microcarpus</i> 1(6), <i>Geranium purpureum</i> +(6), <i>Festuca triflora</i> + (6), <i>Balansaea glaberrima</i> +(7), <i>Luzula forsteri</i> 1(7), <i>Geranium lucidum</i> 1(

Rappelons que *YHelianthemum croceum*, chasmophyte typique des crêtes de Chréa (Killian et Martin, 1957), est abondant dans les Cédraies claires d'altitude du Moyen Atlas (*Cedreto- Helianthemetum crocei* Nègre 1952) et que *Bupleurum spinosum* caractérise, notamment, les pelouses écorchées du montagnard-méditerranéen au Djurdjura (*Bupleuro spinosae-Astragaletum numidicae* Quézel 1957). Quant à *YHelianthemo-Bupleuretum*, que l'on ne peut que rattacher aux *Erinacetalia*, il n'existe sur les sommets de Chréa, à l'étage supraméditerranéen, qu'à l'état fragmentaire. De telles pelouses à *Bupleurum spinosum*, en stade de dégradation des Cédraies du supraméditerranéen, ont été également observées au Djurdjura (Ozenda, 1975).

D'autre part, cette association est toujours intriquée, plus ou moins densément, de nombreuses espèces des groupements de pelouses des *Tuberarietea guttatae* et *Stellarietea mediae*, créant alors une structure en mosaïque.

A ce propos, il convient d'y noter la forte participation des thérophytes (40% de la flore) plus ou moins nitrophiles des *Stellarietea mediae* et des hémicryptophytes (30 %), surtout à rosettes, dont l'expansion est vraisemblablement liée au pâturage et au piétinement de la pelouse par les bovins.

Dans les stations les plus rocailleuses, là où des schistes plus durs affleurent en surface, se développe un faciès rupicole à *Prunus prostrata* (relevés 6 et 7) accompagné de quelques plantes saxicoles: *Sedum* sp. pl., *Saxifraga globulifera*, *Ranunculus rupestris* et *Silènepseudo-atocion*, plutôt répandu dans les éboulis avec *Rumex scutatus* var. *induratus*.

CONCLUSION

Sur le plan bioclimatique et altitudinal, la Cédraie de Chréa présente une certaine originalité comparativement aux autres Cédraies de l'Atlas Tellien. Elle s'encarte

entièrement dans le supraméditerranéen, en bioclimat perhumide frais, alors que celles-ci montrent leur optimum de développement essentiellement au niveau du montagnard-méditerranéen, entre 1500 et 1800m, dans la variante froide des bioclimats subhumide à perhumide.

Sur le plan syntaxonomique, le *Bunio alpinae-Cedretum atlanticae* s'intègre sans difficultés, comme les Cédraies kabyles, dans l'alliance *Paeonio-Cedrion atlanticae* et l'ordre *Quercu-Cedretalia atlanticae*. Il en est, néanmoins, nettement appauvri en éléments significatifs et représente probablement, avec la Cédraie de Téniet El Haad, l'écho le plus occidental en Algérie de ces unités supérieures.

Sur le plan dynamique, aucun groupement de manteau préforestier n'apparaît à la lisière de cette forêt résineuse. De ce fait, elle se dégrade le plus souvent en pelouse écorchée, l'*Helianthemo crocei-Bupleuretum spinosi*. L'intégration de celui-ci aux *Erinacetalia* est sans doute discutable, mais, elle reste à notre sens la solution la plus satisfaisante. En effet, les espèces indicatrices de cet ordre, quoique présentes en nombre réduit, y sont physionomiquement dominantes.

Bien que située à l'intérieur d'un parc national, la Cédraie de Chréa n'est nullement à l'abri, notamment dans sa partie orientale, des vicissitudes anthropiques. A tel point, que nous assistons actuellement à une banalisation du cortège floristique, où les taxons caractéristiques se raréfient et les compagnes de large amplitude écologique prédominent, rendant toute interprétation phytoso-cologique ardue. Cette faible représentativité du cortège significatif des Cédraies est, également, signalée par Quezel et Barbero (1989) en Kabylies.

Enfin, toutes ces considérations bioclimatique, floristique et dynamique, soulignent le grand intérêt écologique de cette Cédraie et la nécessité de sa conservation.

CARACTERISTIQUES STATIONNELLES DES RELEVES

Tableau 6: Caractéristiques stationnelles

N°Rel	Alt (m)	Exp	Pente%	R%	H (m)	Aff Roc. %
1	1500	N	15	90	35	10
2	1380	NW	25	80	35	-
3	1410	NE	70	70	18	-
4	1360	N	60	70	22	30
5	1380	N	60	70	25	20
6	1280	NE	60	60	18	20
7	1470	N	60	75	16	10
8	1500	NE	25	70	16	-
9	1440	NE	50	75	20	-
10	1440	NE	40	80	25	-
11	1400	W	50	70	20	-
12	1440	SW	10	80	30	10
13	1450	S	45	70	30	10
14	1420	S	30	70	22	20
15	1380	E	45	70	32	60
16	1400	S	30	60	12	10
17	1400	S	30	70	22	20
18	1400	E	50	70	30	10
19	1440	E	45	80	22	50
20	1450	SE	40	50	16	10

Tableau 7: Caractéristiques stationnelles

1	1450	NE	35	60	0.5	30
2	1430	SE	35	50	0.4	50
3	1440	NE	45	50	0.5	50
4	1460	NW	40	40	0.6	60
5	1480	E	35	40	0.5	50
6	1410	N	60	70	0.6	80
7	1370	N	50	80	0.8	60

BIBLIOGRAPHIE

- Abdessemed KH., (1981). Le Cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et de Bélézma. Etude phytosociologique et problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doct. Ing., Univ. Aix Marseille III, 199 p.
- Abdessemed KH., (1984). Les relations climat-végétation dans le sud Constantinois. Bull. Soc. Bot. Fr., 131 (2/3/4): 145-155.
- Achhal A., Akabli O., Barbero M., Benabid A., M'hirit O., PEYRE C., Quezel P., Rivas-Martinez S., (1980). A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. Ecol. Médit.,(5): 211-249.
- Aime S., Bonin G., Chaabane A., Loisel R., Saoudi H., (1986). Contribution à l'étude phytosociologique des zénaies du littoral algéro-tunisien. Ecol. Médit., 12 (3/4): 113-131.
- Barbero M., Quezel P., Rivas Martinez S., (1981). Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. Phytocoenologia, 9 (3): 311-412.
- Battandier J. A., Maire R., Trabut L., (1920). Excursion dans l'Atlas de Blida. Session extraordinaire de la Société Botanique de France en Algérie, mai-juin 1914. Bull. Soc Bot. Fr.,(22): 61-87.
- Benabid A., (1982). Etudes phytosociologique, biogéographique, dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif occidental (Maroc). Thèse Doct. ès Sc, Univ. Aix-Marseille III, 199 p.
- Benabid A., (1984). Etude phytosociologique des peuplements forestiers du Rif centro-occidental (Maroc). Trav. Inst. Sc, sér. Bot., (34): 64 p.
- Derridj A., (1990). Etude des populations de *Cedrus atlantica* Man. en Algérie. Thèse Doct. en Sc, Univ. P. Sabatier, Toulouse, 228 p.
- Dubuis A. et Faurel L., (1949). Essai sur la flore montagnarde du Djurdjura. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, H.S., (2): 65-78.
- Faurel L., (1947). Note sur la Cédraie de l'Atlas de Blida (Algérie), ses sols et ses associations végétales. C.R. Conf. Pédologie Médit., Alger-Montpellier, 474-477.
- Gharzouli M., (1989). Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babors. Thèse Magister, I.N.E.S. de Biologie, Sétif, 235 p.
- Guinochet M., (1970). Clé des classes, ordres et alliances phytosociologiques de France. Nat. Monsp., sér. Bot., (21): 79-119.
- Halimi A., (1980). L'Atlas Blidéen. Climats et étages végétaux. O.P.U., Alger, 523 p.
- Killian CH. et Martin M., (1957). Erosion, humification, respiration des sols dans le massif de Chréa. Bull. Soc Hist. Nat. Afr. Nord. 48 (5/6): 385-402.

- Lapie G., (1909). Etude phytogéographique de la kabylie du Djurdjura. Thèse Fac. Sc, Univ. Paris, 156 p.
- Le Houerou H. N., Claudin J., Pouget M., (1977). Etude bioclimatique des ste ppes algériennes. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 68 (3/4): 33-74.
- Maire R., (1926). Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. Alg., Serv. Cart., Alger, 78 p.
- M'hirit O., (1982). Etude écologique et forestière des Cédraies du Rif (Maroc). Thèse Doct. ès Sc, Univ. Aix Marseille III, 436 p.
- Nègre R., (1953). Les associations végétales du jbel Saa (Moyen Atlas d'Itzer). Bull. Soc. Sc. Nat. Phys., (32): 139-165 et (33): 27-88.
- Ozenda P., (1975). Sur les étages de végétation dans les montagne du bassin méditerranéen. Doc. Cart. Ecol., 16, 32 p.
- Putod R., (1950). Mémoire sur le parc national et la station d'altitude de Chréa. Doc. 82, Gouv. Gén. Alg., Alger, 4 p.
- Quezel P., (1956). Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduque d'Algérie. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, N.S., (1): 57 p.
- Quezel P., (1957). Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. Encycl. Biogéogr. Ecol., Lechevalier, Paris, 463 p.
- Quezel P., (1980). Biogéographie et écologie des Conifères sur le pourtour méditerranéen. in P. Pesson (éd.), Actual. ecol. forest., Paris, 205-255.
- Quezel P. et Santa S., (1962-1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. C.N.R.S., Paris, vol.(1): 1-570 et vol. (2): 571-1170.
- Quezel P., Barbero M., Benabib A., Loisel R., Rivas-Martinez S., 1988-contribution à l'étude des groupements préforestiers et des matorrals rifains. Ecol. Medit., 14(1/2): 77-122.
- Quezel P. et Barbero M., (1989). Les formations de genévriers rampants du Djurdjura (Algérie). Leur signification écologique, dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies kabyles. Lazaroa, (11): 85-99.
- Rivas-Martinez S., (1981). Les étages bioclimatiques de la végétation de la péninsule ibérique. Anales Jard. Bot., Madrid, 37 (2): 251-268.
- Schoenenberger A., (1970). Etude du couvert forestier de l'Aurès oriental. F.A. O., Projet Algérie, (15). 42 p.
- Wojterski T. W., (1985). Guide de l'excursion internationale de phytosociologie, Algérie du Nord. Ass. Inter. Etude Vég., I.N.A., Alger, 266 P.

غابات أرز الاطلس بالبيدة العوامل الإحيائية المناخية و الحركية و الفصائليته

مدور رشيد

جامعة تيزي وزو

تيزي وزو - الجزائر

تنضاف غابة أرز الاطلس بالبيدة (ممتزه شوية الوطني) إلى سلسلة حوض البحر الأبيض المتوسط العليا من سدرس أطلنتيكا مانيتي وقد تم تصنيف ٢ مجموعات نباتية ضمن هذه السلسلة وهي:

- المستعمرة الغابوية لأشجار الأرز بونيوم ألينوم و التي لكونها تأتي تحت جنح عقبة المنحدرات، تقع في سفح ظليل على شكل مستعمرة من الباطن بإلكس أكويڤوليوم وفي سفح مشمس على شكل مستعمرة من الباطن بجونييروس أكسيسدرس
- الأرض الخضراء المنسلخة بيوبلوروم سبينوزوم

من زاوية نظر إحيائية مناخية، فإن غابة أرز شوية تتموقع بالأساس، داخل المجال المضمخ الرطب

RESULTATS DES ESSAIS D'ACCLIMATATION DU CEDRE EN TUNISIE

DAHMAN M* et KHOUJA M. L**

I.N.R.F. TUNISIE

* Ingénieur général des Forêts - Directeur de l'I.N.R.F.

** Attaché de Recherche à l'I.N.R.F. - Chef du Laboratoire
de Génétique Forestière.

Résumé - La Tunisie possède une flore ligneuse pauvre en arbres de première grandeur. Pour enrichir cette flore on a fait appel à des espèces exotiques diverses. Parmi les résineux qui ont été expérimentés figure le cèdre.

Le cèdre a été représenté par deux espèces: le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* provenances Maroc - Algérie - France - Italie) et le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodora* provenance Pakistan).

Ces deux espèces ont été installées dans les bioclimats humide supérieur et humide supérieur et humide à hivers tempérés.

Les provenances Nord-africaines sont notablement plus xérophiles.

Cèdre de l'Atlas / acclimatation / cèdre de l'Himalaya / bioclimat / Tunisie.

Summary - Tunisia has a poor woody flora of trees with a primary size. To enrich this flora, resort was made to various exotic species. Cedar was among the conifers that were experimented.

Cedar was represented by two species: Atlas cedar (*Cedrus atlantica* originating from Morocco - Algeria - France - Italy) and the Himalaya Cedar (*Cedrus deodora* originating from Pakistan).

These two species were planted in the highly humid bioclimate and the humid bioclimate with moderate winters.

The North African Cedar provenances are particularly more xerophilous.

***Cedrus atlantica* / acclimatization / cedar of Himalaya / bioclimat / Tunisia.**

* Les données écologiques sont empruntées du rapport technique de l'Institut de Reboisement (1971) sur les premiers enseignements des arboretums forestiers en Tunisie.

INTRODUCTION

Dés le lendemain de l'indépendance, d'énormes efforts de reboisement ont été consentis en Tunisie pour promouvoir et développer la production forestière. Le choix des espèces a tout moment constitué la préoccupation majeure des forestiers tunisiens.

Pour parer aux manques d'information concernant l'adaptation des espèces à croissance rapide et à vocation productive, l'Institut National de Recherches Forestières a installé depuis 1957 un important réseau d'arboretums à travers l'ensemble de la Tunisie.

Ces arboretums regroupent plus de 200 espèces entre feuillus et résineux. Parmi les résineux qui ont été expérimentés figure le cèdre.

Le cèdre a été essayé dans deux arboretums relevant du bioclimat humide et représentant les régions potentiellement les plus productives du Nord de la Tunisie (Figure 1).

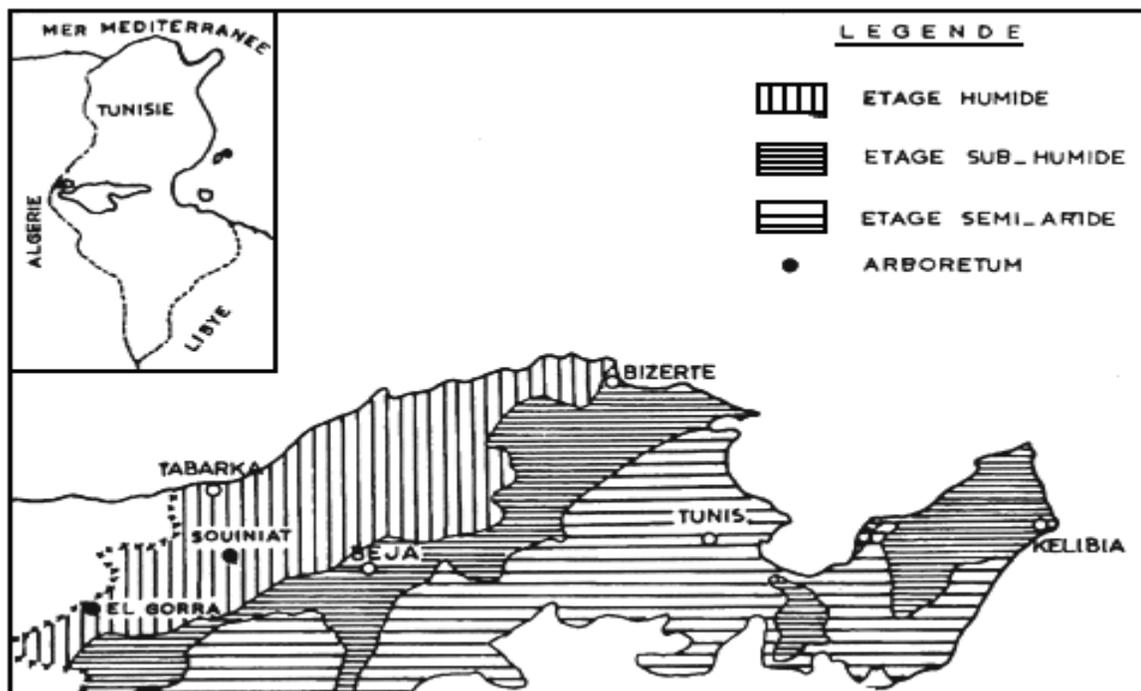


Figure 1: Localisation des Sites expérimentaux et Carte bioclimatique du Nord de la Tunisie

LE POINT SUR LES RECHERCHES ENTREPRISES

Description des essais

Espèces et provenances testées

Les essais ont porté sur trois espèces

- *Cedrus atlantica* représentée par 8 provenances
- *Cedrus deodora* représentée par 2 provenances
- *Cedrus libani* représentée par une seule provenance

Les lieux d'origine exacts et les quantités des graines introduites sont portés sur le Tableau 1.

Tableau 1: Les introductions du cèdre en Tunisie. Les quantités des graines introduites.

ESPECE	N° d'origine	PROVENANCE	QUANTITE (G)	OBSERVATIONS
<i>C. Atlantica</i>	59016	Maroc	1.600	Récoltée 4 Azrou (Maroc).
<i>C. deodora</i>	59017	Vilmorin	500	Graine commerciale.
<i>C. atlantica</i>	59022	vilmorin	2.700	Graine commerciale récoltée en Algérie.
<i>C. atlantica</i>	60051	Vilmorin	2.000	Graine commerciale récoltée en Ardèche.
<i>C. deodora</i>	63045	Pakistan	50	

<i>C. atlantica</i>	65054	Italie	80	Obtenu par l'intermédiaire du père BONNET à Rome.
<i>C. atlantica</i>	65071	Maroc	80	Toumelline-Azrou.
<i>C. atlantica</i>	65022	Maroc	500	Chelia
<i>C. libani</i>	68020	Liban	1.000	Beyrouth
<i>C. atlantica</i>	68268	Maroc	1.000	Agoudine
<i>C. atlantica</i>	69498	Algérie	5.400	Altitude 2000 à 2200m.

Sites expérimentaux

Les essais ont été installés à El Ghorra et à Souiniet, deux sites forestiers représentatifs de la haute et de la moyenne Kroumirie. Cette région supporte une subéraie dégradée, elle est caractérisée par des conditions pédo-climatiques favorables à des reboisements hautement productifs.

Présentation de l'arboretum d'El Ghorra

Coordonnées géographiques

Latitude : 36° 24' Nord
Longitude : 8° 22' Est
Altitude : 1180 m

Données climatiques

Pluviosité moyenne annuelle: 1644 mm
Température moyenne annuelle: 13,1°C
Bioclimat: Humide supérieur à hivers tempérés

Données pédologiques

Les sols rencontrés reposent sur une roche-mère argileuse, ils sont en général du type brun lessivé à hydromorphie peu profonde. Ces sols sont caractérisés par une teneur élevée en éléments fins (taux d'argile et de limon supérieur à 80%), une pré- et un humus fortement minéralisé (un rapport C/N inférieur à 12).

Type de végétation

La végétation se rattache à la série du chêne zen, groupement à *Agrimonia eupatoria* faciès à *Pteridium agulimum*.

Présentation de l'Arboretum de Souiniet

Coordonnées géographiques

Latitude : 35° 54' Nord
Longitude : 8° 48' Est
Altitude : 492 m

Données climatiques

Pluviosité moyenne annuelle: 1140 mm
Pluviosité maximale: 1606 mm
Pluviosité minimale: 691 mm
Température maximale: 31,0°C

Température minimale : 4,4°C
Nombre de jours de neige : 7
Bioclimat : Humide inférieur à hivers tempérés.

Données pédologiques

L'arboretum occupe une partie du jbel Souiniet. Le versant Nord est constitué de sols riches humifères du type brun lessivé à humus de type mull à mull moder. Le versant Sud et le sommet sont constitués de sols moins riches. Ils sont colonisés par un maquis de dégradation.

L'hydromorphie est présentée par endroits, elle se manifeste là où l'argile est proche de la surface.

Généralement on peut observer les 3 types de sols suivants:

- Sol profond sur recouvrement quaternaire:

C'est un sol très profond allant jusqu'à 3m d'épaisseur, de bonne qualité physique (texture, et porosité). Ce sol offre les conditions les plus favorables pour le reboisement.

- Sol moyennement profond à hydromorphie de profondeur:

C'est un sol moins épais, le plancher argileux apparaît à moins de 1,5m. Ce type de sol convient pour le reboisement d'une gamme très variée d'espèces. On peut le rencontrer sur les versants et dans les petites cuvettes peu érodées.

- Sol hydromorphe à roche-mère argileuse:

Ce sol est rencontré dans les zones les plus érodées où l'argile apparaît à moins de 1m. Ce type de sol est asphyxiant, et seules les espèces qui tolèrent l'hydromorphie peuvent y convenir.

Type de végétation

La végétation originelle comprenait un maquis très dense de bruyères et de cistacées, formation de dégradation de la subéraie provenant d'anciens incendies.

La végétation caractéristique se rattache aux formations de la subéraie à *Erica scoparia*, *Halimium halimifolium* et *Lavandula stoechas*.

La présence parfois de quelques plantes humicoles notamment *Viburnum tinus* et *Smilax aspera* indique un bon horizon humifère.

Travaux effectués

La mise en place des plants à racines nues a été précédée par un labour mécanique et un creusage des trous de 80 cm de profondeur. Les plants ont été copieusement arrosés au moment de la plantation, ils ont bénéficié par la suite d'un arrosage régulier tous les deux mois au cours des deux premières années. Des entretiens mécaniques (labour léger et binage) ont été également effectués lors des trois premières années.

Mesures effectuées

Les mesures ont porté sur la survie et sur la croissance en hauteur. Pour différentes raisons, ces mesures ont été discontinues et peu nombreuses. Le relâchement des mensurations depuis les années 70, nous ont conduit à considérer l'appréciation visuelle pour évaluer les essais à partir de l'état actuel.

Résultats obtenus

En ce qui concerne *Cedrus atlantica* à Souiniet et à partir d'une évaluation qualitative réalisée par Khouja M. L. et Najjar E. en 1985 nous pouvons retenir les appréciations suivantes:

Le cèdre de l'Atlas à 17 ans présente en général un bon comportement dans cet arboretum:

- Une survie satisfaisante (un taux supérieur à 70%).
- Une croissance convenable avec des hauteurs comprises entre 1 et 3m. La différence de croissance observée est due à l'existence d'une pente assez forte et l'affleurement par endroits du plancher argileux nuisible au développement des arbres.
- Les arbres sont sains et présentent un houppier moyennement dense et de bon aspect végétatif.

Actuellement et d'après la dernière mesure que nous avons effectuée (Mai 1993), les arbres atteignent en moyenne 325 cm, cette hauteur est comprise entre 970 cm et 40 cm, quand à la survie elle est de 50%. Beaucoup d'arbres sont morts suite à l'écorçage provoqué par le frottement des sangliers contre les tiges. Nous devons remarquer que le plateau a été complètement envahi par le maquis et que les arbres ont longtemps souffert de la concurrence de la végétation adventice avant d'être dégagés.

En ce qui concerne *Cedrus atlantica* à El Ghorra: à 29 ans, le cèdre de l'Atlas présente une bonne croissance, avec une hauteur moyenne de 10m et une survie assez faible estimée à 50%. Ce faible pourcentage est en partie dû à l'abandon de l'arboretum et aux dégâts occasionnés par le gibier (cerf et sanglier).

Les résultats consignés dans le tableau 2, donnent une idée sur le comportement des espèces expérimentés à El Ghorra du point de vue survie et croissance en hauteur à un stade relativement jeune (3-8).

Tableau 2: Comportement du cèdre dans l'arboretum d'El Ghorra

ESPECES	N° Placau	Dale Platat	NBRE d'arbres	AGE								Accroissement en cm			
				2.ans		3 ans		4 ans		7 ans			8 ans		
				R%	H cm		R%	H cm							
Cedrus decdorn 63045	7	64/65	7				100	25					100	145	18 cm à 8 ans
Cedrus Allantica 65071	11	65/66	76	91	83	132									44 cm à 3 ans
Cedrus Allantica 65054	17	65/66	52	92	87	130									48 cm à 3 ans
Cedrus Allantica 65054		65/66	60	78					69	155					22 cm à 7ans

H : Hauteur totale moyenne en cm

R % : Réussite des plants en Pour-cent

CONCLUSION

L'examen de ces premiers essais permet de tirer des conclusions optimistes et favorables à la poursuite du programme "Cèdre de l'Atlas" à la suite:

- D'une adaptation satisfaisante, malgré la sévérité relative des conditions, climatiques (pluies irrégulières et mal réparties, sécheresses fréquentes et excessives).
- D'une croissance convenable qui pourrait être avantageusement améliorée en exploitant à profit la variabilité éco-génétique de l'espèce.

Le cèdre de l'Atlas constitue donc une alternative au chêne zen et au chêne liège dégradés, son utilisation à des fins de reboisement permet de mettre en valeur une superficie assez importante du Nord de la Tunisie. D'après la cartographie de cette région il est possible de lui réserver entre 1000 et 2000 ha répartis dans l'ensemble de la région relevant de l'Humide supérieur. Cette superficie est un minimum pour justifier la poursuite des recherches sur l'acclimatation du Cèdre en Tunisie.

En outre son introduction peut contribuer à la réhabilitation de certains écosystèmes forestiers de la Kroumirie dont l'étude pollinique a révélé l'existence du Cèdre dans les formations végétales qui se sont succédées anciennement dans cette région.

Pour la relance du programme cèdre, il est envisagé de procéder à de nouveaux essais de provenances. Ces essais permettront de répondre aux objectifs suivants:

- Sélectionner les provenances les mieux adaptées, qui présentent une production qui rivalisent au moins les espèces locales et qui soient le point de départ d'une cédraie de moyenne importance.
- Déterminer les zones potentielles d'introduction qui se rapprochent le plus des conditions optimales de son développement.

Pour le choix des provenances candidates, le mieux est d'impliquer les provenances Nord-africaines (algériennes et marocaines) qui sont notablement plus xérophiles que les provenances européennes.

BIBLIOGRAPHIE

- Ben Tiba B., (1980). - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation de Kroumie (Tunisie Septentrionale). Thèse de Docteur Ingénieur-Université d'Aix-Marseille III.
- I.R.T., (1979). - Premiers enseignements des arboretums forestiers; Institut de reboisement, Tunisie. SE/TU N° 11 - Rapport technique P.N.U.D., 178p.
- Najjar A., Khouja M.L., Reguigui A. et Laamouri A., (1987). - Adaptation des différentes espèces forestières introduites et autochtones en Tunisie, publication de l'association Internationale de Climatologie (Aix en Provence France).
- Khouja M.L., (1989). - Les arboretums en Tunisie. Importance et intérêt. Bulletin d'information de l'INRF N° 23 Tunisie.
- Khouja M.L., (1989). - Bilan des essais d'introduction dans les arboretums justification, approche méthodologique et portée. Bulletin d'information de l'INRF N° 23 Tunisie.

Khouja M.L., (1993). - Résultats des essais de l'ancien arboretum de Souiniet.
Publication interne de l'INRF.

تأقلم أرز الأطلس مع مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط: المظاهر الطبيعية لرد فعله تجاه الجفاف

ميشال دوكري

المعهد الوطني للبحث الزراعي

أقنيون - فرنسا

توجد أشجار الأرز بالأساس بالطبقة الجبلية لحوض البحر الأبيض المتوسط التي تتميز بمناخها الرطب أو شبه الرطب وبفصوله الشتوية الباردة. ويسمح طول مدة فصل التثبيت لأشجار الأرز بالاستغلال الأفضل للنساقات الصيفية غير المنتظمة ويرتبط النمو الطولي والتفريحي إيجابيا بتساقطات الخريف السالف وتساقيات بداية نهاية الصيف كما يستجيب النمو كذلك لدرجة الحرارة الربيعية.

وتتميز أشجار الأطلس التي تعتبر نوعا يتحمل الجفاف بقيم كمون أساسي حرج ضعيفة مما يوافق قيم الكمون التناضحي بشبوق منعجم عندما تكون المسام متغلقة. تماما ويتوقف النمو الارتفاعي على مستوى دون ٢.١- في حين يبقى النشاط التخليقي مهما (١٠٪ من القيمة التصوي) حتى قوى كمون أساسية من ٢.٥- فيما يتعلق بسندروس دابودارا ومن ٥.٠- فيما يخص أرز الأطلس وأرز سندروس براقفوليا ومن ٦.٠- فيما يتعلق بأرز لبنان ويؤثر ضغط مائي من أصل جوي بالدرجة الأولى في التخليق الضوئي. لا يتحكم أرز الأطلس بفعالية في فقدانه للماء، ويكمن تحمله للجفاف في نمو جذوره الجيد وفي قدرته على التفرع في أعماق الأرض. يتتج عن أزمة إزدراع لأشجار أرز الأطلس آثارا شبيهة بآثار الجفاف الجوي ويمكن وقفها باستعمال شتلات الحاويات. ويسمح تطبيق الجفاف قبل الفرس بتخفيف أزمة الإزدراع وذلك بتمكين الشتلات من التصلب ما يساعد على إحياء الجنود ويسمح بتمويض أفضل للتطور التدريجي الوطائفي.

**ADAPTATION DU CEDRE DE L'ATLAS
(CEDRUS ATLANTICA MANETTI) AU CLIMAT MEDITERRANEEN:
ASPECTS ECOPHYSIOLOGIQUES DE SA REACTION A LA
SECHERESSE**

DUCREY M.

*Institut National de la Recherche Agronomique
Laboratoire de Recherches Forestières Méditerranéennes
Avenue A., Vivaldi, F 84 000, Avignon, France*

Résumé - Les cèdres sont présents principalement dans l'étage montagnard méditerranéen caractérisé par un bioclimat humide ou subhumide à hivers froids. La longueur de la saison de végétation permet aux cèdres d'utiliser au mieux les précipitations irrégulières de l'été. La croissance en hauteur et en diamètre est liée positivement aux précipitations de l'automne précédent et aux précipitations de début et de fin d'été. Elle est aussi sensible aux températures printanières.

Le cèdre de l'Atlas, espèce tolérante à la sécheresse, est caractérisé par des faibles valeurs de potentiel de base critique (environ -3.0 MPa) ce qui est en accord avec les faibles valeurs de potentiel osmotique à turgescence nulle (-3.6 MPa) quand les stomates sont complètement fermés. La croissance en hauteur est arrêtée au-dessous de -2.1 MPa. Cependant l'activité photosynthétique reste significative (10% de la valeur maximale) jusqu'à des potentiels de base de -3.5 MPa pour *Cedrus deodara*, -5.0 MPa pour *Cedrus atlantica* et *Cedrus brevifolia* et -6.0 MPa pour *Cedrus libani*. Un stress hydrique d'origine édaphique ou atmosphérique affecte en premier la photosynthèse mésophyllienne. Le cèdre de l'Atlas ne contrôle pas très efficacement ses pertes en eau et son adaptation à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospector le sol en profondeur.

La crise de transplantation du cèdre de l'Atlas produit des effets similaires à ceux d'une sécheresse atmosphérique ou édaphique. Elle peut être limitée par l'emploi de plants en conteneurs. L'application d'une sécheresse avant plantation permet de réduire la crise de transplantation par durcissement des plants. Ceci favorise la régénération radiaire et permet une meilleure récupération des processus physiologiques.

Cèdre de l'Atlas / Climat Méditerranée / Ecophysiologie / Sécheresse.

Summary - *Cedrus* species are present in limited areas mainly in the mountain stage of Mediterranean regions which are characterized by humid and sub-humid bioclimates with cold winters. The growing season is long, allowing *Cedrus* species to use better irregular summer rainfalls. Growth in height and diameter is positively correlated to rainfall from previous autumn and from beginning and end of summer. *Cedrus* growth is also correlated to spring temperatures.

Cedrus atlantica, a drought tolerant species, is characterized by low values of critical predawn water potential (about -3.0 MPa) which agrees with low values of osmotic pressure potential at zero turgor (-3.6 MPa) when stomata are completely closed. Height growth is stopped below -2.1 MPa. However, there is significant photosynthetic activity (10% of the maximum values) for predawn water potentials until to -3.5 MPa for *Cedrus deodara*, -5.0 MPa for *Cedrus atlantica* and *Cedrus brevifolia* and -6.0 MPa for *Cedrus libani*. A water stress of edaphic or atmospheric origin affects first the mesophyll photosynthesis. Stomatal control of water losses by *Cedrus atlantica*

is not very efficient. Its drought adaptation is mainly the fact of an efficient root growth and of a good soil prospection ability.

Transplanting shock of *Cedrus atlantica* has similar effects as edaphic or atmospheric drought. It can be reduced by using container-grown plants. Drought application before transplanting may also reduce the transplanting shock by increased drought hardening of the seedlings. This provides better physiological recovery by stimulating root regeneratio

***Cedrus atlantica* Manetti / Mediterranean Climate / Ecophysiology / Drought.**

INTRODUCTION

Le cèdre de l'Atlas a été introduit pour la première fois en reboisement en France en 1862 dans le Ventoux (Vaucluse), en 1864 dans le Rialsesse (Aude) et vraisemblablement à la même époque dans le Lubéron (Vaucluse) (Toth, 1970). Le succès en plantation de cette espèce et son extension dans la France méditerranéenne laissent à penser qu'elle peut s'acclimater et prospérer dans des conditions climatiques différentes de celles de son aire d'origine. Des constatations identiques peuvent être faites pour le cèdre du Liban et le cèdre de Chypre et dans une moindre mesure pour le cèdre de l'Himalaya bien que pour ces espèces il y ait moins d'exemples de reboisement.

Les aires naturelles de ces 4 espèces sont bien différenciées d'un point de vue biogéographique tandis que leurs exigences écologiques sont parfois très voisines. Des descriptions plus ou moins détaillées de leur aire naturelle sont données par différents auteurs (Debazac, 1964; Quezel, 1980; Seigue, 1985). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est présent au Maroc et en Algérie dans des massifs bien localisés à des altitudes variant de 1400 m à 2200 m. Les précipitations annuelles, de 400 mm à 1500 mm, sont elles-mêmes très variables. Ces peuplements sont essentiellement dans l'étage montagnard méditerranéen avec des incursions dans l'oro-méditerranéen et le supra-méditerranéen. Ceci place le cèdre de l'Atlas dans les étages bioclimatiques humide et sub-humide à hiver froid (Quezel, 1979, 1980).

Le cèdre du Liban (*Cedrus libani* (G Don) Loudon) est présent dans le sud de la Turquie, au Liban et en Syrie à des altitudes variant de 1000m à 2000m, mais surtout entre 1400 et 1800m. Les précipitations varient de 750mm à 2000mm par an. Ceci place cette espèce dans les mêmes étages biogéographiques et bioclimatiques que le cèdre de l'Atlas.

Le cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia* (Hook F) Henry) a une extension très limitée dans les montagnes de Chypre entre 1400 et 1700m d'altitude, c'est-à-dire dans le méso-méditerranéen supérieur et le supra-méditerranéen inférieur. Son aire est caractérisée par l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux.

Le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara* Loudon) a une situation un peu particulière de par sa répartition géographique. Seules les provenances de l'Afghanistan sont typiquement méditerranéennes avec un été chaud et sec, l'effet de la continentalité se faisant sentir par des hivers très froids et des étés très chauds. Les autres provenances sont de type subtropical avec des pluies pendant la saison chaude et ne nous intéressent pas directement. Le cèdre de l'Himalaya se différencie très nettement des 3 autres cèdres qui ont parfois été considérés comme des sous-espèces d'une même entité: *Cedrus patula* (Debazac, 1964).

On peut ainsi que l'a fait Aussenac (1984) résumer l'amplitude climatique des cèdres comme suit:

- de 600 à 2000 mm de précipitations avec ou sans sécheresse estivale prononcée,
- de 7.5°C à 15°C de température moyenne annuelle avec des extrêmes de -25°C et +40°C.

La synthèse de l'action des différents facteurs climatiques sur chaque phase du développement et de la croissance des cèdres permettra de mieux comprendre leur degré d'adaptation aux contraintes du climat méditerranéen.

CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT

Phénologie

Le débourrement végétatif des cèdres présente une grande variabilité interspécifique. Pradal (1979) trouve que dans une plantation comparative des Maures (Var) le cèdre du Liban débourre le 1er mars, le cèdre de Chypre le 21 mars et le cèdre de l'Atlas entre le 1er (provenance du Riassesse) et le 9 avril 1975 (provenance du Moyen Atlas). Le débourrement des cèdres est très précoce: le cèdre de l'Atlas a 15 jours d'avance sur *Abies cilicica* qui est le plus précoce des sapins méditerranéens (Ducrey, 1988a). Malgré tout ils ne subissent pas de très gros dommages de gelées tardives car d'une part l'allongement de la pousse ne suit pas immédiatement le débourrement et d'autre part le genre *Cedrus* y semble peu sensible.

La durée d'allongement de la pousse terminale est très variable car on observe une grande variabilité de la date d'arrêt d'élongation. En comparant une dizaine de provenances appartenant aux 3 cèdres méditerranéens, Pradal (1979) trouve que l'arrêt d'élongation se fait sur 1 semaine en 1978 et sur 1 mois en 1977. Il apparaît que les provenances de biotopes humides poussent plus longtemps que les provenances de biotopes secs quand les conditions hydriques sont favorables. En conditions hydriques très favorables (Nancy), Aussenac et *al.* (1981) ont montré que la croissance en hauteur peut se poursuivre jusqu'au début octobre. En résumé on peut dire que, bien qu'étant des espèces monocycliques longues, les cèdres les mieux adaptés à la sécheresse arrêtent leur élongation plus tôt que les autres.

Croissance en hauteur

Les travaux de Nancy (Aussenac et *al.*, 1981; Finkelstein, 1981; Aussenac et Finkelstein, 1983) ont mis en évidence les mécanismes de la croissance en hauteur du cèdre de l'Atlas et leur contrôle par les facteurs du climat. La croissance apparente, qui a lieu essentiellement pendant la nuit, est la combinaison d'un phénomène de multiplication et élongation cellulaires dont l'intensité est liée à la température et un phénomène de rétraction résultant d'une perte de turgescence de la pousse pendant le jour sous l'action du rayonnement solaire et du déficit hydrique atmosphérique. Le seuil apparent de croissance en hauteur est de 6.6°C de température moyenne journalière; il est supérieur à celui d'autres espèces forestières non méditerranéennes...

La croissance en hauteur est aussi sous le contrôle de l'état hydrique du plant. Elle est freinée lorsque le potentiel hydrique de fin de nuit est inférieur à -1.3 MPa et elle devient nulle au-delà de -2.1 MPa. Un stress hydrique permanent a pour conséquence, au niveau de la saison de végétation, de diminuer la vitesse de croissance instantanée et la durée de la période de croissance. Il se produit un certain rattrapage en conditions optimales l'année suivante car le débourrement est plus précoce et la vitesse de

croissance plus grande. Finkelstein (1981) a constaté une certaine variabilité de l'effet du stress hydrique suivant les provenances. Ainsi, la provenance "Babors" du cèdre de l'Atlas a son accroissement en hauteur moins affecté par le stress hydrique que d'autres provenances. Ceci peut être interprété comme un signe de meilleure adaptation à la sécheresse.

En utilisant une méthodologie proche de la dendroclimatologie, Vallauri (1992) a montré que la croissance en hauteur du cèdre de l'Atlas est reliée positivement aux précipitations de l'automne précédant l'année de pousse qui assurent une bonne reconstitution hivernale des réserves hydriques du sol, mais aussi à celles du mois de juin préfigurant un été plus ou moins sec. Il existe aussi un lien positif avec les températures minimales d'Avril qui indiquent un départ de végétation plus ou moins précoce.

Croissance radiale

L'approche dendroclimatologique utilisée par Guibal (1984) pour étudier 9 peuplements de cèdre de l'Atlas du sud-est de la France sur une période de 30 ans a permis d'établir des relations entre la croissance radiale et les facteurs climatiques. Les précipitations hivernales (Janvier et Février) ainsi que les précipitations de la saison de végétation (Avril à Août) ont une action positive sur la croissance radiale. On trouve aussi un effet positif des températures de Février représentatives des grands froids hivernaux, et de celles d'Avril favorisant la réactivation cambiale. Par contre les températures élevées de Mai et de Juillet annonçant un été chaud et sec ont un effet dépressif sur la croissance radiale.

Vallauri (1992) étudiant un peuplement de cèdre de l'Atlas dans le Minervois (Hérault) sur une période de 15 ans arrive à des conclusions voisines. Il note un effet positif des précipitations de l'automne précédent (Octobre à Décembre) et des précipitations des mois de Juin et Juillet. De la même manière, des températures basses en Février ont un effet négatif sur la croissance radiale.

Croissance racinaire

Les rythmes de croissance racinaire ont été étudiés chez le cèdre de l'Atlas par Riedacker (1978) qui a repiqué tous les mois en conditions constantes de jeunes semis de cèdre dont le système racinaire a été soit laissé intact soit privé de toutes ses extrémités racinaires blanches. Lorsque la partie aérienne est dormante (septembre, octobre) les racines peuvent s'allonger fortement mais leur régénération est difficile; les plants sans extrémités racinaires blanches ont une forte mortalité. En décembre et janvier la régénération racinaire est rapide et abondante et la mortalité est très faible. Au moment du débourrement et de la première vague de croissance aérienne, la régénération et l'allongement racinaires se réduisent fortement. Les vagues de croissance aérienne successives alternent avec les vagues de croissance racinaire.

Sur le plan pratique ces travaux suggèrent qu'il faut s'abstenir de repiquer des cèdres en début d'automne. La période favorable débute en décembre mais elle est limitée par les périodes de gel hivernal et la proximité du débourrement végétatif. Ces considérations s'adressent surtout aux plants à racines nues mais il faut aussi en tenir compte pour les plants en conteneurs (Riedacker, 1986).

RELATIONS HYDRIQUES

L'état physiologique d'un arbre peut être apprécié par son potentiel hydrique total. Mesuré en fin de nuit, c'est le potentiel de base qui exprime l'état d'équilibre de

l'arbre avec l'eau du sol; en milieu de journée, c'est le potentiel minimum qui traduit la réponse de l'arbre à la demande climatique. La différence entre les deux diminue au cours d'une sécheresse. Si on prend comme hypothèse (Aussenac et Granier, 1978) que, lorsque cette différence devient inférieure à 0.4 MPa, il y a arrêt des principales activités physiologiques de l'arbre, on définit un potentiel de base critique au-dessous duquel la survie de l'arbre est en jeu. Le tableau 1 regroupe les valeurs de potentiel de base critique de différentes espèces de la région méditerranéenne (Ducrey, 1988b).

Tableau 1: Potentiel de base critique de quelques espèces forestières méditerranéennes (DUCREY, 1988b).

Espèce	Potentiel de base critique (MPa)	Station	Références
Pinus nigra	-1.7	Rouvres (10)	(1)
Pinus nigra	-1.55	Ventoux (84)	(2)
Pinus nigra ssp nigricans	-1.65	La Gardiole (83)	(3)
Pinus nigra ssp laricio	-1.7	La Gardiole (83)	(3)
Pinus silvestris	-1.6	Ventoux (84)	(2)
Pinus silvestris	-1.6	Rouvres (10)	(1)
Pinus uncinata	-1.65	Ventoux (84)	(2)
Picea abies	-1.7	Ventoux (84)	(2)
Pinus pinaster	-2.0	Amance (54)	(1)
Pseudotsuga menziesii	-2.1	Amance (54)	(1)
Cedrus Atlantica	-2.9	Ventoux (84)	(2)
Cedrus atlantica	-3.05	La Gardiole (83)	(3)
Cedrus atlantica	-2.8	Les Blaconnes (83)	(3)
Quercus pubescens	-3.0	La Gardiole (83)	(3)
Quercus pubescens	-3.3	Ventoux (84)	(2)
Quercus ilex	-3.4	Ventoux (84)	(2)
Acer opalifolium	-3.4	Ventoux (84)	(2)
Buxus sempervirens	-4.2	Ventoux (84)	(2)

(1) d'après Aussenac et Granier 1978,

(2) d'après Aussenac et Valette 1981,

(3) d'après Braesco 1980.

Le cèdre de l'Atlas appartient au groupe d'espèces qui tolèrent la sécheresse en maintenant leur activité physiologique jusqu'à des niveaux de sécheresse très prononcés (potentiel de base critique inférieur à -2.8 MPa) par opposition aux espèces qui évitent la sécheresse en bloquant leur activité physiologique très tôt, dès le début de la sécheresse alors que le potentiel de base est encore supérieur à -1.7 MPa. Le cèdre de l'Atlas en tolérant la sécheresse maintient très longtemps sa transpiration et sa photosynthèse mais court le risque d'une déshydratation trop forte des tissus qui peut altérer l'efficacité photosynthétique de l'arbre et qui peut conduire à terme à sa mort.

Le potentiel de base critique étant une donnée longue à recueillir on lui préfère souvent la mesure du potentiel osmotique à turgescence nulle. Guyon (1987) l'estime à -3.6 MPa pour le cèdre de l'Atlas, -2.2 MPa pour le pin noir d'Autriche et -4.0 MPa pour le chêne pubescent.

Les mécanismes de résistance à la sécheresse les plus performants sont ceux qui permettent de maintenir un potentiel osmotique très bas lorsque le potentiel hydrique total est lui-même très bas, proche de la plasmolyse, tout en maintenant un faible déficit hydrique interne. Ceci implique un potentiel osmotique à pleine turgescence le plus bas possible et une faible élasticité des parois cellulaires. D'après Guyon (1987) le cèdre de l'Atlas répond parfaitement à ce schéma.

Des phénomènes d'osmorégulation se produisent au cours d'une sécheresse. Grieu et *al.* (1988) ont étudié l'effet d'une sécheresse édaphique sur la concentration en solutés organiques des tissus foliaires et racinaires de quelques espèces résineuses dont le cèdre de l'Atlas. Les solutés organiques sont des composés organiques jouant en principe un rôle dans les processus d'osmorégulation: glucides, polyols, acides aminés solubles et proline. Chez le cèdre on n'observe pas d'augmentation de la concentration en solutés organiques au cours de la sécheresse. Il semble que des composés minéraux interviennent de manière prépondérante dans les phénomènes d'ajustement osmotique.

PHOTOSYNTHESE ET TRANSPIRATION

Photosynthèse hivernale

Des recherches entreprises à Nancy et comparant le cèdre et le douglas (*Pseudotsuga menziesii*) ont montré dans un premier temps l'existence d'une photosynthèse positive pour des températures nulles ou temporairement négatives (Ducrey, 1981). Poursuivis par Guehl et *al.* (1985) ces travaux ont donné les résultats suivants:

Pour le douglas la relation entre la photosynthèse nette et la température ambiante est caractérisée par un large domaine optimal entre 5°C et 25°C. La photosynthèse n'est affectée qu'au-dessous de 5°C. Pour le cèdre du Liban par contre, on observe une diminution importante au-dessous de 15°C. L'effet des antécédents thermiques est peu important chez le douglas ce qui permet un rétablissement rapide de la photosynthèse après une période de gel. Par contre cet effet est très important chez le cèdre qui se caractérise par une rémanence à plus long terme des antécédents thermiques et par des possibilités réduites de photosynthèse au cours des mois les plus froids. Cette forte rémanence de l'effet des basses températures permet une meilleure tolérance des cèdres aux gelées d'automne. Ceci est aussi en accord avec le caractère montagnard de ces espèces.

Effets de la sécheresse édaphique

Au cours d'une sécheresse édaphique, les cèdres ont encore une photosynthèse active bien après que la croissance en hauteur ait été arrêtée. Aussenac et Finkelstein (1983) ont étudié l'évolution de la photosynthèse des 4 espèces de cèdre au cours d'une phase de dessèchement du sol. Elle est maximale pour les plants bien alimentés en eau et diminue ensuite plus ou moins rapidement selon les provenances ou les espèces. Lors de l'arrêt de la croissance en hauteur (potentiel de base de -2.1 MPa) la photosynthèse du cèdre de l'Atlas (provenance Ventoux) est encore 55% du maximum. Pour un niveau de sécheresse de l'ordre de -3 à -4 MPa, c'est le cèdre du Liban qui a le niveau de photosynthèse le plus élevé (40% du maximum) suivi par les diverses provenances de cèdre de l'Atlas et de cèdre de Chypre (20 à 30% du maximum) tandis que le cèdre de l'Himalaya a une photosynthèse inférieure à 10% du maximum. Un niveau aussi bas de photosynthèse n'est atteint par les espèces méditerranéennes que pour des potentiels de base de -5 à -6 MPa. Le cèdre du Liban (provenance Sutlegen) présente donc la plus faible sensibilité vis à vis de la sécheresse.

La réponse à une sécheresse édaphique peut être précisée en étudiant les variations de la photosynthèse en fonction de la concentration intercellulaire en CO₂, pour différents potentiels de base. On peut ainsi différencier les limitations de la photosynthèse selon qu'elles sont d'origine stomatique ou mésophyl-lienne, ces dernières pouvant provoquer une altération durable de l'appareil photosynthétique.

Grieu et *al.* (1988) en comparant le cèdre de l'Atlas à 2 autres espèces (*Pseudotsuga menziesii* et *P. macrocarpa*) ont montré que la sécheresse édaphique affecte de manière indépendante la conductance stomatique et la photosynthèse mésophyllienne. Pour les 2 espèces de *Pseudotsuga*, la diminution de photosynthèse a seulement une origine stomatique jusqu'à des potentiels de l'ordre de -1.5 à -1.9 MPa tandis que celle du cèdre de l'Atlas a une origine mésophyllienne dès -1.2 MPa. Pour les 3 espèces on note, en début de dessèchement et jusqu'à des potentiels de l'ordre de -0.8 MPa, une augmentation de la photosynthèse due à une amélioration des processus mésophylliens.

En comparant le cèdre de l'Atlas à *Abies bornmulleriana* au cours d'un cycle de dessèchement édaphique, Guehl et *al.* (1991) ont noté une fermeture stomatique très précoce chez *A. bornmulleriana* alors qu'elle était beaucoup plus progressive pour le cèdre de l'Atlas. Ceci place *A. bornmulleriana* parmi les espèces qui évitent la sécheresse et confirme la place du cèdre de l'Atlas dans le groupe des espèces tolérant la sécheresse en supportant un certain déficit hydrique interne.

Effets de la sécheresse atmosphérique

Toujours en comparant le cèdre de l'Atlas aux 2 espèces de douglas, Grieu et *al.* (1988) ont montré qu'une diminution de l'humidité de l'air pour des plants bien alimentés en eau entraînait une diminution très rapide de la photosynthèse par altération des processus mésophylliens. On note aussi une diminution simultanée mais plus faible de la conductance stomatique à la diffusion du CO₂, ces 2 phénomènes paraissant liés fonctionnellement. La réaction du cèdre de l'Atlas est de ce point de vue peu différente de celle des 2 espèces de douglas.

En définitive, le cèdre de l'Atlas ne se caractérise pas au plan de la sensibilité de la photosynthèse et de la régulation des échanges gazeux, par une adaptation plus efficace aux sécheresses édaphique et atmosphérique qu'une espèce de zone humide telle *Pseudotsuga menziesii* (Aussenac et Guehl, 1990). La résistance à la sécheresse chez le cèdre de l'Atlas mais aussi chez *Pseudotsuga macrocarpa*, autre espèce xérophile, réside dans un développement racinaire profond et rapide (Grieu et Aussenac, 1988).

CRISE DE TRANSPLANTATION

La transplantation est le passage obligé entre la pépinière et le terrain lors de l'installation d'un nouveau peuplement à moins de procéder à des semis directs ce qui pose d'autres problèmes que nous n'évoquerons pas ici. Cette transplantation est à l'origine d'une crise d'autant plus sévère que les contraintes du climat sont importantes. La crise de transplantation est atténuée mais non supprimée par l'emploi de plants en conteneurs. En effet le traumatisme physique subi par les plants à racines nues est limité lors de la plantation en conteneurs mais des contraintes persistent, qui sont liées au fait que le climat et l'alimentation hydrique sont en général moins favorables sur le terrain qu'en pépinière.

Expérimentalement, l'excision des extrémités racinaires blanches avant la plantation permet de simuler les traumatismes subis dans le cas de la plantation à racines nues. Aussenac et El Nour (1986) ont comparé la reprise de plants de cèdre de l'Atlas, pin noir d'Autriche et pin laricio de Corse plantés en conteneurs ou à racines nues. Les plants qui ne produisent pas de racines blanches nouvelles ont toujours un potentiel inférieur à -1.5 MPa. Le cèdre de l'Atlas a un très bon comportement lors de plantation en conteneur, à égalité avec le pin noir d'Autriche, tandis que le pin laricio de

Corse a une reprise moindre. Chez les 3 espèces la plantation à racines nues diminue fortement le taux de reprise ainsi que le débourrement.

La crise de transplantation peut être atténuée par un préconditionnement des plants par la sécheresse. Chez le cèdre de l'Atlas Aussenac et El Nour (1985) montrent qu'un préconditionnement par la sécheresse pendant un mois avant la plantation stimule fortement l'apparition et la croissance de racines nouvelles. Chez le cèdre du Liban, Boydak et Dirik (1990) arrivent à des conclusions analogues en appliquant une sécheresse de 2 mois avant la transplantation. Dans les 2 cas le potentiel hydrique de base était de -3.0 MPa pour les plants préconditionnés par la sécheresse.

La crise de transplantation se traduit par une détérioration de l'état hydrique et de la capacité d'assimilation des plants. Guehl et *al.* (1989) ont étudié l'effet d'une transplantation simple sur l'activité photosynthétique de jeunes cèdres de l'Atlas. La photosynthèse décline pendant les 15 jours suivant la transplantation et débute ensuite une lente récupération qui peut être complète au mieux au bout de 6 semaines. Pour ces auteurs, le déclin de la photosynthèse n'est pas dû à une réduction de la conductance stomatique mais tout d'abord à une altération des processus mésophylliens de la photosynthèse. La diminution simultanée de la photosynthèse et de la conductance stomatique laisse penser que la diminution de la conductance est due à l'altération des processus mésophylliens de la photosynthèse. La récupération du niveau de photosynthèse initial est concomitant avec la régénération racinaire sans pour autant qu'il y ait lien de causalité entre ces 2 phénomènes.

Le préconditionnement par la sécheresse réduit l'intensité de la crise de transplantation mais les phénomènes physiologiques restent les mêmes. Kaushal et Aussenac (1990) ont étudié les effets d'un préconditionnement par la sécheresse d'une durée variant de zéro à 4 semaines sur de jeunes plants de cèdre de l'Atlas. Les plants stressés pendant 2 à 4 semaines récupèrent une transpiration normale au bout de 6 semaines. Les plants moins ou pas du tout stressés par la sécheresse n'ont pas encore récupéré au bout de 6 semaines. Une fertilisation azotée au moment de la transplantation a pour effet de limiter la crise de transplantation en permettant de maintenir un taux de photosynthèse élevé pendant la période critique entre la transplantation et la reprise de l'activité racinaire (Kaushal, 1987).

ESSAI DE SYNTHÈSE

Les cèdres sont originaires des zones les plus méridionales de la région méditerranéenne. L'aridité y est climatiquement plus forte qu'au nord de la Méditerranée mais elle est très fortement modulée par l'altitude. Face à cette aridité les cèdres ont un comportement globalement homogène utilisant la même stratégie de tolérance vis-à-vis de la sécheresse, cette stratégie pouvant être identique ou différente de celle des autres espèces forestières méditerranéennes. Leur comportement est dans tous les cas différent de celui des espèces tempérées même si les cèdres possèdent une certaine aptitude à prospérer sous des climats plus doux et plus humides.

Leur stratégie de croissance en hauteur qui est celle des espèces monocycliques à cycle long et à croissance libre leur permet une bonne utilisation des précipitations même les plus irrégulières du climat méditerranéen. Elle leur permet aussi de croître sous climats doux de type atlantique et d'y avoir des productions comparables aux autres espèces.

La réaction à la sécheresse édaphique qui est globalement celle de tolérance montre des différences entre espèces quand on s'intéresse à l'activité photosynthétique.

Le cèdre du Liban est peu sensible à la sécheresse édaphique. Viennent ensuite le Cèdre de l'Atlas et le Cèdre de Chypre. Le Cèdre de l'Himalaya est le plus sensible à la sécheresse édaphique. Il faut remarquer que la diminution de la photosynthèse est due en premier lieu à une altération des processus mésophylliens plutôt qu'à une diminution de la conductance stomatique et que la régulation stomatique ne se produit qu'à des niveaux de sécheresse très élevés. Ceci peut entraîner des dessèchements de cime ou la mort de l'arbre en cas de sécheresse prolongée. En fait le bon niveau de résistance à la sécheresse est dû essentiellement à un enracinement vigoureux et profond ce qui explique le relativement bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels mais fissurés.

Il est à noter que la crise de transplantation qui agit sur les processus physiologiques de manière analogue à une sécheresse édaphique ou atmosphérique peut être limitée en induisant une sécheresse avant plantation en vue d'endurcir les plants. Le choix d'une date de plantation correspondant à l'optimum d'état physiologique des plants et l'utilisation de conteneurs permettent de réduire la crise de transplantation.

Il est peu satisfaisant de limiter cette discussion au niveau des espèces. En effet nous avons vu que les différentes espèces sont bien caractérisées au niveau biogéographique mais que pour une espèce les conditions écologiques en particulier bioclimatiques peuvent être très différentes. Les quelques observations sur les provenances de cèdre de l'Atlas montrent un comportement très différent des provenances sèches et des provenances humides. Les recherches futures devront prendre en compte les différences génotypiques et écotypiques.

BIBLIOGRAPHIE

- Aussenac G., (1984). Le cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. Bull. Soc. Bot. Fr., Actual Bot., 131 (2/3/4): 385-398.
- Aussenac G. et El Nour M. (1985). Utilisation des contraintes hydriques pour le préconditionnement des plants avant plantation; premières observations pour le cèdre et le pin noir. Rev. Forest Fr., XXXVII (5): 371-376.
- Aussenac G. et El Nour M., (1986). Evolution du potentiel hydrique et du système racinaire de jeunes plants de cèdre, pin laricio de Corse et pin noir plantés à l'automne et au printemps. Ann. Sci. Forest, 43 (1): 1-14.
- Aussenac G. et Finkelstein D., (1983). Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. Ann. Sci. Forest. 40 (1): 67-77.
- Aussenac G. et Granier A., (1978). Quelques résultats de cinétique journalière du potentiel de sève chez les arbres forestiers. Ann. Sci. Forest, 35 (1): 19-32.
- Aussenac G., Granier A. et GROSS P., (1981). Etude de la croissance en hauteur du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Utilisation d'un appareillage de mesure automatique. Ann. Sci. Forest, 38 (3): 301-316.
- Aussenac G. et Guehl JM., (1990). Ecophysologie des cèdres (*Cedrus sp.*) Conséquences pour la sylviculture, in: Proceedings of the XIXth World Congress, IUFRO, Montréal, Division 1 volume 1: 490-499.
- Aussenac G. et Valette JC, (1982). Comportement hydrique estival de *Cedrus atlantica*, *Quercus il ex*, *Quercus pubescens* et de divers pins dans le Ventoux. Ann. Sci. Forest, 39 (1): 41-62.

- Boydak M. and Dirik H., (1990). [The effects of preconditioning by restricted watering on the water status and root régénération of transplanted *Cedrus libani* plants] (en Turc), in: International Cedar Symposium, Antalya, 22-27 October 1990, Forest Research Institute, Ankara: 193-202.
- Braesco A., (1980). Potentiels de sève et réaction à la sécheresse des Cèdres, Pins et Chênes de Provence calcaire. INRA-Station de Sylviculture méditerranéenne, Avignon, 29p.
- Debazac EF., (1964). Manuel des Conifères. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy, 172p.
- Ducrey M., (1981). Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du douglas. Ann. Sci. Forest, 38 (3): 317-329.
- Ducrey M., (1988a). Variability in vegetative budbreak of Mediterrai Workshop on Mediterranean Firs, University of Thessaloniki, May 15-20 1900 6p.
- Ducrey M., (1988b). Réactions à la sécheresse de quelques espèces forestières méditerranéennes. Rev. Forest. Fr, XL (5): 359-370.
- Finkelstein D., (1981). Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement et la croissance déjeunes plants de Cèdre cultivés en serre. Ann. Sci. Forest.. 38 (4): 513-530.
- Grieu P. et Aussenac G., (1988). Croissance et développement du système racinaire de semis de trois espèces de conifères: *Pseudotsuga menziesii*, *Pseudotsuga macrocarpa* et *Cedrus atlantica*. Ann. Sci. Forest., 45 (2): 117-124.
- Grieu P., Aussenac G. et Larher F., (1988). Sécheresse édaphique et concentrations en quelques solutés organiques des tissus foliaire et racinaire de trois espèces de conifères: *Cedrus atlantica* Manetti, *Pseudotsuga macrocarpa* (Torr) Mayr, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Ann. Sci. Forest., 45 (4): 311-322.
- Grieu P., Guehl JM. et Aussenac G., (1988). The effects of soil and atmospheric drought on photosynthesis and stomatal control of gas exchange in three coniferous species. Physiologia Plantarum (Copenhagen), (73): 97-104.
- Guehl JM., Aussenac G., Bouachrine J., Zimmermann R., Pennes JM., Ferhi A. and Grieu P., (1991). Sensitivity of leaf gas exchange to atmospheric drought, soil drought and water use efficiency in some Mediterranean Abies species. Can J For. Res., (21): 1507-1515.
- Guehl JM., Aussenac G. and Kaushal P., (1989). The effects of transplanting stress on photosynthesis, stomatal conductance and leaf water potential in *Cedrus atlantica* Manetti seedlings: role of root regeneration. Ann. Sci. Forest, 46 suppl, 464s-468s.
- Guehl JM., De Vitry C. et Aussenac G., (1985). Photosynthèse hivernale du douglas vert (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) et du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti et *Cedrus libani* Loud.). Essai de modélisation à l'échelle du rameau. Acta OEcologica OEcolog Plant, 6 (2): 125-146.
- Guibal F., (1984). Contribution dendroclimatologique à la connaissance de la croissance du cèdre de l'Atlas dans les reboisements du Sud-Est de la France. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Université d'Aix-Marseille III, 123p + bibliographie.

- Guyon JP., (1987). Analyse des courbes "pression-volume" de rameaux de trois espèces forestières. *Acta OEologica OEcol Applic*, 8 (4): 363-370.
- Kaushal P., (1987). Analyse écophysologique des effets de stress liés aux transplantations des arbres forestiers. Thèse de l'Université de Nancy I, 156p.
- Kaushal P. et Aussenac G., (1990). Drought preconditioning of Corsican Pine and Cedar of Atlas seedlings: photosynthesis, transpiration and root regeneration after transplanting. *Acta OEologica*, 11 (1): 61-78.
- Pradal F., (1979). Variabilité génétique et écophysologique du cèdre. Mémoire ENITEF, Nogent sur Vernisson, 89p.
- Quezel P., (1979). La région méditerranéenne française et ses essences forestières: Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. *Forêt méditerranéenne*, 1 (1): 7-18.
- Quezel P., (1980). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen, in: *Actualités d'écologie forestière*, Pesson P (Ed), Gauthier-Villars, Paris, 205-255.
- Riedacker A., (1978). Régénération et croissance de la partie souterraine et aérienne de cèdres placés sous climat constant. *Ann. Sci. Forest*, 35 (2): 117-138.
- Riedacker A., (1986). Production et plantation de plants à racines nues ou en conteneurs. *Rev. Forest. Fr.*, XXXVIII (3): 226-236.
- Seigue A., (1985). Le genre *Cedrus*. in: *La forêt cricum-méditerranéenne et ses problèmes*. Editions Maisonneuve et Larose, Paris, 197-205.
- Toth J., (1970). Plus que centenaire et plein d'avenir le cèdre en France. *Rev. Forest. Fr.*, XXII (3): 355-364.
- Vallauri D., (1992). Analyse de l'influence des composantes climatiques sur la croissance caulinaire juvénile de quelques espèces de reboisement en région méditerranéenne française. D.E.A. Aix-Marseille III, 34p + annexes.