

# Les écosystèmes forestiers marocains à l'épreuve des changements climatiques

par Rachid ILMEN et Hassan BENJELLOUN

**Cet article donne un panorama complet de la situation du Maroc face aux changements climatiques. Si les conséquences seront, certes, écologiques, avec une modification du couvert végétal, des aires de répartition des espèces végétales et animales, une pénurie des ressources en eau, une érosion plus forte des sols, des risques d'incendies accrus... elles seront aussi économiques et sociales. Prendre la mesure de ces changements est un premier pas vers la mise en place d'une stratégie d'adaptation et d'atténuation.**

## Introduction

Le changement climatique, selon le constat de la communauté scientifique internationale, est aujourd'hui une réalité dont il est nécessaire de chercher à limiter les impacts. A l'échelle de la planète, il s'est déjà manifesté par une hausse des températures de 0,75 °C en moyenne par rapport à 1860, par l'élévation du niveau des mers de 1,8 mm/an depuis 1961 (3,1 mm/an depuis 1993) et par la recrudescence de phénomènes météorologiques extrêmes à l'origine d'importantes pertes humaines et matérielles (canicules, sécheresses, ouragans et inondations).

Il est à prévoir que certains écosystèmes seront incapables de s'adapter au rythme des changements. La production alimentaire en souffrira, tout comme l'approvisionnement en eau. Les changements climatiques survenus au cours des dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle ont altéré la diversité biologique. En effet, le réchauffement de certaines régions de la planète a modifié la période de reproduction de la faune et de la flore, le moment de migration des animaux, la durée de la saison de végétation, la répartition des espèces et la taille des populations, ainsi que la fréquence des invasions et des épidémies. Les pays démunis ont du mal à y faire face et sont les plus vulnérables.

La Méditerranée est une région considérée comme un « hot spot » de biodiversité (MYERS *et al.* 2000) et ceci grâce à une grande variété de substrats géologiques, de topographies et de climats. Si la dégradation des forêts méditerranéennes est attribuée aux pratiques d'utilisation de la terre, ainsi qu'à des conditions plus chaudes et plus sèches durant le dernier siècle, les changements climatiques futurs auront probablement un impact irréversible. Un effet rétroactif à ces changements peut également être attendu. En effet, si la couverture végétale de ces régions est réduite, la diminution des précipitations sera accompagnée d'une puissante dynamique érosive des versants et d'une dégradation de la qualité du sol.

Des simulations climatiques montrent que les habitats thermo et méso méditerranéens vont être affectés substantiellement pendant le siècle à venir. L'adaptation des espèces arborées composant ces écosystèmes pourrait s'avérer difficile car la vitesse du changement climatique pourrait ne pas leur permettre de migrer progressivement vers des aires plus favorables. Hormis le processus de propagation, de nouveaux habitats peuvent être disponibles et permettraient la préservation de ces espèces par leur transplantation par exemple. Les écosystèmes forestiers méditerranéens sont composés d'arbres à feuilles sclérophylles et caduques ainsi que de conifères dont des espèces endémiques et emblématiques comme le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti.). Les aires de répartition de ces espèces ont varié sensiblement durant les derniers 20 millénaires en relation avec les changements climatiques globaux (CHEDDADI *et al.* 2001).

Les pays du Proche-Orient et d'Afrique du Nord seront sensiblement affectés par le changement climatique : la hausse des températures et l'insuffisance des ressources en eau vont avoir une incidence sur les principaux piliers du développement dans la région. La déforestation illégale dégrade les écosystèmes, réduit la disponibilité en eau et restreint l'offre de bois de feu, autant de facteurs qui compromettent la sécurité alimentaire, en particulier pour les pays pauvres. « *L'eau sera moins disponible et avec la croissance de la population, cette région, déjà pauvre en eau, pourrait ne pas avoir les ressources suffisantes pour irriguer les récoltes, soutenir l'industrie, et fournir de l'eau potable. Le changement menacera les piliers essentiels du développement* » (BANQUE MONDIALE 2008). Si la tendance actuelle se poursuit,

les températures moyennes dans les pays arabes devraient augmenter de 3°C d'ici 2050, la température nocturne augmentant de 6°C, selon un rapport publié en marge de la conférence de l'ONU sur la lutte contre le changement climatique organisé à Doha en 2012. Les pluies dans la région, qui dispose des plus basses quantités d'eau douce au monde, devraient être de plus en plus aléatoires et les crues « éclair » plus fréquentes. Le tourisme, qui rapporte environ 50 milliards de dollars aux pays arabes aujourd'hui, devrait également en souffrir, lorsque les touristes préféreront des climats plus cléments.

Le Maroc n'échappe pas à ces phénomènes. Des signes annonciateurs d'impact probables des changements climatiques ont été observés, notamment la fréquence et l'intensité des sécheresses, des inondations dévastatrices inhabituelles, la réduction de la durée d'enneigement dans le Rif et l'Atlas, la modification de la répartition spatio-temporelle des pluies, les changements d'itinéraires et de dates de passage des oiseaux migrateurs, la destruction des sols fertiles, l'avancée de la désertification vers le nord du pays (RIZIKI 2009).

Les sécheresses récurrentes qui sévissent depuis plusieurs années, ponctuées de temps à autre par des orages brusques et destructeurs nous ont fait prendre conscience du danger que représentent les perturbations du climat au cours des dernières décennies (1970-2000). Des études ont montré que durant les quarante-cinq dernières années, les régions qui étaient classées sous climat humide et subhumide régressent au profit des régions à climat semi-aride et aride ; en témoignent l'augmentation de la température annuelle moyenne estimée à 0,16°C par décennie et la baisse des précipitations printanières de 47 % à l'échelle nationale. Les projections établies par la Direction de la météorologie nationale (DMN) prévoient une augmentation des températures moyennes estivales de l'ordre de 2 à 6°C et la diminution de 20% en moyenne des précipitations d'ici la fin du siècle (DRIOUCH *et al.* 2009).

Il convient de rappeler que la forêt est un élément central de la diversité floristique et faunistique du pays. Elle recèle des ressources génétiques précieuses. Outre son rôle de refuge pour la biodiversité, la forêt marocaine contribue à l'équilibre du bilan hydrologique global du pays et à la lutte contre l'érosion. En raison de son double rôle de puits et de source de carbone, la forêt

marocaine se trouve, également, au cœur des débats internationaux sur le changement climatique (HCEFLCD 2010).

Le module Forêts vient en second après celui de l'Energie en ce qui concerne la contribution aux « émissions évitées » (séquestration de carbone) de 10% en 2010 et près de 12% en 2020, conséquence de l'augmentation des absorptions de CO<sub>2</sub> (RIZIKI 2009). Occupant 12% du territoire national, le domaine forestier permet la production de 600 000 m<sup>3</sup>/an de bois d'œuvre et d'industrie, soit l'équivalent de 30% des besoins du pays. Il fournit, également, près de 10 millions de m<sup>3</sup>/an de bois de feu, participant, ainsi, à plus de 20% au bilan énergétique global. Cette ressource naturelle représente une source de revenus pour les populations, évaluée à 5 milliards de dirhams par an et génère l'équivalent de 50 000 emplois permanents.

D'où l'intérêt de cet article de synthèse sur la réponse des écosystèmes forestiers marocains aux changements climatiques. Les conséquences du climat seront, certes, écologiques, avec une modification du couvert végétal, des aires de répartition des espèces et donc des paysages, une migration et une disparition de la faune, une pénurie des ressources en eau souterraines et superficielles et une érosion plus forte des sols, mais elles seront aussi économiques avec une augmentation des risques d'incendie, une forte sensibilité aux insectes ravageurs et aux maladies, et une diminution de la productivité. La sécheresse et le déficit d'eau et de neige, rendent également les arbres plus sensibles aux maladies et aux déprésissements.

## Appauvrissement de la biodiversité : couvert végétal et faune de plus en plus menacés

Au niveau du Bassin méditerranéen, la biodiversité marocaine occupe la seconde place après celle de la région anatolienne (Turquie) (MATEE 2009), avec un taux d'endémisme global de 20 %. Les ressources naturelles dont dispose le Maroc sont certes d'une grande qualité, mais restent fragiles et surtout insuffisamment protégées (Cf. Tab. I). La conservation des milieux naturels est devenue un enjeu décisif. A l'horizon

2050, 22 % de la flore et plusieurs espèces d'oiseaux et de mammifères pourraient ainsi disparaître (ZEINO-MAHMALAT et BENNIS, 2012). Les écosystèmes forestiers, malgré leur diversité, sont très fragiles, en raison d'une pression accrue due à la poussée démographique et au faible niveau de vie des populations rurales. La collecte du bois de feu est le premier facteur responsable du recul de la forêt marocaine, évalué à environ 31 000 hectares par an (FAO 2013).

Il est bien connu que la flore et la végétation du Maroc sont soumises à des conditions écologiques et à une pression anthropique très sévères (AAFI 2007). La dégradation généralisée, souvent anarchique, de tous les milieux a atteint des niveaux alarmants. A court et moyen termes, les menaces sur les espèces et les milieux sont très préoccupantes, aggravées par les effets du changement climatique global (MATEE 2007).

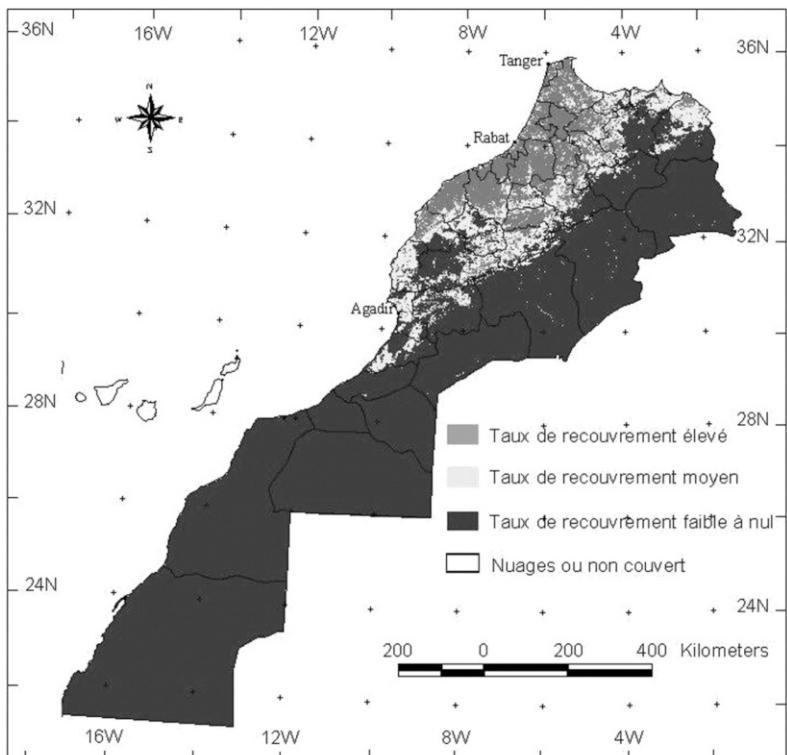
Au Maroc, le dysfonctionnement de nombreux écosystèmes comme la subéraie, la cédraie, la thuriféraie, la junipéraie et la destruction de certains habitats, qui constituent un milieu favorable pour l'installation et le développement d'une flore et d'une faune riche et diversifiée, ont conduit à la raréfaction de certaines espèces et à la disparition d'autres.

Au niveau de la flore, sur les quelque 7 000 taxons inventoriés, le quart est considéré comme rare ou menacé. Les espèces de la flore de haute montagne, caractéristiques des zones froides qui hébergent un nombre important d'espèces rares, menacées et endémiques, sont les plus touchées (IFN 1994).

A l'horizon 2050, 45 % de la superficie forestière actuelle, déjà limitée, serait perdue malgré l'effort de reboisement (Cf. Fig. 1). Une autre manifestation de l'appauvrissement des écosystèmes de la strate herbacée est la compétition entre le cheptel et le singe magot dans le moyen Atlas. Privé de l'accès aux points d'eau naturels et aux espèces végétales, le singe se trouve contraint de changer ses habitudes alimentaires

**Tab. I :**  
Evolution du couvert forestier  
(en milliers d'ha).

| Année<br>Désignation | 1900   | 1994   | 2050   | Différence<br>1994-2050 (56 ans) |
|----------------------|--------|--------|--------|----------------------------------|
| Forêt conservée      | 5 000  | 1 600  | 350    | -1 250                           |
| Forêt dégradée       | 4 800  | 3 500  | 1 200  | -2 300                           |
| Steppe               | 4 424  | 3 318  | 1 106  | -2 212                           |
| Reboisements         | 0      | 520    | 1 500  | 980                              |
| Autres               | 56 834 | 62 120 | 66 902 | 4 782                            |



**Fig. 1:**

Taux de recouvrement végétal.

en s'attaquant à l'écorce des jeunes cèdres et aux branches des arbres adultes, riches en eau et en sels minéraux (MÉNARD et QARRO, 1999).

Le Rif a également perdu, entre 1966 et 1986, la moitié de sa couverture végétale (KNIDIRI *et al.* 1998). De même, le couvert végétal de la région de la partie orientale a connu une régression de l'ordre de 23% entre 1975 et 2006.

Au niveau national, la subéraie a perdu 13% de sa superficie en l'espace de 60 ans (1938-2000), soit une perte de 60 000 ha. L'exemple le plus frappant à cet égard est la subéraie de la Maamora, se situant dans la limite supérieure de son aire de répartition écologique, les changements climatiques, associés à des facteurs anthropiques, ont eu pour conséquence la disparition de certaines

**Tab. II :**

Evolution de la densité dans les peuplements de chêne-liège depuis 1951 en Maâmora.

| Densité (souches/ha) | 1951   | Superficie (ha)<br>1972 | 1992  |
|----------------------|--------|-------------------------|-------|
| >200                 | 60485  | 14067                   | 16332 |
| 100 à 200            | 28485  | 18030                   | 15715 |
| <100                 | 11603  | 54929                   | 27818 |
| Total chêne-liège    | 100573 | 87026                   | 59865 |

espèces, notamment *Erica arborea* (AAFI 2007). En effet, cette forêt était en équilibre avec les conditions écologiques du milieu et dotée d'une bonne dynamique et résilience. La régression en superficie et en densité du chêne-liège dans la forêt de la Maamora est représentée dans le tableau II.

En 40 ans (de 1951 à 1992), la classe de densité inférieure à 100 souches par hectare est passée de 10 à 47% de la superficie de la subéraie de la Maamora (DEFCS 1994). Cette baisse de la densité est inquiétante dans la mesure où elle masque la disparition insidieuse de la subéraie. Le dépérissement du chêne-liège dans la dite forêt, passe selon les cantons de 10 à 44% des arbres (DEFCS 1990).

Des travaux de restauration du couvert forestier de la Maamora ont été mis en œuvre, en faisant principalement appel à des essences exotiques à croissance rapide (eucalyptus, pins et acacias), notamment dans les secteurs où la densité du chêne-liège était inférieure à 100 arbres par hectare (DEFCS 1973). Cette introduction d'espèces à croissance rapide et la dégradation ininterrompue de la subéraie, dans un milieu naturel pauvre, ont déclenché une profonde modification de l'écosystème de la Maamora (BENJELLOUN *et al.* 1997). La perturbation du milieu a conduit à un changement des conditions d'évolution des sols et de leur fertilité.

Par ailleurs, l'arganeraie qui s'étend sur 830 000 hectares a, pour sa part, perdu le tiers de sa superficie (M'HIRIT *et al.* 1998), sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres/ha. À titre d'exemple, la forêt d'Admine dans le Souss a perdu en l'espace de 17 ans, 10 000 ha, soit en moyenne 582 ha/an.

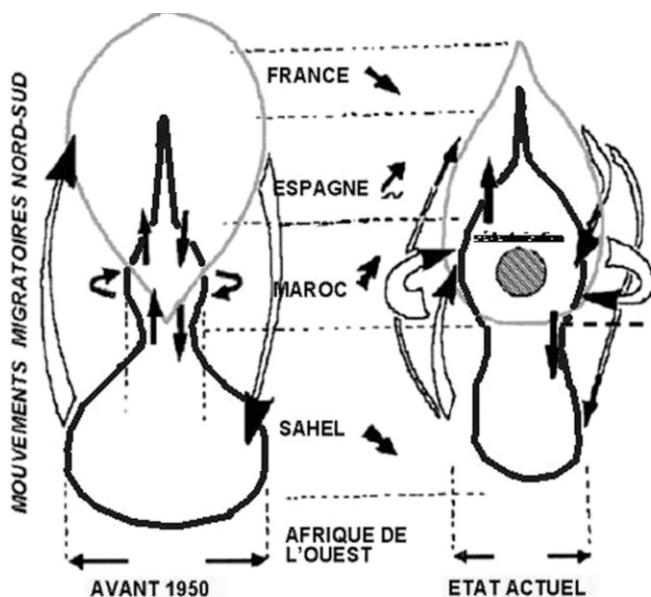
Au point de vue faunistique, un nombre non négligeable d'espèces animales au Maroc a disparu ces dernières décennies. Selon AULAGNIER & THÉVENOT (2006), quatre espèces sont au bord de l'extinction (Panthere, Lynx caracal, Gazelle dama et Guépard), cinq autres espèces de mammifères (Hyène rayée, Porc-épic, Gazelle dorcas, Gazelle de cuvier et Mouflon à manchettes) et plusieurs autres espèces d'oiseaux sont en danger de disparition, telles que l'Ibis chauve, la Sarcelle marbrée, la Nette rousse, le Filigule nyroca, le Milan royal, le Vautour sombre, l'Aigle ravisseur, le Vautour fauve, le Faucon d'Eléonore, la Grande Outarde, l'Outarde canepetière et l'Outarde houbara. Cinq espèces ont disparu entre 1925 et 1956, dont quatre ongulés

(Oryx, Adax, Gazelle leptocère, Bulbale) et un carnivore (Lion de l'Atlas).

Par ailleurs, au moins une dizaine d'espèces nidificatrices d'oiseaux a disparu depuis le début de ce siècle, comme l'Autruche à cou rouge.

Par ailleurs, les habitudes migratoires, les tailles des populations, ainsi que les espèces aquatiques, seront affectées par le changement global comme, par exemple, la Caille des blés (Cf. Fig. 2).

Des visions nouvelles pour la gestion et l'exploitation des ressources végétales naturelles s'imposent, de même que des mesures urgentes de protection et de conservation. Dans ce contexte, une grande question se pose : quelles sont les priorités ? la recherche scientifique est alors directement interpellée, étant donné que les lacunes sont nombreuses et profondes. La Conférence des parties, qui a eu lieu à Poznan (Pologne) en 2008, a reconnu qu'il existe un « obstacle taxonomique » qui entrave la mise en application de la Convention sur la biodiversité. Plusieurs de ses décisions demandent aux pays d'œuvrer pour le renforcement de leurs capacités taxinomiques. Le Maroc a des atouts pour réussir ; les lacunes sont identifiées, les besoins connus, mais manquent la vision et la décision pour agir dans le bon sens.



## Migration des espèces : vers un déséquilibre continu des écosystèmes naturels

Fig. 2 :  
Evolution du flux  
migratoire de la caille  
des blés.

L'hypothèse la plus communément admise sur la réponse des espèces aux changements climatiques concerne les potentialités de migration selon le gradient altitudinal asso-

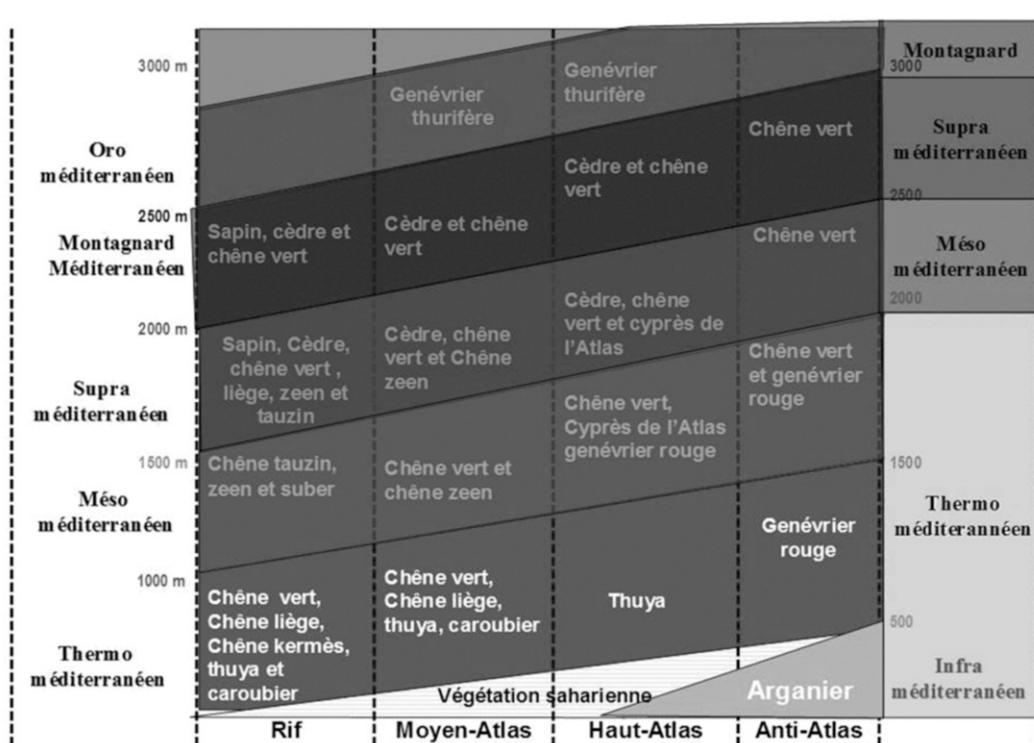


Fig. 3 :  
Migration  
de la végétation.

cié au gradient thermique. La règle biogéographique conceptuelle associe à une augmentation de température de 3°C, une diminution d'altitude de 500 m (RAPPORT NATIONAL DU MAROC 2011). L'impact de ce changement entraînerait la perte des zones climatiques les plus froides et le déplacement linéaire de toutes les ceintures de végétation vers les sommets pour compenser les changements de température (QUÉZEL et MÉDAIL 2003). De même, une augmentation de 2°C, entraînerait un déplacement latitudinal de la végétation de 150 à 200 km (Cf. Fig. 3). Cette évolution se traduira par un déplacement vers le nord des étages bioclimatiques, conduisant à une remontée des zones arides et désertiques. L'aridification du climat au nord du pays a déjà provoqué la migration altitudinale et latitudinale des espèces pré-désertiques. Le changement climatique pourrait provoquer des mouvements migratoires là où les marges d'adaptation des populations seraient épuisées. Le Maroc serait doublement concerné du fait de l'intensification de la migration interne et de la migration sub-saharienne (ZEINO-MAHMALAT et BENNIS, 2012).

Au Maroc, une étude de la végétation, menée dans le haut Atlas et l'Anti-Atlas, a montré que la limite septentrionale des groupements végétaux désertiques correspondait, en 1991, à l'isohyète 150 mm de pluie par an. Vers le début de l'année 1960, ces mêmes limites coïncidaient, à peu près, avec l'isohyète de 100 mm (QUÉZEL *et al.* 1994). Cela indique que les associations végétales des milieux désertiques se sont étendues vers le nord, en gagnant environ quelques dizaines, voire une centaine de kilomètres, ce qui se traduit par une réduction de la biodiversité floristique et faunistique et une destruction des habitats.

Au moyen Atlas, les cédraies ont également tendance à s'infiltre dans l'aire de répartition de la thuriféraie, qui occupait autrefois des tranches altitudinales allant de 2 400 à 3 300 m d'altitude, pour céder la place aux chênaies vertes. La subéraie de la Maamora est, également, un exemple frappant à cet égard. En effet, se situant dans la limite supérieure de son aire de répartition écologique, les changements climatiques associés à des facteurs anthropiques ont eu pour conséquence la régression de sa superficie.

Ce phénomène de migration est très frappant sur les versants sud du haut Atlas, Anti-Atlas et moyen Atlas oriental où les

écosystèmes forestiers se réfugient, principalement, sur les versants nord et ouest et sont encore très dynamiques et résilients. Ceci se traduit par une fragilité et une grande perte de la productivité des écosystèmes situés sur les versants sud et est. Ces changements se traduisent également par la fragmentation et la destruction des milieux et des habitats, l'extinction et la migration des communautés végétales. A l'horizon 2050, 22% de la flore marocaine risque de disparaître.

Au Maroc, les observations des trois dernières décennies du siècle dernier (1970-2000) en ce qui concerne la migration, montrent des signes annonciateurs d'impacts probables des changements climatiques attendus, en particulier, les changements des itinéraires et des dates de passage des oiseaux migrateurs, apparition dans la région de Rabat de certaines espèces d'oiseaux qu'on ne voyait qu'au sud de Marrakech. Certaines de ces manifestations ont déjà beaucoup coûté au Maroc sur les plans social, économique et environnemental.

## Maladies des forêts : phénomène d'origine complexe et de plus en plus préoccupant

En 2007, les résultats d'une analyse bioclimatique, réalisée sur la cédraie du moyen Atlas, montrent une tendance à l'augmentation des températures maximales et minimales entre 1981 et 2006, une baisse des précipitations de l'ordre de 24 % entre 1930-1980 et 1981-2006, accompagnée d'une tendance à la baisse de la neige plus marquée en 1981, et une concentration des précipitations en hiver/printemps. Un bilan hydrique déficitaire accentué par les prélèvements à usage agricole au niveau de la réserve hydrique des sols ou des dayas, qui sont de l'ordre de 6,3 m pour Azrou et de 5,5 m pour Dayet Hachlaf durant les 25 dernières années (MOKRIM 2009).

La fréquence accrue des années sèches est de l'ordre de 59 à 77 %. L'étude dendrochronologique associée à cette analyse a également mis en relief une perte de vigueur de croissance des arbres de 30 % (ILMEN *et al.* 2012). Ces changements ont affaibli les cédraies, les rendant plus sensibles aux maladies et aux pathogènes et ont conduit à des dépérissements plus ou moins intenses

sur plusieurs massifs au moyen Atlas. L'étendue des cédraies affectées atteint 37 % de la forêt de Senoual, 22 % de la forêt de Bekrit, 40% de la forêt d'Azrou, 37% de la cédraie d'Aghbalou Laarbi et 18 % du massif de Jbel Aoua Sud (ET-TOBI 2008). Ce phénomène se manifeste par des pertes foliaires de 33 à 40 % et des mortalités de branches de 37 à 50 % (BENHALIMA *et al.* 2005), la mort des arbres a débuté en 1994-95. Des vagues de mortalité d'arbres ont été relevées en 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003 et en 2005. Ces années se caractérisent par des hivers à bilan hydrique négatif.

Au niveau de la subéraie de plaines, les observations ont montré également une évolution de la continentalité suivant un gradient ouest-est. Ce phénomène conjugué à des actions anthropiques a favorisé l'apparition de parasites, tels que *Lymantria dispar* sur le chêne-liège, *Thaumetopoea* sp. sur les pins et *Phoracantha* sur les eucalyptus. Le même phénomène est observé au niveau du plateau central où l'on assiste à des déperissements massifs dans les reboisements de pin d'Alep (MATEE 2001).

Les épidémies des maladies végétales peuvent entraîner d'énormes pertes de rendements dans les cultures, et également menacent d'éliminer totalement une espèce et rendre impossible son remplacement par une autre. Au Maroc, en l'espace d'un siècle, les 2/3 de la palmeraie marocaine ont disparu à cause du Bayoud du palmier dattier (ZEINO-MAHMALAT et BENNIS, 2012).

Le déséquilibre de la cédraie du moyen Atlas marocain fait partie intégrante du déséquilibre de toute la forêt de l'Afrique du Nord qui a atteint un stade très précaire, traduit justement par les difficultés de régénération naturelle, le recul de la forêt, les déperissements ; auxquels on peut rajouter le passage de la cédraie pure à la cédraie mélangée avec le chêne vert, suivi de la disparition du cèdre sur les versants sud et ouest qui deviennent de plus en plus chauds, pour se réfugier sur les versants nord qui lui offrent à la fois le froid et l'humidité, nécessaires et indispensables aux conditions de son installation et de son développement. Tous ces phénomènes successifs depuis les inversions des étages bioclimatiques (cuvette de Michlifen, les cuvettes assylvatiques, etc.) jusqu'aux déperissements par sécheresse, constituent des indices d'aridification très pertinents et qui ne sont autres que les effets adverses des changements climatiques sur le cèdre de l'Atlas.

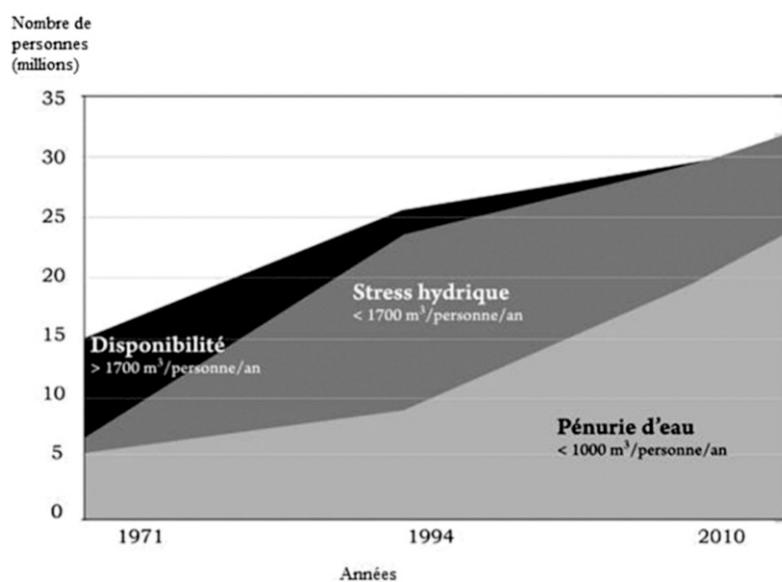
## Des ressources en eau de plus en plus menacées

Le Maroc dispose d'un potentiel en ressources en eau renouvelables, estimé en année moyenne à près de 20 milliards de m<sup>3</sup>, soit l'équivalent d'un ratio de près de 691 m<sup>3</sup> par personne et par an. Les ressources hydriques, caractérisées par leur rareté et leur irrégularité spatiale et temporelle, sont soumises à une pression croissante, liée à la poussée démographique et à l'extension de l'agriculture irriguée, ainsi qu'au développement urbain, industriel et touristique. Le capital « eau », déjà à la limite de la situation de stress hydrique (1010 m<sup>3</sup>/habitant par an en 2000), est en régression constante.

Ce potentiel, en baisse de 31%, était évalué, avant la prise en compte des années de sécheresse qui ont marqué les trois dernières décennies, à près de 30 milliards de m<sup>3</sup> par an (Cf. Fig. 4).

L'eau souterraine représente un peu plus de 13 % des ressources en eau renouvelables du Maroc et joue un rôle important dans le développement socio-économique du pays. Cependant, le suivi de l'évolution des niveaux d'eau de la quasi-totalité des nappes du pays montre une baisse continue atteignant des valeurs alarmantes, dépassant parfois 2 mètres par an (NADIFI et WAHABI, 1993). L'exploitation excessive des eaux souterraines, combinée aux sécheresses consécutives, a entraîné l'assèchement des sources (Saiss) et des dayas (Dayet Hachlaf à Ifrane)

**Fig. 4 :**  
Pénurie à l'échelle nationale.



qui ont pour conséquences l'augmentation du coût du pompage et la diminution des débits d'étiage (Cf. Photo 1).

Ce sont près de 80 % des ressources en eau qui ont été déjà mobilisés ; c'est un taux de mobilisation qui est important, laissant présager qu'à l'avenir le coût de l'eau sera de plus en plus élevé quand on sait que l'on commence par exploiter les ressources en eau les plus facilement mobilisables et que le potentiel mobilisable en eau souterraine est déjà surexploité (ZEINO-MAHMALAT et BENNIS, 2012). L'évolution probable du climat d'ici 2020 aura un impact significatif sur les ressources hydriques. Le potentiel en eau risque de diminuer avec l'augmentation des températures et l'accentuation des phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration. De plus, des températures plus élevées augmenteront la demande en eau et auront également pour conséquence une diminution du ruissellement annuel d'environ 30 % à l'horizon 2050. Le débit moyen des eaux superficielles et souterraines baissera de 10 à 15 % entre 2000 et 2020 (SEEE 2010).

## Impact du climat sur le comportement des insectes ravageurs : quelle adaptation ?

Les variations du climat, particulièrement la tendance à la baisse des précipitations et l'augmentation des températures, ont conduit certains ravageurs forestiers à s'adapter plus ou moins rapidement au nou-

veau contexte des changements climatiques. Selon les espèces, cette adaptation se manifeste, soit par la hausse du voltinisme permettant au ravageur d'agir par des niveaux de populations élevés, soit par un changement de statut, en passant d'un ravageur secondaire, sans incidence économique, à un ravageur primaire s'attaquant à des arbres vigoureux, soit par un déplacement latitudinal ou altitudinal lui permettant de conquérir des zones offrant des normes de températures biologiques spécifiques. Des travaux de recherches menés par le Centre de recherche forestière de Rabat dans le cadre de la problématique de santé des forêts au Maroc ont permis de relever des cas concrets de changement de comportement d'insectes ravageurs face aux changements climatiques dans le pays.

### Apparition de nouveaux ravageurs

Il s'agit d'un déplacement latitudinal d'une espèce européenne, *Ips sexdentatus*. C'est un insecte de la famille des Scolytidae, caractérisé par ses attaques entre l'écorce et le bois provoquant d'importants dégâts chez différentes espèces de pins. C'est un ravageur connu jusqu'à présent uniquement en Europe et au Proche-Orient (BALACHOWSKY 1949). Cependant, l'espèce a été rencontrée pour la première fois dans la pinède de Tidiouine située au nord du Maroc. Les fortes pollutions du nord semblent la cause probable de cette migration vers le sud moins pollué. Cette hypothèse est appuyée par le développement par l'espèce de trois générations au sud, alors qu'au nord l'espèce n'effectue que deux générations. Par conséquent, les peuplements de pin maritime et de pin d'Alep, hôtes préférentiellement attaqués, sont menacés dans le Rif central et oriental (BENZYANE et ILMEN, 2010).

Jusqu'à il y a une trentaine d'années, les eucalyptus du Maroc étaient menacés par un seul ravageur xylophage, *Phoracantha semipunctata* (Fabricius 1775) (Coleoptera : Cerambycidae) (EL YOUSFI 1989). Au milieu des années 90, un autre cérambycidé du même genre, *Phoracantha recurva* Newman 1840, était découvert dans les peuplements d'eucalyptus du Gharb, au nord-ouest du Maroc (MAATOUF *et al.* 2001). Dès 1990, au moins cinq espèces invasives se sont établies sur les eucalyptus plantés en région méditerranéenne. Parmi elles, *Leptocybe invasa* FISHER & LA SALLE 2004 (Hymenoptera :

**Photo 1 :**

Asséchement du lac Dayat Ifrah, Province d'Ifrane.



Eulophidae : Tetrastichinae) a été découverte pour la première fois en 2000 en Israël (MENDEL *et al.* 2004).

Depuis, l'espèce s'est rapidement propagée dans l'ensemble des pays du Bassin méditerranéen : Grèce, France, Espagne, Portugal, Maroc, Algérie (EPPO 2006). Mais depuis les années 2000, les invasions de nouveaux ravageurs des eucalyptus se succèdent, en particulier celles d'insectes qui endommagent surtout le feuillage des jeunes plantations.

De 2000 à 2007, il y a eu beaucoup de périodes de sécheresse et donc de dégâts en forêt. Depuis 2007, les conditions climatiques sont favorables. Parmi les dommages forestiers, on peut citer ceux du psylle de l'eucalyptus, apparu en 2009, en provenance d'Amérique latine après passage, dans les années 2000 en Californie, et en 2007 en Espagne.

### Déplacement altitudinal des ravageurs

La processionnaire défoliatrice du cèdre (*Thaumetopea bonjeani*) a été observée pour la première fois au Maroc en 1940 sur des cédraies de basses altitudes (AGENJO 1941). En 2006, on la rencontre dans des peuplements d'altitude, situés à 2100 m, plus exactement à Jbel Lakraâ au Rif (LIEUTIER et GHAIOLU, 2005). L'augmentation des températures en haute altitude semble être à l'origine du déplacement de ce ravageur. Les défoliations de *T. bonjeani* sont beaucoup plus importantes que celles de *T. pityocampa* (Processionnaire du pin et du cèdre), la hausse des températures en haute altitude menace fortement les peuplements locaux de cèdre.

### Évolution du statut agressif des ravageurs

Le Bupreste *Phaenops marmottani*, Coléoptère xylophage du cèdre, est classé comme étant un ravageur rare du deuxième et troisième rang, s'attaquant à des arbres affaiblis déjà colonisés par d'autres ravageurs primaires. Cependant, au début des années 2000, *P. marmottani* devient le principal ravageur au niveau des cédraies du moyen Atlas. En effet, l'espèce est observée en plein développement chez tous les arbres en voie de déprérissement, mais aussi sur un grand nombre d'arbres ne présentant aucun symptôme de dysfonctionnement. L'évolution

du statut de ce ravageur est liée à la disponibilité de la nourriture (arbres affaiblis) qui elle-même est liée au stress hydrique. La durée du cycle biologique de l'espèce est de 12 à 14 mois, l'augmentation des températures pourrait contribuer à un raccourcissement de ce cycle et, par conséquent, à l'augmentation des effectifs du ravageur et à l'élargissement du potentiel d'arbres hôtes (MOUNA 2009).

### Hausse du voltinisme des ravageurs autochtones

Le ravageur Scolytide (*Orthotomicus erosus*) est un insecte xyloophage sous-cortical présent dans différentes pinèdes du pays. En plaine, le nombre de générations annuelles de cette espèce est passé de trois générations par an au milieu du XX<sup>e</sup> siècle (CHARARAS 1962) à cinq générations par an actuellement (LIEUTIER et GHAIOLU, 2005).

Cette même évolution est observée en montagne où le nombre de générations est passé de un à deux par an au cours des années 1990 (GHAIOULE 1994) à trois par an en 2007 (LIEUTIER *et al.* 2005). Cette hausse du voltinisme chez *O. erosus*, ainsi que chez d'autres Scolytides, est expliquée par l'importance de la température biologique de l'espèce (15°C) sur une grande période de l'année, lui permettant de se reproduire d'une façon continue. L'augmentation du nombre de générations par an favorise la pullulation du ravageur, par conséquent, la résistance des arbres à des fréquences d'attaques de plus en plus importantes pourra être rapidement vaincue.

### Feux de forêts

Les incendies de forêts sont la conséquence la plus directe et immédiate du changement climatique sur les forêts marocaines. En 2007, une étude dans le Rif a montré que le taux d'inflammabilité des écosystèmes forestiers (Cf. Photo 2) est d'autant plus important lorsqu'il y a une diminution des quantités de pluies, une augmentation des températures, une réduction de l'humidité de l'air et une disponibilité en biomasse de faible dimension (< à 25 mm) (RAPPORT NATIONAL DU MAROC 2011). Une classification de l'inflammabilité des espèces forestières a été proposée dans le cadre du projet FIREPARADOX financé par la commission euro-



**Photo 2 :**  
Lutte contre les incendies de forêt (région du moyen Atlas, Maroc).

péenne (HACHMI *et al.* 2011). Afin d'optimiser le système de prévention contre les incendies de forêts et d'anticiper le déploiement des moyens de lutte au niveau des massifs forestiers les plus sensibles, trois régions pilotes (Rif, Nord-Est et Nord-Ouest) ont servi pour une modélisation du risque d'incendies, aussi bien statique que dynamique. Ceci a permis de :

- élaborer des cartes de risques statiques et dynamiques du Rif, du Nord-Est et du Nord-Ouest ;
- mettre en ligne une application web pour produire tous les jours et pendant quatre mois (juin à septembre), les cartes de risque dynamiques pour les trois zones pilotes ;
- éditer un Bulletin de risque d'incendies de forêts (BRIF) qui accompagnera les cartes de danger de feux de forêts et qui proposera la conduite à tenir par les gestionnaires locaux ;
- améliorer la procédure opérationnelle d'intervention contre les feux de forêts.

## Accentuation de la désertification et de l'ensablement

### Désertification

Au Maroc, près de 93 % du territoire est situé dans des bioclimats arides et semi-arides, il est de ce fait prédisposé plus qu'ailleurs au phénomène de désertification. La superficie des terres cultivables qui disparaît

sous le sable est estimée à plus de 22 000 ha/an (GHANAM 2003).

Les facteurs qui déclenchent et aggravent le problème de la désertification sont liés à une pauvreté et à une fragilité des sols dues à la faible teneur en matière organique et à des utilisations incompatibles avec le principe de la conservation ; à une dégradation continue du couvert végétal pour la satisfaction des besoins de la population en terrains de culture, en bois de feu et en ressources fourragères et à l'érosion hydrique et éolienne de plus en plus active (ILMEN 2012). La répartition de la désertification dans les régions du Maroc est présentée dans la carte de la figure 5.

L'arganier se trouve également confronté dans son habitat à l'effet du réchauffement climatique. En effet, bien que cette espèce se contente d'une tranche pluviométrique qui peut descendre jusqu'à 120 mm/an, et supporte des températures élevées pouvant atteindre 50°C, elle pourrait subir de graves perturbations, au-delà d'un seuil d'accroissement de l'aridité et d'élévation de température, se traduisant par la réduction de l'aire naturelle de cette espèce providence qui constitue, par ailleurs, le dernier rempart contre la désertification.

La dégradation de l'arganeraie, se manifeste particulièrement dans la plaine du Souss par :

- un déficit de plus en plus croissant en eau, estimé à 250 millions de m<sup>3</sup>/an ;
- un rabattement de la nappe phréatique de l'ordre de 3 à 5 m/an ;
- une intensification de l'érosion hydrique et éolienne (la dégradation spécifique dans la région est de l'ordre de 500 tonnes/km<sup>2</sup>/an).

### Ensablement

Les dérives climatiques mises en évidence par BARBERO et QUÉZEL, 1995 témoignent d'un phénomène régional de dégradation du couvert végétal ou bien des premiers signes du changement climatique global. En effet, l'importance croissante du phénomène d'ensablement, autre forme de la manifestation de l'évolution du climat, est aujourd'hui confirmée. Il cause d'importants dommages aux infrastructures d'irrigation, surtout dans le Sud. Ainsi, les zones d'ensablement se situent principalement au sud de l'axe reliant les villes de Guelmim, Tata, Ouarzazate, Errachidia et Figuig, et par endroits le long de la frange côtière Casablanca-Agadir (Cf. Photo 3). La vallée

de la Drâa, suivie par la région de Tata et le Tafilalt (vallée du Ziz), semblent parmi les zones les plus touchées par les problèmes d'ensablement dus à l'érosion éolienne. Cette érosion y est favorisée par une instabilité géomorphologique liée à des substrats peu cohérents et des sols peu évolués, d'une part, et à des fluctuations climatiques combinées à une action anthropique, d'autre part.

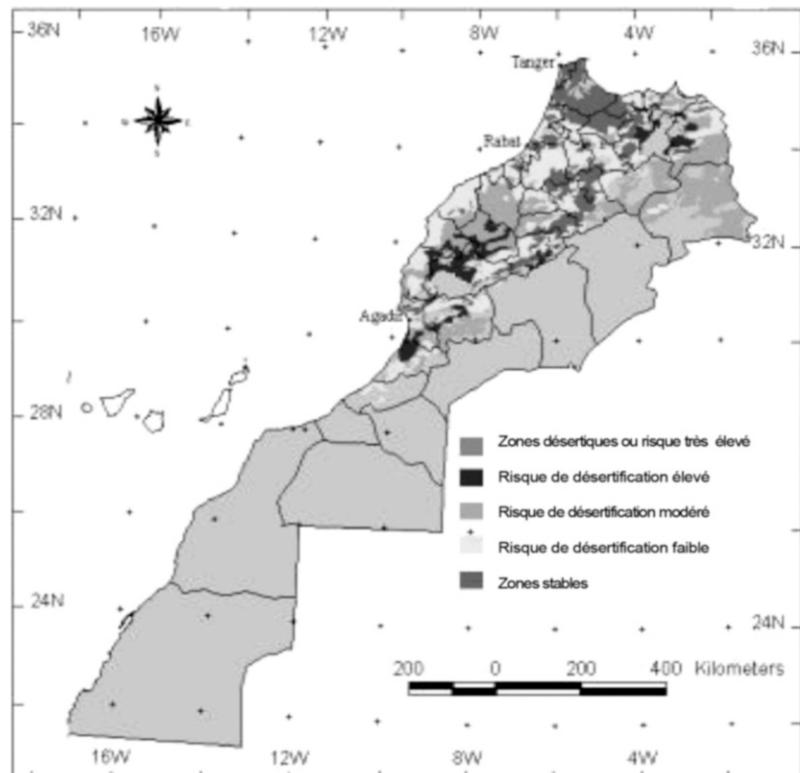
Des études réalisées dans la région du Sud montrent que l'érosion spécifique est supérieure à 6 m<sup>3</sup>/ha/an dans la vallée du Ziz et qu'elle avoisine 5,8 m<sup>3</sup>/ha/an dans la vallée moyenne de la Drâa, ce qui se traduit par une avancée des sables dunaires dans les oasis de Ziz et Tafilalt, dont 60 % de la superficie est exposée à ce phénomène (BEN MOHAMMADI *et al.* 2000). Ainsi, l'ensablement touche 30 000 ha dans les provinces d'Ouarzazate et de Zagora et 250 000 ha dans la province d'Errachidia (MADREF 2001). Les dépôts de sable y constituent des dunes de 4 m de hauteur, et des cordons dunaires qui passent à l'intérieur des palmeraies sous forme de pellicules de quelques centimètres. Ils correspondent aux principales directions des vents : l'une venant du sud-ouest, l'autre du nord-est. La progression moyenne des dunes est de 10 à 15 m/an.

Selon BOUBEKRAOUI (1990), 50 000 à 70 000 tonnes de sables se déposent chaque année dans l'espace cultivé du Tafilalt. Ce phénomène s'étend sur des superficies de plus en plus importantes ces dernières décennies, suite à la réduction des précipitations et à l'augmentation de l'évapotranspiration.

## Conclusion

Le Maroc doit adopter une stratégie d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses conséquences, présentée selon le triptyque du développement du Savoir-Réagir-Prévenir avec comme objectif la mise en place d'une vigilance climatique réduisant la vulnérabilité, renforçant la résilience, réussissant une adaptation aussi bien réactive que planifiée et souscrivant à tout effort d'atténuation. Cette stratégie est articulée autour de six axes :

1.- Développer une expertise nationale dans les domaines du changement climatique. Il est impératif de promouvoir les capacités du pays dans le domaine du savoir météorologique, de la vigilance climatique, de l'analyse du fonctionnement des écosys-



tèmes et de la prévention des risques. Outre la mise en place d'observatoires régionaux de suivi de la vulnérabilité des systèmes naturels et humains, l'université et les écoles d'ingénieurs devraient contribuer à la formation de climatologues et de spécialistes des techniques d'adaptation au changement climatique et d'atténuation des risques encourus.

2.- Accélérer le rythme de développement humain durable en l'adaptant au changement climatique. Ce développement peut en effet répondre efficacement aux variations

**Fig. 5 :**  
Carte synthétique des risques de désertification (1987-1996).

**Photo 3 :**  
Envahissement des palmiers par les sables sahariens.



## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le rédacteur en chef de la revue *Forêt Méditerranéenne* et les lecteurs de cet article

pour leurs utiles remarques et commentaires.

du climat, grâce à l'éducation et à la sensibilisation des citoyens au concept de durabilité, à la mise à niveau de l'infrastructure de santé publique et d'un dispositif de veille sanitaire performant, au renforcement de la sécurité alimentaire, à l'utilisation prépondérante de sources d'énergie renouvelables et au développement d'une économie « verte ».

3.- Tenir compte de l'impact du changement climatique dans la mise en œuvre des stratégies sectorielles de développement. Ces stratégies doivent être revues en fonction des prévisions climatiques. Il est aussi indispensable de veiller à la cohérence d'ensemble de ces stratégies (eau, agriculture, santé, énergie, tourisme), en plaçant la question de l'eau au cœur des politiques publiques. Le développement du littoral nécessite une approche multisectorielle et intégrée (habitat, aménagement, tourisme, pêche, agriculture).

4.- Incrire le développement du Maroc dans le concept de l'économie « verte », bien qu'il soit un pays à faible émission de gaz à effet de serre (GES), le Maroc gagnerait à développer l'économie verte, pour tirer profit des opportunités en termes de croissance et d'emplois qui y sont associés, préserver la durabilité de son modèle de développement et se préparer dès à présent aux nouveaux impératifs de la compétitivité « verte ».

5.- Améliorer la gouvernance de l'adaptation au changement climatique. Un plan national d'adaptation, avec des objectifs précis, des financements appropriés, et ancré dans les régions, devrait être élaboré. Pour faciliter sa mise en œuvre, il serait utile de créer un mécanisme national de concertation pour coordonner les positions des secteurs socio-économiques du pays. Dans la charte nationale de l'environnement, il serait souhaitable de prévoir un code de bonne conduite en matière de réduction des GES, de la qualité de l'air ainsi qu'une « police anti-pollution » dotée de moyens d'intervention.

6.- Saisir les opportunités de financement et de coopération internationale et renforcer la visibilité du Royaume sur la scène internationale. Le Maroc doit bénéficier des mécanismes de coopération internationale, du transfert de technologies et des possibilités de financement offertes dans le cadre de l'adaptation au changement climatique et de la réduction de ses risques.

## Références bibliographiques

- Aafi A., 2007. Etude de la diversité floristique de l'écosystème du chêne-liège de la forêt de Maamora. Thèse de doctorat. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat-Maroc. 190 p.
- Agenjo R., 1941. Monografia de la familia Thaumetopoeidae (Lep.). Revue *Espanae Entomologia* 17: 69-130.
- Aulagnier S., Thévenot M., 1986. Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. Travaux. Institut. Scientifique, Rabat, section. Zoologie 41, 163 p.
- Balachowsky A., 1949. Coleoptera, Scolytidae. Faune de France 50. P. Lechevalier, Paris, France.
- Banque Mondiale 2008. World Development Report 2008. CEE-NU/Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. Guidance on Water and Adaptation to Climate Change. Geneva, UN.
- Barbero M., Quezel P., 1995. Desertification, desertisation, aridification in the Mediterranean region and "global changes". Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems-Bellan D., Bonin G., Emig C., eds Lavoisier, 549-569.
- Ben Mohammadi A., Ben Mohammadi L., Ballais J.L., Riser J., 2000 ; Analyse des inter-relations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification du sud-est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de Ziz). *Sécheresse* 11 : 297-308.
- Benhalima S., Sauvard D., Villemant C., Mouna M. & Lieutier F., 2005. Life cycle of three xylophagous species (Coleoptera: Scolytidae) that cause damage to Atlas cedar (*Cedrus libani atlantica*) in the Middle Atlas (Morocco). In: Lieutier F., Ghaioule D. (eds) *Entomological research in Mediterranean forest ecosystems*. INRA Editions : 169-175.
- Benjelloun H., Zine El Abidine A., Laghlam A., 1997. Impact des différentes espèces de reboisement du chêne-liège et de l'absence du couvert végétal sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la Maamora occidentale. *Annales de la Recherche Forestière du Maroc* 30 : 17-31.
- Benziane M., Ilmen R., 2010. Impact of Climate Changes on Mediterranean Forest Ecosystems. IUFRO Joint International Meeting : Global change and Mediterranean pines : Alternatives for management, University of Valladolid at Palencia, Spain, 10-12 Février 2010.
- Boubekraoui H., 1990. L'écosystème filalien, une région en dégradation. *Revue de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Fès* 6 : 93-103.
- Chararas C., 1962. Etude biologique des Scolytides des Conifères. *Encyclopédie Entomologique* 38. P. Lechevalier, Paris, France.
- Cheddadi R., Guiot J. & Jolly D., 2001. The Mediterranean vegetation: what if the atmospheric CO<sub>2</sub> increased? *Landscape ecology* 16: 667-675.
- DEFCS (1990). Rapport d'activité forestière. Dixième Congrès forestier mondial, Paris, France, 17-26 septembre 1991.

Rachid ILMEN  
Centre de recherche  
forestière  
Haut Commissariat  
aux Eaux et Forêts et  
à la Lutte contre la  
Désertification  
Avenue Omar Ibn El  
Khattab, BP 763,  
Rabat-Agdal 10050  
MAROC

Hassan BENJELLOUN  
Ecole nationale  
forestière  
d'ingénieurs (ENFI)  
BP 511 11 000  
Tabriquet-Salé  
MAROC

Auteur pour  
la correspondance  
Mél :  
ilmenrachid@gmail.com

R.O., H.B.

- DEFCS 1973. Procès verbal d'aménagement de la forêt de la Maamora (1973-1992). Rapport Mission Danoise. Rabat. Maroc. 212 pp.
- DEFCS 1994. La désertification au Maroc : causes, ampleur et réalisations, 11 pp.
- Driouch F., Deque M., Mokssit A., 2009. Numerical simulation of the probability distribution function of precipitation over Morocco, Climate. *Dynamics* 32 : 1055-1063.
- El Yousfi M., 1989. Les bases de la lucha servicola contra *Phoracantha semipunctata* Fabr. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 15: 129-137.
- Emberger L., 1939. Aperçu sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc (au 1/1.500.000). Institut Scientifique. Chérifien. Rabat. Maroc. 157 pp.
- EPPO 2006. First records of *Ophelimus eucaelypti* on eucalyptus in Italy, Greece and Spain. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Reporting Service.
- Et-tobi M., 2008. Inventaire dendrométrique et phytosanitaire des cédraies d'Azrou et Ait Youssi Lamekla. Etude des causes du déprérissement de la cédraie du moyen Atlas (Ifrane). Convention FAO/UTF/MOR/028 - HCEFLCD, Maroc, 77 p.
- FAO 2013. *Etat des forêts méditerranéennes* 2013. 205 pp.
- Ghaioule D., 1994. Étude biologique et écologique des insectes scolytidae (Coleoptera) ravageurs des principales essences des reboisements résineux au Maroc. Thèse de Doctorat. Université Mohamed V, Rabat, Maroc.
- Ghanam M., 2003. La désertification au Maroc – Quelle stratégie de lutte? 2<sup>nd</sup> FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, 2-5 December, 2003.
- Hachmi M., Sesbou A., Benjelloun H., El Handouz N., Bouanane F., 2011. A simple technique to estimate the flammability index of Moroccan forest fuels. *Journal of Combustion*, 11 p.
- HCEFLCD 2010. Guide des forêts urbaines et périurbaines, Maroc. 84 p.
- IFN 1994. Inventaire forestier national. Rapport de synthèse. Ministère chargé des Eaux et Forêts. Rabat. Maroc. 37 pp.
- Ilmen R., Sabir A., Marah H., Hachmi M., 2012. Dendrochronologie du Cèdre et reconstitution du climat au Maroc, 7<sup>e</sup> Rencontre nationale des jeunes chercheurs en physique, Faculté des Sciences Ben M'sik, Casablanca, Maroc, 20-21 Décembre 2012.
- Ilmen. R. 2012. Desertification vulnerability in Morocco, Proceedings of the 4th Conference on Drylands, Deserts & Desertification. The Ben-Gurion University of the Negev, Israel, 12-15 November, 2012.
- Knidiri M., Tanouti B., 1998. Développement durable dans les pays du sud méditerranéen : enjeux et obstacles. Colloques interculturels méditerranéens. Palerme, COMEN, 5 p.
- Lieutier F., Ghaioule D., Yart A., 2005. *Virulence and possible role of fungi associated with the bark beetles Tomicus piniperda L. and Orthotomicus erosus Woll.* INRA Editions. Science Update 23 : 195-208.
- Lieutier F., Ghaioule D., 2005. *Entomological research in Mediterranean forest ecosystems*, INRA France, 276 pp.
- M'Hirit O., Benziane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M., Bendaanoun M., 1998. *L'arganier : une espèce fruitière-forestière à usages multiples.* Sprimont, Belgique, Éditions Mardaga, 151 p.
- Maatouf N., Haddan M., Atay Kadiri Z., 2001. Etude des potentialités reproductives de *Platystasius transversus* Th. (Hym.: Platygasteridae), parasite oophage de *Phoracantha* spp. (Col.: Cerambycidae). *Annales de la Recherche Forestière du Maroc* 34: 128-136.
- MADREF 2001. Programme d'action national de lutte contre la désertification. Document principal. Rabat, Maroc, 134 pp.
- MATEE 2001. Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc, Département de l'Environnement, Observatoire national de l'Environnement du Maroc, 296 pp.
- MATEE 2007. Rapport de célébration de la journée internationale sur la diversité biologique : La diversité biologique et les changements climatiques, Rabat, Maroc, 25 mai 2007.
- MATEE 2009. Quatrième Rapport National sur la Biodiversité, Département de l'Environnement, 112 p.
- Ménard N., Qarro M., 1999. Bark stripping and water availability: a comparative study between Moroccan and Algerian Barbary macaques. *Revue Ecologie (Terre Vie)* 54 : 123-132.
- Mendel Z., Protasov A., Fisher N., La Salle J., 2004. Taxonomy and biology of *Leptocybe invasa* gen. & sp. n. (Hymenoptera: Eulophidae), and invasive gall inducer on Eucalyptus. *Australian Journal of Entomology* 43: 51-63.
- Mokrim A., 2009. Déprérissement du cèdre de l'Atlas: ambiance climatique et bilan de la croissance radiale. *Annales de la Recherche Forestière*, Maroc 41 : 48-68.
- Mouna M., 2009. *Phaenops marmottani* Fairmaire (Coleoptera Buprestidae), xyloophage primaire pour le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Man.), *Bulletin de l'Institut Scientifique* 31 (2) : 85-90.
- Myers N., Mittermeir R.A., Mittermeir C.G., Da Fonseca G., Kent J., 2000. Biodiversity hot spots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Nadifi K., Wahabi R., 1993. Water resources in Morocco: the state of art and the future prospects. Symposium régional sur l'utilisation et la conservation des ressources en eau.
- Quezel P., Barbero M., Benabid A., Rivas-Martinez S., 1994. Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du haut Atlas oriental (Maroc). *Phytocoenologia* 22 (4) : 537-582.
- Quézel P., Médail F., 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Ed Elsevier, 571 pp.
- Rapport National du Maroc 2011. Forêts, parcours et changement climatique dans la région du proche orient. Atelier régional, le Caire, Egypt, 20-22 septembre 2011.
- Riziki C., 2009. Rapport des activités réalisées dans le cadre du programme « African Climate Change Fellowship Program » (ACCFP). Kabwe Climate Change Policy Fellow, 15 avril-15 octobre 2009.
- SEEE 2010. Seconde communication nationale du Maroc à la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques.
- Zeino-Mahmalat E., Bennis A., 2012. Environnement et changement climatique au Maroc. Diagnostic et perspectives. Konrad-Adenauer-Stiftung e.V, 88p.

## **Résumé**

---

La météorologie est d'une importance majeure pour la dynamique des écosystèmes forestiers, mais les questions liées au changement climatique n'ont que récemment commencé à être abordées et nécessitent des recherches approfondies. Quelle sera l'évolution de la forêt sous l'influence du changement climatique au cours du XXI<sup>e</sup> siècle ? Dans cet article, nous considérons en premier lieu la réponse de la biodiversité (flore et faune) aux variations du climat. Puis nous abordons l'effet du changement climatique sur la migration des espèces végétales et animales et le déséquilibre qui en résulte, tout en mettant l'accent sur le phénomène de déclin de certaines espèces forestières nobles au Maroc. Nous évoquons aussi les impacts d'événements extrêmes tels que les gels d'hiver et de printemps, les sécheresses, les pluies intenses et inondations sur les ressources hydriques et le comportement des insectes ravageurs. Ensuite, nous analysons la contribution des changements du climat à la propagation des incendies de forêts dans les montagnes du moyen Atlas et du Rif au Maroc et l'accentuation des phénomènes de désertification et d'ensablement dans les zones arides. En conclusion, nous soulignons les stratégies possibles d'adaptation au niveau national tout en considérant les déplacements géographiques latitudinales et altitudinales des espèces forestières naturelles.

Mots clés : Biodiversité, déclin, ressources hydriques, insectes ravageurs, incendies de forêts, désertification, adaptation.

## **Summary**

---

### **Moroccan forest ecosystems in the face of climate change**

Meteorology is of major importance for the dynamics of forest ecosystems but the implications of climate change, which have only recently begun to be considered, require much further research. What will be the evolution of the forest during the 21<sup>st</sup> century under the influence of climate change? In this article, we consider first of all the response of biodiversity (flora and fauna) to the variations in climate. Continuing, we discuss the effect of climate change on the migration of plant and animal species and the resulting imbalance while emphasizing the phenomenon of decline of certain noble forest species in Morocco. Then we go on to consider the impact of extreme events such as spring and winter frost, drought, the impact of torrential rains and floods on the water resource and the behavior of devastating insects. Afterwards, we analyse the contribution of climate change to the distribution of forest fires in the Middle Atlas and the Rif Mountains in Morocco and the spread of desertification and silting in the dry zones. In conclusion, we underline the possible strategies at the national level for adaptation, while considering the geographical migration of natural forest species in both latitude and altitude.

Keywords: biodiversity, vegetation decline, water resources, devastating insects, forest fires, desertification, adaptation.

## **Resumen**

---

### **Los ecosistemas forestales marroquíes a prueba del cambio climático.**

La meteorología es de gran importancia para la dinámica de los ecosistemas forestales, pero los problemas relacionados con el cambio climático han comenzado recientemente a ser abordados y requieren más investigación. ¿Cuál será la evolución del bosque bajo la influencia del cambio climático en el siglo XXI? En este artículo, consideramos en primer lugar la respuesta de la biodiversidad (flora y fauna) al cambio climático. A continuación abordamos el efecto del cambio climático sobre la migración de las especies de plantas y animales y el desequilibrio resultante, haciendo hincapié en el fenómeno de la decadencia de algunas especies de árboles nobles en Marruecos. También se discuten los impactos de los fenómenos extremos como las heladas de invierno y de primavera, la sequía, las fuertes precipitaciones e inundaciones sobre los recursos hídricos y el comportamiento de las plagas de insectos. A continuación se analiza la contribución del cambio climático a la propagación de los incendios forestales en las montañas del Atlas Medio y el Rif en Marruecos y la acentuación de la desertificación y la sedimentación en las zonas áridas. En conclusión, podemos destacar las posibles estrategias de adaptación a nivel nacional teniendo en cuenta los cambios geográficos latitudinales y altitudinales de las especies forestales naturales.

Palabras clave: Biodiversidad, decadencia, recursos hídricos, plagas, incendios forestales, la desertificación y adaptación.