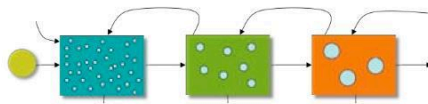


« **Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et
des écosystèmes aux changements climatiques** »



CAHIER 7

RAPPORTS DES GROUPES D'EXPERTS

Tiré-à-part de la section « Ecosystèmes »

- 1 | Introduction
- 2 | Synthèse
- 3 | Projections sectorielles
- 4 | Stratégie nationale intégrée
- 5 | Stratégies d'adaptation thématiques
- 6 | Mise en œuvre et suivi
- 7 | Rapports des groupes d'experts**

Cahier 7

Janvier 2007

7.4 Ecosystèmes

Christophe NEFF^{*}, Ali ALOUI[°], Abdelmajid EL HAMROUNI[°], Ahmed SOUISSI[°], Anne GROBMANN^{°°}

Résumé. Cet article présente une étude des écosystèmes tunisiens en 2030 avec et sans forçage climatique. Avec l'ouverture de l'agriculture tunisienne, hors forçage climatique, les écosystèmes tunisiens seront confrontés aux phénomènes suivants : les terres marginales non ou peu exploitées pourraient augmenter le potentiel écologique du pays ; l'augmentation de la surface boisée et l'embroussaillage des terrains marginaux libérés par l'agriculture augmenteront le stock combustible et les risques d'incendies. Sous forçage climatique, l'augmentation des températures augmentera l'inflammabilité des combustibles et par conséquent les risques d'incendies des forêts. Dans le Nord du Pays, secteur déjà fortement boisé, une augmentation des incendies pourrait avoir des conséquences dramatiques sur les systèmes des barrages (érosion, glissement de terrains, envasement) ; les changements climatiques pourraient accélérer le processus d'extension des invasions biologiques ; les écosystèmes naturels actuellement perturbés et fragilisés auraient besoin d'être revalorisés pour pouvoir produire les services environnementaux nécessaires à la société tunisienne.

7.4.1 Introduction

Les changements climatiques (ci-après CC) sont un phénomène global qui touche toute la planète. Ce phénomène climatique aura des conséquences au niveau mondial, il touchera notamment les écosystèmes et l'économie d'une façon générale. Il est certain que la Tunisie sera d'une manière ou d'une autre concernée par les conséquences de ces changements. Nous essayons ici de dessiner le devenir des écosystèmes et des ressources naturelles tunisiennes vers 2030 sous forçage climatique. Nous nous sommes inspirés de l'Analyse de Schröter, Cramer et al. (2005) sur les conséquences écologiques des CC sur l'Europe.

Les résultats présentés mettent en évidence les lignes majeures des conséquences des CC sur les écosystèmes naturels tunisiens.

7.4.2 Diagnostic

Les écosystèmes tunisiens, comme la grande majorité des écosystèmes méditerranéens, sont particulièrement bien adaptés aux changements climatiques (Neff 2005, 2006a). Le facteur clef de l'évolution future des écosystèmes tunisiens est la pression humaine. Une vision rétrospective de l'histoire holocène des écosystèmes tunisiens montre très bien le rôle déterminant de l'homme et de la pression humaine sur l'évolution historique des écosystèmes méditerranéens et bien sûr des paysages tunisiens. Le climat intervient seulement comme facteur secondaire. Pour tous les scénarios de projection des écosystèmes, il est donc primordial de connaître la qualité et la quantité futures des pressions humaines, ce qui constitue un défi. Dans ce contexte, il est primordial de retenir que les écosystèmes bordant le pourtour méditerranéen ont été déjà définis par Myers et al. (2000) comme des écosystèmes clefs pour la conservation de la biodiversité mondiale. Cette importance des écosystèmes méditerranéens pour la biodiversité globale fut récemment soulignée par l'analyse de Brooks et al. (2006) qui ont particulièrement mis l'accent sur la vulnérabilité de la biodiversité des écosystèmes méditerranéens dans le contexte global. Même si l'actuelle Tunisie, en la comparant au Maroc ou à l'Algérie voisine, héberge des écosystèmes plus dégradés et moins riches en « biodiversité », il est important de noter que ces écosystèmes rendent d'importants services et apportent des ressources à la société tunisienne ; aussi est-il important de les maintenir et de les stabiliser et, pourquoi pas, si possible, d'augmenter leur valeur pour le futur. Pour déterminer un scénario plausible pour les écosystèmes en 2030, il est donc primordial d'avoir des données fiables sur l'environnement socio-économique en 2030 et les pressions humaines qui en résulteraient. En ce qui concerne le climat comme facteur de pression, nous retenons que son rôle est assez limité, l'histoire écologique de l'Afrique du Nord le montrant bien.

* Université de Karlsruhe (Allemagne)

° Consultant ExaConsult Tunisie

°° Consultante GOPA

En résumé, les écosystèmes de l'Arc méditerranéen sud, marqués par l'aridité, possèdent la capacité de résilience propre à leur condition biogéographique quoique sur une échelle de temps qui dépasse souvent l'horizon économique usuel. Ainsi, les écosystèmes tunisiens se trouvent modelés par la pression des activités humaines. Leurs états actuels, les services qu'ils procurent, les fonctions qu'ils offrent, sont affectés par différentes formes de dégradation.

7.4.3 Projections sans changements climatiques

Pour construire un scénario solide sur la qualité des écosystèmes et ressources naturelles tunisiens il est nécessaire d'avoir une idée précise de l'évolution de la pression humaine en Tunisie. Le plus grand problème est que nous manquons totalement de données et de scénarios fiables sur l'évolution de la pression humaine et de ses effets sur les écosystèmes. Seule une connaissance accrue des conditions socio-économiques en 2030 et des pressions humaines qui en résulteraient pourraient soutenir la construction d'un scénario fiable sur l'état futur probable des écosystèmes tunisiens.

Nous procédons donc avec un « *schéma de business as usual* » couplé avec une ouverture du marché agricole. Cette ouverture de l'agriculture tunisienne est voulue par les décideurs politiques.

Dans ce contexte, la forêt progressera légèrement comme le planificateur le prévoit. Les terres de parcours resteront relativement stables dans un équilibre fragilisé et d'une qualité fortement dégradée. Le même constat est valable pour la qualité des sols.

Notons qu'une pression humaine accrue pourrait sensiblement augmenter le risque de forte dégradation¹ du couvert végétal et des sols et de leurs capacités hydriques.

Ouverture des marchés agricoles

Nous pensons que l'ouverture de l'agriculture, la libéralisation des marchés agricoles tunisiens et la concurrence au niveau international peuvent avoir des conséquences positives et négatives sur les écosystèmes tunisiens. La question est de préciser les impacts dominants de ces conséquences.

Une des conséquences positives d'une libéralisation des marchés agricoles serait la réduction des surfaces emblavées en céréaliculture à cause du prix non compétitif au niveau mondial, ce qui les épargnerait d'une menace par l'érosion. Ces surfaces libérées qui ne sont soumises à aucune pression renforceraient les écosystèmes.

Cette tendance entraînerait une meilleure séquestration du carbone par la végétation et surtout par le sol qui s'enrichirait en humus qui est une forme de matière organique à minéralisation très lente.

Sans incendies, les émissions de gaz carbonique et d'oxyde d'azote sont limitées, ce qui atténue le réchauffement global.

C'est l'argument standard utilisé pour soutenir une plus grande libéralisation des marchés agricoles. Néanmoins il est important de signaler que tous les scientifiques ne partagent pas cette approche, comme Mainguet (2003) qui se montre sceptique envers la globalisation et l'ouverture massive des marchés agricoles des pays secs africains.

Si l'agriculture tunisienne, avec l'ouverture des marchés agricoles, suivait *grosso modo* les traces des pays du Nord de la Méditerranée, on peut en déduire que les paysages agricoles tunisiens suivraient le même chemin que ceux de la façade nord de la Méditerranée pendant les dernières décennies, avec un abandon des terres agricoles économiquement non viables, un exode rural, une progression des garrigues et des maquis, une progression de la biomasse et des risques grandissants des feux de végétation dangereux et incontrôlables². Si l'on considère le feu comme un agent incontournable d'un écosystème méditerranéen sain et résilient, augmentant sa biodiversité globale, on pourrait néanmoins supposer que l'ouverture des marchés agricoles renforcerait le rôle de ces écosystèmes (en surface) et en qualité (biodiversité).

¹ Nous utilisons le terme « forte dégradation du milieu » car le terme « désertification » est parfois mal utilisé (Mulligan et al. 2004, Mainguet 1991).

² Références principales : Mazzoleni et al. (2005), Mulligan et al. (2004), Neff (2001).

Augmentation de la surface boisée et risques d'incendies

Indépendamment des scénarios de changements climatiques nous considérons que la Tunisie devrait faire face au risque grandissant des feux de forêts pour la simple raison de l'augmentation de la surface boisée en Tunisie (Aloui 2006³), indépendamment des conséquences d'une ouverture du marché agricole décrites plus haut. Même dans le plus pessimiste des scénarios, la surface boisée ne baisserait que légèrement, tous les autres scénarios établis par Aloui (2006) montrant une augmentation de la surface boisée et par conséquent une augmentation du stock combustible et logiquement une augmentation des risques d'incendies. Ces chiffres ne tiennent compte que des superficies du domaine forestier de l'Etat. En dehors de ce domaine forestier, il est donc primordial de savoir comment les terrains non forestiers composés de maquis, garrigues, terrains agricoles marginalisés et terrains vagues évolueraient à l'horizon 2030.

En se reposant sur l'évolution de la façade nord-méditerranéenne (Mazzoleni et al. 2005, Neff 1995, 2000, 2001b, Neff, Frankenberg 1995), évolution socio-économique qui a eu comme conséquence un abandon massif de terres agricoles et donc un embroussaillage massif du paysage avec progression du stock combustible, nous pourrions prévoir une augmentation considérable du stock combustible en dehors du domaine forestier de l'Etat. Il est clair que l'évolution du stock combustible non forestier dépend fortement des pressions humaines (surpâturage, collecte de bois de chauffage) liées à l'évolution de l'économie rurale tunisienne à l'horizon 2030. Cette évolution est difficile à prévoir. En supposant que l'économie rurale progresse et aboutisse aux conséquences connues de la façade nord-méditerranéenne avec abandon partiel des terres agricoles marginales et accroissement modéré de la biomasse et du stock combustible, les risques de feux de végétation augmenteraient sensiblement. A l'horizon de 2030, on peut donc prévoir pour l'ensemble de la Tunisie une augmentation considérable du stock combustible et donc un risque accru d'éclatements de feux de forêts.

L'augmentation des feux pourrait avoir des conséquences socio-économiques pour la société tunisienne. Il est à prévoir que les dégâts matériels (habitations, infrastructures) augmenteraient et que, à moyen terme, des risques de pertes humaines pourraient se réaliser. Ces conséquences socio-économiques négatives de risques d'incendies se verraient renforcées par la « californisation » (sensu Neff et Scheid 2005) et la « littoralisation ». Sur la frange côtière, littoralisation et californisation se superposent et les deux phénomènes sont difficilement séparables. La littoralisation est surtout due au développement du tourisme balnéaire en Tunisie⁴.

Feu, embroussaillage, californisation, littoralisation pourraient devenir de graves menaces environnementales en Tunisie, comme ils le sont déjà actuellement dans les pays de la façade nord-méditerranéenne (Portugal, Espagne, France, Italie) et même par exemple au Liban (Faour et al. 2006). Nous pensons sincèrement que cette « problématique » peut créer, au moins dans la partie Nord du pays, bien avant 2030 de graves « perturbations environnementales » et nous considérons que la Tunisie devrait se préparer à faire face à ces problèmes. Le risque de voir éclater des « grands incendies » dans les parties boisées du nord de la Tunisie est déjà actuellement une donnée.

Littoralisation

La littoralisation met surtout en péril un grand nombre de zones humides. En plus elle pourrait être, elle-même, mise en danger par l'élévation du niveau de mer en raison du réchauffement global. Pour plus de détails sur l'interconnexion de la « littoralisation » et la perte potentielle de zones humides, nous renvoyons à l'étude de Großmann (2006)⁵.

Notons que cette « littoralisation » n'est pas un phénomène restreint, limité à la Tunisie. Elle touche beaucoup de côtes de la Méditerranée et aussi d'autres côtes du monde.

³ Plus des détails sur la progression de la surface boisée dans Aloui (2006).

⁴ La californisation – l'interférence entre l'habitat urbain et zones des forêts, maquis et garrigues – n'est plus une spécificité de la côte Nord de la Méditerranée. Dans leur analyse des incendies au Liban, Faour et al. (2006) montrent à quel point feux de végétation et urbanisation au Liban sont étroitement liés.

⁵ Il y a aussi le risque que la littoralisation mette en péril les terrains agricoles et les sols les plus fertiles de la Tunisie (Souissi 2006).

Les néos et les agents biologiques invasifs

Les néophytes, les néozoes, toutes les espèces vivantes introduites avec un potentiel invasif peuvent devenir nuisibles pour un écosystème. Dans ce contexte, on parle aussi d'« agents biologiques invasifs », d'« invasions biologiques » ou de « polluants biologiques ».

Globalement, la communauté scientifique est d'avis que les risques pour les écosystèmes causés par des espèces invasives deviennent de plus en plus pesants sur l'avenir des écosystèmes naturels, des agrosystèmes, voire sur le plan de la santé publique. Au niveau scientifique international, on estime que les changements climatiques pourraient accélérer ce mouvement d'invasion même s'il y a encore beaucoup de discussions sur les liens climatiques et la dissémination des agents biologiques invasifs⁶. Il nous semble clair que la Tunisie n'échapperait pas à ce phénomène. Des études sur les risques liés aux agents biologiques invasifs en Tunisie sont encouragées.

7.4.4 Projections avec changements climatiques

Scénario de changement climatique de base

Pour notre analyse des projections avec changements climatiques, nous nous repons sur le scénario climatologique suivant : la température moyenne annuelle et saisonnière augmenterait à l'horizon 2050 de +0.4 à +1.2° C. La variabilité saisonnière du climat futur (pluviométrie à l'horizon 2050) pourrait augmenter (printemps et automne) sur la base d'une *variabilité déjà forte du climat méditerranéen* de la Tunisie. *A contrario*, la variabilité annuelle de la pluviométrie diminuerait. Les modèles climatiques donnent, avec les réserves d'usage, une tendance à l'horizon 2030 à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des *années extrêmes sèches*. Pour les *années humides*, le Nord-Ouest bénéficierait d'une légère augmentation des précipitations.

Les principaux risques environnementaux auxquels la Tunisie devrait faire face en 2030 seraient la progression des incendies et la menace des espèces *néos*.

Notons bien que ces risques environnementaux auxquels la Tunisie devrait faire face en 2030 s'exerceraient sur fond d'écosystèmes déjà fortement perturbés et dégradés par une pression humaine séculaire et même parfois millénaire. Il est donc fortement à craindre que ces écosystèmes déjà « fortement déstabilisés » par la pression humaine historique, pourraient dans certains cas régionaux et locaux et dans des situations environnementales spécifiques, sous le forçage climatique, subir des dégradations encore plus fortes qu'actuellement et perdre leurs fonctions et services environnementaux et socio-économiques. Nous ne pensons toutefois pas que les changements climatiques, tels qu'ils sont définis dans le scénario de base, pourraient faire surgir des risques de « désertification climatique »⁷.

En résumé, les risques majeurs environnementaux qui pourraient être directement liés aux CC sont la progression des feux de végétation⁸ et, d'une manière plus indirecte, les risques liés à la progression des agents biologiques invasifs.

Agents biologiques invasifs et changements climatiques

Sur le plan international, l'opinion scientifique considère que les changements climatiques pourraient être un des facteurs accélérant les invasions biologiques⁹. En Suisse, par exemple, il est question de *laurophyllisation*¹⁰ du couvert végétal suite aux changements climatiques (Walther 2000). La Tunisie sera concernée par des invasions biologiques principalement accélérées et forcées par les CC. Il est difficile de les prédire, mais il semble que la Tunisie ne soit pas à l'abri des ces phénomènes

⁶ Plus de détails dans Morin (2006), Neff (2006a) et Mekki (2006).

⁷ Pour plus d'informations sur les définitions de la désertification, voir Neff (2006).

⁸ Feux de végétation = feux de forêts, feux de garrigues et maquis, feux de brousse, feux de terrains vagues et marginalisés, feux des steppes, etc.

⁹ Une discussion approfondie se trouve dans Morin (2006).

¹⁰ La laurophyllisation analysée et décrite par Walther (2000) est un bon exemple de ce phénomène – même si nous ne pouvons pas suivre Walter dans tous ses résultats, surtout en ce qui concerne son explication monocausale de la naturalisation de certaines espèces laurophyllées à exemple du palmier *Trachycarpus fortunei* (Palmier de Chine) au Tessin, en Suisse, en conséquence du réchauffement climatique.

globaux. Ces derniers augmentent aussi considérablement le risque de voir émerger des « agents biologiques » nuisibles à l'agriculture, à l'élevage, voire, dans certains cas, à la santé humaine. Citons encore le cas de l'Ambrosie à feuille d'armoise (*Ambrosia artemisiifolia*), une plante de l'Amérique du Nord produisant un pollen hautement allergène qui peut dans certains cas créer des crises d'asthme mortelles¹¹. Cette plante est en train d'étendre son aire de répartition. Actuellement, elle progresse en Rhône-Alpes¹², dans la région de Genève et dans le Tessin. On pense qu'une grande partie de cette progression peut être expliquée par l'augmentation de la température estivale. Même s'il est extrêmement compliqué de faire une prévision sur la force nuisible d'une espèce exotique¹³, il nous semble important de focaliser la recherche agricole tunisienne sur ce point. Nous risquons en Tunisie, comme en Europe, d'être confrontés dans un avenir proche au «développement d'une biodiversité hostile» (Morin 2006).

Changement climatique et progression des feux en Tunisie

Augmentation des températures et inflammabilité

Le seul risque environnemental directement lié aux changements climatiques est la progression des feux de végétation en Tunisie. Une augmentation de la température d'un stock de combustible augmente son inflammabilité. C'est une loi physique. L'augmentation de la température de +0.6 à +1.2° C en Tunisie, retenue comme scénario de base, augmenterait donc sensiblement l'inflammabilité de tout couvert végétal en Tunisie¹⁴.

Evolution du stock combustible

L'inflammabilité définit le risque d'éclosion d'un feu dans un environnement défini. Le stock combustible définit l'intensité d'un feu ainsi que sa surface. Sans stock combustible suffisant, il n'y a pas de feu. L'évolution d'un stock combustible végétal dépend de la productivité biologique spécifique d'un écosystème, des précipitations, de la température et des pressions humaines.

Les données du modèle de base des changements climatiques en Tunisie n'ont, en ce qui concerne les précipitations, pas de valeur prédictive statistiquement fondée. Néanmoins, nous pouvons en déduire un léger abaissement des précipitations au Sud et une sensible hausse des précipitations au Nord-Ouest. Une sensible augmentation des précipitations au Nord-Ouest, région déjà fortement boisée, pourrait donc augmenter le stock combustible et, par conséquent, les risques d'incendies. Le second facteur déterminant de la quantité d'un stock combustible est la pression humaine. Si, *a priori*, comme il a été défini dans les scénarios « agrosystèmes », de plus en plus de terres marginales ne seraient plus utilisées pour la production comme conséquence de l'ouverture des marchés agricoles, ces dernières pourraient contribuer à l'augmentation du stock combustible.

L'augmentation des feux de végétation n'est pas, d'un point de vue strictement scientifique et écologique, un problème, car le feu est un des facteurs dynamiques clefs des écosystèmes méditerranéens (Neff 2001, Trabaud 2004). Les conséquences environnementales et surtout socio-économiques peuvent néanmoins être importantes : perte de capital productif (d'un point de vue sylvicole), infrastructures et habitations endommagées, voire, dans certains cas, perte de vies humaines. En plus et indirectement, la valeur et les services que les écosystèmes procurent à la société seraient affectés pour une longue période.

Conséquences environnementales et socio-économiques de la progression des incendies dans la partie Nord de la Tunisie

Nous pensons que les changements climatiques vont accroître considérablement les risques de feux de végétation. Le Nord de la Tunisie serait particulièrement affecté par cette évolution car en plus de l'augmentation des températures le stock combustible pourrait considérablement augmenter à cause d'une augmentation des précipitations et de l'ouverture des marchés agricoles. La région, notons le,

¹¹ Plus de détails sur *Ambrosia artemisiifolia* dans Déchamp et Méon (2003) – dans cette étude, la plante est décrite comme un polluant biologique de première importance.

¹² La région Rhône-Alpes consacre un budget d'environ 500'000 euros par an pour éradiquer « *Ambrosia artemisiifolia* » pour cause de danger à la santé publique (Chauvel et al. 2006).

¹³ Ceci repose notamment sur les travaux de Landolt (2006) sur la flore exotique de Ville de Zurich.

¹⁴ D'un ordre de grandeur de 12-15%.

est déjà actuellement la plus boisée de Tunisie. La progression des incendies, surtout de grands incendies nécessitant des grands stocks de combustibles, dans le Nord tunisien, peut avoir des conséquences particulièrement négatives pour toute l'économie tunisienne car elle met en danger les systèmes des barrages et l'approvisionnement en eau d'une grande partie de la Tunisie. L'éclosion de grands feux ainsi que leur multiplication pourrait engendrer des phénomènes d'érosion et dans certains cas provoquer des glissements de terrains¹⁵ qui pourraient perturber le fonctionnement d'un ou même plusieurs barrages.

Conséquences des CC sur les écosystèmes pastoraux

Les forêts méditerranéennes d'une manière générale et tunisiennes en particulier sont grevées de droits d'usage dont le pâturage. De ce fait, elles font partie des écosystèmes pastoraux. Bien que le pacage en conjonction avec le climat, les incendies, les défrichements, le surpâturage, soit un facteur de déboisement qui se poursuit depuis des millénaires, il joue cependant, dans le cas d'une majoration climatique, un rôle important dans la protection de la forêt contre les incendies. Il réduit considérablement le stock combustible par élimination des broussailles inflammables. Ce n'est plus le feu qui pose problème pour les écosystèmes steppiques du Centre et du Sud qui, de leur côté seront fortement convoités et défrichés pour une céréaliculture épisodique et marginale les exposant par la suite aux méfaits de l'érosion. Dans le cas d'une péjoration des conditions du climat, ces écosystèmes steppiques verront leurs fonctions pastorales diminuer au Centre, voire s'annuler au Sud. Les troupeaux se rabattront sur les parcours du Nord pour alourdir davantage leur charge et augmenter ainsi le taux de surpâturage. Il est possible de remédier à ces effets négatifs par des aménagements et une gestion appropriés des parcours. Notons dans ce contexte que la déconnexion de l'activité d'élevage de son milieu naturel, même si le poids des aléas climatiques pèse toujours sur les éleveurs (Alary, Boutonnet 2006), rend l'élevage de plus en plus dépendant des facteurs méso et macro-économiques. L'ouverture de l'agriculture tunisienne peut, dans le cas de l'élevage, avoir des conséquences socio-économiques comme également sur les écosystèmes – même si, au niveau des écosystèmes, ces conséquences peuvent être limitées ou avoir un caractère positif.

Les Oasis et les changements climatiques

Le système des Oasis est considéré comme un des plus grands patrimoines naturels de la Tunisie. Malheureusement cet écosystème est déjà fortement dégradé, fragilisé par les diverses pressions qu'il subit actuellement. Dans ce contexte, Mainguet (2003) parle de la mort annoncée de l'écosystème oasisien. Cette mort annoncée n'a rien à voir avec les changements climatiques, mais est due à la surexploitation du système des Oasis pendant les vingt dernières années. Si ces pressions continuaient à un rythme soutenu, il semble clair que les Oasis vers 2030 souffriraient d'une manière ou d'une autre de la diminution des précipitations et d'une augmentation des températures.

Changements climatiques et valeurs des écosystèmes

En vue des pressions que les changements climatiques exerceront sur les écosystèmes, il est important de cerner les services qu'ils livrent à la société et de quantifier leurs valeurs¹⁶. Le problème est que souvent les valeurs et les prix de ces services sont actuellement encore difficiles à quantifier. La recherche est en ce moment en train de cerner ce problème. Merlo et Croitoru (2005) viennent d'éditer un ouvrage sur la valeur totale des forêts méditerranéennes. Dans ce document, Daly-Hassen et Ben Mansoura (2005) fournissent une première approche sur la valeur économique totale des écosystèmes forestiers tunisiens. Cette analyse peut servir de repère, même si elle est encore incomplète, pour une première évaluation de la valeur actuelle des écosystèmes. En ce qui concerne les changements climatiques, il est important de préciser le facteur temps ou l'« *intergénérationnalité de l'effet* » (Pillet 2006b). En plus, dans une évaluation, le non-usage prend une notion significative (Pillet 2006a). Une zone humide dont on ne peut pas encore chiffrer la valeur en prix de marché peut avoir une valeur en terme de services pour la société. En cas d'inondations (ou de grandes préci-

¹⁵ Conedera (2006) a donné divers exemples de feux de forêts en Suisse montrant à quel point incendies et glissements des terrains étaient liés dans le canton du Tessin. Vu les risques de glissements de terrain à proximité de barrages en Tunisie, il a plaidé pour une politique de « fire management » préventif pour les forêts tunisiennes.

¹⁶ De telles valeurs existent même si aucun prix ne vient les attester. Par exemple, les écosystèmes possèdent une valeur pour l'agriculture, mais pas de prix (Pillet 2006b).

pitations), elle devient une zone de retenue des eaux. Il n'y aura pas de destruction des biens et valeurs socio-économiques car l'inondation n'aurait pas eu lieu. Le non-usage de la zone humide aura ainsi évité à la société les coûts d'une inondation dévastatrice. Dans le cas des changements climatiques, ces zones humides pourraient devenir primordiales car la Tunisie sera confrontée à l'augmentation de la variation spatio-temporelle du régime des précipitations. Ce principe s'applique à d'autres écosystèmes.

7.4.5 Conclusions

Un point important consiste à valoriser les biens et les services des écosystèmes en reliant conceptuellement les « emternalités » (sensu le concept défini par Pillet, 2004, 2006a, b), les écosystèmes et l'agriculture dans le cadre d'une stratégie d'adaptation au changement global et climatique.

Dans ce cadre, nous aimerions ajouter qu'une amélioration des conditions socio-économiques des populations rurales tunisiennes pourrait sensiblement améliorer la qualité des écosystèmes tunisiens en 2030, car dans ce cas, les pratiques comme le surpâturage¹⁷, l'exploitation des terres marginalisées propices à l'érosion, la corvée des bois de chauffage à fort potentiel de nuisance écologique, auraient une grande chance de cesser dans l'avenir. En plus, en se basant entre autres sur les travaux de Mulligan et al. (2004), nous pensons que la variabilité interne des régimes des précipitations actuelles méditerranéennes et tunisiennes dépasse encore largement les variations annoncées par les différents scénarios de changement climatique et que les écosystèmes ont une résilience suffisante pour faire face aux pressions climatiques futures.

Dans ce contexte, nous pensons que la « désertification » ne sera pas accélérée par les changements climatiques à l'horizon 2030. La « désertification et la steppisation » pourraient progresser indépendamment des changements climatiques si le forçage socio-économique (les pressions humaines) s'intensifiait et si les écosystèmes n'avaient pas de valeur. Il nous semble important de comprendre que les écosystèmes méditerranéens, y compris ceux de la Tunisie, ont une très grande capacité de résilience autoécologique et peuvent faire face à une très grande variabilité climatique même à une cadence d'accidents et d'extrêmes climatiques répétitifs. La question cruciale reste celle de l'évolution des pressions humaines.

En conclusion, les feux de végétation vont considérablement progresser à cause de l'augmentation de la température¹⁸. L'Etat tunisien et la société tunisienne doivent impérativement tenir compte de ce risque grandissant car la situation peut, comme on l'a vu récemment en France, en Espagne et au Portugal, facilement devenir incontrôlable.

En second lieu, nous pensons que la Tunisie devra se pencher sur la problématique des « agents biologiques envahissants » qui semble s'accélérer par le phénomène de réchauffement climatique.

Références

Ouvrages et articles

- ALARY, V., J.P. BOUTONNET (2006). L'élevage ovin dans l'économie des pays du Maghreb : un secteur en pleine évolution. *Sécheresse, Science et Changements planétaires* 17 (1-2) : 40- 46.
- BESSAOU, R. (Ed.) (2002). *Climat et santé au Maghreb*. Oran.
- BRAUCH, H.G. (2006). Desertification – A new security challenge for the Mediterranean ? Policy agenda for recognising and coping with fatal outcomes of global environmental change and potentially violent societal

¹⁷ Pour plus de précisions sur l'évolution du pâturage, voir le rapport de El Hamrouni (2006). Les changements climatiques n'auront pas de conséquences pour le pâturage en 2030 s'il y a amélioration des parcours et de leur gestion.

¹⁸ Nous reproduisons les conclusions de Aloui (2006) pour les forêts au vu de leur importance dans la progression des incendies : « Quatre scénarios d'évolution du couvert forestier ont été étudiés dont un scénario qui exprime la tendance évolutive actuelle. La comparaison entre les quatre scénarios a montré après estimation des valeurs économiques totales, des valeurs environnementales et des valeurs commerciales d'usage que pour tous les scénarios la valeur environnementale représente 88% de la valeur économique totale – la valeur de la séquestration du carbone et la valeur de la conservation de l'eau représentant 79% de cette dernière. La comparaison des résultats économiques des différents scénarios par rapport aux investissements consentis pour développer le couvert forestier a montré que le scénario exprimant la tendance actuelle était le meilleur par rapport aux bénéfices économiques totaux dégagés ».

- consequences. In: Kepner, W.G., Rubio, J.L., Mouat, D.A., Pedrazzini, E. (Eds): *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*. Dordrecht : Springer in Cooperation with NATO Public Diplomacy Division: 11- 85.
- BROOKS, T.M., R.A. MITTERMEIER, G.A.B DA FONSECA, J. GERLACH, M. HOFFMANN, J.F. LAMOREUX, C.G. MITTERMEIER, J.D. PILGRIM, A.S.L. RODRIGUES (2006). Global Biodiversity Conservation Priorities. *Science* Vol. 313, 7 July : 58 - 61.
- CHAUVEL, B., B. FUMANAL, F. DESSAINT, F. BRETAGNOLLE (2006). Extension d'*Ambrosia artemisiifolia* dans le département de la Côte d' Or. *Le Monde des Plantes* 490 : 1- 5.
- DALY-HASSEN, H., A. BEN MANSOURA (2005). Tunisia. In: Merlo, M., Croitoru, L. (Eds.): *Valuing Mediterranean Forests. Towards Total Economic Value*, 105 – 122. Wallingford : CABI Publishing.
- DECHAMP, C., H. MEON (2003). *Ambrosies : ambrosia, polluants biologiques*. Lyon.
- FAOUR, G., R. BOU KHEIR, E. VERDEIL (2006). Caractérisation sous système d'information géographique des incendies de forêts: l'exemple du Liban. In : *Forêt méditerranéenne* T. XXVII, 4: 339- 352.
- LANDOLT, E. (2006). Verbreitung und Verhalten von invasiven Neophyten im Gebiet von Zürich (Schweiz.). In: *Berichte der Reinhold Tüxen-Gesellschaft* 18 (7-8) : 35- 51.
- NEFF, C. (2005). Ecosystèmes tunisiens: une vision prospective face au changements climatiques et globaux. In: *Etude de la stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles* : 136-153.
- NEFF, C. (2001a). A First Bibliography of Modelling Climate Impacts on Mediterranean Type Ecosystems (MTE) at the Landscape Level. *Geoöko* XXII (2-3) : 193-217.
- NEFF, C. (2001b). Der rezente Landschaftswandel im westlichen Mediterran Raum - Herausforderungen für Natur und Landschaftsschutz – Beispiele aus den Gebirgsregionen des mediterranen Südfrankreich. *Petermanns Geographische Mitteilungen* 145 (1) : 72-83.
- NEFF, C. (2000). MEDGROW – Vegetationsdynamik und Kulturlandschaftswandel im Mittelmeerraum. *Mannheimer Geographische Arbeiten* 52.
- NEFF, C. (1995). Waldbrandrisiken in den Garrigues de Nîmes (Südfrankreich) - eine geographische Analyse. *Materialien zur Geographie* 27.
- NEFF, C., P. FRANKENBERG (1995). Zur Vegetationsdynamik im mediterranen Südfrankreich. Internationaler Forschungsstand und erste Skizze zur Vegetationsdynamik im Raum Nîmes. *Erdkunde. Archiv für wissenschaftliche Geographie* 49 (3) : 232-244.
- NEFF, C., A. SCHEID (2005). Der mediterrane Süden Frankreichs. Vegetationsdynamik und Kulturlandschaftswandel im Languedoc- Roussillon. *Geographische Rundschau* 57 (9) : 38- 44.
- NOUAIM, R. (2005). L'Arganier au Maroc – entre Mythes et Réalités. Paris : L'Harmattan.
- MAINGUET, M. (2003). *Les Pays Secs. Environnement et développement*. Paris : Ellipses.
- MAINGUET, M. (1991). *Desertification. Natural Background and Human Mismanagement*. Berlin : Springer-Verlag.
- MAZZOLENI, S., G. DI PASQUALE, M. MULLIGAN (2005). Inverser le consensus sur la désertification en Méditerranée. *Forêt méditerranéenne* XXVI (4) : 322-326.
- MEKKI, M. (2006). Potential threat of *Solanum elaeagnifolium* Ca. to the Tunisian fields. In: Brunel, S. (Eds): *Invasive plants in Mediterranean type regions of the world/Plantes envahissantes dans les régions méditerranéennes du monde. Environmental Encounters*, No. 59235-245. Strasbourg.
- MENDES FERRAO, J.E. (1993). *A Aventura das plantas e os Descobrimentos Portugeses*. Lisboa : Instituto de Investigacao Cientifica Tropical.
- MERLO, M., L. CROITORU (2005). *Valuing Mediterranean Forests. Towards total economic value*. Wallingford : CABI Publishing.
- MORIN, H. (2006). La grande fête des insectes. Des espèces de plus en plus nombreuses profitent du réchauffement climatique pour coloniser de nouveaux territoires et adopter de nouveaux comportements. *Le Monde*, mercredi 27 décembre, p. 3.
- MULLIGAN, M., S.M. BURKE, C.M. RAMOS, (2004). Climate Change, Land-use Change and the Desertification of Mediterranean Europe. In: Mazzoleni, S., di Pasquale, G., Mulligan, M., di Martino, P., Rego, F. (Eds): *Recent Dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape* : 259-279. Chichester : John Wiley et Sons.
- MYERS, N., R.A. MITTERMEIER, C.G. MITTERMEIER, G.A.B. DA FONSECA, J. KENT (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* Vol. 403 : 853- 858.
- PILLET, G. (2006a). *Analyse croisée économique et écologique des écosystèmes*. Fribourg.

- PILLET, G. (2004). Emternalities as Counterpart to Economic Externalities. *Ecological Modelling* 178 : 183-187 | www.ecosys.com/emtternalities (on-line).
- QUEZEL, P., F. MEDAIL (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Paris : Elsevier.
- SCHRÖTER, D., W. CRAMER, R. LEEMANS, C.I. PRENTICE, M.B. ARAUJO, N.W. ARNELL, A. BONDEAU, H. BUGMANN, R.R. CARTER, C.A. GARCIA, A. DE LA VEGA-LEINERT, M. ERHARD, F. EWERT, M. GLENDINIG, J.I. HOUSE, S. KANKAANPÄÄ, R.J.T. KLEIN, S. LAVOREL, M. LINDNER, M.J. METZGER, J. MEYER, T.D. MITCHELL, I. REGINSTER, M. ROUNSEVELL, S. SABATE, S. SITCH, B. SMITH, J. SMITH, P. SMITH, M.T. SYKES, K. THONIKE, W. THUILLER, G. TUCK, S. ZAEHLE, B. ZIER (2005). Ecosystem Service Supply and Vulnerability to Global Change in Europe. *Science* Vol. 310 : 1333- 1337.
- SOUISSI, A. (2000). Tunisie. Enjeux et politiques d'environnement et de développement durable. *Plan bleu – Profil des Pays méditerranéens*. Valbonne.
- TRABAUD, L. (2004). La réponse de la végétation aux incendies. In: Garrone, B. (Ed.): *Le feu dans la nature, mythes et réalités*. Prades-le-Lez : Les Ecologistes de l' Euzière.
- WALTHER, G.R. (2000). *Laurophyllisation in Switzerland*. Thèse de doctorat. ETH Zürich.
- WALTHER, G.R. (2006). Palmen im Wald ? Exotische Arten nehmen in Schweizer Wäldern bei wärmeren Temperaturen zu. In: Wohlgemuth, T. (Eds): *Wald und Klimawandel*. Forum für Wissen 2006, 55- 61., Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Documents de travail*
- ALOUÏ, A. (2006). Scénarios de base d'évolution du couvert forestier tunisien et scénario d'adaptation. Rapport. Tunis.
- CONEDERA, M. (2006). Ecologie et gestion des feux de forêts au Sud des Alpes de la Suisse. Exposé du 23 août. Réunion des experts à Fohrenbühl (Allemagne).
- EL HAMROUNI, A. (2006). Adaptation de l'agriculture tunisienne au changement climatique - Les écosystèmes sylvo-pastoraux selon différents scénarios. Rapport. Tunis.
- GROBMANN, A. (2006). Zones humides – Valeurs et tendances des zones humides et sa adaptation aux changements climatiques. Rapport. Tunis.
- NEFF, C. (2006a). Projections des écosystèmes tunisiens à l'horizon 2030. Résumé. Tunis.
- PILLET, G. (2006b). Séminaire thématique – Configuration de la stratégie nationale d'adaptation. *Résumé introductif à l'intention des participants*. 27 octobre. Tunis.
- SOUISSI, A. (2006). La désertification et ses menaces. Rapport. Tunis.

CARTE DES PRINCIPAUX RISQUES ECOLOGIQUES EN TUNISIE EN 2030

