

Esquisse d'une typologie géomorphologiques de quelques cédraies à *Cedrus atlantica* Man. dans le Haut Atlas oriental de Midelt (Maroc). Menaces et perspectives de conservation, de gestion et de restauration

MUSTAPHA RHANEM

Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Montagnarde, Faculté des Sciences, Département de Biologie. B.P. 11201, Zitoune; Meknès, Maroc

ABSTRACT – *Sketch of a Geomorphological typology of some cedar woods with Cedrus atlantica G. Manetti in the High West Atlas of Midelt (Morocco). Threats and conservation, management and restoration perspectives.* – The Atlas cedar (*Cedrus atlantica* Manetti) is well known as a noble tree species representing an important economic issue. Covering a total area of about 20.000 ha, it has quite important altitudinal, latitudinal and longitudinal ranges in the eastern High Atlas. Its stands grow under particularly heterogeneous variety of ecological conditions and have different silvicultural stories, heritage, structure and economic interest. In addition, morphopedogenic conditions characterize differently these cedar forests. All these aspects are of primary interest for conservation and restoration projects.

Key words: *Cedrus atlantica*, typology, topogeoclimate, High Atlas, Morocco.

INTRODUCTION

Les montagnes sont parmi les écosystèmes les plus fragiles du monde (DIAZ, 2003) ; elles constituent les points chauds de la biodiversité et les régions prioritaires pour la conservation (KÖRNER, 2004). Celles du Maghreb sont totalement sous l'influence d'un climat méditerranéen (DOUGHÉDROIT, 1999) qui accentue leur vulnérabilité (BIROT, 1984 ; NÉBOIT, 1990). Le Maroc compte quatre chaînes de montagne : Rif, Moyen Atlas, Haut Atlas et Anti Atlas qui se déploient du nord au sud. Mais seules les trois premières abritent des peuplements de cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.). Toutefois le Haut Atlas se singularise par le fait qu'il constitue, dans sa partie orientale, la limite la plus méridionale à l'échelle du globe du genre *Cedrus*.

Dans le Haut Atlas oriental les cédraies s'organisent en deux grands types de milieux forestiers :

- celles en équilibre avec le seul climat général de la région et que l'on rencontre, d'une part d'ouest en est en relation avec un gradient pluviométrique décroissant, d'autre part, de bas vers le haut des versants montagneux en liaison cette fois-ci avec un gradient thermique également décroissant. Dans ce cas, les conditions édaphiques sont moyennes (sol sans facteur limitant) : cédraies climatiques dont une esquisse phytosociologique en a été faite par QUÉZEL & al. en 1987 ;
- celles qui s'individualisent dans le cadre de conditions particulières et limitantes, conditions de sol ou / et conditions de topoclimat : les cédraies stationnelles dont connaît pratiquement rien. C'est pour contribuer à pal-

lier en partie cette lacune que cette étude a été entreprise afin de préciser la répartition de ces écosystèmes, en majorité rares, et qui doivent, à ce titre, bénéficier de mesures de protection malgré leur intérêt économique généralement limité voire nul.

À l'échelle du Haut Atlas oriental les cédraies climatiques se caractérisent par des gradients altitudinaux, latitudinaux et longitudinaux auxquels s'ajoutent des influences océaniques et sahariennes selon la position géographique. Les gradients thermo-pluviométriques qui en résultent soulignent, par des paliers successifs de cédraies de significations écologiques fort hétérogènes, la dégradation plus progressive du climat d'ouest en est et de bas en haut. C'est sur la base de telles caractéristiques qu'en 1966, Pujos établit une classification des cédraies du Moyen Atlas, prenant en compte en particulier des critères édaphiques altitudinaux et climatiques, ce qui l'amène à distinguer, respectivement sur calcaires, dolomies et basaltes, les cédraies de basse (1600-1900 m), moyenne (1900-2100 m) et haute (2100-2500 m) altitudes. Toutefois, la régénération naturelle ne s'effectue à l'heure actuelle qu'au niveau des cédraies de basse altitude là où les jeunes plantules peuvent résister au stress hydrique sous le couvert de *Quercus ilex* L. (LEPOUTRE, 1965; PUJOS op. cit.; EZZAHIRI & BELGHAZI, 2000).

À côté de ces gradients climatiques fondamentaux, on trouve plusieurs autres gradients aussi importants les uns que les autres (clinométrique, géomorphologique, anémométrique, hydrologique...). Cependant, l'indice le plus significatif de l'aggravation des conditions est la durée de

la période végétative qui se traduit, par exemple dans les Alpes, par un raccourcissement de 7 à 9 jours par 100 m (CHARDON, 1989). Ce dernier a un impact négatif évident sur la productivité biologique moyenne des arbres, d'autant plus que les sols sont souvent gravement dégradés rendant ainsi la régénération naturelle très délicate. Parallèlement, on observe un renforcement des phénomènes d'agression (déshydratation, rayonnement, action mécanique du vent, action gel-dégel). La résilience du cèdre (aptitude à s'auto-renouveler) qui tourne aux alentours de 40-50 ans (BARBERO & al. 1990) et la capacité d'adaptation des cédraies se trouvent diminuées et cela vient s'ajouter à leur sensibilité vis-à-vis des perturbations pour expliquer la fragilité propre de chaque écosystème montagnard face à tout impact direct ou plus éloigné. En outre, la charge pastorale et la pression sur la forêt pour la mise en culture, ainsi que pour alimenter le bétail et satisfaire les besoins domestiques (POUPON, 1980) sont devenues très supérieures aux possibilités des milieux et demandent par conséquent des actions de prévention et de gestion adaptées où l'écologie joue un rôle de premier plan (RAMEAU, 1999 a). Ainsi que l'ont souligné QUÉZEL & MÉDAIL (2003), seuls des programmes ambitieux de gestion écologique intégrée permettront de sauver les lambeaux de forêts qui subsistent, ou de préserver quelques zones qui sont encore restées miraculeusement à l'abri de ces destructions ; tâche d'autant plus urgente car, une fois dégradé, l'écosystème est bien souvent lent ou incapable de se reconstruire ; sa résilience est faible ou nulle, un seuil d'irréversibilité écologique (ARONSON & al. 1995) a pu être franchi. Enfin, il convient de signaler que cette opération est rendue encore plus ardue à cause de la difficulté de concilier la conservation des écosystèmes forestiers et les besoins de la population (BOURBOUZE, 1997; GOEURY, 2007; MILIAN, 2007). À ce titre, il est important d'intégrer les sciences sociales aux études et à la prise en compte de la biodiversité dans la gestion forestière, notamment dans les phases de négociation et de prise de décision (GOSSELIN & LAROUSHINE, 2004).

À côté des modifications globales des strates arborées, il convient d'évoquer aussi les modifications susceptibles de se produire au niveau des cortèges floristiques conduisant à la perte nette de diversité biologique et à la banalisation de la flore (QUÉZEL, 1999). En d'autres termes, ce processus se traduit par l'abondance d'espèces banales, possédant une aire de répartition très vaste. Or, ces phénomènes ne feront que se poursuivre au cours des années à venir, contribuant à une dégradation à la fois du capital biologique, mais aussi de l'équilibre écologique, à la suite de la disparition progressive des sols par piétinement et érosion, mais aussi de la couverture arborée, en l'absence totale de régénération naturelle.

Dans le présent article, seule cette deuxième catégorie sera abordée ; quant à la première, elle sera traitée du point de vue phytoécologique dans un prochain article. Après avoir au préalable précisé dans un premier temps l'intérêt des écosystèmes forestiers, nous présenterons dans un second temps un aperçu de la répartition du cèdre dans le Haut Atlas oriental. Ensuite nous proposerons, dans une première partie, une ébauche de typologie géomorphologique de quelques cédraies stationnelles, principalement de nature édapho-topo-climatique. Dans une seconde partie, nous passerons en revue les causes majeures de la régres-

sion de l'aire du cèdre tout en apportant quelques éléments de réponse quant aux moyens qu'il faut mettre en œuvre pour l'enrayer.

1. INTERET DE L'ETUDE DES ECOSYSTEMES FORESTIERS

Les écosystèmes forestiers sont composés de groupements végétaux où les arbres, espèces «clef de voûte» (PAINE 1966 et 1969; MILLS & al. 1993; SIMBERLOFF 1998; BOND, 2001), jouent un rôle de premier plan où la végétation forestière constitue une composante majeure de la biodiversité et, à ce titre, ont une valeur intrinsèque, fournissant services écologiques et réservoir de diversité (BLONDEL, 1999 ; DUPOUEY & BODIN, 2007). Ils sont déterminés par trois ensembles de facteurs écologiques : bioclimatiques, topo-édapho-géomorphologiques et anthropozoïques. Leur composition floristique dépend des facteurs stationnels auxquels ils sont soumis, mais elle varie également avec le degré de maturation dynamique de la végétation et avec l'histoire des migrations floristiques reflétant les vicissitudes géologiques, paléogéographiques et paléobiologiques. Par conséquent, l'étude de la végétation est si riche d'enseignements sur les conditions du milieu. De ce fait les critères floristiques constituent souvent les meilleurs éléments de diagnostic qui seront proposés aux utilisateurs ultérieurs. Aussi est-il utile de rappeler certains de leurs principaux atouts.

Le premier, et non des moindres, est la simplicité et le faible coût de cette approche eu égard à la valeur des informations obtenues. En effet, par son aptitude à intégrer l'ensemble des fluctuations de tous les facteurs écologiques la végétation spontanée est l'expression vivante des milieux et permet, en conséquence, d'éviter de commettre des erreurs. Ainsi le seul examen de la végétation permet de fournir, par exemple, une évaluation du bilan de l'eau ou du bilan thermique en un point donné où, le plus souvent, des données météorologiques et hydrologiques font défaut (LONG 1974). Dans d'autres cas la végétation peut être un très bon révélateur des compensations de facteurs par les effets combinés de la topographie, du climat et du sol (LONG & al. 1972; LONG, 1974; GODRON, 1988).

La végétation joue également un rôle important au départ de l'étude, essentiellement au moment de la phase d'échantillonnage. Du fait de sa valeur indicatrice synthétique (reflet de multiples paramètres du milieu), elle permet, en effet, à ce stade préliminaire, de délimiter facilement des surfaces aux conditions stationnelles plus ou moins semblables, mais ayant une résultante analogue : cette végétation. En outre, dans d'autres situations, il n'est pas toujours aisé de reconnaître, parmi les nombreux descripteurs abiotiques mésologiques susceptibles d'être observés, ceux qui sont vraiment pertinents et aux variations desquels correspondent réellement et de façon significative des variations de propriétés stationnelles ; la végétation peut alors être d'une aide efficace pour parvenir à la détection, au repérage et à la hiérarchisation des descripteurs les plus efficaces. En montagne, par exemple, l'une des variables prépondérantes qui entraîne la discrimination aisée des types de végétation et de milieu est, sans conteste, l'altitude (KÖRNER, 2007).

Aussi, la végétation spontanée est-elle en général beaucoup plus qu'un révélateur qu'un véritable « facteur » du milieu (BECKER, 1986). Ainsi que le souligne RAMEAU

(1987), l'analyse de la végétation a l'avantage de présenter un caractère fini (liste exhaustive possible), contrairement aux facteurs du milieu dont on ne peut saisir que certaines variables.

Outre ces différents atouts qui viennent d'être énumérés, l'observation attentive et raisonnée de la végétation actuelle peut fournir de réels indices d'ancienneté des massifs forestiers (GEHU & GEHU-FRANK, 1986; BLONDEL, 1999). Parmi les arguments le plus souvent retenus, c'est par exemple la présence des arbres qui joue un rôle important en tant que bio-indicateur dans l'histoire de la végétation dans la perspective de la restauration (VALLEJO & al., 2006), ce qui ont amené ARONSON & al. (2002) de recourir à son utilisation pour déterminer les meilleures options pour la conservation et la restauration écologique.

Aussi une explication du couvert végétal doit-elle être toujours recherchée car elle contribue à une meilleure connaissance de ses caractéristiques et justifie, entre autres, la nature des interventions que l'homme lui fait subir. Ainsi que l'ont souligné DUPOUEY & al. (1993), la végétation est un excellent bio-indicateur des caractéristiques de l'environnement et de ses changements.

Toutes ces caractéristiques illustrent ce que Emberger écrivait en 1961-1962 : « l'intérêt pratique de la végétation découle du fait que celle-ci est le miroir du milieu... En cartographiant les groupements végétaux, on dresse *ipso facto* une carte des milieux et, par ricochet, des vocations des sols ».

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le Haut Atlas oriental est un ensemble montagneux du centre est marocain (Fig. 1). Appartenant au système atlasique, il se soulève massivement au nord, au dessus de la haute plaine de la Moulouya, quaternaire dans sa majeure partie, dont il est séparé par un rideau plus ou moins continu de collines pliocènes ou crétacé. Au sud il surplombe les plaines sahariennes. À l'ouest, il est séparé du Haut Atlas central par le plateau des lacs. Vers l'est il se termine par les reliefs sahariens limités au nord par les Hauts plateaux.

Du point de vue géologique, il se caractérise dans sa constitution par la prédominance des séries sédimentaires du jurassique (calcaires massifs ou lités, dolomies, marnes, marno-calcaires, marnes gréseuses, grès calcaires...) avec, localement, des affleurements triasiques (basaltes, gabbros...) et des dépôts quaternaires (conglomérats encroûtés, colluvions encroûtées, ennoyage de gélifracsts et d'argile rouge et brune). Les séries liasiques constituent les imposantes parois des principaux chaînons et des dépressions correspondants à autant d'anticlinaux et de synclinaux allongés suivant l'axe de la chaîne.

En ce qui concerne la répartition du cèdre dans le Haut Atlas oriental, nous en avons esquissé les grands contours dans une précédente note (RHANEM, 1993) que nous reprenons ici en intégralité tout en apportant quelques précisions supplémentaires acquises à la lumière de récents développements.

L'aire naturelle du cèdre forme, d'ouest en est, une bande quasi-continue qui se trouve au sud-ouest de la ville de Midelt (fig. 2). Ses limites géographiques se situent entre les latitudes Nord de 32° 30' et 32° 15' (limite méridionale absolue) et les longitudes Est de 4° 24' à 5° 33'. Ses limites

orientale et occidentale sont bien définies ; C'est ainsi que vers l'est le cèdre ne dépasse guère le méridien traversant le cirque de Jaafar (pôle le plus sec) et s'arrête net vers le tizi-n-oufli-n-ouadou. Toutefois, quelques pieds isolés peuvent être observés au-delà de ces limites, mais sans constitués de véritables peuplements significatifs. Ils sont juste révélateurs de microstations reliques de conditions climatiques disparues et différentes de celles régnant actuellement.

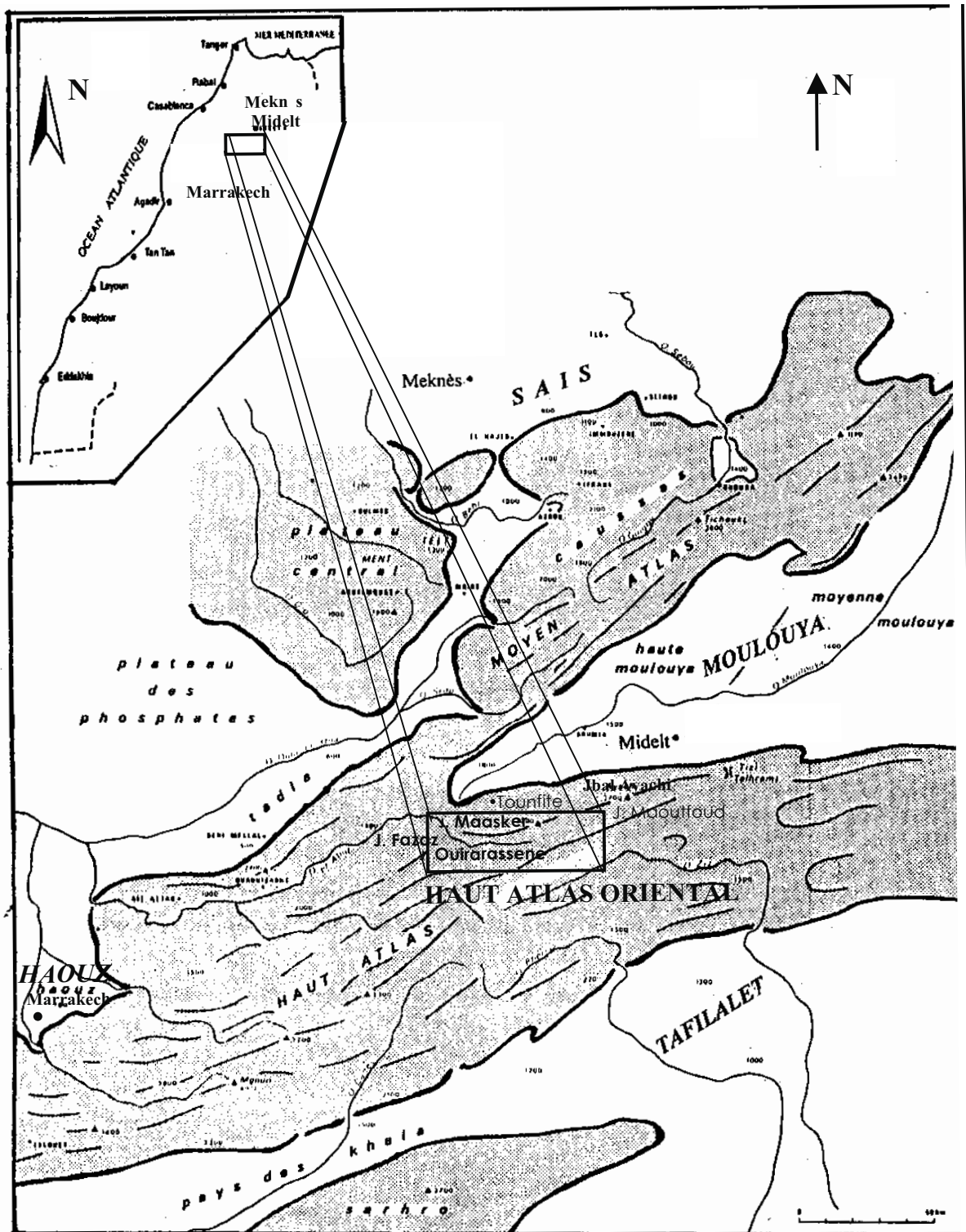
Vers l'ouest le cèdre s'arrête, du sud au nord, aux terminaisons nord-occidentales des massifs de Ouirassène, de Fazaz, du verrou juxtaposant la maison forestière de Tirghist, de Tazegzaout et de Talzast au dessus du village de Taadlount aux environs du chef-lieu d'Aghbala -n-Aït-Soukhmane, et enfin de celle du massif d'Oujjit qui surplombe directement la haute plaine de la Moulouya.

Dans cette aire ayant l'allure d'une fourche dont les branches sont dissymétriques, le cèdre forme des peuplements disposés grossièrement sur trois grandes lignes d'interfluvies se succédant latitudinalement du nord vers le sud de la manière suivante :

- La première étant constituée respectivement d'ouest en est par les massifs : Oujjit, Toujjit, Ouchbis et Amalou-n-Aït Ali ou Brahim ; cet ensemble d'avants monts surplombe vers le sud la haute plaine de la Moulouya et culmine à une altitude moyenne de 2700 mètres. Ici le cèdre apparaît vers l'ouest à 2100 mètres sur le l'Oujjit et se décale vers l'est à 2300-2350 mètres sur l'Amalou-n-Aït Brahim,
- Plus au sud, la deuxième bande est formée, quant à elle, toujours en allant de l'ouest vers l'est, respectivement par les massifs : Talzast, Taoudalt, Bouljallabène, Maasker, Tadrart et l'extrémité occidentale de l'Ayachi. Beaucoup plus élevée que la précédente, elle a une altitude moyenne de 3250 mètres et forme le premier tronçon de la chaîne axiale du Haut Atlas oriental de Midelt. À ce niveau le cèdre apparaît plus bas vers 2000 mètres d'altitude, mais aussi monte plus haut jusqu'à 2600-2700 mètres en exposition nord. Par contre en exposition sud, la limite inférieure du cèdre est reléguée à 2300 mètres comme c'est le cas sur l'adret du Maasker ;
- Enfin la troisième trajectoire est individualisée respectivement d'ouest en est par les massifs : Sloul, Fazaz, Ouirassène et l'Akdar. Ayant une altitude moyenne qui avoisine celle de la deuxième ligne (3230 mètres), elle constitue le deuxième tronçon de la chaîne axiale du Haut Atlas oriental de Midelt. Là aussi le cèdre s'installe en exposition nord à partir de 2000 mètres pour ne disparaître qu'au-delà de 2700 mètres.

Ces trois lignes majeures de relief alimentent en eau deux grands bassins (Moulouya et Al Abid), et entre lesquelles se disposent de nombreuses vallées et cuvettes où le cèdre peut occuper, en massifs forestiers discontinus, les altitudes élevées comprises entre 1900-2000 et 2600-2007 mètres, souvent en exposition NNW mais aussi en exposition NNE et NE. Dans le détail, sur les versants de ces dépressions, les cédraies s'individualisent d'ouest en est en bandes parallèles qui se décalent entre elles, vers le haut, au fur et à mesure que l'on s'éloigne des pôles occidentaux les plus humides, en l'occurrence les secteurs de Fazaz-Ouirassène et Oujjit-Toujjit.

D'un point de vue floristique, le cèdre ne constitue que rarement des peuplements purs ; il est ainsi souvent accom-



pagné de chêne vert dont le recouvrement est plus ou moins important selon les situations écologiques. Cependant, il arrive qu'il se mêle au genévrier thurifère pour finalement lui céder entièrement sa place à la faveur des expositions SSE de haute altitude. Parmi les autres phanérophytes qui s'associent au cèdre, on trouve le genévrier oxycèdre, l'if, le pin maritime et plus souvent à certains caducifoliés tels le frêne dimorphe, l'aubépine, l'érable de montpellier ainsi qu'à une nanophanérophyte représentée par le cotonéastre dont le recouvrement atteint 20% sur l'ubac du jbel oujjet vers 2500-2600 mètres d'altitude. À ce titre le cèdre succède habituellement en altitude au chêne vert et parfois au genévrier thurifère dans des situations écologiques d'inver-

sion thermique. Lorsque les conditions s'y prêtent (long versant richtériisé), le cèdre forme une bande continue depuis le bas jusqu'au haut de versant en contact de l'étage asylvatique, domiane de prédilection des xérophytes épineux de haute altitude. Aussi, forme-t-il le plus souvent le dernier niveau arborescent (timberline) sauf sur le jbel Issoual, en exposition plein est, où il est supplanté par tout un niveau de genévrier thurifère.

Enfin du point de vue lithologique, le cèdre est assez indifférent vis-à-vis de la roche mère et de la nature du sol, excepté les substrats très compacts ou superficiels (marnes argils) où sa croissance est faible. Il craint l'hydromorphie, le manque d'aération lui est donc défavorable. Les caracté-

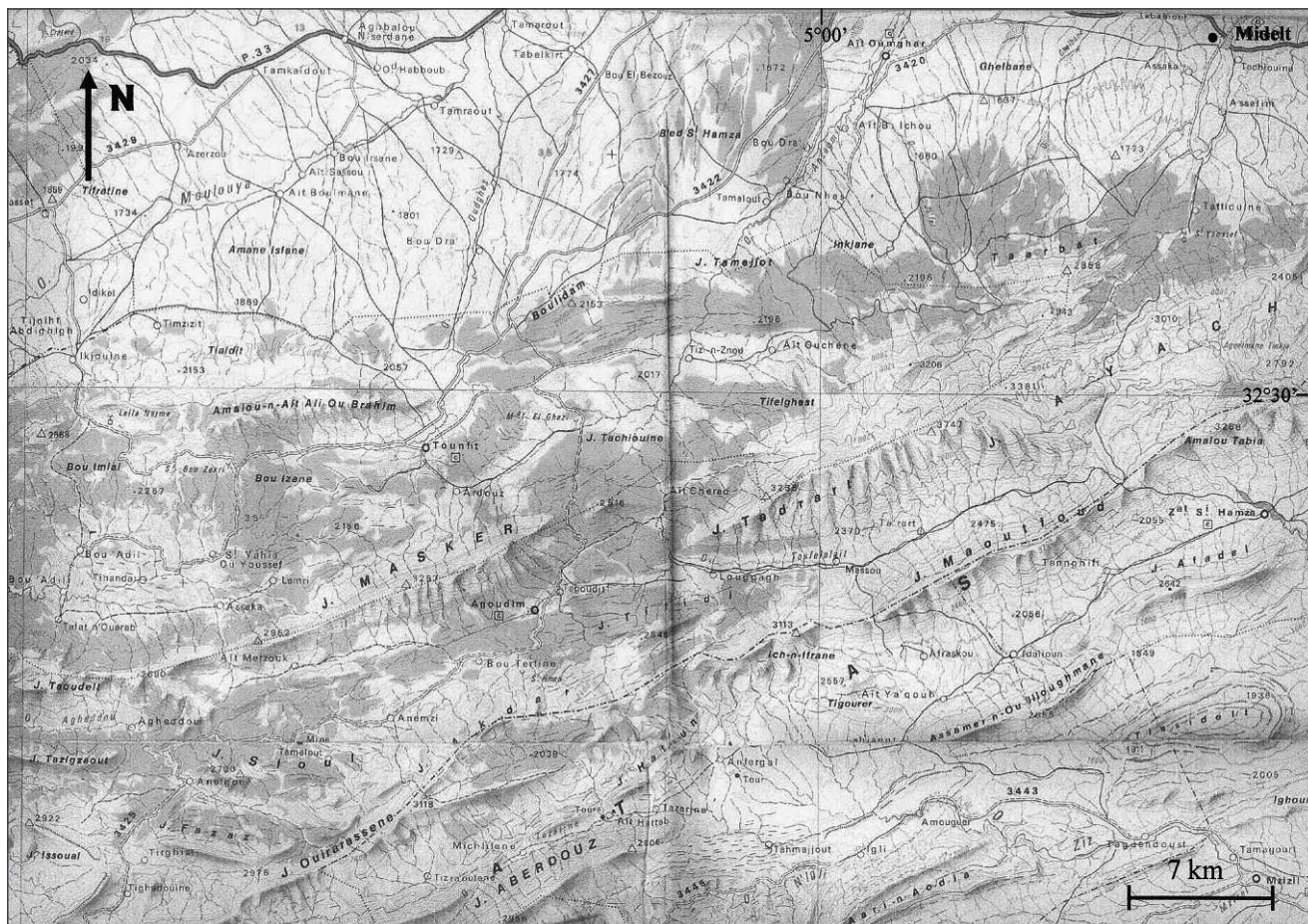


Fig. 2 - Disposition des reliefs du Haut Atlas oriental de Midelt où le cèdre de l'Atlas développe ses peuplements (voir la description dans le texte) (extrait de la carte du Maroc au 1/250000, feuille NI-30-13 KHENIFRA).

ristiques physiques du substrat contribuant à son hétérogénéité et donc à son aération sont déterminantes. Elles dépendent essentiellement :

- de la charge des éléments grossiers (graviers, cailloux, pierres, blocs), qui doit être modérée. Cette charge favorise l'aération du substrat mais son excès diminue la réserve utile en eau. Celle-ci peut être néanmoins compensée par une grande épaisseur et/ou l'humidité du climat comme c'est le cas de la cédraie de niche de nivation (voir infra) ;
- de la texture de la terre fine, qui doit être équilibrée. Les sols constitués d'un seul type d'élément ne conviennent pas du tout au cèdre et ont un peu les défauts de leurs qualités ;
- le sable, léger, meuble, est trop filtrant et ne favorise pas la rétention d'eau ; il a de plus tendance à se tasser en profondeur ;
- le limon améliore certes la rétention mais donne aussi un substrat peu aéré ;
- l'argile est certainement l'élément le plus favorable pour la rétention en eau mais donne des sols lourds que le cèdre ne supporte pas.

3. APERÇU DES SYSTÈMES DE PRODUCTION

Le Haut Atlas oriental renferme une variété de modes de vie allant du nomadisme pur et simple basé sur la tente et la vie sédentaire organisée en villages, en passant par différents degrés de transhumance plus ou moins liés à l'habitat

en ksour (hameaux fortifiés ou groupés) (PEYRON, 1976). À côté de l'artisanat, commerce et services, l'activité économique repose principalement sur l'agriculture et l'élevage qui s'organisent autour de trois milieux comprenant le secteur infraforestier (fond de vallée et bas-versant), le secteur intraforestier (mi-versant) et le secteur supraforestier asylvatique (haut-versant). Ainsi, le finage villageois est structuré perpendiculairement à l'axe montagnard avec respectivement de bas en haut : (i) l'agriculture vivrière de fond de vallée à laquelle succède les douars (villages) et quelques lopins de terres cultivés en sec sur les bas-versants ; (ii) l'espace forestier du mi-versant utilisé pour le bois-énergie, le fourrage foliaire et le pâturage ; et (iii) l'espace asylvatique de haut-versant qui constitue des parcours pour les troupeaux d'ovins et de caprins.

Globalement, les systèmes de production du Haut Atlas oriental se caractérisent par :

- une agriculture de subsistance basée principalement sur la céréaliculture (blés, orges) en sec (bour) ;
- une arboriculture diversifiée qui marque le paysage agraire (noyer, figuier, amandier, pommier...) reflétant la diversité des conditions du milieu ;
- un élevage à dominante ovine et caprine avec, pour chaque foyer une ou deux vaches laitières et un mulet ou un âne pour les besoins de transport et des travaux agricoles,
- des cultures en irrigué concentrées sur les terrasses aménagées dans les fonds de vallées et le long des cours d'eau, et occupant de faibles superficies du fait de l'importance des reliefs montagneux et des pentes fortes. Les

cultures sont nombreuses et diversifiées : en plus de la céréaliculture (maïs, blés), on trouve des légumineuses (navet, oignon, pomme de terre) et des fourrages (luzerne et l'orge en vert),

- les revenus de l'émigration saisonnière sont modestes (BOURBOUZE, 1997).

Enfin, il convient de souligner la place importante qu'occupe le cèdre de l'Atlas dans l'économie forestière marocaine pouvant produire du bois d'œuvre de qualité et en quantités appréciables. Malheureusement la population locale n'en tire aucun bénéfice direct si ce n'est à travers des coupes délictueuses et le trafic illégal des madriers qui en résulte, mais là aussi seule une fraction minime en subit les retombées

4. APPROCHE ADOPTÉE

En montagne, en raison du compartimentage du relief et du climat, l'introduction d'un niveau d'approche topoclimatique intermédiaire entre le mésoclimat et le microclimat s'impose avec évidence. La dimension caractéristique de cette échelle d'espace s'étend approximativement de 100m à 1km, dans le sens horizontal et de 10 à 100m verticalement suivant l'espacement du relief (Paul 1997). Comme son nom l'indique, le terme de topoclimat est utilisé pour désigner un climat local pour lequel la topographie constitue l'un des critères principaux d'identification, d'où l'étymologie du terme. En effet, le modelé exerce une influence locale déterminante sur la répartition spatiale des principaux éléments du climat en modifiant le bilan énergétique et la répartition spatiale de la pluviosité, mais aussi en perturbant l'écoulement de l'air (CHOISNEL, 1984 et 1986). Par conséquent un même climat régional offrira marquerie de topoclimats et de systèmes aérologiques (RHANEM, 2008 a et b).

Il convient toutefois de souligner que les processus radiatifs jouent un rôle essentiel dans l'émergence de contrastes topoclimatiques (HUFTY, 1986) où les effets de versant distribuent différemment essences et espèces forestières, qui traduisent ainsi les forts écarts de température, de luminosité, et d'humidité.

Les topoclimats ont donc été établis sur des classes d'exposition (adret-ubac), mais aussi sur des classes intermédiaires ; puis à l'intérieur des classes d'exposition, des tranches d'altitudes reflétant des réalités biologiques. On procède ensuite de façon similaire avec les grands types morphogéniques qui se caractérisent par leur rareté et/ou qui influent significativement sur la composition floristique.

Le croisement des découpages précédents aboutit à un niveau d'approche tridimensionnel intégrant à la fois le climat local, la topographie et le substrat et que l'on nomme compartiment topogéoclimatique.

5. NOMENCLATURE

Afin d'éviter tout amalgame relatif à la prépondérance que l'on doit accorder à la physionomie ou à la composition floristique dans la description des groupements végétaux, il importe de définir avant toute chose ce que l'on entend par la dénomination de cédraie. Comme son nom l'indique, il s'agit d'un terme floristique ayant pour racine le nom botanique du genre *Cedrus* et qui reflète une formation ligneuse

haute où le cèdre domine dans la strate des ligneux hauts ; son recouvrement au sol devant dépasser ou être égal à 50% du recouvrement de l'ensemble des ligneux hauts de la station considérée.

Parmi les arguments les plus pesants en faveur de cette acception physionomique de la cédraie c'est avant tout, qu'elle ne tient pas compte du cortège floristique, ensuite l'abondance relative du cèdre par rapport aux autres ligneux hauts qui confère une physionomie très particulière des cédraies qui s'impose avec évidence au regard d'un observateur même non averti ; enfin le rassemblement de plusieurs cèdres détermine des conditions de vie spéciales différentes de ce qu'elles étaient avant l'installation du cèdre, jouant ainsi un rôle important sur la structure et la composition floristique des cédraies.

On utilise ensuite une simple périphrase combinant les caractères des éléments intervenant dans la définition :

- combinaison dendrologique climacique dominante (cédraie) ;
- un terme géomorphologique simple évoquant la nature géomorphologique et/ou le type de substrat ;
- un terme écologique simple ou composé, si cela s'avère nécessaire, évoquant la nature des facteurs écologiques déterminants (cédraie périglaciaire d'ubac).

6. RÉSULTATS

6. 1 - Cédraies périglaciaires d'ubac

Si l'on se réfère au sens littéral du terme périglaciaire, il s'agit d'une bande de terrain située en altitude pour le cas considéré sur la bordure inférieure d'un étage glaciaire. Celui-ci existe effectivement dans les montagnes européennes mais demeure virtuel dans les conditions climatiques actuelles dans le Haut Atlas oriental où seulement quelques névés peuvent subsister localement d'une saison froide à l'autre, à la faveur d'une exposition favorable assurant la surlimentation ou freinant la fonte (RAYNAL, 1977 a). En fait cet étage se décompose lui-même en trois sous-étages. L'horizon supérieur est intégralement périglaciaire, on y observe une morphogenèse cryo-nivale généralisée. Il débute vers 3000 mètre dans le Haut Atlas et est entièrement asylvatique. Par contre, le niveau à modelé cryo-nival discontinu et celui à processus cryo-nivaux sporadiques ou mineurs, qui se déploient respectivement entre 3000 à 2400 mètre et 2400 à 1900 mètre, sont plus ou moins arborescents. Dans ces trois sous-étages, les phénomènes que l'on peut qualifier de « périglaciaire » sensu lato, en rapport avec le climat actuel, sont avant tout liés à l'existence de nombreux cycles de gel-dégel entraînant un débitage du matériel rocheux affleurant en gélifractions, et à l'action de processus liés à la fonte de la neige (RAYNAL op. cit.). En fait ces dépôts de pente, qui forment généralement le substrat de la forêt aux altitudes moyennes, sont hérités du Quaternaire et imputables le plus souvent à une morphogenèse cryo-nivale, qui n'est plus actuellement aussi active que ce qu'elle était le passé.

Il en va ainsi par exemple dans le Moyen Atlas où, depuis longtemps, ce même auteur (1977 b) a rappelé la relation qui existe entre les cédraies du Moyen Atlas, de belle venue qui se régénèrent bien, et ce type de substrat constitué par des formations superficielles d'origine périglaciaire et mises en place au cours de l'une des dernières

périodes froides pléistocènes. Il a noté du reste que leurs limites inférieures coïncident avec celles de ces dépôts quaternaires. Aussi l'apparition de ces substrats représente-t-elle une limite climatique fondamentale en montagne

Dans le Haut Atlas oriental qui nous interpelle ici, les cédraies se développant sur tels substrats occupent des surfaces assez importantes notamment sur les hauts de versants des grands massifs de Fazaz, Ouirassène et Maasker à des altitudes comprises entre 2400 et 2700 mètres ; on les retrouve également sur les mêmes compartiments des massifs de moindre ampleur tels ceux d'Oujjit et Toujjit où le cèdre ne dépasse guère 2500 mètres. Dans ces dernières cédraies, ce sont les dépôts de gélifluction hétérométriques qui recouvrent le sol ; ils ont l'avantage d'être à la fois perméables et relativement riches en matériaux fins et sont donc plus favorables, parce qu'ils maintiennent mieux l'humidité que les grèzes, souvent cimentés par le calcaire. Quant à leurs limites inférieures, elles coïncident avec celles des formations superficielles périglaciaires. Le seuil supra-cédraie s'identifie, quant à lui, aux altitudes comprise entre 2600 et 2700 mètres affectées par la maintenance au sol de la neige pendant des périodes hivernales plus ou moins continues prolongées parfois tardivement au printemps. Un tel enneigement est néfaste pour les jeunes plantules de cèdre, si par chance elles arrivent à se soustraire à la dent de la chèvre, autant par son épaisseur que par le fait qu'il est localement à l'origine du déclenchement des processus cryo-niveaux lors des phases de fusion. Ces derniers pouvant occasionner la déshydratation des cellules des plantules de cèdre rescapées.

Outre ces caractéristiques, ces cédraies se singularisent d'un point de vue floristique par la présence d'espèces indicatrices des milieux froids dominées principalement à leurs niveaux inférieurs par des caducifoliés chaméphytiques représentés par *Berberis hispanica* et *Ribes uva-crispa* ; alors que les horizons supérieurs sont essentiellement occupés par des xérophytes épineux de haute montagne tels que *Alyssum spinosum*, *Cytisus purgans* et *Erinacea anthyllis*, *Bupleurum spinosum*.

Dans le détail, et comme on vient de voir, quelques différences s'observent aussi bien sur le plan physique que biotique. La cédraie du Maasker occupe par exemple les têtes de vallons qui entrecoupent l'ensemble du versant, mais

aussi les tabliers de versant de faible pente dont le sol rouge méditerranéen (le seul de toute la région) est mis en culture intensive. L'érosion qui en découle a perturbé les cycles biogéochimiques des cédraies en place provoquant des difficultés pour leur maintien et leur germination. Elles ne subsistent d'ailleurs qu'à l'état d'arbres dépérissant mort sur pied ou à l'état de moignons, témoignant des coupes rases subies (photo 1). Les espèces indigènes du sous bois ont également disparus. Toutefois, en certains endroits relativement peu dégradés, on observe *Bupleurum spinosum*, *Alyssum spinosum*, *Astragalus boissieri*. Vers 2400 mètres, c'est *Berberis hispanica* qui constitue la deuxième espèce dominante.

Par contre la cédraie de Fazaz (photo 2) se développe sur un tablier de versant que surplombe une corniche de calcaire dure. Ce talus est recouvert peu épais d'un ennoyage peu épais de gélifractions et de terre fine hérité du Quaternaire, sans doute que la corniche de calcaire massif est peu gélive et donc peu susceptible de fournir les débris en abondance. La morphogénèse actuelle se caractérise ici par une emprise vigoureuse de l'érosion linéaire, qui dissèque profondément et tend à détruire les formations superficielles. Cette cédraie est relativement plus riche en espèces ligneuses avec comme espèces caractéristiques *Cytisus purgans* et *Erinacea anthyllis*. Celles-ci laissent la place à *Ribes uva-crispa* aux alentours de 2400 mètres d'altitude.

D'un point de vue climatique, ces cédraies sont aux prises chaque hiver avec des conditions très dures de basses températures et d'enneigement prolongé. Elles souffrent d'autant plus qu'elles sont multiséculaires et donc ont perdu une grande partie de leur immunité naturelle sinon la totalité.

6. 2 - Cédraie de niche de nivation d'ubac

Le cèdre est ici nettement plus à son aise où les peuplements semblent le mieux à leur place (bon état sanitaire et bonne vigueur). Ce type de cédraie n'est représenté dans le Haut Atlas oriental que par la cédraie de Tisswatine (photo 3) que l'on trouve sur le versant nord du jbel Tafrant à mi-chemin entre le cirque de Jaafar vers l'est et la maison forestière de Mitkane vers l'ouest. Elle s'étend entre 2300 et



Photo 1- Cédraie périglaciaire de l'ubac du Maasker (massif de l'extrémité occidentale du Haut Atlas oriental) qui se trouve dans un état lamentable avec de nombreux squelettes de cèdre. Dans toute aire atlasique, il constitue, en exposition nord, le dernier arbre en altitude (treeline) vers 2700 m d'altitude.



Photo 2 - Timberline et treeline formées par le cèdre de l'Atlas sur le haut de versant du jbel Fazaz dans le Haut Atlas oriental. Au premier plan on devine les terrassettes de solifluction sur une croupe, un des aspects du phénomène périglaciaire qui a lieu à ce niveau (2 600 m d'altitude), d'où l'appellation de cédraie périglaciaire.

2400 mètres et se développe au fond d'une niche de nivation en forme de demi-entonnoir jouant par conséquent le rôle d'impluvium. Elle reçoit ainsi une grande partie de la fonte de la neige. Abrisée du vent et de l'ensoleillement, elle favorise aussi l'entassement de la neige et son maintien beaucoup plus longtemps que sur les secteurs environnants ; elle y persiste pendant plusieurs mois de l'année, parfois jusqu'au début de l'été. Le fond est tapissé par une nappe mobile de colluvions constituées par des éléments grossiers émoussés de toutes dimensions (graviers, cailloux, pierres et blocs) dont la matrice fine a été lavée par l'eau de fonte de la neige. C'est en effet le ruissellement de fonte, combiné avec une gélifraction superficielle sporadique, qui modèle ce tablier caillouteux.

Ce type de substrat décompacté et hétérogène favorise le désengorgement du substrat et évite ainsi l'asphyxie des plantules du cèdre mises en défens. Enfin il importe de signaler la remarquable descente biologique du cèdre consécutive à une régénération sans égale dans tout le Haut Atlas oriental ; il faut dire que la mise en défens y est certainement pour quelque chose.

Du point de vue floristique, les conditions froides et humides entretenues dans ce compartiment permettent l'installation d'un mélange de xérophytes épineux et de caducifoliés ; on y trouve ainsi *Alyssum spinosum* (deuxième espèce dominante), des taches plus ou moins étendues de *Ribes uva-crispa* et *Juniperus oxycedrus* sous la forme hémisphérique (en coussinet), *Berberis hispanica*, *Cotoneaster ummularia*, *Acer monpessulanum*, *Cytisus purgans*, *Bupleurum spinosum*, *Vella mairei*.

6. 3 - Cédraies alluviales

Elles sont établies sur les fonds plats alluviaux ; ces terrasses plus ou moins récentes de berge des fonds de vallées qui longent les cours d'eau (oueds), de faible dimension (une dizaine de mètres de longueur sur 6 à 7 mètres de largeur), sont discontinues et très localisées. De ce fait, ces cédraies n'occupent qu'une surface minime en comparaison avec celle des cédraies périglaciaires. Elles sont toutefois

importantes à considérer du fait de leurs particularités biologiques et écologiques.

Leur faible importance spatiale tient à leur caractère linéaire, mais aussi à leur rareté. Cette dernière résulte du fait que beaucoup de fonds de vallées sont occupés par des villages ou des chemins, ou encore ont été déboisés pour faire place à des cultures céréalières. Néanmoins, des causes naturelles peuvent également concourir à leur dégradation.

Pour illustrer notre propos, nous avons choisi l'exemple de la cédraie de Bou-Ighrissène en contrebas du jbel Fazaz (photo 4) en raison de son état de dégradation relativement peu avancée. Elle se développe à une altitude de 2200 mètres, sur des alluvions terro-pierreux, alimentés par des dépôts de pente qui s'étalent au débouché de l'hémicycle de bou-Ighrissène. La taille des éléments émoussés qui les constituent est variable avec cependant une proportion importante de terre argileuse. Les apports actuels alluvio-colluvionnaires plus ou moins fréquents provoquent un rajeunissement du profil. Considérés du point de vue pédologique, ce substrat fait partie des sols minéraux bruts meubles, ou « régosols », comme c'est d'ailleurs le cas des substrats décrits ci-dessus. En fait, ces formations superficielles ne sont pas à proprement parler des sols véritables, n'ayant subi aucune action pédogénétique, tout au moins pour les alluvio-colluvions récents, caractérisés par leur jeunesse et la différenciation faible, sinon nulle de leur profil.

D'un point de vue floristique, il s'y développe une cédraie jeune de belle venue et riche en hémicryptophytes (*Hieracium pseudo-pilosella*, *Helianthemum helianthemoïdes*, *H. croceum*). Les espèces ligneuses ne sont pas du reste absentes, on trouve ainsi *Berberis hispanica*, *Prunus prostrata* enseveli sous un amas de cailloux, en plus de certains xérophytes épineux (*Alyssum spinosum*, *Cytisus purgans*) qui sont ici à leurs limites écologiques inférieures.

Ces effets morphogéniques qu'on vient d'évoquer témoignent non seulement de conditions favorables de climat et de relief, mais aussi des processus de formation et d'évolution liés à des périodes de climat plus humide survenu au Würm. Toutefois la dynamique actuelle tend plutôt à déstabiliser ce compartiment. Les facteurs responsables sont du à la mise en culture de ces terrains assez fertiles et au



Photo 3 - Cédraie de Tisswatine en futaie jardinée sur pierrailles de niche de nivation. *Ribes uva-crispa* et *Juniperus oxycedrus* constituent respectivement la deuxième et la troisième espèce dominante. Il convient de signaler au passage le fort taux de régénération de cette cédraie mise en défens. C'est la plus belle relève notée dans tout le Haut Atlas oriental.



Photo 4 - Cédraie alluviale de Bou-Ighrissène menacée par la torrentialité des crues estivales.



Photo 5 - Exemple de cédraie de versant quasi-vertical à très forte pente où l'on peut deviner la remarquable colonisation par les racines des fentes dans la roche-mère et l'infiltration dans les lignes de structure, ce qui permet au cèdre de supporter les contraintes édaphiques.

ruissellement concentré et intense, surtout en été où les abas d'eau sous orages favorisent la crue brutale des torrents et des oueds accentuant sa puissance érosive. Le sapement des berges et le creusement vertical qui en découlent entraînent le déséquilibre et la déstabilisation des formations meubles de ce type de compartiment allant jusqu'à des chutes de cèdre qui, par leur poids, sont capables aussi d'accélérer localement l'éboulement des berges d'oueds ou le glissement des talus à trop forte pente dans les zones humides et marneuses

6. 4 - Cédraies de gorges

Contrairement aux précédentes, elles occupent les parois rocheuses verticales des gorges où elles constituent des formations rupicoles (photo 5). Leur aire est aussi disjointe et peu étendue. Il en va ainsi par exemple de la cédraie d'Arheddou confinée entre le jbel Azgaou à l'est et celui de Tazegzaout vers l'ouest, à des altitudes comprises entre 1900 et 2000 mètres. Cette cédraie est accrochée sur des bancs de calcaire lité à contre pendage formant des ressauts, vires et infractuosités qui constituent autant de pièges à graines de cèdre disséminées naturellement, d'où l'avantage de la régénération naturelle par rapport à la plantation. Le nombre important de semis permet en effet d'explorer et d'ex-

ploiter la moindre situation favorable, en particulier les fissures de roche mère.

Son développement dans ce compartiment s'explique par l'existence d'un topoclimat où, d'une part, les températures minimales hivernales sont moins rudes et, d'autre part, les températures maximales estivales sont beaucoup plus clémentes, mais aussi par la présence de nombreuses fissures qui favorisent l'installation du cèdre. Ce dernier possède en effet une capacité de prospection racinaire lui permettant d'explorer la terre fine présente dans ces diaclases, même si son installation y est au départ difficile. Toutefois, malgré cette situation avantageuse, les sécheresses répétitives qu'a connues le Maroc ces dernières décennies ont eu raison de certains cèdres dépérissant et fragilisés par la maladie, ou qui se trouvent dans des expositions contraignantes ou encore ceux qui sont à leur limite écologique.

Pour ce qui est du cortège floristique, on note la présence de différents phanérophytes tels que : *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus*, *Fraxinus dimorpha*, *Crataegus laciniata*, *Cotoneaster nummularia*. Les espèces du sous bois reflètent mieux les conditions édaphiques stationnelles énoncées ci-dessus avec la présence notamment d'espèces rupicoles telles que : *Genista scorpius*, *Eheda nebrodensis*, *Ormenis scariosa*, *Nepeta atlantica*, *Globularia nainii*, *Stipa nitens*. Cependant, malgré cette diversité floristique relative, le recouvrement global ne dépasse guère les 5 %.

7. DYNAMIQUE DU CÈDRE DE L'ATLAS

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.) est un arbre monoïque, rarement un arbuste comme nous avons pu l'observer sur les avant-monts du Maasker qui domine la localité de Tounfite dans le Haut Atlas oriental et dans le fond du cratère de Michliffène au Moyen Atlas ; il s'agit d'une Pinaceae appartenant à la sous-famille des Laricoïdæ Melchior et Wedermann (FARJON, 1990). C'est un élément autochtone strictement méditerranéen faisant partie de la flore oromésogéenne sensu QUÉZEL (1995). Il fait partie des trois espèces du genre *Cedrus* reconnues habituellement autour du bassin circumméditerranéen, mais seul le cèdre de l'Atlas est endémique à l'état spontané des montagnes du Maghreb soumises en totalité à l'influence du climat méditerranéen (DOUGUÉDROIT, 1999).

7. 1 - Dans son aire naturelle : une régression alarmante

Taxon méditerranéo-montagnard au double sens géographique et écologique de ce qualificatif, il représente par excellence l'essence noble des forêts marocaines et algériennes. A ce titre, il est une source de valeurs économique, environnementale et sociale (TOTH, 1990) ; mais, à contrario, il en subit de lourdes conséquences à la suite d'exploitations abusives mais aussi d'un pastoralisme exacerbé en montagne (QUÉZEL, 1998). Si en France méditerranéenne l'avenir du cèdre de l'Atlas et des autres essences forestières est prometteur, dans les pays du Maghreb au contraire, le bilan concernant l'évolution de leurs surfaces en hectares montre une évolution régressive très marquée (LE HOUÉROU, 1980 ; POUPON, 1980) ce qui se traduit par un gain des formations asylvatiques. En terme d'occupation de l'espace, les cédraies nord-africaines ont considérablement diminué et reculent au Maroc de 18 ha/an (BARBERO & al.

1990). Malgré des différences d'appréciation dans l'estimation des surfaces, dues en grande partie à l'utilisation ou non des critères bioclimatiques, les valeurs avancées sont toutes instructives car elles montrent toutes très clairement un recul du capital cèdre de l'Atlas. Ainsi, au Maroc, si l'on se réfère aux chiffres donnés par BARBERO & al. (1990), les surfaces occupées par les cédraies au milieu du siècle précédent avoisinent 115 000 ha alors que la surface potentielle serait, toujours d'après ces auteurs, de 456 000 ha. enregistrant un pourcentage de régression de 75 %. Toutefois, toujours sur la base d'estimations, QUÉZEL (1998) n'évalue plus leur surface à la fin du siècle précédent qu'à environ 90 000 ha (80% de réduction), avec un noyau central s'individualisant dans le Moyen Atlas (environ 70 000 ha), les 20 000 restants se répartissent presque équitablement entre le complexe Rif-Tazeka (environ 10 000 ha) au nord, et le Haut Atlas oriental au sud (moins de 10 000 ha). En revanche, en Algérie, la surface couverte par le cèdre de l'Atlas est très restreinte et n'est plus que de 20 000 ha, alors que son aire naturelle, contrairement à celle du Maroc, est très disjointe (QUÉZEL, 1998 ; BENTOUATI, 2008). Au Maroc, l'on estime à 1 à 3 % annuels du capital sylvatique qui est détruit chaque année (QUÉZEL & BARBERO 1990). Ces valeurs démontrent, s'il en est besoin, de façon évidente le recul de cet arbre en Afrique du nord et plus particulièrement au Maroc ce qui traduit le caractère dramatique de la situation et les menaces qui pèsent directement sur cette essence noble. Encore convient-il de souligner que beaucoup de ces cédraies sont actuellement en état de simple survie et destinées à disparaître dans les prochaines décennies qui sont le résultat d'un déséquilibre notable des classes d'âges, les classes âgées ou vieillissantes étant largement en excès. En effet, étant donné la longévité considérable atteinte par le cèdre (quelques siècles), les unités de maturité et de dégradation sont fréquemment majoritaires dans les cédraies naturelles. En outre l'absence presque totale de régénération naturelle et l'état de dégradation des sols dans une grande partie des massifs forestiers ne font qu'accentuer le problème de ces cédraies en terme de survie. Enfin, étant donné l'âge avancé de la plupart des arbres, les problèmes d'ordre sanitaire se posent de plus en plus avec une acuité évidente. En particulier, des infestations cryptogamiques (probablement dues à l'armillaire) sont périodiquement signalées et la mortalité dans les peuplements prend parfois des proportions inquiétantes. Dans d'autres situations, Les cèdres sont définitivement menacés à terme en raison de l'hyperdégradation du sol qui met à nu les souches et fragilise ces arbres. Aussi, toutes ces formations fossilisées nécessitent l'établissement de zones protégées dans un avenir immédiat, car en l'absence totale de régénération de la strate arborée, ces cédraies ne subsistent que tant que les arbres encore en place ne seront pas détruits. Les raisons d'une telle situation sont dues en grande partie au défrichement à des fins agricoles et le labour répété des sols forestiers de pente, qui a entraîné une dégradation poussée des horizons superficiels, dégradation qui se solde actuellement par la disparition quasi-complète des espèces végétales clefs de voûte de sous-bois à cause de la destruction de l'ambiance écologique naturelle. Une véritable banalisation des cédraies s'opère avec la mise en place de structures assez riches floristiquement mais qui n'ont rien à voir avec les ensembles structuraux initiaux. Mis à part les cèdres clairsemés qui restent en place grâce à leur

enracinement plus profond, et qui constituent de véritables fossiles vivants (BARBERO & al., 1990), l'ensemble des cédraies quels que soient les étages altitudinaux est alors soumis au phénomène de thérophytisation forestière lié leur envahissement généralisé par des espèces nitrophiles à large distribution, le plus souvent annuelles et disséminées essentiellement par les troupeaux. Ces thérophytes cèdent peu à peu la place à leur tour en raison du surpâturage, à des espèces envahissantes, non palatables, constituées par des espèces toxiques ou épineuses, véritables bioindicateurs d'une hyperdégradation du milieu (BARBERO, op. cit.).

Si la sécheresse est un facteur déclenchant de dépérissement essentiel (AUSSENAC & PARDÉ, 1985; AUSENAC & GUEHL, 1994; LANDMANN, 1994), de multiples paramètres écologiques et sylvicoles interfèrent et modulent les conséquences d'une sécheresse donnée. C'est le cas notamment lors d'un changement brutal d'origine naturelle ou artificielle dans la structure du couvert. En effet cela se traduit par des modifications des caractéristiques du milieu physique qui vont avoir des conséquences plus ou moins rapides sur le fonctionnement de l'écosystème forestier (AUSSENAC & al., 1995; BERGONZINIE & LAROUSSINIE 2000; DROUINEAU & al., 2000; BIROT, 2002; GOSSELIN & LAROUSSINIE, 2004), qui vont ainsi accroître l'état de sécheresse du au déficit hydrique et à l'excès de chaleur. Tel est le cas par exemple des coupes rases qui constituent des facteurs majeurs de déclenchement des processus de désertification. Ainsi, à la lumière de la synthèse réalisée par BARTHOD & al. (1999) sur ce genre de pratique sylvicole concernant non seulement les coupes rases, mais aussi les coupes fortes susceptibles d'avoir un impact paysagé marqué, il est fortement déconseillé de recourir à de telles pratiques. En effet, ce mode d'aménagement sylvicole, passant par l'abattage massif et légal de la totalité des cèdres d'une parcelle d'une exploitation forestière en vue de l'amélioration de la production et de la germination, modifie profondément l'écosystème qui subit une perturbation brutale, notamment en raison de la disparition de l'effet tampon microclimatique du couvert du cèdre (AUSSENAC, 1975). En fonction de la qualité du sol, du degré de pente, de l'exposition et de facteurs climatiques, cette pratique forestière peut conduire à une modification profonde et brutale des mécanismes de ruissellement et du cycle de l'eau, pouvant provoquer une érosion des couches superficielles, riches en nutriments et en éléments fins et en diminuer, par conséquent, le pouvoir de rétention d'eau. Ce phénomène étant accentué par les violentes averses et les vents très forts. Il en résulte au fil du temps une aridification édaphique, même si le volume des précipitations n'accuse aucun changement. En plus de ces inconvénients, la coupe rase est défavorable à l'expression de toute la diversité écologique des cédraies et du cycle sylvigénétique normal et complet, qui passe par le maintien d'arbres sénescents et de très vieux et gros arbres, sources durables et diffuses de bois mort. Pour toutes ces raisons, les bouleversements écologiques en montagne induits par la déforestation (coupes, ébranchages, défrichements anarchiques) et le surpâturage (parcours permanent et incontrôlé) engendrent souvent des dysfonctionnements graves (LE HOUÉROU, 1980), et les forêts de montagne sont particulièrement touchées (QUÉZEL & al., 1999).

Aussi la connaissance des modifications du couvert a-t-elle une importance particulière d'une part pour la compré-

hension du fonctionnement général de l'écosystème forestier et d'autre part pour la gestion sylvicole des peuplements (AUSSENAC, 1975; GOSSELIN & LAROUSSINIE, 2004).

7. 2- En dehors de son aire naturelle : une réintroduction et une domestication réussies

La situation est ici totalement inversée et on est loin de la désolante régression relevée en Afrique du Nord. L'on observe en effet une reconquête remarquable du cèdre hors de ses bases naturelles notamment en Europe méditerranéenne. Cette réussite est due en grande partie au caractère méditerranéen du climat des régions où il a été planté qui se singularisent par la coïncidence d'une période chaude estivale avec une période sèche, mais aussi grâce à l'ambiance lumineuse et sèche qui y règne une grande partie de l'année. Toutefois, il faut préciser qu'un cèdre néogène européen, représentant probable de l'ancêtre des cèdres actuels, a été bien présent sur le revers septentrional du bassin circum-méditerranéen dans le sud-ouest de l'Europe, notamment en France et en Italie méridionale où il a joué un rôle important dans la constitution de la végétation au Miocène et au Pliocène (PONS, 1998; QUÉZEL & MÉDAIL, 2003). La disparition du genre *Cedrus* dans ces régions est la conséquence du déplacement vers le sud de la végétation méditerranéenne provoqué par les périodes froides et arides plio-pléistocènes (QUÉZEL & MÉDAIL op. cit.). En effet, le cèdre, présent en Europe avant les glaciations, a été repoussé par le froid vers le sud et a disparu du continent européen. À la fin de l'ère glaciaire, il y a environ 10 000 ans, les végétaux sont remontés vers le nord mais le cèdre, depuis l'Afrique du Nord, n'a pas pu reprendre pied en Europe du fait de la barrière que constituait la Méditerranée (RIOU-NIVERT, 2007). Le cèdre de l'Atlas a d'ailleurs montré des grandes facultés d'adaptation dans la reforestation en Italie du sud (BRUNETTI & al., 2001) ; mais c'est surtout en France, depuis sa réintroduction dans les reboisements méditerranéens, qu'il a manifesté de grandes possibilités d'acclimatation et n'a cessé de progresser en extension grâce à un fort pouvoir de régénération naturelle qui assure la pérennité des boisements et une grande facilité d'adaptation (ARBEZ & al. 1978; TOH, 1980; AUSSENAC, 1984). En outre, le cèdre a prouvé qu'il était bien adapté à la région méditerranéenne française notamment par ses facultés colonisatrices qui lui ont permis de s'étendre facilement et abondamment selon le modèle expansionniste (QUÉZEL & MÉDAIL, op. cit.) autour des secteurs où il a été introduit artificiellement (RIOU-NIVERT, 2007).

Ainsi par exemple au mont Ventoux et dans le Luberon, partant de quelques dizaines d'hectares semés en 1862, la cédraie s'est renouvelée et étendue naturellement jusqu'à couvrir plusieurs centaines d'hectares grâce notamment à une régénération naturelle très abondante et vigoureuse, créant un nouvel écosystème forestier important et riche sur le plan écologique (BARITEAU & al., 1993). Actuellement on compte pas moins de quatre générations successives qui s'étendent sur plus de 1000 hectares (COINTAT, 1996; RIFFAUD, 1998; RIOU-NIVERT, 2007). Dans toute la France les peuplements à dominance de cèdre de l'Atlas, issus de plantation ou de régénération naturelle, couvrent environ 14 300 ha, à l'état prépondérant (plus de 50 % du couvert) et il s'y ajoute 16 500 ha où le cèdre est en mélange avec d'autres espèces

les plus importantes (BARITEAU op. cit.). C'est ce qui fait que la France se trouve en tête des pays possédants des cédraies en dehors de l'aire naturelle de l'espèce.

Enfin il convient de signaler que plus de 80 % de la cédraie française se trouve en Provence-Alpes-Côtes-d'Azur et du Languedoc-Roussillon où l'aire potentielle d'extension des cèdres est estimée à 200 000 hectares surtout dans les étages supraméditerranéen (=étage du chêne pubescent) et mésoméditerranéen (=étage du chêne vert), entre 250 à 900 m d'altitude (BARITEAU, op.cit. 1993; FABRE, 1994), correspondants aux endroits où les conditions écologiques et biogéographiques permettent théoriquement sa présence en dehors de toute intervention humaine. En fait, cela revient à évaluer la situation qui devait exister il y a 7 ou 8 millénaires avant que l'action de l'homme ne devienne importante (BARBERO & al., 1990). Tout cela amène COINTAT (1996) à dire que « le cèdre n'est pas une essence exotique » en France et d'ajouter un peu plus loin que « le cèdre est seulement un exilé du froid qui revient au bercail après une longue absence ».

7. 3 - Qu'en est-il de l'incidence du changement climatique ?

Le cèdre de l'Atlas, comme les trois autres espèces du genre *Cedrus*, est strictement cantonné en montagne. Or, en raison de leurs dimensions et de leurs formes, les montagnes abritent toute une gamme de conditions climatiques. Leurs climats sont comme des bandes étroites, empilées les unes sur les autres le long d'un transect d'altitude, offrant des conditions différentes d'adaptation sur de courtes distances (KÖRNER, 2007) de telle sorte qu'elles abritent des écosystèmes uniques et souvent isolés, renfermant une partie de la plus grande variété de faune et de flore du monde. À ce titre, avec une superficie d'environ 50 000 kilomètres carrés, les montagnes marocaines du Moyen et Haut Atlas, font partie de la dizaine de « mini-hotspots » de plus haute biodiversité délimitée dans le pourtour du bassin méditerranéen et en Macaronésie (MÉDAIL & QUÉZEL, 1997; MÉDAIL & MYERS, 2004) avec une proportion importante d'espèces endémiques estimée à 20% selon VERLAQUE & al., (1997).

Compte tenu de leur altitude, de leur pente et de leur exposition au soleil, les écosystèmes montagneux sont par conséquent les premiers à subir les effets des variations de température. L'importance des gradients climatiques et écologiques dans les zones de montagne implique que de faibles changements climatiques à l'échelle mondiale peuvent y entraîner des changements majeurs dans les conditions environnementales locales de telle sorte qu'ils constituent un véritable « baromètre » du changement climatique. Le déplacement d'espèces végétales y est par conséquent le plus marqué, non pas que le réchauffement y soit plus fort qu'ailleurs, mais parce que le gradient de température est très marqué, en moyenne 0.6 °C pour 100 m d'altitude comparé aux plaines où il est environ 1000 fois plus faible, de l'ordre 0.5 °C pour 100 km de latitude. Les climatologues estiment qu'une hausse escomptée des températures mondiales de 3 degrés Celsius équivaldrait à un ajustement écologique d'environ 500 mètres d'altitude.

A mesure que la planète se réchauffe, les conditions au sein de chaque étage se transforment. Les espèces ont tendance à se déplacer en altitude à la recherche d'un habitat

plus adapté. Toutefois, toutes les espèces ne seront pas capables de se déplacer. Celles qui sont par exemple confinées au sommet des montagnes pourraient être menacées d'extinction car leur habitat se réduira de plus en plus. C'est le cas notamment de la quasi-totalité des espèces rares.

À la lumière de ces dernières indications, il apparaît légitime de s'interroger sur les impacts biologiques et écologiques induits par les modifications climatiques prévues devant affecter les écosystèmes méditerranéens de montagne. On peut par exemple se demander quelles seraient les conséquences d'une augmentation de température au plan du fonctionnement des écosystèmes et du maintien de certaines espèces vivant en conditions extrêmes, et qui sont donc en limite d'aire par rapport au facteur considéré, d'où le risque d'une perte irréversible de la biodiversité. Il est donc fort probable que ceux-ci auront des répercussions considérables sur la biodiversité (LOVEJOY & HANNAH, 2005). Les exemples ne manquent pas dans le Haut Atlas oriental, l'un des plus révélateurs étant certainement celui du cèdre de l'Atlas dans sa « zone d'épreuve » au niveau de la limite supérieure des arbres des cédraies de haute altitude. Dans cette « zone de combat », le cèdre lutte dans la partie inférieure pour l'occupation de l'espace, puis plus haut pour sa simple survie. À ce titre, il est à craindre une régression des cédraies périglaciaires de haute altitude. En revanche, vers le bas, le résultat à pourrait être une détérioration, voire la suppression de ses niches écologiques. Pire encore, l'aire naturelle nord-africaine actuelle risque de disparaître totalement si l'on se réfère aux prévisions annoncées pour 2100 ; seul le Haut Atlas pourrait encore lui servir de refuge (RIOU-VIVERT, 2007). Mais dans ce cas, la prudence reste de règle, en attendant que l'acquisition des connaissances en ce domaine soit faite, d'autant qu'il est bien délicat de cerner la part imputable aux seuls changements climatiques à cause des impacts anthropiques évoqués plus haut. Toutefois, toutes les espèces ne seront pas capables de se déplacer. Celles qui sont par exemple confinées au sommet des montagnes pourraient être menacées d'extinction car leur habitat se réduira de plus en plus. C'est le cas notamment de la quasi-totalité des espèces réfugiées. C'est pourquoi l'impact du réchauffement climatique tel qu'il est défini par KARL & TRENBERTH (2005) a été recherché dans les montagnes (BENISTON, 2003), et plus particulièrement au niveau de la timberline et la treeline (INNES, 1991; MOIR & HUCKABY, 1994; BARBERO & QUÉZEL, 1995; PARMESAN, 2006; HOLTMEIER & BROLL, 2007; HOLTMEIER, 2009; SMITH & al., 2009).

Dans ce contexte climatique changeant, les gestionnaires forestiers doivent adapter leurs systèmes actuels et, le cas échéant, leurs objectifs. De même que les implications du changement climatique pour la pratique de la restauration écologique doivent être également prises en compte (HARRIS & al., 2006). Toutefois, l'adaptation des écosystèmes forestiers aux changements climatiques telle que la préconise NOSS (2001), réduirait théoriquement les impacts négatifs des changements climatiques et aiderait les gestionnaires à profiter des éventuels impacts possibles même si, comme l'a indiqué QUÉZEL (1999), les transformations des paysages resteront probablement minimales en raison des phénomènes de résistance et de résilience caractéristiques du capital biologique du bassin circumméditerranéen. Par contre, les risques encourus par les espèces menacées d'ex-

inction y sont plus accentués que dans les régions tropicales en raison des disparités dans la perte d'habitats naturels et de la protection (HOEKSTRA & al., 2005).

8. QUELQUES DIRECTIVES POUR LA CONSERVATION ET LA GESTION DES CÉDRAIES

Le maintien, la conservation et la restauration de la diversité biologique sont apparus dans les dernières années comme un enjeu important dans la gestion des milieux forestiers. La place de l'homme y est aujourd'hui plus que déterminante puisque ses impacts et ses choix de gestion déterminent les dynamiques des écosystèmes et la magnitude des phénomènes de raréfaction ou d'extinction des espèces (MÉDAIL, 2005).

Ainsi, au vu des problèmes liés aux différentes pratiques anthropiques (sylvicole, cultures de versants épisodiques et aléatoires, surpâturage continu et prolongé, collecte excessive du bois de feu et éradication des ligneux, des plantes médicinales et aromatiques, émission des gaz à effet de serre...), la conservation au sens de SOULÉ (1985) des cédraies est une nécessité qui s'impose au premier plan. Ce souci de préservation *in situ* s'exprimera notamment par la recherche des moyens appropriés qui permettent d'assurer leur pérennité effective. Dans cette perspective il serait donc indispensable de conserver des peuplements représentatifs de chaque grand type stationnel. Toutefois pour faire preuve de prudence devant la fragmentation et la fragilisation de l'aire du cèdre dans le Haut Atlas oriental, il convient de recourir à une stratégie basée sur l'application hiérarchique des notions de filtres brut et fin à l'aménagement forestier (*sensu* HUNTER, 1990). Le filtre brut vise à maintenir la variété d'habitats forestiers représentatifs des cédraies naturelles ainsi que certaines de leurs caractéristiques clés. Il est donc conseillé à la fois de conserver de grands effectifs et de préserver les milieux dans lesquels le cèdre peut vivre. D'un point de vue génétique, pour permettre au cèdre de continuer à exister, à se diversifier, à être le support de mutations ou de recombinaisons immédiatement adaptatives ou non et pour rendre possible la différenciation d'écotypes, il faut notamment que ces habitats soient suffisamment diversifiés pour exposer les différentes populations de l'espèce, sans aucune entrave, à l'ensemble des variations possibles de la sélection naturelle (stress écologique, compétition interspécifique et pression parasitaire...). Une telle approche vise à conserver la plupart de la diversité biologique.

Cependant les mesures de conservation *in situ* des ressources génétiques du cèdre dans le cas du parc national du Haut Atlas oriental ne peuvent, à elles seules, assurer la sauvegarde et la pérennité de l'espèce. D'abord, en raison des changements climatiques et de la régression des milieux naturels, ensuite à cause d'une pression humaine de plus en plus difficile à contenir. Aussi, la conservation et l'utilisation *ex situ* de ces ressources génétiques sur une large échelle aussi bien dans les pays d'origine que les pays d'adoption sont elles urgentes et souhaitables.

En effet, le principe de précaution nous pousse à tenter de maintenir l'ensemble de la diversité, puisque nous ne saisissons pas clairement l'impact qu'aurait la perte de un ou plusieurs éléments sur le fonctionnement de l'écosystème. Pour les cédraies rares ou ayant des exigences particulières (écotones de falaises, de fond de vallée, de limite suprafo-

restière, etc.) et connues en termes d'habitat, une approche plus ciblée de filtre fin doit aussi être mise en place car, comme l'ont souligné RAMEAU & OLIVIER (1991), il faut aussi tenir compte de la marginalité chorologique (cèdre en limite d'aire de distribution ou en isolats) et/ou écologique (cèdre lié à des biotopes rares) de certains peuplements. C'est le cas des cédraies uniques, rares ou typiques, et dans ce cas peu artificialisés, possédant un intérêt patrimonial élevé (importance de la qualité et de la valeur biologiques) telles que la cédraie de niche de nivation de Tissouatine (Mitkane) qui offre une richesse floristique assez remarquable, mais aussi les cédraies de falaise des massifs de Boujellabène et de Fazaz.

Ces éléments constituant un patrimoine naturel exceptionnel qui doit être pris en compte au niveau de la gestion forestière. Pour atteindre cet objectif, plusieurs étapes sont à envisager :

- mener à bien les inventaires qui doivent dégager les éléments vraiment importants ;
- étudier le statut de protection éventuellement nécessaire pour assurer la pérennité de l'élément ;
- définir le type de gestion et assurer son suivi et même éventuellement à instaurer une gestion à intensité variable, et à conduire en étroite collaboration entre les scientifiques de divers horizons, responsables d'associations, gestionnaires et populations locales.

Cela implique aussi la définition d'une gestion où l'exploitation économique de la ressource bois se conjugue avec le respect de toutes les potentialités de la diversité biologique (CARBIENER, 1997) même si, à l'heure actuelle, on considère l'espace forestier méditerranéen comme un système multiusages, où la fonction de production ne représente plus forcément l'objectif principal (MONTGOLFIER DE, 2002). Dans tous les cas, une gestion forestière durable requiert l'intégration de la triade écologie - économie - sociologie (SARR & PUETTMANN, 2008). Elle nécessite, par ailleurs, des fondements scientifiques diversifiés (BIROT, 1996; SIMBERLOFF, 1999) et un suivi rigoureux (NOSS, 1990; 1999). Néanmoins, dans la pratique, sa mise en œuvre rencontre d'énormes difficultés car les obstacles à surmonter sont nombreux et diversifiés (FLEISHMAN & al., 1999).

Ces débats ont débouché sur l'émergence du souci, d'une part de mettre en place de nouvelles méthodes de foresterie qui soient le plus en adéquation avec les impératifs de conservation de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes méditerranéens (MÉDAIL & QUÉZEL, 2003), et d'autre part de développer des sylvicultures spécifiquement méditerranéennes qui doivent être au service des objectifs définis par les aménagements (MONTGOLFIER DE, 2002) tout en ayant en filigrane la minimisation autant que possible des opérations sylvicoles, toujours coûteuses en milieu montagnard, hétérogène et à forte pente (GAUQUELIN & COURBAUD, 2006).

Il importe toutefois de souligner que toute gestion durable des forêts passe par deux actions complémentaires (BLANDIN, 1997; CARBIENER, 1997) :

- la re-crédation des réserves intégrales de surface compatible avec le maintien de toutes les espèces inféodées à l'écosystème forestier ;
- la définition de critères de sylviculture aussi proches que possibles de modèles sylvigénétiques naturels pour toutes les forêts gérées.

Aussi, la gestion des forêts de montagne doit-elle être aussi nuancée, diversifiée que le sont ces forêts aux fonctions multiples, mais essentielles pour la vie de la montagne (DUBOURDIEU, 1982; BARTHOD & PIGNARD, 1996; RAMEAU, 1999 b).

Enfin, elle nécessite également qu'une véritable concertation s'établisse entre les gestionnaires chargés des forêts et les populations locales, par la mise en place d'outils appropriés qui permettraient d'aller au-delà de simples structures d'information à sens unique, génératrices de conflits ; ce qui devrait aboutir, à très court terme, à une véritable participation des parties prenantes avec l'utilisation au maximum des compétences et de main d'œuvre locales. En effet, l'implication des acteurs locaux est la clé d'une vraie protection de la forêt et des espaces naturels. Ceci présente le double avantage de réduire les coûts et surtout, de favoriser grandement l'appropriation du projet d'aménagement par la population locale (MONTGOLFIER DE, 2006). Une telle gestion participative vise en premier lieu à assurer un rendement équilibré entre la conservation des ressources naturelles renouvelables et l'utilisation durable des éléments constitutifs des cédraies à des fins naturelles, culturelles, économiques et sociales, d'une manière et à un rythme qui n'entraînent pas leur appauvrissement à long terme, et sauvegardent ainsi leur potentiel pour satisfaire les besoins et les aspirations des générations présentes et futures. Les objectifs primordiaux de ce type de gestion sont :

- le maintien de la vitalité de l'écosystème cédraie,
- le maintien de la diversité biologique des cédraies,
- la gestion des avantages sociaux nets découlant du mélange des utilisations forestières en tenant compte des contraintes écologiques pour de nombreuses années.

Il convient toutefois de souligner que ce type de gestion exige une certaine discipline, une ouverture d'esprit, une capacité d'écoute, une aptitude au dialogue et à la confrontation des points de vue. Sur la forme, il faut un chef de projet qui coordonne le travail et qui ne substitue pas à ses autres collègues. Les membres de l'équipe de projet doivent respecter les délais décidés en commun, sous peine de pénaliser tout le projet et donc toute l'équipe. Compte tenu des formations diverses des chargés de mission, les discussions en équipe conduisent à des débats contradictoires sur le plan technique comme sur le plan philosophique. Il faut donc veiller à éviter le blocage et les débats stériles. Ce travail d'équipe est très difficile à mener, car il demande à chacun de composer avec les autres, de sortir de ses schémas de pensée et de travail habituels et de quitter ses mauvais réflexes individualistes.

9. ÉLÉMENTS DE RESTAURATION

Réparer, réhabiliter et recréer les cédraies dégradées est une des priorités que doivent avoir les responsables en ligne de mire. Cette entreprise est du ressort de l'écologie de la restauration. Celle-ci se propose d'étudier le processus qui assiste l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (SER, 2004). Les principaux concepts de cette nouvelle discipline de l'écologie se sont développés au cours des dernières décennies. Ses fondements ont été abondamment traités; on se reportera pour cela aux travaux de CAIRNS (1993), HOBBS & NORTON (1996), HIGGS (1997 et 2005), EHRENFELD (2000), SER

(2005), FALK & al. 2006), ARONSON (2007), CLEWEL & ARONSON (2007), ZEDLER (2008). Rappelons simplement qu'au-delà des approches classiques, soit techniques, soit écosystémiques, l'écologie de la restauration élargit aussi son champ aux sciences sociales. Les approches socioéconomiques et culturelles participent à l'évolution de la demande sociale (besoin de protection, perception des dégradations), alors que les approches techniques et écologiques définissent en quelque sorte l'offre possible en matière de restauration d'écosystèmes (CAIRNS & HECKMAN, 1996; HOBBS, 2007). L'enjeu de la restauration s'inscrit dans la logique contemporaine du développement durable et doit s'appuyer sur une connaissance fine des processus écologiques, mais aussi sociaux, qui déterminent la production des milieux et la variabilité de leurs caractères. Il paraît en effet de plus en plus clair que l'écologie de la restauration représente une interface importante entre l'écologie de la conservation et le développement durable (CLEWEL & ARONSON, 2006).

La finalité de la restauration n'est pas seulement d'établir un diagnostic sur les causes profondes des dégradations dont la prise de conscience de leur importance ne sont pas toujours évidents, ni unanimement partagés ; c'est aussi de proposer des actions de réparation des dommages pour rétablir les équilibres écologiques, mais aussi socioéconomiques, perturbés ou disparus. En d'autres termes, la restauration vise à maintenir ou à rétablir la résilience des écosystèmes et donc des services qu'ils rendent. Néanmoins, comme l'a souligné DINGER (1997), pour réussir toute démarche de réhabilitation des espaces dégradés, il faut perfectionner nos connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes, engager des recherches pertinentes sur le matériel végétal, les techniques et produits à mettre en œuvre.

L'un des éléments clés de la restauration et de la régénération des forêts méditerranéennes a été et reste encore le recours aux reboisements d'espèces forestières exotiques ou issues d'autres provenances du pourtour méditerranéen et des autres régions du globe à climat méditerranéen, plus productives et de meilleure qualité que les ligneux autochtones. Toutefois ces plantations effectuées avec des essences méditerranéennes originaires de divers secteurs géographiques s'avèrent très insidieuses, car des phénomènes de pollution génétique (RAMEAU & TIMBAL, 1987; QUÉZEL & MÉDAIL, 2003) par introgression ou hybridation surviennent souvent, gommant l'originalité intraspécifique des populations locales. Par conséquent il convient de tenir compte de ces éventuels brassages lors de l'introduction à des fins de reforestation de taxons allochtones voisins des indigènes des points de vue taxinomique, mais aussi de populations génétiquement différentes d'un même taxon, afin d'éviter d'éventuelles pertes dramatiques du capital génétique.

Ainsi par exemple dans les cédraies dégradées ou hyperdégradées, la réhabilitation peut consister à engager la régénération naturelle en essences pionnières natives ou à reboiser artificiellement le chêne vert afin de restaurer le milieu favorable à la germination naturelle des graines du cèdre ou encore à planter directement des jeunes plantules de cèdre. Ces espèces indigènes ont l'avantage, par rapport aux espèces exotiques, d'avoir accumulé dans leurs génomes des gènes d'adaptation car ayant été confrontées depuis

des générations à divers aléas physiques (froid, sécheresse) et biologiques (maladies, insectes ravageurs).

À côté de ces opérations de reboisement, d'autres actions de restauration doivent être menées :

- protection et arrêt de la dégradation du patrimoine existant ;
- gérer au mieux les exploitations forestières en évitant les coupes rases ;
- fournir aux habitants des nouvelles sources d'énergie pour les usages domestiques ;
- prévoir des boisements utilisables en bois de feu pour diminuer la pression sur les ligneux de la forêt ;
- restaurer les strates arbustives basses ;
- ne pas éliminer *Quercus ilex* dans les peuplements ;
- futaie plutôt que taillis de *Quercus ilex* mixtes.
- limiter la surcharge pastorale en diminuant la charge actuelle en animaux sur certaines zones, soit pour équilibrer avec la production des parcours, soit encore temporairement pour permettre une régénération de la végétation actuellement surpâturée ;
- mettre en défens les zones surpâturées et dont la végétation possède une dynamique suffisante pour que la régénération soit possible. Les mises en défens de longue durée sont à éviter. Il vaut mieux introduire une charge en animaux plus faible que la charge d'équilibre qui stimule la repousse, ameublir le sol et enfouit les graines ;
- végétalisation à des fins pastorales ;
- vulgariser davantage les actions zootechniques susceptibles d'augmenter l'efficacité de la production du bétail et de diminuer la mortalité (vaccinations, bains antiparasitaires
- ajuster la charge en animaux à la production du parcours et aménager les meilleurs d'entre eux par le système du pâturage différé ou des rotations ;
- encourager la production fourragère en sec et en irrigué, pour assurer aux animaux la complémentarité nécessaire durant les périodes de disette, permettant une certaine stabilité des effectifs. Il faut favoriser la plantation d'arbustes fourragers par la population, en particulier dans les petits thalwegs trop étroits ou trop érodés pour que la culture y soit possible ;

10. CONCLUSION

Cet aperçu met en évidence une diversité des conditions stationnelles des cédraies où la majorité de leurs compartiments topogéoclimatiques se distinguent par des variantes locales des systèmes morphopédogéniques hérités du dernier pluvial et des nuances topoclimatiques. Certains de ces milieux naturels sont parfaitement adaptés au climat actuel. Il en va ainsi de la cédraie de Tissawatine, où l'on peut voir de nombreux jeunes cèdres pousser jusque sur la piste reliant Jaafar à Mitkane (photo 3), grâce notamment à une remarquable capitalisation de l'eau de fonte des neiges. Ce n'est pas dans ce type de compartiment que se posent les problèmes de régénération du cèdre, du moins en termes écologiques. Des constatations du même genre peuvent être faites à propos des cédraies alluviales des berges de Bou-Ighrissene Mais, Il en va tout autrement des cédraies périglaciaires dont l'avenir reste extrêmement préoccupant à cause de l'intervention de plusieurs facteurs contraignants.

Le premier, et non des moindres, réside dans le fait que



Photo 6 - Vue de détail d'un « cimetière » de cèdres morts et agonisants situés pour la plupart vers la limite supraforestière (timberline) à 2 700 m d'altitude (Jbel Maasker, Haut Atlas oriental). Au premier plan, Les xérophytes épineux en coussinet.

les conditions écologiques qui ont vu leur installation ne sont, probablement, plus celles auxquelles elles sont soumises aujourd'hui, en raison d'une évolution du climat vers l'aridité. Dans ces conditions le ruissellement consécutif aux orages violents, que connaît cette région montagneuse, entraîne une érosion des formations meubles affleurantes héritées. Cette dernière étant accentuée par un pâturage intensif presque permanent. On ne s'étonnera donc pas que la régénération spontanée ne puisse plus avoir lieu quand un certain stade de dégradation a été atteint, même si le climat n'a pas sensiblement changé. Il se constitue de la sorte, sur une grande étendue du Haut Atlas oriental, des forêts fossiles, puis des cimetières de troncs morts ou agonisants (photo 6). Ces peuplements affaiblis subiront les effets accrus des nombreux insectes, qualifiés de ravageurs, inféodés au cèdre (FABRE & al., 1999).

Aussi, la bonne gestion du patrimoine qu'elles représentent suppose-t-elle la connaissance des limitations qu'elles subissent en l'état présent du milieu qui les supporte. Elle doit donc passer par une reconnaissance des compartiments topogéoclimatiques concernés et par une définition de leurs caractères propres. Ainsi, dans le cas présent, si l'on s'en tient aux seules indications apparentes de quelques unes de ces cédraies reliques d'une situation caduque, cela conduira à l'échec de toute tentative de restauration de la cédraie de référence.

Par ailleurs la sauvegarde de ce patrimoine génétique suppose la protection de ces populations relictuelles contre la concurrence d'autres espèces plus rustiques ou plus compétitives, ou contre la pollution génétique par des individus de cèdre de l'Atlas d'origine différente. Cela suppose de favoriser au maximum la régénération naturelle ou le reboisement à partir de graines récoltées sur place, et la constitution éventuelle d'une zone tampon (ou filtre) autour de ces noyaux limitant ou interdisant les transferts de gènes par pollinisation croisée.

À la lumière des dernières indications, nous recommandons, comme l'ont suggéré NOSS & al. (2006) pour les peuplements de *Ponderosa pine* aux États Unis, l'intégration des concepts, principes et méthodes de planification de la conservation (du point de vue de la biologie de la conservation) et la restauration écologique dans la gestion des pay-

sages de *Cedrus atlantica* tout en les adaptant au contexte du Haut Atlas oriental.

La situation exige donc la formulation, sans plus tarder, d'une stratégie de conservation, de protection et de restauration qui visera les objectifs d'une production végétale nette consommable ou récoltable (cueillette et vente des plantes à usage médicinale, aromatique, cosmétique, pharmaceutique, tinctoriale...) dans une perspective d'une véritable intégration des systèmes sylvicoles, pastoraux et agricoles, sans qu'il y'ait, sur le long terme, une détérioration des caractéristiques essentielles de l'environnement. Par ailleurs, le fait que les cédraies sont peu compétitives pour les produits ligneux *versus* une haute valeur biologique, doit inciter les différents intervenants à considérer l'espace forestier comme un système de multiusages, où la fonction de production ne représente plus forcément l'objectif principal (BONNIER & POULET, 2002).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARONSON J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C. & PONTANIER R., 1995 – *Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts*. In: PONTANIER, R., M'HIRI, A., AKRIMI, N., ARONSON, J. & LE FLOC'H, E. (Eds.) *L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* – John Libbey Eurotext, Paris. Pp 11-29.
- ARONSON J., OVALLE, C. AVENDAÑO J., LONGERI L., DEL POZO A., 2002 – *Agroforestry tree selection in central Chile: Biological nitrogen fixation and plant growth in six dryland species*. – *Agroforestry Systems* 56: 155-166.
- ARONSON J., MILTON S.J., BLIGNAUT, J.N., 2007 – *Restoring natural capital: Definitions and rationale*. In: ARONSON J., MILTON S.J. & BLIGNAUT, J.N. (eds). *Restoring natural capital*. – Science, Business, and practice, SERI, Island Press, Washington, p.: 3-8.
- ARBEZ M., FERNANDES P., UYAR, N., 1978 – *Contribution à l'étude de la variabilité géographiques des cèdres*. – *Ann. Sci. Forest.* 35(4): 265-284.
- AUSSENAC G., 1975 – *Couverts forestiers et facteurs du climat: leurs interactions, conséquences écophysiologiques chez quelques résineux*. – Th. Doct. Es-Sciences, Université de Nancy I, 234p.
- AUSSENAC G., 1984 – *Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysiologique*. – Colloque de Bioclimatologie Méditerranéenne, Montpellier, 18-20 mai 1983. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 131, Actual. Bot. 2/3/4: 385-398.
- AUSSENAC G., GRANIER A. & BRÉDA N., 1995 – *Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique des arbres et la croissance*. – *Rev. For. Fr.* XLVII (1): 54-62.
- AUSSENAC G. & PARDÉ J., 1985 – *Forêts, climat et météores*. – *Rev. For. Fr.* XXXVII (sp.): 83-104.
- AUSSENAC G. & GUEHL J.-M., 1994 – *Dépérissements et accidents climatiques*. – *Rev. For. Fr.* XLVI (5): 458-470.
- BARBERO M. ET QUÉZEL P., 1995 – *Desertification, desertisation, aridification in the mediterranean region and « global change »*. In: BELLAN D., BONIN G. ET

- EMIG C. (Eds), *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems*. – Lavoisier, Intercept Ltd, Paris, pp. 549-569.
- BARBERO M., QUÉZEL P. & LOISEL R., 1990 – *Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens*. – *Forêt méditerranéenne XII*: 193-215.
- BARITEAU M., COURBET F., DREYFUS PH., DUCREY M., DU MERLE P., FADY B., OSWALD H., TEISSIER DU CROS E., 1993 – *Faut-il boiser en région méditerranéenne ?* – *Forêt-Entreprise* 93: 24-45.
- BARTHOD C., PIGNARD J., 1996 – *De la forêt de montagne...aux forêts en montagne*. – *Aménagement et nature* 120: 41-55.
- BARTHOD C., PIGNARD G., GUÉRIN, F., BOUILLON-PENROIS E., 1999 – *Coupes fortes et coupes rases dans les forêts françaises*. – *Rev. For. Fr.* LI (4): 469-486.
- BECKER M., 1986 – *Avantages et limites de l'étude de la végétation spontanée pour la typologie des stations forestières*. – *C. R. Acad. Agric. Fr.* 72(10): 875-882.
- BENISTON, M. 2003 – *Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts*. – *Climatic Change* 59: 5-31.
- BERGONZINI J. L., LAROUSSINIE O., 2000 – *Les écosystèmes forestiers dans la tempête*. – COFOR, 133 p. Paris.
- BIROT P. (Hommage à), 1984 – *La mobilité des paysages méditerranéens*. – *Rev. Géogr. Pyr. S. Ouest, Travaux II*, 387p., Toulouse.
- BIROT Y., 2002 – *Tempêtes et forêts: perturbations, catastrophes ou opportunités ?* – *Annales des Mines*, 96-102.
- BIROT Y., 1996 – *La gestion durable des forêts: contribution de la recherche*. – *Les Dossiers d'INRA mensuel* 12, 96p.
- BLANDIN P., 1997 – *Les forêts: développement ou conservation durable*. – *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA* 15: 25-28.
- BENTOUATI A., 2008 – *La situation du cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Algérie)*. – *Forêt méditerranéenne XXIX* (2): 203-208.
- BLONDEL J., 1999 – *La dynamique de la forêt naturelle*. – ctes du colloque "la bioqualité dans la gestion forestière", 12 sept. (1995, LLN, Belgique). – *Forêt wallonne* 39-40: 7-15.
- BOND W., 2001 – *Keystone. Hunting the snark?* – 292(5514): 63-64.
- BONNIER J., POULET D., 2002 – *Problématique de la forêt méditerranéenne*. – AIFM, Forêt médit., hors série, n° 1, Marseille, 191p.
- BOURBOUZE A., 1997 – *Des agdal et des mouflons. Protection des ressources et (ou) développement rural dans le parc naturel du Haut Atlas oriental (Maroc)*. – *Le Courrier de l'environnement de l'INRA* 30: 63-72.
- BRUNETTI M., DE CAPUA E. L., MACCHIONI N., MONACHELLO S., 2001 – *Natural durability, physical and mechanical properties of Atlas cedar (Cedrus atlantica Manetti) wood from Southern Italy*. – *Ann. For. Sc.* 58: 607-613.
- CAIRNS JR. J., 1993 – *Ecological restoration: replenishing our national and global ecological capital*. In SAUNDERS D. A., HOIBBS, R.J. & EHRLICH P.R. (eds) *Nature conservation 3: reconstitution of fragments ecosystems*. – Surrey Beatty & Sons, p. 193-208.
- CAIRNS JR. J., HECKMAN J.R., 1996 – *Restoration ecology: the state of an emerging field*. – *Ann. Rev. Energy Environ.* 21: 167-189.
- CARBIENER D., 1997 – *Pour une gestion écologique des forêts européennes*. – *Les Dossiers de l'Environnement de l'INRA* 15: 35-48.
- CHARDON M., 1989 – *Essai d'approche de la spécificité des milieux de la montagne alpine*. – *Rev. Géogr. Alpine* 1/2/3: 15-28.
- CHOISNEL E., 1984 – *Notions d'échelle en climatologie*. – *La Météorologie* 7(4): 44-52.
- CHOISNEL E., 1986 – *Aspects topoclimatiques: une méthodologie d'étude en région de moyenne montagne*. – *Agrométéorologie des régions de moyenne montagne*, Toulouse, 16-17 avril, Ed. I.N.R.A. 39: 177-195.
- CLEWEL A.F., ARONSON J., 2006 – *Motivations for the restoration of ecosystems*. – *Conservation Biology* 20: 420-428.
- CLEWEL A.F., ARONSON J., 2007 – *Ecological restoration. Principles, values, and structure of an emerging profession*. – SERI, Island Press, 216p. Washington.
- COINTAT M., 1996 – *Le roman du cèdre*. – *Rev. For. Fr.* XLII (6): 503-526.
- DIAZ H. F., GROSJEAN M., GRAUMLICH L., 2003 – *Climate variability and change in High elevation regions: past, present and future*. – *Climatic Change* 59: 1-4.
- DINGER F., 1997 – *Végétalisation des espaces dégradés en altitude*. – Ed. Cemagref, 144p., Gap.
- DOUGUÉDROIT A., 1999 – *Définition de la montagne méditerranéenne par son climat*. – Colloque « la montagne méditerranéenne », 8-10 octobre, 1998, Aix-en-Provence. *Etudes Geogr. Phys.* XXVIII: 9-13.
- DROUINEAU S., LAROUSSINIE O., BIROT Y., TERRASSON D., FORMERY T., & ROMAN-AMAT B. (EDS), 2000 – *Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts, et sur leur reconstitution*. – *Dossier de l'Environnement de l'INRA* 20: 1-336.
- DUBOURDIEU J., 1982: *Les forêts de montagne et leurs fonctions multiples*. – *Rev. For. Franç.*, XXXIV(5): 32-39.
- DUPOUEY J.-L., BODIN J., 2007 – *Déplacements déjà observés des espèces végétales: quelques cas emblématiques mais pas de migrations massives*. – *RDV techniques hors-série* 3: 34-39.
- DUPOUEY J.-L., THIMONIER A., MÉNETTE B., 1993 – *Dynamique de la végétation et pollution atmosphérique*. – *Ann. Géogr.* 102(572): 386-396.
- EMBERGER L., 1961-1962 – *Rapport de synthèse sur la contribution que la recherche scientifique de base – notamment en écologie – peut apporter pour résoudre des problèmes posés par la montagne*. – *Bull. Fédér.Franç. Economie Montagnarde*, Nouvelle série 12: 197-207.
- EHRENFELD J.G., 2000 – *Defining the limits of restoration:*

- the need for realistic goals.* – Restoration Ecology 8(1): 2-9.
- EZZAHIRI M., BELGHAZI B., 2000 – *Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc).* – Sécheresse 11 (2): 79-84.
- FABRE J.P., 1994 – *Etat actuel des connaissances sur les ravageurs originaires de l'aire naturelle des cèdres parvenus en France, colonisation par les insectes d'un nouvel écosystème forestier.* – Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas, Ifrane (Maroc), 7-11 juin 1993. Ann. Rech. For. Maroc 27 (spécial) 1,1-XXXVI: 540-551.
- FABRE J.P., MOUNA M., DU MERLE P. & BENHALIMA S., 1999 – *Le point sur certains ravageurs du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord, en France et en Europe.* – Forêt médit. 20: 203-218.
- FARJON A., 1990 – *Pinaceae, drawings and descriptions of the genera: Abies, Cedrus, Pseudolarix, Keteleeria, Nothotsuga, Cathaya, Pseudotsuga, Larix and Picea.* – Ed. Foeltz Scientific Books, D-6240 Königstein/Federal Republic of Germany, 330p.
- FALK D.A., PALMER M.A. & ZEDLER J.B., 2006 – *Foundations for restoration ecology.* – SERI, Island Press, 364p. Washington.
- FLEISHMAN E., WOLFF, G.H. BOGGS C.L., EHRLICH P.R., LAUNER A.E., NILES J.O., RICKETTS T.H., 1999 – *Conservation in practice: Overcoming Obstacles to implementation.* – Conservation Biology, 13 (2): 450-452.
- GAUQUELIN X., COURBAUD B., 2009 – *Guide des sylvicultures de montagne: Alpes du Nord Françaises.* – CEMAGREF, ONF, CEPF Rhône-Alpes, 289p.
- GEHU J. –M. & GEHU-FRANK, J., 1986 – *Indices phytocœnotiques d'ancienneté des forêts.* – Hommes et Terres du Nord 2/3: 107-109.
- GOEURY D., 2007 – *Place et rôle des ONG dans l'acceptation des parcs nationaux: le cas du Haut Atlas oriental marocain.* – Géocarrefour 82(4): 231-241.
- GODRON M., 1988 – *Deux hypothèses sur l'évolution de la végétation en bas-Languedoc.* – Naturalia Monspeliensia, ser. Bot., Fasc. 52: 1-15.
- GOSSELIN M. & LAROUSSINIE O., 2004 – *Biodiversité et gestion forestière. Connaître pour préserver.* – Synthèse bibliographique. Coll. Études du Cemagref, série Gestion des territoires 20, Anthony Co-edition GIP Ecofor-Cemagref Ed. , 320p.
- HARRIS J.A., HOBBS R.J., HIGGS E. & ARONSON J., 2006 – *Ecological restoration and global climate change.* – Restoration Ecology 14(2): 170-176.
- HIGGS E. S., 1997 – *What is good ecological restoration ?* – Conservation Biology 11(2): 338-348.
- HIGGS E. S., 2005 – *The two-culture problem: ecological restoration and the integration of knowledge.* – Restoration Ecology 13(1): 159-164.
- HOBBS R.J., 2007 – *Setting effective and realistic restoration goals: key directions for research.* – Restoration Ecology 15(2): 354-357.
- HOBBS R.J., NORTON D.A., 1996 – *Towards a conceptual framework for restoration ecology.* – Restoration Ecology 4(2): 93-110.
- HOEKSTRA J.M., BOUCHER T.M., RICKETTS T.H., ROBERTS C., 2005 – *Confronting a biome crisis: global disparities of habitat losds and protection.* – Ecology Letters 8: 23-29.
- HOLTMEIER F. K., BROLL G., 2007 – *Treeline advance – driving process and adverse factors.* – Landscape Online 1, 1-33. DOI: 10.3097/LO.200701.
- HOLTMEIER F. K., 2009 – *Mountain timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics.* – Advances in Global Change Research 36, Springer, 437p.
- HUFTY A., 1986 – *Adrets et ubacs, variation sur un archétype topoclimatique.* – International Symposium on Urban and local climatology, Freiburg (R.F.A.), 20-21 fév. 1986, p. 249-256.
- HUNTER JR. M. L., 1990 – *Wildlife, forests and forestry: principles of managing forests for biological diversity.* – Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., É.-U.
- INNES, J. L., 1991 – *High-altitude and high-latitude tree growth in relation to past, present and future global climate change.* – The Holocene, 1(2): 168-173.
- KARL T. R., TRENBERTH K. E., 2005 – *What is climate change.* In LOVEJOY T. E. & HANNAH L. (eds) *Climate Change and biodiversity.* – Yale University Press, New Haven & London, p. 15-28
- KÖRNER CH., 2004 – *Mountain biodiversity, Its causes and function.* – Ambio Special Report 13: 11-17.
- KÖRNER CH., 2007 – *The use of 'altitude' in ecological research.* – Trends in Ecology and Evolution 22(11): 569-574.
- LANDMANN G., 1994 – *Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers.* – Rev. For. Fr. XLVI (5) – 405-415.
- LE HOUÉROU H.N., 1980 – *L'impact de l'homme et des animaux sur la forêt méditerranéenne.* – Forêt méditerranéenne II(1): 31-44 et II(2): 155-174
- LEPOUTRE B., 1965 – *Écologie de la régénération naturelle du cèdre dans le Moyen Atlas marocain.* – Th. Doct. Ing., Fac. Sc. Montpellier, 136p.
- LONG G., 1974 – *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. T.1: Principes généraux et méthodes. Recueil, analyse, traitement et expression cartographique de l'information.* – Masson et Cie, Paris, 252p.
- LONG G., DAGET, PH., POISSONET, J., ROMANE, F., GUILLERM, J.-L., WACQUANT, J.-P. & DELPECH, R., 1972 – *Contribution de la phytoécologie au diagnostic des conditions hydriques des sols.* – Bull. Tech. Inform. 271/272: 749-802.
- LOVEJOY T. E., HANNAH, L. (eds), 2005 – *Climate Change and biodiversity.* – Yale University Press, 418p. New Haven & London.
- MÉDAIL F., 2005 – *Mise en place et organisation de la biodiversité: l'exemple de la flore méditerranéenne.* In: P. MARTY, F.D. VIVIEN, J. LEPART ET R. LARRÈRE (coords). *Les biodiversités: objets, théories, pratiques.* – CNRS Ed., Paris, pp. 97-112.
- MÉDAIL F., QUÉZEL P., 1997 – *Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the mediterranean bassin.* – Ann. Missouri Bot. Gard. 84: 112-127.
- MÉDAIL F., MYERS, N., 2004 – *Mediterranean basin.* In MITTERMEIER R.A., ROBLES G.P., HOFFMANN M., PILGRIM J., BROOKS T., MITTERMEIER C.G.,

- LAMOREAUX J. ET DA FONSECA G.A.B. (Coords.), *Hotspots revisited: Earth's Biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, – CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico), p. 144-147.
- MILIAN J., 2007 – *Le dilemme entre développement et protection dans les montagnes du Maroc: le cas des parcs du Moyen Atlas*. – Géocarrefour, 82(4): 177-186.
- MILLS L.S., SOULÉ M.E., DOAK, F.D., 1993 – *The keystone-species concept in ecology and conservation*. – BioScience 43(4): 219-226.
- MOIR W.H., HUCKABY L. S., 1994 – *Displacement ecology of trees near upper timberline*. – Int. Conf. For. Bear Res. and Manage 9(1): 35-42.
- MONTGOLFIER DE J., 2002 – *Les espaces boisés méditerranéens - situation et perspectives*. – Ed. Economica, les fascicules du Plan Bleu 12 :1-208.
- MONTGOLFIER DE, 2006 – *Espaces forestiers méditerranéens et développement durable*. – Rev. For. Fr. LVIII (1): 73-80.
- NÉBOIT R., 1990 – *Les contraintes physiques et la fragilité du milieu méditerranéen*. – Ann. Géogr. 551(99): 1-20.
- NOSS R.F., 1990 – *Indicators for monitoring biodiversity: A hierarchical approach*. – Conserv. Biol. 4: 335-364.
- NOSS R.F., 1999 – *Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators*. – Forest Ecology and Management 115: 135-146.
- NOSS R.F., 2001 – *Beyond Kyoto: Forest Management in a Time of Rapid Climate Change*. – Conserv. Biol. 3: 578-590.
- NOSS R.F., BEIER P., COVINGTON W.W., GRUMBINE R.E., LINDENMYER D.B., PRATHER J.W., SCHMIEGELOW, F., SISK T.D., VOSICK D.J., 2006 – *Recommendations for integrating restoration ecology and conservation biology in Ponderosa Pine Forests of the Southwestern United States*. – Restoration Ecology 14(1): 4-10.
- PAINE R.T., 1966 – *Food web complexity and species diversity*. – The American Naturalist 100(910): 65-75.
- PAINE R.T., 1969 – *A note on trophic complexity and community stability*. – The American Naturalist 103(929): 91-93.
- PARMESAN C., 2006 – *Ecological and evolutionary responses to recent climate change*. – Annu. Rev. Ecol. Syst. 37: 637-669.
- PAUL P., 1997 – *Topoclimats dans le domaine tempéré semi-océanique*. In *Le climat, l'eau et les hommes, Ouvrage en l'honneur de Jean Mounier* – Presses Universitaires de Rennes, p. 197-226.
- PEYRON M., 1976 – *Habitat rural et vie montagnarde dans le Haut Atlas de Midelt*. – Rev. Géog. Alp. 3: 327-363.
- POUPON J., 1980 – *L'aménagement et l'amélioration des parcours forestiers au Maroc*. – Forêt méditerranéenne I (2): 141-150 et II (1): 53-60.
- PUJOS A., 1966 – *Les milieux de la cédraie marocaine*. – Ann. Rech. Forest. Rabat 8: 1-283.
- PONS A., 1998 – *L'histoire du genre Cedrus d'après les données paléobotaniques disponibles*. – Forêt méditerranéenne 19: 236-242.
- QUÉZEL P., 1995 – *La flore du bassin méditerranéen: origine, mise en place, endémisme*. – Ecol. Med. XXI (1/2): 19-39.
- QUÉZEL P., 1998 – *Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen: signification bioclimatique et phytogéographique*. – Forêt méditerranéenne XIX (3): 243-260.
- QUÉZEL P., 1999 – *Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution d'ici à trente ans*. – Forêt méditerranéenne XX(1): 3-8.
- QUÉZEL P., BARBERO M., 1990 – *Les forêts méditerranéennes: problèmes posés par leur signification historique, écologique et leur conservation*. – Acta Botanica Malacitana 15: 145-178.
- QUÉZEL P., BARBERO M., BENABID A., 1987 – *Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Haut Atlas oriental*. – Ecol. Med. 13(1/2): 107-117.
- QUÉZEL P., MÉDAIL F., 2003 – *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. – Elsevier, Paris, 572p.
- RAMEAU J.-C., 1987 – *Contribution phytoécologique dynamique à l'étude des écosystèmes forestiers. Application aux forêts du Nord-Est de la France*. – Thèse es-Sciences, Université de Besançon 344p.
- RAMEAU J.-C., 1999 a – *Aménagement forestier, importance de l'écologie, prise en compte de la biodiversité*. – Rev. For. Franç. numéro spécial LI: 87-101.
- RAMEAU J.-C., 1999 b – *Définition et évaluation de la qualité d'un écosystème forestier*. – Actes du colloque "la bioqualité dans la gestion forestière", 12 sept. (1995, LLN, Belgique). – Forêt wallonne 39-40: 37-51.
- RAMEAU J.-C. & OLIVIER L., 1991 – *La biodiversité forestière et sa préservation. Intérêt patrimonial de la flore, de la végétation et des paysages forestiers*. – Rev. For. Fr. XLIII(sp.): 19-27.
- RAMEAU J.-C. & TIMBAL J., 1987 – *Protection de la flore et foresterie*. – Rev. For. Fr. 39(1): 25-32.
- RAYNAL R., 1977 a – *Étagement comparé en altitude des processus périglaciaires actuels dans les hauts massifs du Maroc et de l'Iran*. – Akad. der Wissenschaft, Göttingen; Periglaziales Kolloquium, p. 275-289.
- RAYNAL R., 1977 b – *Milieus forestiers réels, potentiels et illusoires dans le domaine méditerranéen*. – Rech. Géogr. Strasbourg, 3: 49-62.
- RHANEM M., 1994 – *Conséquences de la dégradation du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Man.) sur les compartiments morphopédogénétiques: cas du Haut Atlas de Tounfite-Tighrist au Maroc*. – Actes des deuxièmes journées de l'arbre, Marrakech 20-21 avril 1994, p.: 88-91.
- RHANEM M., 2008 a – *Quelques aspects topoclimatiques de l'étagement de la végétation spontanée en montagne méditerranéenne, avec référence aux montagnes du Moyen et Haut Atlas (Maroc)*. – Quad. Bot. Amb. Appl., 19: 183-201.
- RHANEM M., 2008 b – *Contribution à une typologie topoclimatique en montagne méditerranéenne*.

Application à une vallée du Haut Atlas central, Aït-Bou-Guemmez (Maroc). – Quad. Bot. Amb. Appl. 19: 161-173.

RIFFAUD J.-L., 1998 – *Le cèdre de l'Atlas dans le Ventoux: l'aménagement de la série des cèdres en forêt communale de Bédoin.* – Rev. For. Fr., L(1): 65-70.

RIOU-NIVERT PH. (coord.), 2007 – *Climat propice pour le cèdre.* – Forêt-Entrprise 174(3): 12-59.

SARR D.A., PUETTMANN K., 2008 – *Forest management, restoration, and designer ecosystems: Integrating strategies for a crowded planet.* – Ecoscience 15 (1): 17-26.

SER, 2004 – *The SER International primer on ecological restoration. Society for ecological restoration international.* – Science and policy working group, www.ser.org, Tucson.

SER, 2004 – *Guidelines for developing and managing ecological restoration project.* – Society for Ecological Restoration International, Clewel, A., Riger, J. & Munro J. www.ser.org Tucson.

SOULÉ M.E., 1985 – *What is conservation biology?* – BioScience 35(11): 727-734.

SIMBERLOFF D., 1998 – *Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passé in the landscape era?* – Biological Conservation 83(3): 247-257.

SIMBERLOFF D., 1999 – *The role of science in the preservation of forest biodiversity.* – Forest Ecology and Management 115: 101-111.

TOTH J., 1980 – *Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grande importance forestière.* – Forêt méditerranéenne II(1): 23-30.

TOTH J., 1990a – *Le cèdre. I. Croissance et production ligneuse.* – La forêt privée 193: 81-92

TOTH J., 1990b – *II. Utilisation et qualité technologique du bois.* – La forêt privée 194: 57-61

TOTH J., 1990c – *III. Intérêt paysager. Cédraies touristiques.* – La forêt privée 195: 50-57.

SMITH W. K., GERMINO M. J., JOHNSON D. & REINHART K., 2009 – *The altitude of alpine treeline: a bellwether of climate change effects.* – Bot. Rev. 75(2) – 163-190.

VALLEJO R., ARONSON J., PAUSAS J.G., CORTINA J., 2006 – *Restoration of mediterranean woodlands.* IN VAN ANDEL J., ARONSON J. (EDS): Restoration ecology. The new frontier. – Island Press, p.: 193-209, Washington.

VERLAQUE R., MÉDAIL, F., QUÉZEL P. & BABINOT J.-F., 1997 – *Endémisme végétal et paléogéographie dans le bassin méditerranéen.* – Geobios 21: 159-166.

ZEDLER J.B., 2008 – *Ecological restoration: guidance from theory.* – Available at: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp

longitudinale assez importantes. Ses peuplements sont particulièrement hétérogènes : la variété des situations écologiques auxquelles ils sont soumis et la diversité des histoires sylvicoles qu'ils ont pu traverser ont façonné des peuplements d'âge, de structure et d'intérêt économique ou patrimonial très variés. En outre, les héritages morphopédogéniques caractérisent de manière différente ces cédraies. Les projets de conservation et de restauration des cédraies doivent en tenir compte.

RIANSSUNTO – *Profilo di una tipologia geomorfologica di alcuni boschi di cedro a Cedrus atlantica G. Manetti nell'Alto Atlante orientale di Midelt (Marocco). Minacce e prospettive di conservazione, gestione e restauro ambientale.* – Il cedro dall'Atlante (*Cedrus atlantica* G. Manetti) è ben conosciuto come un albero nobile che rappresenta un'importante fonte economica. Con una copertura totale di circa 20.000 ha, questa specie abbraccia un'ampia gamma altitudinale, latitudinale e longitudinale nell'Alto Atlante. Le formazioni crescono sotto un'eterogenea varietà di condizioni ecologiche e hanno diverse storie selvicolturali, patrimonio, struttura e interesse economico. In aggiunta, condizioni morfopedogenetiche caratterizzano in modo diverso questi boschi a cedro. Tutti questi aspetti sono di primaria importanza per progetti di conservazione e di restauro ambientale.

RÉSUMÉ – Le cèdre de l'Atlas est bien connu comme étant une essence noble représentant un enjeu économique important. Occupant une surface totale de près de 20 000 ha, il présente dans le Haut Atlas oriental des extensions altitudinale, latitudinale et

