

Laboratoire de Géomorphologie Environnement et Société
Revue Paysages Géographiques



Les Forêts des Zones Sèches

Entre curiosité scientifique et capital de
restauration socioécologique



Paysages Géographiques



Les Forêts des Zones Sèches

Paysages Géographiques

Les Forêts des Zones Sèches

Entre curiosité scientifique et capital de
restauration socioécologique

Dépôt légal : 2017MO5074

ISBN : 978-9981-916-42-5

ISSN : 2605-5848

Tous droits réservés ©.

N° 4 - décembre 2017

Coordination

Farid EL WAHIDI – Abderrahim BENALI

N° 4 - Décembre 2017

Les Forêts des Zones Sèches

Entre curiosité scientifique et capital de
restauration socioécologique

Revue
Paysages Géographiques

N°4

Auteur
Laboratoire de Géomorphologie Environnement et Société

Edition : Décembre 2017

Dépôt légal : 2017MO5074

ISBN : 978 – 9981 – 916 – 42 - 5

ISSN : 2605 - 5848

Tous droits réservés ©.

Revue Paysages Géographiques



Numéro publié par

Laboratoire de Géomorphologie,
Environnement et Société – FLSH
Marrakech



En partenariat avec

Association Marocaine des
Sciences Régionales (AMSR)



Comité de Lecture

Pr. Abderrahim Benali - UCA
Pr. Abdelatif Khattabi - ENFI
Pr. Farid El Wahidi - UCA
Dr. Tarik Belghazi - CRF
Pr. Mohamed Mansoum – UCA
Pr. Fatiha Mouafak - UCA
Pr. Mohamed Gallad - UCA
Pr. Said Azioui – UCA

Photo de Couverture et des Planches

Pr. Farid El Wahidi

Laboratoire de Géomorphologie et Environnement
Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Marrakech
Quartier Amerchich B.P. 40040

Les recherches publiées dans la revue reflètent les opinions de leurs auteurs.

Préface

Les milieux forestiers et préforestiers secs sont des formations dont la dynamique est principalement limitée par la rareté de l'eau et les fortes pertes par évapotranspiration. Ils ont longtemps été reconnus comme distincts de par leur physionomie et les formes de vie qu'ils recèlent, mais ils sont aussi uniques en termes de cultures, de savoirs et traditions des populations qui y vivent.

Les zones sèches constituent une part non négligeable de la couverture forestière mondiale (6 %), et plus d'un tiers de l'humanité (36 %) vit dans les zones arides qui couvrent 41% des terres émergées du globe. La plus grande partie de la pauvreté dans le monde s'observe dans ces zones sèches.

Particulièrement sensible à la dégradation, 10 à 20 % des zones sèches du globe subissent une ou plusieurs formes de dégradation de la couverture végétale, de la composition des formations végétales, des conditions hydriques, ou des propriétés du sol, ce qui entraîne une perte globale des services écosystémiques et constitue une grave menace du point de vue du niveau des moyens de subsistance des populations locales. Par conséquent, la conservation et la réhabilitation du milieu contribueraient au développement durable de cette partie du globe et permettraient d'atteindre l'objectif de développement du millénaire ; celui de réduire sensiblement la pauvreté mondiale.

Une des régions écologiques en déficit hydrique du globe est le sud du bassin méditerranéen. Ses écosystèmes sont un cas particulier des zones sèches qui représentent 1.6 % des terres émergées, mais constituent l'habitat de 10 % de la biodiversité mondiale dont plusieurs espèces sont endémiques.

Au Maroc, l'une des originalités biogéographiques du pourtour méditerranéen, le domaine bioclimatique des zones sèches couvre plus de 93 % du territoire national. Elles se conforment en grande partie à des agroécosystèmes, et sont soumises à une longue histoire d'intenses utilisations anthropiques qui continuent à être la force dominante de leur évolution. Néanmoins, notre rapport à la nature a beaucoup évolué au cours des dernières décennies en raison de profondes mutations liées, d'une part, à l'évolution des modes de production et la croissance des besoins, et d'autre part à des mutations socioculturelles et à une conscientisation de plus en plus marquée chez les communautés riveraines ouvertes à un contexte de globalisation. Ces mutations s'expriment dans un contexte de défis nouveaux, tels que le changement climatique et la transition énergétique.

Le niveau de changement et de dégradation produit par l'homme dans ces milieux naturels, appelle des choix stratégiques pour leur restauration ou réhabilitation. En effet, en plus de la conservation ou de la protection du capital naturel actuel, il est

nécessaire de procéder à des projets de restauration écologique qui renouent avec les espèces autochtones et qui respectent toutes les composantes de l'écosystème qui coexistent dans le cadre des lois universelles de la phytosociologie.

Ce numéro, dédié aux forêts sèches, rassemble un ensemble de travaux de recherche qui discutent les nouveaux questionnements liés aux dynamiques en cours, à la gestion des forêts méditerranéennes et la place des essences autochtones en tant que capital de restauration de ces milieux naturels tout en permettant de concilier efficience écologique et répondre aux nouveaux besoins socio-économiques. Les contributions des chercheurs touchent aux trois thèmes: (i) Les agroécosystèmes dans les aménagements forestiers. (ii) Les formations forestières et préforestières : état des lieux et dynamiques. (iii) La restauration écologique ; techniques et défis en milieux arides.

Pr. Benali Abderrahim
Doyen de la FLSH- Marrakech

Table des Matières

Les Agroécosystèmes dans les Aménagements Forestiers

- *Les partenariats public-privé comme approche de restauration des agroécosystèmes, cas de l'arganeraie. Farid El Wahidi, Abderrahim Benali, Fouad Mounir et Said Lahssini.* [P. 7 -.23]
- *Etude de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Ourika entre 1984 et 2014. Abdellatif Khattabi, Said Lahssini, Reda Rihane et Nabil Rifai.* [P. 24 -.37]
- *نوي الحقوق: بين حق الانتفاع وشروط المساهمة في التنمية، حالة غابة آيت ويرة بأطلس القصيبة. الشرقاوي مراوي، بنعلي عبد الرحيم.* [P. 39 -.51]
- *Analyse de la vulnérabilité environnementale dans le contexte des changements climatiques- cas du bassin versant de l'Ourika. Said Lahssini, Abdellatif Khattabi et Driss Laaroussi.* [P. 53 -.65]
- *Vers un aménagement récréatif et paysager de la forêt Marocaine : Cas de la subéraie de Maamora et de l'arganeraie de Mesguina. Said Laaribiya, Halim Ouhammadou, Assmaa Alaoui et Najib Gmira.* [P. 66 -.82]

Les Formations Forestières et Pré-forestières Etat des Lieux et Dynamiques

- *Evaluation de l'état des formations végétales forestières dans le bassin versant de l'Ourika dans une optique de restauration des espaces dégradés. Etienne Nduwayo, Abdenbi Zine El Abidine, Abdellatif Khattabi et Ahmed Ouhammou.* [P. 84 -.97]
- *Estimation de la biomasse et de la quantité de carbone dans un jeune peuplement d'Arganier dans la commune rurale d'Imgrad (Province d'Essaouira). Said Ali Ouswati, Said El Messoussi, Tarik Belghazi, Abderrahmane Lahrouni, Hassan Chakib, Said EL Mercht et Rachid Kessa.* [P. 98 -.108]
- *دينامية المجال الغابوي بحوض تاكلفت: بين الهشاشة الطبيعية وأفاق التهئية الغابوية. محمد رزقي، عبد الرحيم بنعلي، فريد الواحدي، فتية موفق.* [P. 110 -.125]
- *Modélisation des effets de la sécheresse sur la dégradation de l'arganeraie dans la commune rurale d'Imin'Tlit (Province d'Essaouira). Abderrahmane Hachmi, Said El Messoussi, Rachid Kessa, Abderrahmane Lahrouni, Hassan Chakib, Tarik Belghazi et Said EL Mercht.* [P. 127 -.137]
- *Itinéraire de production de plants de cyprès de l'Atlas en pépinière pour la restauration des zones arides. M.A. El Alaoui El Fels, Farid El Wahid et Y. Arjouni.* [P. 138 -.150]

La Restauration Ecologique en Milieux arides Techniques et Défis

- *Évaluation écophysiological de la résistance à la sécheresse des plants du cyprès de l'Atlas (Cupresus atlantica Gaussen).* *Abdenbi Zine El Abidine, Mohamed Bouderrah, Ahmed Moustahssen, Mohammed S. Lamhamedi et Younes Abbas.* [P. 152 -.163]
- *Valorisation des microorganismes du sol dans la restauration durable des écosystèmes forestiers marocains.* *Younes Abbas., Said EL Mrabet. et Abdenebi Zine El Abidine.* [P. 164 -.177]
- *Comportement germinatif et ravageurs des graines de quelques espèces du genre Acacia utilisées dans la réhabilitation des zones arides.* *M.A. El Alaoui El Fels, Said El Mercht.* [P. 178 -.192]
- *Changement climatique et restauration des écosystèmes forestiers marocains : apport de la modélisation de la distribution d'espèces (cas du chêne liège).* *Said Moukrim, Said Lahssini, Mustapha Naggar, Farid El Wahidi, Hicham Mharzi Alaoui, Moustapha Arahou et Laïla Rhazi.* [P. 193 -.206]
- *Evaluation de la qualité de la végétation ripisylve pour une contribution à la lutte contre les inondations : Cas de l'oued Ourika (Haut-Atlas, Maroc).* *Mostafa Alaoui Lamrani, Biao Affo et Abdellatif Khattabi.* [P. 207-.217]

An aerial photograph of a vast, arid landscape. The terrain is dry and hilly, covered with sparse, low-lying vegetation. A winding road or path is visible through the landscape. The sky is clear and blue.

Les Agroécosystèmes dans les Aménagements Forestiers

Les partenariats public-privé comme approche de restauration des agroécosystèmes, cas de l'arganeraie

Farid El wahidi⁽¹⁾, Abderrahim Benali⁽¹⁾, Fouad Mounir⁽²⁾ et Said Lahssini⁽²⁾

Résumé

L'arganeraie est, depuis longtemps, observée au centre des moyens de subsistance des populations locales dans une zone rurale avec des conditions difficiles. Elle est, aussi, de plus en plus considérée comme un agroécosystème où les utilisateurs doivent être impliqués dans toute stratégie de gestion et de conservation. Le contexte actuel témoigne d'une dynamique d'occupation illégale des zones forestières par les usagers en raison de la faiblesse des systèmes communautaires traditionnels et de la flambée des prix de l'huile d'argan. L'objet de ce travail est d'anticiper, pour les 30 prochaines années, cette dynamique en termes de possession des parcelles d'arganier par la population locale et de son impact écologique. Il a abouti à un système d'aide à la décision basé sur la modélisation territoriale des usages. Le modèle simule le changement prévu en termes de possession des terres et des niveaux de dégradation des peuplements d'arganier. Trois scénarios ont été simulés en relation avec la mise en application du partenariat public-privé, fondé sur des mesures combinées de reconnaissance légale des droits élargis des ayants droit et des incitations économiques.

L'approche méthodologique développée combine une analyse de la chaîne de Markov avec une fonction d'aptitude traduisant les préférences des usagers pour la possession des parcelles d'arganier. Le modèle développé a été jugé pertinent en tant que système de prise de décision et a mis en évidence des scénarios de gestion forestière prometteurs basé sur le partenariat public-privé. Les trois scénarios simulés ont abouti à des résultats contrastés quant au niveau de conservation des forêts. Cette capacité projective du système élaboré fournit différents types de réponses : (i) l'ordre de grandeur des processus en cours (possession et dégradation) et des possibles scénarii d'évolution du paysage (combien) ; (ii) anticiper une éventuelle concurrence foncière induite par de nouvelles politiques (feedback) et (iii) repérer les zones prioritaires (hotspots) pour orienter les efforts de conservation et de contrôle (où).

Mots clés : Scénarii d'aménagement, PPP, restauration écologique, Agroécosystème.

¹ Laboratoire de géomorphologie, environnement et société. FLSH - Université Cadi Ayyad – Marrakech.

² Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.

1. Introduction

1.1. La restauration écologique en milieux arides et semi-arides

Dans les zones sèches, la littérature de l'écologie appliquée à l'agriculture, à la foresterie et à la gestion des parcours confirme que les populations locales continuent à être la force dominante dans l'évolution des écosystèmes naturels et les agroécosystèmes (Aronson *et al.*, 1993; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Le niveau de changement et de dégradation produit par l'homme dans ces milieux naturels, appelle des choix stratégiques pour leur restauration ou réhabilitation (Hobbs & Harris, 2001). En effet, en plus de la conservation ou de la protection du capital naturel actuel, il est nécessaire de procéder à des projets de restauration écologique (RE) (Comín, 2010) [Encadré 1]. Cette dernière est vitale pour stopper l'actuelle perte de biodiversité et la détérioration des services des écosystèmes (Dobson *et al.*, 1997; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Dans certaines conditions, la RE peut être passive lorsque les forces de dégradation sont réduites permettant la mise en place des processus naturels d'auto-réparation (e.g., la mise en défens). Ce n'est généralement pas possible dans les milieux arides et semi-arides des régions méditerranéennes (Aronson *et al.*, 1993; Dutoit, 2011). Le Houérou (1995) et Aronson *et al.* (1993) indiquent que lorsque la pression exercée sur un écosystème a été trop intense, ou trop longtemps maintenue, celui-ci est alors susceptible de ne plus présenter de capacité dynamique suffisante pour que la seule diminution de la pression humaine lui permette de se restaurer. De ce fait, la RE devrait être active et guidée par des interventions humaines (Lake, 2001).

La pratique de la RE comprend un large éventail d'opérations : la lutte contre l'érosion, le reboisement, l'élimination des espèces non indigènes et les mauvaises herbes, la remise en végétation des zones perturbées, la réintroduction de bonnes espèces pastorales et indigènes, la reconstitution du stock semencier des espèces clés (Aronson *et al.*, 2010). Pour augmenter leurs chances de réussite, ces opérations de restauration doivent être techniquement réalisables et socialement acceptées par les utilisateurs locaux (Blignaut *et al.*, 2013; Cortina *et al.*, 2011).

La RE est menée indifféremment dans des écosystèmes naturels et semi-naturels, ces derniers étant des habitats abritant des espèces natives et à colonisation spontanée, mais dépendant d'une méthode de gestion traditionnelle (Westhoff, 1983 in Cristofoli and Mahy (2011)). Dans ces milieux fortement modifiés par les usages de l'homme, la restauration cherche un retour à un état de « quasi-métastabilité » créé par des

perturbations anthropiques continues mais relativement légères (Aronson et al., 1993). Ces milieux semi-naturels cherchent un compromis entre l'efficacité écologique et la rentabilité économique.

ENCADRÉ I : RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

Pour Aronson *et al.* (1993), la restauration écologique cherche un retour complet ou quasi-complet d'un écosystème à un état préexistant (historique ou indigène). Le but de ce processus est de retrouver la structure, le fonctionnement, la diversité et les dynamiques d'un écosystème pionnier (*i.e.* climax). Cette définition *sensu stricto* de la restauration est jugée imprécise en raison de la difficulté de déterminer l'état de l'écosystème historique. La restauration *sensu lato*, cherche à arrêter le processus de dégradation et à faire suivre l'écosystème actuellement perturbé une trajectoire d'écosystèmes alternatifs (simplified ecosystems) qui semblent avoir régné avant le début de la perturbation (Aronson et al., 1993). Au-delà des différences entre la restauration *sensu lato* et *sensu stricto*, le but global est de conserver les traits historiques de la biodiversité, la structure et les dynamiques de l'écosystème. Cependant, un tel objectif exclusivement écologique (conservation) pourrait être en contradiction avec les fonctions socio-économiques importantes des agro-écosystèmes des milieux arides et la survie des populations locales (Romagny, 2009).

Une définition plus récente de la restauration écologique a été formulée pour prendre en compte la production des biens et services des écosystèmes et leurs bénéfices pour la population locale. « La restauration écologique est une action intentionnelle qui initie ou accélère l'auto-réparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit, en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable » (Society of Ecological Restoration (SER) International Science & Policy Working Group, 2004). Son but est de « restaurer des écosystèmes pour qu'ils deviennent résilients et autonomes quant à leur structure (composition spécifique, physionomie), à leurs propriétés fonctionnelles (productivité, flux d'énergie, etc.) et pour qu'ils s'intègrent dans des paysages terrestres tout en fournissant des ressources pour un développement durable des populations humaines. » (Aronson et al., 2006; Dutoit, 2011).

1.2 Milieux forestiers secs : des espaces façonnés par des traditions humaines

En zones sèches, la fragilité des systèmes et la sensibilité du milieu induit une forte interdépendance entre environnement et développement. Les perturbations naturelles et anthropiques conduisent à une baisse considérable du potentiel agro-pastoral et aggravent ainsi la détérioration du milieu et des conditions de vie des populations locales.

Par ailleurs, la faible productivité et/ou la pauvreté, inhérentes à ces milieux, engendrées par l'utilisation ou la surutilisation des ressources sont considérées comme un défi pour valoriser ces terres. Ce défi induit une ingéniosité dans les modes d'utilisation des ressources qui génère des adaptations et des innovations pour faire

face à la dégradation/désertification, la pauvreté et les conflits (Safriel and Adeel, 2005). En effet, dans ces milieux se développent des usages coutumiers qui permettent des adaptations biologiques et sociales offrant une résilience élevée aux écosystèmes face aux impacts humains. Ces savoirs locaux, prenant la forme d'un système régulant l'utilisation des biens et services communs, sont jugés utiles dans l'équilibre socio-écologique de ces régions (Aziz, 2012; Galvin, 2004).

Cependant, ce corpus de savoirs locaux de gestion environnementale développé depuis des siècles est appelé actuellement à coexister avec les systèmes modernes d'administration et de gestion du domaine forestier. En effet, dans beaucoup de pays en développement, le contrôle de la dégradation est géré par la mise en place, par les autorités étatiques, d'interdits et de restrictions sur son usage. C'est une approche qui se heurte à des difficultés de succès, surtout lorsque la forêt est utilisée par une large population à faibles revenus, soit pour leur usage personnel, soit comme source de produits pour la vente à petite échelle. Afin d'éviter le sort des biens communs [« tragédie des biens communs » de Hardin (1968)], la tendance actuelle repose sur la mise en place de modes de cogestion inclusifs pour promouvoir une meilleure utilisation des ressources et leur entretien régulier à long terme. Elle consiste à rendre aux communautés locales le contrôle de leurs ressources, lorsque l'Etat et les marchés n'arrivent pas à résoudre les problèmes de la dégradation dans le cas d'une exploitation de ressources en libre usage et de la provision de biens publics (Bardhan, 1993; Nugent, 1993).

Plusieurs auteurs (Ostrom, 2010; Pinton & Grenand, 2007) insistent sur le possible équilibre entre systèmes écologique et social, basé sur la gestion participative, la cogestion ou encore le co-management des ressources communes. Cette approche de délégation de la gestion communautaire des ressources naturelles peut aussi être soutenue par des politiques d'incitation commerciale ou financière (Homer-Dixon, 1994) ou à travers le développement de technologies et des innovations dans les pratiques culturelles (Adeel et al., 2005). La combinaison de ces facteurs peut conduire dans beaucoup de situations à des niveaux d'utilisation des ressources qui soient durables (UNCCD, 2012).

En parallèle à cette plateforme traditionnelle de la gestion des biens communs, l'émergence des politiques de gestion des services écosystémiques représente un important changement dans les objectifs de la restauration (Bullock et al., 2011). Les nouvelles approches d'évaluation économique des biens et services des écosystèmes (EERE) ont ainsi ouvert la voie de mécanismes d'incitation dans les programmes de restauration et de conservation (PRC) (Aronson et al., 2006; Ehrenfeld, 2000). EERE et

PRC sont intimement liées et devraient faire partie intégrante des processus de gestion durable des écosystèmes (Yin & Zhao, 2012).

Dans la pratique de restauration, différents mécanismes d'incitation ont été conçus afin d'encourager la population usagère à adopter des pratiques de gestion durable (UNCCD, 2012). Ces mécanismes prennent diverses formes d'incitations comme des (i) avantages économiques fondées sur le marché (Incentive and Market-Based Mechanisms), (ii) attributions financières qui profitent directement à la population locale, comme paiement des services écosystémiques (Payment for Ecosystem Services) (Jack et al., 2008), ou comme des (iii) mesures législatives de reconnaissance de droits dans un cadre de partenariat définissant les usages et les responsabilités.

Ce travail cherche, à partir d'une analyse prospective, à tester les implications et mesurer les impacts de trois scénarios de la gestion des milieux forestiers. Il s'agit d'analyser l'effet de trois niveaux de cogestion des écosystèmes forestiers en partenariat avec la population locale sur leur évolution et durabilité.

L'arganeraie étant au centre des moyens de subsistance des populations locales, elle est de plus en plus considérée comme un agroécosystème où les utilisateurs doivent être impliqués dans toute stratégie de conservation. C'est un archétype des milieux agro-forestiers dont la population locale est particulièrement impliquée dans la gestion rapprochée à travers des régimes régulant l'accès et l'usage des ressources. Elle constitue un système particulièrement complexe susceptible d'enrichir les discussions sur les mécanismes de gestion partenariale en vue d'endiguer le processus de dégradation et de tirer des enseignements sur la relation homme-environnement.

2. L'arganeraie

L'arganeraie couvre environ 948 200 ha (Lefhaili, 2010), répartie essentiellement entre le Haut Atlas et l'Anti – Atlas, dans une région à la frange sud-ouest du Maroc en transition vers le Sahara. Eu égard à ses multiples usages agropastoraux et à son importance dans l'économie rurale, elle a été désignée réserve de biosphère de l'UNESCO en 1998.

Bénéficiant d'une législation spéciale par rapport aux autres forêts marocaines, les droits d'usage accordés aux populations locales y sont plus étendus pour qu'on puisse les considérer comme des droits d'usage habituels. Ces différents droits reconnus par le législateur se greffent sur un système existant de règles coutumières. La gestion coutumière, mise en œuvre par les institutions locales, repose sur une combinaison de droits d'accès et droits d'usage au niveau individuel (ménage) ou communautaire

(Auclair, 2010). Elle permet d'articuler dans le temps et dans l'espace les principaux usages des forêts d'arganiers en conciliant l'intérêt des ayants droits au pâturage (fraction, tribu) et celui des ayants droits à la récolte des fruits (familles et lignages). Ainsi, c'est sans doute dans l'arganeraie que la législation forestière nationale et le droit coutumier local coexistent le plus étroitement à travers un ensemble de pratiques et de modes de gestion définissant les espaces et les ayant droits, en régulant dans le temps l'accès aux différentes ressources (Simenel *et al.*, 2009).

Cette gestion complexe des ressources communes reflète la relation étroite entre les deux composantes du système arganier (homme et environnement). La multifonctionnalité de cet écosystème, longtemps considéré au centre des moyens de subsistance des populations locales, et la diversité des acteurs impliqués dans sa gestion sont actuellement au centre des enjeux du développement rural dans tout le sud-ouest marocain.

Cependant, avec l'évolution des structures locales et la remontée de l'individualisme dans la gestion de l'espace arganier, on assiste à un passage progressif à l'exclusivité de l'usage entre les ménages et le développement de formes de « adverse possession »¹. L'une des méthodes possibles est d'anticiper cette dynamique d'occupation illégale pour qu'elle se déroule dans un cadre de négociation état/ménage dans un but d'efficacité écologique. Un réajustement du régime foncier actuel est nécessaire pour donner plus de latitude à la population locale et passer d'une utilisation exclusive non conservatoire à une forme de possession, où l'état reste titulaire, avec de larges prérogatives cédées à la population sous conditions d'aménager et replanter leurs parcelles arganier. Un tel réajustement est de nature à rétablir la confiance entre population locale et les gestionnaires forestiers.

3. Zone d'étude

La zone d'intérêt, représentative de l'arganeraie de montagne, est centrée sur les plateaux des Haha à l'extrémité occidentale de la chaîne montagneuse du Haut Atlas (Figure 1). Elle représente environ 15 % (Ministère chargé des eaux et forêts, 1999) de toute l'aire géographique de l'arganier et correspond au secteur atlantique de l'arganeraie dont la surface forestière y occupe plus de 58 %.

¹ Adverse possession: "an actual possession, an occupation exclusive, continuous, open or visible and notorious for the requisite period". (Derek Mendes Da Costa & Balfour, Richard J. (Richard James) 1982. Property Law: Cases, Texts, and Materials. Edits. Emond-Montgomery. ISBN 0920722059, 9780920722053. pp. 600-601).

Le travail sur le terrain a été conduit à l'intérieur de quatre communes rurales (Smimou, Imin T'lit, Ida Ouazza et Imgrad) de la province d'Essaouira sur une surface totale de 96 000 ha. L'échelle supra communale choisie permet de réaliser un diagnostic approfondi des différentes dynamiques de changement en relation avec les conditions socio-économiques de la région.

La zone connaît une pratique de gestion collective des secteurs forestiers. La figure 4 présente les modèles graphiques de la structure élémentaire du paysage dans la zone. En plus des déterminants écologiques permettant de distinguer deux formations forestières (arganeraie et tetracinaie) et du statut foncier (domaine public et domaine privé), on trouve un système complexe de gestion coutumière. En effet, autour de la propriété privée (terrain de céréaliculture ou arboricole), trois modes de gestion coutumière régulant l'accès et l'usage des espaces et des ressources de l'arganeraie peuvent être définis : la mise en culture sous arganier (MSA), l'agdal et le mouchaa.

La MSA est généralement une parcelle de forêt domaniale en cours de privatisation. Selon son stade vers la privatisation, elle peut être gérée en verger clôturé ou en simple parcelle labourée. Grâce à son utilisation agricole, elle jouit d'une protection étroite.

L'agdal : Dans les plateaux des Haha, les *agdals* sont des espaces délimités par des amas de pierres ou par des limites naturelles dont l'usufruit (collecte de fruit) est exclusivement reconnu à la famille. Le parcours est par contre autorisé à toute la tribu ou à la fraction en dehors de la période de *l'agdal*. La période de fermeture de *l'agdal*, période de maturation des fruits, est fixée par l'ordre de la *jmaa* entre le mois de mai et d'août

Les secteurs forestiers les plus éloignés (arganeraie pure, tetracinaie pure et le mélange arganier thuya) sont gérés en *mouchaa* à statut collectif intégral et librement utilisés toute l'année par tous les usagers pour le parcours, le ramassage de fruit et du bois mort.

De la superposition entre statut foncier et gestion coutumière découle une gestion complexe de l'arganeraie et donne naissance à de multiples statuts de protection et d'exploitation des peuplements forestiers.

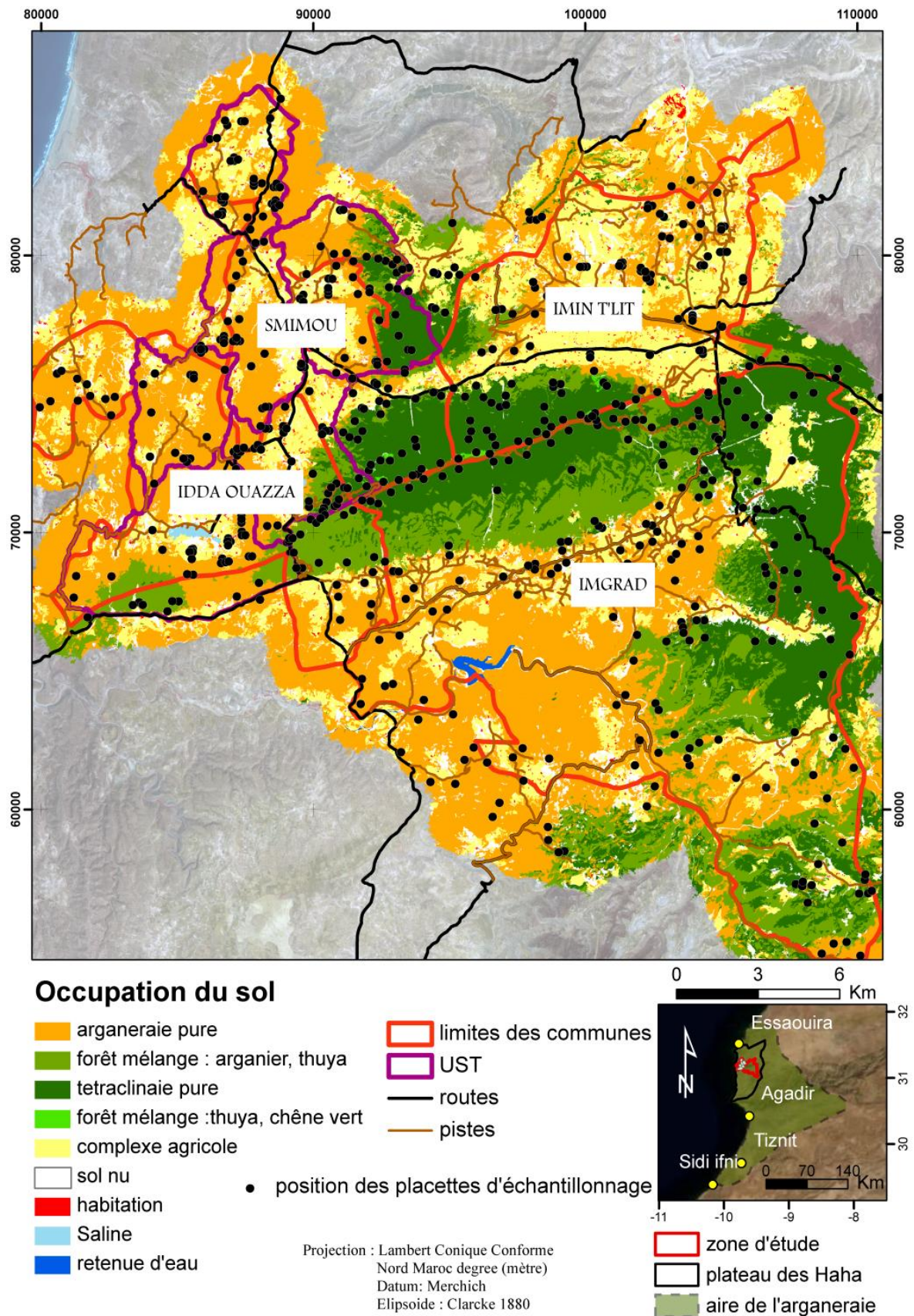


Figure 1. Zone d'étude au sein des plateaux des Haha et de l'aire de distribution de l'arganeraie (El Wahidi F., 2013).

4. Approche Méthodologique

Afin de garantir l'implication de la population locale dans le contrôle et la restauration de l'arganeraie, l'approche d'aménagement proposée prévoit un mécanisme d'incitation combiné (incitation économique/pleine reconnaissance des droits d'usage) basé sur une logique de partenariat public/privé de cogestion des ressources naturelles.

L'approche développée tente de mettre en place un système d'aide à la décision en vue de clarifier et de hiérarchiser les modes alternatifs de gestion de l'arganeraie. Ce système, fondé sur des hypothèses théoriques, a permis de passer des dynamiques de changements en cours à des scénarios prédictifs simulant l'évolution future (jusqu'à l'année 2042) du paysage forestier de l'arganeraie. La quantification et la compréhension des processus de dégradation ou restauration ont été achevées à partir des résultats simulés par les différents scénarios identifiés (3 scénarios).

Le modèle simule l'évolution future de différents niveaux d'adhésion de la population locale aux mécanismes de cogestion de l'arganeraie et leurs impacts écologiques attendus estimés par le niveau de dégradation qualitative et la densité des arbres. Il combine différentes sources de données biophysiques, socio-économiques et ethnique des populations locales (e.g. unités socio-territoriales).

L'approche utilise une analyse des chaînes de Markov associée à une fonction d'aptitude à la possession² calculée à partir des données biophysiques et socio-économiques. L'ensemble se déroule dans un environnement dynamique et de rétroaction (feed-back) entre la rareté des ressources, l'état des peuplements et les pressions des usages. Elle intègre aussi les interactions dynamiques entre impacts socio-économiques (offre pastorale et rareté des parcelles arganier) et conditions écologiques (e.g. densité arborée, facies de dégradation, etc.). Ces mécanismes d'interaction sont incorporés en tant que déterminants internes du modèle pour simuler l'évolution du système arganeraie.

Les trois scénarios simulés sont itératifs avec un intervalle de temps d'un an :

Le scénario de désengagement total de la population (SDT) pour la protection des forêts : il correspond au scénario le plus pessimiste qui a simulé la dynamique de dégradation des forêts lorsqu'aucune possession (même illégale) n'a été complétée. Ce désengagement total de la population locale pourrait se produire si le revenu

² Il s'agit ici de l'engagement souscrit de la population locale (ménage ou groupement de ménages) de prendre en charge la gestion d'une parcelle d'arganier. Cette parcelle peut être une parcelle *agdal* ou *mouchaa*, que le bénéficiaire exploite exclusivement le fruit et le fourrage produit par de ladite parcelle.

tiré de l'arganeraie devient significativement faible par rapport aux activités non agricoles (transfert d'argent, pêche et maçonnerie).

Le scénario statu quo (SSQ) projette dans le future (30 ans) la dynamique actuelle de possession illicite des parcelles arganier comme c'est le cas « des agdals aménagés³», sans aucune participation des agriculteurs au processus de boisement. C'est un scénario traduisant le processus de restauration passive par autoréparation sous mise en défens.

Le scénario de partenariat public / privé (PPP) simule l'impact du mécanisme d'incitation combiné (incitation économique/pleine reconnaissance des droits d'usage) basé sur une logique de cogestion des ressources naturelles pour encourager les agriculteurs à prendre en charge les actions durables et de plantation dans les parcelles nouvellement déléguées.

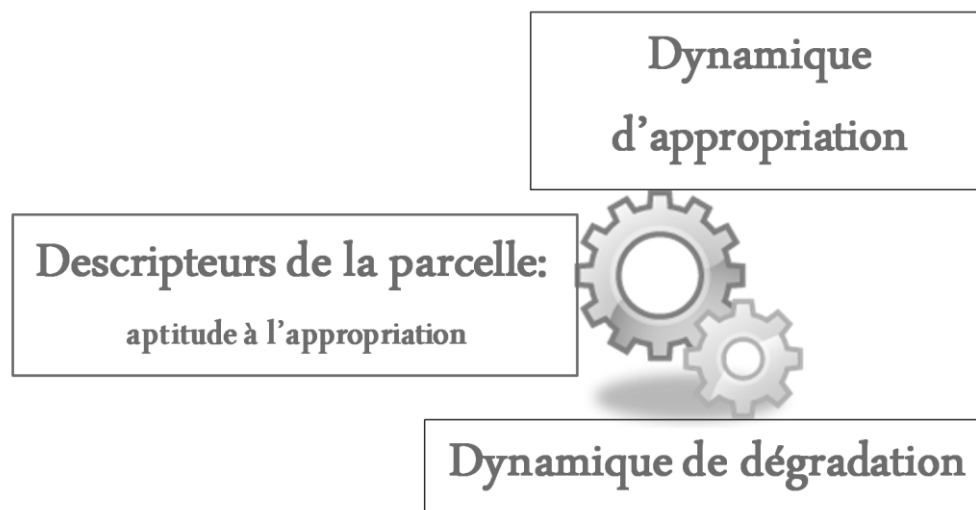


Figure 2. Effet de rétroaction entre dynamique de possession, dynamique de dégradation et les descripteurs socio-écologique de la parcelle.

5. Résultats

5.1. Dynamique de possession des parcelles

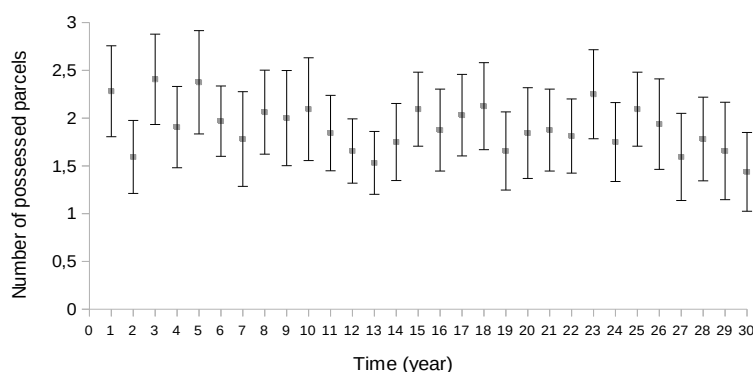
Les proportions simulées des parcelles possédés sont de l'ordre de 5,33% ($\pm 0,24$) et de 47,78% ($\pm 0,53$) respectivement pour les scenarii statu quo (SSQ) et PPP. La dynamique de possession est 10 fois plus élevée dans le scénario PPP que dans le scénario SSQ.

³Agdals aménagés sont des espaces restreints (quelques hectares) à clôture permanente (muret en pierre sèche ou haies) qui s'inscrivent le plus souvent dans un processus de privatisation du domaine de l'état. Ils sont installés sur des terres à l'origine à usage collectif, sont actuellement exclusivement exploités par leurs ayants droits et interdits en permanence aux autres usagers.

La figure 3 montre la proportion de parcelles possédées chaque année. Tel qu'il a été défini dans la matrice de transition, la quantité de parcelles possédées est approximativement stable (1.902 ± 0.435) pour le scénario *SSQ*. En observant la dynamique actuelle de possession, environ deux parcelles changent de statut chaque année dans toute région étudiée.

L'essentiel de la dynamique de possession simulée dans le scénario *PPP* se produit au début de la période de simulation. 75,37% des parcelles possédées se réalise pendant les cinq premières années. La proportion annuelle de parcelles possédées diminue rapidement et elle ne dépasse guère une parcelle /an après la 24^{ème} année. En effet, les parcelles à prendre en charge deviennent de plus en plus rares et la condition imposée dans le cadre du partenariat (nécessité de réussir la régénération des plants d'arganier) devient de plus en plus difficile à atteindre. D'autre part, l'agriculteur possédant déjà une parcelle serait moins motivé pour réclamer d'autres parcelle en raison de la contrainte citée précédemment et ce conformément à la loi de l'utilité marginale que pourrait procurer une deuxième parcelle par rapport à l'investissement requis.

Scénario statu quo



Scénario PPP

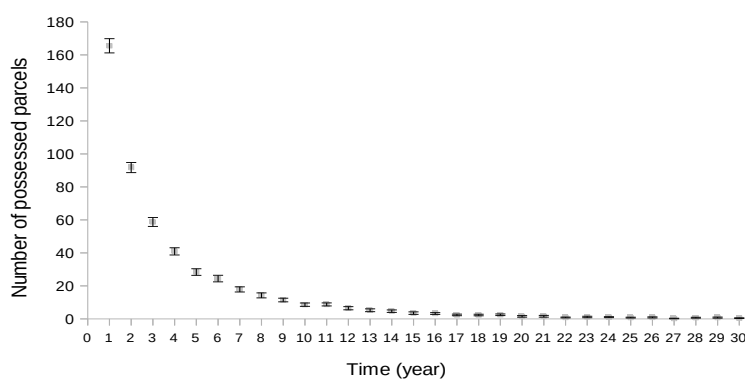


Figure 3. Nombre annuel de parcelles possédées et son intervalle de confiance simulé pendant 30 années à venir pour le scénario *SSQ* et scénario *PPP*.

5.2. Dynamique de dégradation et/ou restauration

Les résultats de la dynamique de dégradation (distributions de fréquence) des peuplements arganier (Figure 4) montrent un très haut degré de similitude entre les résultats du scénario *SSQ* et du scénario *SDT*. La proportion de parcelles «dégradées» passe de 41,4 % à 65,5 % ($\pm 0,15$) dans le scénario *SSQ* et 67,8% pour le scénario *SDT*. En outre, la proportion des zones «très dégradées» serait doublée dans les deux situations. Ces résultats ne montrent aucune différence majeure entre les deux systèmes de gestion. La projection future de l'état actuel des usages, des comportements des locaux et la tendance de la dégradation de la forêt semblent être identique au cas d'un désengagement complet des acteurs locaux simulé dans le scénario *SDT*.

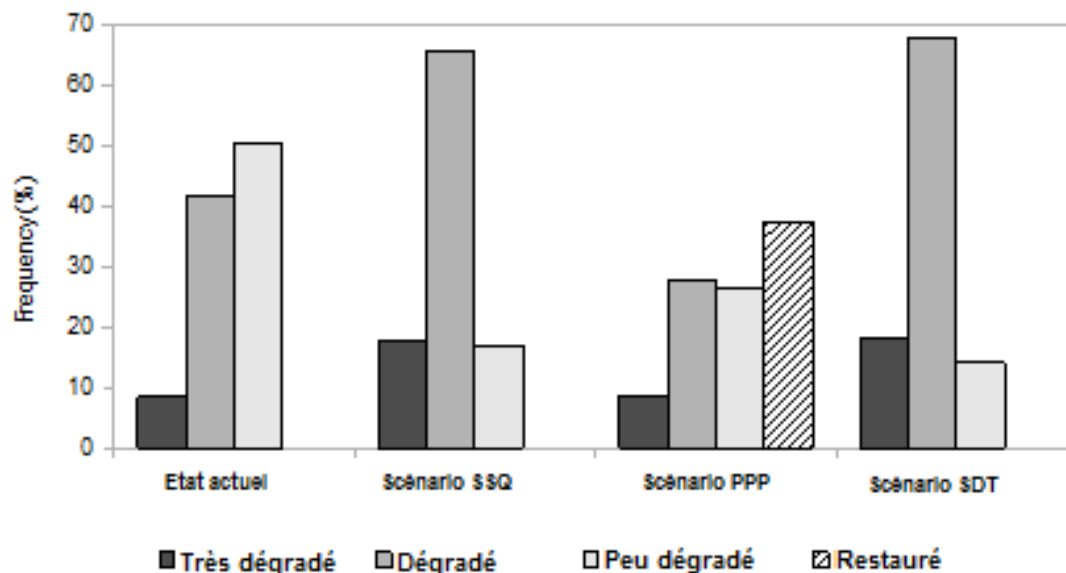


Figure 4. Distributions de fréquences l'état actuel des peuplements d'arganier et des stades de dégradation simulés après 30 ans.

À l'inverse, dans le scénario *PPP*, le total des zones « peu dégradées » et « restaurées » pourrait augmenter de 63,7% (0,004). Ce changement provient principalement des zones «dégradées» ($27,5\% \pm 0,004$). Les zones «très dégradées» pourraient augmenter légèrement de 8,4% à 8,7% (0,001).

Bien que les matrices de transition des stades de dégradation soient les mêmes pour les trois scénarios, les résultats de la simulation donnent un avantage clairement exprimé au scénario *PPP*. Le rétablissement de la confiance entre les agents forestiers et les acteurs locaux en incitant la population locale à prendre en charge la gestion de ses propres forêts pourrait jouer en faveur d'une meilleure conservation de l'arganeraie. Néanmoins, il est également intéressant de noter que le risque de

dégradation devient plus élevé pour les parcelles qui ne sont pas possédées selon la théorie de la tragédie des biens communs. De telles zones doivent être sans opposition le domaine d'action des agents forestiers afin d'installer des périmètres de reboisement et de mieux concentrer leur contrôle sur ces terrains.

6. Discussion

Les trois scénarios simulent trois niveaux de l'implication de la population. Ils ont abouti à des résultats contrastés indiquant des différences significatives dans le niveau de conservation des peuplements forestiers mesuré par la densité des arbres et par le niveau de dégradation qualitative des peuplements arganier. L'implication de la population locale dans un cadre de cogestion pourrait servir à la plantation de forêts et à mieux contrôler la dégradation. La dynamique de possession simulée dans ce scénario (PPP) concerne 48 % de la zone étudiée et contribue au repeuplement de l'arganeraie («la plantation par pieds d'arbre») d'au moins 25 arbres/ha en trente ans. Cet accroissement de la densité des arbres permettrait d'injecter un supplément de revenu annuel moyen de 2000 à 3700 dh/ha tiré uniquement de la vente des noix d'argan, outre les autres biens et services produits par l'arganeraie.

Dans ce cadre de PPP, deux types de boisement pourraient être installés à savoir d'une part, «la plantation par pieds d'arbre» dans les parcelles possédées par les usagers et d'autre part, les «périmètres de plantation» comme opération de reboisement classique installée par l'administration forestière. Il offrirait également plus de latitude aux agents forestiers d'asseoir ces périmètres de reboisement avec moins d'hostilité des populations locales.

Le scénario du statu quo (SSQ) semble être sans impact positif majeur sur la conservation de la forêt. La dynamique actuelle de la dégradation qualitative de la forêt semble se poursuivre et le taux de changement des faciès «dégradé» et «très dégradé» pourrait s'élever respectivement à 58% et 108%. Les résultats de dégradation simulée dans ce scénario semblent être semblables à ceux du troisième scénario catastrophe (SDT). Celui-ci se base sur l'hypothèse d'un désengagement total de la population pour la conservation et la gestion de leurs forêts. Une telle situation pourrait se produire lorsqu'il y a une dévalorisation du prix de l'huile d'argan ou lorsque les revenus provenant de l'arganier deviennent nettement plus faibles par rapport à d'autres activités venant principalement de la diversification vers des activités non agricoles.

Au-delà de ces comparaisons quantitatives des résultats des trois scénarios de la politique forestière, le modèle développé est spatialement explicite et établit un véritable système d'aide à la décision pour trois aspects différents. En effet, il simule la dynamique de possession des parcelles d'arganier et des changements dans l'état de dégradation comme une réponse à la question «si la population locale dispose de plus de latitudes dans l'exercice des droits actuels et des incitations économiques pour la plantation d'arbres d'arganier ». Il pourrait être utilisé comme un support de planification afin d'évaluer les scénarios et alternatives probables de la gestion future de l'arganeraie. Les résultats du modèle traduisent aussi sur une échelle quantitative la perception des ménages du territoire et leurs prétentions pour la possession. Enfin, il constitue également un système d'alarme pertinent pour l'identification des zones prioritaires à la conservation.

L'approche utilisée permet de surmonter plusieurs problèmes souvent rencontrés dans les méthodes de modélisation cellulaire :

- Assurer le lien explicite entre les agents à l'unité de gestion spatiale qui leur revient.
Cette connexion entre les agents et les unités spatiales a été établie avec succès en considérant les deux principaux agents chargés de la prise de décision : l'agriculteur (usager) et l'agent forestier. Le premier agent fait un processus de sélection et détermine à quel moment sera mise en œuvre la possession. Cette décision est également influencée par le niveau de rareté des parcelles arganier matérialisant un outil de communication entre les usagers. Le second agent (les agents forestiers) est chargé de l'exécution des politiques étatiques et de gérer l'arganeraie. Son rôle est incorporé dans le modèle via les trois décisions de la politique foncière et la négociation de l'application des exigences requises pour l'utilisation et la conservation des parcelles d'arganier.
- Néanmoins, le modèle est plutôt élaboré pour les zones de montagne où la valeur agricole des terres est marginale et l'intensification de l'agriculture est limitée par le manque de l'eau et les conditions topographiques accidentées. Le modèle se base également sur l'hypothèse que le revenu tiré des arganiers (huile d'argan, offre pastorale) est au moins équivalent à celui gagné à partir des autres activités agricoles et non agricoles. Si cette hypothèse est réaliste dans la région des Haha, elle est par contre difficile à vérifier dans les arganeraies les plus continentales (Taroudant et Aoulouz) ou dans la partie sud (Tafraout et Ighrem) où le revenu de l'arganier est moins important que d'autres revenus non agricoles. Dans la plaine de Souss, avec la déprise agricole qui touche actuellement plusieurs exploitations agricoles, le modèle pourrait être adopté à

titre indicatif pour simuler l'adhésion des exploitations agricoles à la domestication des plantations d'arganier pour une production intensive de l'huile d'argan. À l'image de ce qu'on peut déjà l'observer pour certaines exploitations agricoles à Boulfaa et Sebt Guerdane.

- En Perspectives, afin d'améliorer les résultats de l'étude d'impact de la politique de partenariat public/privé, le modèle peut incorporer d'autres dynamiques pour simuler l'effet des facteurs de changement naturels et socio-économiques possibles. Il s'agit de (i) la démographie qui semble suivre une dynamique décroissante dans la zone étudiée, (ii) l'intégration du changement climatique qui semble être marqué par une aridité croissante et (iii) l'impact exponentiel du vieillissement des peuplements de l'arganier sur le dépérissement et la baisse de densité des arbres.

7. Conclusion

Plusieurs auteurs soulignent l'échec des efforts de développement directifs de type top down, le modèle participatif voire partenarial s'est peu à peu imposé comme moyen d'acceptation sociale des projets de conservation voire de restauration des ressources naturelles. Ce modèle de cogestion se greffe le plus souvent sur un corpus de savoirs locaux comme garantie de la gestion durable des milieux ou des ressources.

Dans ce travail, c'est dans l'arganeraie que nous avons testé avec succès les répercussions d'une nouvelle stratégie d'aménagement basée sur le partenariat public-privé. Un socio-écosystème qui a également servi comme plateforme de valorisation des savoirs traditionnels, associée à un objectif de conservation de la biodiversité. Il faut, néanmoins, noter que l'arganeraie reste un cas particulier d'une ressource où ce modèle de partenariat pourrait être appliqué facilité par plusieurs éléments agroécologiques, économiques et anthropiques. L'application généralisée de ce modèle de gestion ne serait pas confrontée aux mêmes difficultés ; et ce, suivant le type de la ressource et du marché en jeu, les organisations locales impliquées, le modèle participatif institué, et enfin l'arsenal législatif national d'accès aux ressources.

Références bibliographiques

Adeel, Z. et al., 2005. Ecosystems and human well-being: desertification synthesis. A report of the Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington.

- Aronson, J. et al., 2010. Are socioeconomic benefits of restoration adequately quantified? A meta-analysis of recent papers (2000–2008) in restoration ecology and other 12 scientific journals. *Restoration Ecology*, 18: 143–154.
- Aronson, J., Clewell, A.F., Blignaut, J.N. and Milton, S.J., 2006. Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation*, 14(3-4): 135-139.
- Aronson, J., Floret, C., Le Floch, E., Ovalle, C. and Pontanier, R., 1993. Restoration and Rehabilitation of Degraded Ecosystems in Arid and Semi-Arid Lands. I. A view from the South. *Restoration Ecology* (scanned document): 8 - 17.
- Auclair, L., 2010. La forêt rurale au Maroc : Haut Atlas central et arganeraie. Identité, enjeux du développement durable, résilience de la forêt rurale. Compte rendu de fin de projet POPULAR, IRD.
- Aziz, L., 2012. Valorisation du savoir local pour une cogestion conservatoire de l'arganeraie marocaine. PhD thesis Thesis, Faculté des Sciences, Université de Liège, 273 pp.
- Bardhan, P., 1993. Symposium on Management of Local Commons. *Journal of Economic Perspectives*, 7(4): 87-92.
- Blignaut, J. et al., 2013. Establishing the links between economic development and the restoration of natural capital. *Current Opinion in Environmental Sustainability*.
- Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., Pywell, R.F. and Rey-Benayas, J.M., 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends Ecol Evol*, 26(10): 541-9.
- Comín, F.A., 2010. *Ecological Restoration: a Global Challenge*. Cambridge University Press.
- Cortina, J. et al., 2011. On the restoration of degraded drylands. *Sécheresse*, 22: 69-74.
- Cristofoli, S. and Mahy, G., 2011. Restauration écologique : contexte, contraintes et indicateurs de suivi. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(1): 203-211.
- Dobson, A.P., Bradshaw, A.D. and Baker, A.J.M., 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science* 277(5325): 515 - 522.
- Dutoit, T., 2011. Ecological restoration of Mediterranean ecosystems: specificities, hopes and limits. *International Journal of Mediterranean Ecology*, 37(2) (Special issue, 7th SER European Conference on Ecological Restoration, 23-27 August 2010, Avignon, France).
- Ehrenfeld, J.G., 2000. Defining the Limits of Restoration: The Need for Realistic Goals. *Restoration Ecology*, 8(1): 2-9.
- Galvin, M., 2004. *La Reconnaissance métisse: une analyse de la politique de protection des connaissances traditionnelles au Pérou*, Université de Genève, Suisse, 410 pp.
- Hardin, G., 1968. The tragedy of the commons. *Science*, 162(3859): 1243-8.
- Hobbs, R.J. and Harris, J.A., 2001. Restoration ecology: repairing the Earth's ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*, 9: 239 - 246.
- Homer-Dixon, T.F., 1994. *Environmental Scarcities and Violent Conflict: Evidence from Cases*, Peace and Conflict Studies Program, University of Toronto International Security, pp. 5-40.

- Jack, B.K., Kousky, C. and Sims, K.R., 2008. Designing payments for ecosystem services: Lessons from previous experience with incentive-based mechanisms. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105(28): 9465-70.
- Lake, P.S., 2001. On the maturing of restoration: linking ecological research and restoration. *Ecological Management and Restoration*, 2: 110-115.
- Le Houérou, H.N., 1995. Considérations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sécheresse* 6: 167-182.
- Lefhaili, A., 2010. *FAO Forest Resources Assessment : Morocco Country Report*, Rome: FAO.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, DC.
- Ministère chargé des eaux et forêts, 1999. *Inventaires forestier national, rapport de synthèse*, 37 p.
- Nugent, J.B., 1993. Between state, markets and households: A neoinstitutional analysis of local organizations and institutions. *World Development*, 21(4): 623-632.
- Ostrom, E., 2010. *Gouvernance des biens communs. Pour une nouvelle approche des ressources naturelles*. Révision scientifique : Laurent Baechler 978-2-8041-6141-5- Co-édition De Boeck et Nouveaux-Horizons - édition Planète en jeu., 301 pp.
- Pinton, F. and Grenand, P., 2007. Savoirs traditionnels, populations locales et ressources globalisées. In : Aubertin Catherine (ed.), Pinton Florence (ed.), Boisvert Valérie (ed.). *Les marchés de la biodiversité*. Paris : IRD. ISBN 978-2-7099-1636-3, pp. 165-194.
- Romagny, B., 2009. Des souks aux marchés internationaux. La valorisation économique de l'huile d'argan marocaine : un cas d'école des contradictions du développement durable, Colloque international « localiser les produits »; 9,10 et 11 juin 2009, UNESCO-Paris.
- Safriel, U. and Adeel, Z., 2005. *Dryland systems., Ecosystems and human well-being, current state and trends*, Washington, pp. 625-658.
- Simenel, R. et al., 2009. L'argan : l'huile qui cache la forêt domestique. De la valorisation du produit à la naturalisation de l'écosystème. *Autrepart* (50): 51-74.
- Society of Ecological Restoration (SER) International Science & Policy Working Group, 2004. *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Tucson, AZ. www.ser.org.
- UNCCD, 2012. *Incentive and market-based mechanisms to promote sustainable land management: framework and tool to assess applicability*. Global Mechanism, pp. 77.
- Yin, R. and Zhao, M., 2012. Ecological restoration programs and payments for ecosystem services as integrated biophysical and socioeconomic processes—China's experience as an example. *Ecological Economics*, 73: 56-65.

Etude de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Ourika entre 1984 et 2014

Abdellatif Khattabi⁽¹⁾, Said Lahssini⁽¹⁾, Reda Rihane⁽²⁾ et Nabil Rifai⁽²⁾

Résumé

Le bassin versant de l'Ourika (BVO) a connu une série d'inondations catastrophiques, à l'issue desquelles de nouvelles orientations pour l'aménagement de l'espace naturel ont été édictées. Cette étude a pour objectif d'évaluer la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol au niveau du bassin versant suite aux nouvelles orientations de l'aménagement du BVO. Des cartes d'occupation du sol de 1984, 2000 et 2014 ont été élaborées et ont fait l'objet d'une comparaison post-classificatoire pour produire des cartes et des matrices de changements. Les résultats de cette étude montrent que le couvert végétal a subi une dégradation très accélérée au cours de la période 1984-2000. Le couvert forestier a régressé au cours de de cette période de près de 20,19 % par rapport à la superficie forestière initiale. Pour la période 2000 à 2014, la couverture forestière a augmenté de 21,28 %. Pendant cette même période, les sols nus ont régressé de près de 25,14% par rapport à leur superficie en 2000. Les choix en termes d'aménagements de lutte antiérosive, conjugués à la dynamique territoriale qu'avait connu la zone pendant les dix dernières années ont permis d'alléger la pression sur les ressources forestières et par conséquent, la reconstitution des écosystèmes forestiers au niveau du BVO.

Mots clés : Bassin versant, Ourika, Occupation du sol, télédétection, couvert végétal, changement.

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé

² Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts

1. Introduction

La pression anthropique conjuguée à un bilan hydrique de plus en plus défavorable (aridité croissante) sont considérés comme des facteurs de dégradation de la forêt dans les milieux fragiles (Narjisse *et al.*, 2001). Dans une perspective de changement climatique, cette dégradation s'aggraverait davantage et on s'attendrait, dans l'avenir, à la migration de certaines espèces végétales en latitude ou en altitude dans les écosystèmes forestiers au Maroc (Narjisse *et al.*, 2001 ; World Bank, 2013).

Si les situations de dégradation caractérisent la majorité des écosystèmes marocains, certains événements particuliers peuvent amplifier ou/en inverser les tendances. En effet, le bassin versant de l'Ourika (BVO) constitue un bel exemple de cette situation. Caractérisé par sa vulnérabilité avérée au phénomène de changement climatique (Babqiqi et Messouli, 2013 ; Salama *et al.*, 2010), ce bassin a été marqué par la récurrence d'événements hydrologiques extrêmes avec des crues dont les débits de pointe peuvent atteindre : 650, 823, 1030 et 762 m³/s respectivement constatés au cours des années 1984, 1987, 1995 et 1999. Les pertes associées à ces événements ont attiré l'attention des pouvoirs publics (Saidi *et al.*, 2006 ; El Alaoui El Fels et Saidi, 2014) et ont été sous-jacentes à l'adoption de nouvelles orientations de gestion de l'espace et des ressources forestières. Ainsi, après la crue catastrophique de 1995, le département chargé des Eaux et Forêts (AEFCS) a mis en place un projet de développement dudit bassin. L'AEFCS a installé des dispositifs de lutte antiérosive, a procédé à des reboisements de protection, à des travaux d'amélioration sylvo-pastorale et à la régénération des forêts et a proscrit les exploitations forestières régulières au niveau du BVO (HCEFLCD, 2002). Si ces orientations de gestion et interventions de terrain ont été saluées, l'évaluation de leurs impacts sur la reconstitution des écosystèmes naturels et sur leurs effets modérateurs en matière de limitation de l'impact dévastateur des crues n'a pas été réalisée. C'est ainsi que la présente étude sous-tend évaluer la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol pour apprécier l'impact des interventions et aménagements entrepris au niveau du BVO. L'évolution de l'occupation du sol est basée sur des observations directes de terrain et sur l'analyse multi-dates des images satellitaires pour détecter le changement du couvert végétal.

La détection du changement et la mise à jour de la cartographie forestière capitalisent sur les avancées de la télédétection (Exilien, 2013 ; Hammi *et al.*, 2007 ; Lecerf, 2008 ; Kermadi, 2011 ; etc.) et s'inscrivent dans trois grandes catégories : (1) interprétation visuelle, (2) analyse raster et (3) approches orientées objets (Desclé *et al.*, 2006). Si l'interprétation visuelle est largement utilisée en foresterie, la réplique de ses

résultats semble être difficile et dépendent de l'interprète (Coppin *et al.*, 2004). La classification basée-pixel classe les images en utilisant les informations spectrales contenues dans l'image en considérant les ressemblances spectrales avec les classes d'occupation prédéfinies (Gao *et al.*, 2006). Les pixels sont classés individuellement (Coppin *et al.*, 2004). L'analyse d'images basée objet est une alternative à la méthode traditionnelle basée-pixel (Dean *et al.*, 2003) qui combine l'analyse contextuelle de l'interprétation visuelle aux aspects quantitatifs des approches basées pixels ; plus encore la segmentation réduit les variations spectrales locales et concoure à une meilleure discrimination des types de couvert (Lobo, 1997).

Plusieurs revues des analyses basées pixels ont été réalisées (Coppin & Bauer, 1996; Lu *et al.*, 2004, Shaoqing, 2008; Lu *et al.*, 2010). Ces analyses comptent parmi les techniques les plus utilisées et dans lesquelles, la détection du changement se base sur des : i) méthodes binaires détectant présence/absence du changement comme la différence d'images, le rapport d'images, l'analyse en composantes principales et la régression linéaire ; et ii) méthodes identifiant la nature du changement telles que la comparaison post-classification, la détection de changements hybrides et l'analyse des vecteurs de changements (Lu *et al.*, 2010).

Dans cette étude, l'évaluation de l'évolution du couvert forestier dans le BVO sur une période de trente ans (1984-2014) a été réalisée en se basant sur l'approche basée pixel.

2. Zone d'étude et méthodologie

2.1. Zone d'étude

Le bassin versant de l'Ourika (figure 1), zone d'étude du présent travail, couvre une superficie de 576 km². Il est situé entre les latitudes 31° et 31°21' Nord et les longitudes 7°30' et 7°60' Ouest. Il est limité au Sud par le haut bassin de l'Oued Souss, au Nord par la plaine du Haouz, à l'Est par le bassin versant de Zat et à l'ouest par le bassin versant de la Rhéraya.

L'altitude moyenne du bassin est 2 500 m. Le point culminant atteint 4001m (Jbel Ifrouane), l'exutoire du bassin est situé à 848 m d'altitude. La classe d'altitude dominante est comprise entre 1 600 et 3 200 m. Le bioclimat de la zone est semi-aride à variante fraîche. Le maximum des précipitations est enregistré pendant l'hiver et le printemps (Saidi *et al.*, 2012). L'été est caractérisé par de forts orages provoquant des pulsations brutales du cours d'eau. La couverture végétale du bassin est composée de forêts de chêne vert, genévrier rouge, thuya, lentisque et oléastre (Ouhammou, 1986).

Dans la haute montagne des matorrals de xérophytes épineux et d'hémicryptophytes d'altitude en plus de quelques pieds de genévrier thurifère sont rencontrés.

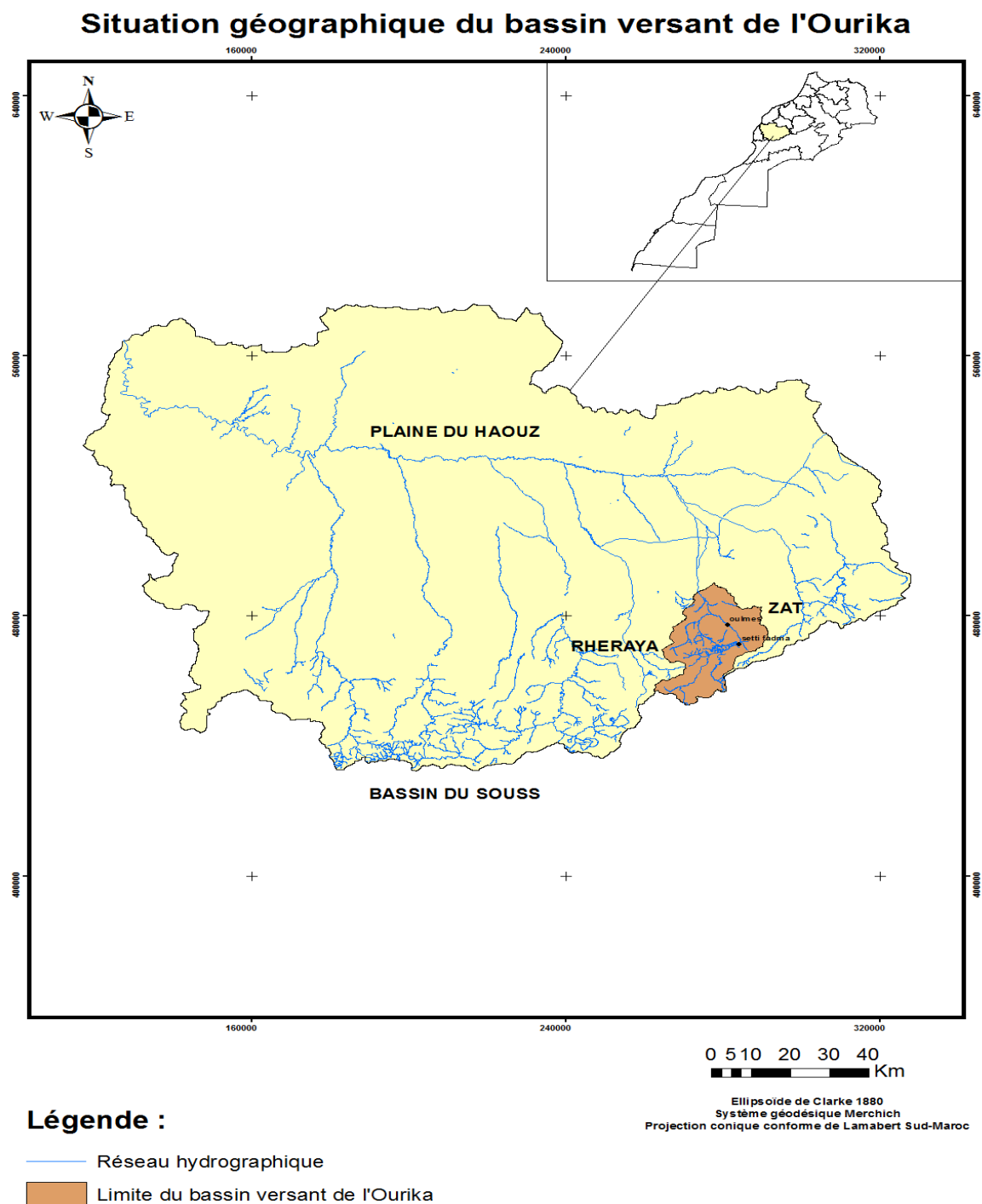


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de l'Ourika.

2.2. Méthodologie

2.1.1. Données mobilisées et classification des images

Les données utilisées sont essentiellement les informations sur l'occupation du sol, récoltées sur le terrain, et des données spatiales comprenant des images satellitaires et une carte topographique (1:100 000). Les images satellitaires utilisées sont les images Landsat 5 (ETM); 7 (ETM+) et 8 (OLI), de résolution 30x30, correspondant aux dates 26/09/1984 ; 12/07/2000 et 27/07/2014, respectivement. Le traitement de données et l'habillage des cartes produites ont été réalisés par les logiciels ENVI 5.0 d'EXELIS et ArcGis d'ESRI.

Les images ont été corrigées, géoréférencées et projetées au système de coordonnées de référence de la zone Merchich Sud du Maroc (projection Lambert conique conforme, Maroc-zone 2). La classification des images s'est basée sur l'approche supervisée par application de l'algorithme du maximum de vraisemblance.

Les sites d'entraînement ont été choisis de manière visuelle en se basant sur la composition colorée de chaque image et sur les données de l'Inventaire Forestier National (IFN) de 1994 (MCEF, 1999). Des points de contrôle aux endroits critiques, où deux types d'occupation du sol pourraient être confondus lors du procédé de classification, ont été installés (Richards et al., 2005). Ces polygones, levés sur le terrain, ont constitué des sites d'entraînement. Ils ont permis de vérifier les classifications des cartes d'occupation du sol et d'établir des cartes de changements définitifs (Lecerf, 2008).

La discrimination de la classe « sol nu » a été facilitée par le calcul de l'indice de brillance (Eq. 1) et de l'indice TSAVI (Eq. 2). Toutefois, la détermination des autres classes a été renforcée par le calcul du recouvrement à base de l'indice NDVI (Eq. 3).

$$IB = \sqrt{R^2 \times PIR^2} \quad (\text{Eq. 1});$$

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$TSAVI = \frac{a(NIR - aR - b)}{R + a(NIR - b) + 0.08 \times (1 + a^2)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec : R, PIR : respectivement bandes rouges et proches infrarouge ; a et b, respectivement, la pente et l'intercept de la droite du sol ($NIR_{sol} = aR_{sol} + b$).

La carte d'occupation de 1984, établie sur la base d'une image Landsat 5, a consisté en six unités cartographiques comportant : (i) *forêts denses* : formation végétale dont le recouvrement de la strate arborée et arbustive est supérieur à 66 % et la strate herbacée y est plus ou moins importante. Il s'agit de formations de chêne vert, genévrier rouge, thuya, lentisque et l'oléastre ; (ii) *forêts moyennement denses* : représentent les stades de dégradation de la forêt naturelle (strate forêt dense) dont le recouvrement est compris entre 33 et 66 %; (iii) *forêts claires* : c'est le stade de dégradation de la forêt naturelle où le recouvrement de la strate arborée et arbustive est compris entre 10 et 33 % ; (iv) *cultures en terrasses + Arboriculture* : ce sont des terrains plantés en arbres fruitiers (oliviers, rosacées, etc.) avec des cultures irriguées en terrasses ; (v) *sol nu* : regroupe les affleurements rocheux et les espaces bétonnés ; et (vi) *matorral et vides asylvatiques* : la végétation arborée y est absente à cause du froid et de la neige. Les formations végétales qui s'y développent sont des steppes de xérophytes épineux en coussinets et des hémicryptophytes d'altitude.

La carte d'occupation du sol de l'année 2000, basée sur une image Landsat 7, comporte les mêmes classes d'occupation des sols qu'en 1984. Celle de 2014, basée sur une image Landsat 8, comporte de nouvelles classes d'occupation du sol, soit un total de 10 classes. Le regroupement de certaines de ces classes a pu constituer des sous classes des 6 autres classes définies pour les cartes de 1984 et 2000. Une campagne de terrain a permis de valider les cartes établies. La précision de la classification a été appréciée par l'exploitation de la matrice de confusion et par le calcul de la précision globale de la classification, du coefficient Kappa et des erreurs d'omission et de commission (Lillesand et al., 2004).

2.1.2. Détection du changement

La détection de changements, entre deux dates, a été réalisée sur la base de la soustraction d'images (Li et al., 2008). Une matrice de changements est ainsi générée. Cette matrice carrée décrit, de manière condensée, les changements d'état d'occupation du sol pendant la période considérée (Zanini et al., 2006 ; Bamba et al., 2008; Inoussa et al., 2011). Elle renseigne sur la nature du changement et son intensité, mais ne fournit aucune information sur sa distribution spatiale ni sur ses causes (Zanini et al., 2006).

L'analyse composite ou la classification multi dates qui se base sur différentes images dans une analyse agrégée n'a pas été adoptée du fait que cette technique semble être dépendante de la scène (Lyon et al., 1998; Rogan et al., 2003) et n'est pas directement applicable avec d'autres images satellitaires (Desclé et al., 2006).

Vu que les dates d'acquisitions des images utilisées sont anciennes, il était difficile de collecter la vérité terrain pour évaluer la détection de changements. Pour pallier à cette contrainte, nous avons utilisé l'interprétation visuelle des images. Des échantillons ont été choisis de façon à assurer une bonne couverture de la zone (une trentaine d'échantillons par strate) et à couvrir les endroits où deux types d'occupation du sol pouvaient être confondus.

3. Résultats et discussions

L'analyse de la dynamique spatiale au niveau du bassin versant de l'Ourika est basée sur la réalisation des cartes d'occupation du sol aux trois dates considérées et sur la comparaison de l'évolution des différentes unités d'occupation préalablement définies (forêt dense, forêt moyennement dense, forêt claire, sol nu, cultures en terrasses, et Matorral et vides asylvatiques).

3.1. Etat de l'occupation des sols entre 1984 et 2014

L'occupation des sols de 1984 montre que plus de la moitié de la superficie du bassin versant était un matorral et des vides asylvatiques (55,50 %), l'autre moitié était, en grande partie, couverte de forêts soit près de 32,45 % de la superficie du bassin versant, dont 6,93 % est constitué de forêts denses, 13,04 % moyennement denses et 12,48 % de forêts basses et claires. Les sols nus occupaient 10,54 % du bassin versant. Les terrains agricoles ne couvraient que 1,51 % de la superficie du bassin versant et sont localisés essentiellement le long des vallées.

En 2000, le couvert forestier a régressé et ne couvrait que 25,89 %. Les forêts claires, sols nus et terrains agricoles ont augmenté de superficie.

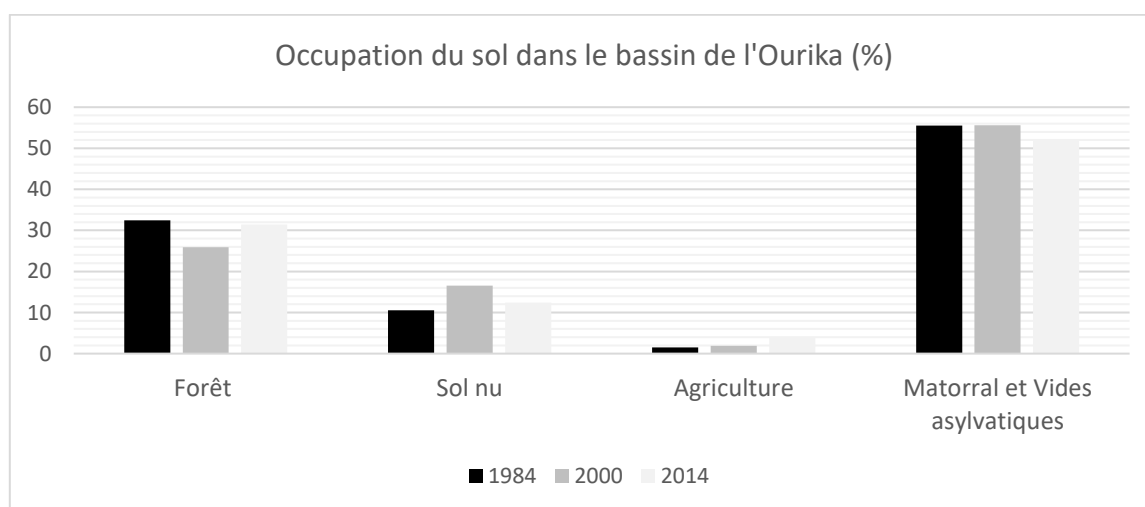


Figure 2. Occupation du sol dans le bassin de l'Ourika (%)

En 2014, une dynamique progressive des ressources forestières est perceptible. La couverture forestière a atteint 31,41 % par rapport à la superficie du bassin versant, soit une augmentation de 5,52 % par rapport à 2000. Par ailleurs, les terrains agricoles ont gagné l'altitude au centre Ouest de la zone.

La forêt a régressé pour passer de 32,45 % en 1984 à 25,89 % en 2000. En 2014, la superficie forestière a représenté 31,41 % de la superficie du bassin versant. Les sols nus ont passé de 10,54 % en 1984 à 16,58 % en 2000. Ils ont connu par la suite une diminution pour atteindre 12,41 % en 2014. La surface agricole a évolué de 1,51 % en 1984 à 3,91 % en 2014.

Les classifications réalisées, appréciées au moyen du coefficient de Kappa, de la précision globale et pour chaque classe des erreurs d'omission et de commission, sont fortement cohérentes avec les observations terrain ; soit un kappa $>0,8\%$. Les erreurs de commission n'excèdent pas 26,87 % pour la classification de 1984, 27,59 % pour celle de 2000 et 24,11 % pour 2014, tandis que les erreurs d'omission sont de l'ordre de 28,42 %, 40,56 % et 29,04 % respectivement pour les classifications de 1984, 2000 et 2014. Il en découle qu'il n'y a pas de grandes confusions entre les classes et que les résultats des classifications sont acceptables pour apprécier le changement dans la zone.

3.2 Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols entre 1984 et 2014

Au cours de la période 1984-2000, 57,5 % du bassin versant n'a pas subi de changement. Il s'agit des zones situées en amont du bassin. Les changements enregistrés sont à prédominance négatifs sur près de 22.50 % de la superficie du bassin et concernent essentiellement la régression de trois strates de la forêt au niveau des communes d'Ourika, Sti Fadma et Oukaimden. 20 % de la superficie du bassin versant a connu des changements positifs le long de la vallée consistant en la progression des terrasses agricoles et l'augmentation des sols nus dans la partie centre-Ouest du bassin versant.

Les changements intervenus entre 1984 et 2000 se sont produits principalement dans la commune rurale de Sti Fadma. Plus du tiers du couvert végétal dense a disparu au profit de la strate moyennement dense et de la strate claire. Ces dernières ont gagné 1153 ha et 836 ha, respectivement. La strate dense a gagné 532 ha au détriment du couvert moyennement dense et 162 ha aux dépens de terrains agricoles.

La strate moyennement dense a régressé de 40,93 % en 2000 en comparaison à la superficie occupée en 1984 au profit de la strate claire. Ce changement est enregistré au niveau des communes d'Ourika, Sti Fadma et Oukaimden. Aussi, les sols nus ont

augmenté au dépens de la strate claire de près de 57,33% par rapport à la surface occupée en 1984 et ce, principalement au niveau des communes de Sti Fadma et Oukaimden.

Les changements au cours de la période (1984-2000) s'expliquent d'une part, par les sécheresses répétées que le bassin versant de l'Ourika a connues et qui ont induit la perte du couvert végétal et la surexploitation des ressources forestières pour subvenir aux besoins alimentaires des cheptels et pour compenser les pertes de revenus agricoles.

Entre 2000 et 2014, 75,86 % de la superficie du bassin n'a subi aucun changement. Environ 16,37 % de la superficie a connu une évolution, au niveau de la partie centrale du bassin versant, et concerne les strates de forêt claire et moyennement dense et des terrasses agricoles au niveau de la montagne. Par contre, 7,77 % de la superficie répartie sur toute la zone a connu un changement négatif, soit la régression des sols nus.

La strate dense a régressé de 11,19 % par rapport à la surface occupée en 2000, soit 0,48 % de la superficie du bassin versant. Quant à la strate moyennement dense, elle a gagné 36,91 % de la superficie par rapport à l'année 2000, de même pour la végétation claire qui a gagné 22,55 %. Ces changements se sont produits sur le territoire des trois communes Ourika, Sti Fadma et Oukaimden.

Les terrains de cultures ont progressé de 107,60 %. Ils traduisent la dynamique d'anthropisation que connaît le bassin versant d'Ourika (2,03 % de la surface du bassin convertie en terrains de cultures sur une période de 14 ans). Si ces terrains ont été localisés le long des vallées auparavant, ils ont commencé à gagner de l'altitude par rapport à l'an 2000.

Les changements de l'occupation du sol survenus entre 2000 et 2014, s'expliquent d'une part par l'intervention du département chargé des eaux et forêts dans la zone. En effet, l'arrêt des exploitations forestières et la réalisation de plusieurs travaux de reboisements a permis d'améliorer le couvert forestier (HCEFLCD, 2002). D'autre part, la dynamique socio-territoriale au niveau de la zone, caractérisée par l'affluence touristique où l'on dénombre plus de 8 000 visiteurs en moyenne par jour en 2014 durant les périodes de vacances (ElMalki, 2015), a engendré le développement de nouvelles formes de production et de services autres que la pratique de l'agriculture et l'élevage. Ceci a permis de diversifier les sources de revenus des populations locales et d'alléger la pression sur les ressources forestières (Bouarais, 2015).

Durant la période 1984-2014, 52,43 % de la superficie du bassin n'a subi aucun changement. La grande part des changements, soit près de 31,2 % de la superficie du bassin versant, consiste en le recul des strates dense et moyennement dense dans la partie Nord-Est du bassin. Environ 16,37 % du bassin versant a connu des changements positifs, il s'agit de l'extension des terrains agricoles le long des vallées, et des sols nus au niveau de la zone Ouest du bassin versant.

Les changements intervenus entre 1984 et 2014 montrent la disparition de plus de 45% de la couverture forestière dense au profit de la strate moyennement dense, de la strate claire et des terrains agricoles. Ces changements ont eu lieu au niveau de la commune d'Ourika.

La superficie de la strate moyennement dense, a régressé de 19,12 % par rapport à 1984. Ce recul s'est produit en grande partie au profit de la strate claire et a été constaté au niveau des deux communes rurales d'Ourika et Oukaimden. La strate claire a connu une évolution importante pendant les trente années étudiées, soit une augmentation de 36,90 % entre 1984 et 2014. Cette période a été aussi marquée par la forte évolution de la superficie agricole ; Soit une évolution de près de 157,56 %. Elle s'est faite essentiellement au détriment de la strate claire et en grande partie au niveau de la vallée.

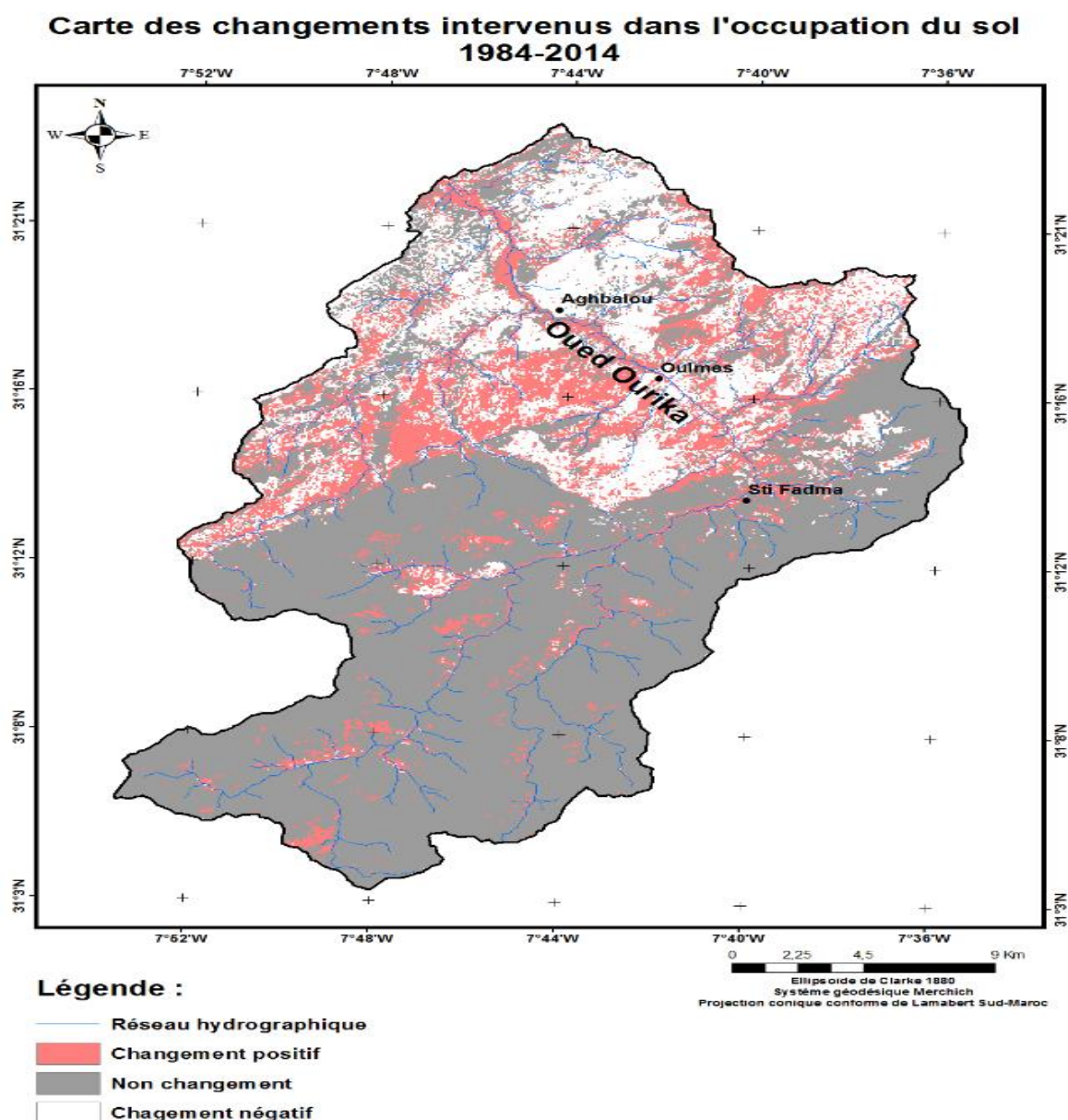


Figure 3. Carte des changements de l'occupation des sols dans le bassin versant de l'Ourika

Au cours de la période 1984-2014, la zone a connu une dynamique régressive du couvert végétal avant les années 2000. Par la suite, la mise en place de plantations nouvelles et d'aménagements anti érosifs et d'atténuation des écoulements a favorisé une dynamique de restauration du couvert forestier. Cependant, malgré l'évolution positive du couvert végétal constatée en 2014, ce couvert n'a pas pu atteindre son niveau (densité, couvert, ...) d'avant 1984.

4. Conclusion

Suite aux crues catastrophiques qu'avait connues le bassin versant de l'Ourika pendant les années 90, un nouveau mode de gestion des ressources forestières y a été instauré. Ceci associé à la dynamique socio-spatiale dans la zone a façonné les systèmes de production dans la zone et s'est traduit par l'évolution du couvert forestier. Les superficies forestières ont fortement régressé de 1984 à 2000 ; mais, grâce aux aménagements forestiers réalisés suite la crue catastrophique de 1995, ces superficies ont connu une certaine évolution progressive depuis cette date sans toutefois atteindre en 2014 le niveau de référence de 1984. Il s'avère donc que les choix du gestionnaire forestier, conjugués à la dynamique socio-spatiale qu'avait connue la zone pendant les quatorze dernières années ont permis d'alléger la pression sur les ressources naturelles et par conséquent ont contribué la reconstitution des écosystèmes naturels au niveau du bassin versant.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet GIREPSE financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), Canada.

Références bibliographiques

- Bamba I., Mama A., Neuba DF., Koffi KJ., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. et Bogaert J., 2008. Influence des actions Anthropique sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, VOL. 5, N 1, pp. 49-60.
- Blaschke T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65 (2010) 2–16
- Bonn F., Rochon G. et Caloz R., 2007. Précis de télédétection : Principe et méthodes, Vol.1, presse de l'université du Québec, Québec.
- Bouarais S., 2015. Contribution à la compréhension des enjeux environnementaux et des jeux d'acteurs qui conditionnent l'exploitation et la gestion des ressources naturelles dans le bassin versant de l'Ourika. Mémoire de 3ème cycle. Aménagement des Forêts. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs.
- Coppin, P. R., Bauer, M. E. 1996. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery. *Remote sensing reviews*, 1996, vol. 13, no 3-4, p. 207-234.
- Coppin P., Jonckheere I., Nackaerts K. et Muys B., 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *Int. Journal of Remote Sensing* 25(9), pp. 1565-1596.
- Dean A.M. et Smith G.M., 2003. An evaluation of per-parcel land cover mapping using maximum likelihood class probabilities. *Int. Jour. of Remote Sensing*, 24, pp. 2905-2920.

- Descellé B., Bogaert P., Defourny P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment* 102 (2006) 1–11
- El Alaoui El Fels A. et Saidi M.E.M., 2014. Simulation et spatialisation du risque d'inondation dans une vallée anthropisée, le cas de la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc). *European Scientific Journal*, June 2014 edition, vol.10, No.17, ISSN: 1857 – 7881.
- ElMalki O., 2015. Contribution à la compréhension des enjeux et défis liés à l'utilisation des ressources par l'activité récréative dans la vallée de l'Ourika. Mémoire de 3ème cycle. Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs. Maroc.
- Exilien M., 2013. Evolution de l'occupation du sol de 2002 à 2010 et risques hydrologiques cas du versant nord du morne l'hôpital (Port-au-Prince, Haïti). Mémoire de maîtrise en Géographie. Université du Québec à Montréal.
- Gao Y., Mas J.F., Maathuis B.H.P., Zhang X. et Van Dijk P.M., 2006. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches-a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China. *Internat. Journal of Remote Sensing*, 27, pp. 4039-4051.
- Hammi S., Simonneaux S., Alifriqui M., Auclair L. et Montes N., 2007. Évolution des recouvrements forestiers et de l'occupation des sols entre 1964 et 2002 dans la haute vallée des Ait Bouguemez (Haut Atlas central, Maroc). *Sécheresse* 18 (2007) 271-277.
- Hay et Castilla G., 2006. Object-based image analysis: strength, weakness, opportunities, and threats (SWOT). 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), 4-5, July, 2006, Salzburg, Austria.
- HCEFLCD, 2002. Procès-verbal d'aménagement de la forêt d'Ourika.
- Inoussa M., Mahamane A., Mbow C., Saadou M., Yvonne B., 2011. Dynamique spatio-temporelle des forêts claires dans le parc national du W du Niger (Afrique de l'Ouest). *Sécheresse*, Vol 22, n°2, pp. 108-116.
- Kermadi, 2011. Evolution du régime hydrologique d'un bassin-versant péri-urbain : l'yzeron (ouest lyonnais). Complémentarité de l'analyse des données, de la modélisation et de la cartographie de l'occupation des sols. Journées de Climatologie Lyon, 17-18 mars 2011 - Climat et société : Climat et eau.
- Lecerf, 2008. Suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols d'origine anthropique et climatique à l'échelle régionale par télédétection moyenne résolution (Application à la Bretagne). Thèse de Doctorat de l'Université de RENNES 2, Université Européenne de Bretagne. 326 p.
- Li Z., Chen J. et Baltsavias E., 2008. Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. *ISPRS Congress Book*, pp.: 227-247. Publisher: Taylor & Francis Group, London.
- Lillesand et Thomas M., 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5th edition. John Wiley & Sons, NY; Thesis. Univ. of Minnesota.
- Lobo, A., 1997. Image segmentation and discriminant analysis for the identification of land cover units in ecology. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 35, 1136–1145.

- Lu D, Batistella M, Moran E, Mausel P., 2004. Application of spectral mixture analysis to Amazonian land-use and land-cover classification. *Int J Remote Sens*, 25(23): 5345–5358
- Lu, D., Hetrick, S., & Moran, E. 2010. Land cover classification in a complex urban-rural landscape with QuickBird imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76(10), 1159-1168.
- MCEF (Ministère Chargé des Eaux et Forêts). 1999. Inventaire forestier National. Rapport de synthèse. Ministère Chargé des Eaux et Forêts. Rabat (Maroc). 37p.
- Mäkelä, H., & Pekkarinen, A., 2001. Estimation of timber volume at the sample plot level by means of image segmentation and Landsat TM imagery. *Remote Sensing of Environment*, 77, 66–75.
- Narjisse H., M'hirit O., Askarn O., Benzyane M., EL Omerani A., 2001. Le couvert végétal marocain : Etat de dégradation, acquis et perspectives en matière de conservation et de mise en valeur. *Revue H.T.E N°119-Juin 2001*, pp. 25-29.
- Ouhammou A., 1986. Recherche sur l'étagement de la végétation dans le versant de l'oued Ourika (Haut Atlas Central, Maroc). Th. 3e cycle. Univ. Cadi Ayyad, Fac. Sci. Marrakech: 181p.
- Richards J. et Xiuping J., 2005. Remote sensing digital image analysis. An introduction. 4th Edition. 439 p.
- Saidi M.E.M., Fniguire F. et Boukrim F., 2006. Etude dynamique et statistique des crues du Haut Atlas de Marrakech (Maroc), Cas des bassins versants du N'Fis, de la Ghiraya et de l'Ourika. Mémoire de fin d'études. Maîtrise des Sciences et Techniques d'Hydrogéologie. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Et Techniques, Département Des Sciences De La Terre, Marrakech.
- Saidi M.E.M, Daoudi L. et Aresmouk M.H., 2010. Les crues de l'oued Ourika (Haut Atlas, Maroc) : Événements extrêmes en contexte montagnard semi-aride. *Comunicações Geológicas*, 2010, t. 97, pp. 113-128.
- Shaoqing, 2008. The comparative study of three methods of remote sensing image change detection. School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079.
- Zanini F., Zanini E., Weber C. et Schlaepfer R., 2006. Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1950 à 2003 sur la base de cartes topographiques. *Bulletin de la Murithienne*, Vol. 124, pp. 89-98.

ذوي الحقوق: بين حق الانتفاع وشروط المساهمة في التنمية، حالة غابة آيت ويرة بأطلس القصيبة

مراوي الشرقاوي⁽¹⁾ وبنعلي عبد الرحيم⁽¹⁾.

ملخص

يضمن التشريع الغابوي لذوي الحقوق حق الانتفاع من الموارد الغابوية من خلال الرعي والاحتطاب بشكل معقلن يلبي احتياجات الساكنة، ويضمن استمرار توازن المجال الغابوي. كما فتح المشرع أمام الساكنة المحلية إمكانية المشاركة في تنمية الاقتصاد الغابوي من خلال ظهير 20 شتنبر 1976. ويبقى نجاح هذه المعادلة رهين بتوفر مجموعة من الشروط، ترتبط من جهة بالإمكانيات التي يتيحها التشريع الغابوي أمام الساكنة للمساهمة في تنمية المجال الغابوي. ومن جهة أخرى بالمؤهلات الواجب توفرها لدى الساكنة حتى تكون مساهمتها نابعة عن وعي وذات وقع إيجابي على المجال الغابوي ككل. فما هي الإمكانيات والآفاق التي يتيحها التشريع الغابوي أمام الساكنة المحلية للمساهمة في تنمية المجال الغابوي؟ وماهي الشروط الضرورية الواجب توفرها لدى الساكنة المحلية حتى تساهم إيجابيا في تنمية القطاع الغابوي؟.

من الناحية المنهجية، تتبعنا موقع الساكنة المحلية ضمن أهم نصوص التشريع الغابوي، سواء من حيث حقوقها أو واجباتها اتجاه الغابة. وفي مرحلة ثانية، اعتمدنا استمارة ميدانية لساكنة غابة آيت ويرة بأطلس القصيبة، رصدنا من خلالها الإكراهات التي تحول دون أن تكون مساهمة الساكنة ذات وقع إيجابي مستدام على المجال الغابوي.

خلصنا إلى أن علاقة التشريع الغابوي بالساكنة المحلية لا تزال علاقة "عداء"، فالساكنة تكثف ضغطها على موارد الغابة كلما غابت المراقبة تارة، وبتواطؤ مع المسؤولين تارة أخرى (التفحيم السري). والخلاصة الثانية تكمن في تعدد المعوقات التي تحول دون مساهمة الساكنة في تنمية الغابة وفي مقدمتها الأمية وغياب الوعي بالأدوار الخفية للغابة، ثم الظروف السوسيو اقتصادية للساكنة والظروف المناخية القاسية، إضافة إلى الموروث الثقافي...

تعمق هذه العوامل مجتمعة من الضغط الممارس على الغابة، ولتجاوز هذه الوضعية نقترح أن تتجه جميع التدخلات بما فيها مراجعة النصوص التشريعية، لتصب في خدمة وتصحيح وتقوية العلاقة بين الساكنة المحلية والمجال الغابوي، في أفق أن تتحول من علاقة استغلال عدائي (غابة للدولة) إلى استغلال عقلائي مستدام (غابة للمجتمع).

الكلمات المفتاحية: أطلس القصيبة، ذوي الحقوق، التشريع الغابوي، الانتفاع، استغلال عدائي، استغلال عقلائي مستدام.

(1) مختبر الجيومورفولوجيا والبيئة والمجتمع، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة القاضي عياض، مراكش.

Résumé

La législation forestière garantit aux ayants droits le droit de tirer profit des ressources de la forêt à travers le pâturage et la coupe de bois avec une certaine modération afin de subvenir à leurs besoins tout en préservant l'équilibre vital de la forêt. Le législateur offre à la population locale la possibilité de participer au développement de l'économie relative à la forêt par le biais du dahir du 20 aout 1976. La mise en œuvre de cette équation difficile dépend de plusieurs conditions. Celles-ci sont, d'une part, relatives au cadre de manœuvre offert par la législation en faveur de la population locale en vue d'une collaboration au développement du domaine forestier, et d'autre part, relatives aux qualifications et au degré d'organisation requis chez la population locale pour une cogestion des ressources forestières. Alors, quelles sont les possibilités et quels sont les horizons offerts par la législation au profit de la population locale pour participer à la mise en valeur du domaine forestier? Et quelles sont les conditions prérequis chez cette population pour pouvoir s'investir positivement au renforcement du secteur forestier?

Dans un premier temps, cette étude prévoit une revue exhaustive des textes du droit forestier afin d'analyser l'évolution des jouissances et des obligations de la population dans l'exercice du droit d'usages et de l'exploitation des ressources du domaine forestier. La seconde étape, se base sur une enquête de terrain- enquête des riverains de la forêt d' « Aït Ouira » dans l'Atlas de Béni Mellal- pour comprendre les différentes contraintes qui empêchent une véritable adhésion de la population locale à projet de restauration et de gestion durable du domaine forestier.

Les résultats émanant de cette étude confirment l'existence d'un manque de confiance entre administration et population locale. Cette défaillance relationnelle se traduit assez souvent par une hostilité de cette dernière aux opérations menées par les différents agents forestiers. Les principaux facteurs qui entretiennent cette relation conflictuelle sont l'analphabétisme et l'inconscience de l'importance de la forêt sans oublier les circonstances socio-économiques et climatiques où vivent ses habitants qui sont encadrés par un certain héritage culturel. Pour dépasser cette situation difficile, il est recommandé de revoir la législation actuelle en vue d'appuyer et donner plus de latitude à la population locale pour investir dans la gestion de leur territoire. Une reconnaissance qui pourrait réconcilier les usagers avec et l'administration forestière et passer de l'antagonisme actuel (la forêt de l'Etat) à un model de cogestion durable (la forêt de tous).

Mots clés : législation forestière, droit de jouissance et d'usage, gestion durable.

1. مقدمة

يزخر المغرب بثروة غابوية مهمة تشكل موردا اقتصاديا للسكان القروية خصوصا ما يتعلق بالنشاط الرعوي وجمع الحطب للتدفئة والطهي، تصبح الغابة خلال الشتاء وفي فترات الجفاف المصدر الوحيد لتغذية الماشية، وبدونها أيضا لا تستطيع الساكنة مواجهة تدني درجات الحرارة. وإذا كان التشريع الغابوي يكفل استفادة الساكنة من الغابة باعتبارها من ذوي الحقوق؛ إلا أن الاستغلال المفرط وغير المعقلن يهدد تجدد الطبعي، ويفقد المجال الغابوي توازناته العامة. ولتحقيق هذه المعادلة يتطلب الأمر مقاربات متكاملة ومندمجة تراعي مختلف الجوانب الحمائية والتنموية والاجتماعية.

تستمد الساكنة المحلية مشروعية مشاركتها في تدبير القطاع الغابوي بمقتضى ظهير 20 شتنبر 1976م، المنظم لمشاركة السكان في تنمية الاقتصاد الغابوي. إن الاعتراف بدور الساكنة المحلية في تنمية الغابة من خلال انخراطها الواعي والمسؤول في بلورة وتنزيل وتتبع المشاريع الرامية إلى حماية المجال الغابوي، يعطي المشروعية للتساؤل حول الإمكانيات والآفاق التي يتيحها التشريع الغابوي أمام الساكنة المحلية للمساهمة في تنمية المجال الغابوي؟ وحتى تكون هذه المساهمة ذات وقع إيجابي. لابد أن تتوفر لها شروط أساسية. وبالتالي ما هي الشروط الضرورية للساكنة حتى تساهم إيجابيا في تنمية المجال الغابوي؟

2. ذوي الحقوق ضمن التشريع الغابوي

خضع الملك الغابوي قبل عهد الحماية لنظامين مختلفين حسب مكان تواجده: إما بمناطق تابعة لنفوذ الدولة أو تلك الخارجة عن نفوذها. ففي الحالة الأولى اعتبرت الغابات ملكا تابعا لبيت مال الدولة، وفي الحالة الثانية كانت مجرد عقار يمارس فيه حق انتفاع جماعي، حيث كانت الجماعات السلالية تسهر على حمايتها مقابل استغلالها وفق قواعد عرفية متفق عليها ومحترمة من طرف أعضائها.

مباشرة بعد توقيع عقد الحماية، صدرت دورية فاتح نونبر 1912 من طرف الصدر الأعظم، موجهة إلى العمال والقياد والقضاة للحفاظ على الغابات ومنع استغلالها؛ وهي أولى التشريعات العصرية المرتبطة بالقطاع الغابوي، وهي مستمدة في فلسفتها عن المشروع الاستعماري، ممهدة لما سيليه من تشريعات استعمارية لاحتكار الثروة الغابوية لصالح الإقامة العامة. وخدمة لمصالحها الإمبريالية صدر بتاريخ 1 فبراير 1913 ضابط لبيع الأملاك²؛ حدد بموجبه أنواع الأملاك غير القابلة للتقويت أو البيع أو التملك "الجميع الناس"؛ ومن بينها ضمن النقطة الثالثة "الغابات أينما كانت في الإيالة الشريفة فهي بجانب المخزن وذلك مع مراعاة بعض الحقوق التي ربما تكون لبعض القبائل المجاورة لها كالانتفاع بالرعي والحطب". ولترسيخ هذا الضابط والرفع من قوته التشريعية والقانونية، تم استصدار ظهير شريف في 17 يوليوز 1914 بشأن تنظيم العدلية الأهلية (تنظيم القضاء المدني) وتنظيم تقويت العقارات التي لا يمكن لأحد أن ينفرد بتملكها ولا تقويتها. ومن بينها الغابات، مع إبقاء حق الاستغلال الذي أعطي للقبائل المجاورة لها سواء بالرعي أو التحطيب. كما منع على العمال والقياد إعطاء الرخص التي بواسطتها يمكن إثبات ملكية أراضي غابوية وإقرار البيع والهبة والقسمة والمقايضة.

ومن أجل تكريس مفهوم العقارات المخزنية صدر ظهير 3 يناير 1916، الذي جاء بمساطر إدارية لتحديد الأملاك المخزنية حيث أوجب وضع حدود واضحة لها حتى لا يقع نزاع مع أرباب الأملاك المجاورة، بهدف حفظ حقوق الدولة المرتبطة بالعقار ورسم حدود نهائية للملك الغابوي*، والأهم في ذلك وضع حد لحالات الترامي على الملك الغابوي، إلا أن هذا الظهير لم يقدم الضمانات الكافية للأفراد والجماعات لإثبات تملكهم لعقار غابوي؛ وهو الأمر الذي استغله أطراف عديدون سواء من

¹ ظهير شريف مؤرخ في 25 رجب 1337 (27 أبريل 1919) المنشور بالجريدة الرسمية عدد 318-319-320-321-322 بتاريخ 1919-06-02 "موقع الأمانة العامة للحكومة"، بشأن تنظيم الوصاية الإدارية على الجماعات وضبط تدبير شؤون الأملاك الجماعية وتقويتها، وقد منح الفصل السادس للأهليين حق التقاضي للدفاع والمحافظة على مصالحهم الجماعية.

² الجريدة الرسمية عدد 1 السنة الأولى (1913) الصفحة 4 موقع الأمانة العامة للحكومة على الأنترنت التحديد الإداري للملك الغابوي: يقصد به مجموعة من الإجراءات التي تقوم بها الإدارة بهدف ضبط حدود ومساحة عقار معين وإدراجه بشكل نهائي وغير قابل للنزاع في دائرة الأملاك الغابوية، وهو إجراء أولي لتحفيظه.

الأجانب أو من المغاربة لانتزاع أراضي تصنف كمجالات غابوية لم يستطع أصحابها إثبات تملكهم لها بالوثائق القانونية الجديدة عليهم، وأبرزها التحفيظ العقاري.

3. حقوق ذوي الانتفاع والرعي ضمن التشريع الغابوي

1.3. مفهوم الانتفاع

نص القرار الوزاري المؤرخ في 15 يناير 1921 على حق الانتفاع للأهلين داخل الغابات المخزنية؛ حيث أعطى حق الرعي للأهلين المجاورين للمناطق الغابوية، والمنتمين لقبيلة أو جزء منها، أو الأشخاص الذين كانوا في إطار الانتفاع بتوافدون باستمرار على الغابة قصد الرعي فيها³. وفي تعريفه لحق الانتفاع، اعتبره المشرع " كتمتع عرفي وتاريخي لمنتوج الغابة يستهلك فوراً في حدود حاجيات العائلات الأهلية، علماً بأن ممارسة الانتفاع لا يجب أن تفوق طاقة الغابة ولا أن تلحق ضرراً بها"⁴. وبموجب ظهير 10 أكتوبر 1917، يمنع تقويت أو تعميم أو التخلي عن هذا الحق لشخص آخر لم يكن يتمتع بهذا العرف سابقاً؛ حتى وإن تملك عقارات أو توفر على حقوق عينية أو ربط علاقات اجتماعية داخل تراب الغابة موضوع الانتفاع.

الملاحظ هو أن المشرع أعطى تعريفاً دقيقاً لحق الانتفاع، لكن لم يحدد المستفيد منه في حين أنه قدم صفة المستفيد من حق الرعي. هذا الأخير أعطى لجميع الأهليين الذين استقادوا من هذا العرف؛ وذلك بنوع من المساواة بين الفقير والغني، بين من يملك بضع رؤوس من الماشية وبين من يملك المئات، وبين من يملك عقارات يمكن أن تغنيه عن الرعي في الغابة ومن لا يملك. خاصة وأن الفصل الثالث من القرار الوزاري بتاريخ 15 يناير 1921⁵، لا يطبق سوى بالمناطق الغابوية التي أعيد تشجيرها، أو تعتبر كمحمية وتتجاوز مساحتها 300 هكتار. بينما المناطق الغابوية الأخرى فإن الرعي فيها يكاد يكون مفتوحاً للجميع كما هو الحال بغابة آيت ويرة بالأطلس المتوسط (أطلس القصيبة، بني ملال).

2.3. ظهير 10 أكتوبر 1917 في حفظ الغابات واستغلالها⁶

يعتبر أبرز نصوص التشريع الغابوي، حيث تناول النظام والملك الغابوي؛ إذ أدخل في حكمه الأحرار والغابات وحدد كيفية ضبطها وإدارة شؤونها. وتناول كيفية بيع المحصولات الغابوية؛ وكيفية مباشرة القطع وتنفذ الأشجار، وفي الباب الرابع تطرق للانتفاع المعتاد، والباب الخامس تناول إحياء الغابات وتجديد أغراسها، وتطرق في الباب السادس لضبط أمر الغابات والمحافظة عليها، وأشار في الباب السابع لكيفية إثبات المخالفات، وفي الباب الأخير تناول متابعة المخالفات والتعويضات الناشئة عنها.

وطبقاً للفصل 21 من هذا الظهير فإن حق الرعي مكفول للأهلين المغاربة الذين اعتادوا الانتفاع بالغابات دون غيرهم، أي الذين هم من قبيلة أو من فخذة مجاورة للغابة أو أنهم قد اعتادوا من زمن قديم الإتيان بقطعاتهم إلى الغابة. ومبدأ مجانية الرعي بالغابات المخزنية ليس مطلقاً، لكون المنتفعين يؤدون رسماً سنوياً على المواشي التي يزيد عددها على العدد المرخص به، حتى تتناسب مع الإمكانات المتوفرة بالغابة. لأجل ذلك، تجتمع كل سنة لجنة بدعوى من مدير المياه والغابات، لتقييم موارد الغابة من الحطب، وتحديد مناطق الرعي والأعداد المسموح بها حسب كل صنف، وأخير المناطق التي يمنع فيها الرعي. وتتكون هذه اللجنة من ممثل عن مديرية المياه والغابات وموظف من الغرفة الفلاحية وقواد ومشايخ القبائل المعنية.

3.3. التشريع الغابوي مشبع بالعقوبات ومفتقر للمقاربات السوسيو اقتصادية

خصص ظهير 10 أكتوبر 1917 ضمن القسم الأول من الباب السابع « للعقوبات التي تلحق من جنى على شيء ما من الغابات»، وفيه نجد الفصول من 31 إلى 45 مخصصة لمعاقبة المخالفين لمقتضيات التشريع الغابوي. وإذا كان الهدف من

³ لا يمارس الرعي إلا بالغابات التي يتجاوز عمرها ست سنوات، والتي تستطيع الدفاع عن نفسها ضد الأضرار التي تلحقها المواشي جراء الرعي

⁴ الفصل السابع من القرار المدير المشترك بتاريخ 22 يونيو 1936، في تعريف حق الانتفاع.

⁵ (يقضي بفرض ضريبة على رؤوس المواشي المرخص برعيها، والتي تفوق العدد الذي يلزم لبيت صاحب الحق ولعائلته).

⁶ موافق ل 23 ذي الحجة 1335 صادر بالجريدة الرسمية عدد 235 بتاريخ 12 محرم 1336 -29 أكتوبر 1917.

هذه الفصول هو الحفاظ على الموارد الغابوية أو بالأحرى تقنين الاستفادة منها، فإنها بالمقابل خلقت نوعا من العداء بين الساكنة من جهة وبين الغابة والقانون من جهة ثانية، حيث تبين لنا من خلال العمل الميداني أن معظم الساكنة تعرف متى وأين وكيف تجهز على الموارد الغابوية. وفي الحالات التي يتم فيها الاصطدام بالقانون يتم اللجوء إلى وسائل أخرى لتفادي العقوبات المنصوص عليها، ويبقى أبرزها الرشوة.

أصبح هذا القسم ضمن ظهير 10 أكتوبر 1917، بما في ذلك التعديلات التي دخلت عليه، في حاجة ماسة إلى مراجعة شاملة ومتجاوبة مع التحولات التي عرفها المجال. ومن بين الملاحظات التي تسجل على فصول هذا القسم، مثلا الفصل 31⁷، المرتبط بصفة عامة بإتلاف الغابة، استعملت فيه مصطلحات فضفاضة وغير دقيقة؛ حيث تحتمل تأويلات كثيرة مع صعوبة تحديد ما إذا كان الفعل المرتكب فعلا يدخل ضمن خانة الإتلاف.

أصبح الفصل 41 المرتبط بمخالفات شروط الرعي هو الآخر لا يساير الواقع الحالي للمجال ككل، إذ أن تربية الماشية نشاط أساسي، فهي تقليدية تعتمد الرعي وتركز على صنف الماعز، وبما أن المجال غابوي بامتياز، ولكون الساكنة توظف ما تمتلكه من أراضي في الزراعة فليس لها إذن من مجال آخر للرعي سوى المجال الغابوي، وكيفما كانت العقوبات المالية أو الحبسية فالساكنة لن تتوقف عن الرعي داخل الغابة. والبدل المقترح هو المقاربات الشمولية والمندمجة لتدبير وتنمية المجال المعتمدة على مبدأ التضامن المجالي والاجتماعي والاقتصادي.

يتضمن الفصل 27 المتعلق بالعقوبات المفروضة على من قام بإحياء أرض غابوية، عبارة بتوقف عليها تطبيق هذا الفصل من عدمه، وهي "...إذا أمر بذلك مدير إدارة المياه والغابات"، وفي حالة ما إذا لم يأمر، فإن الضرر سيلحق بالغابة سواء كانت ملك خاصا أو تابعة للدولة.

مجلد القول، فظهير 10 أكتوبر 1917 واستنادا لمرجعياته التاريخية أصبح متجاوزا في الوقت الراهن، لكونه كان في خدمة الاستعمار من خلال سياسة التحكم والضبط الأمني خاصة مع ساكنة الجبال (الأطلس المتوسط) التي استعصى على الاستعمار إخضاعها باستعمال القوة. وهو كذلك حلقة مكملة لظهير التحفيظ العقاري الذي وضعه الاستعمار خدمة للأجانب ضد المغاربة، باعتباره آلية قانونية جديدة على المغاربة أفقدتهم ملكية أراضيهم. وظهير 10 أكتوبر 1917 استعمل هو الآخر آلية القرينة الفاطنة عوض البسيطة في تكييف قطعة أرضية على أنها غابة مخزنية.

4.3. ظهير 20 شتنبر 1976، إشراك شكلي للساكنة في تدبير مجالها الغابوي

بغية التخفيف من الإكراهات التي تهدد الغابة، ومع عدم تمكن المقاربة القانونية الصرفة في إنقاذ الغابة وضمان استدامتها وتنميتها؛ ارتأى المشرع المغربي إشراك ذوي الحقوق في تدبير وتنمية القطاع الغابوي، لأجل ذلك صدر ظهير 20 شتنبر 1976 المتعلق بتنظيم مساهمة السكان في تنمية الاقتصاد الغابوي⁸. وأهم ما يحسب لهذا الظهير أنه أدرج مساهمة موارد الملك الغابوي في التنمية المحلية بدفع منتوج هذه الموارد إلى ميزانية الجماعات المحلية بنسبة لا تقل عن 80%، بهدف خلق روابط قوية بين الغابة والساكنة المحلية. وتكريسا لاستدامة الغابة فرض المشرع بأن تكون الأولوية في صرف هذه العائدات للمشاريع الرامية لتنمية الغابة.

وبموجب هذا الظهير تم إحداث " مجلس وطني للغابات ومجالس إقليمية لتنسيق وتعزيز عمل الدولة والمستعملين في تنمية الملك الغابوي للدولة وصيانتها وتوسيع نطاقه"، غير أن ما يلاحظ على هذا النص القانوني الذي لا زال العمل به جاريا، أن عددا من الممثلين ضمن هاته المجالس ينتمون لوزارات قد تم حذفها، أو تم إلحاق قطاعاتها أو دمجها مع وزارة أخرى، الأمر الذي يترتب عنه نوع من اللبس في تركيبة التمثيلية من الناحية العملية، حيث نكون أمام وزارات لم يعد لها وجود أو أمام وزارتين أو أكثر، مما يطرح التساؤل حول الوزارة التي لها حق التمثيلية.

⁷ كل من كسر علامات الغابة أو أفسدها أو أتلّفها أو نقلها أو أزالها يعاقب بدعيرة تتراوح من خمسة فرنكات إلى مائتين زيادة على سجنه ستة أيام أو ثلاثة أشهر وأدائه تعويضات الخسارة التي لا يقل قدرها عن الصاير الذي يلزمه لرد الأشياء إلى حالها كما يعاقب أيضا بالعقوبات المشار إليها من فعل مثل ماذكر بحفير الغابة أو قصبها أو حايطها أو سياجها المستعمل لتحديد أو تحديد أقسامها.

⁸ بميثاق قانون رقم 1.76.350 بتاريخ 25 رمضان 1396 (20 شتنبر 1976) منشور بالجريدة الرسمية عدد 3334 بتاريخ 22 شتنبر 1976.

كما يلاحظ أيضا ضعف الممثلين عن الساكنة المحلية؛ إذا اعتبرنا أن السنة ممثلين عن المجالس الجماعية ضمن المجلس الوطني سيقومون بهذه الوظيفة، وبالتالي يحق التساؤل حول الانتماء الجغرافي لهؤلاء الممثلين؟ وهل فعلا سيوصلون تطلعات الساكنة الغابوية بالمغرب ككل وإسماع صوتها داخل هذا المجلس؟

وبخصوص الصلاحيات التي أعطيت للمجالس الجماعية، والتي كان لزوما على الظهير أن يجعلها موسعة، وتكون في مجملها منبثقة من الأولويات المحددة حسب كل جماعة ترابية تتواجد بها غابة وفق تشخيص دقيق وشامل حتى تكون منسجمة مع انتظارات الساكنة الغابوية ومع شروط استدامة توازن المجال ككل. إلا أن المشرع حددها مسبقا، وبالتالي لم يترك للمجالس الجماعية إمكانية تحديد تدخلاتها في المجال الغابوي وفق الأولويات المنبثقة عن التشخيص.

وتبقى أهم القضايا التي أنيط تدبيرها للمجالس الجماعية، تلك المتعلقة بتنظيم الرعي بين المستعملين في الغابة واستغلال المراعي الجبلية والمدخرات العلفية، ويبقى السؤال إذن: كيف ستقوم هذه المجالس بتنظيم الرعي علما أن ظهير 10 أكتوبر 1917 قد حدد مسبقا شروط الرعي بالغابات؟ وإذا افترضنا قيام المجالس بذلك، فمن سيتولى مهمة المراقبة؟ علما أن ما ستضعه المجالس الجماعية من إجراءات ونصوص لا يمكن بأي حال من الأحوال أن ترقى إلى مرتبة قوانين.

ومهما كانت الصلاحيات التي خولت للمجالس الجماعية، إلا أن الفصل 12 يعتبر مقررات المجالس، خاصة ما ورد في الفصلين 10 و11 غير قابلة للتنفيذ إلا بعد تأشيرة وزير الفلاحة والإصلاح الزراعي، علما بأن الفاعل الأول في المجال الغابوي الموجود داخل تراب الجماعة هو المجلس الجماعي، وبالتالي من شأن هذه الوصاية أن تكون معرقلا لبعض مشاريع تنمية المجال الغابوي بالجماعة.

وبخصوص المداخل المتأتية من الغابات (80% من مبلغ الموارد)، شدد الفصل 15 على أن صرفها يعد إجباريا على الجماعات من خلال عمليات محددة سلفا بعبارات واضحة وغير قابلة للتأويل⁹، وفي دائرة الحدود التي يعينها العامل، وهو ما يعني عدم ترك المبادرة للمجلس الجماعي لاختيار التدخلات التي يراها ذات أولوية بالمجال الغابوي التابع له.

4. انخراط الساكنة المحلية في تنمية المجال الغابوي رهين بتأهيلها اقتصاديا، اجتماعيا وثقافيا

يعتبر الإنسان غاية ووسيلة للتنمية الشاملة، غاية (هدف) حينما تهدف إلى تطوير وبناء العنصر البشري. ووسيلة حينما يتحول إلى منتج ومحقق للتنمية. وحتى يتحقق الركن الأول، يتطلب الأمر المرور حتما عبر التنمية البشرية التي تعد سابقة للتنمية الشاملة وممهدة لها (اليابان مثلا)، وتتلخص بشكل عام في نقط أساسية أهمها:

- تمكين الإنسان من تطوير قابلياته بوصفه فردا وعضوا في مجتمعه في أفق أن يتحول الإنسان إلى منتج للتنمية، والأفراد الممكنون أقوى من غيرهم على المشاركة في القرارات والعمليات التي تستهدف حياتهم.

- الإنصاف من حيث بناء القدرات وإتاحة الفرص المتكافئة للجميع؛ ليس على مستوى الدخل المادي فحسب، بل يتسع ليشمل إلغاء العوائق القائمة على أساس النوع الاجتماعي، أو العنصر أو القومية أو الجغرافيا، أو أية عوامل أخرى تحول دون الحصول على الفرص الاقتصادية والسياسية والثقافية.

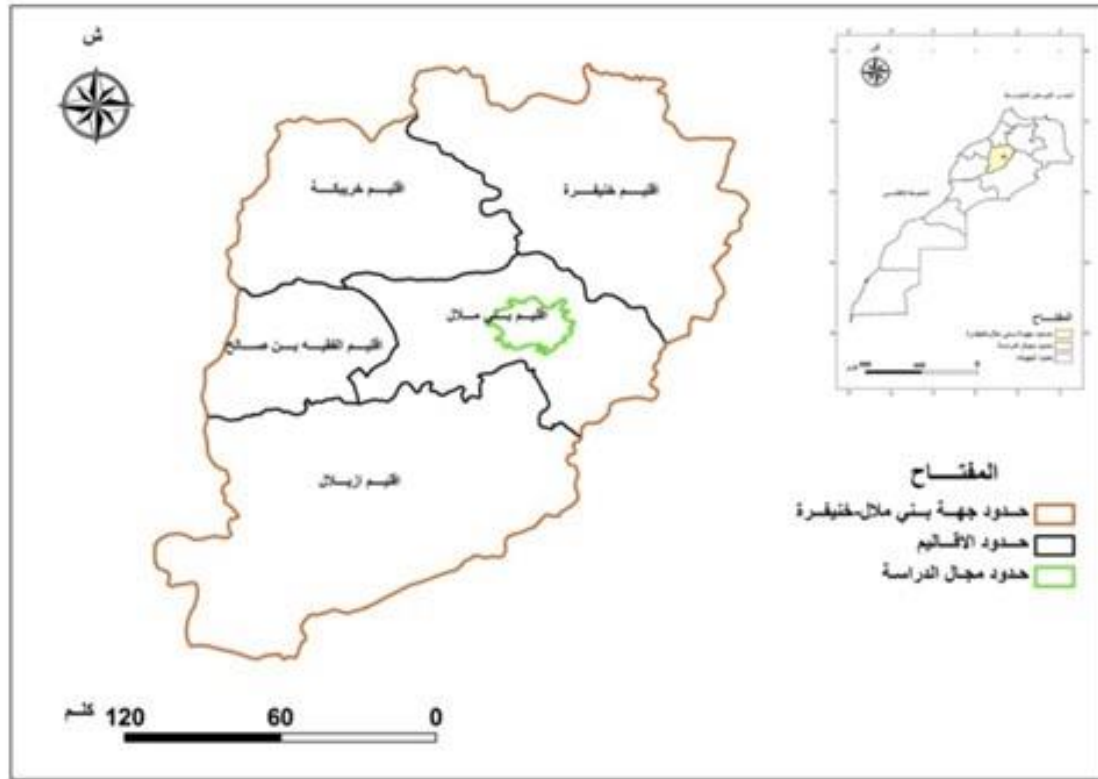
- الاستدامة - التنمية البشرية المستدامة - وتعني توفير احتياجات الجيل الحاضر واستحضار حقوق الأجيال القادمة.

- المشاركة، بمعنى أن يتمكن الناس باعتبارهم مواطنين متساويين في الحقوق والواجبات من المشاركة في صنع القرارات؛ حتى يسهموا بفعالية في العمليات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والسياسية التي تؤثر في حياتهم.

- الحرية، فمادام هناك فقراء، ومرضى، وأميين، وضحايا أو مهددين، أو محرومين من المشاركة السياسية...، فهم بالتالي لا يمتلكون حريتهم؛ وحيث إنهم كذلك فإن التنمية البشرية تظل معطلة حين ذاك.

⁹ لا يمكن ان تكون اقل من 20% من مبلغ الموارد الغابوية، وتصرف تحديدا في: تشجير الأراضي الجماعية؛ تحسين الغابات والمراعي؛ التهيئة وغراسة الأشجار المثمرة؛ التنقيب عن العيون أو تهيئة نقط الماء؛ تهيئة المخابئ الجماعية أو المسالك؛ إحداث الساحات الخضراء أو حماية المناظر الطبيعية.

ارتباطا بموضوع الدراسة، وحتى يكون الإنسان المحلي بغابة آيت ويرة بأطلس القصيبة، مؤهلا للانخراط في إنتاج وتحقيق التنمية المرتبطة بقطاع الغابة، يجدر بداية الوقوف أولا على ما هو متاح للسكان المحلية من مؤهلات وإمكانات، تسمح لها، وتمكنها من المشاركة الفاعلة وذات الأثر الإيجابي في تنمية المجال الجبلي ككل، والقطاع الغابوي تحديدا.

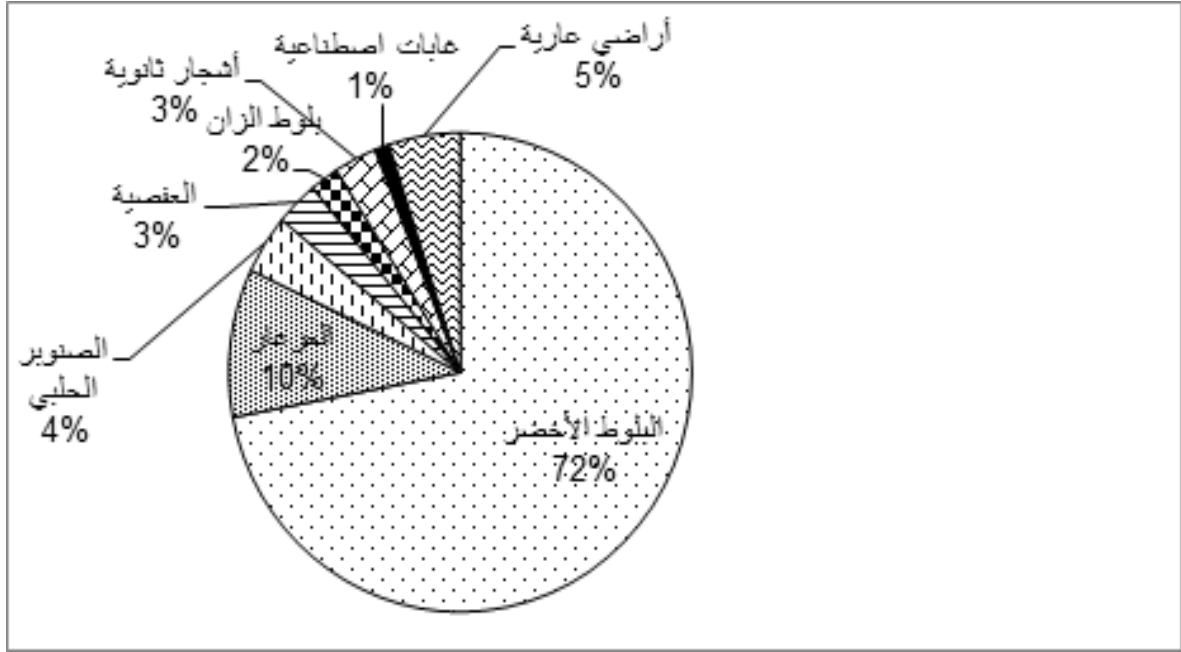


خريطة 1. موقع غابة آيت ويرة داخل جهة بني ملال خنيفرة وداخل إقليم بني ملال.

1.4. غابة آيت ويرة: مجال جبلي يتطور سريعا نحو الهشاشة

تتتمي غابة آيت ويرة لأطلس القصيبة "الأطلس المتوسط"، وتمتد على مساحة تقدر 25558 هكتار، موزعة على جزأين متساويين تقريبا، تفصل بينهما الطريق الجهوية رقم 317 الرابطة بين القصيبة وأغباله. تتواجد بها جماعتين قرويتين (ناور، ودير القصيبة) وجماعة حضرية (مدينة القصيبة). ويقدر مجموع الساكنة المتفاعلة معها بأزيد من 50 ألف نسمة.

وتتكون غابة آيت ويرة من عدو أصناف شجرية، أهمها البلوط الأخضر الذي تتجاوز نسبته 70% من مجموع مساحة الغابة. وتعد الغابة بالمنطقة الركيزة الاقتصادية التي تعتمد عليها أطراف كثيرة من أبرزها الساكنة المحلية، من خلال إنتاج حوالي 650 قنطار من الخروب سنويا، وحوالي 7000 وحدة غابوية (ستير) من خشب التدفئة، وأكثر من 20 مليون وحدة علفية. كما توفر من الناحية الاجتماعية فرص شغل مباشرة بأكثر من 400 ألف يوم عمل في السنة.



مبيان 1. استعمالات الأراضي بغابة آيت ويرة (المصدر: مركز التنمية الغابوية بالقصيبة)

تعيش بهذه الغابة أصناف حيوانية متنوعة تزيد عن 140 صنف، ما بين الطيور والثدييات والزواحف...، أكثر من 40 منها مهددة بالانقراض. أصبحت الغابة تعرف وضعاً حرجياً، إذ ما فتئت تتراجع وتندهر سنة بعد أخرى تحت تأثير العوامل البشرية أساساً، حيث يتقوى الضغط على مواردها من خلال الرعي والاحتطاب. وللتقليل من حدة هذا التدهور، يعد إشراك الساكنة المحلية في تدبيرها والاهتمام بها مدخلاً أساسياً لتحقيق ذلك. إلا أن تحقيق هذا الرهان يبقى مرتبطاً بتوفر عدد من الشروط نجملها في النقاط التالية.

2.4. إحلال الغابة في تنشئة فئة الأطفال

تمثل فئة الأطفال أقل من 15 سنة ضمن البنية العمرية لسكان آيت ويرة نسبة مهمة، بلغت حسب إحصاء 2014، 27.8% بجماعة ناوور؛ و28.2% بدير القصيبة و24.1% بمدينة القصيبة. ويلاحظ أن نسبة الأطفال تظل مرتفعة بالجماعتين القرويتين ناوور ودير القصيبة؛ ورغم التراجع الذي عرفه معدل الخصوبة العام بالمغرب.

وكعمل استشرافي واستباقي يمكن المراهنة على هذه الفئة، ففي إطار الجهوية الموسعة التي تعمل الدولة على تنزيلها بما في ذلك قطاع التربية والتكوين، ولكون جهة بني ملال خنيفرة تولف بين أقاليمها 10 قواسم مشتركة، كالتضاريس والمناخ واللغة اليومية المتداولة... إضافة إلى الغابة. ويمكن بالتالي اعتماد مشروع بيداغوجي تعليمي موحد على شكل مادة تُدرس بحصص زمنية أسبوعية تُعنى خصيصاً بالغابة، تبتدأ منذ القسم الأول ابتدائي إلى غاية السنة الثالثة ثانوي إعدادي، تسير مشروع إجبارية التعليم إلى غاية 15 سنة؛ ويمكن أن تمتد في السلك الثانوي التأهيلي حسب خصوصية كل منطقة، ويمكن لهذا الإجراء أن يتم في شراكة مع مختلف الشركاء المعنيين، وستكون النتيجة على الأمد المتوسط تكوين جيل له دراية كافية بكيفية اشتغال "المنظومة البيئية الغابوية"، وبإدراك جيد ووعي تام بمحيطه الغابوي وبالتفاعلات القائمة داخله، وبدوره ومسؤوليته في ذلك.

في نفس السياق، يعد التعليم مدخلاً لتغيير سلوكيات الساكنة اتجاه المجال ككل، من خلال ترسيخه لقيم المحافظة على التوازن الطبيعي للمجال في نفوس الناشئة، وتزويدها بسبل التفاعل والتدخل السليمين في المجال. ولتحقيق هذه الغاية، يتطلب الأمر مواد دراسية مستقلة بذاتها تعنى باستدامة الموارد الترابية المحلية، سواء من حيث تشخيصها، توطئتها مجالياً، منهجيات التفاعل معها، طرق وسبل استغلالها والحفاظ عليها، وأن تكون مسترسلة زمنياً حسب انتقال المتعلمين من مستوى إلى آخر، بالشكل الذي يجعلها تترسخ ككفايات تواصلية، منهجية ونفسية لدى المتعلمين.

¹⁰ خاصة كل من إقليم بني ملال، أزيلال، خنيفرة. وهي تقريبا الأقاليم ضمن جهة بني ملال خنيفرة التي تحتضن مساحات غابوية جد مهمة.

كما يتطلب الأمر، تحقيق رهان تعميم التمدرس بالسلك الابتدائي بهذا المجال، حيث سجل كمعدل بجماعة دير القصيبة 96.3%. وجماعة ناوور 89.4%، على اعتبار أن مجمل هذه الجماعة يقع بوسط الجبال، وهو ما يطرح صعوبات عديدة أمام التحاق الأطفال بالمدرسة. فإلى جانب بعد الوحدات السكنية عن الفروع المدرسية، هناك صعوبة المسالك والمنحدرات، وتصبح الصعوبة كبيرة زمن التساقطات المطرية والتلجبة. وقد وقفنا على حالات متعددة لأسر لم تستطع إلحاق أبنائها بالمدرسة لهذه الأسباب.

وإذا تم الاستثمار التعليمي المعرفي في هذه الفئة العمرية بالمجالات الجبلية الغابوية بالمغرب ككل، فالنتيجة حتما هي إنتاج جيل من ساكنة الجبال له ارتباط قيمي وأخلاقي ووجودي بمجاله، مدافع عن استمرارية توازن وتنوع المجال، ومؤهل للانخراط مع كافة المتدخلين لإنزال السياسات التنموية المستدامة التي تستهدف وسط عيشهم.

3.4. الأمية عامل أساسي يسرع وثيرة تدهور المجال

تستفحل بمجال الدراسة معضلة الأمية، خاصة في صفوف الكبار باعتبارهم الأكثر تفاعلا مع الوسط الغابوي. ولا تقتصر على عدم القدرة على القراءة والكتابة، بل تتعداها إلى الأمية البيئية، هاته الأخيرة؛ تتجلى في عدم فهم الإنسان للميكنزمات المتحركة في المجال، والتي تعد بمثابة قوانين تتحكم في توازناته العامة. وهذا النوع من الأمية غير مقتصر على شريحة معينة من المجتمع، بل نجدها لدى كافة شرائحه وأطيافه من متعلمين وغير متعلمين، ولدى المثقفين وأصحاب القرار الاقتصادي، ولدى النخب السياسية المحلية والفاعلين التنمويين، وذلك بدرجات ونسب مختلفة.

والملاحظ بمجال الدراسة؛ أن الأمية البيئية أكثر حضورا لدى الشريحة الاجتماعية التي لها أمية تعليمية. فالفرد ضمن هذه الشريحة يعتبر المجال معطى طبيعي، مشاع بين الجميع، غير خاضع لقوانين طبيعية وغير متأثر بها، ويمكن استغلاله متى شاء وكيف شاء. ولا يعي بالاختلال الذي يطاله إلا حينما يصبح الخطر محدقا بوجوده داخل المجال. بينما الفئة التي لها مستوى تعليمي معين فهي تمتلك حسا بيئيا؛ فالأفراد من مستوى تعليم ثانوي أو جامعي يمتلكون وعيا وإدراكا بالمخاطر التي تهدد التوازن البيئي والغابوي جراء التدخلات غير المحسوبة والدقيقة.

بلغت نسبة الأمية التعليمية في صفوف الساكنة ما فوق 25 سنة، 88.9% بجماعة ناوور، 76% دير القصيبة، و59% بالقصيبة. هذه النسب تبدو جد مرتفعة بكل من ناوور ودير القصيبة، ولا شك أن لها (الأمية) دور كبير في تفشي الممارسات العدوانية للإنسان اتجاه الغابة والمجال ككل، وبالتالي تعميق أزمة الأمية البيئية.

ويبقى مفتاح التصدي لهذه الأمية هو إيقاظ الشعور والوعي لدى الساكنة بالبيئة عامة، وتعريف المجتمع بالأخطار التي تهددها وتوعية المجتمع المحلي بخطورة الإخلال بالتوازنات الغابوية، بما يعني الإخلال بالمجال ككل بما فيه مقومات حياة واستقرار الإنسان. ولا يمكن أن يتأتى ذلك إلا من خلال التركيز - ضمن مقاربة شمولية - على التعليم، باعتباره المدخل المناسب لتنمية القيم البيئية لدى الجميع وخلق سلوكيات إيجابية نحو البيئة. عبر تبني "منهاج التربية البيئية" في مختلف مراحل التعليم مع التركيز على المرحلة الابتدائية، بهدف زرع القيم البيئية وبلورة فهم صحيح لها وتنمية الوعي بها وبأبعادها المحيطة بالإنسان.

4.4. الوضعية الاجتماعية للساكنة تقوي من الضغط على الغابة

رغم التحولات التي طرأت على الوضعية الاجتماعية لساكنة آيت ويرة، إلا أنها تبقى غير كافية في اتجاه تخفيف الضغط على الموارد الغابوية. فإذا استثنينا مركز مدينة القصيبة، حيث لا تشكل ساكنتها خطرا كبيرا على الغابة، اللاهم استهلاكها للفحم الخشبي المنتج بطريقة سرية لانخفاض ثمنه، بينما الأسر القاطنة بالأحياء الهامشية القريبة من الغابة وتلك المتواجدة بوسطها فهي تتعامل مع الغابة بنفس المنطق الذي تتعامل به أسر دواوير جماعتي ناوور ودير القصيبة.

وتبقى أهم التحولات السوسيو اقتصادية، تلك التي عرفتتها التجهيزات المنزلية، إذ أصبحت معظم الأسر تتوفر على أجهزة كهربائية كجهاز التلفاز والصحن الهوائي، خاصة بعد استفادة التجمعات السكنية من برنامج كهربة العالم القروي. هذه الوسائل التي مكنت الساكنة من الاتصال بالعالم الخارجي، ومن الانفتاح على المستجدات التي يعرفها المغرب والعالم بما فيها التغيرات المناخية عامة، وتوصلها أيضا بالرسائل المرتبطة بها من خلال الإشهاريات التي تمرر عبر القنوات التلفزية.

فمن شأن هاته الأخيرة أن تنمي الوعي بأهمية التفاعل السليم والعقلاني مع الموارد الطبيعية المحلية بما في ذلك الغابة. لكن، ومن خلال المعاينة الميدانية، والإنصات العميق للساكنة، تبين لنا أن هناك فعلا إدراك لا بأس به بالجهود المبذولة وبالرسائل

التحسيسية والتوعوية؛ إلا أن قوى الطبيعية وخاصة الظروف المناخية، والإمكانيات المادية لأغلب الأسر (غلاء فاتورة الكهرباء) لا تسمحان لها بإزالة ما تتوصل به عبر هذه الوسائل على أرض الواقع. وقد عبر أكثر من فرد من أفراد العينة المستجوبة أنه، وهو يهمل لقطع أشجار الغابة، يستحضر تلك الرسائل التي توصل بها عبر وسائل الاتصال، لكنه لا يقوى على تغيير سلوكه، لكون قساوة البرد وضرورة الطهي تدفعانه دفعا قويا نحو الاحتطاب.

5.4. بنية تحتية هشة تعمق أزمة المجال بغابة آيت ويرة

تفتقد الجماعات الترابية المتواجدة بمجال الدراسة بشكل ملموس للبنيات التحتية (جماعة ناوور، و دير القصيبة) وما هو متواجد منها، يعاني الهشاشة والضعف. فالشبكة الطرقية ضعيفة كميا ونوعيا، وهي ذات جودة جد ضعيفة. فباستثناء الطريق الجهوية الرابطة بين القصيبة وإملشيل العابرة من وسط جماعة ناوور، فما تبقى منها يصنف ضمن الطرق غير المعبدة. وهي تعد إحدى نقاط الضعف التي يعاني منها هذا المجال؛ فبسبب التساقطات المطرية وذوبان الكلس يتعرض معظمها للتآكل والتهدل؛ وتصبح ذات ولوجية صعبة، وتتميز كذلك بمنعرجات خطيرة خاصة تلك الواقعة على مشارف جماعة تيزي نسلي في اتجاه أغباله بالإضافة إلى غياب القناطر على كثير من الشعاب والمجاري الموسمية، وصغرها في حال وجودها.

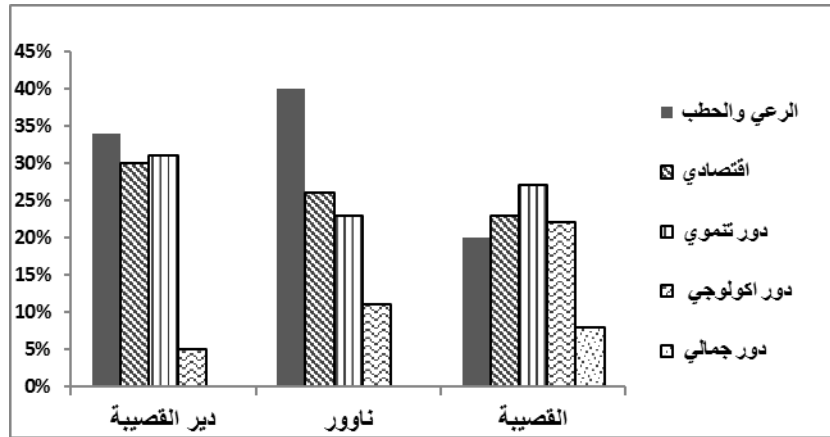
غياب الطرق يتسبب في فرض عزلة مطبقة على أجزاء مهمة من مجال غابة آيت ويرة، فخلال فترة تساقط الثلوج يصبح الوصول إلى بعض الدواوير أمرا مستحيلا، وينقطع التزويد بالمواد الأساسية على عدد من التجمعات السكنية، وترتفع أثمانها، بما في ذلك ثمن قارورة الغاز الذي من المفترض أن يكون أقل مما هو عليه في المناطق السهلية. هذا الإكراه يساهم في مضاعفة الضغط على الحطب وعلى الموارد الغابوية ككل.

6.4. تصحيح تصورات الساكنة حول الغابة والأشجار

تحمل الساكنة المحلية أربعة تصورات حول المجال الغابوي، فهو مجال للرعي والاحتطاب، ومورد اقتصادي، ومصدر للحياة، ومجال ذو دور إيكولوجي. وهذه التصورات سائدة لدى مختلف الفئات العمرية من كلا الجنسين، وإن كانت الفئة الأكثر استجوابا من الذكور، كما أن المستوى التعليمي لم يكن له تأثير كبير في تحديد هذه التصورات، باستثناء ترتيبها؛ حيث يأتي الدور الإيكولوجي وكونها مصدر للحياة في المرتبتين الأولى والثانية لدى الحاصلين على مستوى تعليمي يفوق المستوى الإعدادي، بينما باقي المستجوبين فيأتي تصورهم للغابة كمجال للرعي والحطب وكمورد اقتصادي في المرتبتين الأولى والثانية تناوبا.

هذه التصورات ليست وليدة الزمن الراهن بل هي متوارثة، حيث أن عدد كبيرا من المستجوبين برروا تصوراتهم هذه بأنهم ورثوها عن آبائهم وأجدادهم، والغابة بالنسبة لهم شاهدة على ولادتهم وطفولتهم وشبابهم، وتصورهم لها وتفاعلهم معها هو استمرار لذلك الذي ساد في الماضي. غير أن النسبة الكبيرة من الساكنة، لا زالت تتمثل الغابة بالدرجة الأولى كمعطى اقتصادي*؛ فهي بمثابة "سوق" مشترك، تتواجد فيه موارد متنوعة والكل يأخذ منها حسب احتياجاته اليومية. وهذه الفئة لا تتصور نفسها قادرة على الاستمرار في التواجد بهذا المجال دون الغابة، فالعلاقة بينهما وطيدة شبيهة بتلك التي تربط الصياد والبحر.

* تتمثل الغابة كمجال للرعي والحطب هو في الواقع نظرة اقتصادية للغابة، فالرعي والحطب له قيمة مالية، إلى جانب الدور الاقتصادي من خلال الاستغلال المباشر للغابة اقتصاديا (قطع الخشب وبيعه، التفحيم، جمع الثمار...)



مبيان 2. دور الأشجار في حياة الساكنة المحلية. (البحث الميداني 2016)

في نفس السياق، أبانت الدراسة الميدانية أن الساكنة المحلية لا تعي الأدوار الخفية التي تقوم بها الأشجار. فهي تختزل وظيفتها في تلك التي لها وقع مباشر وأناي على حياتها اليومية وتحديدًا، وظيفة الرعي والحطب، والوظيفة الاقتصادية من خلال مساهمتها في الدخل السنوي للساكنة، ووظيفتها التنموية. أما ما يرتبط بالوظائف الحيوية والاستراتيجية للبيئة بشكل عام، وللجمال المحلي بشكل خاص فهي تبقى غير حاضرة بالنسبة لمعظم الساكنة. وهذا القصور في الوعي البيئي، مرده إلى غياب ثقافة بيئية ووعي بيئي مرتبط بالأمية البيئية من جهة، وبالمستوى التعليمي للساكنة من جهة ثانية.

ومن العوامل المفسرة لاختصار الساكنة لوظيفة الأشجار في الرعي والحطب، اعتمادها تربية الماشية كنشاط أساسي، وبحكم الإكراهات الطبيعية والمالية فهي توظف الغابة في الرعي؛ بل تعتمد إلى قطع الأغصان المورقة وتقدمها كعلف للماشية خلال فترات الجفاف والتلوج. وتساهم الظروف المناخية المتسمة بالانخفاض القوي لدرجات الحرارة لفترة طويلة من السنة، في الرفع من استهلاك الحطب في التدفئة، ولكون القانوني منه يبقى غالي الثمن، والكمية المستهلكة يوميا مكلفة ماليا، فإن الحل الوحيد أمام الساكنة هو الاحتطاب من الغابة، ولعدم قدرتها على تلبية الطلب المرتفع على الحطب اليابس، يتم اللجوء إلى قطع الحطب الحي.

اقتصاديا تستغل الغابة في جمع الحطب الموجه للبيع؛ وتوظف في تسقيف البيوت وبناء حظيرة للماشية وفي التسييج... إلى جانب التفحيم السري الذي تمارسه نسبة مهمة من الساكنة لكنها لا تصرح بذلك.

5. خاتمة

يتطلب التوفيق بين احتياجات ذوي الحقوق واستدامة الموارد الغابوية نهج سياسات شمولية قائمة على مقارنة مجالية وتخطيط تشاركي، تُعطى فيها الأولوية للتنمية المندمجة للمناطق الغابوية، تراعي خصوصيات ومؤهلات النظم الغابوية ومتطلبات الساكنة.

- ومن جملة ما ينبغي الانتباه إليه، تحين التشريع الغابوي بما يتماشى مع حاجيات وأدوار جميع المتدخلين، ولا يتناقض مع استدامة الموارد الغابوية¹¹.
- تنويع الأنشطة الاقتصادية المدرة للدخل كغرس الأشجار المثمرة وتحسين الأصناف الحيوانية، وتشجيع السياحة البيئية وتنميين المنتجات المحلية. وكذا تقوية البنيات الأساسية الاجتماعية والاقتصادية، خاصة تحسين ظروف عيش الساكنة عبر شق وصيانة المسالك لفك العزلة عن المناطق النائية.
- تعميم المنحة التحفيزية¹² لفائدة ذوي الحقوق المعتمدين على تربية الماشية، وحفزهم على الانخراط في جمعيات أو تعاونيات لحثهم على احترام منع الرعي بالمساحات المشجرة أو التي تم تجديدها،

¹¹ تتعرض الزراعات المعاشية إلى تلف وتخريب من طرف الخزائير والقرودة، وتجدر الساكنة نفسها مقيدة بالقانون الذي يحمي هذه الحيوانات.
¹² إعطاء تعويض عن حق الانتفاع قدره 250 إلى 350 درهم للهكتار بالمحيطات الغابوية الممنوعة من الرعي. وذلك من أجل تنظيم ممارسة هذا الحق بالغابة وضمان نجاح عملية التشجير وتخليف الغابات.

- تكثيف الإنتاج والعرض من الموارد الغابوية عبر عملية التشجير، بإشراك فعلي وعملي للسكان، وفق برامج مندمجة، مع التركيز على الأصناف الشجرية ذات مردودية جيدة من الحطب ومقبولة من طرف السكان (البوط الخضر).
- تشجيع السكان على غرس الأشجار سريعة النمو بالقرب من مقرات سكنهم، من خلال مدهم بالأغراس مجاناً، ووضع حوافر تشجيعية للأفراد المبادرين في ذلك.
- توزيع أفرنة عصرية مقتصدة في استهلاك الحطب، وتؤدي وظائف متعددة في نفس الآن، والعمل على تعميمها على كل السكان، إما مجاناً للأسر الفقيرة أو بأثمان مشجعة لباقي الأسر.
- أخيراً العمل على خلق تعبئة شاملة لجميع الفاعلين بأهمية النظم الغابوية بشكل عام، والجبيلية منها بشكل خاص، في اتجاه إيقاف تراجعها وتدهورها، والعمل على تجديدها واستدامتها بشكل يضمن استمرار توازن المجال ككل.

قائمة المراجع

- احسني جلول، 2000. " التنمية المستدامة بالمناطق الجبلية الهامشية لقياب- أغبالا" جامعة محمد الخامس، كلية الآداب و العلوم الإنسانية الرباط، منشورات مجلة جغرافية المغرب، مجلد 18، السلسلة الجديدة، عدد 1-2.
- الناصري محمد، 2005. " الجبال المغربية مركزيتها هامشيتها تهيئتها"، منشورات وزارة الثقافة.
- الأسعد محمد، 1999. " التنمية القروية المستدامة بالمغرب، نماذج في جغرافية الأنظمة الريفية الزراعية، الدار البيضاء"، الطبعة الأولى، مطبعة دار القرويين.
- بنعلي عبد الرحيم، 1993. " الدينامية الحالية للحوض الأوسط لوادي العبيد". ورد في أعمال ندوة "دينامية السطح: التراكبات الرباعية والتطور الحالي"، العدد 2، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال ص. 89-105.
- بنعلي عبد الرحيم، 2003. "المؤهلات الاقتصادية والاجتماعية وعلاقتها بالوسط الطبيعي للحوض الأوسط لوادي العبيد". ورد في أعمال الملتقى السابع للجيومورفولوجيين المغاربة حول الأحواض النهرية بالمغرب وإشكالية التهيئة، كلية الآداب المحمدية، ص. 155-175.
- بنعلي عبد الرحيم، 2006. "معالم التطور الجيومورفولوجي لوسط نهر-بحيري بليوربايعي بتادلا" ورد في الأوساط الطبيعية وتهيئة المجال بالمغرب، ضمن أعمال الملتقى الثاني عشر للجيومورفولوجيين المغاربة، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط، سلسلة ندوات ومناظرات رقم 130، مطبعة النجاح الجديدة-الدار البيضاء – ص: 27-42.
- بوجروف السعيد، 2007. "الجبال لمغربية أية تهيئة"، بحث لنيل دكتوراه الدولة شعبة الجغرافيا، جامعة القاضي عياض كلية الآداب والعلوم الإنسانية مراكش.
- جنان لحسن، 2009. " الموارد الطبيعية والتنمية المجالية بالمغرب" مجلة دفتار جغرافية، العدد 6-2009، جامعة محمد بن عبد الله، كلية الآداب والعلوم الإنسانية فاس.
- رشيد البكر، 2001. "إعداد التراب الوطني ورهان التنمية الجهوية"، أطروحة لنيل الدكتوراه في القانون العام، كلية الحقوق الدار البيضاء، السنة الجامعية 2000/2001.
- شحو إدريس، 2007. " التوازنات البيئية الغابوية بالأطلس المتوسط الغربي مقارنة صون- تنمية لمنطقة ازور" الطبعة الأولى ، كلية الآداب و العلوم الإنسانية، جامعة محمد الخامس، أكاد، الرباط.
- شاكر الميلود، 2010. " المغرب الشمالي الشرقي دينامية الموارد الطبيعية و خطورة التصحر (نموذج كتلة بوخوالي و هوماشا السهوية)"، منشورات كلية الآداب و العلوم الإنسانية بالرباط. سلسلة: رسائل وأطروحات.
- سعيد منير، 2004. " تنمية المناطق الجبلية بين المعطيات الطبيعية والتهيئة البشرية (حالة أطلس تاكزيرت وامتداده نحو سهل تادلة)"، جامعة محمد الخامس أكاد، كلية الآداب والعلوم الإنسانية الرباط، بحث لنيل شهادة الدكتوراه.
- مديرية إعداد التراب الوطني، 1999. " المجال المغربي وواقع الحال"، وزارة إعداد التراب الوطني والماء والبيئة، مطبعة عكاظ، الرباط.
- مديرية إعداد التراب الوطني، 2003. " المجال المغربي وواقع الحال"، وزارة إعداد التراب الوطني والماء والبيئة، مطبعة عكاظ، الرباط.

- AAFI A., 2002.** Espèces remarquables de la flore du Maroc, Centre National de la Recherche Forestière Rabat, mars.
- Assali F., 2009.** Etudes de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts (surveillance et suivi de la sante des forêts au Maroc, évaluation des ressources forestier document de travail.
- Benabid.A., 1985.** Les écosystèmes forestiers pré forestiers et presteppiques : du Maroc diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement", Département botanique-écologie forestières, Ecole nationale forestière d'ingénieurs B.P. 511, Tabriquet, Salé, Maroc. Forêt méditerranéenne, t. VII, n a 1.
- Benabid.A., 1988.** "Contribution à l'étude des groupements non forestiers du Moyen Atlas central (Maroc)", bull inst.sci, rabat, 1988, n°12 .
- Benali A., 2002.** L'Agro – Forestier. Dossier établi in Travaux du Schéma Directeur du périmètre irrigué du Tadla et l'Atlas de Beni Mellal, Rabat. 100 p.
- Benali A., 2002.** Guide touristique de la région Tadla –Azilal. Délégation Provinciale du Tourisme de Béni-Mellal, 40p.
- Benali A., ARESMOUK El H., 2005.** Problématique des inondations dans les zones arides et semi arides: cas des vallées du haut atlas de Marrakech. Colloque international. Faculté des lettres, Fes-Sais.
- Benali A., 2006 .** Aspect géographique et géomorphologique du haut Atlas central, et du l'Atlas de Béni Mellal, Université Warszawski, Polskich, Polone. Excursion des géomorphologues polonais, 12p.
- Ellatifi. M ., 2012.** " L'économie de la forêt et des produits forestiers au Maroc: bilan et perspectives ", Thèse de Doctorat en Sciences Economiques. Université Montesquieu - Bordeaux IV droit, Sciences Sociales et Politiques, Sciences Economiques et de Gestion, France.
- Fennane.M., 1988.** "Phytosociologie des tétraclinaies marocaines", Bull. Inst. Sci., Rabat, n°12.

Analyse de la vulnérabilité environnementale dans le contexte des changements climatiques - cas du bassin versant de l'Ourika

Said Lahssini⁽¹⁾, Abdellatif Khattabi⁽¹⁾ et Driss Laaroussi⁽²⁾

Résumé

Ce travail a pour objectif d'évaluer la vulnérabilité environnementale dans le contexte des changements climatiques au niveau du bassin versant de l'Ourika (BVO). Il sous-tend constituer un préalable à la restauration des services écosystémiques et aider les décideurs à asseoir une gestion adaptée des ressources naturelles du bassin versant dans le contexte des changements climatiques. La vulnérabilité a été appréciée au moyen de l'Indice de Vulnérabilité Environnementale (EVI). L'EVI agrège les valeurs de 50 indicateurs préalablement calculés et standardisés. Ces indicateurs renseignent sur les grandeurs ou les tendances de plusieurs composantes permettant d'apprécier la vulnérabilité environnementale. Le calcul de l'EVI pour le BVO a permis de relever sa forte vulnérabilité avec un score de 355. Les scores obtenus ont permis de classer les secteurs vulnérables par ordre d'importance et de priorité : i- santé humaine, ii-eau, iii- biodiversité, iv- agriculture, v- exposition aux désastres naturels, vi-changements climatiques, et vii- désertification. Les résultats de ce travail démontrent que la dégradation des ressources naturelles explique davantage la vulnérabilité environnementale de la zone et impose des actions de restauration pour maintenir les services écologiques fournis par les écosystèmes forestiers. Les conclusions obtenues serviront à alimenter la réflexion et à orienter l'action publique pour renforcer la résilience du milieu naturel.

Keywords : Vulnérabilité environnementale, ressources naturelles, changements climatiques, BV-Ourika, EVI.

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.

² Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts.

1. Introduction

Les changements climatiques auraient pour conséquences la dégradation de l'environnement naturel, de la productivité agricole, de la sécurité alimentaire et de l'instabilité sociale ; ils constitueraient un important challenge à relever pour les politiques publiques (Schilling et al., 2012). A ce challenge se pose la question de choix politiques qui pourraient constituer des réponses d'adaptation pertinentes et appropriées au contexte étudié (Ben Salem, 2013). En se focalisant sur les mécanismes facilitant de s'adapter, dépasser ou se réhabiliter suite à des événements extrêmes (aléas), ces choix ne doivent pas se baser uniquement sur la compréhension des risques et leurs impacts éventuels mais doivent s'intéresser aux systèmes soumis aux risques et à leur capacité de réponse en vue d'établir des priorités politiques en matière d'allocation des ressources à la réduction de la vulnérabilité (Ribot, 1995; Clark et al., 2000; Luers et al., 2003).

La vulnérabilité est définie ici comme le degré de dommages pouvant affecter des systèmes humains ou environnementaux suite à une perturbation ou à un stress (Kasperson et al., 2003; Turner et al., 2003a). Elle constitue ainsi la résultante de l'exposition aux risques et stress, et la capacité d'y faire face (Chambers, 1989). L'analyse de la vulnérabilité doit donc être conduite selon ces deux dimensions : capacité (insécurité, absence de défense ainsi que la capacité à anticiper, à faire face, à résister, et à se remettre de l'impact d'un danger) et l'exposition (le risque qu'un tel événement peut produire) (Adger, 1996 ; Bohle, 2001). Dans ce sens, ce n'est pas uniquement l'exposition aux risques et aux perturbations qui la définit mais aussi la sensibilité et la résilience du système qui connaît de tels risques (Turner et al., 2003). Ces risques, peuvent avoir différentes origines (environnemental, socio-économique, physique et politique) et peuvent être appréhendés à différents niveaux spatiaux d'analyse micro (ménage), méso (régional) et macro (pays) (Naudé et al., 2012).

Faire face aux impacts des changements climatiques suppose un processus itératif de gestion des risques qui prend en considération les mesures d'atténuation ainsi que les mesures d'adaptation. Il doit tenir compte des dommages et des avantages connexes, de la durabilité, de l'équité et de l'attitude à l'égard des risques (GIEC, 2007 ; Khattabi et al., 2014), et se baser sur l'évaluation de la vulnérabilité pour adopter des choix politiques dûment raisonnés.

Du fait que la vulnérabilité n'est pas un phénomène qui peut être directement observé, il est difficile de définir des critères et indicateurs permettant de la quantifier (Downing et al., 2001). Plusieurs auteurs ont essayé de développer des cadres

conceptuels pour évaluer la vulnérabilité. Ces cadres se basent sur les trois grandes dimensions de la vulnérabilité, à savoir l'exposition, la sensibilité et l'adaptation / résilience. Ainsi différents métriques quantitatifs et qualitatifs ont été proposés et appliqués (*e.g.* Stephen and Downing, 2001; Schellnhuber et al., 1997; Petschel- Held *et al.*, 1999; Pritchett *et al.*, 2000). Luers *et al.*, 2003 ont présenté les principales méthodes de quantification ; la méthode la plus commune se base sur un jeu d'indicateurs ou de variables proxy qui renseignent sur les tendances des différentes composantes de la vulnérabilité. Naudé *et al.* (2012) ont synthétisé les principales caractéristiques que devraient revêtir des mesures de la vulnérabilité. Il s'agit de : i) capacité prédictive ; ii) vulnérabilité mise en relation avec des « outcome » socialement acceptables ; iii) renseignement des causes de la vulnérabilité et les composantes des risques ; iv) portant préférentiellement sur une cause unique de la vulnérabilité ; v) prenant en considération la dynamique de la vulnérabilité non seulement au préalable de la catastrophe mais pendant et après sa survenance ; et vi) résilience du système et ses mécanismes de réaction suite à la survenance d'une catastrophe (Cannon *et al.* 2003, Alwang *et al.*, 2001, Gunther et Harttgen, 2006, Cannon, 2007 ; Birkmann, 2007, Naudé *et al.*, 2012).

Parmi ces critères composites et qui sont très utilisés figure celui développé par la SOPAC (*South Pacific Applied Geosciences Commission*) désigné par l'indice de vulnérabilité environnemental (EVI). Cet indice est composé de 5 variables catégorisées en indicateurs de dégradation, résilience, et exposition (Briguglio, 1995; Kaly et al., 2002). Il a été utilisé au Maroc pour apprécier le profil de vulnérabilité du pays (Banque Mondiale, 2013) et pour analyser la vulnérabilité au niveau du bassin versant de Theddart (Tchokpon, 2010), du bassin versant du Rheraya (Rochdane, 2013) et des Oasis de Tafilelt (Ben Salem, 2013).

Le Maroc, de par son climat méditerranéen et de par l'acuité des changements climatiques auxquelles il serait assujéti, se trouve dans une position très vulnérable (Anonyme, 2001). La vulnérabilité constitue l'aboutissement de changements dans des systèmes socio-écologiques couplés (Benett et Balvenca, 2007 ; Barnett et al., 2008). Elle est différente et différenciée spatialement et se trouve exacerbée dans les zones de montagnes. L'exemple particulier du bassin versant de l'Ourika peut être souligné. D'importantes crues y ont été enregistrées en 1925, 1949, 1967, 1980, 1995 et 1999. Ces deux dernières ont causés les dégâts les plus importants ; la crue d'Août 1995 a eu, en plus des dégâts matériels s'élevant à près de 70 millions de Dh, plus de 210 personnes disparues dont la plupart sont des touristes.

L'Ourika, faisant déjà partie des zones de montagnes, en retard de développement, est caractérisée par sa fragilité environnementale : couvert végétal faiblement dense et parfois dégradé, sols fragiles et friables avec 75% de la superficie du BVO ayant une sensibilité élevée à très élevée (Meliho *et al.*, 2016), ressources en eau peu abondantes en montagne, constructions d'habitats et d'infrastructures dans des zones inondables, ...etc. Ce milieu sensible est soumis à des événements météorologiques extrêmes, plus particulièrement les crues et les inondations. L'impact de ces événements se trouve amplifié par un certain nombre de pressions anthropiques (Rihane *et al.*, 2016).

Sur un autre registre, les projections climatiques futures s'accordent que des changements climatiques (CC) préludent, pour le bassin versant de Tensift, d'une tendance à l'augmentation des températures, du changement des extrêmes thermiques, de la baisse du cumul pluviométrique et de la réduction du nombre de journées pluvieuses avec une plus grande probabilité de récurrence d'événements extrêmes (Babqiqi et Messouli, 2013 ; Driouech *et al.*, 2016).

Si les effets des CC sont bien élucidés et leurs impacts sont bien documentés, la mise en place de stratégies d'adaptation au changement climatique à même d'atténuer les risques de catastrophes qui guettent la zone deviennent de plus en plus urgente. Celle-ci impose l'évaluation de la vulnérabilité environnementale pour mieux ancrer le souci des impacts potentiels des changements climatiques dans les processus de la planification. C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail qui vise l'évaluation de la vulnérabilité de l'environnement au niveau du bassin versant de l'Ourika, d'expliquer la vulnérabilité/résilience de l'environnement du bassin versant en se basant sur le degré d'exposition de l'environnement aux aléas; et de contribuer à la compréhension des enjeux liés aux extrêmes climatiques dans la zone en vue d'éclairer la prise de décision.

2. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

Le travail a concerné le bassin versant de L'Ourika qui couvre une superficie d'environ 576 km². Ce bassin versant est situé dans le Haut Atlas central (figure 1) et constitue un sous bassin atlasique du grand bassin versant du Tensift. Il est limité au sud par le haut bassin de l'Oued Souss, au nord par la plaine du Haouz, à l'est par le bassin versant de Zat et à l'ouest par le bassin versant de la Rhéraya (Saidi *et al.* ; 2012). Environ 90% de la surface du bassin relève de la province d'Al Haouz, le reste se trouve dans les territoires des provinces d'Ouarzazate et de Taroudant.

Le relief dans la zone est très accidenté. Les pentes sont fortes à très fortes avec une moyenne de l'ordre de 35%. La surface du bassin est à 75% située à une altitude entre 1600 et 3200m. Le bioclimat du bassin versant est caractérisé par une variabilité spatiotemporelle allant du semi aride tempéré au subhumide à hivers frais. La pluviométrie peut dépasser les 700 mm par an sur les hauts sommets (Doukkali, 2003). Des orages fréquents entre les mois de juillet et octobre, causant des dégâts importants au niveau des vallées, caractérisent le bassin versant.

La densité de la population du bassin est de 115 habitants/Km² (Bouarais, 2015). La population vit principalement de l'agriculture, l'élevage et le tourisme. Les pressions engendrées par les activités anthropiques concourent à la dégradation de l'environnement (eau, forêt, sol..) du bassin.

Le bassin fait partie des zones montagneuses marginalisées, sous-équipées et où les problèmes d'environnement sont le corollaire de la combinaison de l'agressivité climatique, la fragilité du milieu physique, la précarité des populations qui y vivent et le dérèglement des systèmes de production, de consommation et de gestion de l'espace. La conjugaison des effets de l'action anthropique, la configuration physique du terrain et le caractère orageux des précipitations accroît la vulnérabilité aux crues et inondations qui s'intensifient dans le contexte actuel des changements climatiques.

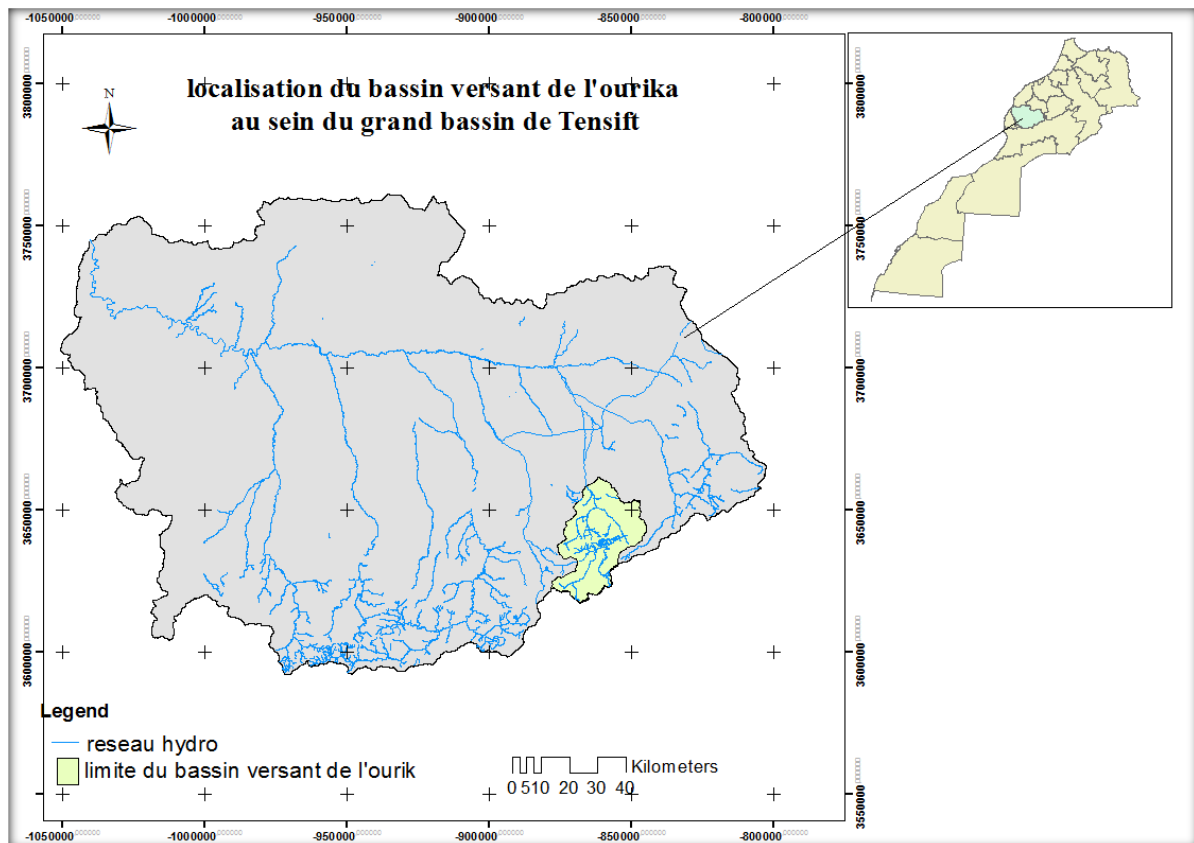


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de l'Ourika.

2.2 Approche méthodologique

L'approche dévaluation de la vulnérabilité a été basée sur le recours à L'EVI (Kaly et al., 2004). Cet indice prend en compte les trois aspects de la vulnérabilité : environnementaux, économiques et sociaux en considérant les composantes de la vulnérabilité à savoir : i) les risques liés aux aléas ; ii) la résistance ; et iii) la vulnérabilité acquise (dommage). La première composante a trait à la probabilité des risques (32 indicateurs), ils caractérisent la fréquence et l'intensité des aléas. Les deux dernières apprécient la capacité de l'environnement à supporter les effets de ces risques et comportent 8 indicateurs de résistance et 10 qui mesurent les dommages (Kaly et al. 2004).

Les indicateurs de l'EVI ont été renseignés au moyen de données climatiques, géologiques, géographiques, économiques et sociodémographiques. Ces données sont collectées de la documentation existante, ou par enquêtes auprès de différentes parties prenantes.

Les indicateurs de l'EVI sont standardisés sur une échelle de gravité graduée de 1 à 7 (très faiblement vulnérable (1), faiblement vulnérable (2), moyennement vulnérable (3), vulnérable (4), hautement vulnérable (5), très hautement vulnérable (6) et extrêmement vulnérable (7)). Ces indicateurs sont ensuite agrégés en leur accordant un même facteur de poids. Selon les valeurs de l'EVI, une zone est dite extrêmement vulnérable, hautement vulnérable, vulnérable ou à risque si son score global est supérieur à 365, 315, 265, 215 respectivement. Elle est classée résiliente, si son score est inférieur à 215.

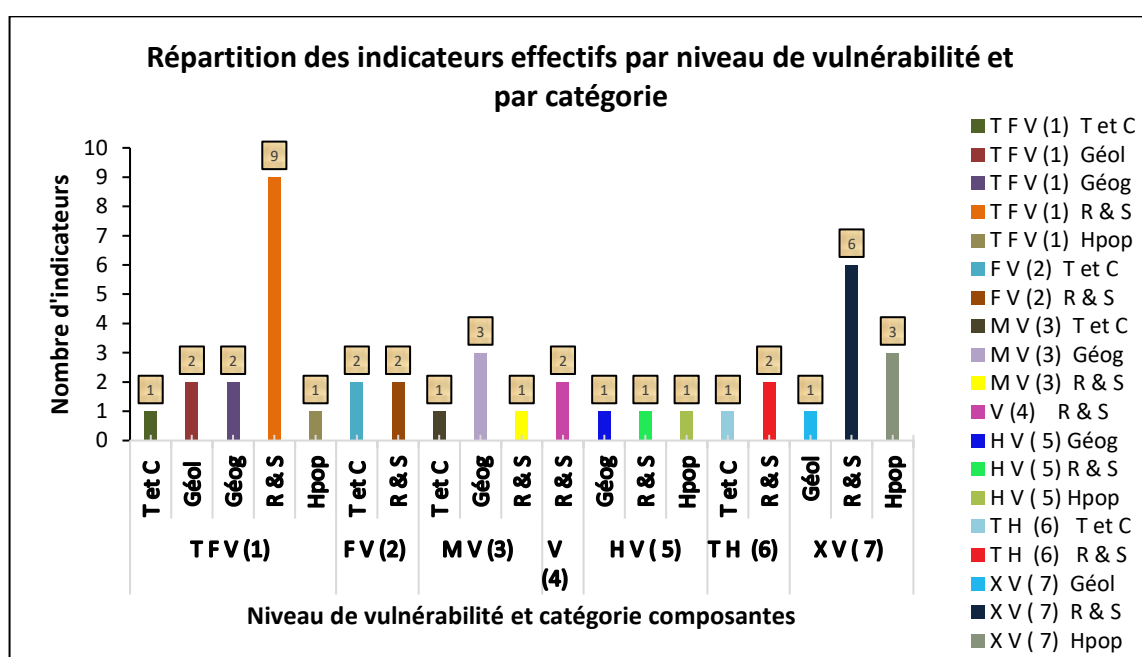
3. Résultats et discussion

Quarante-deux indicateurs parmi les 50 indicateurs de l'EVI, ont été compilés selon les trois composantes de la vulnérabilité (exposition, dégradation et résilience), et utilisés pour calculer le profil de vulnérabilité du site étudié. Il en ressort un score global de vulnérabilité environnementale de l'ordre de 355 ; ce qui positionne la région comme hautement vulnérable. La répartition inégale des indicateurs de l'EVI par sous indices (par ordre d'importance : risques, dégradation, résistance) permet d'affecter des poids, *i.e.*, - importance, différents à chacune des composantes.

Les scores représentent les données numériques du modèle EVI (Kaly et al., 2004). Leur ventilation par catégories : temps et climat, ressources et services, géologie, géographie, population humaine, pour le bassin versant de l'Ourika est illustrée dans la figure 2. Il en ressort que le niveau de vulnérabilité dépend de la catégorie ; les

ressources et services se positionnent en tête de liste en termes de nombre d'indicateurs très faiblement vulnérables et d'indicateurs extrêmement vulnérables.

Pour la catégorie temps et climats, la vulnérabilité du bassin s'explique en grande partie par la très haute vulnérabilité de l'indicateur des périodes humides. L'excès de pluie serait l'effet des changements climatiques qui aurait le plus d'impact sur l'accroissement de la vulnérabilité. Selon ce résultat, il est clair que le risque d'inondation a augmenté d'une manière importante, sur toute l'étendue du bassin. Pour la catégorie géographie, l'indicateur dispersion, qui traduit la fragmentation du milieu naturel et la dispersion au niveau de la zone, a été qualifié de hautement vulnérable. Les indicateurs relatifs aux ressources et services sont clairement liés aux indicateurs de la perte de biodiversité et de l'agriculture ainsi qu'aux espèces introduites et endémiques qui ont été qualifiés d'extrêmement vulnérables. Ceci trouve sa justification dans le fort taux d'endémisme caractérisant le Haut Atlas ainsi qu'aux menaces inhérentes aux activités anthropiques.



T et C = Temps et climat ; Géol = géologie ; géog = géographie ; Hpop = population humaine ; R & S = ressources et services ; T F V (1) = très faiblement vulnérable (score 1) ; Faiblement vulnérable (2) = (score 2) ; M V (3) = moyennement vulnérable (score 3) ; V (4) = vulnérable (score 4) ; H V (5) = hautement vulnérable (score 5) ; T H V (6) = très hautement vulnérable (score 6) ; X V (7) = extrêmement vulnérable (score 7).

Figure 2. Répartition des indicateurs effectifs du bassin versant de l'ourika par niveau de vulnérabilité et par catégorie.

La biodiversité et les services écosystémiques sont profondément altérés en raison de la surexploitation des ressources et de l'introduction d'espèces invasives dans la

région, surtout avec le développement de l'arboriculture sur toute l'étendue du bassin et qui s'accompagne d'un usage excessif de produits phytosanitaires pour lutter ou se prémunir d'attaques pathogènes. La chasse et le braconnage représentent les menaces majeures sur la faune. Sur un autre registre, le changement climatique aura aussi un impact sur la biodiversité, il modifie notamment la répartition des espèces, les cycles phénologiques, ...etc. Le groupe d'indicateurs 'population humaine' renseigne sur la pression anthropique sur les ressources naturelles. Le taux d'accroissement élevé associé à la densité de la population fait en sorte que l'environnement du bassin soit extrêmement à hautement vulnérable. Cette vulnérabilité est amplifiée davantage par une extrême vulnérabilité du secteur du tourisme caractérisé par l'affluence dans la zone d'un nombre important de visiteurs (qui peut atteindre les 10 000 visiteurs/jours).

Il en va sans dire que l'expansion des constructions d'habitation ou de services avec parfois empiétement sur les milieux naturels et sans respect des spécificités en termes d'architecture ou de matériaux de construction utilisés et les diverses pollutions engendrées ne sont que quelques-unes des tendances qui détériorent considérablement le patrimoine culturel et naturel du bassin versant de l'Ourika. Ceci associé aux fortes pressions exercées sur les ressources du bassin, accélèrent les processus de dégradation de l'environnement et des ressources naturelles qu'il abrite. L'interaction homme-nature constitue une première source de vulnérabilité au niveau du bassin versant.

En parallèle à la répartition des indicateurs selon les catégories, leur répartition selon les composantes de la vulnérabilité est illustrée par la figure 3. Le profil de vulnérabilité montre que la composante dégradation dispose du score le plus élevé suivi de la résilience et en dernier lieu interviennent les risques. Ainsi, la dégradation des ressources naturelles explique davantage la vulnérabilité environnementale de la zone.

Le profil de vulnérabilité du bassin met en exergue une plus importante contribution des indicateurs de biodiversité dans l'explication de la vulnérabilité. Ceux-ci contribuent par un poids de près de 38 % dans la vulnérabilité du bassin versant et comportent les indicateurs relatifs à : la sécheresse, les terres inondables, la fragmentation des écosystèmes, l'endémisme, les espèces menacées, les pertes du couvert végétal, la dégradation des sols.

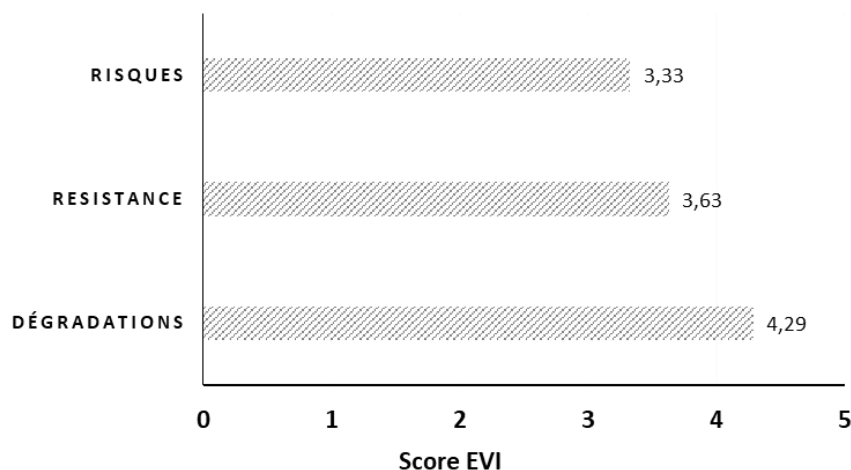


Figure 3. Aspects de la vulnérabilité (Les indicateurs de vulnérabilité environnementale incluent : les indicateurs de risques pour l'environnement (ERI), les indicateurs de la résistance intrinsèque (IRI), et les indicateurs de la dégradation de l'environnement (EDI)).

Sur la base de l'analyse du profil de vulnérabilité, les grands axes de la politique d'intervention au niveau du bassin versant de l'Ourika pour réduire sa vulnérabilité sont présentés à la figure 4. Les secteurs prioritaires sur lesquels il faudrait agir d'urgence sont, par ordre décroissant d'importance, la santé humaine, l'eau, la biodiversité, l'agriculture/pêche, les expositions aux catastrophes naturelles, changements climatiques, et enfin la désertification. Ces axes d'intervention permettraient d'améliorer les conditions de vie des populations, de réduire leur vulnérabilité et d'augmenter la résilience de l'environnement.

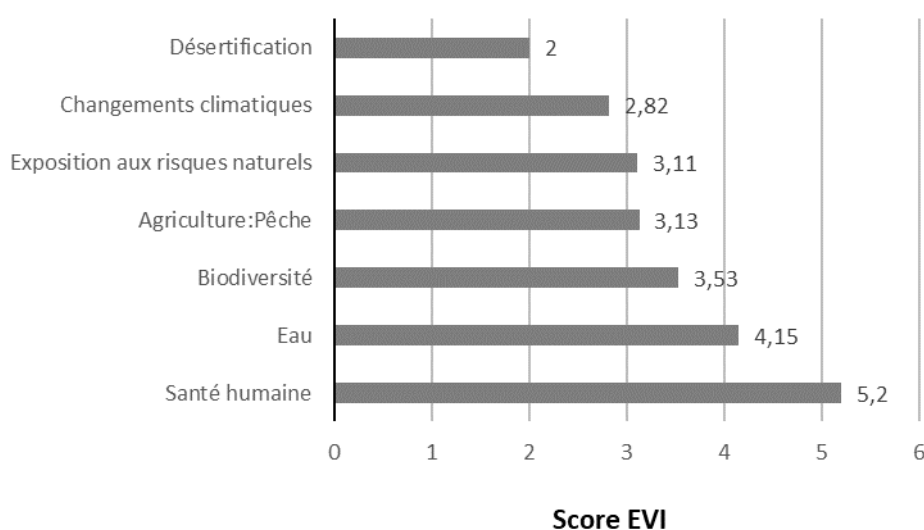


Figure 4. Vulnérabilité par axe politique d'intervention.

4. Conclusion

Le Bassin versant de l'Ourika est une zone hautement vulnérable. Avec un score de 355, le bassin dépasse de loin la valeur moyenne nationale. L'analyse a montré que l'interaction Homme-nature constitue la principale cause de vulnérabilité de l'environnement. Elle impose d'entreprendre de toute urgence des mesures visant l'amélioration des conditions de la santé humaine, des eaux et la biodiversité pour réduire la vulnérabilité du bassin versant.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet GIREPSE (www.gire-pse.com) financé par le Centre de Recherche et de Développement International, Canada.

Références bibliographiques

- Adger W.N. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16 (3): 268-281.
- Alwang et al., 2001, Alwang, J., Siegel, P. B. & Jorgenson, S. 2001. Vulnerability: A View from Different Disciplines, Social Protection Discussion Paper 0115 (Washington, DC: World Bank).
- Anonyme, 2001. Première Communication Nationale Initiale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Rapport du ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement, Maroc. 100p.
- Babqiqi A. et Messouli M., 2013. Simulation of climate and its implication on agriculture in Morocco using Statistical DownScaling. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*. Volume 2, Issue 5: Page No.83-96. ISSN: 2278-5299.
- Banque Mondiale, 2013. Développement d'un concept d'Indice de Vulnérabilité au Changement Climatique et Environnementale au Niveau Régional. Programme d'Appui Analytique à la Stratégie Changement Climatique du Maroc P-ESW 113768. Note de Stratégie n. 2, Décembre 2013. Département du développement durable (MNSSD) Région Moyen-Orient et Afrique du Nord. 80 p. disponible sur : <http://documents.banquemondiale.org/curated/fr/901531468275972746/pdf/875600WP0P11370erabilite0Climatique.pdf> . Consulté le 15/06/2016
- Barnett, Lambert and Fry. 2008. The Hazards of Indicators: Insights from the Environmental Vulnerability Index. *Annals of the Association of American Geographers*
- Ben Salem A., 2010. Vulnérabilité et adaptation aux changements climatiques dans les oasis de la région de Tafilalet. Thèse de doctorat. Université Cadi Ayad-Marrakech.

- Ben Salem A., Messouli M., Yacoubi-Khebiza M. 2010. Evaluation de la vulnérabilité éco-environnementale et adaptation aux changements climatiques dans la région de Tafilalet (Sud Est du Maroc). Rencontre régionale : Adaptation aux changements climatiques au Maghreb : Bilan et perspectives. Casablanca, Maroc.
- Benett E.M., Balvanera, P. 2007. The future of production systems in a globalized world. *Frontiers Ecology Environment* 2007; 5(4):pp. 191–198
- Birkmann, J., 2007. Assessing vulnerability before, during and after a disaster of natural origin: a case study of the tsunami in Sri Lanka and Indonesia, paper presented at the UNU-WIDER Conference on Fragile States-Fragile Groups, Helsinki, 15-16 June.
- Bohle, H.G., Downing, T.E., Watts, M., 1994. Climate change and social vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change* 4 (1), pp. 37–48.
- Bouarais, S., 2015. Contribution à la compréhension des enjeux environnementaux et les jeux d'acteurs qui conditionnent l'exploitation et la gestion des ressources naturelles dans le bassin versant de l'Ourika. MEMOIRE DE 3ème CYCLE, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé.
- Briguglio, L., 1995. Source of this description: small island developing states and their economic vulnerabilities. *World Development* 23 (9), 1615–1632.
- Cannon, T., 2007. Reducing people's vulnerability to natural hazards: communities and resilience, paper presented at the UNU-WIDER Conference on Fragile States-Fragile Groups, Helsinki, 15-16 June.
- Cannon, T., Twigg, J. & Rowell, R., 2003. Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters, Report for DFID's Conflict and Humanitarian Assistance Department and Sustainable Livelihood Office (London: DFID), en ligne : www.benfield.org/disaster_studies/projects/socv_uln_sustlive.pdf.
- Chambers, R., 1989. Vulnerability, coping and policy. *Institute of Developmental Studies Bulletin* 20, 1–7.
- Clark, W.C., Jäger, J., Corell, R., Kasperson, R., McCarthy, J.J., Cash, D., Cohen, S.J., Desanker, P., Dickson, N.M., Epstein, P., Guston, D.H., Hall, J.M., Jaeger, C., Janetos, A., Leary, N., Levy, M.A., Luers, A., MacCracken, M., Melillo, J., Moss, R., Nigg, J.M., Parry, M.L., Parson, E.A., Ribot, J.C., Schellnhuber, H.-J., Seielstad, G.A., Shea, E., Vogel, C., Wilbanks, T.J., 2000. Assessing vulnerability to global environmental risks. Report of the Workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making, Warrenton, VA. Research and Assessment Systems for Sustainability Program Discussion Paper 2000-12. Environment and Natural Resources Program, Belfer Center for Science and International Affairs (BCSIA), Kennedy School of Government, Harvard University, Cambridge, MA.
- Doukkali O., 2003. Evaluation de la longévité et de la performance des techniques de conservation des eaux et des sols dans le bassin versant de l'Ourika- DREF du Haut Atlas-Maroc. Mémoire de 3ème cycle ENFI, Salé, Maroc, 113 p.

- Downing, T.E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokona, Y., Stephen, L., 2001. *Climate Change Vulnerability: Linking Impacts and Adaptation*. University of Oxford, Oxford.
- Driouech F., El Rhaz K., Badf W., 2016. *Changements climatiques au Maroc : Evolutions observées et futures du climat au niveau du bassin de Tensift*. Rapport Interne, Projet GIREPSE.
- GIEC, 2007. Bilan 2007 des changements climatiques : les bases scientifiques physiques. Groupe de travail I, Quatrième Rapport d'évaluation, Résumé à l'intention des décideurs, Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, 2 février, Paris, www.ipcc.ch.
- Gunther et Harttgen, 2006, Gunther, J. & Harttgen, K., 2006. Estimating households vulnerability to idiosyncratic and covariate shocks : A Novel Method Applied in Madagascar. *World Development*, 37(7), pp. 1222-1234
- Kaly, U., Pratt, C., Howorth, R., 2002. A framework for managing environmental vulnerability in Small Island Developing States. *Development Bulletin* 58, 33–38.
- Kaly, U.L., Pratt, C.R. and Mitchell, J. 2004. The Demonstration Environmental Vulnerability Index (EVI) 2004. SOPAC Technical Report 384.
- Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., Turner II, B.L., Schiller, A., Hsieh, W.H., 2003. Vulnerability to global environmental change. In: Diekmann, A., Dietz, T., Jaeger, C., Rosa, E.S. (Eds.), *The Human Dimensions of Global Environmental Change*. MIT, Cambridge, forthcoming.
- Khattabi A., Chriyaa A., Hammani^[1]A., Moudoud B., 2014. Synthèse et recommandations stratégiques pour une prise en compte du risque « climat » dans les politiques et stratégies sectorielles.
- Lenn'ah, T. 2016. *Analyse méso-économique de l'offre et la demande de l'eau au niveau du bassin versant de l'Ourika dans la perspective de la gestion intégrée de l'eau face au changement climatique au Maroc*. Mémoire de troisième cycle, ENFI
- Luers A.L., Lobell D.B. , Sklar S.L., Addams C.L., Matson P.A. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change* 13 (2003), pp. 255–267
- Meliho M., Khattabi A., Zine El Abidine A., 2016. Etude de la sensibilité à l'érosion hydrique dans le bassin versant d'ourika (Haut Atlas, Maroc). 1st AMSR & APDR Congress. ISSN ISBN 978-989-8780-04-1. Pp. 189-196
- Naudé W. Santos-Paulino A.U, et McGillivray M. (2012) *Measuring vulnerability : an overview and introduction*, in *measuring vulnerability in developing countries : new analytical approaches*, Routledge, London, England, pp.1-46.
- Petschel-Held, G., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lu.deke, M.K.B., Moldenhauer, O., Reusswig, F., Schellnhuber, H.J., 1999. Syndromes of global change : a qualitative modelling approach to assist global environmental management. *Environmental Modeling and Assessment* 4 (4), pp. 295–314.

- Pritchett, L., Suryahadi, A., Sumarto, S., 2000. Quantifying vulnerability to poverty : a proposed measure with application to Indonesia. Social Monitoring and Early Response Unit Research Institute (SMERU) Working Paper, May 2000. [Enligne] www.smeru.or.id.
- Ribot, J.C., 1995. The causal structure of vulnerability: its application to climate impact analysis. *GeoJournal* 35, pp. 119–122.
- Rihane R., Khattabi A., Lahssini S., 2016. Modelisation de l'impact des changements d'utilisation des terres sur le comportement hydrologique du bassin versant de l'ourika. 1st amsr & apdr Congress. ISSN ISBN 978-989-8780-04-1-PP. 44-45
- Rochdane, S. 2013. Vulnérabilité au changement climatique au Maroc : Sécurité alimentaire nationale et profils de vulnérabilité environnementale et hydrique du bassin versant de Rheraya. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia
- Saidi, M.E.M, Boukrim, S., Fniguire, F., Ramromi. A. 2012. Les écoulements superficiels sur le haut Atlas de Marrakech cas des débits extrêmes. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 10, Mars 2012, pp. 75-90
- Schellnhuber, H.J., Block, A., Cassel-Gintz, M., Kropp, J., Lammel, G., Lass, W., Lienenkamp, R., Loose, C., Lu.deke, M.K.B., Moldenhauer, O., et al., 1997. Syndromes of global change. *GAIA* 6, pp. 19–34.
- Schilling, S., Freier, K., Hertige, E., Scheffrana J. 2012. Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco. *Agric-Ecos & Environment* 156, p. 12–26.
- Stephen, L., Downing, T.E., 2001. Getting the scale right: a comparison of analytical methods for vulnerability assessment and household-level targeting. *Disasters* 25, pp. 113–135.
- Tchokpon, E. K. L. 2010. Evaluation de la vulnérabilité environnementale aux changements climatiques pour une meilleure gestion intégrée des ressources naturelles du bassin versant de Taheddart, Maroc. Mémoire de troisième cycle de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé. 132 p. + annexes
- Turner, B.L., II, Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A., Martello, M.L., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100 (14), pp. 8074–8079.

Vers un aménagement récréatif et paysager de la forêt Marocaine. Cas de la subéraie de Maamora et de l'arganeraie de Mesguina

Said Laaribya^(1, 4), Halim Ouhammadou⁽²⁾, Assmaa Alaoui⁽³⁾, Najib Gmira⁽⁴⁾

Résumé

Au Maroc, le développement urbain, a connu au cours des dernières années une ampleur vertigineuse, et a eu pour effet direct une atteinte à l'environnement, une aggravation de la dégradation des écosystèmes naturels, et ne cesse d'empiéter sur les espaces forestiers et les espaces verts en général. Terres agricoles achetées à bas prix pour être bâties et domaines boisés appartenant à l'Etat, constituent une solution facile pour l'accomplissement de toute opération d'urbanisation à grande envergure. En plus de ses rôles de production et de protection, la forêt Marocaine se trouve aujourd'hui fréquemment au contact des citoyens, et représente un espace de récréation et de détente au profit des populations des principales agglomérations urbaines limitrophes. Devant cette situation, la gestion de cette espace doit intégrer une nouvelle dimension paysagère, récréative et sociale. Le présent article consiste à l'élaboration d'un modèle d'aménagement récréatif du site de Taicha, sise dans la Maamora, et dans l'arganeraie de Mesguina.

Mots clés : Récréation, Agglomérations, Aménagement récréatif, Maamora, Arganeraie de Mesguina.

¹ Labo GEDEZA - Université Ibn Zohr et LBRN -FSK.

² Direction Régionale des Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification – Agadir – Maroc.

³ Institut Royal Technique Spécialisé des Eaux et Forêts-Sale-Maroc.

⁴ LBRN-Faculte des Sciences Kenitra-Maroc.

1. Introduction

L'extension urbaine au Maroc et l'éclatement des villes dans le monde rural présentent des conséquences désastreuses sur les ressources naturelles par la fragilisation des espaces naturels et forestiers. Ceci est aggravé par l'absence d'une gestion adéquate de ces massifs qui subissent toutes sortes d'agressions, pollution et empiétement. Pour contrecarrer cette tendance, il est nécessaire de valoriser les espaces forestiers urbains et périurbains en y assurant une gestion durable multifonctionnelle et de créer de nouveaux reboisements en ceintures vertes ou en grandes zones boisées.

Le Programme Forestier National (PFN, 1998) qui constitue l'outil stratégique au Maroc, a relevé que l'urbanisation galopante engendre des changements dans le mode de vie et une augmentation de la demande en matière de loisir, alors que les centres urbains souffrent de manque d'espaces pour l'accueil d'un public de plus en plus nombreux. Pour les vingt à trente prochaines années, le PFN a retenu que la population urbaine au Maroc atteindra 32 millions d'habitants aux environs de 2025, et que près de 45 villes atteindront et dépasseront les 100.000 habitants dans les années 2020. Un tel niveau d'agglomération constitue dès à présent une taille critique à partir de laquelle les besoins en espaces forestiers à vocation récréative sont indispensables d'un point de vue social et sanitaire. La surface moyenne d'espaces verts dont dispose chaque habitant, en milieu urbain au Maroc est de 2,5 m² (espaces verts urbains). Toutes choses égales par ailleurs, ce ratio (atteint ou visé) est de 10 m²/habitant dans les grandes agglomérations européennes. Si l'on prend en compte, en outre, les parcs boisés et les espaces naturels forestiers périurbains, le seuil atteint (ou planifié) en Europe est couramment de 50 m²/habitant.

La forêt Marocaine revêt une importance majeure et sans cesse grandissante pour les loisirs et la détente. Mais cette fonction récréative n'est pas suffisamment explorée en l'absence de plans d'aménagement qui servent en premier lieu à hiérarchiser, lors de la planification, les buts de l'utilisation de l'espace libre par rapport aux autres buts de l'aménagement forestier. Conscient, du rôle primordial joué par les forêts urbaines et périurbaines aussi bien sur le plan environnemental, social et paysager et conscient des multiples pressions auxquelles sont soumises ces forêts, convoitise foncière, fréquentation pas toujours organisée et pollution pour ne citer que les principales.

2. Problématique

Nos sociétés évoluent avec le mouvement des populations de la campagne vers les villes, nourrissant l'agrandissement des agglomérations urbaines. Avec cette dynamique, la forêt se trouve aujourd'hui dans l'aire d'influence des villes voire directement intégrée dans l'espace bâti. Dans ces situations urbaines et périurbaines, la gestion des forêts doit intégrer une nouvelle dimension paysagère et sociale visible et explicite.

Pour contrecarrer cette tendance, il est nécessaire de valoriser les espaces forestiers périurbains en y assurant une gestion multifonctionnelle. Ces actions ne peuvent être menées qu'au prix d'un aménagement récréatif conciliant entre les impératifs de conservation de la nature et le développement des forêts urbaines et péri urbaines pour accompagner ces nouveaux défis de l'évolution du contexte.

La forte pression paysagère sur les espaces forestiers a laissé des gravures et des empreintes écologiques néfastes telles que : détritrus, des déchets, des produits nuisibles non dégradables ! (Plastique ; verres brisés), piétinement des voitures garées partout sous les arbres, des jeux non organisés et des balançoires accrochées aux arbres participent à la dégradation de la Maamora et de l'arganeraie.

3. Objectifs

Le présent travail vise la réalisation d'une méthode d'approche, qui peut être généralisée sur d'autres massifs forestiers, du rôle récréatif de la forêt à travers l'étude de la fréquentation des visiteurs. Il s'agit d'une conception d'un aménagement concerté pour l'accueil du public, visant la mise en évidence de la forêt en tant que forêt péri urbaine et comme zone d'intégration non isolée du milieu urbain. Les principaux objectifs visés concernent ainsi la réhabilitation de la forêt, l'organisation de la fréquentation en équilibre avec la capacité du milieu naturel et la mise en place d'équipement de plein air pour les promeneurs et les familles. La forêt est considérée, comme ultime refuge des citadins qui cherchent à fuir la routine des milieux urbains d'une part, et déguster le milieu naturel d'autre part.

L'Objectif¹ s'appuie sur le développement des forêts urbaines et périurbaines au service de l'environnement et de la société en vue de:

¹ La finalité est d'offrir au public des espaces forestiers sains et permanents à travers une démarche professionnelle d'organisation de l'accueil et d'aménagement adapté des paysages forestiers urbains et périurbains. Il s'agira

- Assurer la protection et la pérennité des milieux forestiers urbains et périurbains ;
- Offrir un paysage forestier sain et sécuritaire à l'intérieur de ces périmètres
- Développer le rôle social des forêts par un accueil adapté aux exigences des écosystèmes et au besoin en nature des visiteurs ;
- Sensibiliser le public, les générations futures et les acteurs locaux à l'importance de la conservation des forêts urbaines et périurbaines.

4. Approche méthodologique

4.1. Enquêtes questionnaires

Il s'agit d'une étude réalisée dans deux sites récréatifs périurbains non aménagés au niveau de la forêt de Maamora qui se trouve à proximité de la ville de Kenitra (5km), et loin de 40 km de Rabat (capitale du Maroc) et au niveau du site de Mesguina relevant de la forêt d'arganier de Mesguina et situé à 6 Km de la ville d'Agadir. Ces sites sont sujets à une fréquentation massive engendrant une anthropisation à outrance. Après une phase préliminaire consacrée à un recueil bibliographique et une étude approfondie de l'existant, une sortie de reconnaissance sur le terrain et des prises de contact ont été faites auprès des différents acteurs concernés (Visiteurs, Commune territoriale ; Eaux et forêts, Wilaya, Agence urbaine, Direction régionale du tourisme ...). En tenant compte que la population étudiée qui représente une grande hétérogénéité par rapport caractères étudiés qui sont la fréquentation et ses caractéristiques, la méthode utilisée est un sondage par choix raisonné, une enquête qualitative sur un échantillon de 100 groupes d'individus (9 par site) a permis d'étudier les caractéristiques des visiteurs ainsi que leurs motivations. Le déroulement des investigations réalisé en 2010 (site de Taicha en Maamoura) et 2012 (site de Mesguina), surtout les Weekend, les jours fériés et un jour ouvrable par semaine de façon à couvrir l'ensemble de la semaine. Les fiches des questionnaires ont été élaborées de façon à collecter l'ensemble des informations nécessaires à savoir la répartition des visiteurs, la nature de la population, les motivations et les caractéristiques de fréquentation, et enfin les suggestions proposées.

d'intégrer en interne les pratiques les plus évoluées de gestion de ces périmètres tout en s'ouvrant à un partenariat responsable et organisé.

4.2 La méthode d'Analyse Rapide et de Planification Participative (MARP)

En plus des enquêtes basées sur les questionnaires, nous avons eu recours à la Méthode Accélérée de Recherche Participative (MARP) qui est une méthode participative permettant d'avoir des informations supplémentaires sur la fréquentation au niveau du site étudié et sur le milieu environnant.

Il s'agit d'un processus intensif, itératif et rapide d'apprentissage qui s'appuie essentiellement sur des petites équipes multidisciplinaires et qui utilisent une variété de méthodes, outils et techniques spécialement choisis pour permettre une meilleure connaissance des situations rurales. Un accent est mis essentiellement sur la valorisation des connaissances et savoir des visiteurs et leur combinaison avec les connaissances scientifiques actuelles. La MARP est donc un processus accéléré d'apprentissage par le biais de différentes interactions qui permettent de réunir des informations riches et fiables.

Quatre types d'utilisation de la méthode MARP ont eu lieu, qui correspondent de facto aux temps forts du cycle de projet :

- Lors de la phase de diagnostic (mission exploratoire, diagnostic plus long) ;
- Lors de l'analyse d'une question thématique (liée à la mise en place de recherche-actions) ;
- Lors de la phase de planification (conception participative des actions) ;
- Lors de la phase d'évaluation de l'action.

4.3. Présentation de la zone d'étude (sites de Taïcha et de Mesguina)

Situation géographique

Le premier Site dit Taïcha appartient à la Maamora occidentale (Nord-Ouest). en bordure droite de la route principale N°2.

- Le deuxième site est situé dans la forêt de Mesguina de part et se trouve de part et d'autres de la route nationale n° 8 qui lie les deux villes touristiques d'Agadir et de Marrakech.
- Le site de Taïcha couvre une superficie de 13 000 ha de la Maamora et le site de Mesguina s'étend sur une superficie de 2000 hectares. Le site de Mesguina est formé d'une forêt naturelle d'arganier qui relève de la RBA (reconnue par l'UNESCO en 1998).

Les facteurs du milieu influençant le site

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution de la forêt dans les des deux sites de Mesguina et Taicha, qui sont :

- Le pâturage et le piétinement animal ;
- Les prélèvements illicites et des ayant droit ;
- Le passage des véhicules ;
- Fréquentations des visiteurs.

Le pâturage :

Le passage quotidien des troupeaux (ovins, bovins et caprins) a pour effet le tassement du sol dans les lieux habituels du pâturage dans le site qui présente actuellement une dégradation apparente du couvert végétal par rapport aux zones interdites au parcours (mises en défens).

Le passage des véhicules :

Compte tenu que notre site est limité par un douar ou la vocation agricole est dominante, le besoin de commercialiser les produits locaux oblige les habitants à faire des passages quotidiens intense à travers la forêt pour joindre les routes principales. Malgré l'existence d'un passage principal, les riverains et par indifférence choisissent des passages courts et irréguliers pour passer leurs véhicules, ce qui a porté atteinte au paysage.

Le stationnement et la circulation des véhicules à l'intérieur du site contribuent à leurs tours à la dégradation des deux sites de Mesguina et Taicha en l'absence d'un aménagement d'accueil du public.

Fréquentation des visiteurs

De par sa proximité des grandes agglomérations les sites de Taicha et Mesguina sont considérés comme un refuge dans la mesure où cela profite à la population des grandes villes comme Kenitra, Salé et Rabat et le grand Agadir pour lesquelles la forêt joue le rôle d'un véritable poumon d'air frais et où la population se rend en tout temps même en été. Toutes fois, en l'absence de plans d'aménagement récréatifs, la fréquentation devient une source de pression et de dégradation de la Maamora et de Mesguina.

Rappelons tout d'abord que nos sites reçoivent d'une façon hebdomadaire un nombre considérable de visiteurs qui exercent des activités de recreation sur un milieu vulnérable non aménagé. Cette fréquentation contribue d'une manière directe ou indirecte à la dégradation du milieu : les jeux non organisés, des piétinements,

motocyclage, des voitures circulantes et garées partout sous les arbres à la recherche de l'ombre etc...

Un autre facteur qui menace la pérennité et la valeur écologique des forêts de Taïcha et Mesguina est le rejet des déchets laissés par les visiteurs en l'absence de poubelles sur le site. Compte tenu de leurs quantités et de leurs natures, les déchets constituent un facteur de dégradation à outrance (détritus, produits nuisibles non dégradables, cannettes, sacs en plastique, boîtes de conserves, bouteilles en verre ...).

5. Résultats et discussions

5.1. Classes d'âge et répartition des visiteurs

Compte tenu que les visiteurs viennent par groupe d'individus, et pour définir la répartition des groupes des visiteurs du site selon l'âge, nous avons défini trois classes d'âges pour les visiteurs (chefs de ménage par groupe de visiteurs) qui sont : de 15-24ans, celle de 25-50ans, et plus de 50ans. Les résultats obtenus font ressortir que la majorité des chefs de ménage enquêtés

appartiennent aux deux dernières classes d'âge soit 67% pour le site de Taïcha et 60 % pour le site de Mesguina (classe 25-50 ans), et de 33 % au niveau du site de Taïcha et 35 % au niveau du site de Mesguina pour la catégorie d'âge de 50ans et plus.

Selon les résultats obtenus et les investigations sur le terrain, les deux sites sont caractérisées par une fréquentation hétérogène aussi bien au niveau des groupes qu'au niveau de la répartition spatiale des visiteurs.

- **Classe de moins de 15 ans** : elle représente la catégorie des enfants qui ne pourront fréquenter la forêt qu'en présence de leurs familles. Elle représente 45% (Taïcha) et seulement 5% (Mesguina) de la population de visiteurs.
- **Classe de 15-24 ans** : soit 29% (Taïcha) et 50% (Mesguina), elle représente la catégorie des jeunes généralement non mariées et qui sont accompagnés par leurs familles ou amis.
- **Classe de 25-50 ans** : soit 15%(Taïcha) et 33% (Mesguina) elle représente des personnes mariées accompagnés des enfants.
- **Classe plus de 45 ans** : soit 11% (Taïcha) et 12% (Mesguina), elle représente les personnes âgées qui visitent la forêt en accompagnant leur familles ou leur amies.

La taille moyenne des groupes de visiteurs est de 6,15 soit 6 personnes par groupe.

La population des visiteurs est dominée par un grand nombre des populations jeunes et actives. Ce qui va nous guider dans le choix des options à promouvoir et la nature des équipements à mettre en place pour satisfaire les besoins et les inspirations récréatives de cette catégorie.

Le nombre croissant de visiteurs qui fréquentent la forêt périurbaine constitue un potentiel d'opinion à prendre en considération.

5.2. Catégories socioprofessionnelles des visiteurs

Tableau 1. Catégories socioprofessionnelles des visiteurs

<i>Catégories socioprofessionnelles</i>	% (Taicha)	% (Mesguina)
Libéral	26	12,5
Cadre	19	17,5
Enseignants	18	20
Retraités	18	***
Activités de service	10	7,5
Manœuvres	9	20
Etudiants	***	22,5

Source: enquêtes 2009 et 2012

Les résultats de nos investigations ont montré que les visiteurs appartiennent à plusieurs catégories socioprofessionnelles.

D'après les résultats des enquêtes, la plupart des visiteurs sont des chefs des ménages exerçant des professions différentes, commençant par le taux de présence représenté par la catégorie de professions libérales qui sont souvent des commerçants et des entrepreneurs ... et les cadres (avocats et ingénieurs). Ils appartiennent à des classes de vie moyenne à aisée, leurs niveaux de vie leur permet de supporter le coût de déplacement en forêt avec leur famille. En effet les exigences et la complexité de la vie économique et professionnelle les expose au méfait du "stress" moral et physique, ils trouvent dans la forêt un bon refuge pour divertir dans leur repos hebdomadaire.

Ainsi nous avons noté la présence des enseignants soit 18% (Taicha) et 20% (Mesguina), les activités des services avec un taux de présence de 10% et 7,5%, les manœuvres avec des taux de présences de 9 % et 20%. Les personnes considérées passives représentent 18% sur Taicha. Ce sont des retraités qui cherchent le calme et le repos.

5.3. Niveau d'instruction des chefs de ménage

Tableau 2. Le niveau d'instruction

Niveau d'instruction	Taicha %	Mesguina %
Aucun	20	6
Primaire	15	9
Secondaire	42,5	24
Supérieur	22,5	61

D'après les résultats obtenus, on a constatée que tous les niveaux d'instruction sont présents avec des proportions variables. En effet, les personnes ayant un niveau supérieur sont présentes avec un taux de 61% (Taicha) et 22,5% (Mesguina), le niveau secondaire représente 24 % (Taicha) et 42,5% (Mesguina). Le reste représente une minorité de population de visiteurs qui ont déclaré comme ayant des niveaux primaires (15 % pour Mesguina) ou sans niveau d'instruction (20 % pour Mesguina).

La prédominance des personnes ayant un niveau d'instruction supérieur reste un paramètre favorable pouvant contribuer à la préservation des bienfaits et les potentialités de la forêt et de la nature.

5.4. Motivations de la fréquentation

5.4.1. Le but primaire de la visite

Pour savoir les raisons qui poussent les gens à échapper de l'environnement bâti vers l'environnement naturel, on a organisé une grille numéroté dont les interrogés doivent choisir le but primaire de leur visite. Le tableau suivant montre les valeurs et les classifications des résultats obtenus.

Tableau 3. Le but primaire des visiteurs

But primaire	Taicha %	Mesguina %
Bénéficier les enfants	67	48,3
Bénéficier du plein air	15	25
Fuir de la ville	13	19,8
Couper de routine	1	6,9
Chercher du calme	2	***
Autres	2	***

D'après les résultats obtenu, on constate que le but primaire des visiteurs est en faveur des enfants avec un taux de 67% %(Taicha) et 48,3% (Mesguina) suivie par la valeur 15% %(Taicha) et 25% (Mesguina) qui représente le besoins de bénéficier d'un air pur, et 13% % (Taicha) et 19,8% (Mesguina). concerne la fuite de la ville et de son environnement urbain.

5.4.2. Les activités pratiquées dans le site

Tableau 4. Les activités pratiquées dans le site selon l'âge

Les activités fréquentées	Catégories d'âges			
	< 15 ans	15-24	25-45	45 et plus
Jeux d'enfants	★★★★★	★★★★★	-	-
Promenade	★	★★★	★	★
Musique	★	★★	★	★
Lecture	★	★★	★★★	★★
Jeu de cartes	★	★★★	★	★
Informel	★★	★★★★	★★	★
Détente		★★★★★	★★★★★	★★★★★
★★★★★ Très fréquent / ★★★ Fréquent / ★★ Peu fréquent / ★ Faible				

Source: enquête 2009.

D'après nos investigations sur le terrain qui concernent les activités exercées dans la forêt, nous pouvons tirer les remarques suivantes :

La plupart des personnes observées s'adonnent à des pratiques liées aux espaces plus étendus, que se soit :

- Des pratiques actives comme : les promenades et les jeux d'enfants.
- Des activités passives comme la détente.

Cependant, la fréquence des activités varie selon les catégories d'âges. En effet, la population jeune s'adonne à des pratiques actives comme les jeux ; les promenades. Les personnes relativement âgées s'adonnent à des activités passives comme la détente et la lecture.

D'autres occupations jugées informelles comme les ouvrages à la main (tricotage, broderies...), la peinture, la préparation des grillades, assister à des chants folkloriques qui s'organisent chaque semaine dans le site surtout en printemps.

Finalement, toutes les activités exercées par les visiteurs ne sont que des conséquences de leur existence dans une ambiance naturelle qui donne l'envie à tout faire.

La forêt favorise et valorise considérablement les loisirs de plein air. Des visiteurs préfèrent se reposer et goûter le silence, lire, méditer, converser et/ou bien se trouver en toute discrétion. D'autres préfèrent jouir de la nature, des variétés des terrains et des paysages pittoresques, pour faire des promenades ou des randonnées à pied, à bicyclette, le jogging. Les visiteurs du site de Taicha se livrent également à des utilisations spontanées du territoire forestier pour vivre, pique-nique, jeu avec les enfants, accrocher les balançoires aux arbres, récolter les champignons ...etc.

5.5. Les caractéristiques de la fréquentation « Période de fréquentation »

Le massif forestier est devenu un des sites privilégiés pour différentes activités telles que la promenade, qu'elle soit pédestre, ou en VTT². Cette fréquentation est devenue excessive surtout en printemps dans la mesure où la quasi-totalité des visiteurs fréquente la forêt pendant cette saison avec un taux de fréquentation important et plus particulièrement les week-ends avec un taux de 50% Taicha et 95,2 % pour Mesguina.

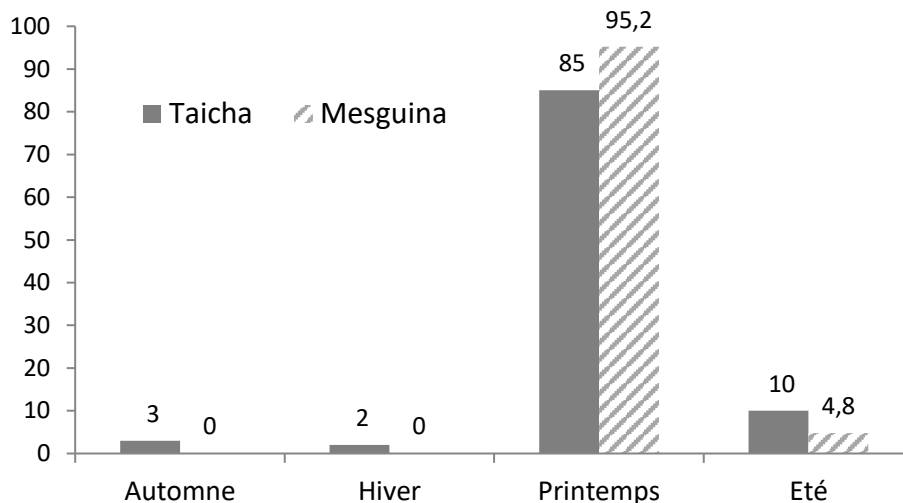


Figure 3. Période de fréquentation des visiteurs (%).

Au cours de la période du printemps, les sites reçoivent d'une façon hebdomadaire un nombre considérable de visiteurs qui exercent des activités de récréation sur un milieu vulnérable et non aménagé. Cette fréquentation contribue d'une manière directe ou indirecte à la dégradation du milieu : le tassement des sols par les véhicules pour accéder à la forêt les jeux non organisés, des piétinements, motocyclage, des voitures circulantes et garées partout sous les arbres etc... Cette fréquentation engendre alors des conséquences néfastes pour les peuplements forestiers.

5.6. Suggestions des visiteurs et contrition financière

5.6.1. Équipements souhaités par les visiteurs

Les populations urbaines demanderont de plus en plus fortement des paysages et des espaces de détente auxquelles les forêts périurbaines existantes ou à créer devront répondre. Cela nécessite une vision nouvelle du développement durable des forêts urbaines et périurbaines qui exige la prise en considération de toutes les composantes liées à cet espace forestier et à son environnement ; et leur intégration dans une stratégie globale considérant la forêt et les espaces boisés comme composante principale dans l'aménagement du territoire et le développement rural et urbain.

² Véhicule Tout Terrain

L'objectif de doter la forêt par des équipements, est de concilier au mieux la fréquentation prévisible et les aspirations du public avec la protection des milieux et le maintien de leur aspect naturel. En effet, les équipements d'accueil du public, agrémentent le site en le rendant plus attractif et accueillant.

Tableau 5. Aménagements proposés par les visiteurs

Équipements souhaités par les visiteurs	% de la demande (taicha)	% de la demande (Mesguina)
Aire de jeux pour enfants	76%	97,5
Tables et bancs	84%	72,5
Panneaux signalétiques	20%	87,5
Parc de stationnement	13%	65
Poubelles	55%	60
Points d'eau	54%	***
Ecomusée	4%	***
Terrains de sports	14%	73,4
Installations sanitaires	60%	40
Autres	30%	15

On constate que les équipements suggérés ont des relations avec les activités de la récréation active comme les aires de jeux pour enfants avec un taux de 76% (Taicha) et 97,5% (Mesguina). Pour les activités passives on a enregistré une forte demande (84%) (Taicha) et 72,5% (Mesguina) des tables et des bancs en bois, les visiteurs réclament également l'absence des équipements et d'infrastructures telles que les installations sanitaires avec un taux de 60% (Taicha) et 40% (Mesguina), les points d'eau 54%, et autres équipements très particuliers tels que : salle pour la prière, poste de télécommunication, gardiens de sécurité, des pistes pour les randonnés.

La quasi-moitié des visiteurs sont conscients de la valeur récréative du site et soucieux de le conserver et le rendre durable. Cette tendance s'avère dans la demande de l'installation des poubelles et des panneaux signalétiques notamment les panneaux d'information, d'orientation, de réglementation, etc. ;.

5.6.2. Activités des services suggérées

Les activités de services sont devenues une nécessité dans tous les espaces qui connaissent une agglomération des gens. C'est une interface qui assure un grand bénéfice aussi bien pour l'animation du publique, que par la fourniture d'un grand rendement aux populations riveraines qui peuvent en profiter dans le cadre des petits projets générateurs des revenus.

Quant au point de vue de visiteurs, soit 69% (Taicha) et 92,5% (Mesguina) ont accepté l'existence des activités de services dans le site, alors que 31 % et 7,5 % respectivement ne l'accepte pas. Toutes fois, les activités de services réclamées doivent respecter les normes reconnues de la qualité et de l'hygiène, et ce afin de conserver la forêt.

Selon les visiteurs, les services les plus demandés sont classés par ordre d'importance :

- Point de vente (kiosque ; glaces)
- Buvette/ café
- Restaurant

Par ailleurs, on remarque que le taux représentant les personnes qui ont refusé l'existence des activités des services dans le site, en général se sont des gens qui cherchent le calme et la détente et donc refusent tout genres d'activités qui peuvent métamorphoser l'aspect naturel et sauvage de la forêt de la Maamora et de l'araneraie.

5.7. Propositions d'aménagement récréatif et paysager

Tout d'abord, on note qu'on peut pas permettre de décider d'un aménagement récréatif sans une base chiffrée permettant de le proportionner à sa juste valeur que ce soit dans le temps ou dans l'espace. C'était donc les buts attendus des résultats des enquêtes et de la MARP¹ auprès des visiteurs.

À Sur la base du résultat de l'enquête, et des potentialités des deux sites, nous avons effectué notre délimitation du premier ordre ou « macro-zonage » en fonction du taux de fréquentation et des tendances d'installation des visiteurs dans les sites en question. Ainsi, trois zones de récréation ont été mises en exergue dans notre site :

- Zone de récréation passive intensive
- Zone de récréation active intensive
- Zone de récréation extensive (Zone de promenade)

Les aires de stationnement

La présence des véhicules à moteurs dans la forêt de Taicha a provoqué le tassement du sol, la pollution chimique et visuelle, la pollution sonore. Ainsi, une aire de stationnement devra être aménagée à l'entrée (voir schéma d'aménagement proposé).

De même, pour éviter l'entrée des véhicules à l'intérieure de la forêt on propose de mettre des barrières de plusieurs types : fossés tout au long de la route, barrières en bois ou en bétons.

¹ La MARP ainsi que les enquêtes nous ont permis d'évaluer les besoins réels et les aspirations des visiteurs (concertation) en matière d'aménagement de l'accueil du public.

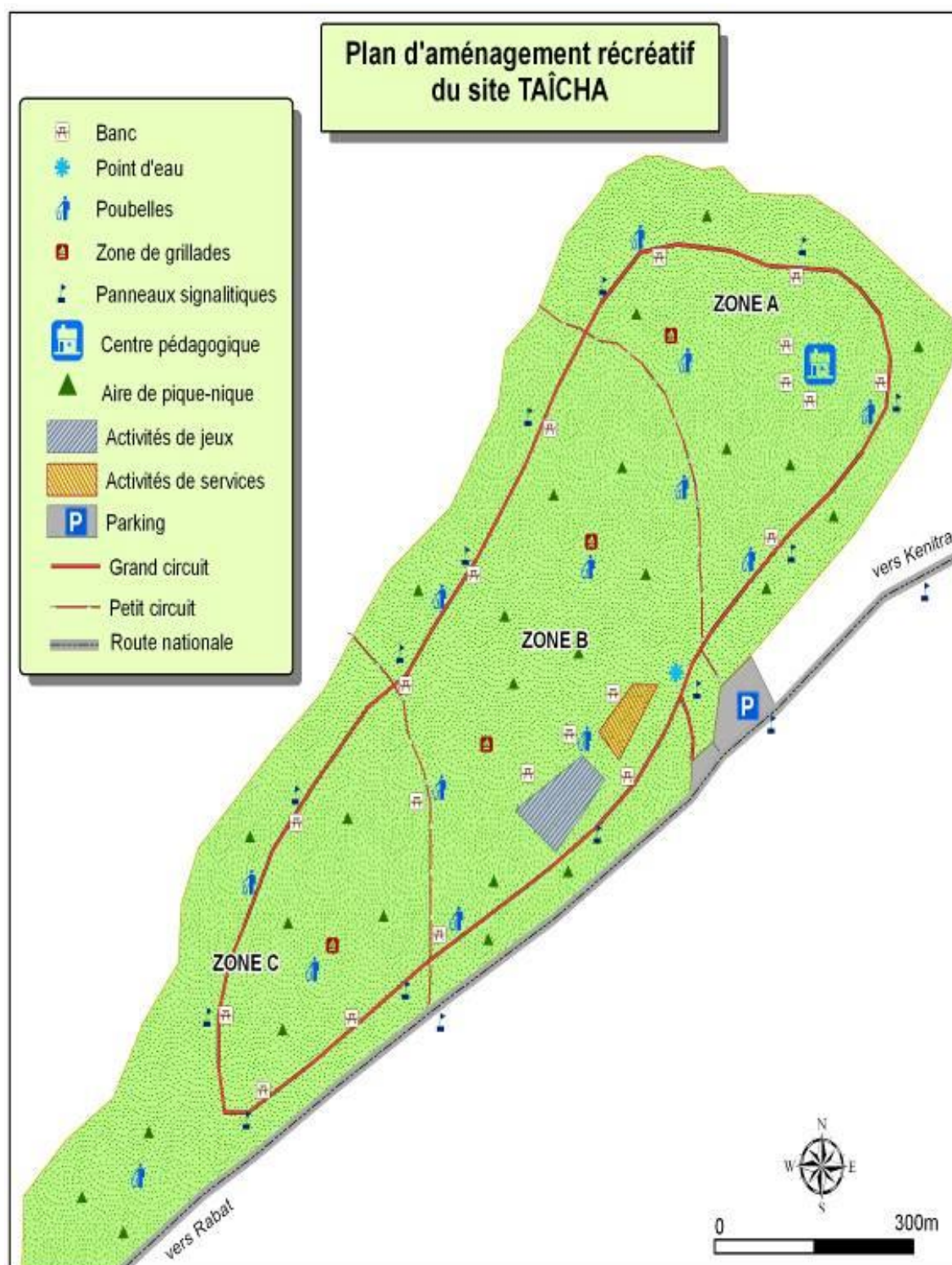


Figure 4. Plan d'aménagement récréatif du site de Taïcha.

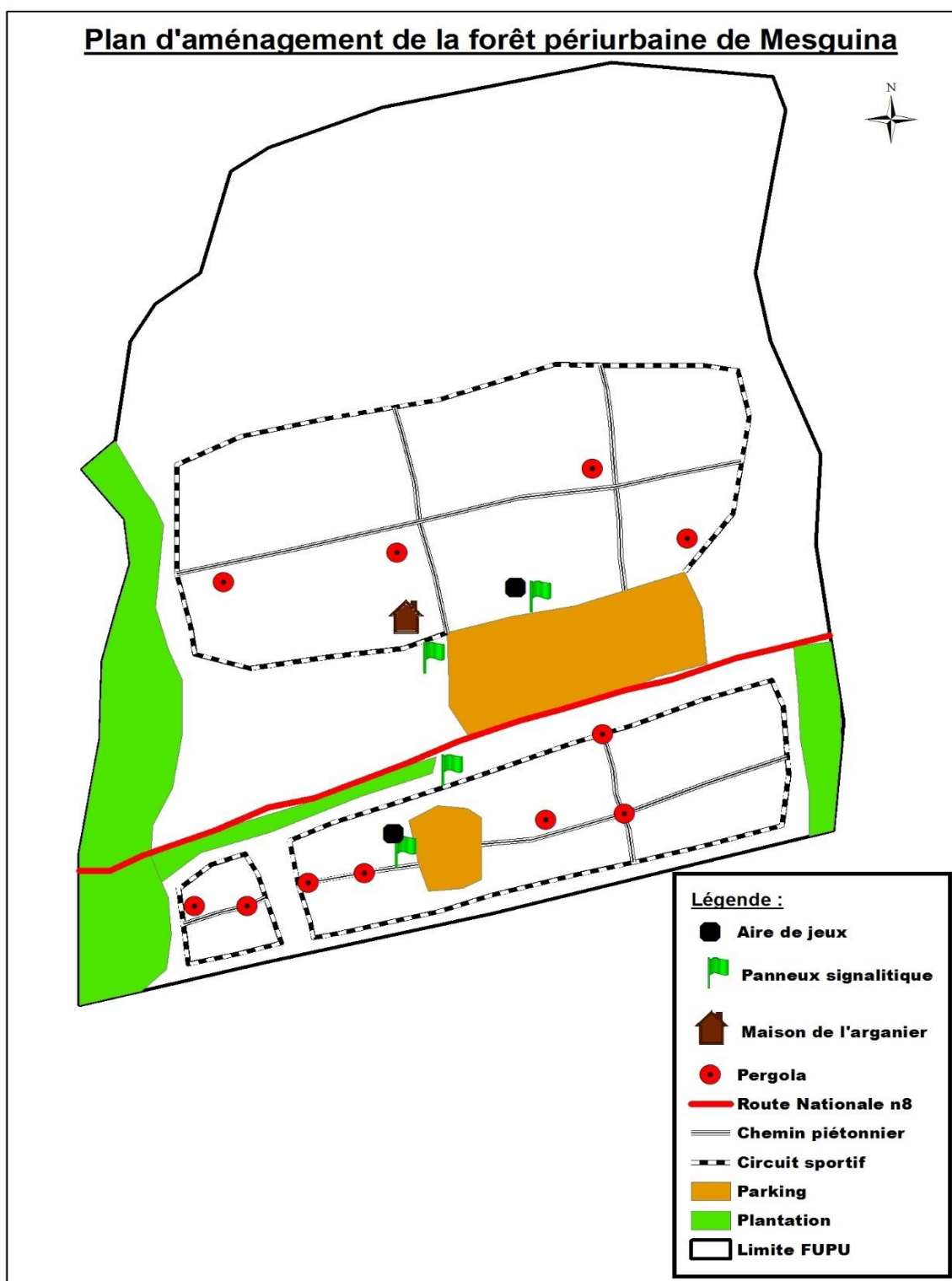


Figure 4. Plan d'aménagement récréatif du site de Mesquina.

6. Conclusion

Compte tenu de l'importance de la forêt urbaine et périurbaine dans la vie de la population, des services multiples qu'elle offre et de la problématique de sa dégradation, les pouvoirs publics devront donner un intérêt particulier à cet espace vital. Il en résulte de toutes les investigations entreprises, que la maîtrise des dimensions sociales, paysagères et environnementales est seule en mesure de garantir la valorisation et la sauvegarde des forêts que ce soit dans l'espace rural ou urbain.

- L'espace forestier joue un rôle important et primordial aussi bien sur le plan environnemental, social et paysager, pour le bien être des citoyens et pour l'agrément des paysages ;
- L'aménagement récréatif permet de rééquilibrer le rapport entre l'homme, la nature et la ville ;
- L'étude récréative a montré que les visiteurs se répartissent en 3 zones :
 - Zone de récréation passive intensive ;
 - Zone de récréation active intensive ;
 - Zone de récréation extensive.

La nécessité d'assurer l'organisation de la fréquentation du public au travers de structures légères préservant le fonctionnement naturel des écosystèmes (aires de stationnement en périphérie des forêts, panneaux d'information, aires de pique-nique, sentiers de promenade...).

Compte tenu de l'état des sites et les résultats des investigations sur le terrain, plusieurs équipements sont nécessaires pour promouvoir la vocation récréative et conserver la pérennité de la forêt. Ainsi, les équipements à mettre en place sont comme suit :

- Les signalétiques
- Les aires de jeux
- Une aire de stationnement
- Les sentiers de promenade
- Les aires de pique nique

En définitive, et afin de promouvoir le développement des forêts récréatives au Maroc, la définition d'un cadre institutionnel de gestion en partenariat des forêts urbaines et périurbaines est devenue une nécessité impérieuse.

Références bibliographiques

- Ghiglior R. et Matalon, 199. Les enquêtes sociologiques, théories et pratiques, Edition Armand colin, Paris
- GTZ, 1997. Les ressources génétiques forestier au Maroc, peuplement à graines, classes et arbres, volume n°6 Chêne-liège (*Quercus suber*) GTZ
- Ionesco et Sauvage, 1965. Fichiers de l'espèce climax, la revue ALAWAMIA n°16 pps 1-22 Rabat.
- Laaribya S., 2004. Lexique Socioéconomique- Centre de la Recherche et d'expérimentation Forestière- HCEFLCD-Rabat/Maroc.
- Laaribya S., 2006. Il faut sauver la forêt de la Maamora (Maroc), Revue de la forêt méditerranéenne TXXVII N°1, Mars 2006 P.65
- Laaribya Said, et al., 2011. Aménagement récréatif et paysager de la forêt de la Maamora, Cas du site de Taicha Province de Kenitra- Maroc - Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi, 2011, 11 (1): 85 – 101-Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty
- Plieninger, T., Ferranto, S., Huntsinger, L., Kelly, M., Getz, C., 2012. Appreciation, use, and management of biodiversity and ecosystem services in California's working landscapes. Environmental Management 50, 427–440.
- Potschin, M., Haines-Young, R., 2011. Ecosystem services: exploring a geographical perspective. Progress in Physical Geography 35 (5), 575–594.
- Lacoste et Salanon, 1996. Elément de la biogéographie et d'écologie Université NATHAN Paris.
- Larche et Dubois 1991. Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural, Edition Lavoisier, Paris.
- PFN, 1998: Programme forestier National, Ministère délégué chargé des Eaux et Forêts-Maroc.
- INRA, 1979: la forêt et la ville : essai sur la forêt dans l'environnement urbain et industriel, Station de recherche sur la Forêt et l'Environnement, ed.S.E.I., Versailles.



Les Formations Forestières et Pré-forestières Etat des Lieux et Dynamiques

Forêt de thuya (Jbel Amsiten)

Evaluation de l'état de formations végétales forestières dans le bassin versant de l'Ourika dans une optique de restauration des espaces dégradés

Etienne Nduwayo⁽¹⁾, Abdellatif Khattabi⁽¹⁾, Abdenbi Zine El Abidine⁽¹⁾, Ahmed Ouhammou⁽²⁾.

Résumé

Le couvert forestier du bassin versant de l'Ourika, situé dans le Haut Atlas occidental, est soumis à une dégradation due aux conditions naturelles peu favorables et à la pression anthropozoogène. Cette dégradation est à l'origine du processus d'érosion et d'inondation qui caractérisent ce bassin versant et qui présentent une menace pour les populations locales et pour les infrastructures. La restauration des espaces dégradés est une nécessité pour assurer la conservation des ressources naturelles. Les objectifs de ce travail sont de : (1) cartographier l'occupation du sol du bassin versant de l'Ourika ; (2) évaluer l'état de dégradation du couvert végétal forestier ; et (3) localiser les zones dégradées du couvert végétal en vue de proposer des mesures de restauration. L'approche méthodologique adoptée a consisté en le traitement numérique d'images satellitaires Sentinel-2A du 06 Juin 2016 et d'images Google Earth® complété par la collecte de données terrain pour validation. Le croisement des résultats de cartographie et d'analyse de la répartition spatiale des indices de végétation (DVI, NDVI, PVI et TSAVI) a permis de déterminer l'ampleur de la dégradation des formations forestières et de localiser les zones dégradées. Les résultats obtenus sont présentés sous forme d'une carte de l'occupation du sol. La moitié de la surface du bassin versant de l'Ourika est occupée par une formation végétale dégradée dominée par les xérophytes. La forêt occupe une superficie de 35,62 % environ dont seulement 10,95 % pour des forêts denses à moyennement denses et 24,67 % pour les formations claires. Les 28,76 % restants de l'espace du bassin sont occupés par des cultures, le bâti et le sol dénudé. L'ampleur de la dégradation des formations forestières du bassin versant de l'Ourika exige la nécessité et l'urgence de procéder à des interventions de restauration qui doivent cibler en priorité les zones fortement affectées.

Mots clés : Bassin versant de l'Ourika, couvert végétal, dégradation, indices de végétation, cartographie, SIG et Télédétection.

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, nduwaetienne@yahoo.fr.

² Faculté des sciences Semlalia, Département de Biologie, Laboratoire d'Ecologie et Environnement, Herbarier Régional, Marrakech, ouhammou@uca.ma.

1. Introduction

Les écosystèmes forestiers du Haut-Atlas occidental et en particulier ceux du bassin versant de l'Ourika (BVO) sont soumis à des conditions climatiques et géotopographiques assez sévères (Juillerat, 2004; Rhanem, 2015; Sirtou, 1995). Ces écosystèmes sont en outre affectés par la pression anthropique qui est exacerbée par les effets du changement climatique (Meliho et al., 2016a). Dans de nombreuses situations, les formations forestières ont cédé la place à un couvert végétal faible et épars (Duclaux, 2005).

Cette situation se répercute sur les biens et services écosystémiques en réduisant leur qualité et/ou leur quantité (Hammi, 2003). En effet, les événements extrêmes tels que les crues, les inondations que connaît, fréquemment, cette zone sont le résultat de l'effet combiné des facteurs naturels (Sols imperméables et/ou friables, topographie accidentée, précipitations aléatoires et souvent agressives, températures très faibles en hiver et élevées pendant l'été, faible couvert végétal) et socioéconomiques. Ces derniers regroupent la pression pastorale dépassant les potentialités du milieu, le prélèvement du bois de feu et l'extension des terrains agricoles (Benchabane, 1997; Hammi et al., 2012; Rhanem, 2011 in Rhanem, 2015).

Le rôle du couvert forestier dans la réduction des crues et inondations est significatif dans cette zone (Rihane et al., 2016; Meliho et al., 2016b) ainsi que dans la lutte contre l'érosion (Meliho et al., 2016c). Des projets visant à inverser cette tendance ont été réalisés en l'occurrence le projet de développement intégré du BVO dont l'amélioration du couvert végétal est l'un de ses objectifs (Anonyme, 2012).

La végétation du BVO a fait l'objet de plusieurs études qui ont ciblé la cartographie des formations végétales (Ouhammou, 1986; Ouhammou and Aubin, 1991; Hammi, 2003) et très récemment l'évaluation de l'évolution de l'occupation du sol dans cette zone (Khattabi et al., 2017).

L'objectif de ce travail porte sur l'évaluation de l'état actuel du couvert végétal forestier et l'identification des zones dégradées de ce couvert en vue de proposer des actions de restauration.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

Le BVO se trouve dans le Haut Atlas occidental 35 km au nord-est de la ville de Marrakech. D'une superficie de 576 km² environ, il se situe géographiquement entre 31° et 31°21' de latitude Nord et entre 7°30' et 7°60' de longitude ouest. Il est limité au Nord par la plaine du Haouz, au sud par le haut bassin de l'oued Souss, à l'Est par le bassin versant de l'oued Zat et à l'Ouest par les bassins versants des oueds Rherhaya et Issil. La géologie est composée surtout des formations du permo-triasse et le substrat est essentiellement siliceux.

Le BVO jouit d'un bioclimat semi-aride tempéré à subhumide frais et localement humide et de haute montagne vers les parties alticoles. Il est caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne variant de 450 à plus de 650 mm sur le piémont et la zone subatlasique et de 800 à 1000 mm sur les hauts sommets soumis aux influences océaniques (Ouhammou, 1986). La végétation est composée de formations forestières s'organisant autour des principales essences ; notamment, *Quercus rotundifolia* (Lam.), *Tetraclinis articulata* (Vahl) Link, *Juniperus thurifera* L., *Juniperus phoenicea* L. et *Juniperus oxycedrus* L.) (Ouhammou, 1986).

2.2. Sources de données et outils utilisés

Ce travail a été réalisé sur la base de données existantes telles que les cartes d'occupation du sol (Meliho et al., 2016c; Rihane, 2015; Hammi, 2003), la carte topographique et l'image satellitaire Sentinel-2A (<https://scihub.copernicus.eu>). Les bandes considérées sont celles correspondantes à l'image du 06 juin 2016 choisie pour sa qualité (très faible couverture nuageuse et bonne résolution spatiale). L'image est constituée de 13 bandes dont 4 sont de 10 m de résolution spatiale et correspondent aux canaux bleu (Bande 2), vert (Bande 3), rouge (Bande 4) et proche infrarouge (Bande 8). Les 3 dernières bandes ont été utilisées dans ce travail. Les images Google Earth© ont été utilisées pour la délimitation des zones de cultures et du bâti.

L'analyse de l'occupation du sol et la cartographie des zones dégradées ont été facilitées par l'usage de logiciels de systèmes d'information géographique et de traitement d'images. Le logiciel Google Earth© a été utilisé dans le processus de classification de l'image pour l'établissement de la carte de l'occupation du sol. La cartographie a été validée par des données collectées lors des missions de vérité terrain.

2.3. Occupation du sol et état des formations forestières

La carte de l'occupation du sol a été réalisée par la méthode de classification supervisée de l'image Sentinel-2A du 06 juin 2016 couvrant le BVO. La classification a été facilitée par l'exploitation des images Google Earth© et les cartes d'occupation du sol existantes. En se basant sur les cartes existantes, les unités suivantes composent l'occupation du BVO : Forêt dense, forêt moyennement dense, forêt claire, xérophytaies épineuses, les cultures (Arboriculture, céréaliculture en sec), les sols dénudés (Sol quasiment nu) et le bâti. L'algorithme maximum de vraisemblance a été choisi pour la classification. Les classes 'cultures' et 'bâti' ont été numérisées à partir d'images Google Earth© et superposées sur le résultat de la classification validée par la matrice de confusion produite par la confrontation des points échantillons pris dans chaque unité de l'occupation du sol.

Les indices de végétation sont des ratios ou des combinaisons algébriques de la réflectance mesurée entre deux bandes choisies sur la base des propriétés spectrales des plantes (Mróz et al., 2004). Ils sont utilisés pour la discrimination entre des unités de l'occupation du sol (Joshi, 2011) et donnent des informations sur le taux de couvertures végétales et peuvent aussi renseigner sur les zones dégradées de végétation (Meneses-Tovar, 2011; Tchibozo et Toundoh, 2014). Le choix des indices à utiliser doit se faire avec précaution, surtout que certains aboutissent à des informations redondantes (Baret et Guyot, 1991) et d'autres doivent être utilisés dans des conditions bien spécifiques. Dans ce travail, les indices DVI (Difference Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), PVI (Perpendicular Vegetation Index) et TSAVI (Transformed Soil Adjusted Vegetation Index) ont été utilisés. La régression linéaire a été adoptée pour estimer les paramètres nécessaires au calcul des indices PVI et TSAVI (Caloz and Collet, 2001).

Selon la FAO, on considère la réduction du couvert forestier végétal comme l'un des indicateurs de dégradation des forêts (FAO, 2009). Dans ce travail, nous considérons qu'une forêt est dégradée lorsque le couvert végétal, évalué par les valeurs des indices de végétation, est faible ou absent. Le croisement des résultats de calculs et d'analyses de la répartition spatiale des indices renseigne sur les niveaux de dégradation du couvert végétal de la zone d'étude. L'indice DVI, sensible à la végétation, différencie les zones occupées par la végétation des sols nus. Il donne l'information sur les niveaux du couvert végétal. Une valeur de cet indice égale à 0 correspond aux sols nus, une valeur inférieure à 0 correspond aux plans d'eau et une valeur supérieure à 0 correspond à la végétation.

L'indice normalisé de végétation (NDVI) fournit de l'information relative au contenu en biomasse de la végétation. Les valeurs de cet indice varient de -1 à 1. Les valeurs inférieures à -0,1 indiquent les roches, le sable et zones bâties. Les valeurs égales à 0 indiquent l'eau, celles comprises entre 0,1 et 0,3 la végétation faiblement dense et celles se situant entre 0,6 et 0,8 la végétation dense.

Tableau 1. Description des indices de végétation utilisés, (où PIR= réflectance dans le canal proche infrarouge, R=réflectance dans le canal rouge, a= pente de la droite des sols et b son ordonnée), Source : Adapté de (Bannari et al., 1995; Caloz and Collet, 2001; Zhang et al., 2005).

Nom des Indices	Abréviations	Formules	Référence (s)
Difference Vegetation Index	DVI	PIR-R	Tucker (1979)
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI	$\frac{(PIR - R)}{[PIR + R]}$	Rouse et al. (1974)
Perpendicular Vegetation Index	PVI	$\frac{(PIR - aR - b)}{[(a^2 + 1)^{1/2}]}$	Richardson et al., (1977)
Transformed Soil Adjusted Vegetation Index	TSAVI	$\frac{a(PIR - aR - b)}{[R + aPIR - ab + 0,08(1 + a^2)]}$	Baret et al. (1989)

Les indices DVI et NDVI ne prennent en compte que la réflectance de la végétation., Les indices PVI et TSAVI ont été calculés pour contourner les effets des sols sur la réflectance de la végétation (Caloz and Collet, 2001; Rondeaux et al., 1996).

L'indice PVI, au même titre que l'indice TSAVI, prend en considération les effets du sol sur la réflectance de la végétation. Les valeurs de PVI égales à 0 indiquent des sols nus, inférieures à 0 correspondent à des plans d'eau et celles supérieures à 0 correspondent à la végétation.

3. Résultats

3.1. Occupation du sol du bassin versant de l'Ourika

Les formations forestières du BVO occupent une superficie de 20518,36 ha soit 35,62 % dont seulement 10,95 % de forêts denses à moyennement denses et 24,67 % de forêts claires. Les autres composantes de l'espace de cette zone se répartissent sur le reste du territoire comme suit : 6,63 % pour les cultures, 49,74 % pour les xérophytes épineuses, 7,23 % et pour les sols dénudés et 0,78% pour le bâti plus lit de l'oued (Cailloux + Sables) (tableau 2, figure 1).

Les forêts denses à moyennement denses correspondent essentiellement aux formations à chêne vert mais également à genévrier oxycèdre, genévrier rouge, thuya et des reboisements de cèdre et de pin d'Alep ou de pin maritime. Les forêts claires sont dominées par le chêne vert, le thuya, le genévrier oxycèdre, le genévrier thurifère et les reboisements. Les Sols dénudés correspondent au stade très dégradé des formations à chêne vert, thuya, genévrier thurifère et genévrier oxycèdre.

Tableau 2. Faciès de l'occupation du sol au niveau du bassin versant de l'Ourika, Haut Atlas Occidental.

Unités de l'Occupation du sol	Surface (ha)	%	Surface Forestière	%
			(ha)	
1 Forêts Denses	1960,21	3,40	1960,21	3,40
2 Forêts Moyennement Denses	4350,45	7,55	4350,45	7,55
3 Forêts Claires	14207,70	24,67	14207,70	24,67
4 Xérophytaies Epineuses	28647,40	49,74		
5 Cultures irriguées (Arboriculture + Céréales)	2669,50	4,63		
6 Cultures en Bour	1153,33	2,00		
7 Sols dénudés	4165,74	7,23		
8 Oued	320,17	0,56		
9 Constructions	125,50	0,22		
TOTAL	57 600,00 ha	100,00 %	20518,36 ha	35,62 %

3.2. Identification des formations forestières dégradées

Les niveaux du couvert végétal dans le BVO sont présentés par la répartition spatiale de l'indice DVI (figure 2). Les résultats de l'analyse révèlent que plus de la moitié de la superficie du bassin (63,71%) présente un couvert végétal faible à très faible avec des taux de 21,22% et 42,49%, respectivement. Le couvert moyen représente 30,41% de la surface totale du bassin tandis que le couvert fort ne couvre que 5,87% de la surface totale du BVO. Les couverts faibles à très faibles correspondent aux formations xérophytiques, sols dénudés et forêts claires. Quant aux couverts moyens à forts, ils correspondent aux forêts denses à moyennement denses ainsi qu'aux cultures irriguées.

Le couvert avec une biomasse végétale faible à très faible occupe 70,95% de la superficie totale du bassin avec 38,2% et 32,82% pour la très faible et la faible biomasse végétale, respectivement. Les biomasses moyenne et forte témoignant d'une santé moyenne à bonne de la végétation représentent 25,28% et 3,77% de la superficie totale de la zone d'étude pour la biomasse moyenne et la biomasse forte, respectivement (figure 3).

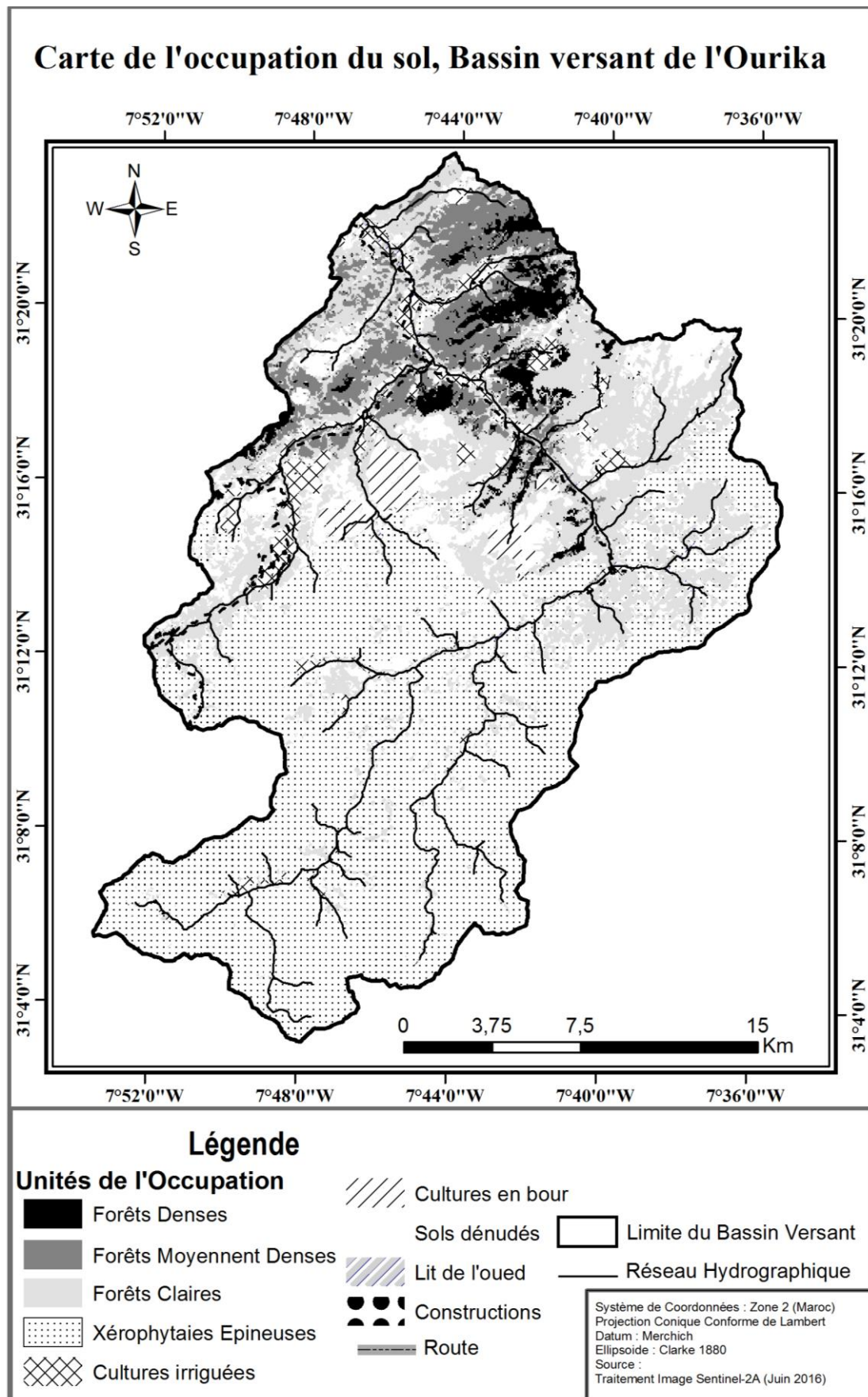


Figure 5. Carte de l'occupation du sol, au niveau du bassin versant de l'oued Ourika, Haut Atlas Occidental

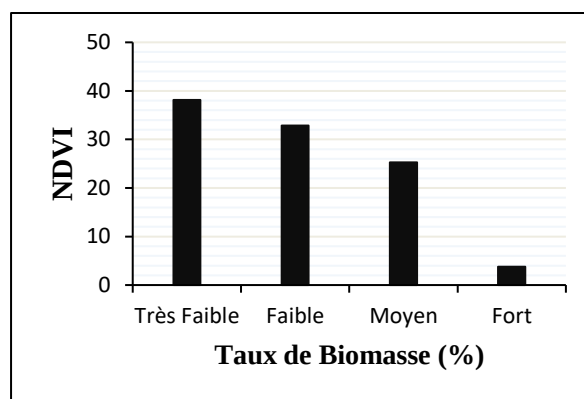
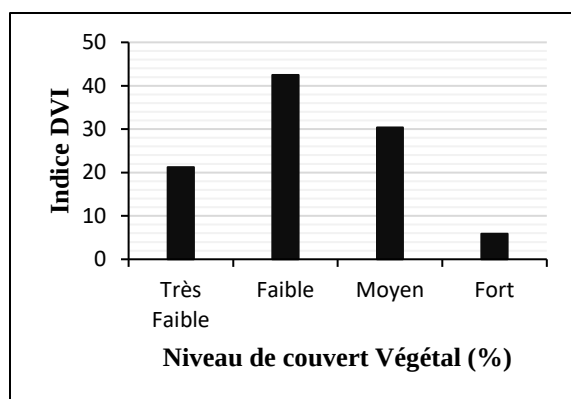


Figure 6. Histogramme de répartition de DVI **Figure 7.** Histogramme de répartition de NDVI

L'indice PVI dont la répartition spatiale présentée dans la figure 4 exprime la densité de la végétation. Les densités faibles à très faibles représentent 63,07% de la superficie totale du bassin avec 25,81% et 37,26% pour la très faible et la faible densité respectivement (Figure 4). Les densités moyennes et fortes représentent 19,92% et 17,01% respectivement de la superficie totale de la zone.

L'indice TSAVI exprime l'état de santé de la végétation. La figure 5 montre que la santé faible à très faible représente 44,62% de la superficie totale du bassin avec très faible (25,71%) et faible (18,91%). Un état de santé moyenne à bonne représente 37,85% et 17,53% respectivement de la superficie totale de la zone.

Sur le terrain, le couvert végétal d'une santé faible à très faible correspond aux zones occupées par les xérophytes et les forêts claires. La bonne santé se remarque surtout au niveau des forêts denses et au niveau des cultures irriguées ainsi qu'au niveau des forêts moyennement denses.

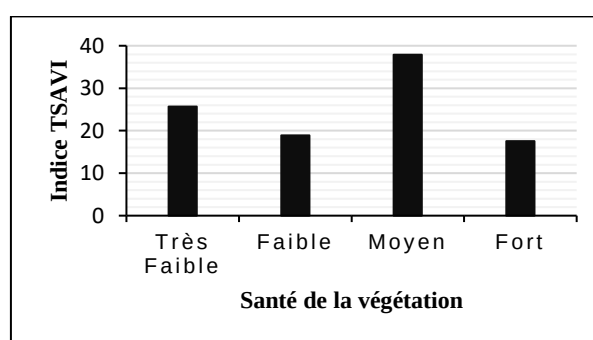
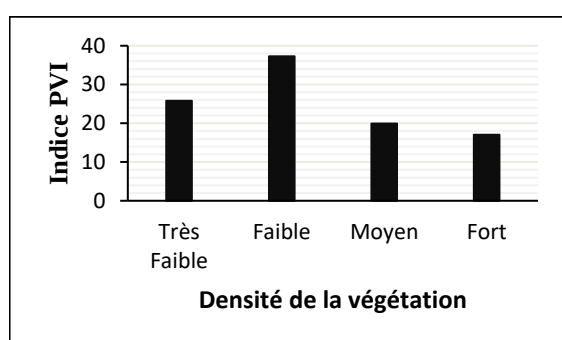


Figure 8. Histogramme de répartition de PVI

Figure 9. Histogramme de répartition de TSAVI

3.3. Localisation des zones dégradées

Le niveau de dégradation des formations végétales naturelles au niveau du BVO est variable. L'analyse spatiale montre que 72,80% du bassin versant se caractérise par une

dégradation forte et moyenne avec des taux de 27,66% et 45,14% pour la dégradation forte et la dégradation moyenne, respectivement. La faible dégradation du couvert végétal représente 19,17% de la superficie totale du bassin versant alors que la dégradation très faible ne représente que 8,04% (figures 6 et 7). Les zones de dégradation forte à moyenne se localisent essentiellement à proximité des agglomérations d'habitations d'Amassine, d'Anrar, de Tafza, de Timalizene, de Tamzendirt, de Sgour, d'Anins, de Toug El Kheir, d'Anfgayne, d'Ait Amar, de Tikhfist, de Tourcht et sur le plateau de Timnkar. Il s'agit essentiellement, des forêts claires et des zones occupées par les xérophytes épineuses dégradées d'altitude et des zones très touchées par le phénomène d'érosion y compris les zones dénudées (quasiment nues). Les zones avec une dégradation très faible à faible correspondent aux forêts denses à moyennement denses, aux cultures irriguées et une partie des forêts claires.

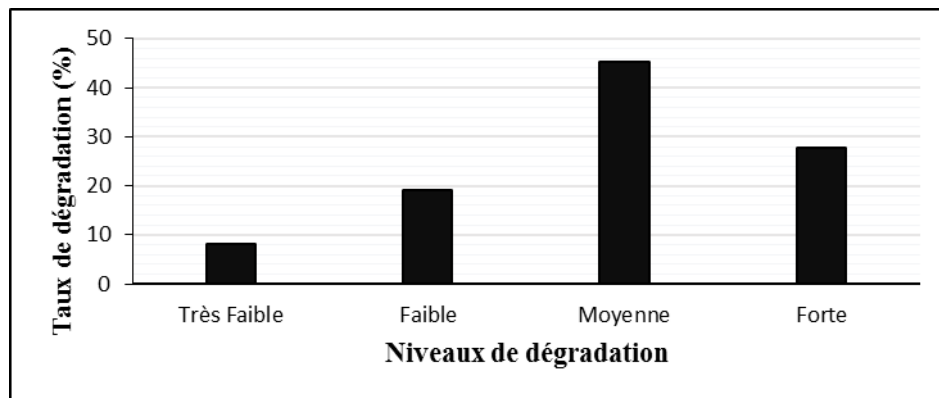


Figure 10. Niveaux de dégradation du couvert végétal

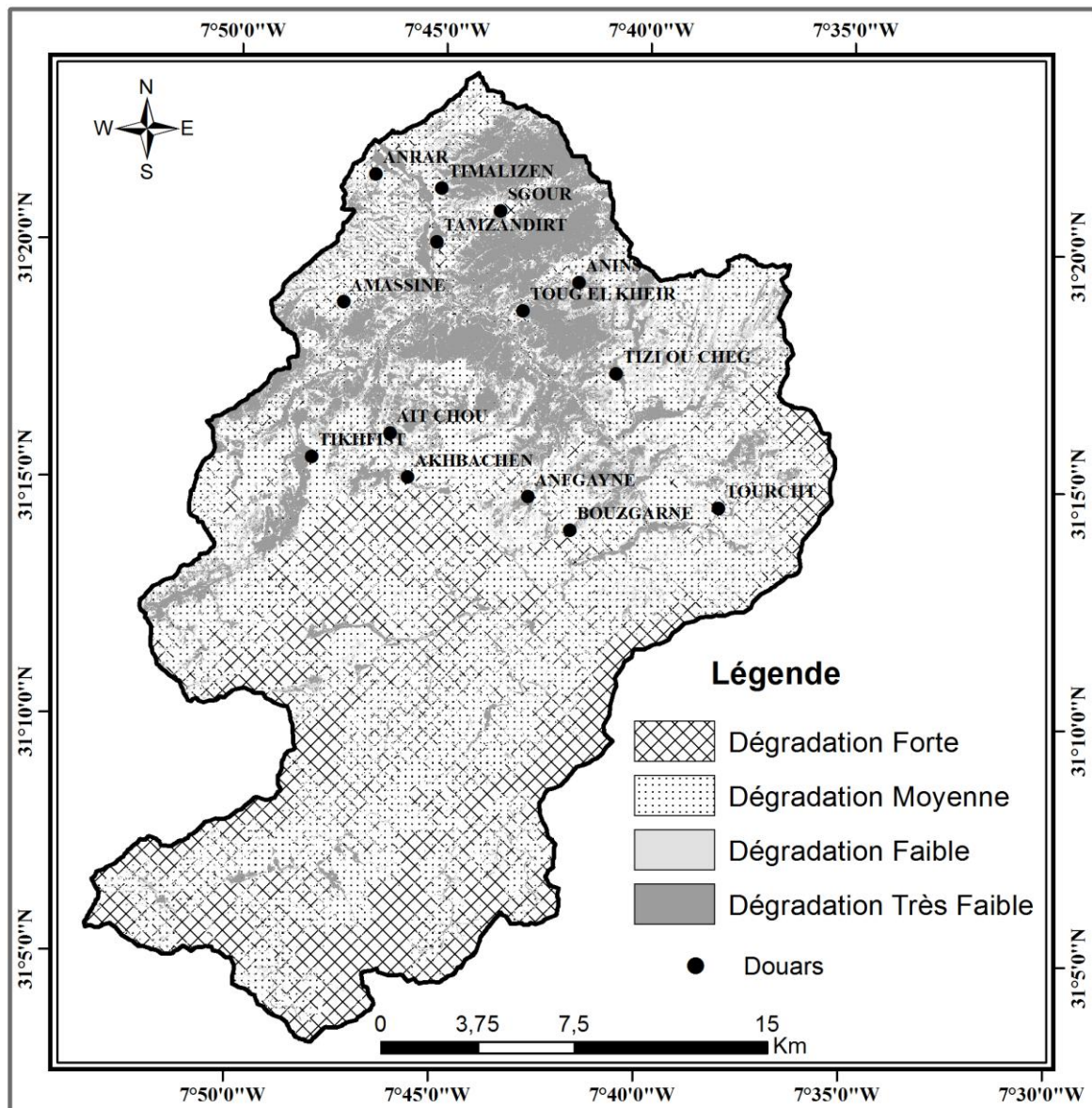


Figure 11. Carte des niveaux de dégradation du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Ourika, Haut Atlas Occidental, Source : Traitement d'Image Sentinel-2A

4. Discussion

L'évaluation de l'état de l'occupation du sol montre que le BVO est occupé par les formations à xérophytes épineuses (49,74%), les forêts denses (3,40%), les forêts moyennement denses (7,55%) et claires (24,67%), les cultures irriguées (4,63%) et les cultures en 'Bour' (2,00%) et enfin le sol dénudé et le bâti (8%).

La détection des zones dégradées du couvert végétal a montré que la zone d'étude est caractérisée par une dégradation du couvert végétal de forte à moyenne sur 72,21% de

son aire totale. La faible dégradation représente 19,17% et la très faible dégradation 8,04% de la superficie totale du bassin.

Ces résultats confirment ceux trouvés par Khattabi et al. (2017), exceptées certaines petites différences qui s'observent au niveau des classes 'sol nu' et cultures. La superficie occupée par les cultures est plus importante dans ce travail alors que celle du sol nu est faible par rapport aux résultats précédents. Ceci peut être dû, d'une part au fait que la période à laquelle les images utilisées ne permettent pas de détecter certaines zones de céréaliculture qui, une fois récoltées se confondent à du sol nu, d'autre part, au fait que dans ce travail, les zones de cultures ont été digitalisées à partir des images Google Earth© permettant de matérialiser tout l'espace de culture mais également la différence de résolution des images utilisées.

Les indices de végétation ont été utilisés pour l'évaluation de l'état de dégradation de la végétation. L'ampleur des zones dégradées concorde avec celles évaluées par d'autres auteurs ayant travaillé dans la zone d'étude et dans la région (Hammi, 2003; Rihane, 2015). Hammi (2003) a montré que les recouvrements des formations végétales dans les bassins versants de l' Ourika et de Rheraya sont globalement faibles et que les formations de chêne vert et de genévrier oxycèdre présentent des recouvrements denses. Par ailleurs, les formations fortement anthropisées, les formations xérophytiques présentent un recouvrement faible en ce sens qu'une partie importante de leur espace est occupée par du sol quasiment nu.

5. Conclusion

Ce travail a permis la réalisation d'une carte d'occupation du sol dans le BVO à l'aide de la classification de l'image sentinel-2A caractérisée par une résolution spatiale de 10 m. Le BVO se caractérise par un couvert végétal faible et dispersé. La forêt de densité moyenne à dense n'occupe que 10,95% de la superficie totale du bassin et 24,67% pour les forêts claires. Plus de la moitié du bassin est dépourvu de couverture forestière avec 49,74 % pour les formations à xérophytes épineuses et 13,86% pour le sol dénudé et les cultures. Une grande partie de la superficie du bassin versant (72,80%) se caractérise par une dégradation forte à moyenne du couvert végétal. Ces zones dégradées correspondent aux zones menacées par l'érosion, des zones asylvatiques et les zones fortement anthropisées. Des interventions de restauration (reboisements) sont recommandées pour reconstituer le couvert végétal qui aide à la stabilisation des sols et à la régulation des écoulements hydriques dans le bassin.

Remerciements : Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet de recherche GIREPSE financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), Canada.

Références bibliographiques

- Anonyme, 2012. Projet de développement du bassin versant de l'Ourika financé par le Fonds Hassan II (Rapport d'achèvement). HCEFLCD-Haut-Atlas. 46 p.
- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., Huete, A.R., 1995. A review of vegetation indices. *Remote Sens. Rev.* 13, 95–120. doi:10.1080/02757259509532298
- Baret, F., Guyot, G., 1991. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sens. Environ.* 35, 161–173. doi:10.1016/0034-4257(91)90009-U
- Benchabane, A., 1997. Impact de l'exploitation du prélèvement du bois de feu sur l'érosion du sol en haute montagne (cas du haut Atlas de Marrakech, Maroc). *Sécheresse* 8, 265–269.
- Caloz, R., Collet, C., 2001. Précis de télédétection, Volume 3, Traitements d'images de télédétection, Presses de l'Université du Québec. ed. Agence Universitaire de la Francophonie. 386 p.
- Duclaux, A., 2005. Modélisation hydrologique de 5 Bassins Versants du Haut-Atlas Marocain avec SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Marrakech, MAROC. (Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome). Institut National Agronomique de Paris-Grignon. 56 p.
- FAO, 2009. Vers une définition de la dégradation des forêts : Analyse comparative des définitions existantes. (Réunion technique sur l'évaluation et le suivi de la dégradation des forêts - Rapport succinct), Évaluation des ressources forestières mondiales Document de travail 171. FAO, Rome, Italie. 66 p.
- Hammi, S., 2003. Cartographie des recouvrements de la Végétation naturelle des deux bassins versants de la Rheghaya et de l'Ourika par télédétection spatiale, Haut Atlas de Marrakech, (Mémoire du Diplôme d'Etudes Supérieures Approfondies (D.E.S.A)). Université Cadi Ayyad, U.F.R : Ecologie et Fonctionnement des Ecosystèmes terrestres, Faculté des Sciences Semlalia. Marrakech, Maroc. 42 p.
- Hammi, S., Simonneux, V., Alifriqui, M., Auclair, L., Montes, N., 2012. Étude sur le long terme de la dynamique forestière dans la haute vallée des Ayt Bouguemmez. Impact des modes de gestion, in: Agdal, Patrimoine Socio-Écologique de l'Atlas Marocain. Institut Royal de la Culture Amazighe (IRCAM) et Institut de Recherche pour le Développement (IRD), pp. 127–149.
- Joshi, P.C., 2011. Performance evaluation of vegetation indices using remotely sensed data. *Int. J. Geomat. Geosci.* 2, 231-240.
- Juillerat, M., 2004. Etude hydrologique comparative de 5 bassins versants du Haut Atlas marocain (Projet SUDMED). (Projet SudMed: Projet de recherche francomarocain :

- Fonctionnement et ressources hydro-écologiques en région semi-aride (Tensift, Maroc) : Caractérisation, modélisation et prévision). UFR sciences et techniques de Besançon (Université de Franche-Comté, France) & IRD & Faculté de Sciences et Techniques (Université Cadi Ayyad- Marrakech, Maroc). 70 p.
- Khattabi, A.; Lahssini S.; Rihane R. et Rifai, N., 2017. Etude de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Ourika entre 1984 et 2014. Sous presse.
- Meliho M., Khattabi A., Zine El Abidine A., 2016a. Etude de la sensibilité à l'érosion hydrique dans le bassin versant d'Ourika (haut atlas, Maroc). First AMSR Congress and 23rd APDR Congress 'Sustainability of Territories in the Context of Global Changes', 30-31 May 2016, Marrakech, Morocco, pp: 189-196.
- Meliho M., Khattabi A., Mhammdi N., Hongming Z., 2016b. Cartographie Des Risques De L'érosion Hydrique Par L'équation Universelle Révisée Des Pertes En Sols, La Télédétection Et Les Sig Dans Le Bassin Versant De L'Ourika (Haut Atlas, Maroc). European Scientific Journal November 2016 edition vol.12, No.32 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, pp: 227-297.
- Meliho M., Khattabi A., Mhammdi N., Hongming Z., 2016c. Impact of Land Use and Vegetation Cover on Risks of Erosion in the Ourika Watershed (Morocco). American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN: 2320-0847, p-ISSN: 2320-0936 Volume-5, Issue-9, pp-75-82.
- Meneses-Tovar, C.L., 2011. L'indice différentiel normalisé de végétation comme indicateur de la dégradation. Unasylva No 238, Mesurer la Dégradation des Forêts 62, 39–46.
- Mróz, M., Sobieraj, A., 2004. Comparison of several vegetation indices calculated on the basis of a seasonal SPOT XS time series, and their suitability for land cover and agricultural crop identification. Tech. Sci. 7, 39–66.
- Ouhammou, A., 1986. Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'ourika (Haut-Atlas Central, Maroc) (Thèse de doctorat de 3ème Cycle). Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences de Marrakech.
- Ouhammou, A., Aubin, P., 1991. II-Aperçu sur l'étagement de la végétation du bassin de l'Ourika (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc). In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon 60è année, n°10, décembre 1991. pp. 401–405. doi:10.3406/linly.1991.14131
- Rhanem, M., 2015. La topoclimatologie, un outil au service de l'écologie. Applications et implications possibles au niveau de la gestion des forêts d'altitude des montagnes du Moyen et Haut Atlas (Maroc). Quad. Bot. Ambient. E Appl. 77–107.
- Rihane, R., 2015. Contribution à l'évaluation des services hydrologiques de la forêt et des aménagements antiérosifs dans le bassin versant de l'Ourika (Mémoire de 3ème cycle). Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé, ENFI.
- Rihane R., Khattabi A. et Lahssini S., 2016. Modélisation de l'impact des changements d'utilisation des terres sur le comportement hydrologique du bassin versant de l'Ourika. First AMSR Congress and 23rd APDR Congress 'Sustainability of Territories in the Context of Global Changes', 30-31 May 2016, Marrakech, Morocco, pp: 44-45.

- Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F., 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sens. Environ.* 55, 95–107. doi:10.1016/0034-4257(95)00186-7
- Sirtou, M., 1995. Etude hydro-climatologique des bassins du N’Fis, du Rheraya, de l’Ourika et du Zat (MAROC) (Thèse de doctorat de l’Université de Metz). Université de METZ. 311 p.
- Tchibozo, E.A., Toundoh, O.P., 2014. Détection localisée des zones dégradées de végétation par télédétection: application à la zone de transition entre le bassin sédimentaire et le socle cristallin (Centre-Bénin). *Int. J. Innov. Sci. Res.* 477–493.
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.* 127–150.
- Zhang, C., Guo, X., Wilmschurst, J.F., Sissons, R., 2005. The evaluation of broadband vegetation indices on monitoring northern mixed grassland. *Prairie Perspect.* 8, 23–36.

Estimation de la biomasse et du stock de carbone dans un jeune peuplement d'arganier dans la commune rurale d'Imgrad (Province d'Essaouira)

Ouswati Said Ali⁽¹⁾, Abdouroihamane Hachemi⁽¹⁾, Tarik Belghazi⁽²⁾, Abderrahmane Lahrouni⁽¹⁾, Said El Mercht⁽²⁾, El Hassan Chakib ⁽²⁾, Rachid Kessa⁽²⁾, Said El Messoussi⁽¹⁾

Résumé

La présente étude a été réalisée au niveau d'un jeune peuplement d'arganier dans la province d'Essaouira. L'objectif principal de ce travail est d'estimer la quantité de carbone séquestrée au niveau de ce peuplement. Pour répondre à cet objectif, la détermination de la biomasse ligneuse et foliaire s'impose. Des équations disponibles ont été utilisées à cet effet. Le taux de carbone aérien séquestré au sein de ce peuplement a été estimé à 4,917 tonnes C/ha soit une carbomasse totale de 5,9 tonnes C/ha en supposant que le carbone racinaire équivaut à 20 % du carbone aérien. L'extrapolation de nos résultats sur toute la superficie qu'occupe l'écosystème de l'arganeraie au Maroc (868 000 ha), nous permet de conclure que cet écosystème séquestre environ 5 millions de tonnes de carbone. Une valeur qui reste tout de même sous-estimée, étant donné le jeune âge du peuplement et le manque de données concernant le carbone présent au niveau des sols. Ce qui confirme l'importance de l'écosystème arganeraie dans la contribution à la séquestration du carbone aérien et donc son rôle non négligeable dans l'atténuation des effets du réchauffement climatique à l'instar des forêts tropicales.

Mots clés : Arganier, Essaouira, Biomasse, Carbone, Réchauffement climatique.

¹ Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia Marrakech.

² Centre Régional de Recherche Forestière, Marrakech.

1. Introduction

Dans le cinquième rapport du groupe d'experts intergouvernemental de l'évolution du climat (GIEC), la gravité du réchauffement climatique est amplement confirmée. La température planétaire s'est accrue de 0,85°C au cours de la période 1880-2012 (GIEC, 2014).

Le CO₂ est un gaz qui permet à la terre de bénéficier d'un effet de serre naturel indispensable à la vie. L'augmentation de sa concentration a une influence directe sur l'efficacité de cet effet de serre et induit le réchauffement de la planète (Dorvil, 2010). En effet, ce gaz contribue à hauteur de 75 % au réchauffement planétaire (Kossi Ditsouga, 2011). Les forêts stockent plus de la moitié du carbone organique des terres émergées et le carbone emmagasiné dans les sols des forêts représente 35 % du total du carbone présent dans les réservoirs du sol (Robert, 2002). Elles jouent donc un rôle déterminant dans la régulation du niveau du CO₂ atmosphérique, dont l'augmentation d'origine anthropique est considérée comme majoritairement responsable du réchauffement climatique (GIEC, 2001 ; 2007).

L'arganeraie constitue l'un des peuplements forestiers les plus importants du Maroc. Elle couvre une superficie de 868 034 hectares (IFN, 1999) occupant ainsi le deuxième rang parmi les essences forestières du pays après le chêne vert.

Cet écosystème constitue un véritable pivot social, économique et écologique pour cette région du pays. Reconnue comme Réserve de Biosphère par l'UNESCO en 1998, l'arganeraie abrite une flore et une faune riche de par le large éventail bioclimatique toléré par l'arganier ainsi que sa capacité à résister aux sécheresses et à se développer dans des conditions biophysiques difficiles. En outre, l'arganier fournit aux communautés locales du bois, des noix d'argan (permettant la fabrication de l'huile d'argan tant convoitée) et du fourrage pour les troupeaux, dans un pays où le pastoralisme constitue l'une des activités principales des populations rurales (Soreil, 2011).

Les études de production en biomasse des peuplements d'arganier sont très rares dans la bibliographie et se sont intéressées plutôt à des arbres adultes (Belghazi, 2013). Comme c'est le cas pour la plupart des essences forestières, les études de production en biomasse ont peu concerné les taillis (Smith, 1986). Par ailleurs, aucun travail n'a jusqu'alors ciblé la quantification du stock de carbone dans ces peuplements. Le présent travail s'est fixé comme objectif principal d'estimer les biomasses et le taux de carbone organique séquestré au niveau d'un jeune peuplement d'arganier de la région d'Essaouira.

2. Zone d'étude

La zone d'étude concerne un massif forestier au niveau de la commune rurale d'Imgrad (Figure 1). Le territoire de la commune s'étale sur une superficie de 26 200 ha, au Sud de Jbel Amsitten, où alternent des montagnes et des plateaux couverts de forêts d'arganier (12869 ha) et de thuya (6 950 ha) qui jouent un rôle très important dans la protection du sol contre l'érosion mais aussi dans l'élevage (Amar, 2011).

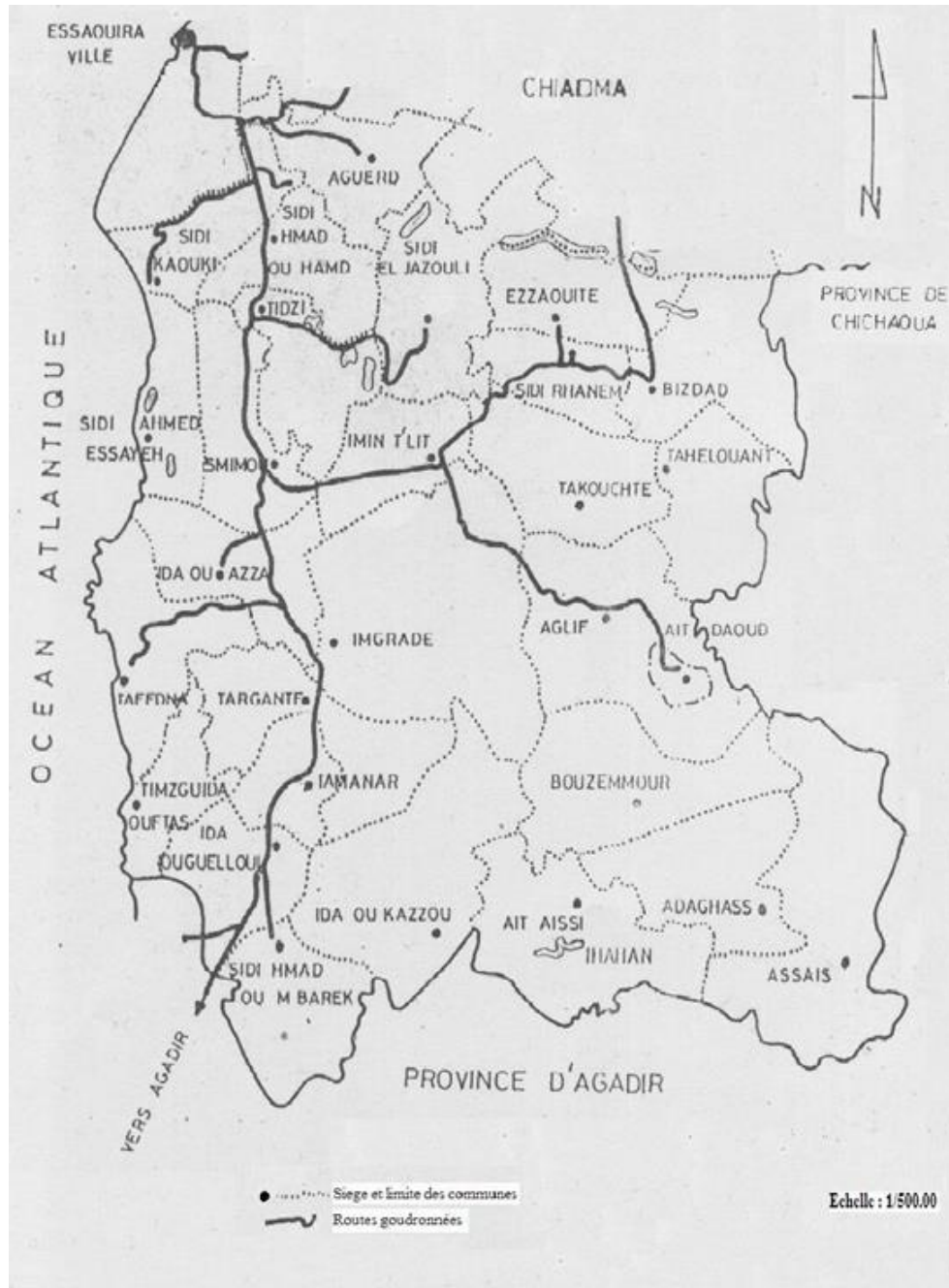


Figure 1. Carte des différentes communes rurales de la province d'Essaouira (Source : DPA d'Essaouira, 2007).

3. Approche méthodologique

3.1. Collecte de l'information

3.1.1. Échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé au niveau d'un jeune taillis d'arganier âgé de 16 ans n'ayant subi aucune intervention sylvicole. Au sein de ce peuplement, nous avons réalisé un échantillon de 25 placettes circulaires. Ces placettes ont été choisies aléatoirement en raison de 10 m de rayon pour chaque placette. Par la suite, le nombre de souche (cépée) est compté pour chaque placette. Au total 145 cépées et 2633 brins ont été échantillonnés dans l'ensemble des 25 placettes.

Par ailleurs, et afin d'estimer la quantité de carbone séquestrée au niveau des brins d'arganier, nous avons échantillonné d'une manière aléatoire 20 brins moyens dans différentes souches. Par la suite, sur chaque brin nous avons prélevé un échantillon à la base, à mi-longueur et au fin bout. Au total 60 échantillons de brins ont été prélevés.

Mesure

Les 145 cépées échantillonnées ont fait l'objet de mesures de différentes variables dendrométriques à savoir le nombre de rejets par cépée, le tour de taille à 1,30 m du sol de la cépée ainsi que la circonférence à 1,30 m de tous les brins de la cépée.

Concernant les échantillons de brins prélevés sur le terrain, ils ont été séchés à l'étuve à une température de 65 °C pendant 48 heures jusqu'au poids constant, ensuite nous les avons pesés individuellement puis mis au four à 600 °C pendant 4 heures pour calcination (méthode de perte au feu) afin de déterminer la teneur en matière organique et ainsi obtenir la proportion en carbone exprimée en poids sec.

3.1.2. Analyse de l'information

- **Caractérisation dendrométrique** : Les différentes mesures effectuées au niveau de chaque placette inventoriée permettent de calculer un certain nombre de paramètres dendrométriques du peuplement. Il s'agit principalement de la densité et de la surface terrière.
- **Estimation de la production en volume et biomasse aérienne** : L'estimation des volumes et des biomasses des brins étudiés passe par l'utilisation de modèles allométriques. Ces modèles permettent de prédire le volume ou la biomasse d'un arbre à partir de caractéristiques dendrométriques plus faciles à mesurer (diamètre et/ou hauteur) et sont des éléments clefs pour l'estimation de la

contribution des écosystèmes forestiers au cycle du carbone. Dans le cadre de ce travail, les équations allométriques établies par Belghazi (2013) ont été utilisées.

- **Estimation du stock de carbone :** L'estimation du stock de carbone dans la forêt dépend de la connaissance de la biomasse aérienne sèche (Vieira et al., 2008). Il a été signalé que le carbone contenu dans la biomasse sèche d'un arbre est de 50 % (Brown et Lugo, 1992 ; Basuki et al., 2009). Toutefois, il faut signaler que la fraction du carbone dans le bois présente certaines petites variations selon les espèces (Elias et Potvin, 2003 ; Chave et al., 2005).

4. Résultats

4.1. Caractérisation dendrométrique

L'analyse dendrométrique du peuplement inventorié a permis de caractériser le peuplement aux niveaux cépée et brin (Tableau 1).

Tableau 1. Caractérisation dendrométrique du peuplement étudié

Peuplement	Âge (ans)	Nombre cépée/ha	G (m ² /ha)	Nombre brins/ha	Tmoy (m)	NB	NBC	Hmoy (m)	Cmoy (cm)
Imgrad	16	184	3,58	3343	11,72	18	6	2,64	10,90

G : surface terrière par hectare ; Tmoy : Taille moyenne des cépées ; NB : Nombre de brin moyen par cépée ; NBC : Nombre moyen des cépées par placette ; Hmoy : Hauteur moyenne des brins ; Cmoy : Circonférence moyenne des brins ;

4.2. Estimation de la production en volume et biomasse

Afin d'estimer les volumes et biomasses au niveau du peuplement étudié, les équations allométriques développées par Belghazi (2013) pour les peuplements d'arganier de la région d'Essaouira ont été utilisées.

L'application de ces équations aux données inventoriées ont permis d'estimer une production en volume de l'ordre de 6,07 m³/ha. Pour ce qui est de la biomasse ligneuse, elle a été estimée à 8,653 tonnes de matière sèche par hectare (MS/ha). Quant à la biomasse foliaire, elle a été estimée à 886,84 kg MS/ha.

La biomasse aérienne se définit comme étant la masse de la partie aérienne (tronc, écorce, branches, feuilles, rameaux) des arbres (vivants ou morts) à l'exclusion de la souche et des racines. Dans ce cas, elle est donc égale à la somme de la biomasse ligneuse et foliaire. Le calcul des biomasses ligneuse et foliaire du peuplement étudié, nous a permis d'estimer la biomasse aérienne à 9,540 tonnes M.S/ha.

4.3. Estimation du stock de carbone

L'évaluation du carbone à partir de la matière organique au niveau des échantillons de bois prélevés sur le terrain montre une teneur moyenne de 48,5 (+/-0,046) %. Par conséquent, le stock de carbone aérien du peuplement étudié a été estimé à 4,63 t/ha. Sachant que l'exploitation du bois de chauffage (tronc et branches) rejette tout son carbone dans l'atmosphère sous forme de CO₂, l'exploitation du peuplement étudié peut entraîner une libération d'environ 20,55 t/ha de CO₂ dans l'atmosphère. La séquestration moyenne annuelle du carbone dans la biomasse (aérienne et racinaire) du peuplement en question est de l'ordre de 0,35 t C/ha/an. Cette quantité dépend de la densité des peuplements.

Par extrapolation de ces résultats préliminaires avec un stock moyen de carbone organique de 5,6 t C/ha sur toute la superficie qu'occupe l'écosystème de l'arganeraie au Maroc (868 000 ha), on conclut que cet écosystème séquestre environ 5 millions de tonnes de carbone. Une valeur qui reste tout de même sous-estimée, étant donné le jeune âge du peuplement et le manque de données concernant le carbone présent au niveau des sols.

5. Discussion

5.1. Caractérisation dendrométrique

La densité moyenne calculée au niveau du peuplement étudié est de 184 cépées/ha. Cette valeur est très proche de celle citée par Belghazi (2013) au niveau du même peuplement.

Pour ce qui est de la surface terrière, elle est de 3,58 m²/ha. Selon Belghazi (2013), cette surface varie selon l'âge du peuplement. Elle est de 0,73 m²/ha dans le peuplement de Neknafa âgé de 5 ans et de 2,60 m²/ha dans le peuplement de Tissakatine âgé de 15 ans. Quant au peuplement d'Imgrad, objet de la présente étude, sa surface terrière était de 1,51 m²/ha quand il avait 10 ans. Ceci dit, l'accroissement en surface terrière peut être estimé à 0,35 m²/ha/an pendant les 6 dernières années.

Cependant, il y a lieu de signaler que la variation de la surface terrière ne dépend pas uniquement de l'âge du peuplement mais également de la densité ainsi que des conditions que subissent les peuplements (traitements sylvicoles). Comme c'est le cas du peuplement Tamanar_Sud âgé de 12 ans avec 1,89 m²/ha de surface terrière et celui de Iferkhess âgé de 15 ans avec 1,59 m²/ha (Belghazi, 2013).

5.2. Estimation de la production en volume et biomasse

La production en volume de notre peuplement est de 6,07 m³/ha, un résultat qui est beaucoup plus élevé que celui de Belghazi (2013) sur le même peuplement lorsqu'il était âgé de 10 ans. Soit une production en volume de l'ordre de 2,61 m³/ha. Ces données montrent une différence de 3,46 m³/ha donc 57 % de la production en volume est obtenue après 6 ans. La comparaison des résultats de la biomasse ligneuse et foliaire à ceux du même peuplement lorsqu'il était âgé de 10 ans (Belghazi, 2013), montre que plus de la moitié de la biomasse ligneuse et foliaire est obtenue durant ces six dernières années. La biomasse ligneuse était estimée à 4,13 t MS/ha et foliaire à 0,37 t MS/ha. D'autres auteurs, Marouch (2013) et Aammou (2013) se sont intéressés à l'étude de la biomasse foliaire de peuplements adultes d'arganier dans cette même région d'Essaouira. Ces auteurs ont avancé des valeurs qui varient entre 1,17 et 1,25 t M.S/ha pour des peuplements de densité moyenne de 86 et 71 pieds/ha.

La biomasse aérienne du peuplement étudié est composée de plus de 90 % de biomasse ligneuse. Le reste est constitué par la biomasse foliaire. Cela concorde avec les résultats de Badri (2003) et Belghazi (2013). La biomasse aérienne estimée par cette étude peut être comparée également à celles d'autres espèces qui caractérisent les milieux arides ou semi-arides de la région. Ainsi, Regragui (1999) avance une biomasse moyenne de 6,99 tonnes M.S/ha dans un taillis de chêne vert âgé de 21 ans au Maroc oriental. Pour Makhoulfi (1992), cette espèce produit 9 tonnes M.S/ha dans des taillis âgés de 25 ans au Moyen Atlas central. D'autres études se sont intéressées à des arbres adultes ainsi qu'à des taillis d'arganier. Nous citerons ici ceux de Benzyane et Khatouri (1991) et Oudaha (2007). Les premiers auteurs avancent une production de 52 tonnes M.S/ha dans des peuplements de densité moyenne de 297 pieds/ha. Quant au second, il estime une production moyenne de 4,7 tonnes M.S/ha pour des jeunes taillis de densité moyenne de 51 cépées/ha. Malheureusement, le manque de données bibliographiques évoquant la biomasse des arganeraies n'a permis que des comparaisons limitées.

Par ailleurs, la biomasse ligneuse au niveau du peuplement en question peut être traduite en terme énergétique. Ainsi, elle peut être évaluée à 242 200 Mégajoule/ha (57,9 millions kcal/ha), sur la base d'un kilogramme de bois sec équivalent à 28 Mégajoule (Pyle, 1979). Cette production correspond à 8,26 tonnes équivalent de charbon par hectare ou encore à 41,32 barils d'équivalent pétrole par hectare. Ce potentiel énergétique renouvelable est tout de même considérable dans une région semi-aride du Maroc (M'hirit et *al.*, 1998).

5.3. Estimation du stock de carbone

Selon West (2009), le contenu en carbone d'échantillons de bois peut être obtenu en brûlant ces derniers et en dosant le dioxyde de carbone produit. Tel a été notre cas. L'auteur ajoute que le contenu en carbone de la biomasse sèche varie entre 36 et 61 % selon l'espèce et les parties de l'arbre, mais reste généralement proche des 50 %. Notons aussi que le Groupe d'experts intergouvernemental de l'évolution du climat (IPCC, 2006) propose différentes valeurs de teneur en carbone de la biomasse, la valeur proposée par défaut étant de 0,47 tonnes de carbone/tonnes de matière sèche. Dans un contexte de changement climatique et de pression de plus en plus importante de la population notamment sur le bois énergie, il est fondamental de pouvoir mesurer et gérer l'évolution du stock de carbone des forêts. Dans notre cas, la teneur moyenne est de 48,5 %. Ainsi, au niveau du peuplement d'Imgrad, objet de la présente étude, le stock de carbone aérien a été estimé à 4,63 t/ha.

Il est important de savoir que le stock de carbone racinaire, considéré comme une biomasse importante de carbone, est très difficile à déterminer. En se basant sur les données rapportées par la littérature, on peut l'évaluer entre 15 et 24 % du stock de carbone aérien, avec une marge d'imprécision assez importante (Arrouays et al., 1999 ; Montes et al., 2002 ; Pansu, 2006). En considérant un pourcentage moyen de 20 %, le stock de carbone séquestré dans la biomasse racinaire peut être estimé à environ 0,93 t/ha pour le peuplement d'Imgrad. Ainsi, la carbomasse totale est donc de l'ordre de 5,6 t C/ha. Ces résultats peuvent être comparés à ceux d'autres espèces forestières. Une attention particulière a été réservée au karité (*Vitellaria paradoxa*). En effet, cette espèce, appartenant également à la famille des sapotacées, présente beaucoup de similitude avec l'arganier en termes de valeur socioéconomique (production de beurre de karité très recherché par les autochtones) et permet de stocker un taux de carbone aérien très semblable à celui calculé pour le peuplement d'Imgrad (Tableau 2).

Tableau 2. Stocks de carbone du peuplement étudié et d'un peuplement de karité.

Espèce	Situation	Densité (Pieds/ha)	Carbone aérien (t/ha)	Carbone racinaire (t/ha)	Carbone total (t/ha)	Référence
<i>Argania spinosa</i>	Imgrad Maroc	184	4,63	0,93	5,6	Présente étude
<i>Vitellaria paradoxa</i>	Nord Cameroun	-	5,046			Peltier et al., 2007

6. Conclusion

À travers cette étude, nous avons tenté, dans un premier temps, d'estimer la biomasse aérienne au niveau du peuplement étudié. Celle-ci est le résultat de la somme de la biomasse foliaire et ligneuse. Les équations utilisées sont celles de Belghazi (2013).

Dans un deuxième temps, les échantillons de bois prélevés et calcinés dans le four nous ont permis de conclure que le taux de carbone contenu dans la biomasse sèche du bois d'arganier est de 48,5 %. Un pourcentage qui reste très proche des 50 % utilisé par la plupart des chercheurs qui s'intéressent à l'étude de biomasse des différentes espèces et des 47 % considéré comme pourcentage par défaut proposé par le GIEC. Le taux de carbone aérien séquestré a donc été de 4,63 tonnes C/ha soit une carbomasse totale de 5,6 tonnes C/ha en supposant que le carbone racinaire équivaut à 20 % du carbone aérien. L'extrapolation de nos résultats sur toute la superficie qu'occupe l'écosystème de l'arganeraie au Maroc (868 000 ha), nous permet de conclure que cet écosystème séquestre environ 5 millions de tonnes de carbone. Une valeur qui reste tout de même sous-estimée, étant donné le jeune âge du peuplement et le manque de données concernant le carbone présent au niveau des sols.

Références bibliographiques

- Aammou K., 2013. Estimation de la phytomasse foliaire des futaies adultes de l'arganier et sa valeur fourragère dans le versant sud d'Amsitten (Commune Rurale d'Imgrad). Mémoire de 3ème cycle, ENFI, Salé, Maroc, 98 p.
- Amar I., 2011. Contribution de la composante agroforestière arganeraie dans le revenu des ménages. Cas de la commune rurale d'Imgrad. Mémoire de 3ème cycle, ENFI, Salé, Maroc, 129 p.
- Arrouays D., W. Deslais, J. Daroussin, J. Balesdent, J.L Dupouey, C. Nys, V. Badeau et S. Belkacem, 1999. Stocks de carbone dans les sols de France : quelles estimations ? CRAAF, 85 (6), 278-292 pp.
- Badri.W, 2003. Structure, Dynamique et Fonctionnement des peuplements à Genévrier thurifère dans les Atlas marocains. Docteur d'État Es-Sciences, Université Hassan II de Casablanca, Maroc, 274 p.
- Basuki. TM, Van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA., 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in the tropical lowland. Dipterocarp forests. Forest Ecology and Management, 257: 1684-1694 pp.
- Belghazi. T, 2013. Typologie de l'arganeraie et estimation de la biomasse aérienne des taillis d'arganier (Plateau des Haha-Essaouira, Maroc), Docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique, UCL, Belgique, 243 p.
- Benzyane M. et Khatouri M., 1991. Estimation de la biomasse des peuplements d'arganier dans le plateau de Haha (Essaouira- Maroc). Ann. Rech. For. Maroc, 128-140 pp.

- Brown S. et Lugo A.E., 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17, 8-18 pp.
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns M.A., Chambers J.Q, Eamus D., Folster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure J.P, Nelson B.W, Ogawa H, Puig H, Riera B. et Yamakura T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87–99 pp.
- Dorvil W, 2010. Évaluation de la biomasse et des stocks de carbone sur des placettes forestières en forêts tropicales humides de Guadeloupe, Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe, 36 p.
- DPA, 2007. Direction des statistiques à la direction provinciale d'agriculture d'Essaouira.
- Elias M. et Potvin C., 2003. Assessing inter- and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. *Canadian Journal of Forest Research*, 33(6), 1039-1045 pp.
- GIEC, 2001. Changements climatiques 2001. Rapport de synthèse : résumé à l'intention des décideurs. 37 p.
- GIEC, 2007. Changements climatiques 2007. Bilan des changements climatiques : rapport de synthèse publié à l'intention des décideurs. 114 p.
- GIEC, 2014. Changements climatiques 2014. Incidences, Adaptation et Vulnérabilité : Résumé à l'intention des décideurs. 30 p.
- I.F.N., 1999. Inventaire Forestier National marocain. Rapport de synthèse, Direction de développement forestier, Rabat, 45 p.
- IPCC, 2006. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
- Kossi Ditsouga A.F, 2011. Estimation de la biomasse végétale du sous-bois, Master, Faculté des sciences, Université de sciences et techniques de Masukku, 13p.
- Makhloufi M., 1992. Approche méthodologique pour évaluer la phytomasse des taillis de chêne vert dans le Moyen Atlas central (Forêt de Jbel Aoua). Mémoire de 3ème cycle, ENFI, Salé, Maroc, 97 p.
- Marouch R., 2013. Evaluation de la phytomasse foliaire et de la qualité fourragère des futaies adultes d'arganier pur, des forêts au sein des 3 communes rurales du versant nord de Jbel Amsitten : Smimou, Imin tlit et Ida ou azza. Mémoire de 3ème cycle, ENFI, Salé, Maroc, 124 p.
- M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M. et Bendaâoun M., 1998. L'arganier : une espèce fruitière-forestière à usage multiple. *MARDAGA*, 145 pp.
- Montes N., V. Bertauière-Montes, W. Badr, H. Zaoui et Th. Gauquelin, 2002. Biomass and nutrient content of a semi-arid mountain ecosystem : the *Juniperus thurifera* L. woodland of Azzaden Valley (Morocco). *For. Eco. Manag.*, 166, 35-43 pp.
- Oudaha Y., 2007. Estimation de la biomasse des jeunes rejets d'arganier dans le plateau des Haha (Province d'Essaouira). Mémoire de 3ème cycle, ENFI, Salé, Maroc, 69 p.
- Peltier R., Forkong CN., Mama F, Ntoupka M., Manlay R., Henry M. et Morillon V. 2007. Évaluation du stock de carbone et de la productivité en bois d'un parc à karités du Nord Cameroun. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 294 (4) : 12 pp.
- Pyle D. L., 1979. Biomass as a Fuel Source in Developing Countries. I.T.D. Conference, Reading University.
- Pansu M., 2006. Chimie du sol et modélisation du cycle du carbone et de l'azote. Thèse, Université de Bourgogne, 210 p.

- Regragui A., 1999. Prédiction de la phytomasse aérienne des taillis de chêne vert du massif forestier d'El Ayat (Maroc Oriental). Actes Inst. Agro. Vet. Hassan II (Maroc), Vol. 19 (4) : 211-217 p.
- Robert M., 2002. Rapport sur les ressources en sols du monde. Rome, 55 p.
- Smith D. M., 1986. The practice of silviculture. 8th ed. New York: Wiley.
- Soreil A., 2011. Comparaison de l'impact des usages et des conditions du milieu sur la dégradation des arganiers, dans deux zones contrastées en gestion de type agdal, de la province d'Essaouira, Maroc. Bio ingénieur en Gestion des forêts et des espaces naturels, UCL, Belgique. 164p.
- Vieira S. A., Alves L. F., Aidar M., Araujo L. S., Baker T., Batista J. L. F., Campos M. C., Camargo P. B., Chave J., Delitti W. B. C., Higuchi N., Honorio E., Joly C. A., Keller M., Martinelli L. A., Mattos E. A. de, Metzker T., Phillips O., Santos F. A. M. dos, Shimabukuro M. T., Silveira M. et Trumbore S. E., 2008. Estimation of biomass and carbon stocks : the case of the Atlantic Forest. Biota Neotropica, 8(2), 21-29 pp.
- West P.W., 2009. Tree and Forest Measurement. 2nd ed. Dordrecht : Springer. 192 p.

Webographies :

[1] : <http://environnement.wallonie.be/dnf/inventaire/biom.htm> (Consulté le 10/06/2016)

دينامية المجال الغابوي بحوض تاكلفت: بين الهشاشة الطبيعية وأفاق التهيئة الغابوية

رزقي محمد⁽¹⁾, بنعلي عبد الرحيم⁽¹⁾ والواحيدي فريد⁽¹⁾

الملخص

يقدم هذا المقال نظرة عن دينامية الغطاء الغابوي ودور التهيئة التشاركية للغابة التي تعتبر اليوم خيارا تنمويا يفرضه الواقع الحالي للغطاء النباتي بالأطلس الكبير الأوسط، حالة حوض تاكلفت بشكل خاص، والمجالات الجبلية المغربية بشكل عام، والغاية الأسمى من هاته المداخلة هي الوقوف عند إشكالية تتعلق بالتوازنات البيئية بهذا الجزء من الأوساط الجبلية المغربية الهشة بسبب الضغط البشري على الوسط الطبيعي.

تتطلب الاكراهات البيئية التي تحول دون تحقيق التنمية المستدامة، وتنمية الموارد الطبيعية الغابوية بحوض تاكلفت، الإحاطة بواقع الغطاء النباتي عن طريق رصد عناصره البيئية ومختلف الاكراهات التي تواجهه والدينامية اللاحقة عليه طيلة العقود الأخيرة، والتي تشكل عائقا حقيقيا للتدبير والتنمية المستدامة بالمنطقة، تم استخلاص عناصر التدبير المستدام الراهن الذي يجسده مخطط التهيئة الغابوية كمفتاح فعال للتدبير الحقيقي والتنمية المستدامة، التي ستضمن استغلال أمثل لهذا المورد الهام في علاقته بباقي الموارد، بشكل يراعي المحافظة على التوازن الملائم، ودون أثر بالغ على المجال.

الكلمات المفتاحية: حوض تاكلفت - التنمية المستدامة - التهيئة الغابوية - البيئة - الموارد الغابوية.

Résumé

Ce travail cherche à mettre en relation les changements écologiques particulièrement en milieu forestier et les opportunités offertes par une gestion participative de ces milieux naturels fortement anthropisés. Conscients de la limite de l'approche techniciste, gestionnaires forestiers et acteurs locaux reconnaissent la nécessité d'associer la population usagère dans la conservation et la réhabilitation des écosystèmes forestiers. Le bassin de Tagleft, dans le Haut Atlas central, est un cas d'étude riche d'enseignements pour, d'une part, comprendre la dynamique des massifs forestiers à travers un suivi des changements utilisant les données de télédétection (1972-2015) et, d'autre part, évaluer les atouts d'une gestion concertée dans le cadre des plans d'aménagements établis pour les massifs forestiers. Les résultats obtenus soulignent une dynamique écologique régressive dans la région qui se manifeste par une tendance vers la matorralisation des forêts (- 3274,5 ha perdus en 41 ans) et une dématorralisation des matorrals denses (- 1071 ha perdus en 20 ans). Cette dynamique a été alimentée par une conjoncture hydrique difficile (sécheresse des années 80 et 90) conjuguée à une surexploitation des maigres ressources par les usagers. Les aménagements forestiers actuels tentent d'être participatifs et d'associer les usagers des forêts depuis les premières phases de leur élaboration dans un cadre de co-gestion des espaces naturels.

Mots clés : Bassin de Tagleft, développement durable – Aménagement forestier – Environnement – Ressources forestières.

¹ مختبر الجيومورفولوجيا والبيئة والمجتمع، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة القاضي عياض، مراكش.

1. مقدمة

يكتسي الغطاء النباتي والغابوي بحوض تاكلفت مكانة مهمة على عدة مستويات بيئية، جيومرفولوجية، هيدروجيولوجية، سوسيواقتصادية وثقافية. بالنظر إلى الدور الهام والبالغ الأهمية الذي يضطلع بتنشيط السفوح والحد من نشاط الجريان السطحي وتنظيم الجريان الباطني للمياه ودعم الإنتاج الفلاحي المحلي من خلال الطاقة الرعوية. هذا فضلا عن تحسين نوعية النظم البيئية.

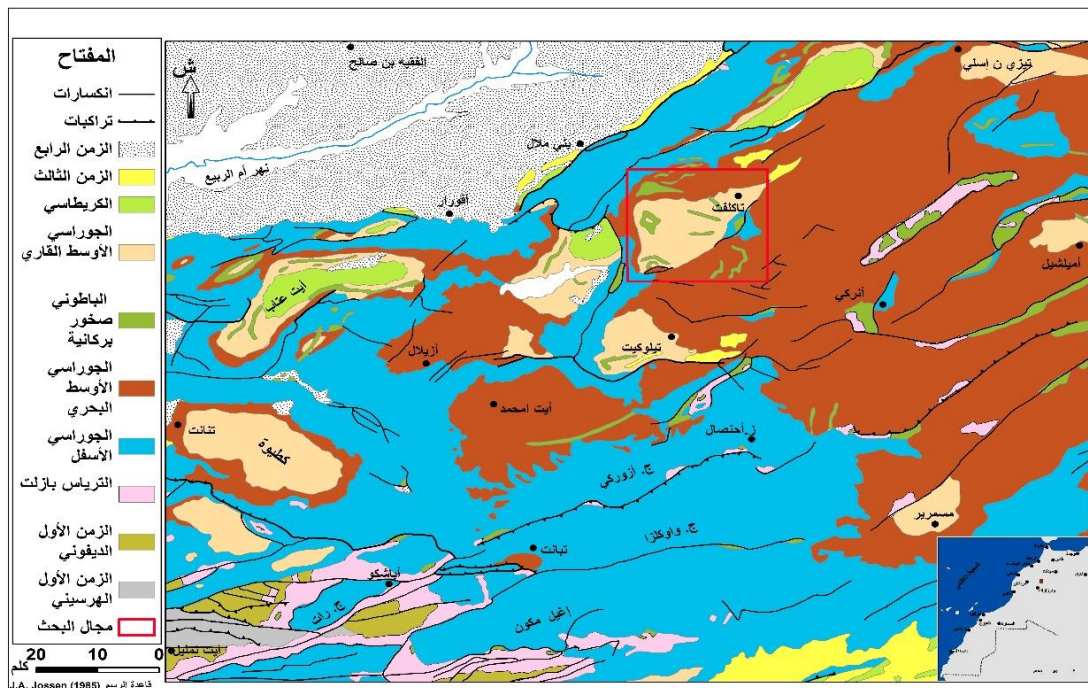
تتطلب التنمية المستدامة لهذا الحوض، باعتباره جزءا لا يتجزأ من الأطلس الكبير الأوسط الغني بموارده وتعدد أدوارها الاقتصادية والبيئية، مواجهة بعض المشاكل المستعصية الأنية والموروثة، في طليعتها استنزاف طاقة المراعي والتراجع المتسارع للغطاء النباتي وتنشيط حركية السفوح، وما ينتج عن ذلك من اختلالات في النظم الايكولوجية واتجاهه نحو نزعة التدهور بدلا عن التوازن.

تشكل التهيئة الغابوية أداة فعالة وحاسمة في التنمية المحلية والمستدامة للموارد الغابوية بهذا الحوض، قصد الحفاظ على توازناته البيئية ومعالجة بعض مظاهر التدهور والاختلال، بدمج الغطاء النباتي والغابوي بذات الحوض في سياقه الجيومرفولوجي والبيئي والسوسيواقتصادي، بهدف تحقيق التنمية القروية المستدامة الضامنة لتنظيم حياة ساكنة المنطقة وأنشطتهم على السفوح الهشة وقصور الأودية الضيقة، لا سيما النشاط السائد الذي يعتمد على الرعي والمرتبط أساسا بالموارد الغابوية.

2. الموارد الغابوية بحوض تاكلفت: الإمكانيات والاكراهات

1.2. توطين مجال الدراسة داخل الأطلس الكبير الأوسط

يجسد حوض تاكلفت منخفضا جبليا مغلقا يحتل مجال الاقتران بين الأطلسين الكبير الأوسط الكلسي وأطلس بني ملال (الشكل رقم 1)، فهو عبارة عن منخفض واسع طي جبلي وعريض الامتداد، تفصله عن سهل تادلا سلسلة أطلس بني ملال، يشغل مساحة مهمة، ارتفاعاتها تتراوح بين 809 م عند مجرى واد العبيد و2658 م عند القمم المرتفعة بالأعراف الجبلية المحيطة بالحوض. يحتضن هذا المنخفض العريض عدة أعراف جبلية تغطيها تشكيلات غابوية مهمة، ويخترقه واد العبيد من الوسط.



الشكل رقم 1. خريطة توطين حوض تاكلفت ضمن النهاية الشمالية للأطلس الكبير الأوسط الكلسي.

2.2. توزيع الأصناف الغابوية بحوض تاكلفت وخصائصها العامة

يشغل المجال الغابوي وتشكيلات الماطورال بحوض تاكلفت مساحة تناهز 38778 هكتار، وهي ثروة غابوية تتميز بالتنوع الكبير من حيث الأصناف النباتية والعشيرة الاحيائية، وتمثل أهم الموارد الطبيعية بالمنطقة، وتتكون من أربعة مشارات كبرى، أهمها مشاركة أسكار وتداوت التي تغطي جزءا كبيرا من السفوح الشمالية المشرفة على الضفة اليسرى لواد العبيد.

تتحكم العوامل الطبوغرافية والجيومرفولوجية والمناخية في توزيع الأشكال النباتية السائدة بهذه الغابة، حيث تسود أصناف رئيسية قوامها البلوط الأخضر والعرا عار الأحمر والعفصية والعرا عار الفواح والضرو... إلخ (الجدول رقم 1). غير أن الثروة أضحت تعاني من عدة عوائق بحوض تاكلفت، في مقدماتها التغيرات المناخية والاستغلال البشري المفرط وسوء التدبير، مما أثر سلبا على نظامها المتسم بالشاشة البيئية.

جدول رقم 1. توزيع التشكيلات النباتية بالمجال الغابوي لحوض تاكلفت.

العشيرة النباتية	المساحة بالهكتار	النسبة المئوية من المساحة
سنديان أخضر خالص	8850	22%
سنديان أخضر مختلط مع العرا عار الأحمر	17488	45%
العرا عار الفواح	5623	14%
سنديان أخضر مختلط مع العرا عار الفواح	381	1,8%
صنوبر حلبي	525	2%
مجالات لا غابوية	1092	5%
سنديان أخضر مختلط مع الصنوبر الحلبي	717	3,6%

المصدر: المديرية الجهوية للمياه والغابات ببني ملال 2014

تهيمن تشكيلة السنديان الأخضر (*Quercus rotundifolia*) على الأصناف الغابوية السائدة بالمنطقة، فهي تحتل ما يناهز 69% من التشكيلات الغابوية، ينتشر بعدة مناطق على شكل تشكيلة خالصة، وبأخرى كتشكيلة مختلطة مع أصناف أخرى، خاصة مع العرا عار الأحمر والعرا عار الكادي، وينتمي هذا الصنف لنوع التشكيلة المتوسطة المستوطنة الوحيدة والمنتشرة في كل النطاقات البيومناخية المتوسطة. أطلق عليها أمبرجي الإسمنت الحي (شحو إدريس 2011) وكنتيجة لخصائصه المورفولوجية المتسمة بكثافة أوراقه وقامته المتوسطة، فإنه يشكل المصدر الأساسي لحطب التدفئة والرعي.

تتجسد الأصناف الأخرى في العرا عار بأنواعه المختلفة وخاصة العرا عار الأحمر (*Juniperus Phoenicea*)، والعرا عار الكادي (*Juniperus Oxycedrus*) والعرا عار الفواح (*Juniperus thurifera*) تم العفصية (*thuya*)، وهي تشكيلات تغطي حوالي 7% فقط من مجموع المساحة الغابوية بالحوض. وتتمثل باقي الأصناف الأخرى في الصنوبر الحلبي (*Pinus halepensis*) والضرو والسدریات وغيرها التي تشغل النسبة المتبقية من المجال الغابوي.

3.2. الظروف البيئية للموارد الغابوية بحوض تاكلفت

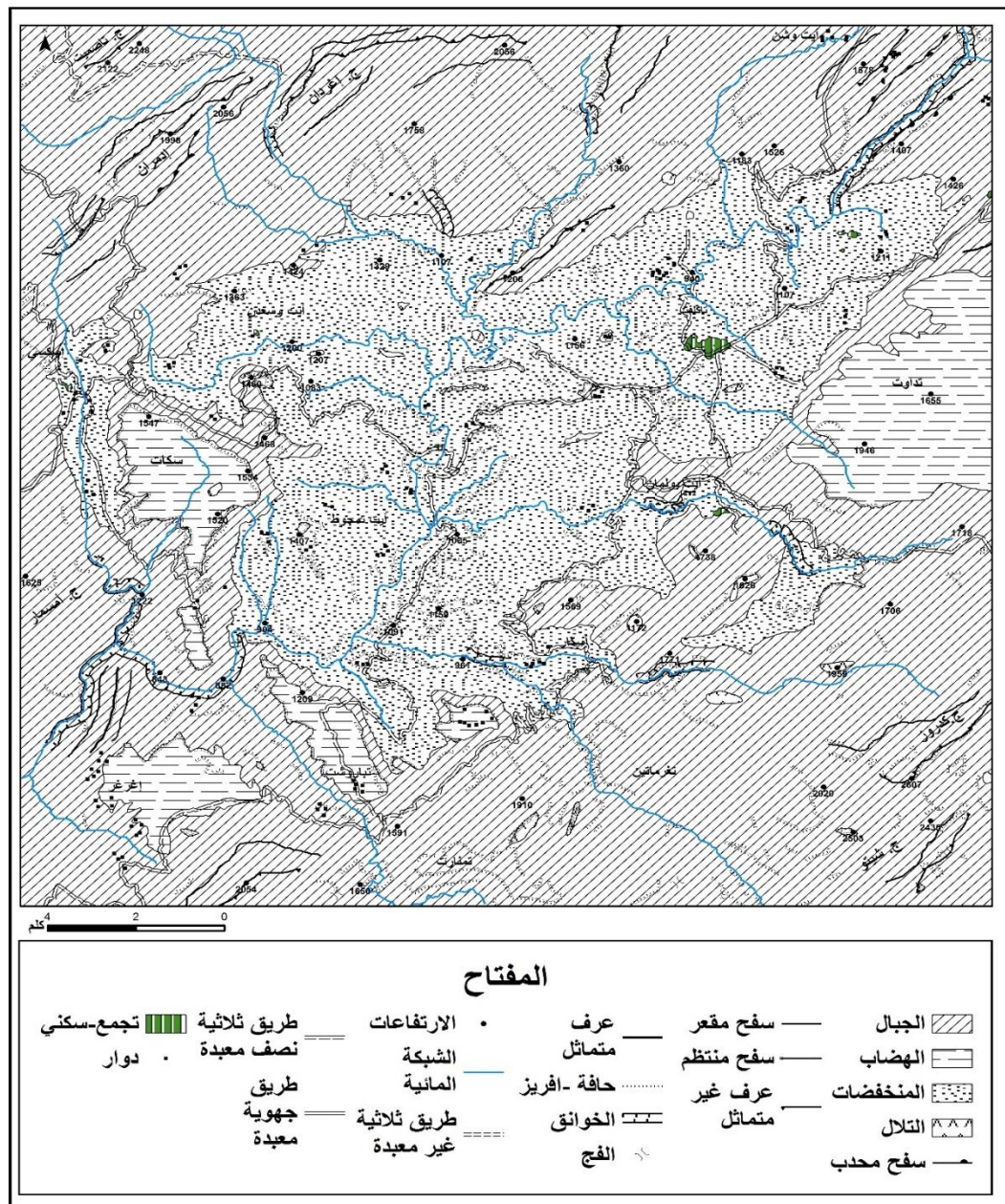
يظهر أن التوزيع الحالي للأصناف الغابوية بحوض تاكلفت يتحكم فيه عدة عوامل بيئية، كان لها دور مهم في تحديد التجمعات النباتية السالفة الذكر، ومنها على وجه التحديد الخصائص الطبوغرافية، والعوامل المناخية، والبيومناخ، ونوعية الركيزة الصخرية.

أ- **الطبوغرافية:** تتميز الطبوغرافية بحوض تاكلفت بالتقطع الشديد، حيث نجد مجموعة من الأشكال التضاريسية، تتراوح ارتفاعاتها المطلقة بها بين 843م عند السافلة للحوض و2607م كأعلى نقطة بجبل كدروز. يوافق هذا التقطع التضاريسي للحوض قوة الانحدارات للسفوح المشرفة.

من خاصيات الحوض تنوع الأشكال التضاريسية، (الشكل رقم:2) حيث يمكن التمييز بين: وحدة جبلية شديدة التضرس، تمثلها الأعراف الجبلية الحاضنة للحوض من الجهتين الجنوبية (جبل كدروز وجبل شيتو) والشمالية (عرف إمران وإگردان وتاصميت). تتميز هذه الوحدة بسيادة أعراف طويلة وسفوح شديدة الانحدار مع عدم انتظام الانحدار من القمم في اتجاه الأودية، بوجود متون وعدة أعراف وإفريزات صخرية، نتيجة تعرض الصخور الكلسية لعدة انكسارات.

تتخلل السفوح المشرفة عدة وحدات هضبية، خاصيتها الأساسية الانبساط والتقطع الشديد بفعل شبكة كثيفة من الأودية والشعاب التي تنطلق من السطوح الهضبية في اتجاه الحواف المشرفة، وأهم هاته الهضاب هضبة سكات البازلتيّة في الجزء الغربي من الحوض وهضبة تباروشث وإغرغر، هذا فضلا عن هضبة تداوت التي تحتل جزء مهم من شرق الحوض.

بخصوص المنخفضات فهي تتمثل في منخفض تاكلفت، الذي يعكس المشهد العام للمنطقة، وهو عبارة عن منخفض طي جبلي يتوسط المجال يتسم بالشساعة من الجهة الغربية ويزداد ضيقا في اتجاه الشرق، تتخلله عدة تلال معزولة، ويتميز بتقطع شديد عبر عدة شعاب طويلة ومتعمقة، علاوة على تخديد معمم ومركز يزداد عمقا في المناطق المنكشفة، بسبب غلبة التكونات السطحية الهشة والسميكة.



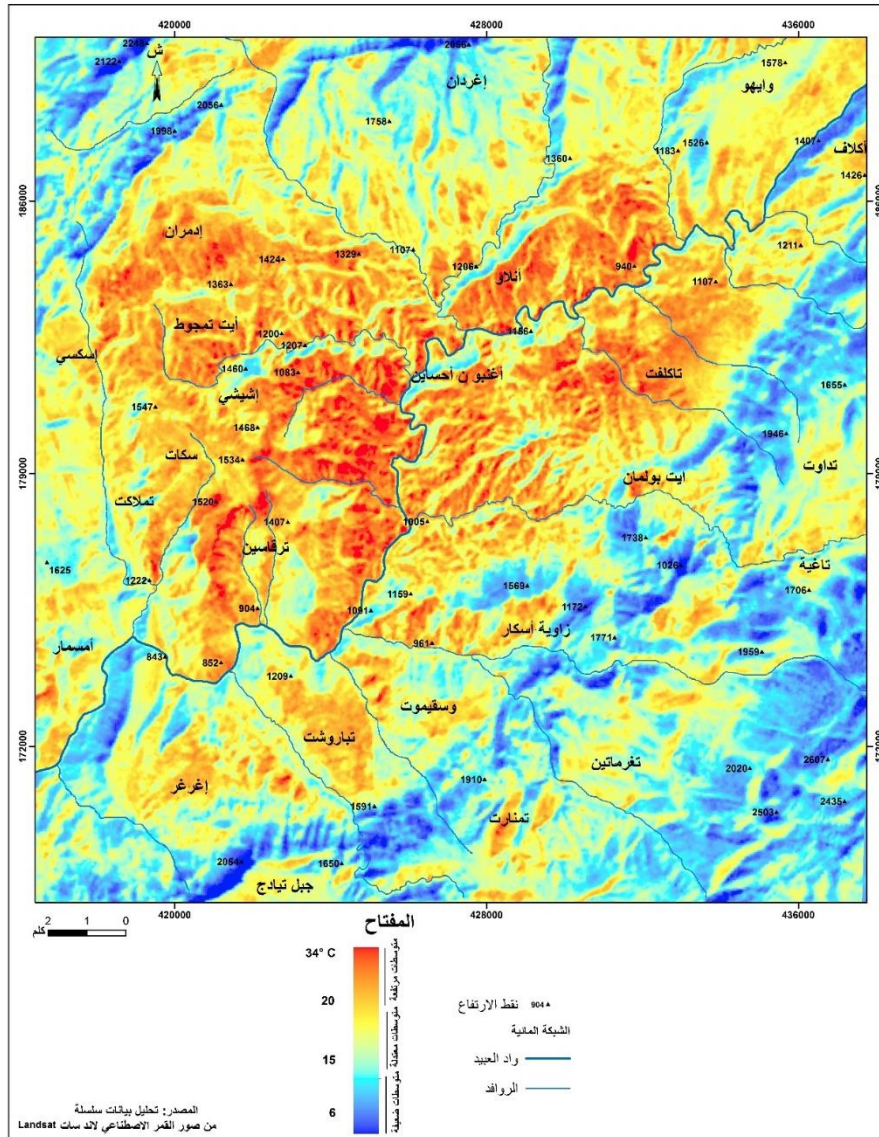
الشكل رقم 2. رسم توضيحي تضاريسي لحوض تاكلفت.

ب- المناخ والبيومناخ: تتحدد مسؤولية المناخ في التحكم في الخصائص البيئية للغابة، وباعتماد على عدة محطات مناخية، (الجدول رقم:2) يتضح أن ميدان الدراسة يتلقى كميات مهمة من الأمطار تصل في المتوسط السنوي إلى 576 ملم وإلى 81 ملم كمتوسط شهري بمحطة تيفرت نايت حمزة القريبة من حوض تاكلفت، وهو معدل مهم جدا بالمقارنة مع المحطات المجاورة الأخرى (واويزغت، تامكة، بين الوديان)، أما بالنسبة للحرارة فهي تتأرجح قيمتها حسب متوسط حرارة السطح خلال الفصول المعتدلة ما بين 6 ° إلى 34 ° في الحد الأقصى للشهور الأكثر حرارة، (الشكل رقم:3).

الجدول رقم 2. توزيع المتوسط الشهري للتساقطات بمحطات مناخية بالأطلس الكبير الأوسط 2007.

المحطات	شنتبر	أكتوبر	نونبر	دجنبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	ماي	يونيو	يوليوز	غشت	المجموع ب mm
زاوية أحنصال	25.2	36.5	47	25	50.9	42.8	44.1	30.2	24.2	20.7	11.3	22.7	380.5
تامكة	18.6	24.2	43.5	36.5	64.5	49.4	42	39.8	22	20.9	8.8	16	386.2
واويزغت	18.9	23	42.7	48	70.3	59.1	56.9	43.7	28.8	10.6	5.3	9.4	416.6
تيفرت نايت حمزة	24.4	30.4	81.3	64	81.9	75	66.8	61.2	35.6	26.8	10.7	18.8	576.9

مركز التنمية الغابية بواويزغت



الشكل رقم 3. خريطة متوسط حرارة السطح خلال فصول الاعتدال بحوض تاكلفت.

أمام غياب معطيات مناخية مسترسلة تتصل بقياس درجة الحرارة بمنطقة البحث، اعتمدنا على قيم درجة حرارة السطح المستخلصة من صور الأقمار الاصطناعية، لأنها الأكثر إفادة وأهمية من تلك التي تتحها بعض المحطات المجاورة لمنطقة البحث كمحطة تيلوكيت، وفي هذا السياق قمنا بحساب درجة الحرارة بالاعتماد على صور القمر الاصطناعي لاندسات Landsat، حيث تم الاشتغال على القيم الحرارية للنطاقات الحرارية، لسلسلة من الصور تمتد في الفترة ما بين 1982 و2015، ومنها تم استخراج الخريطة النهائية للمتوسط السنوي لدرجة حرارة السطح، (الشكل رقم: 3).

تسجل القيم المسجلة بصور الأقمار الاصطناعية على هيئة بيكسل Pixel، لذلك وجب تحويل تلك القيم من تلك الهيئة إلى قيم إشعاعية، ففي المرحلة الأولى، تم التحويل من البيكسل إلى الإشعاع Radiance للنطاق الحراري الخاص بالأشعة تحت الحمراء الموجودة في النطاق السادس، ببيانات التخزين بالملف المرفق بكل الصورة بتطبيق المعادلة التالية:

$$\text{Radiance} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{cal max}} - Q_{\text{cal min}}} \times (DN - Q_{\text{cal min}}) + L_{\min}$$

بحيث: $L_{\max}$ أقصى قيمة يأخذها الإشعاع و $L_{\min}$ أدنى قيمة للإشعاع
 $Q_{\text{cal max}}$ أعلى قيمة يأخذها البيكسل و $Q_{\text{cal min}}$ أدنى قيمة للبيكسل
 DN قيمة البيكسل.

في المرحلة الثانية تم التحويل من الإشعاع Radiance إلى الحرارة الكاليفينية باستخدام المعادلة التالية:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{\text{Radiance}}\right) + 1}$$

بحيث K_1 و K_2 لديهما قيم ثابتة بصور القمر الاصطناعي لاندسات، توافق K_1 قيمة 607,76 بالقمر TM و 666,09 بالقمر ETM، بينما تتطابق قيم K_2 1260,56 بالقمر TM و 1282,71 بالقمر ETM أما $\ln$ فهو اللوغاريثم النبيري. وبعد حساب المعادلتين والتحويل إلى وحدة سلسيوس C بخصم قيمة 273,15 من النتيجة النهائية، كما يوضح (الشكل رقم: 3).

يبدو أن منخفض تاكلت يتميز بظروف مناخية متباينة بين وسطه وحواشيه، يعكس ذلك توزيع متوسط القيم الحرارية للسطح المستخرجة من صور الأقمار الاصطناعية، (الشكل رقم: 3) وكمية التساقطات التي تستقبلها المنطقة والمميزات الحرارية على طول السنة، (الجدول رقم: 2) وهو وضع خاص تتحكم فيه عدة عوامل منها نوعية التضاريس والارتفاع والتوجيه وكثافة الغطاء النباتي...إلخ.

انطلاقاً من عاملي التضرس وخاصة الارتفاع واتجاه تعرض السفوح، ومؤشرات المناخ المتصلة بالرطوبة والحرارة، وبتوظيف دليل أمبرجي Emberger المتعلق باليومناخ في المجالات المتوسطة، ولا سيما الدراسة التي خص بها الأطلس الكبير الأوسط (L. Emberger, 1933) وكذا كيزيل Quezel في شأن التنطيق النباتي حسب الارتفاع بالمغرب وشمال إفريقيا (P. Quezel, 1981)، نجد أن المجال يتكون من مستويات نباتية ضمن النطاقات الخاصة بالمجال المتوسطي، وهما النطاق المتوسطي الحار الذي يتشكل بالدرجة الأولى من العفصية والعرعار الأحمر والعرعار الكادي والصنوبر الحلبي، تم النطاق المتوسطي الجبلي الذي تهيمن عليه تشكيلات البلوط الأخضر، وأخيراً النطاق المتوسطي الأروغرافي المائل في الجهة الجنوبية الشرقية لحوض تاكلت والمنتم بسيادة تشكيلات خالصة من العرعار الفواح وبعض القزميات الشوكية.

الجدول رقم 3. الخصائص البيومناخية والطبقة النباتية بحوض تاكلت وبعض المحطات المجاورة.

المحطة	معامل أمبرجي Q2	المستوى البيومناخي	الحرارة	الطبقة النباتية
تغيرت نايت حمزة	62,96	شبه رطب	معتدل	المتوسطي المعتدل
تامكة	62,5	شبه رطب	بارد	المتوسطي الجبلي
أزيلال	62	شبه جاف	رطب	المتوسطي الحار
بين الويدان	61,21	شبه جاف	معتدل	المتوسطي الحار

مصدر الأرقام: المديرية الجهوية للمياه والغابات ببني ملال

ت- **الركيزة الصخرية والتكوينات السطحية:** يتميز مجال حوض تاكلفت بسيادة تكوينات رسابية تعود للزمن الثاني مع تنوع صخاري، يتميز بهيمنة الصخور الهشة والمتوسطة الصلابة خاصة في وسط الحوض، وهي إرسابات تدخل ضمن ميدان الإرسابات الجوراسية الملتوية، حيث تسود السحنات الكربوناتيّة اللّياسية (بنعلي عبد الرحيم، 2006). والفترة الأكثر أهمية هي فترات الحقبة الجوراسية وخاصة الجوراسي الأسفل Dogger من فترة اللّياس الأسفل إلى اللّياس الأعلى، وهي الفترة التي سمحت بسيادة صخور كلسية والصلصال-الكلسي الذي يتمتع بنفاذية كبيرة في معظم مجال امتداد الحوض (في مناطق وجود الأعراف الجبلية)، حيث تشكل المحدثات الضيقة نسبيا مناطق كلسية ودلوميتية صلبة (بنعلي عبد الرحيم، 1991)، بينما المقعرات الواسعة تتشكل من الحث الصلصالي والطين الأحمر، مع بروزات بازلتية والكابرو، تعود للفترة الترياسية بهضبة سكات والمنحدرات المشرفة على المنخفض من الجهة الشمالية، علاوة على كلس كربوناتي يعود لفترة الميوسين بالجزء الأعلى من المنخفض.

تتحكم هذه البنية المتمسكة بوضع بنائي متباين (مقعرات، محدبات، انكسارات...)، في تحديد عدة أصناف من التكوينات السطحية بالحوض والتي تلعب دورا مهما في دينامية السطح المتسارعة، إذ أن التشكيل البنائي ساهم في سيادة صخور متوسطة الصلابة مكونة من الكلس الصلصالي للّياس الأوسط وحث الجوراسي الأوسط القاري، الأكثر تعرضا لنشاط السيل الذي تتجلى مظاهره في تشكيل خدات وشعاب متعمقة، وخاصة في صخور البيليت للجوراسي الأعلى.

4.2. تطرح عدة إكراهات أمام المجال الغابوي بحوض تاكلفت

بالنظر إلى الدور والوظائف المتعددة التي تقوم بها الغابة بشكل عام، وباقي المجالات الشبه الغابوية من ماطورال وحراجة بشكل خاص، فإن الغطاء النباتي في حوض تاكلفت يتعرض لعدة إكراهات، منها الاستغلال المفرط لهذا المورد وضعف التدبير والاستخلاف، مما يهددها بالتدهور وخلل في توازنها.

أ- **الرعي الجائر:** يمثل المجال الغابوي مصدرا مهما لكلاً وأعلاف الماشية بما يوفره من مراعي شاسعة، خاصة في المجالات الشبه الغابوية والماطورال، وقد كان للانتجاع اليومي في اتجاه الغابة بكيفية منتظمة على مدار السنة، دورا أساسيا في هذا الجانب، إذ أن مختلف التشكيلات النباتية تعاني من الاجهاد المفرط بفعل الرعي الجائر. وهذا راجع بالأساس إلى الاستقرار البشري، واعتماد نمط نصف الترحال مع الارتكاز على الرعي بالدرجة الأولى بالموازاة مع أنشطة زراعية بناصيبية. نجم عن هذا قوة ارتباط الانسان بالغابة إلى حد أصبح يهدد توازنها، والنتيجة هي التأثير السلبي على الطاقة الإنتاجية والحمولة الرعوية للغابة ومختلف التشكيلات النباتية، يظهر هذا بشكل جلي عند الكشف عن المساحة الاجمالية للغابة وحجم ونوعية القطيع كما يظهر الجدول التالي.

الجدول رقم 4. توزيع عدد رؤوس الماشية بجماعات ترابية بمنخفض تاكلفت.

الجماعة القروية	الأبقار	الأغنام	الماعز
إسكسي	225	10000	8000
تاكلفت	360	35000	25000
تفرت نايت حمزة	400	20000	15000

مصدر الأرقام: المديرية الإقليمية للفلاحة بأزيلال 2015

يتميز القطيع كما يظهر الجدول أعلاه الأهمية الكبيرة لرؤوس الماشية بحوض تاكلفت، فالقطيع يتكون بالأساس من الأغنام الذي يمثل 65000 رأسا موزعا بين ثلاث جماعات تمتد في الحوض، إلى جانب الماعز الذي يمثل 48000 رأسا، في حين يبقى عدد الأبقار ثانويا في حدود 985 رأسا، وهذه المعطيات تعكس الحصة الكبيرة التي يمثلها قطيع الأغنام والماعز بما يناهز 112000 رأسا بالمقارنة مع رؤوس الأبقار، ومعظمه من النسل المحلي المتكيف مع بيئته، كما أن حجم القطيع ما فتئ في تزايد مستمر نتيجة الحاجيات المتزايدة للسكان، وجله من الصنف المحلي الذي يرتكز على الانتجاع والرعي الواسع داخل المجالات الطبيعية، مما يؤدي إلى الافراط في استغلال التشكيلات النباتية بهذا المجال على مدار السنة، خاصة وأن حجم القطيع يشهد تزايدا مع مرور الزمن.

جدول رقم 5. مجالات تردد الرعي والانتجاع بالقطعان بحوض تاكلفت.

النسبة من الأسر الرعوية	مجالات الانتجاع والرعي
34	الغابة
42	حقول وغابة
26	مراعي جماعية وغابة
13	الزربية وحقول
19	مراعي جماعية وحقول

البحث الميداني 2014-2016

نلاحظ من خلال هذه المعطيات، أن نسبة كبيرة من الأسر الرعوية ترتبط بالغابة في موضوع الرعي، بحيث أن نسبة تصل على 34% تعتمد على الغابة لتوفير حاجيات القطيع من الكلا، وهناك اعتماد آخر على الغابة بشكل دوري بالتكامل مع باقي مجالات الانتجاع والرعي من حقول ومراعي جماعية و"أكدا"، هذا في الوقت الذي نسجل فيه ضعف نسبة الأسر التي لا تتردد على الغابة باعتمادها على الحقول والمراعي أو الزربية فقط.

ب- القطع والاجتثاث: الملفت للنظر اليوم أن المرتفعات والأعراف الجبلية التي تشرف على منخفض تاكلفت، تعرف دينامية متسارعة للسفوح نتيجة عاملين رئيسيين، الأول يتعلق بالبنية حيث تساهم الخاصية الطبوغرافية وقوة الانحدارات وسحنات التكونات السطحية والهيدرودينامية بتنشيط التخديد والإزالة، والثاني يرتبط باعتماد هذا المجال كمرعى للماشية بالنسبة للسكان المحلية، والذي ترتب عنه الضغط على الغطاء النباتي عن طريق الاجتثاث والقطع، بهدف جمع حطب التدفئة الذي يشكل عصب الاستعمالات اليومية باعتبار المجال قروي بامتياز وغياب وسائل بديلة، أو لتوسيع الأراضي المزروعة لتلبية حاجيات النمو الديمغرافي المضطرد، ولذا فإن الغطاء النباتي تعرض لتراجع كبير ومهول في بعض الجزيرات، بشكل لم يعد فيه عامل وقاية للسفوح مع تراجع أصناف نباتية وبعض التشكيلات الشجرية خاصة السنديان الأخضر والعرعار بنوعيه الأحمر والفواح.

ت- الدينامية السطحية وصعوبة الاستخلاف الطبيعي: الاستخلاف الطبيعي للغطاء النباتي سواء

بالمناطق الغابوية أو الشبه غابوية، يكاد يكون منحصر جدا، والسبب يعود في ذلك إلى جانب العوامل السالفة الذكر، إلى سيادة الصخور الهشة على طول السفوح (البليت الأحمر والحث والصلصال)، والنشاط القوي للتخديد السيلي أو الانزلاقات الكبرى للتكونات السطحية، لذلك تقوم التعرية السيلية حاليا بنحت السفوح وإزالة ما تشكل من الأتربة الغابوية بكيفية سريعة، تاركة وراءها ركانز صخرية مكشوفة تماما.

جدول رقم 6. حجم المساحة التي تم إعادة تشجيرها ما بين 1995 و2005.

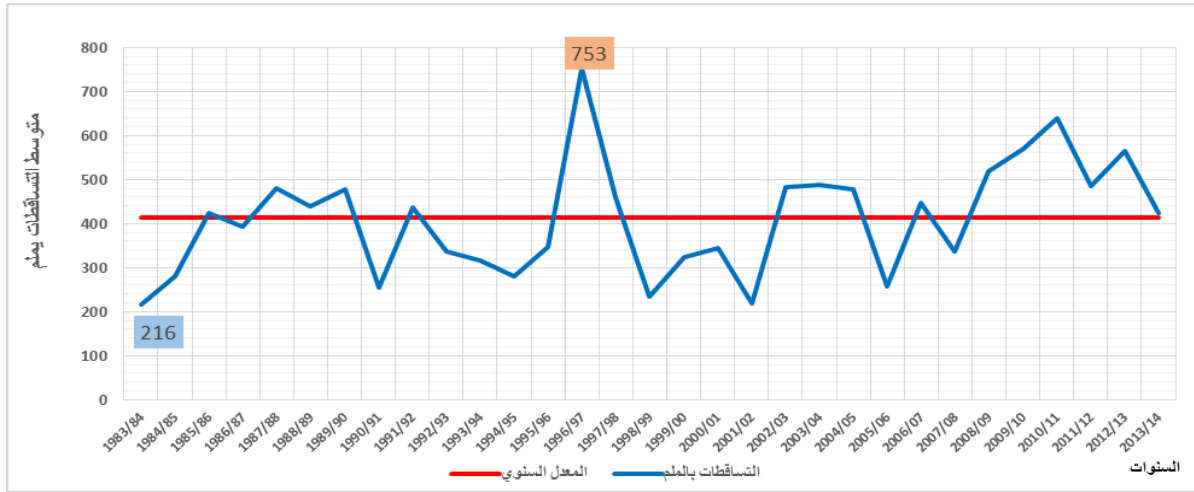
الجماعة القروية	الأقسام الغابوية	المساحة ب ha
تاكلفت	إشيشي	97,55
	إدمران	80
تغيرت نايت حمزة	تغيرت نايت حمزة	80

المصدر: مركز التنمية الغابوية بتاكلفت

يتبين من خلال هذا الجدول (الجدول رقم:6)، المعبر عن نفس الفترة التي استهدف فيها الاستغلال ما يربو عن 864,66 ha، من المساحة الغابوية بجنوب حوض تاكلفت، اقتصرت المساحات المشجرة عند حدود 257,55 ha فقط، وهي مساحة ضعيفة نسبيا، عندما نقارنها بالكمية المنتظرة من المساحات المعرضة للاستغلال، وكذا نوع الأصناف المشجرة، مما يدل على الإفراط في الاستغلال وصعوبة التقويم المتوازن للغابة، يتضح ذلك من خلال وجود فوارق بين المساحات المرصودة للاستغلال والقطع وتلك المشجرة لإعادة الانتاج.

ث- التغيرات المناخية: مما لا شك فيه أن الذبذبات المناخية، وخاصة خلال العقود الأخيرة، كان لها وقع سيئ على المجال الغابوي، ذلك إن المتفحص للخصائص المناخية بالمغرب خلال السنوات الأخيرة، يكتشف مدى تردد المهم

لسنوات يطبعها الجفاف على شكل دورات متتالية، تقف أمام نجاح الانبات وارتفاع المردود خاصة المناطق النصف جافة (عبد الله العويشة 1982). ولغرض ملامسة أثر الجفاف والتغيرات المناخية على الغطاء النباتي بحوض تاكلفت، عمدنا إلى تقديم نظرة عابرة للتذبذب في التساقطات بمحطة تيفرت نايت حمزة، (الشكل رقم: 4) لنكتشف مدى الهشاشة الطبيعية والشح المائي الذي يعتري المجال الغابوي بهذا الحوض كما يوضح المبيان التالي:



مصدر الأرقام الإحصائية: وكالة الحوض المائي لأم الربيع ببني ملال 2013.

الشكل رقم 4. توزيع متوسط التساقطات السنوية بمحطة أيت ووشن 1983-2013.

3. دينامية المجال الغابوي ودور التهيئة الغابوية في صيانة توازنات المنظومة الغابوية بحوض تاكلفت

1.3. يشهد المجال الغابوي بحوض تاكلفت دينامية متسارعة

لضبط الدينامية الحالية للمجالات الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلفت، استعملنا سلسلة من صور القمر الاصطناعي لاند سات Landsat، منذ 1972 منذ أول قمر اصطناعي MSS إلى آخرها L8 مروراً بأجيال TM وETM، وتمكننا من خلالها بالتعرف بدقة على كل الأصناف الغطاء النباتي في المنطقة منذ بداية السبعينيات من القرن الماضي إلى الآن، وبتردها على تغطية المجال طيلة نفس الفترة التي تغطي قرابة 41 سنة، وبعد التحريات الميدانية للتأكد من نتائج المعطيات، تم دمجها في برامج نظم المعلومات الجغرافية واستخلاص مسارات الدينامية الحالية للغطاء الغابوي.

جدول رقم 7. تطور حجم المساحة الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلفت بين 1984 و1994.

معدل الزيادة أو التراجع الإجمالي ب ha	المساحة بالهكتار ha		المناطق
	1994	1972	
-2624,5	14067	16691,5	غطاء غابوي مهم
1490,56	9189,9	7699,34	ماطورال كثيف
-875,2	13348	14223,2	ماطورال متدهور
3987,16	7063,9	3076,74	زراعة بعلية
3162	13934	10772	مناطق عارية

تحليل بيانات الصور الفضائية 1994-1972

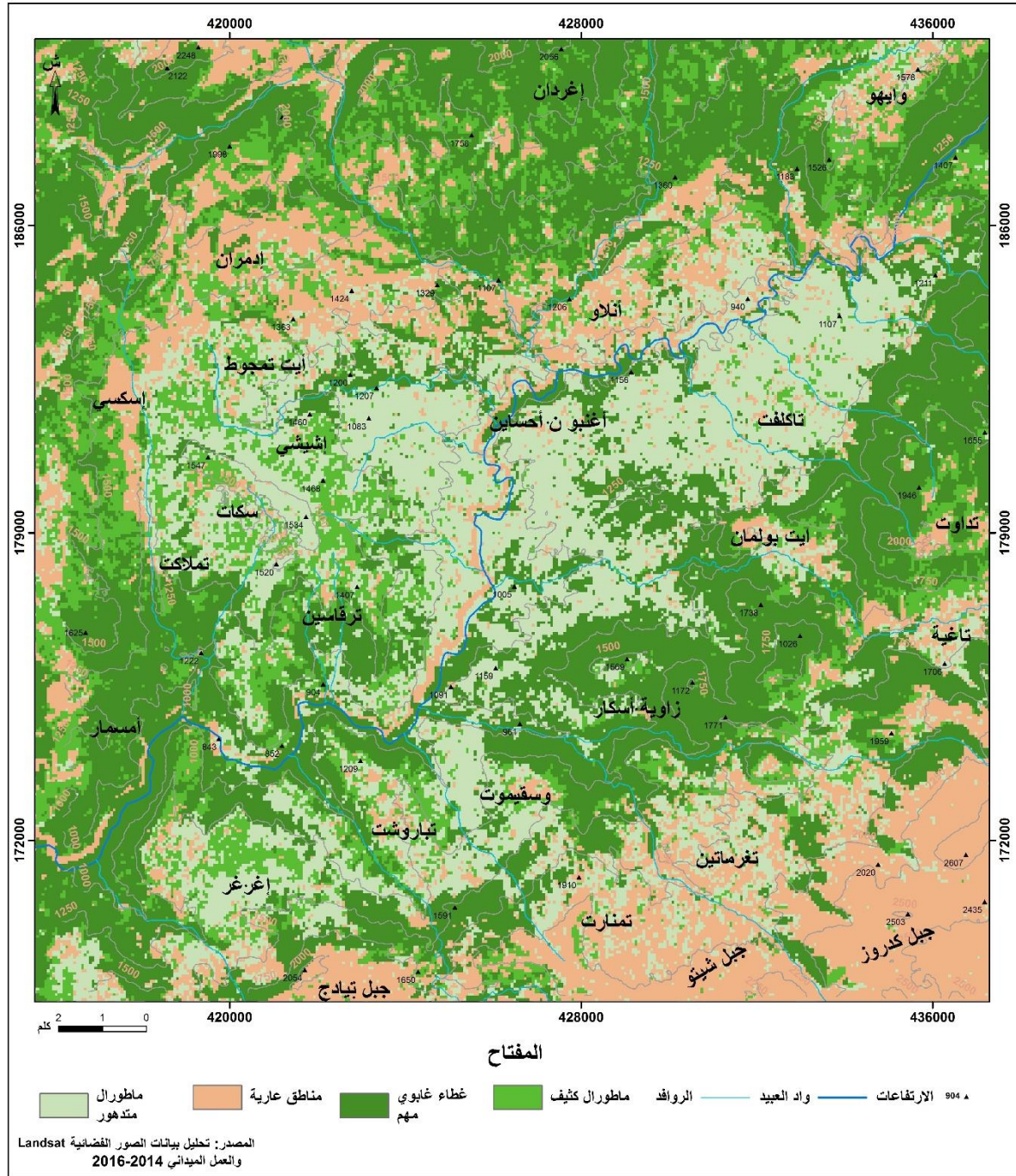
تعكس المعطيات أعلاه (الجدول رقم 7) أهمية الدينامية التي شهدتها الحوض خلال المرحلة الأولى، فالأرقام الواردة في هذا الجدول، تبين خلاصة مفادها أن الأصناف الغابوية المتوسطة الكثيفة قد طالتها تراجع واسع واجتثاث مهم خلال هذه الفترة، خاصة وأنها التشكيلة الوحيدة التي عرفت تراجعا كبيرا بحوالي 2624,5 هكتار، بالمقابل سجلت باقي المناطق تزايدا مهما كذلك إذ ازدادت الرقعة التي يحتلها الماطورال الكثيف بحوالي 1490,56 هكتار وتوسعت الزراعة البعلية بما يقارب 3987,16 هكتار وتجاوزت مثيلتها من الأراضي العارية 3162 هكتار، واستنادا إلى هذه الأرقام يتضح عمق التحول بالمنطقة خلال فترة السبعينيات حيث انتشر حيازة المجالات الغابوية والماطورال من الساكنة المحلية، مما أسهم في امتداد الرقع المزروعة على حساب الغطاء الغابوي بتوسع مناطق الماطورال والعارية بشكل كبير.

جدول رقم 8. تطور حجم المساحة الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلفت بين 1994 و2013.

المناطق	المساحة بالهكتار ha		معدل الزيادة أو التراجع الإجمالي ب ha
	2013	2002	
غطاء غابوي مهم	9305,62	9959,66	-654,04
ماطورال كثيف	9660,74	10731,97	-1071,23
ماطورال متدهور	13403,6	10123,2	3280,4
زراعة بعلية	7385,81	8094,78	-708,97
مناطق عارية	15708	10096,6	5611,4

تحليل بيانات الصور الفضائية 1994-2013

الأرقام الواردة في (الجدول رقم 8) تظهر التحولات الجديدة التي مست المجالات السابقة خلال الفترة الأخيرة، ذلك أن السيورة التي مرت منها التشكيلات الغابوية والشبه الغابوية بالمنطقة قد طالتها بعض التعديلات والتحولات، فعمليات القطع والاجتثاث وأثر الرعي الجائر تناقصت حديثا نسبيا في هاته الفترة مقارنة بسابقاتها، مع الاستمرار في الاستغلال الجائر لتشكيلة الماطورال الكثيف، إما عن طريق القطع المنظم الذي تباشره الإدارة الوصية أو في إطار حق الانتفاع، ويؤكد ذلك استمرار وتيرة التراجع في مساحة التشكيلتين بما مقداره 1725,27 هكتار.

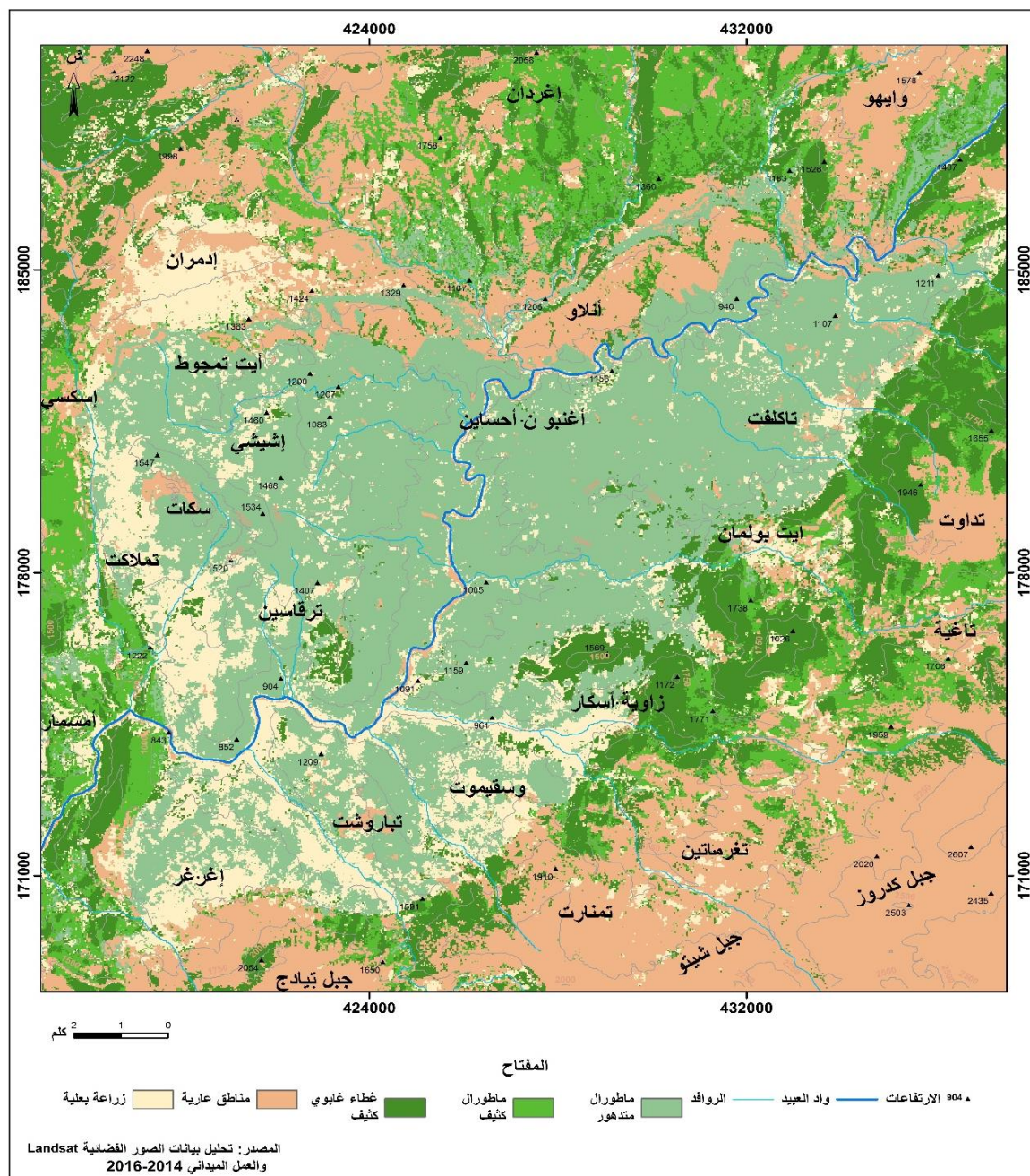


الشكل رقم 5. خريطة توزيع المناطق الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلفت (1972-05-07).

نلاحظ من خلال الشكلين رقم 5 و6 تراجع ملحوظ للغطاء الغابوي بالأطراف وحواشي الحوض خلال فترة 1972 و1994، وخاصة بمناطق امتداد الماطورال عند هوامش التشكيلات الغابوية. ويعزى هذا الأمر إلى الاجتثاث وتوسع المساحة المزروعة المرتبطين بتحديد الملك الغابوي بالمنطقة مع مطلع السبعينات إلى أواسط الثمانينات، حيث سجلت عدة صعوبات أثناء التحديد تتخذ أحيانا طابع المواجهة والصراع بين الإدارة الوصية والسكان المحلية.

معظم التحولات التي همت الغطاءات الغابوية السائدة بحوض تاكلفت خلال هذه المرحلة، همت بالأساس الاجتثاث والقطع المفرط ببعض المناطق كالهوامش الغابوية بترقاسين وإسكسي وإغردان بشكل قوي ثم

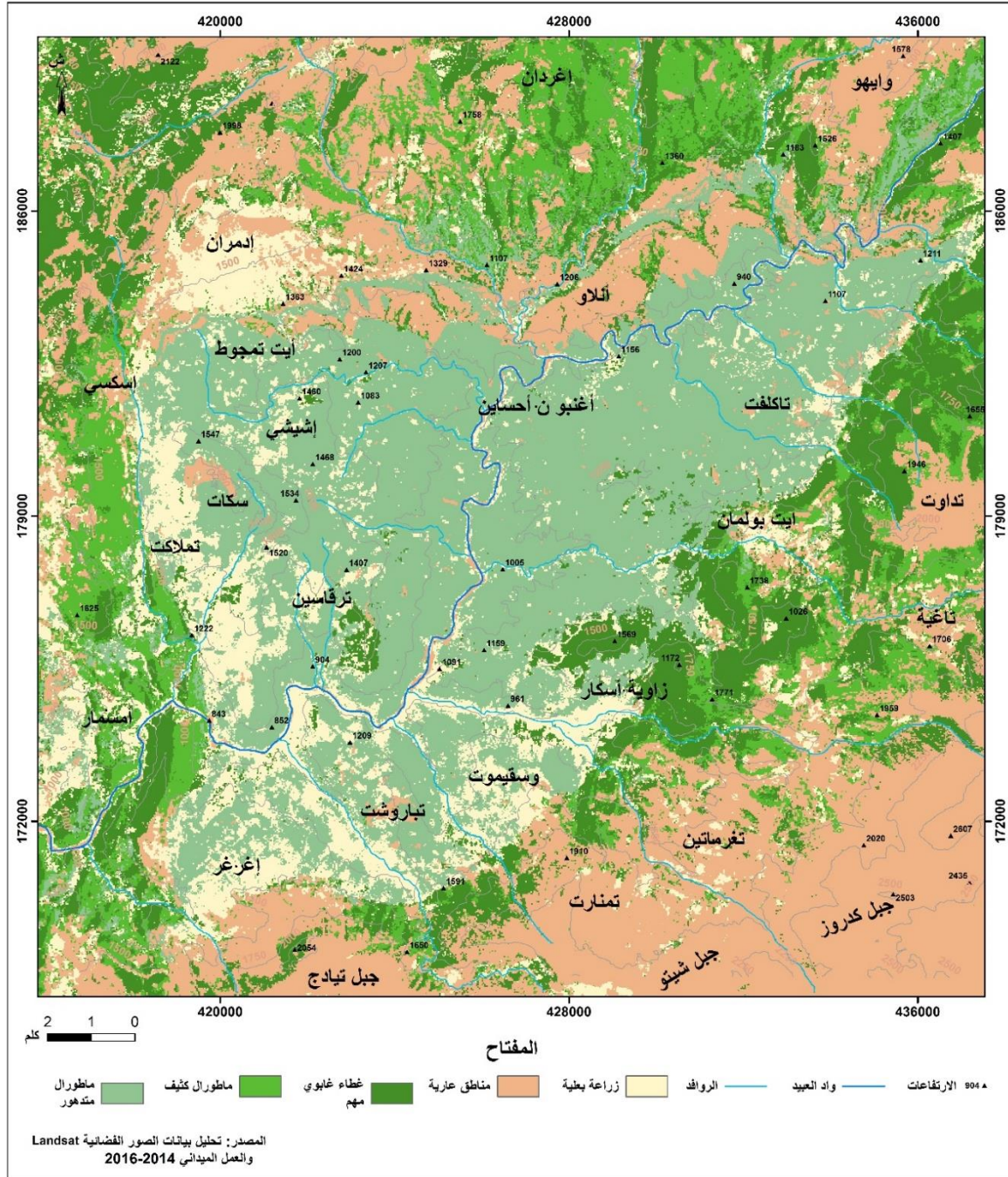
أسكار وأيت بولمان بحدّة أقل، وقد نتج عن ذلك انحصار واضح للمساحات التي تشغلها التشكيلات الغابوية المتوسطة لتحل محلها تشكيلات من الماطورال الكثيف الذي سجل امتدادا واسعا بمنطقة إسكسي والسفوح الشمالية لشيتو والجنوبية لإغردان.



الشكل رقم 6. خريطة توزيع المناطق الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلفت (10-05-1994).

إلى حدود سنة 1994 سجلت مساحات الزراعة البعلية وبعض البساتين المسقية توسعا مهما في وسط الحوض بكل من إدمران وترقاسين وتباروشت وعلى طول واد ويفيفن (الشكل رقم 6). تراجعت معها مساحات من الماطورال المتدهور المكون أساسا من السنديان الأخضر والعرعار الأحمر، بينما عرفت التشكيلات الغابية المتوسطة بكل من زاوية أسكار وأيت بولمان إلى تداوت تراجعا عند الهوامش بفعل

الاستغلال الرسمي أو المتستر، وعرفت في منطقة أمسمار وإغرغر وإگردان اجتثاثا ورعي جائر أثر على كثافة هذه التشكيلة عن طريق التراخي على الملك الغابوي، وبالمقابل شهدت تشكيلات الماطورال الكثيف تزايدا في مساحته بتدهور رقع من المجال الغابوي الكثيف وتحوله إلى ماطورال.



الشكل رقم 7. خريطة توزيع المناطق الغابوية والشبه غابوية بحوض تاكلت (2013-05-30).

بعد سنة 1994 ونظرا للفترات الصعبة التي مرت منها المنطقة في أواسط التسعينات، بفعل الضغط الديمغرافي وتعاقب سنوات من الجفاف، عرفت العديد من أسر المنطقة هجرة نحو واويزغت وتاكلت ومدن أخرى مجاورة بحثا عن تحسين المستوى المعيشي، خاصة ببعض المناطق كإسكسي وتباروش وتاقية وأيت بولمان. فأصبحت نلاحظ تطورات جديدة بالمنطقة منها تراجع حدة الضغط الكبير على المجال الغابوي بالمقارنة مع الفترات السابقة.

إلى حدود مطلع سنة 2014 (الشكل رقم 7) انتشرت المساحة العارية ببعض المناطق، بفعل توقف النشاط الزراعي بها أو تدهور حالة الماطورال الكثيف وانفراجه خاصة بمنطقة تاغية نايت بولمان وأنلاو وشرق إدمران، كما أن مساحات أخرى بالحوض طالها إعادة التشجير، سواء تعلق الأمر بغطاء الصنوبر الحلبي جنوب هضبة سكات وترقاسين أو بالخروب ببعض الملكيات الخاصة بتملاكت، وظهور استثمار جديد في مجال الورديات خاصة أشجار التفاح بإدمران وتباروشت والزيتون ببعض الأراضي الخاصة بتملاكت وأسكار وإغرغر. كما أن استغلال من نوع آخر بدأ يكتسح المناطق الغابوية شمال إدمران وإغردان عند أيت سعيد بانتشار الكومات "كوشة" لإنتاج الفحم السري وتهريبه إلى مدن دير تادلا سرا.

2.3. دور مخطط التهيئة الغابوية في مواجهة الانعكاسات البيئية السلبية

إن الأدوار البيئية التي يضطلع بها المجال الغابوي والشبه غابوي بمنخفض تاكلت، على المستوى تثبيت السفوح والمحافظة على التربة وتنظيم الجريان الباطني للمياه والحفاظ على التنوع البيولوجي وتلبية حاجيات الساكنة القروية بتوفير الموارد الرعوية وحطب التدفئة، يتطلب استغلال منظم ومؤطر من قبل الهيئات المسؤولة عن التدبير واستخلاف للمجال الغابوي الذي يتعرض للإجهاد مستمر.

تبقى التهيئة الغابوية خيارا استراتيجيا يمكن من التصدي لكل المشاكل التي تواجه هذا المورد الطبيعي الهام، عن طريق برامج ومخططات على المدى البعيد والمتوسط، تستهدف مواجهة الاضطراب والاختلالات التي قد تعترى توازنات البيئة الغابوية، بالشكل الذي يصونها من عدوانية الظروف الطبيعية وتدخل العوامل البشرية المفاقمة للهشاشة، التي تبقى قابلة للرأب والمعالجة إلى إشعار آخر. (إدريس شحو 2011).

لقد تبنت الدولة منذ فترة الحماية مقاربات لتدبير المجالات الغابوية، لكنها أثبتت فشلها بدليل التراجع المستمر للتغطية النباتية والغابوية بمختلف المناطق الخاضعة لهذا التدبير، ذلك أن المنهجية التي تعتمد على المقاربة التقنية المحضة للاستغلال موارد الغابة (الظهير الشريف 10 أكتوبر 1917 المتعلق بحفظ الغابات واستغلالها) تركز على تحديد الملك الغابوي باعتباره ملك للدولة، ودون مراعاة حاجيات الساكنة المحلية المحيطة بالغابة التي ترتبط بها ارتباطا وثيقا يكاد يصل إلى حد اعتبار الانسان أحد عناصر توازنها.

كما أن المقاربة التي تستند إلى الجانب القطاعي، بتفويت هذا المورد إلى عدد من المتدخلين منها قطاعات الفلاحة والمياه والغابات، جعلت المقاربات والتصورات في اختلاف تام تصل إلى حد التناقض في بعض الحالات، نستشف هذا مثلا في تناقض القرارات في شأن الغابات والهدف من التدخل بين الاستغلال والصيانة، كل ذلك يؤدي فشل التدبير وتبقى الغابة هي الضحية التي تتعرض لتدخل قطاعي متناقض يفصلها عن سياقها البيئي والاجتماعي عند كل تدخل.

تستدعي التهيئة المندمجة والتشاركية للغابة في الوقت الراهن، القطع مع كل المقاربات التي تم اعتمادها في ما سلف، والتركيز على تصور يضع هذا القطاع في سياقه التاريخي والبيئي والاجتماعي، وفي هذا الصدد تبنت الإدارة المسؤولة عن تدبير المجال الغابوي خلال العقود الأخيرة، مقاربة شمولية للتهيئة تعتمد على الاشراك والتشارك بين مختلف المتدخلين، قصد التوصل إلى معالجة أكثر واقعية وشمولية لكل الاكراهات التي تعترى القطاع، منها الحد من نشاط التعرية والحفاظ على التربة بتهيئة عالية الأحواض النهرية، وطرح بدائل للتخفيف من الاستغلال المفرط للخشب وتشكيل التعاونيات الغابوية، ثم تهيئة المناطق الرعوية-الغابوية قصد الحد من الرعي الجائر وتدعيم المنافع المتعددة التي تسديها للمجتمع. (البرنامج العشري 2005-2014 للمندوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر).

3.3. التهيئة التشاركية للغابة كخيار استراتيجي لتحقيق التنمية المحلية المندمجة

أمام الهشاشة الطبيعية والضغط البشري المفرط الذي يتعرض له المجال الغابوي والشبه غابوي بمنخفض تاكلت، أضحي خيار التدبير والتهيئة لازما، قصد معالجة مجموعة من الاختلالات التي بدت تعترض هذا الوسط، في طبيعتها الاجتثاث والرعي الجائر وتعدد المنتفعين بالغابة، الشيء الذي يؤدي إلى التناقص المستمر والنزاع حول هذا المورد الهام، يجعله في وضعية تراجع وتدهور مزمن، وما يرافق ذلك من تعرية سيلية على شكل سيل مركز وخدوش وخدات وأساحل للسفوح خاصة مع هيمنة صخور البيليت والصلصال.

رغم أن المجال الغابوي المغربي عرف عدة مشاريع للتهيئة والتدبير منذ عدة عقود خلت، غير أنها لا تلامس إلا حوالي مليون هكتار فقط من مجموع المجالات الغابوية بالمغرب التي تقدر نسبتها بحوالي 12% من مجموع مساحة البلاد، وتمثل

المساحة المهيأة حاليا في حدود 41%، لكنها ذات إنتاجية منخفضة بسبب ضعف معالجة الغابات بطريقة مناسبة والاختيار الغير السديد لمواقع التشجير (جون فرانسوا تروان وعبد الله العوينة ومحمد الناصري وآخرون 2006). وقد استقاد الغابة بحوض تاكلت مؤخرا من مخطط للتهيئة في إطار برنامج وطني يسعى إلى تهيئة حوالي 1,3 مليون هكتار إضافية.

قامت الوزارة الوصية على القطاع بوضع مخطط للتهيئة، لرفع مجموعة من الاكراهات التي تواجه المجال الغابوي بتاكلت، بهدف معالجة مجموعة من الإشكاليات التي تعترضها في طليعتها ضمان الاستغلال المستدام للغابة والاستخلاف ونهج مقاربة تشاركية تروم مراعاة حقوق ذوي الانتفاع، تم التدبير المستديم للأنظمة البيئية الغابوية والحفاظ على التنوع البيولوجي، هذا فضلا عن توظيف تقنيات حديثة منها نظم المعلومات الجغرافية وتقييم حجم الثروة الغابوية، لضبط الملك الغابوي الذي تم تحديده في الفترة ما بين 1946 و1973 في 17 قسم cantons (تداوت، واوكاريف، أكولاف، تيفرت، إفرغ، أغنبو، ثم أيت وسعدن)، في مساحة تناهز 38778,9 هكتار.

تروم التهيئة الحالية للغابة، القطع مع كل الأساليب السابقة التي اعتمدت من قبل الجهة الوصية على القطاع، والتي كانت تركز على جعل الغابة مجالا لمدخيل الجماعات الترابية عن طريق استغلال الخشب برخص، وتهيئة غابوية-رعوية، مع مجهودات محدودة للاستخلاف، وهي ذات التوجه الذي أثر سلبا على الغطاء النباتي لا سيما الأشجار، لذلك ومنذ مطلع القرن الحالي، اعتمدت المندوبية السامية للمياه والغابات مقاربة جديدة في التهيئة لصون الملك الغابوي، تتأسس على التنمية والتهيئة التشاركية وإدخال وتوظيف التقنيات الحديثة للرصد والتتبع.

يتم حاليا تدبير المجال الغابوي عن طريق مديرية جهوية بني ملال استحدثت خلال السنوات الأخيرة، لتخفيف العبء على المديرية الجهوية السابقة بالدار البيضاء، وهي جهة تشرف على مديريات إقليمية وصولا إلى مراكز للتنمية الغابوية، بهدف تنفيذ المخطط الحالي للتهيئة الغابوية، الذي يتماشى مع التوجهات والمقاربات التي يطرحها المخطط الوطني للغابة، وفيما يلي مضمونه:

- تنظيم المجال الغابوي والتخفيف من الضغط الواقع عليه من خلال تشجيع الجمعيات الغابوية، ودعمها لتوطيد العلاقة المتوازنة بين الرعي والفلاحة واستغلال الغابة.
- التنمية التشاركية مع مختلف المتدخلين لفك العزلة عن المناطق القروية ببناء الطرق والمسالك والماء الصالح للشرب والكهرباء...إلخ.
- تشجيع الاقتصاديات البديلة للتخفيف من الضغط على الموارد الغابوية وتقييم وتنميين المنتجات، ثم تحسين مداخيل الساكنة المحلية بالتصدي للفقر وكل أشكال الهشاشة الاجتماعية.
- البحث عن حل موفق وسديد لمعادلة: الإنسان، الغابة، التدبير والاستدامة، بهدف انقاذ الغابة من التدهور اللاحق بها، وفك النزاعات المرتبطة بالاستغلال وتحديد الملك الغابوي وتطبيق القوانين الزجرية.

4. خلاصة

إن التركيز على المعالجة الجيومكانية بتناول بيانات صور الأقمار الاصطناعية، مكنتنا من تتبع مظاهر الاختلالات البيئية التي طالت المجالات الغابوية بمنطقة تاكلت، من جراء الاستغلال العشوائي للمجال الغابوي من طرف الساكنة المحلية، وبالأخص الرعي الجائر والاحتطاب والاجتثاث واكتساح مساحات غابوية للزراعة.

نستخلص من هذه الدراسة الأهمية التقنية لوسائل الاستشعار عن بعد، في تشخيص الأوساط الغابوية وتعقب الدينامية المجالية للملك الغابوي، من خلال دراسة عواقب تدخل السلوك البشري ومدى تأثيره على هذه المنظومة البيئية.

كشفت الدراسة عن تحولات مهمة طالت المجال الغابوي بالمنطقة، قوامها تراجع المجالات الشبه غابوية وانتشار الأراضي العارية المعرضة بقوة لنشاط التعرية المائية وظاهرة السيل، بحكم وضعيتها الطبوغرافية وبنيتها الجيولوجية وخصائصها البيومناخية، مما يستدعي خيار التهيئة التشاركية كحل استراتيجي لتحقيق التنمية المستدامة للمجال الغابوي.

قائمة المراجع

بنعلي عبد الرحيم، 1993. "الدينامية الحالية للحوض الأوسط لوادي العبيد". ورد في أعمال ندوة "دينامية السطح: التراكبات الرباعية والتطور الحالي"، العدد 2، كلية الآداب والعلوم الإنسانية بني ملال ص. 89-105.

بنعلي عبد الرحيم، 2003. "المؤهلات الاقتصادية والاجتماعية وعلاقتها بالوسط الطبيعي للحوض الأوسط لوادي العبيد". ورد في أعمال الملتقى السابع للجيومرفولوجيين المغاربة حول الأحواض النهرية بالمغرب وإشكالية التهيئة، كلية الآداب المحمدية، ص. 175-155.

بنعلي عبد الرحيم، 2006. "معالم التطور الجيومرفولوجي لوسط نهر- بحيري بليورباي بتادلا" ورد في الأوساط الطبيعية وتهيئة المجال بالمغرب، ضمن أعمال الملتقى الثاني عشر للجيومرفولوجيين المغاربة، منشورات كلية الآداب والعلوم الإنسانية بالرباط، سلسلة ندوات ومناظرات رقم 130، مطبعة النجاح الجديدة-الدار البيضاء – ص: 42-27.

BENALI A., 2002. L'Agro – Forestier. Dossier établi in Travaux du Schéma Directeur du périmètre irrigué du Tadla et l'Atlas de Beni Mellal, Rabat. 100 p.

BENALI A., 2002. Guide touristique de la région Tadla –Azilal. Délégation Provinciale du Tourisme de Béni-Mellal, 40p.

BENALI A., 2006. Aspect géographique et géomorphologique du haut Atlas central, et du l'Atlas de Béni Mellal, Université Warszawski, Polskich, Polone. Excursion des géomorphologues polonais, 12p.

Modélisation des effets de la sécheresse sur la dégradation de l'arganeraie dans la commune rurale d'Imin'Tlit (Province d'Essaouira)

Abdouroihamane Hachemi⁽¹⁾, Ouswati Said Ali⁽¹⁾, Rachid Kessa⁽²⁾, Tarik Belghazi⁽²⁾, Saïd El Mercht⁽²⁾, El Hassan Chakib⁽²⁾, Abderrahmane Lahrouni⁽¹⁾, Saïd El Messoussi⁽¹⁾.

Résumé

L'arganeraie est un écosystème multifonctionnel qui demeure à la fois un environnement agricole et forestier. En effet, nombreux sont les services écosystémiques que cet espace procure ; à savoir la production du bois, la production des fruits d'argan, source d'une huile précieuse, la mise en culture (céréales notamment). En outre, la forêt d'arganier constitue aussi un vaste parcours favorable à l'élevage du cheptel (notamment caprin) et un rempart contre la désertification. La présente étude a été réalisée au niveau de la commune rurale d'Imin'Tlit (Province d'Essaouira). Les principaux objectifs de ce travail sont la caractérisation de la sécheresse et l'étude de ses effets sur la dégradation de l'arganeraie. Pour répondre au premier objectif, certains indices connus à l'échelle internationale ont été calculés. Cette partie de l'étude a abouti à la conclusion selon laquelle la province d'Essaouira est caractérisée par un climat semi-aride à tendance aride avec une tendance à l'augmentation de la fréquence des années sèches au fil des années. Pour ce qui est du deuxième objectif, les enquêtes réalisées sur le terrain ont montré une baisse de la production des fruits d'argan de l'ordre de 66,29 % (22,79 Tonnes/an) sur une période de 35 ans (1980-2015) et une augmentation de la pression du cheptel (coefficient de surpâturage augmenté de 22,6 %) pour la même période.

Dans cette partie de l'arganeraie des Haha, l'aridité et la succession des années sèches ainsi que l'augmentation de la pression pastorale provoquent une perte de la capacité de l'écosystème à produire des fruits d'argan et contribuent ainsi à sa dégradation.

Mots-clés : Arganeraie, Sécheresse, Dégradation, Surpâturage, Production

1 Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia Marrakech

2 Centre Régional de Recherche Forestière, Marrakech

1. Introduction

L'arganeraie, formation forestière de plus de 828 300 hectares et endémique du sud-ouest marocain, constitue un véritable pivot social, économique et écologique pour cette région du pays. Reconnue comme Réserve de Biosphère par l'UNESCO en 1998, elle abrite une flore et une faune riche de par le large éventail bioclimatique toléré par l'arganier (*Argania spinosa*) ainsi que sa capacité à résister aux sécheresses et à se développer dans des conditions biophysiques difficiles (Soreil, 2011). En outre, l'arganier fournit aux communautés locales du bois, des noix d'argan et du fourrage pour les troupeaux, dans un pays où le pastoralisme constitue l'une des activités principales des populations rurales.

Cependant, de nombreuses voix s'élèvent pour dénoncer une dégradation qualitative ou quantitative préoccupante de cet écosystème particulier. En effet, une diminution de la superficie de l'arganeraie ainsi qu'une dégradation progressive des arganiers sont observées depuis quelques décennies, couplées à une régénération difficile amenant à un vieillissement des souches (M'hirit *et al.*, 1998; Tarrier & Benzyane, 2003; Nouaim, 2005; Bellefontaine, 2010 ; Soreil, 2011). Les causes globales de cette dégradation sont la croissance démographique, l'urbanisation, les sécheresses à répétitions et l'intensification agricole, mais à l'échelle plus locale, ce sont surtout la pression du pâturage et les sécheresses à répétitions qui mènent à la dégradation des arganiers.

La présente étude consiste donc à étudier les effets de la sécheresse sur la dégradation de l'arganeraie dans la commune rurale d'Imin'tlit. En effet, les principaux objectifs de ce travail sont l'analyse des tendances du climat et la caractérisation de la sécheresse dans cette zone et l'étude des effets de la sécheresse sur la dégradation de l'arganeraie.

2. Zone d'étude

Ce travail a été réalisé au niveau de la province d'Essaouira au sud-ouest du Maroc et plus précisément dans la commune rurale d'Imin'Tlit (figure 1). La province d'Essaouira est caractérisée par deux parties culturellement et morphologiquement différentes : la partie Chiadma au nord et la partie Haha au sud. Notre zone d'étude fait partie du plateau des Haha.

La commune rurale d'Imin'Tlit est située au nord du massif d'Amsittène à 50 Km au sud d'Essaouira. Elle s'étend sur une superficie de 70 km² et est composée de 9 douars (soit 8357 habitants) entourés d'une forêt d'arganier pur très importante dont dépend

la population locale (Hachmi et *al.*, 2011). En effet, en plus de la céréaliculture et de l'arboriculture, l'économie locale est basée essentiellement sur la productivité de l'arganier.

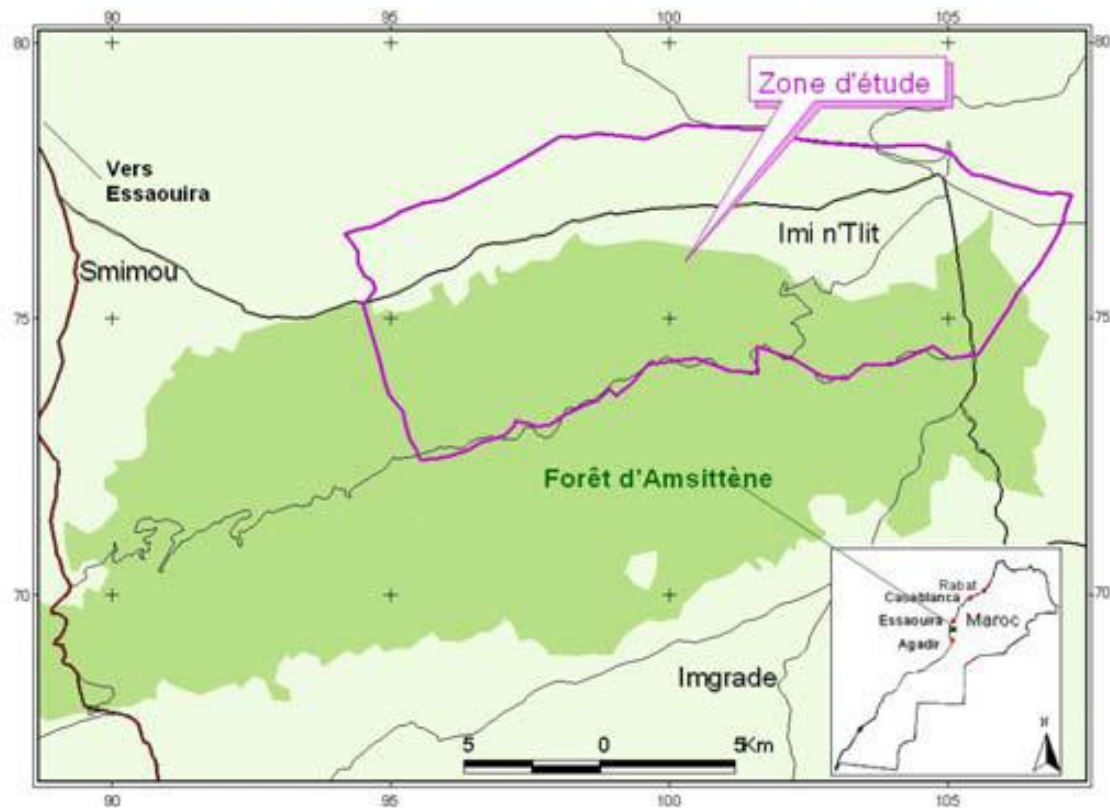


Figure 1. Carte de la zone d'étude (Mehdioui et Kahouadji, 2007).

3. Approche méthodologique

Pour la réalisation de ce travail, nous avons procédé à une collecte des données météorologiques dans les organismes concernés à savoir l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT) et la Station Météorologique d'Essaouira. L'analyse de ces données nous a permis d'évaluer les tendances du climat et de caractériser la sécheresse dans notre région d'étude.

Nous avons également mené des enquêtes individuelles auprès de tout agent intermédiaire intervenant à l'amont ou à l'aval de la zone d'étude. Ainsi, une trentaine de questionnaires a été réalisée et a concerné des éleveurs et des ayants droits. En outre, nous avons aussi mené des entretiens semi-structurés avec les agriculteurs et les éleveurs de certains douars. Les informations collectées sont surtout liées à la productivité de l'arganier, aux changements climatiques et à l'élevage.

Enfin, nous avons suivi quelques troupeaux sur le parcours : il s'agit là de l'observation de la conduite d'élevage et des comportements des caprins *in situ*.

L'analyse des données a été effectuée par le logiciel statistique XLSTAT.

4. Résultats et discussion

4.1. Evaluation des tendances et de la variabilité du climat dans la zone d'étude

4.1.1. Tendances observées au niveau du climat de la région d'étude

Tendance des températures observées

Pour évaluer la tendance des températures observées, nous avons calculé la moyenne annuelle des températures quotidiennes moyennes (Tmoy), maximales (Tmax) et minimales (Tmin) sur la période 1978 – 2008 (figure 2).

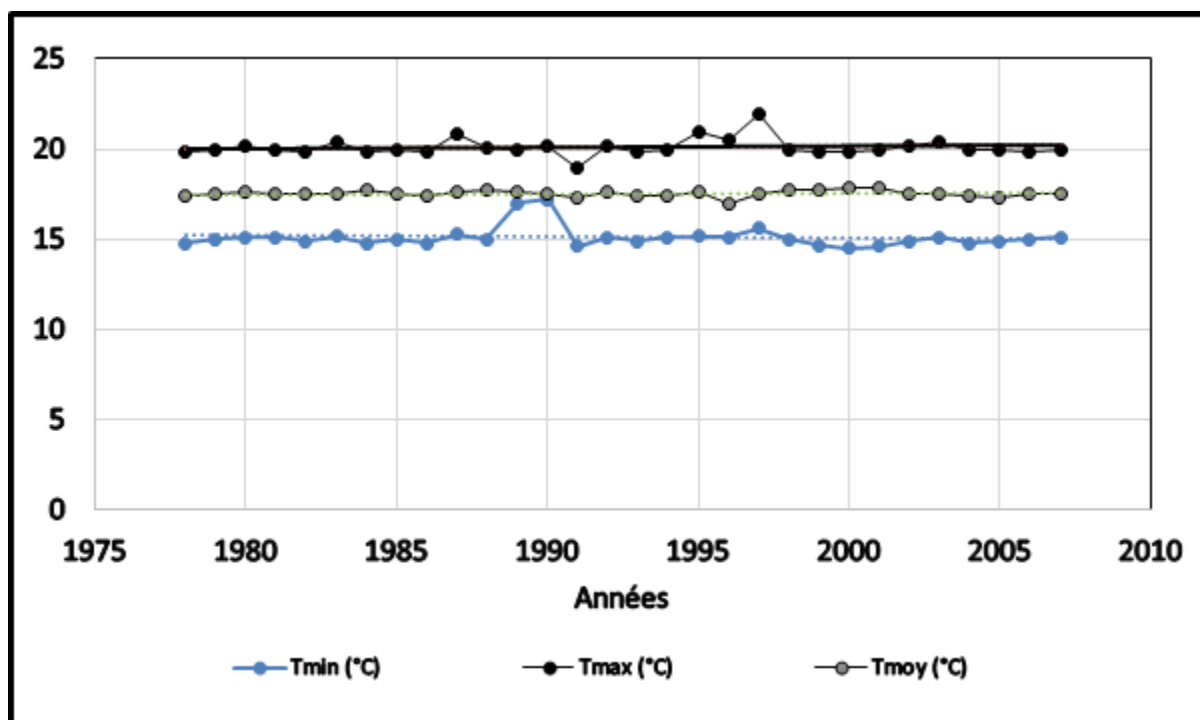


Figure 2. Tendance des températures observées.

La figure 2 montre l'évolution de la moyenne annuelle des trois températures Tmoy, Tmax et Tmin. Nous observons une légère tendance à la hausse au niveau des trois températures et une variabilité interannuelle faible.

Tendance des précipitations

En se basant sur les données des précipitations observées de la station météorologique d'Essaouira, nous avons pu calculer les précipitations annuelles sur une période de 31 ans (de 1978 à 2008). Les résultats de ces calculs sont représentés au niveau de la figure 3.

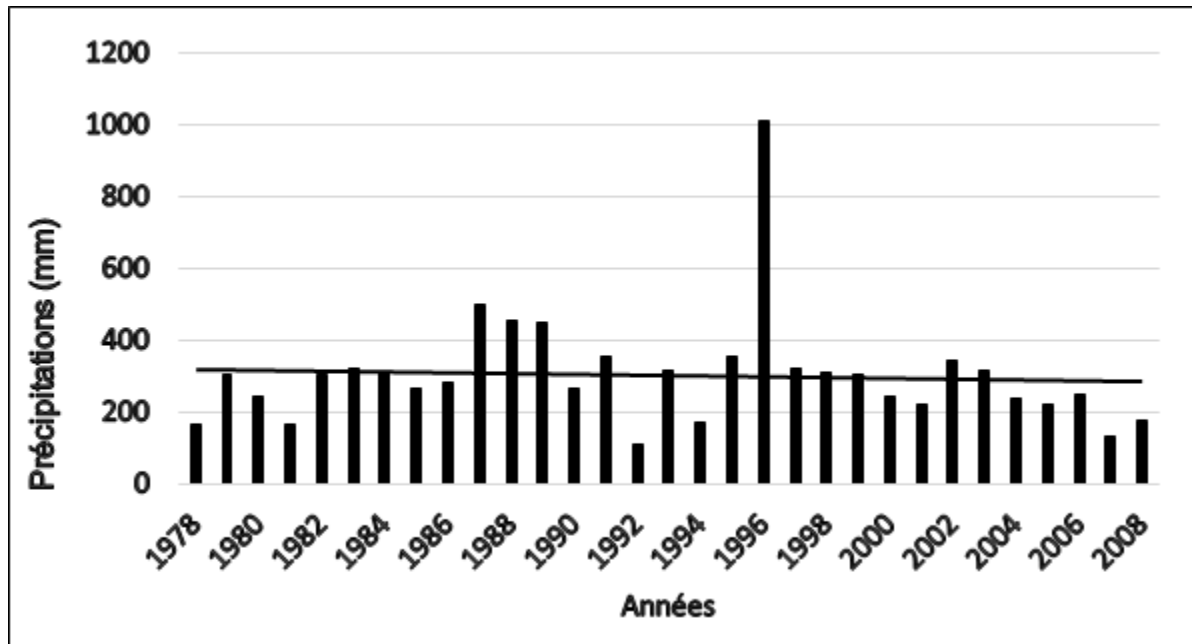


Figure 3. Tendance des précipitations.

La figure 3 représente l'évolution du cumul annuel des précipitations au niveau de la station d'Essaouira entre 1978 et 2008. Nous constatons une irrégularité ainsi qu'une variabilité importante d'une année à l'autre. Cette variabilité est accompagnée d'une tendance à la baisse des précipitations annuelles.

La tendance à la baisse des précipitations met en relief une tendance au rétrécissement de la période humide sur la ville d'Essaouira et les communes voisines et par la suite une installation régulière de la sécheresse qui est associée à la légère hausse des températures précédemment constatées sur la figure 2.

4.1.2. Evaluation de l'Indice d'aridité de « De Martonne »

L'indice annuel d'aridité (I), défini par De Martonne (1923), permet de définir le type d'un climat donné. Son calcul se fait selon la formule suivante : $I = P / (T + 10)$ avec P : précipitations annuelles (mm) et T : Températures moyennes annuelles. Lorsque I est compris entre 10 et 20, le climat est semi-aride. S'il est inférieur à 10, le climat est aride à extrêmement aride.

Le calcul de cet indice sur une série de 31 ans (1978-2008) au niveau de la région étudiée montre une valeur de 11,02 et permet donc de conclure qu'il s'agit d'un climat semi-aride.

Néanmoins, nous avons calculé cet indice sur deux périodes différentes : 1978-1989 et 1997-2008 afin d'évaluer sa sensibilité et le comparer avec celui obtenu sur la période de 31 ans (1978-2008). De 1978 à 1989, l'indice annuel d'aridité calculé est de 11,37 ;

tandis qu'il est de 9,28 pour la période 1997-2008. En conclusion, nous pouvons constater que le climat dans la région d'étude tend vers un climat aride.

indice annuel d'aridité (I), défini par De Martonne en 1923, sur une série de 31 ans (1978 - 2008) nous permettra de classer le type de climat de la région étudiée. Il s'écrit

$$I = P / (T + 10) ;$$

avec P : les précipitations annuelles (mm) et T : Températures moyennes annuelles.

Si I est compris entre 10 et 20 alors le climat est semi-aride. Et si I est inférieur à 10 alors le climat est aride à extrêmement aride (Babqiqi, 2014). Le calcul de cet indice montre une valeur de $I = 11.02$, et permet donc de conclure qu'il s'agit d'un climat semi-aride.

4.1.3. Caractérisation de la sécheresse météorologique

Indice standardisé des précipitations (SPI)

L'Indice Standardisé des Précipitations (Standardized Precipitation Index) créé par McKee et al. (1993) est calculé selon la formule suivante : $SPI = (P_i - P_m) / \sigma$; P_i = Précipitation de l'année i ; P_m = Précipitation moyenne d'une série de données et σ = Ecart type.

Les résultats du calcul de cet indice permettent de bien caractériser le déficit des précipitations pour la période 1978-2008. Ces résultats sont représentés au niveau de la figure 4.

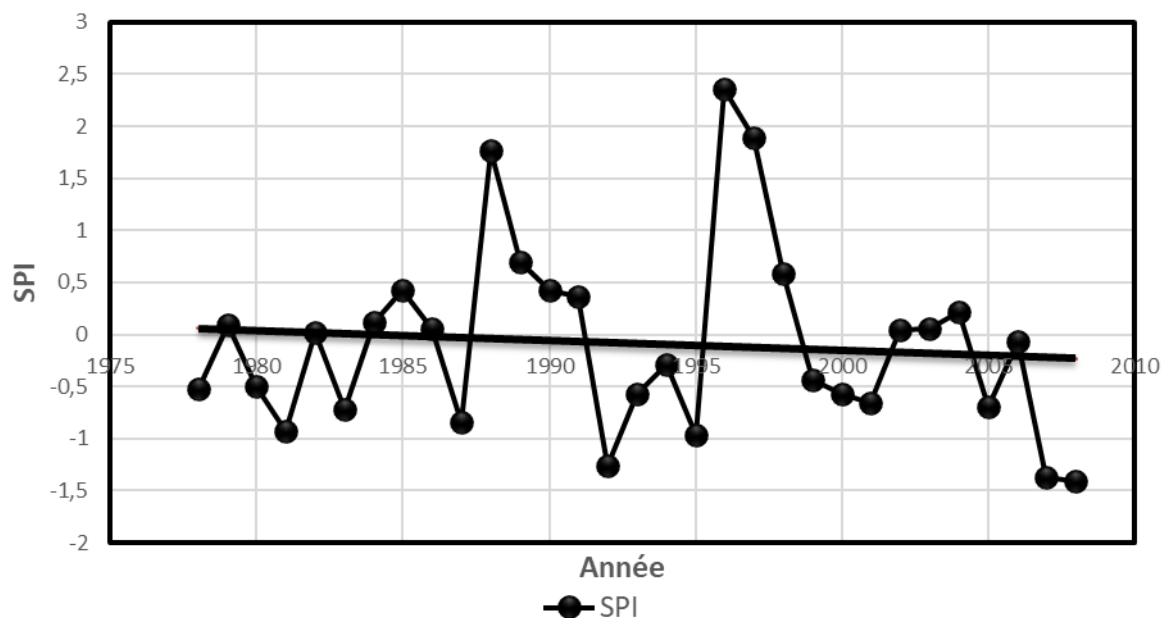


Figure 4. Evolution de l'indice SPI entre 1978 et 2008 à Essaouira.

La figure 4 représente l'évolution de l'indice SPI entre 1978 et 2008 au niveau d'Essaouira. L'analyse de la figure montre une tendance à la baisse de cet indice, ce qui signifie une tendance à l'accentuation de la sécheresse. Toutefois, bien que cet indice présente une forte irrégularité, nous remarquons que les années de sécheresse deviennent de plus en plus fréquentes à partir de l'année 1992. De 1978 à 2008, la région d'étude a été caractérisée par trois années de sécheresse à savoir : 1992, 2007 et 2008.

L'ensemble des constats faits sur les tendances du climat de notre région conforte les résultats de Stour et Agoumi (2009) sur la tendance générale du climat à l'échelle nationale et de Babqiqi (2014) sur l'évolution du climat au niveau de la région de Marrakech Tensift Al Haouz, et nous permet ainsi de mieux préciser l'importance de la sécheresse dans le climat de notre région. Les tendances du climat de la région d'Essaouira à l'assèchement et l'augmentation des températures sur la période étudiée (1978-2008) sont certainement accompagnées d'impacts négatifs sur les ressources naturelles et notamment sur l'arganeraie.

4.2. Evolution des indicateurs de pression (production fruitière et pâturage) dans l'arganeraie

4.2.1. Variation de la production de l'arganier sur la période 1980-2015

Nous avons pu estimer la variation de la production de l'arganier notamment la production de fruits d'argan, la production de tourteaux, de pulpe et la production d'huile d'argan. Les résultats de cette estimation sont représentés dans la figure 5.

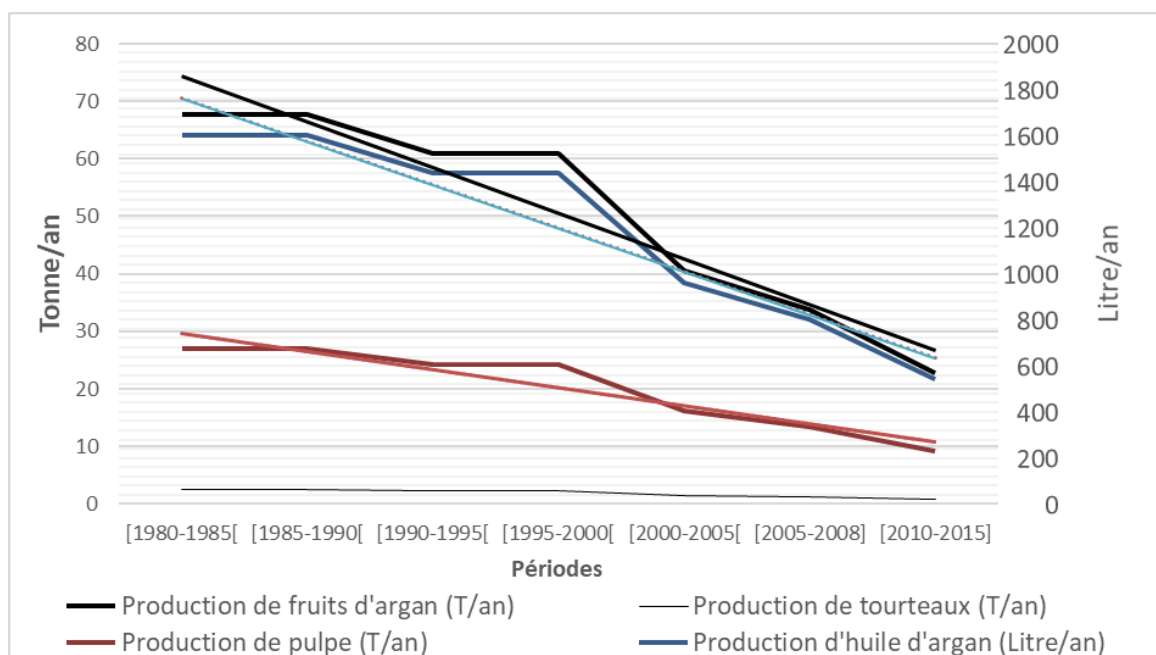


Figure 5. Variation de la production de l'arganier sur la période 1980-2015.

L'analyse de cette figure montre que la production de fruits d'argan ainsi que certains de ses produits dérivés (tourteaux, pulpes sèches et huile d'argan) a enregistré une baisse considérable entre 1980 et 2015. En effet, pour la période (1980-1985), la production fruitière était de 67,6 Tonnes/an, celle de tourteaux et de pulpe était respectivement de 2,55 et 27,02 Tonnes/an. Pour la période (2010-2015), la production de fruits d'argan a baissé d'environ 66,3 % (22,79 Tonnes/an).

Cette baisse de productivité fruitière est en partie due à l'augmentation de la pression du pâturage dans l'arganeraie. En effet, **Chatibi et al. (2013)** ont confirmé que les caprins, par le pâturage aérien, pourraient consommer les fleurs et donc affecter la production de fruits de l'année suivante.

4.3. Evolution du nombre de têtes de bétail

En se basant sur les différentes enquêtes et les observations faites sur le terrain, l'estimation de l'effectif du bétail est représentée au niveau du tableau 1.

Tableau 1. Evolution de l'effectif du cheptel par type et par Unité Petit Bétail (UPB).

Période	Nombre de têtes du bétail			Nombre total du bétail	Nombre total du bétail en UPB
	Ovins	Caprins	Bovins		
[1980-1985[	358	350	48	756	878
[1985-1990[	340	450	39	829	895
[1990-1995[	311	495	45	851	932
[1995-2000[	305	585	35	925	948
[2000-2005[	288	600	25	913	893
[2005-2008]	290	650	30	970	960
[2010-2015]	271	789	30	1090	1052

Source : Enquêtes 2016.

Le tableau 1 montre l'évolution de la répartition du cheptel et du nombre total du bétail sur la période 1980-2015. Le cheptel recensé est constitué de caprins, d'ovins et de bovins dont le nombre a considérablement augmenté ces dernières années. En effet, nous constatons que le nombre total du cheptel est passé de 756 têtes à 1090 têtes (878 UPB à 1052 UPB) sur 35 ans. Toutefois, pour la période (1980-1985), le bétail a été légèrement dominé par les ovins avec 48 % suivi des caprins (46%) et enfin les bovins (6%). Cependant, pour la période (2010-2015), la grande partie du cheptel est constituée par les caprins avec 72%. Les ovins occupent la deuxième place soit 25 % du cheptel, alors que les bovins sont très faiblement représentés avec uniquement 30 têtes, soit 3% du bétail.

4.4. Evolution du bilan fourrager et du coefficient de surpâturage sur la période 1980-2015

Pour estimer la variation du bilan fourrager de la zone d'étude sur la période 1980-2015, nous nous sommes limités à la production fourragère des peuplements d'arganier. Les résultats obtenus montrent que la forêt de notre zone d'étude enregistre un déficit fourrager compris entre 44,57% et 53,74%. En effet, entre 1980 et 1985 le déficit fourrager était de 44,57%, mais sur la période 2010-2015, ce déficit a progressé pour atteindre 53,74%. Ceci peut être expliqué en partie par l'augmentation de la pression du cheptel pâturent l'arganeraie et la variabilité du climat de la région.

Par ailleurs, le coefficient de surpâturage estimé pour cette zone est passé de 9,52% sur la période 1980-1985 à 32,14% sur la période 2010-2015, soit une progression de 22,6%. Néanmoins, il reste moins élevé par rapport à d'autres formations forestières méditerranéennes comme le cas de la forêt de la Maâmora où ce coefficient est de 68% (Laaribya et *al.*, 2014). En plus, il est important de noter que le pâturage des années 1980 dominé par les ovins, se trouve actuellement sous la domination des caprins (60% de l'effectif total du cheptel entre 2010 et 2015). Ces caprins, de par leur comportement alimentaire spécifique, savent tirer parti non seulement du feuillage des arganiers mais aussi des noix d'argan dont ils ingurgitent la pulpe et le noyau (Bourbouze et El Aïch, 2005).

4.5. Relation entre variabilité climatique, évolution de la production de fruits d'argan et pâturage

L'étude de la relation entre la variabilité climatique, la pression du pâturage dans l'arganeraie et la production de fruits d'argan est très délicate et demande énormément de suivi à long terme. Toutefois, un test de corrélation de Pearson entre ces variables a été réalisé sur la période 1980-2008 (Tableau 2).

Tableau 2. Matrice de corrélation (test de corrélation de Pearson) entre variables climatiques, évolution de la production d'argan et coefficient de surpâturage sur la période 1980-2008.

Variables	Précipitation (mm)	Nombre d'années sèches	Coefficient de surpâturage (S) (%)	Production de fruits d'argan (T/an)
Précipitation (mm)	1	-0,984	-0,974	0,988
Nombre d'années sèches	-0,984	1	0,999	-0,945
Coefficient de surpâturage (S) (%)	-0,974	0,999	1	-0,927
Production de fruits d'argan (T/an)	0,988	-0,945	-0,927	1

L'analyse du tableau 2 montre de fortes corrélations (positives et négatives) entre les différentes variables étudiées. En effet, il existe une corrélation positive entre le coefficient de surpâturage et le nombre d'années sèches. Ceci dit, il semblerait que l'avènement des années sèches accentue la pression du pâturage dans l'arganeraie de la zone d'étude, ce qui s'accorde avec les observations de terrain et les témoignages des acteurs de l'arganeraie de la zone. En effet, plus de 90% des personnes interrogées ont affirmé cette relation. Ceci a été également confirmé par M'hirit et *al.* (1998). Selon ces auteurs, les sécheresses exacerbent la pression du pâturage sur les ressources existantes.

5. Conclusion

Cette étude nous a permis d'évaluer les tendances du climat et de caractériser la sécheresse au niveau de notre zone d'étude. Les résultats obtenus indiquent une baisse des précipitations moyennes annuelles et une légère augmentation des températures moyennes annuelles avec une tendance à l'augmentation de la fréquence des années sèches au fil des années. En outre, nous avons tenté d'étudier la relation qui existe entre les effets de la sécheresse et la dégradation de l'arganeraie par le biais d'indicateurs de suivi. L'idée est d'estimer l'évolution de la variation de ces indicateurs (production de fruits d'argan et nombre de têtes de bétail pâturant l'arganeraie) sur une longue période pour avoir une idée sur la perturbation que subit l'arganeraie. Ainsi, sur une période de 35 ans (1980-2015), la production de fruits d'argan a baissé de l'ordre de 66,29 %, soit 22,79 tonnes/an, l'équivalent de 547 litres d'huile d'argan par an. Une perte colossale pour une petite zone qui dépend en grande partie de cette production.

En se référant à la définition de la **FAO (2009)**, l'arganeraie de la zone d'étude fait face à une dégradation et commence à perdre sa capacité de production fruitière. En plus, d'après les estimations faites sur le nombre de bétail pâturent l'arganeraie ainsi que sur l'évolution du pâturage d'une manière générale, nous avons pu constater que la pression du pâturage a augmenté de 22,6% sur 35 années. Il faut noter également la forte domination des caprins (60% de l'effectif total du cheptel), et donc un fort pâturage aérien.

Références bibliographiques

- Babqiqi A. (2014). Changements Climatiques au Maroc : Etude du cas de la Région de Marrakech Tensift Al Haouz et implications sur l'agriculture à l'horizon 2030. Thèse nationale, Faculté des Sciences Semlalia. Université Cadi Ayyad, Marrakech, 127 p.
- Bellefontaine R. (2010). De la domestication à l'amélioration végétale de l'arganier (*Argania spinosa*), *Sécheresse*, 21, (1), 42-53 pp.
- Bourbouze A. et El Aïch A. (2005). L'élevage caprin dans l'arganeraie : l'utilisation conflictuelle d'un espace. *Cahiers Agricultures* vol. 14, n° 5, 447-453 pp.
- Chatibi S., Araba A., Casabianca F. (2013). L'arganeraie et l'élevage caprin, quelles interactions entre la chèvre et l'arbre et quel impact sur l'écosystème ? Cas de la région de Haha, *Actes du 2ème Congrès International de l'Arganier*, Agadir, 80-84 pp.
- FAO – Département des forêts. (2009). Réunion technique sur l'évaluation et le suivi de la dégradation des forêts, Rome, Italie, 60p.
- Hachmi M., Qarro M., Sesbou A., Sabir M., Charif S. (2011). Analyse de la filière « huile d'argan » au niveau de la zone forestière d'Amsitten dans la région d'Essaouira, *Actes du Premier Congrès International de l'Arganier*, Agadir, 475-486 pp.
- Laaribya S., Alaoui A., Gmira N., Nassim G. (2014). Contribution à l'évaluation de la pression pastorale dans la forêt de la Maamora. *Parcours forestiers et surpâturage. Nature & Technologie*, n° 10, 39-50 pp.
- M'hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi S.M. et Bendaânoun M. (1998). L'arganier : une espèce fruitière-forestière à usage multiple. *MARDAGA*, 145 p.
- Mehdioui R. et Kahouadji A. (2007). Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, n°29, 11- 20 pp.
- Nouaim, R. (2005). L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités. L'Harmattan, Paris.
- Soreil A. (2011). Comparaison de l'impact des usages et des conditions du milieu sur la dégradation des arganiers, dans deux zones contrastées en gestion de type agdal, de la province d'Essaouira, Maroc. Mémoire du 3^{ème} cycle, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale. Université Catholique de Louvain, Belgique, 164 p.
- Stour L. et Agoumi A. (2008). Sécheresse climatique au Maroc durant les dernières décennies. *Hydroécol. Appl*, Tome 16, 215-232 pp.
- Tarrier M. & Benzyane M. (2003). L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et bio-indication. *Sécheresse* 14 (1), 60-62 pp.

Itinéraire de production de plants de cyprès de l'Atlas en pépinière pour la restauration des zones arides

Moulay Ahmed El Alaoui El Fels⁽¹⁾, Farid El Wahid⁽²⁾ et Youssef Arjouni⁽¹⁾

Résumé

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica*) est une espèce forestière endémique du Haut Atlas marocain. Elle se localise strictement au niveau de la vallée de l'Oued N'Fiss. Les peuplements naturels du cyprès atlasique sont, souvent, représentés par des vieux individus, avec très peu de régénération. La dégradation de cette cupressacée à *Cupressus atlantica*, est liée entre autre à la forte anthropisation et à un faible taux de germination des semences. Dans ces zones dégradées, le cyprès de l'Atlas, par sa grande faculté de résister au froid de haute montagne à un certain degré de xérophilie et son adaptation à des sols squelettiques pauvres, s'impose comme l'essence du premier choix pour les reboisements des montagnes sèches. Plusieurs programmes de plantation et de réintroduction des jeunes plants du cyprès atlasique dans son aire de répartition actuelle et potentielle ont été mis en place. Cependant, les premières observations ont montré que les taux de réussite demeurent faibles. Afin de contrecarrer cette situation, il s'avère indispensable d'amplifier les efforts en matière de recherche pour améliorer nos connaissances des différentes étapes techniques dans la production des plants de qualité, depuis la collecte des cônes jusqu'à l'acclimatation des plants en passant par le stockage et notamment la germination des graines. C'est dans ce contexte qu'on a orienté cette étude qui a un double objectifs : (i) d'étudier le comportement germinatif des graines vis-à-vis des traitements de prégermination, et (ii) déterminer l'effet du système conteneur/substrat sur la croissance et les qualités morphologiques propres aux plants du cyprès de l'Atlas.

Mots clés: cyprès de l'Atlas, germination, traitements, plants de qualité.

¹ Equipe de Protection et Valorisation des Ressources Naturelles – FSSM- Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

² Laboratoire de géomorphologie, environnement et société. FLSH - Université Cadi Ayyad – Marrakech.

1. Introduction

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen, 1960), est une endémique forestière du Haut Atlas occidental. Il se limite actuellement à des formations préstepaniques parfois très dégradées (figure 1). En effet, les peuplements de cette cupressacée sont soumis à une pression anthropique croissante (résultat de la combinaison de prélèvement excessif de bois et du surpâturage) qui, avec d'autres facteurs telle la sécheresse ou encore le manque de régénération naturelle, menacent à terme l'avenir de ce résineux. La dégradation de cette cupressacée touche non seulement le cyprès de l'Atlas, mais également, tout son environnement naturel, unique au monde. En effet, le cyprès de l'Atlas a fortement régressé en terme de superficie (Quezel, 1991), il occupait au début du dernier siècle 10 000 hectares (Joubert, 1933), passant ainsi dans les années 1950 à 6000 hectares (Boudy, 1950). Actuellement, l'aire naturelle du cyprès de l'Atlas est estimée à environ 8890 ha dans la vallée d'Aghbar (EL Wahidi et al., 2016). Depuis 1976, ce conifère natif de la vallée du N'Fiss a été classé par la FAO parmi les 17 espèces forestières mondiales dont le patrimoine génétique s'appauvrit. De ce fait, il est d'une grande urgence de procéder à la sauvegarde et la reconstitution de ce patrimoine naturel. Dans ces milieux dégradés, le cyprès de l'Atlas, par sa grande faculté de résister au froid de haute montagne à un certain degré de xérophilie et son adaptation à des sols squelettiques pauvres, s'impose comme l'essence du premier choix pour les reboisements non seulement des montagnes sèches (Alifriqui, 1995), mais également pour la restauration des zones arides et semi-arides. Ainsi, il est indispensable de maîtriser l'itinéraire technique de production des plants de qualité, depuis la collecte des graines jusqu'à l'acclimatation des plants en passant par le stockage et la germination. Le présent travail vise à apporter une contribution concernant le comportement germinatif et l'optimisation de différentes phases du processus de production des plants.

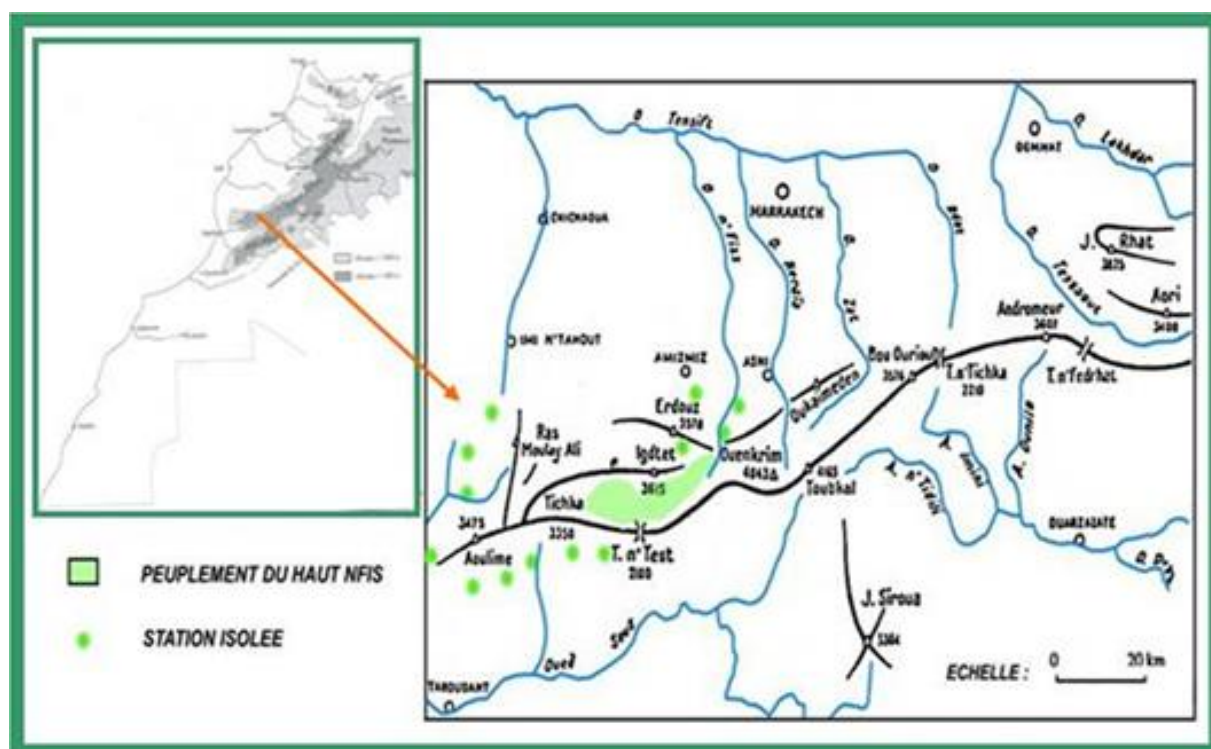


Figure 1. Répartition du cyprés de l'Atlas dans le Haut Atlas occidental (Alifriqui et al., 1992; modifiée par El Alaoui El Fels, 2007).

2. Matériels et méthodes

Les graines utilisées sont issues des cônes collectés dans une provenance naturelle de la vallée du N'Fiss, le peuplement d'Aghbar (8° 28', 30° 54'), située à une altitude de 1750 m. Au laboratoire, l'extraction des graines a été effectuée manuellement après ouverture des cônes soumis au séchoir solaire. Les graines ont été, en suite, soumises à un test de viabilité selon le principe de flottaison dans l'eau (Willan, 1992). Ainsi, les graines pleines supposées viables se déposent au fond du bécet, tandis que les graines vides flottent. Les graines pleines ont été désinfectées par trempage dans l'hypochlorite de Sodium (20%) pendant 30 mn. Après rinçage à l'eau distillée, ces graines ont été soumises à une stratification pendant deux jours sous différentes températures (chaque jour: 12 heures à 4°C et les 12 autres heures à 18°C).

2.1. Traitements de prégermination

Les différents traitements de prégermination préconisés, dans cette étude, sont classés comme suit:

- un traitement chimique qui consiste au trempage des graines dans de l'acide sulfurique ($d = 1.84$, 95%) à différentes dilutions dans de l'eau distillée (10, 30, 50, 70 et 80%), pendant 15 minutes puis rinçage à l'eau distillée; un traitement

par l'eau effectué en trempant des graines dans de l'eau chauffée à deux températures (60°C et 100°C) pendant 15 minutes, technique susceptible d'accroître l'imbibition et améliorer les taux de germination (Arjouni et *al.*, 2011);

- un traitement mécanique qui consiste à frotter les graines avec du papier à sable;
- un trempage des graines dans l'eau distillée à température normale est réalisé comme témoin.

Après avoir effectué les différents traitements, les graines sont placées dans des boîtes de pétri sur du papier-filtre imbibé de 10 ml d'eau distillée, à raison de 30 graines par boîte avec 3 répétitions par traitement puis placées dans un incubateur réglé à 20°C durant la période l'expérience. L'émergence d'une radicule de 1 mm de longueur est un signe de la germination des graines testées. Les observations ont révélé pour chaque traitement le taux de germination journalier pendant les quatre semaines. À partir de ces observations ont été calculés les taux de germination et les vitesses moyennes de germination (TMG):

$$\text{TMG (jour)} = \Sigma (\text{Gi} * \text{Ji}) / \text{Gt}$$

Avec : TMG = vitesse moyenne de germination

Gi = taux de germination du jour i

Ji = jour i : nombre de jours depuis le semis

Gt = nombre total des graines germées

2.2. Mise en portoirs, type de substrat et de conteneurs utilisés

Avant leurs mises en portoirs, les graines de la même provenance (Aghbar) ont subi un traitement de prégermination qui consiste en un trempage dans de l'eau chaude pendant deux jours. En suite, les graines sont mises dans un lit de germination et l'ensemble est placé dans une chambre obscure et fraîche (de 15 à 20°C). Les graines ont été étalées en fine couche sur une toile en fibre régulièrement humectée en eau jusqu'à saturation. L'opération de mise en portoir des semis commence dès l'apparition de la radicule. Cette opération consiste à repiquer deux à trois semis par alvéole.

Le dispositif expérimental consiste à comparer l'effet de deux facteurs indépendants :

- le type de mélange du substrat (50 % du terreau-50 % de tourbe ; 50 % du terreau-50 % du compost; 33 % du compost-33 % du terreau-33% de tourbe ; 100 % de tourbe), tableau 1;

- le type et la dimension du conteneur (sachet de polyéthylène, 300 cm³, 400 cm³ et 500 cm³), tableau 2.

Plusieurs paramètres morphologiques ont été mesurés à savoir la hauteur de la tige, le diamètre au collet, le quotient de vigueur ainsi que le poids frais, le poids sec des racines et aérien des jeunes plants.

Tableau 1. Caractéristiques des conteneurs utilisés dans l'expérimentation

Conteneurs	Nombre d'alvéole/unité	Volume d'une alvéole
P28	28 alvéoles	500 cm ³
P38	38 alvéoles	400 cm ³
P54	50 alvéoles	300 cm ³
Sachets	1	500 cm ³

Tableau 2: Composition des substrats utilisés en expérimentation en pépinière

Substrats testés	Composition du mélange en %		
	Terreaux (%)	Compost (%)	Tourbe (%)
SI	50	-	50
SII	50	50	-
SIII	33	33	33
SIV	-	-	100

2.3. Traitement statistique

L'analyse des résultats a été effectuée par l'analyse de la variance à un et deux critères de classification, en l'occurrence le type de substrat et la dimension du conteneur. Elle a été réalisée en utilisant le package FactoMiner sous le logiciel R 2.12.2.

3. Résultats

3.1. Traitements de prégermination

Concernant les traitements de prégermination, l'histogramme des taux de germination des différents traitements qui ont été effectués (figure 2) a montré qu'après 30 jours d'incubation à 20°C la scarification mécanique se caractérise par le taux le plus élevé (75,55%), suivi du traitement avec l'eau chaude à 60°C (67,77%). Les autres techniques ont montré des taux de germination inférieurs au témoin. Les graines traitées par de l'eau chaude à 100°C et l'acide sulfurique 50 %, 70 % et 80% n'ont pas pu germer. Les traitements qui montrent un taux de germination très élevé diminuent considérablement le temps de germination des graines de cyprès de l'Atlas,

notamment la scarification mécanique et le traitement à l'eau chaude (60°C). ces derniers induisent une germination beaucoup plus précoce que le témoin (figure 3). Le taux de germination moyen est de 60% pour les graines traitées à l'eau chaude (60°C) et par la scarification mécanique alors que pour le témoin ce taux n'est que de 50%. Pour les autres traitements, le taux de germination reste inférieur à 30 %. Pour l'ensemble des traitements étudiés, le taux de germination se stabilise à partir du 26^{ème} jour.

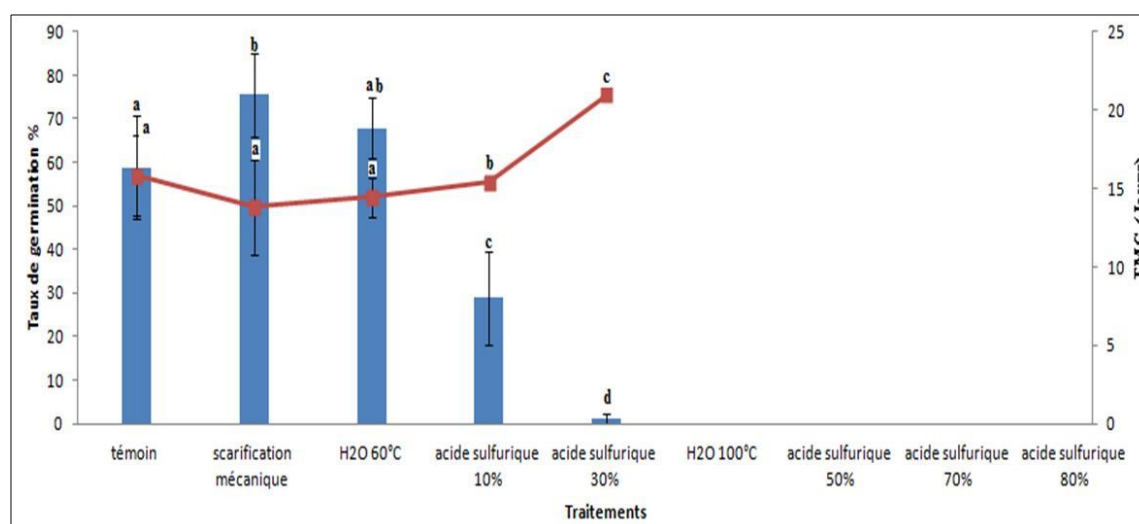


Figure 2. Taux de germination (%) des graines de cyprès de l'Atlas en fonction des différents traitements (mécaniques, chimiques et physiques) incubées un mois à 20°C.

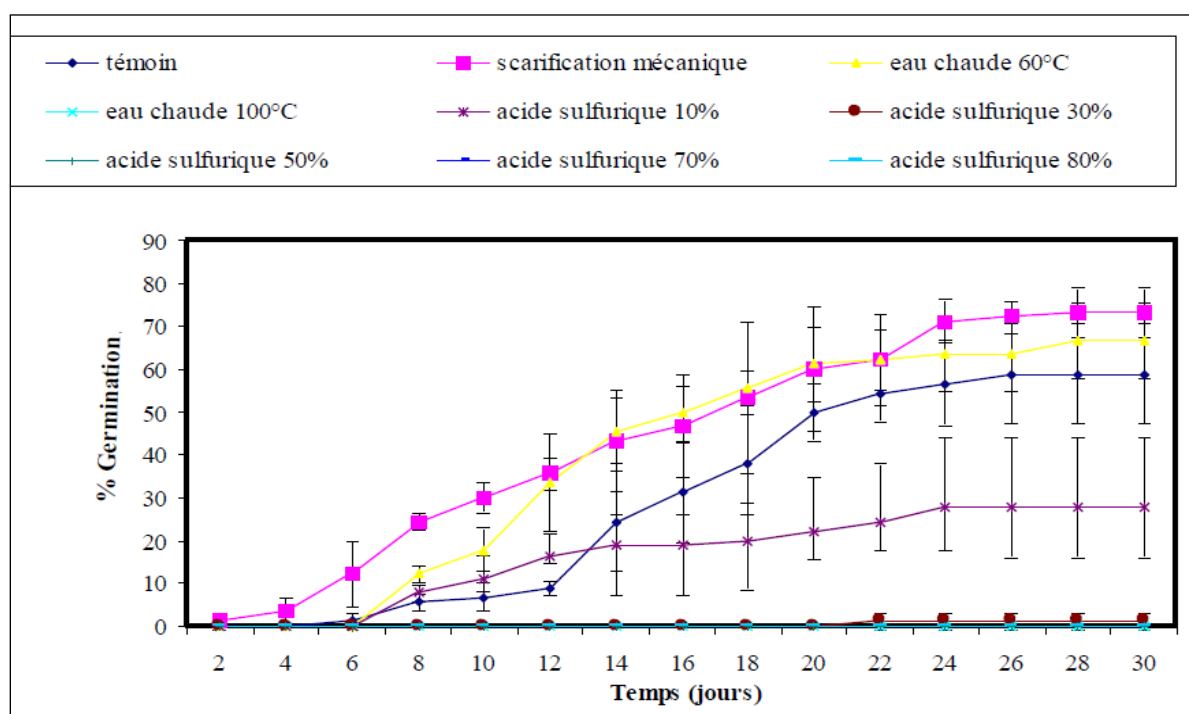


Figure 3. Variation du taux de germination (%) des graines du cyprès de l'Atlas en fonction du temps (jours) pour les différents traitements utilisés.

3.2. Taux de survie des plants en pépinière

Les résultats de la présente étude montrent une supériorité du taux de survie enregistré pour le substrat à base de tourbe suivi par les mélanges terreau-tourbe et terreau-compost-tourbe (figure 4). La comparaison de moyenne entre les modalités du facteur substrat permet de distinguer deux groupes homogènes (p value = 1,82 e-05). Le premier groupe, ayant un taux de survie supérieur, est constitué de 3 mélanges de substrat : la tourbe ($94,5 \pm 2,5$ %), terreau-tourbe ($80,9 \pm 4,7$ %) et terreau-compost-tourbe ($76,4 \pm 9,1$ %). Le second groupe à faible taux de survie ne dépassant guère $54 \pm 7,6$ %, est composé de la seule modalité du substrat terreau-compost.

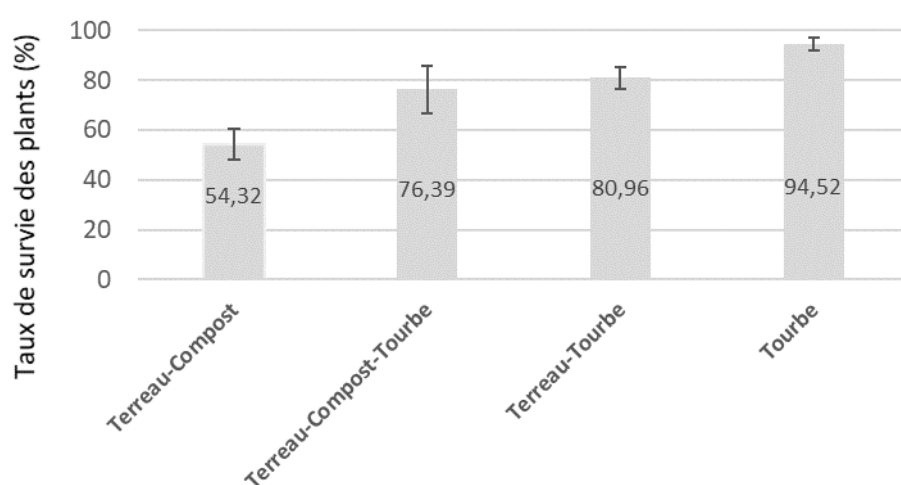


Figure 4: Taux de survie moyen et intervalle de confiance des plants après un mois de leur mise en portoir.

3.3. Effet du substrat et du conteneur sur les paramètres de croissance des jeunes plants

Le tableau 3 donne une synthèse des effets des facteurs substrat et conteneur et de leur interaction. D'après l'analyse de la variance, il y a un effet significatif du substrat sur la hauteur des jeunes plants et un effet très hautement significative du facteur conteneur et de l'interaction conteneur/substrat (C*S) sur les trois paramètres morphologiques à savoir la hauteur, le diamètre au collet et le quotient de vigueur). La comparaison des moyennes (tableau 4) montre que les valeurs les plus élevées en termes de hauteur, de diamètre au collet et de quotient de vigueur ont été observées pour les plants élevés dans le mélange terreau-compost-tourbe, placés au niveau du conteneur 500 cm³ et 400 cm³. Les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau des jeunes plants placés dans le substrat à base de tourbe (El Wahidi et El Alaoui El Fels, 2013).

Tableau 3. Effet du substrat et du conteneur sur les paramètres de croissance (hauteur, diamètre au collet et quotient de vigueur).

Source de variation	F			
	ddl	Hauteur	Diamètre	Quotient de vigueur
Effet Substrat (S)	3	3,518*	2,372	1,039
Effet Conteneur (C)	3	39,384***	23,665***	5,866**
SxC	9	8,122***	4,569***	2,609**

ddl : Degré de liberté ; (*) P<0.05 ; (**) P<0.01 ; (***) P< 0.001.

Tableau 4. La comparaison des moyennes pour la hauteur, diamètre au collet et quotient de vigueur relativement aux deux facteurs étudiés (substrat et conteneur).

Substrat	Conteneur	Hauteur	Diamètre au collet	Quotient de vigueur
Terreau-compost	Cont300	10,27 (0,29) e	1,9 (0,05) cd	5,38 (0,09) bcd
	Cont400	13,22 (0,36) cde	2,28 (0,06) abcd	5,79 (0,11) abcd
	Cont500	14,75 (0,52) cde	2,4 (0,09) abcd	6,23 (0,16) abcd
	Sachet500	10,61 (7,47) e	2,19 (1,38) bcd	4,79 (2,35) d
Terrau-tourbe	Cont300	10,5 (0,45) e	2,04 (0,08) cd	5,03 (0,14) d
	Cont400	12,62 (0,6) e	2,68 (0,11) abcd	5,59 (0,18) abcd
	Cont500	16,91 (0,6) bcd	3,00 (0,11) abc	5,44 (0,18) bcd
	Sachet500	16,28 (7,47) bcd	2,95 (1,38) ab	5,62 (2,35) bcd
Terreau-compost-tourbe	Cont300	16,43 (0,33) abc	2,48 (0,06) abcd	6,5 (0,1) ab
	Cont400	17,12 (0,37) ab	2,55 (0,07) abc	6,67 (0,12) a
	Cont500	18,67 (0,49) a	2,77 (0,09) a	6,8 (0,15) ab
	Sachet500	14,91 (7,47) bcd	2,16 (1,38) abcd	7,01 (2,35) ab
Tourbe (100 %)	Cont300	7,11 (0,22) f	1,27 (0,04) e	5,82 (0,06) abcd
	Cont400	7,61 (0,34) f	1,4 (0,06) e	5,58 (0,1) abcd
	Cont500	7,15 (0,43) f	1,28 (0,08) e	5,8 (0,13) abcd
	Sachet500	11,76 (7,47) de	1,87 (1,38) d	6,3 (2,3) abc

Dans la même colonne, les valeurs ayant des lettres distinctes sont différentes statistiquement au seuil $\alpha = 5\%$.

3.4. Effet du substrat et du conteneur sur la production en biomasse des jeunes plants

Sur l'ensemble des paramètres analysés (Poids frais et sec aérien, le poids sec racinaire et le rapport poids sec aérien sur le poids sec racinaire), il y a un effet hautement significatif des deux facteurs (substrat et conteneur) et de leur interaction (S*C) (Tableau 5). Les valeurs les plus élevées en biomasse aérienne et racinaire sont enregistrées au niveau des jeunes plants placés dans le mélange terreau-compost-tourbe et le conteneur Cont500 (Tableau 6). Alors que les valeurs les plus faibles en termes de biomasse sont observées au niveau des plants élevés dans le substrat à 100 % de tourbe.

Tableau 5. Effet du substrat et du conteneur sur le poids frais (PFA) et sec aérien (PSA), le poids sec racinaire (PSR) et le rapport PSA/PSR des jeunes plants

Source de variation	F				
	ddl	PFA	PSA	PSR	PSA/PSR
Effet Substrat (S)	3	100,61***	83,01***	79,03***	37,18***
Effet Conteneur (C)	2	32,74***	17,22***	17,30***	7,52**
SxC	6	10,92***	7,02***	5,53***	2,33*

ddl : Degré de liberté ; (*) P<0.05 ; (**) P<0.01 ; (***) P< 0.001

Tableau 6. La comparaison des moyennes pour le poids frais total (PFT), sec aérien (PSA), sec racinaire (PSR) et le rapport PSA/PSR des jeunes plants.

Substrat	Conteneur	PFT	PSA	PSR	PSA/PSR
Terreau-compost	Cont300	2,77 (0,42)ef	0,33 (0,09)de	0,55 (0,06)c	0,62 (0,06)
	Cont400	3,95 (0,49)de	0,55 (0,11)de	0,77 (0,07)bc	0,69 (0,07)
	Cont500	5,59 (0,98)d	0,71 (0,22)de	0,91 (0,14)bc	0,78 (0,15)
Terreau-tourbe	Cont300	3,54 (0,42)de	0,62 (0,09)d	0,49 (0,06)c	1,34 (0,06)
	Cont400	5,17 (0,48)cd	0,96 (0,1)c	0,86 (0,07)b	1,08 (0,07)
	Cont500	8,87 (0,98)b	1,63 (0,22)b	1,11 (0,14)b	1,47 (0,15)
Terreau-compost-tourbe	Cont300	6,21 (0,47)bc	1,17 (0,1)bc	0,87 (0,07)b	1,32 (0,07)
	Cont400	6,22 (0,49)b	1,09 (0,11)bc	0,88 (0,07)b	1,14 (0,07)
	Cont500	12,15 (0,45)a	2,13 (0,1)a	1,38 (0,06)a	1,58 (0,07)
Tourbe	Cont300	1,6 (0,4)f	0,19 (0,09)e	0,21 (0,05)d	0,98 (0,06)
	Cont400	1,93 (0,49)f	0,16 (0,11)e	0,22 (0,07)d	0,79 (0,07)
	Cont500	1,7 (0,45)f	0,16 (0,1)e	0,19 (0,06)d	0,91 (0,07)

Dans la même colonne, les valeurs ayant des lettres distinctes sont différentes statistiquement au seuil $\alpha = 5\%$

3.5. Effet du substrat et du conteneur sur la qualité des racines

L'état du chevelu racinaire et la présence des malformations sont présentés dans le tableau 7. Les données montrent une densité du chevelu racinaire et un degré de ramification les plus élevés chez les jeunes plants dans le mélange terreau-compost-tourbe, et placés dans les conteneurs Cont500 et Cont400. Les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau des jeunes plants placés dans le substrat à base de la tourbe. Les déformations racinaires les plus importantes ont été observées au niveau des jeunes plants placés dans le conteneur Sachet500 avec une densité moyenne du chevelu racinaire.

Tableau 7. Caractéristiques des paramètres semi-quantitatifs du système racinaire.

Substrat	Conteneur	DCR	degré de ramification	Malformations
Terreau-compost	Cont300	Faible	2	+
	Cont400	Moyenne	3	-
	Cont500	Moyenne	3	-
	Sachet500	Moyenne	3	+
Terreau-tourbe	Cont300	Moyenne	3	-
	Cont400	Moyenne	3	-
	Cont500	Elevé	4	-
	Sachet500	Moyenne	3	+
Terreau-compost-tourbe	Cont300	Moyenne	4	-
	Cont400	élevé	4	-
	Cont500	Très élevé	4	-
	Sachet500	Moyenne	3	+
Tourbe (100 %)	Cont300	Très faible	2	-
	Cont400	Faible	2	-
	Cont500	Faible	2	-
	Sachet500	Moyenne	3	+

DCR : Densité du chevelu racinaire (4 degrés) / + : Présence de malformations/ - : Absence de malformations/ Degré de ramification : Indice du nombre de racine secondaire.

4. Discussion

Concernant les traitements de prégermination, le résultat obtenu avec de l'acide sulfurique a montré des taux de germination très faibles voire nuls pour des concentrations de 50, 70 et 80% (figure2), contrairement à ce qui a été trouvé par Bechir (2004). Nos données sont également en désaccord, avec les résultats chez le Genévrier rouge (Zine El Abidine, 2003). Ainsi, le trempage des graines du cyprès atlasique dans de l'acide sulfurique concentré ou dans de l'eau très chaude, peut provoquer une lésion de l'embryon (Arjouni et al., 2013). En conséquence, le taux de germination diminue d'une façon significative avec l'augmentation de la concentration de l'acide sulfurique et également suite à une augmentation de la température de l'eau. Des observations similaires ont été signalées pour *Casuarina equisetifolia* (Eze & Ahonsi 1993). Alors que la scarification mécanique et le traitement à l'eau chaude (60° C) induisent une germination beaucoup plus précoce que le témoin (figure 3). Des résultats analogues ont été décrites chez d'autres espèces forestières (Valbuena & Tarrega, 1998 ; Patané & Gresta 2006).

Les résultats présentés dans cette étude ont mis en évidence l'effet confirmé du substrat composé du terreau (33 %), du compost (33 %), et de tourbe (33 %) sur la

production de jeunes plants de dimensions importantes en termes de hauteur, diamètre au collet et de biomasse (El Wahidi & El Alaoui El Fels, 2013). Ce mélange de substrats possède des propriétés physiques favorables au bon développement du plant. Elles influent directement sur l'ensemble des fonctions racinaires des plants, notamment l'absorption de l'eau et des éléments minéraux (Landis, 1990 ; CPVQ, 1993). Quant au conteneur, c'est le portoir de 500 cm³ qui a favorisé la meilleure croissance et le meilleur développement racinaire. La production des plants dans les portoirs rigides permet de réduire significativement les déformations du système racinaire (El Wahidi & El Alaoui El Fels, 2013). Des observations analogues ont été citées dans le cas de plusieurs espèces forestières (Tsouli, 2003; Arbani, 2004).

En plus, un plant de qualité doit également posséder un bon système racinaire permettant le démarrage de sa croissance aussitôt qu'il est mis en contact avec le sol et de survivre une fois placé en site de plantation (CEMAGREF, 1989; Abourouh, 1992; Ammari *et al.*, 2006). En absence d'apport de fertilisants, ces données nous ont permis de déduire, que l'utilisation d'un conteneur rigide de volume important (> 400 cm³) combiné à un substrat équilibré à base de biomasse forestière (terreau) enrichi de matière organique (tourbe) et du compost favorise la production des plants de qualité du cyprès de l'Atlas (El Wahidi & El Alaoui El Fels, 2013).

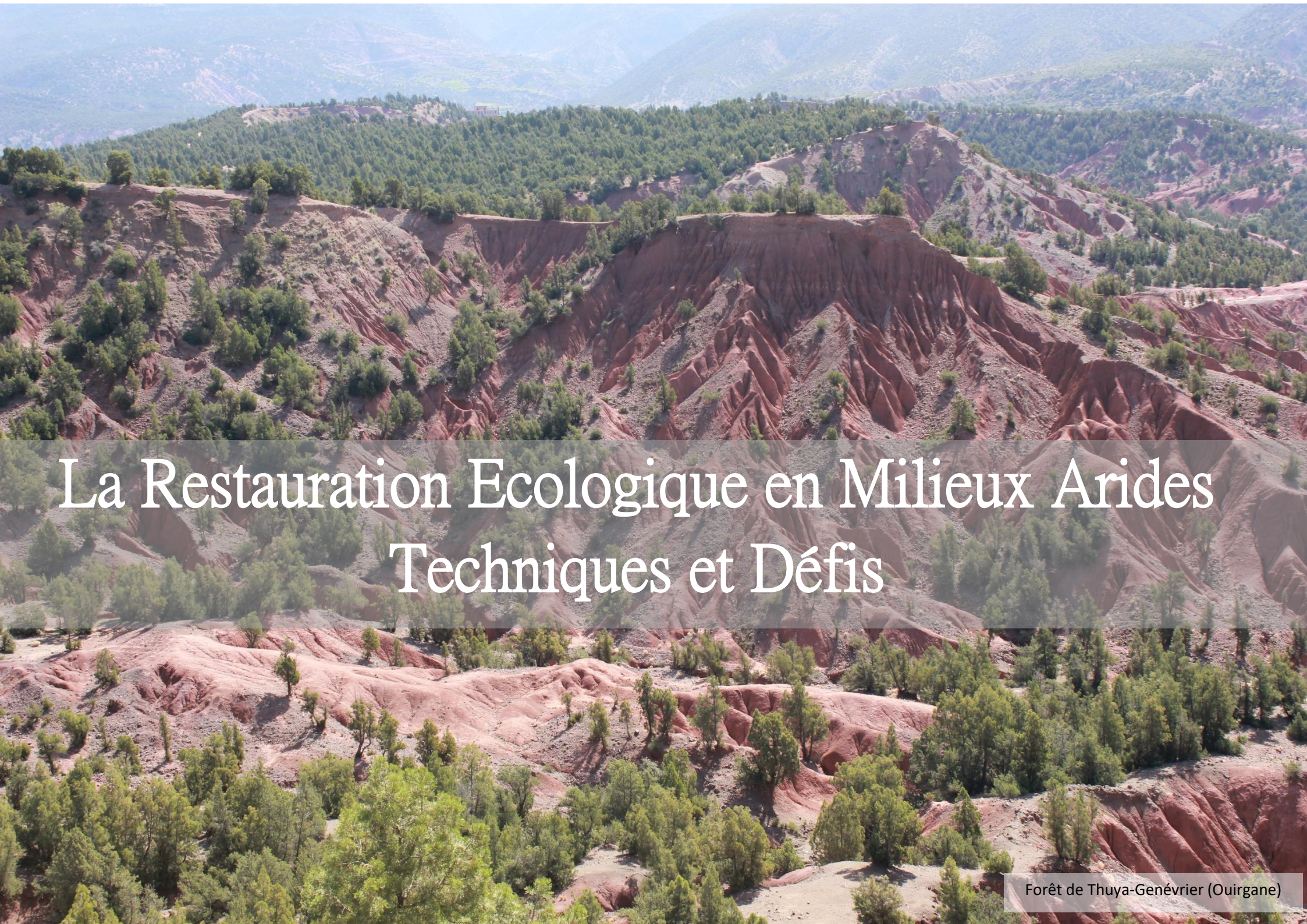
5. Conclusion

Les résultats de la présente étude constituent une contribution vers une amélioration de la germination et une standardisation de la culture en pépinière de cette endémique forestière, symbole de l'éternité, hautement menacée. En effet, les travaux concernant les traitements de prégermination présentés dans ce travail ont mis en évidence l'effet confirmé de la scarification mécanique et de l'eau chaude sur la germination des graines du cyprès atlasique. En outre, l'utilisation d'un conteneur rigide de volume supérieur à 400 cm³ combiné à un substrat équilibré à base de biomasse forestière (terreau) enrichi de matière organique (tourbe) et du compost favorise la production des plants de qualité du cyprès de l'Atlas. Ainsi, ce travail, ouvre de bonnes voies pour rendre plus efficace les opérations de reboisement par le cyprès de l'Atlas qui s'impose pour contribuer d'une façon remarquable à la restauration et donc au développement des zones semi-arides et arides.

Bibliographie

- Abourouh M., 1992. Les plants Forestiers : Normes de qualité et techniques culturales. Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers, p: 17-33.
- Alifriqui M., 1995. La cupressaie endémique de *Cupressus atlantica* Gaussen, un espace présteppiques de montagne menacée dans le Haut Atlas occidental marocain. Colloque International BIO'MES 95, 7^{ème} rencontre de l'ARPE, Digne les Bains, France, p: 163-172.
- Ammari Y., Lamhamdi M. S., N. Akrimi & Zine El Abidine A., 2006. Qualités physiologiques de jeunes plants de Pin d'Alep Élevés en pépinière moderne sur différents substrats à base de compost. Geo-Eco-Trop, 2006, 30.1: 11-24.
- Arbani, A., 2004. Contribution à l'élaboration des normes de qualité des plants forestiers : cas du chêne liège, du thuya et du pin maritime var atlantica. Mémoire. 3^{ème} cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs. 107p.
- Arjouni Y., El Alaoui El Fels M.A, El Mercht S., Abou Sy A., El Wahidi F., Roques A., & Yart A. 2013. Contribution à l'étude de la production en pépinière de jeunes plants chez une espèce forestière endémique du Haut Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen). *ecologia mediterranea* – Vol. 39 (1). 201-208p.
- Bechir A., 2004. Evaluation de la variabilité génétique à l'aide des marqueurs adaptatifs et moléculaires du Cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen) : impact sur la gestion des ressources génétiques endémiques et introduites (*Cupressus sempervirens* L et *Cupressus arizonica* Green). Thèse Doctorat Es-science – Biologie Appliquée (spécialité : biodiversité et environnement). Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences Agadir nombre de pages : 113p.
- CEMAGREF, 1989. La culture hors sol des plants forestiers méditerranéens : le conteneur, le substrat, la mycorhization. GEMAGREF, France : 34p.
- Conseil des Productions Végétales du Québec (CVPQ), 1993. Pépinières, culture en conteneurs, substrats. 19p.
- El Alaoui El Fels, M.A., 2007. Le Cyprès de l'Atlas: Etat des lieux et perspective. Le Cyprès dans les pays Meda, Medcypre, projet Interreg pour renforcer la cohésion des peuples du Bassin Méditerranéen, ISBN978-88-88-88228-19-8. 34p.
- El Wahidi F., El Mercht S., Benkhallouq F. 2016. Cyprès de l'Atlas. Entre reboisement des montagnes sèches et aménagement urbain. Collection La forêt marocaine. Centre de Recherche Forestière, HCEFLCD. 57p.
- El Wahidi F. & El Alaoui El Fels M.A 2013. Contribution à l'étude de la production en pépinière de jeunes plants chez une espèce forestière endémique du Haut Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen). *ecologia mediterranea* – Vol. 39 (1). 209-218p.
- F.A.O., 1976. Fiches de renseignements sur les essences dont le patrimoine génétique s'appauvrit. Informations sur les ressources génétiques forestières. doc. fores. occas., 1976/1, n°5, 22-30.
- Joubert A., 1933. Formations forestières marocains les Cupressinées. Revue des Eaux et Forêts, 71, 96-107 et 673-687.
- Landis, T. D., 1990. Growing media. In : *Containers and growing media*. Vol 2. Agriculture

- Tsouli, A., 2003. Contribution à l'élaboration des normes de qualité des plants forestiers : cas du chêne liège, du thuya et du pin maritime des landes. Mémoire. 3^{ème} cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs.93p.
- Willan R.L., 1992. Guide de Manipulation des Semences Forestières 20/2. FAO.
- Zine El Abidine, A. (2003). La germination des graines du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L).Naturalia Marocana 1(1) : 193- 199.197p.

An aerial photograph of a landscape showing significant soil erosion in red soil, with deep, winding gullies and ridges. The eroded areas are interspersed with patches of green forest, indicating a restoration project. In the background, more forested hills and mountains are visible under a clear sky.

La Restauration Ecologique en Milieux Arides

Techniques et Défis

Forêt de Thuya-Genévrier (Ouirgane)

Évaluation écophysiological de la résistance à la sécheresse des plants du cyprès de l'Atlas

Abdenbi Zine El Abidine⁽¹⁾, Mohamed Bouderrah⁽¹⁾, Ahmed Moustahssen⁽²⁾,
Mohammed S. Lamhamedi⁽³⁾, Younes Abbas⁽⁴⁾

Résumé

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen) est une essence résineuse endémique du Maroc dont les peuplements naturels se trouvent dans le Haut Atlas occidental, plus particulièrement dans la vallée de l'Oued N'Fis où il constitue des formations forestières pré-steppiques. Sa résistance à la sécheresse est reconnue par les phytoécologues, mais le degré de cette résistance n'a pas été mis en évidence. L'objectif de ce travail consiste à évaluer les relations hydriques et la croissance des plants du cyprès de l'Atlas soumis à des conditions de sécheresse édaphique pendant 15, 20 et 30 jours. L'effet de l'assèchement édaphique sur le statut hydrique des plants a été évalué par la mesure du potentiel hydrique avant le lever du soleil (Ψ_b) et à mi-journée (Ψ_m) et également par l'évaluation de l'accroissement de certaines variables morphologiques.

L'assèchement édaphique a affecté significativement la teneur en eau relative (TER) du substrat de culture. La réduction de la TER a été plus forte pour atteindre 12,20% après 30 jours d'assèchement par rapport à celle du témoin. Le statut hydrique des plants a été négativement et significativement affecté d'autant plus que la période d'assèchement est longue. Ainsi, après 30 jours d'assèchement, le Ψ_b et le Ψ_m ont atteint respectivement - 52,3 et -53,8 bars. Le potentiel critique a été estimé à -55,5 bars. La croissance des plants de cette essence ne s'est arrêtée qu'à un seuil très négatif de Ψ_b estimé entre - 45 à - 60 bars, selon les variables de croissance considérées.

Les résultats obtenus montrent que le cyprès de l'Atlas tolère la sécheresse. Cette espèce, sous utilisée actuellement dans les programme de reboisement, peut jouer un rôle important dans la valorisation et la réhabilitation des formations végétales forestières dégradées des zones sèches et peut jouer un rôle important dans les stratégies d'adaptation au contexte du changement du climat en Afrique du Nord.

Mots clés : cyprès de l'Atlas, relations hydriques, croissance, tolérance à la sécheresse.

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP 511, Bd : Moulay Youssef ; Tabriquet, Salé, Maroc ; Email: zineenfi@gmail.com (Auteur correspondant).

² Direction Provinciales des Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Ouazzane, Maroc.

³ Direction de la recherche forestière, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec, Canada.

⁴ Faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc.

1. Introduction

Le climat du Maroc est de type méditerranéen caractérisé par une saison sèche estivale qui peut durer longtemps sous des bioclimats arides et semis arides. Une analyse récente du contexte climatique du Maroc (Mokhtari et al., 2014) montre que presque 50% du territoire marocain reçoit moins de 100 mm annuellement. Selon cette source, les zones hyperarides au Maroc représentent 45 à 55% du territoire, alors que les zones où les précipitations annuelles atteignent 600 mm (SH et H) ne dépassent pas les 6% du territoire. L'ambiance bioclimatique perhumide reste presque sous une forme insignifiante et localisée principalement dans les crêtes de la chaîne du Rif (<5Km²). Les variantes thermiques tempérées à très chaud représentent plus de 70%. Ce cadre climatique relativement défavorable est à l'origine de l'existence de vastes zones sèches caractérisées par un déficit hydrique chronique dont la sévérité est proportionnelle à l'ampleur de l'aridité du climat.

Les zones sèches sont caractérisées par des formations végétales forestières, préforestières, présteppiques et steppiques particulières où dominent les espèces sclérophylles et celles qui sont adaptées aux conditions de sécheresse et d'aridité (Benabid, 2000). L'étendue des zones sèches risque de s'amplifier selon les scénarios prévisionnels du changement du climat dont l'analyse des tendances actuelles (Anonyme, 2014) montre un réchauffement global moyen de 1°C et une baisse significative des précipitations variant entre 3 à 30% selon les régions. A la fin de ce siècle, on prévoit une augmentation de la température moyenne estivale de 2 à 6 °C et une régression moyenne des précipitations de 20%. Ce contexte est d'ailleurs similaire pour les pays du Maghreb (Taabni et El Jihad, 2012). La valorisation et la réhabilitation des zones sèches nécessiteraient donc l'adoption de stratégies opérationnelles d'aménagement et de plantations forestières. À cet effet, le choix d'espèces résistantes à la sécheresse et de techniques appropriées en matière de sylviculture, de conservation des eaux et sol, de production des plants forestiers en pépinières et de reboisement permettraient d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources hydriques disponibles et la réussite des reboisements dans les zones sèches (Lamhamedi et al., 1991 ; Zine El Abidine, 2003).

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Guassen) figure parmi les essences de choix qui se distingue par sa tolérance accrue et son adaptation aux zones sèches forestières au Maroc (El Wahidi et al., 2016). Il s'agit d'une espèce endémique du Haut Atlas occidental localisée dans la vallée du N'Fis où elle participe à des formations forestières pré-steppiques (Benabid et Fennane, 1994) qui s'encartent au niveau des

étages de végétation thermoméditerranéen et mésoméditerranéen (Benabid, 2000). Le cyprès de l'Atlas s'associe avec le genévrier rouge, le genévrier oxycèdre, le thuya et le chêne vert et même avec l'arganier dans des localités rare.

Dans son biotope naturel, le cyprès de l'Atlas s'étend sur une superficie d'environ 8890 ha et occupe une tranche altitudinale de 11000 à 2200 m en bioclimat aride (A), semi-aride (SA) et subhumide (SH), variante tempérée à fraîche. Son amplitude thermique varie entre -15 à 40°C. Il peut se développer où les disponibilités en pluviométrie varient entre 250 à 1600 mm (El Wahidi, 2004), et il est indifféremment aux types de sols. La forêt d'Aghbar de 6500 ha est la formation la plus représentative de cette essence (El Wahidi et al., 2016). Le cyprès de l'Atlas est incontestablement l'élément floristique le plus remarquable qui caractérise la cupressaie sur le plus floristique et paysager (Benabid, 2000). Il forme une association végétale particulière le *Micromeriohochreuteneri-Cupressetumatlanticae*. Sękiewicz, Sękiewicz, Romo, YakivDidukh, Fennane et Boratyński (2014) qui appartient à l'alliance l'*Ephedronebrodensis-Juniperion* Quézel et Barbero (1986) et à l'ordre *Ephedro-Juniperetalia* Quézel, Barbero, Benabid, Loisel et Rivas-Martinez (1988) (Sękiewicz et al., 2014).

Le cyprès de l'Atlas est très peu utilisé dans les reboisements forestiers (El Wahidi et al., 2016), pourtant il produit un excellent bois d'œuvre et de service; son feuillage est utilisé en médecine traditionnelle (Benabid 2000). Les évaluations de sa croissance et de sa productivité indiquent que l'accroissement du cyprès de l'Atlas est relativement comparable et même supérieur à celui du pin d'Alep. Il est estimé à 1,19 m³/ha/an ; 0,17 m/an et 1,14/cm/an respectivement pour l'accroissement en volume, en hauteur et en diamètre (El Wahidi et al., 2016). Le bilan des reboisements du cyprès de l'Atlas au Maroc est d'environ 15414 ha (Anonyme, 2016), ce qui est montre que cette essence est sous utilisée dans les programmes de reboisement. Cependant, cette essence peut constituer une espèce de choix dans les reboisements des zones sèches et peut jouer un rôle très important dans les stratégies forestières d'adaptation au changement global du climat au Maroc et même dans les zones sèches de la région méditerranéenne (Taabni et El Jihad, 2012). Elle peut constituer également un rempart contre l'avancée de la désertification et même un arbre de choix pour les aménagements des espaces verts urbains (El Wahidi et al., 2016).

Le cyprès de l'Atlas a fait l'objet d'études écologiques (Alifriqui, 1993 ; Benabid, 2000), génétiques (Bellefontaine, 1977 ; Benchir et al., 2004) et forestières (El Wahidi et al., 2016), mais les études écophysiologiques sur le cyprès de l'Atlas sont très rares (Zine El Abidine et al., 2016 ; Ouahmane, 2007). Mais le degré de résistance de cette essence

endémique au déficit hydrique et à la sécheresse n'a jamais été, à notre connaissance, évalué sur des bases scientifiques solides.

L'objectif de ce travail consiste à évaluer l'effet d'un déficit hydrique édaphique d'une durée de 10, 15, 20 et 30 jours sur le statut hydrique des plants de cyprès de l'Atlas et de leur croissance. Les résultats obtenus permettraient d'éclairer les gestionnaires des ressources forestières et les techniciens de terrain, au Maroc, sur les possibilités d'utilisation de cette essence dans les programmes de reboisement et de restauration en particulier des zones sèches dans son aire naturelle et en dehors de son biotope.

2. Matériel et méthodes

Ce travail de recherche a été conduit sur des plants du cyprès de l'Atlas à la pépinière de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs au Maroc (ENFI). Les plants âgés d'une année ont été fournis par la pépinière forestière de Marrakech. Dès leur réception, ils ont été ensuite repotés dans des sachets noirs de polyéthylène de 3,5 litres de volume, remplis par substrat sablo-limono-argileux originaire de la forêt de la Maâmora. Un mois après leur plantation, les plants ont été disposés selon un dispositif expérimental de type split plot avec trois répétitions et ont été soumis à un régime d'assèchement édaphique d'une durée de 10 (A10), 20 (A20) et 30 (A30) jours. Ce traitement a été répété deux fois durant deux cycles de 30 jours chacun. Les plants témoins ont été arrosés régulièrement tous les 2 à 3 jours pour maintenir une teneur en eau proche de la saturation. Le dispositif expérimental a été formé de 12 unités expérimentales.

L'évaluation de l'intensité du déficit hydrique édaphique, au cours de l'expérimentation, a été entreprise à l'aide de la détermination de la teneur en eau relative (TER) du substrat de culture calculée selon la formule suivante :

$$\text{TER (\%)} = (\text{Mf} - \text{Ms}) / \text{Ms} ; \quad \text{avec Mf : masse fraîche (g) et Ms : Masse sèche (g).}$$

La teneur en eau du substrat de culture des plants échantillonnés a été déterminée par gravimétrie avant et après étuvage à 60°C pendant 48h à l'aide d'une balance de précision (0,001).

L'effet du déficit hydrique sur les plants du cyprès de l'Atlas a été évalué par la mesure du potentiel hydrique à l'aide de la chambre à pression, selon la méthode décrite par Zine El Abidine et al. (1997). Le potentiel hydrique des plants a été mesuré à l'aube (avant le lever du soleil) et au milieu de la journée, entre 13h00 et 14h30, pour déterminer le potentiel hydrique de base (Ψ_b) et le potentiel de mi-journée (Ψ_m). Le

potentiel hydrique de base (ou pré-aube) permet d'évaluer l'état d'équilibre hydrique entre les plants et la teneur en eau du substrat de culture, alors que le potentiel hydrique de mi-journée indique l'état d'équilibre hydrique entre les plants, le substrat de culture et la demande évapotranspiratoire de l'air (Hinckley et *al.*, 1978 ; Zine El Abidine et *al.* 2013). Le Ψ_b et le Ψ_m ont permis de déterminer l'amplitude journalière du potentiel hydrique ($\Delta\Psi_w$) qui correspond à la différence entre le potentiel hydrique de base et celui de mi-journée ($\Delta\Psi_w = \Psi_b - \Psi_m$).

L'amplitude journalière du potentiel hydrique exprime, indirectement, la dynamique des échanges gazeux (transpiration de l'eau et absorption de CO_2) des plantes effectués à travers les stomates. Sa valeur est grande lorsque les échanges sont plus intenses, mais elle diminue lorsque la demande évapotranspiratoire de l'air est faible et/ou le déficit hydrique du sol est accentué. La relation entre le potentiel hydrique de base et l' $\Delta\Psi_w$ a permis d'estimer aussi le potentiel hydrique critique (Ψ_c) qui permet d'indiquer le niveau du stress hydrique à partir duquel la vie de la plante est très menacée (Aussenac et Granier, 1978 ; Aussenac, 1985 ; Zine El Abidine et *al.* 2013). Le stress hydrique est sévère, lorsque l' $\Delta\Psi_w$ est nulle ($\Psi_b = \Psi_m$).

L'accroissement total en hauteur et en diamètre a été estimé par rapport aux valeurs initiales mesurées avant l'application des traitements d'assèchement. L'accroissement de la masse sèche des parties aériennes et racinaires a été déterminé par la différence entre les valeurs obtenues à la fin de l'expérimentation et les valeurs initiales estimées à l'aide du modèle de régression déterminé initialement sur la base d'un échantillon de 30 plants. Les mesures de l'accroissement durant la période de l'expérimentation ont porté sur 24 plants à raison de deux plants par unité expérimentale (12) choisis avant la mise en application du traitement d'assèchement.

Les données obtenues ont été analysées selon les procédures de l'analyse de la variance et la comparaison multiple des moyennes en utilisant les logiciels R.3.0.3. Les moyennes ont été comparées selon la méthode Student, Newman et Keuls (S.N.K). L'effet du traitement d'assèchement a été considéré significatif à un seuil de probabilité inférieur ou égale à 0,05.

La détermination des seuils du potentiel hydrique de base exprimant le niveau de réduction de la croissance des plants de cyprès de l'Atlas et son arrêt sous l'effet de l'assèchement édaphique ont été estimés à l'aide des courbes limites (Webb, 1972; Chambers et *al.*, 1985).

3. Résultats et discussion

3.1. Assèchement du substrat de culture

Le régime d'arrosage appliqué a affecté significativement la teneur en eau du substrat de culture. L'effet a été plus intense avec la longueur de la période d'assèchement. La teneur en eau relative a baissé significativement pour atteindre après 30 jours 2,95% et 3,24% respectivement à la fin du premier et deuxième cycle d'assèchement (tableau 1). La réduction de la teneur en eau du substrat a été beaucoup plus accentuée durant le premier cycle que le deuxième. Cette différence est due au fait que les températures ont été durant certains jours relativement plus élevées durant le premier cycle que le second (données non présentées), ce qui a augmenté les pertes en eau par transpiration des plants et par évaporation directe à partir du substrat de culture.

Tableau 1. Teneur en eau relative (TER) du substrat de culture, selon la durée et le cycle d'assèchement (T: témoin, A10: assèchement pendant 10 jour, A20: assèchement pendant 20 jour, A30: assèchement pendant 30 jour). Chaque valeur munie de son écart type est la moyenne de 9 observations.

Cycle D'assèchement t	Traitements d'assèchement			
	T	A10	A20	A30
1	24,18 ± 2,34 a	9,19 ± 2,10 b	4,66 ± 1,13 c	2,95 ± 0,44 d
2	22,88 ± 2,84 a	11,53 ± 2,70 b	10,03 ± 1,88 b	3,24 ± 0,50 c

Horizontalement, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes à un seuil de 5% selon le test de S.N.K

3.2. Effet de l'assèchement sur le statut hydrique des plants et leur croissance

La réduction de la teneur en eau du substrat de culture a affecté négativement et significativement ($p < 0,001$) le statut hydrique des plants du cyprès de l'Atlas exprimé par le potentiel hydrique (tableau 2). L'effet du cycle d'assèchement a été significatif pour le Ψ_b et l' $\Delta\Psi_w$, mais l'effet du régime d'assèchement édaphique a été significatif à très hautement significatif selon les paramètres du potentiel hydrique concernés. En outre, l'effet a été beaucoup plus prononcé avec l'augmentation de la durée d'assèchement (tableau 3).

Tableau 2. Synthèse de l'analyse de variance relative à l'évaluation de l'effet des différentes sources de variation sur les variables dépendantes décrivant le statut hydrique (Ψ_b , Ψ_m , $\Delta\Psi_w$) des plants du cyprès de l'Atlas soumis à quatre régimes d'assèchement édaphique

Effet	Ψ_b	Ψ_m	$\Delta\Psi_w$
Cycle	0,0034	0,4635 (NS)	0,0065
Traitement	0,0000	0,0000	0,0278
Cycle x traitement	0,0011	0,0003	0,0009

Ψ_b : Potentiel hydrique de base mesuré avant le lever du soleil ; Ψ_m : Potentiel hydrique de mi-journée ; $\Delta\Psi_w$: Amplitude journalière du potentiel hydrique ($\Psi_b - \Psi_m$).

Le potentiel hydrique de base (Ψ_b), qui indique l'état d'équilibre entre l'humidité du sol et le statut hydrique des plants (Aussenac et Granier, 1978 ; Aussenac, 1985) a enregistré des valeurs moyennes très négatives de $-52,33$ et $-31,25$ bars après 30 jours, respectivement après le premier et le deuxième cycle d'assèchement. A ce niveau d'assèchement édaphique, la TER du substrat de culture a été d'environ 3 % après 30 jours d'assèchement (tableau 1).

Le potentiel hydrique de mi-journée (Ψ_m) a été aussi plus négatif que le potentiel hydrique moyen de base avec $-53,83$ et $49,50$ bars, ce qui indique que les pertes en eau par transpiration se poursuivent même lorsque la TER du substrat de culture est très faible.

L'amplitude journalière du potentiel hydrique ($\Delta\Psi_w$) a été plus faible à la fin du premier cycle qu'après le deuxième cycle d'assèchement avec respectivement 2,83 et 18,25 bars (tableau 3). Ceci montre que presque à la même la teneur en relative du sol, les plants du cyprès ont réagi différemment selon l'intensité de la demande évapotranspiratoire de l'aire qui devrait être plus intense durant le premier cycle d'assèchement que le second.

Tableau 3. Potentiel hydrique (bar) de base (Ψ_b), de mi-journée (Ψ_m) et l'amplitude journalière du potentiel hydrique ($\Delta\Psi_w$) des plants du cyprès de l'Atlas soumis aux différents régimes d'arrosage en deux cycle (c), témoin (T), 10 jours (A10), 20 jours (A20) et après 30 jours (A30). Chaque valeur, munie de son écart type, est la moyenne de 3 observations.

Régime d'arrosage	Ψ_b (-bar)		Ψ_m (-bar)		$\Delta\Psi_w$ (bar)	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
T	$5,33 \pm 0,58a$	$5,83 \pm 0,76 a$	$9,08 \pm 1,01a$	$10,33 \pm 0,76 a$	$3,75 \pm 1,56a$	$4,5 \pm 1,32 a$
A10	$5,42 \pm 0,52a$	$5,08 \pm 0,14a$	$10,5 \pm 1,73a$	$14,00 \pm 0,66a$	$5,08 \pm 1,42a$	$8,92 \pm 0,80a$
A20	$14,08 \pm 5,34b$	$6,42 \pm 0,63b$	$27,5 \pm 0,66b$	$14,33 \pm 1,38b$	$13,42 \pm 5,71 b$	$7,92 \pm 1,53a$
A30	$52,33 \pm 3,25c$	$31,25 \pm 9,40c$	$53,83 \pm 5,97c$	$49,5 \pm 4,09c$	$2,83 \pm 1,04 c$	$18,25 \pm 7,58b$

Verticalement, les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes à un seuil de 5% selon le test de S.N.K

Les valeurs des paramètres du potentiel hydrique mesurées indiquent que le déficit hydrique édaphique à la fin du premier cycle a été plus sévère que le second (tableau 2). Les valeurs du $\Delta\Psi_w$ indiquent que l'écart entre le potentiel hydrique de base et celui de mi-journée, à la fin du premier cycle de 30 jours d'assèchement, est très faible, soit 2,83 bars (tableau 3). Ceci indique que les pertes en eau par transpiration ont été très faibles. Ainsi, les échanges gazeux ont dû être très réduits à la fin du premier cycle contrairement au deuxième cycle (Zine El Abidine et al., 2013, Zine El Abidine et al., 2016).

Le comportement hydrique du cyprès de l'Atlas sous des conditions de déficit hydrique édaphique montre que cette essence résiste à un niveau d'assèchement édaphique très faible estimé dans ce travail à une teneur en eau relative d'environ à 3% (tableau 1). Ce déficit hydrique a induit chez les plants du cyprès de l'Atlas un stress hydrique très sévère exprimé par un potentiel hydrique de base très négatif de -53,83bars (tableau 3).

Le potentiel hydrique critique estimé a été de -55,5 bars, un niveau plus négatif que celui cité pour quelques espèces forestières méditerranéennes comme *Quercus suber* (El Habachi, 2012), *Quercus ilex* (Aussenac et al., 1982), *Pinus halepensis* (Aussenac, 1985), *Cedrus atlantica* (Zine El Abidine 2013 et al., 2013 ; Zine El Abidine et al., 2016) et *Buxus sempervirens* (Aussenac et Valette, 1982) respectivement de -41, 50 ; -34,0 ; -32 ; -29,0 et -42,0 bars. Le seuil de potentiel hydrique critique est nettement plus négatif que celui des espèces exigeantes en eau comme par exemple *Pinus nigra*, *Pinus pinaster*, *Abies alba* dont le potentiel hydrique critique est entre -15 et -18 bars (Aussenac et Valette, 1982; Aussenac et Granier, 1978).

Le niveau du potentiel hydrique critique très négatif atteint par les plants du cyprès de l'Atlas montre que la dynamique des échanges gazeux chez les plants de cette espèce se poursuit jusqu'à un niveau du potentiel hydrique de base (pré-aube) très négatif de -55,5 bars et un niveau de déficit hydrique accentué (Hinckley et al., 1978 ; Aussenac, 1985). Il s'agit d'une espèce qui tolère le stress hydrique, contrairement aux espèces qui évitent le stress hydrique par une fermeture précoce des stomates (Ducrey, 1988). Par exemple, Ksontini et al. (1998) ont montré que les plants de chêne zéen (*Q. faginea*) ferment complètement leurs stomates à un potentiel hydrique de base de -20 bars. Mais à ce niveau de stress hydrique, les plants de chêne-liège (*Q. suber*) et de chêne kermès (*Q. coccifera*), espèces plus tolérantes à la sécheresse, maintiennent encore une conductance stomatique active.

La relation entre la croissance et l'état hydrique des plants exprimé par le potentiel hydrique de base (tableau 4) montre que la réduction de la croissance des plants de

cyprès de l'Atlas est entamée, selon les paramètres, à partir de – 7 à – 10 bars, ce qui correspondant à un niveau modéré du stress hydrique. Cependant, l'arrêt total de la croissance se produit à des niveaux du potentiel hydrique de base très négatifs variant, selon les paramètres, de -45 à -59,5 bars. A titre de comparaison, la croissance des plants du cèdre de l'Atlas et celle du pin maritime de montagne s'est arrêtée, après deux cycles de 30 d'assèchement, vers un seuil du potentiel hydrique de base estimé à - 32 à - 36 bars, celle des plants du pin maritime de montagne à – 7 bars (Zine El Abidine et *al.*, 2016). Les seuils obtenus pour le cyprès de l'Atlas indiquent que la croissance des plants du cyprès de l'Atlas se poursuit même à des niveaux de stress hydrique très sévères (tableau 4).

Tableau 4. Valeurs maximales de l'accroissement des paramètres de croissance des plants du cyprès de l'Atlas pendant la période de l'expérimentation et seuils du potentiel hydrique de base marquant le début de la réduction de l'accroissement et son arrêt sous l'effet de l'assèchement édaphique.

Paramètre	Potentiel Hydrique de base (bar)	
	Réduction de l'accroissement	Annulation de l'accroissement
Hauteur de la tige (cm)	- 09,00	- 58,00
Diamètre au collet (mm)	-10,50	-59,50
Masse sèche de la partie aérienne (g)	- 10,00	-55,50
Masse sèche de la partie racinaire (g)	- 07,00	- 45,00

4. Conclusion

Le cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen) est une essence forestière endémique au Maroc localisée dans la vallée de Oued N'Fis, dans le Haut Atlas occidental. Cette essence forestière se développe dans les bioclimats aride, semi-aride et subhumide sans une exigence édaphique particulière. Bien que cette essence affectionne les zones sèches où elle organise une formation forestière pré-steppique particulière, elle n'a été que très peu utilisée dans les reboisements forestiers au Maroc en raison, probablement, de sa croissance lente et des difficultés de production de plants de qualité en pépinière et de leur mise en terre sur le terrain. Le bilan des reboisements à base du cyprès de l'Atlas arrêté en 2015 (Anonyme, 2016) indique une superficie plantée de 15414 ha dont la majorité 7909 ha (45,42%) a été réalisée dans la région Tadla-Azilal, ce qui est très en dessous des possibilités que cette essence peut représenter dans les programmes de reboisement.

Les principaux résultats de ce travail ont montré que le cyprès de l'Atlas tolère la sécheresse et résiste au stress hydrique et poursuit même sa croissance à des niveaux

de déficit hydrique édaphique très sévères. Ce comportement confère à cette essence les possibilités d'être valorisée en vue de réhabiliter, par migration assistée (Sáenz-Romero et al., 2016), les zones sèches, les formations forestières et préforestières dégradées et de jouer un rôle indéniable dans la stratégie forestière d'adaptation au nouveau contexte du changement global du climat. Les perspectives de ce changement prévoient, pour l'Afrique du Nord, une augmentation de la température, une réduction des précipitations et une amplification de la récurrence des phénomènes extrêmes dont principalement les sécheresses sévères et les vagues de chaleur (Taabni et El Jihad, 2012).

En plus de sa résistance à la sécheresse édaphique, le cyprès de l'Atlas offre un bois de qualité et il est considéré même comme une plante aromatique et médicinale. Cette essence forestière potentiellement à usages multiples peut constituer, en outre, un arbre d'ornement grâce aux qualités esthétiques et visuelles de sa cime, de son port et la couleur de son feuillage pérenne, vert glauque verdâtre un peu cendré. Certains clones ayant une silhouette pleureuse méritent d'être sélectionnés et multipliés dans un objectif esthétique et paysager.

Les recherches écophysiologiques sur le cyprès de l'Atlas nécessitent d'être poursuivies, sous des conditions contrôlées et sur le terrain, en vue de mieux comprendre le comportement de cette essence forestière en relation avec les principaux facteurs de l'environnement dont notamment l'eau, la température et les besoins en nutrition minérale. Les résultats obtenus permettraient de mieux orienter la conservation de cette essence, in situ et ex-situ, et son utilisation dans les programmes de reboisement et des plantations ornementales.

Références bibliographique

- Alifriqui, M. 1993. Relation station-productivité du cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen) en vue de la conservation des ressources génétiques et l'utilisation dans les reboisements de montagnes sèches. Rapport scientifique de fin de stage dans le cadre de la bourse d'excellence scientifique de l'AUPELF – UREF, 70p.
- Anonyme, 2014. Politique du changement climatique au Maroc. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Environnement 35p.
- Anonyme, 2016. Bilan des reboisements du cyprès de l'Atlas (*Cuipressus atlantica*) au Maroc. Direction du Développement Forestier, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Rabat.
- Aussenac G., 1985. Le potentiel hydrique de l'arbre: une donnée essentielle pour la compréhension de l'écophysiologie de essences forestières. *Sci Sol*, pp. 217-226.

- Aussenac G., et Granier A., 1978. Quelques résultats de cinétique journalière du potentiel de sève chez les arbres forestiers. *Annales des Sciences forestières*, 35 (1), pp. 19-32.
- Aussenac G., et Valette J. C., 1982. Comportement hydrique estival de *Cedrus atlantica*, *Quercus ilex*, *Quercus pubescens* et de divers pins dans le Ventoux. *Annales des Sciences forestières*, vol. 39, n° 1, pp. 41-62.
- Aussenac, G., 1984. Le Cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 131,(2/3/4), pp. 385-398.
- Bellefontaine R. 1979. Vigueur de croissance du cyprès de l'Alas (*Cupressus atlantica*) dans son aire naturelle et dans son aire d'introduction au Maroc. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 19, pp. 235-272.
- Bellefontaine, R. 1977. Fiches de renseignements sur les essences dont le patrimoine génétique s'appauvrit : *Cupressus atlantica*. Document interne à la Station de Recherche Forestière, Rabat, 16p.
- Benabid A., 2000. Flore et Ecosystème du Maroc, Evaluation et préservation de la biodiversité. Editions. Ibis Press, Paris. P. 51, pp. 214 – 322.
- Benabid A., Fennane M., 1994. Connaissance sur la végétation du Maroc. Phytogéographie, phytosociologie et séries de végétation. *Lazaroa* 14, pp : 21-97.
- Benchir A., El Moussadik A., Pichot Ch. 2004. Diversité allozymique de peuplements de cyprès naturels et introduits au Maroc : conséquences pour la gestion des ressources. *Ann. For. Sci.* 61, pp :669-676.
- Chambers J.L., Hinckley, T.M., Cox G.S., Metcalf C.L., Aslin R.G., 1985. Boundary-line analysis and models of leaf conductance for four oak-hickory forest species. *Forest Sciences*, 31(2), pp. 437-450.
- Ducrey M., 1988. Réaction à la sécheresse de quelques espèces forestières méditerranéennes. *R.F.F.*, 11(5), pp. 359-370.
- El Habachi, 2012, Normes de qualité des plants de chêne-liège produits au Maroc et en Andalousie et comportement de la provenance " Maâmora" sous la contrainte hydrique édaphique. Mémoire du 3^{ème} cycle de l'E,N,F,I,, Salé, 135p.
- El Wahidi F., El Mercht S., Benkhallouq F. 2016. Cyprès de l'Atlas. Entre reboisement des montagnes sèches et aménagement urbain. Collection La forêt marocaine. Centre de Recherche Forestière, HCEFLCD. 57p.
- Froux F., Huc R., Ducrey M., Dreyer E. 2002. Xylem hydraulic efficiency versus vulnerability in seedlings of four contrasting Mediterranean tree species (*Cedrus atlantica*, *Cupressus sempervirens*, *Pinus halepensis* and *Pinus nigra*). *Ann. For. Sci.* 59, pp : 409 – 418.
- Hinckley T.M., Lassoie J.P. and Running SW. 1978. Temporal and spatial variation in the water status of forest trees. *Forest Science, Mono*, 20 : 1-72.
- Ksontini M., Louguet P., Laffray D., Rejeb M.N. 1998. Comparaison des effets de la contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. coccifera*) en Tunisie. *Ann. Sci. For.* 55, pp : 477-495.
- Lamhamedi M.S., Fortin J.A., Bernier P.Y. 1991. La génétique de *Pisolithus* sp. : une approche de biotechnologie forestière pour une meilleure survie des plants en conditions de sécheresse. *Sécheresse*, 2, pp : 251-258.
- Mokhtari N., Mrabet R., Lebailly P., Bock L., 2014. Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* (2014) 2 (1):50-66
- Ouahmane L. 2007. Rôles de la mycorhization et des plantes associées (lavande et thym) dans la croissance du cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica*G.) : conséquences sur la

- biodiversité rhizosphérique et la réhabilitation des milieux dégradés. Thèse de Doctorat, Fac. Des Sciences, Université Kadi Ayyad, 196 p.
- Sáenz-Romero C., Lindig-Cisneros R.A., Joyce D.G., Beaulieu J., Bradley J.C., Jaquish B.C. 2016. Assisted migration of forest populations for adapting trees to climate change. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Vol. XXII (3), septiembrediciembre, 2016.
- Sękiewicz K., Sękiewicz M., Romo A., YakivDidukh Y., Fennane M., Boratyński A., 2014. Chorological and conservation status of the endemic cypress, *Cupressus atlantica* Gaussen, in the High Atlas (Morocco). *Dendrology*, 71, pp: 3-13.
- Taabni M. et El Jihad M-D., 2012. Eau et changement climatique au Maghreb : quelles stratégies d'adaptation ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 260, pp : 493-518.
- Webb, R.A., 1972. Use of the boundary line in the analysis of biological data. *J. hort. Sci.* 47, pp. 309-319.
- Zine El Abidine A. 2003. Le dépérissement des forêts au Maroc : Analyse et Stratégies de lutte. *Sécheresse* ; 14(4), pp : 18-209
- Zine El Abidine A., Bernier P.Y. et Plamondon A.P. 1997. Ecophysiologie de l'épinette noire (*Pice amariana*) en relation avec sa tolérance au stress hydrique. *Ann. Rech. For. Au Maroc* ; 30, pp : 145-166.
- Zine El Abidine A., Bouderrah M., Moustahssen A., Lamhamedi M.S. 2016. Relations hydriques et croissance de plants soumis à un déficit hydrique édaphique graduel - Cas du cèdre de l'Atlas, du pin maritime de montagne et du cyprès de l'Atlas. *Forêt Méditerranéenne*, IV, pp : 327-342.
- Zine El Abidine A., Lamhamedi M.S., Taoufik A. 2013. Relations hydriques des arbres sains et dépérissants de *Cedrus atlantica* M. au Moyen Atlas Tabulaire au Maroc, *Geo-Eco-Trop.* 37(2), pp : 157-176.

Valorisation des microorganismes du sol dans la restauration durable des écosystèmes forestiers marocains.

Younes Abbas⁽¹⁾, Said EL Mrabet⁽²⁾ et Abdenbi Zine El Abidine⁽³⁾

Résumé

La valorisation des microorganismes du sol (mycorhiziens et bactériens) en foresterie est devenue une composante essentielle dans le processus de préservation et de développement des formations forestières marocaines, souvent fragilisées par une surexploitation excessive consécutive à une pression anthropique exacerbée. Cette approche biotechnologique nécessite une bonne maîtrise des outils et pratiques liés aux interactions sol-plantes afin qu'elle soit insérer progressivement dans les programmes de régénération assistée des essences forestières. Le bilan des travaux de recherche réalisés au Maroc sur les associations mycorhiziennes et/ou bactériennes de plusieurs essences forestières, nous met à la croisée des chemins et une question majeure demeure sans réponse : comment peut-on mettre en application concrète et à grande échelle ces associations dans le contexte marocain ? Ainsi, dans cet article, nous mettons en exergue les acquis en matière de recherche dans ce domaine au Maroc, ensuite des axes d'orientation sont proposés afin de mieux exploiter durablement les ressources naturelles du sol en microorganismes et leur implication dans les programmes de réhabilitation des écosystèmes forestiers marocains.

Mots clés : interactions sol-plante ; mycorhize ; régénération ; restauration ; écosystèmes forestiers.

¹ Université Sultan Moulay Slimane, Faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal, Laboratoire Polyvalent, Département de Biologie-Géologie, Béni Mellal (abbayouns@gmail.com)

² Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte contre la Désertification, Agadir Maroc (saidov2007@gmail.com).

³ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, BP 511, Bd : Moulay Youssef ; Tabriquet, Salé, Maroc ; email: zineenfi@gmail.com (Auteur correspondant).

1. Introduction

Depuis la colonisation des continents par les plantes, celles-ci ont développé de nombreux caractères leur permettant de limiter la dessiccation des tissus et de mieux exploiter une ressource hydrique irrégulière. Parmi ces adaptations, l'association des racines avec les microorganismes bénéfiques du sol est une stratégie extrêmement importante qui traduit la capacité élevée des plantes à exploiter au maximum les ressources offertes par la nature. Les interactions réciproques entre les plantes et les microorganismes du sol sont parmi les facteurs qui expliquent l'invasion des espèces végétales, les relations entre leur diversité et leur productivité ainsi que le maintien de la diversité en favorisant la coexistence entre les plantes (Bever et al., 2010; Van der Putten et al., 2013). Cependant, avec le phénomène des irrégularités climatiques, les conditions écologiques changent, les pressions anthropiques sur les écosystèmes naturels se multiplient et les conséquences aboutissent à des situations de déséquilibres écosystémiques les plus souvent irréversibles. En zone méditerranéenne par exemple, ces conditions sont devenues de plus en plus sévères et se retiennent, entre autre, sur les propriétés physicochimiques et biologiques du sol (Barea et al., 1996 ; Carrillo-García et al., 1999 ; Requena et al., 1996 ; Requena, 1997 ; Warren et al., 1996) en entraînant une régression du couvert végétal (Barea et Jeffries, 1995) et une amplification des processus de l'érosion des sols (Mace et Masundire, 2005). La pression humaine, exercée sans relâche, a provoqué une régression intensive de la majorité des écosystèmes forestiers méditerranéens. C'est pourquoi, la préservation de la végétation forestière du bassin méditerranéen est devenue une nécessité absolue (Quézel et Médail, 2003).

Au Maroc, plusieurs de ses écosystèmes forestiers ont connu et connaissent des reculs alarmants de leurs aires écologiques, à cause de plusieurs facteurs environnementaux et socio-économiques (Benabid, 2000). Les opérations de conservation de ce patrimoine à la fois diversifié et fragile deviennent complexe devant l'ampleur de la dégradation. Il est devenu impératif de repenser aux méthodes de régénération des écosystèmes forestiers adoptées en incluant la composante microbienne du sol comme clé dans la fonctionnalité de ces écosystèmes au lieu de se contenter uniquement de la substitution de quelques essences forestières par d'autres. Les études menées dans le bassin méditerranéen sur plusieurs espèces représentatives des milieux arides et semi-arides, comme *Stipa tenacissima*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus lycioides*, *Olea europea*, *Retama sphaerocarpa*, *Lavandula* sp., *Thymus* spp. (Azcon-Aguilar et al., 2003, Abbas, 2014), ont montré que les plantes arbustives, de ces milieux à déficit hydrique chroniques, jouent un rôle important dans le maintien du sol et de sa fertilité chimique

et biologique (Garner et Steinberger, 1989 ; Reynolds *et al.*, 1990). Ces espèces, dites nourricières, sont caractérisées par des hauts niveaux de mycotrophie (symbiotes obligatoires) et jouent le rôle de vecteur de propagation des propagules fongiques (Requena *et al.*, 1996, 1997 ; Ouahmane, 2007 ; Abbas, 2014).

Egalement, il a été montré qu'en pépinières forestières, l'inoculation artificielle permet l'augmentation significative de la qualité des plants produits et l'amélioration de leur survie après leur mise en terre (Abourouh, 2000 ; Lamahmedi *et al.*, 2009 ; Abbas *et al.*, 2013 ; ; Ouahmane, 2007 ; El Mrabet *et al.*, 2014 ; 2015). Les résultats de ces recherches nous mettent donc, à la croisée des chemins sur l'application concrète, à l'échelle opérationnelle, des associations mycorhiziennes et/ou bactériennes dans la reconstitution des écosystèmes forestiers marocains et leur réhabilitation. L'adoption de nouvelles stratégies et des approches techniques faisables est de mise surtout lorsqu'il s'agit de reconstituer les écosystèmes dans leur diversité. Dans cette optique, l'objectif de cet article est de mettre en exergue les avantages des microorganismes du sol et leur implication dans la régénération de plusieurs espèces forestières marocaines (ex : thuya, arganier, cèdre, chêne-liège...), ensuite proposer des recommandations qui visent à mieux exploiter durablement les ressources naturelles du sol en microorganismes et leur implication dans les programmes de reconstitution des écosystèmes forestiers marocains et leur réhabilitation.

2. Effets écologiques des microorganismes du sol : services écosystémiques

Au niveau des écosystèmes naturels, les plantes fournissent de multiples ressources et développent une série de biens et services qui sont bénéfiques au bien-être humain (Daily 1997). Parmi ces services on retrouve: la biofertilization via les champignons mycorhiziens qui réduit les demandes en fertilisants, participe à la stabilisation des sols et constitue une opération clé dans la biorégulation des plantes (Gianinazzi *et al.*, 2010). A ces effets s'ajoute, la capacité de faire face aux situations de déficit hydrique, ce qui procure aux champignons un avantage important dans la restauration des aires naturelles dégradées arides et semi-arides (Gianinazzi *et al.*, 2010; Barea *et al.*, 2011).

2.1. Amélioration du pool nutritionnel par les mycorhizes

Dans une relation symbiotique de type mycorhizien ou bactérien, la promotion de la croissance des plantes est attribuée, entre autre, à une meilleure nutrition minérale due soit au passage obligé de la solution nutritive du sol via ces microorganismes (cas

des champignons mycorhiziens), soit à la régulation des équilibres gazeux et des cycles biogéochimiques du sol (cas des bactéries). Beaucoup d'études ont montré par exemple, que la symbiose mycorhizienne améliore significativement la croissance de la plante en favorisant sa nutrition minérale, son statut hydrique et son état sanitaire (Lamhamedi et al., 1991, Smith & Read, 2008, Abbas et al., 2013 ; El Mrabet et al., 2014 ; 2015). Le Tacon et al. (1997) ont remarqué que dans les écosystèmes forestiers, les arbres ne peuvent survivre sans mycorhizes. Actuellement, il est bien établi que le rôle primordial des champignons mycorhiziens se situe dans l'augmentation de l'absorption des éléments peu mobiles dans le sol, comme par exemple le Phosphore (P) et les métaux (Abbott et Robson, 1982). L'augmentation de l'absorption du P par les plantes a été expliquée par plusieurs mécanismes, entre autres, l'augmentation de la surface d'absorption racinaire de la plante grâce au réseau extramatriciel et par conséquent, une meilleure exploitation du phosphate du sol au-delà de la zone d'épuisement de la racine (Plenchette, 1982). L'effet mycorhizien est ressenti aussi au niveau des autres macroéléments comme l'azote (Azcon-Aguilar et Barea, 1992). Les champignons mycorhiziens possèdent aussi les équipements enzymatiques nécessaires à l'utilisation de l'ammonium et des nitrates (Strullu, 1991). D'autres éléments nutritifs ont été aussi mentionnés dans la liste des bienfaits des mycorhizes comme le K, Ca, Mg et certains oligo-éléments tels que le Zn, S, Cu, etc (Harley et Smith, 1983 ; Graham et Syvertsen, 1989 ; Oihabi et al., 1993 ; Meddich et al., 2000). Cet effet est généralement lié à une meilleure exploitation du sol par le réseau extramatriciel du champignon. Sur le plan hydrique, plusieurs recherches ont montré que la symbiose mycorhizienne améliore significativement la réponse des plantes au déficit hydrique (Lamhamedi et al., 1991 ; Lamhamedi et al., 2009 ; Rapparini and Peñuelas, 2014).

2.2. Amélioration de la qualité du sol

Les champignons mycorhiziens sont des composantes essentielles pour le fonctionnement des écosystèmes naturels. Ils participent aussi à l'amélioration et le maintien des agrégats de sols dans les zones érodées (Tisdall, 1991) par l'acquisition de meilleures propriétés physiques, chimiques et biologiques. Caravaca et al. (2002) ont montré que l'inoculation mycorhizienne a été très effective dans l'amélioration de la qualité du sol et de la performance des jeunes plantules d'*Olea europea*. Caravaca et al. (2006) ont également prouvé l'effet de l'inoculation par des champignons mycorhiziens arbusculaires sur la stabilisation des agrégats du sol rhizosphérique de *Juniperus oxycedrus*.

Les agents responsables de cette stabilité des agrégats du sol sont généralement organiques. Selon Wright et Andersen (2000), les champignons mycorhiziens arbusculaires, par exemple, produisent de la glomaline, une glycoprotéine qui agit par ses propriétés hydrophobes pour stabiliser les agrégats. D'après Bearden et Petersen (2000), le mécanisme impliqué dans la stabilisation des agrégats est basé sur la fixation des particules du sol par les hyphes et les racines et sur l'exsudation des polysaccharides. La formation d'agrégats stables dans le sol peut être aussi attribuée au mycélium extraracinaire des champignons produit par les racines mycorhizées et qui constitue un réseau tridimensionnel qui relie la plante au sol environnant (Roldan et al., 1994 ; Jeffries et Barea, 2000). Ces agrégats du sol contribuent au maintien d'un important taux d'infiltration d'eau et à une aération adéquate, ce qui améliore la qualité du sol (Wright et Upadhyaya, 1998) et permet d'empêcher le lessivage des éléments nutritifs (Van der Heijden, 2010).

2.3. Rôle des autres groupes microbiens du sol

Les interfaces sol-racines constituent un microcosme dynamique où interagissent les microorganismes, les racines de plantes et les constituants du sol (Azcon-Aguilar et Barea, 1992 ; Linderman, 1992 ; Barea, 2000). En plus des champignons mycorhiziens rencontrés dans cette espace rhizosphérique, d'autres microorganismes sont rencontrés et diffèrent quantitativement et qualitativement en fonction des variations climatiques, édaphiques et des facteurs biotiques (Manoharachary et Mukerji, 2006). Parmi ces entités, on rencontre les rhizobactéries promotrices de la croissance des plantes (PGPR), qui peuvent influencer la formation et la fonction des autres microorganismes comme les champignons mycorhiziens et vice versa (Saxena et al., 2006). En effet, elles peuvent produire des composés qui augmentent la perméabilité des cellules racinaires, augmentent le taux des exsudats racinaires et par suite stimulent le mycélium du champignon mycorhizien ou facilitent l'entrée racinaire par le champignon (Barea, 2000).

Les PGPR peuvent aussi augmenter la croissance des plantes sous stress abiotiques, en augmentant la disponibilité des éléments nutritifs dans la rhizosphère et aussi par l'amélioration de la production des hormones végétales, telles que l'Indol-3-Acétique Acide (IAA) (Glick, 1995 ; Marulanda et al., 2009). Il est bien documenté que la sécheresse exerce au moins des dommages oxydatifs. Ce phénomène est causée par des dérivés Réactifs de l'Oxygène (ERO), qui peuvent réagir avec une grande variété de biomolécules causant des dommages irréversibles et aboutissant à la nécrose et à la mort cellulaire (Pitzschke et al., 2006; Rivero et al., 2007). Les organismes vivants sont équipés d'au moins deux mécanismes différents pour réguler leur concentration

intracellulaire en ERO : le premier permettant la modulation de faibles niveaux des ERO à des fins de signalisation [peroxydase (POX), la superoxyde dismutase (SOD) et catalase (CAT)] et le second par régénération des antioxydants oxydés [ascorbate peroxydase (APX) et la réductase glutathion (GR)] (Mittler, 2002).

3. Stratégies de gestion du potentiel en microorganismes du sol des écosystèmes forestiers

Au niveau des zones arides et semi-arides méditerranéennes, l'inoculum potentiel autochtone en microorganismes est généralement limité (Duponnois et al., 2011), ce qui limite le développement d'un couvert végétal approprié. Plusieurs programmes de plantation ont été entrepris, mais les résultats sont toujours défaillants de point de vue productivité et survie des plants (Duponnois et al., 2005 ; Abbas, 2014). L'usage de nouvelles approches qui font appel aux microorganismes du sol peuvent redresser la situation et augmenter les taux de réussite des plantations surtout dans le contexte des changements climatiques qui prévoit la réduction des précipitations et l'augmentation de la température (Thiébaud et Moatti, 2016). Selon Duponnois et al. (2011), l'application de la technologie mycorhizienne est devenue nécessaire dans les zones méditerranéennes afin d'améliorer les performances des programmes de boisement. Elle doit être utilisée selon les caractéristiques biologiques des zones à reboiser. Pour cela ces mêmes auteurs, en travaillant sur les champignons mycorhiziens arbusculaires, proposent deux approches à suivre en foresterie : soit introduire les champignons en phase de pépinière (inoculation contrôlée) ou gérer directement sur les sites de plantation, les communautés de champignons natifs afin de remplacer ou renforcer le potentiel mycorhizien dans ces zones dégradées (utilisation des plantes nurses).

3.1. Influence de la strate arbustive (plantes nurses) sur le processus de revégétalisation

En zone méditerranéenne, les fortes chaleurs et les précipitations limitées et irrégulières compliquent souvent l'utilisation des espèces arborées dans les programmes de régénération artificielle. Par conséquent, chaque pays de cet espace adopte la stratégie la plus appropriée afin de freiner le processus de désertification. L'application de l'approche dite « de plantes nurses » a été entreprise sur plusieurs essences forestières (tableau 1). L'objectif final est d'améliorer le potentiel mycorhizien des sols et permettre à la symbiose mycorhizienne de développer ses

propriétés au profit du développement de la plante hôte. Les résultats de ces expérimentations réalisées en champs, ont montré que l'utilisation des plantes nurses facilitent l'installation des plantes hôtes, améliorent leur croissance et leur nutrition, réduisent les taux de mortalité et dans certains cas améliorent leur tolérance au stress hydrique.

Tableau 1. Quelques exemples de régénération artificielle d'espèces forestières et leurs plantes facilitatrices

Plante hôte	Plantes nurses utilisées	Pays	Références
<i>Tetraclinis articulata</i>	<i>Lavandula multifida</i>	Maroc	Abbas, 2014
<i>Pinus sylvestris</i> <i>Pinus nigra</i>	<i>Salvia lavandulifolia</i>	Espagne	Castro <i>et al.</i> , 2002
<i>Argania spinosa</i>	<i>Euphorbia beaumierana</i>	Maroc	El Mrabet <i>et al.</i> , 2015
<i>Quercus ilex</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Espagne	Cuesta <i>et al.</i> , 2010
<i>Quercus suber</i>	<i>Ulex</i> sp.	Portugal	Dias <i>et al.</i> , 2016
<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cytisus grandiflorus</i>		Guedira, 2008
<i>Quercus suber</i>	<i>Erica arborea</i>	France	Curt <i>et al.</i> , 2009
<i>Cupressus arizonica</i>	<i>Lavandula multifida</i>	Maroc	Ouahmane <i>et al.</i> , 2006b
<i>Cupressus atlantica</i>	<i>Lavandula stoechas</i> , <i>Lavandula dentata</i> , <i>Thymus satureioides</i>	Maroc	Ouahmane <i>et al.</i> , 2006a; Duponnois <i>et al.</i> , 2011; Hafidi <i>et al.</i> , 2013
<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Retama monosperma</i> , <i>Cistus salviifolius</i> , <i>Pistacia lentiscus</i>	Maroc	Manaut, 2015

3.2. Approche de la mycorhization contrôlée des essences forestières

L'omniprésence des champignons mycorhiziens dans les sols peut être altérée par divers facteurs d'origine anthropique ou naturel, ce qui pourraient diminuer le potentiel mycorhizien du sol (Jeffries et Barea, 2001 ; Honrubia *et al.*, 2002). Cette situation apparaît dans le cas des écosystèmes naturels comme conséquence des processus d'érosion et/ou de désertification (Barea *et al.*, 1999). Dans ces cas, il est nécessaire de réintroduire les champignons mycorhiziens pour que les plantes puissent disposer de propagules dans le sol et par la suite former cette symbiose dans laquelle les deux partenaires peuvent en tirer profit. D'où la nécessité de produire des inocula mycorhiziens de qualité, bien sélectionnés et qui peuvent convenablement être appliqués (Lamhamedi *et al.*, 1991 ; Azcon-Aguilar *et al.*, 1999).

Au Maroc, Plusieurs essais d'inoculation des espèces forestières par des champignons indigènes (adaptés aux conditions locales) ont été réalisés (Abourouh, 2000 ; Abbas,

2014 ; El Mrabet et al., 2014 ; Ouahmane et al., 2007 ; Manaut et al., 2015) et par des champignons exogènes (Lamhamedi et al., 1991). Dans la majorité des cas, des effets significatifs, dans la croissance et la nutrition, ont été observés quant à l'introduction de ces microorganismes en pépinières forestières. Mais le comportement le plus intéressant chez les plantes mycorhizées réside au niveau de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la tolérance à la sécheresse comme dans le cas des plants du pin maritime (Lamhamedi et al., 1991) ou ceux de l'arganier (El Mrabet et al., 2014). Egalement, ce type d'inoculation a permis de réduire les taux de mortalité au champ de 50% chez le thuya dans la région de Benslimane (figure 1) (Abbas, 2014).

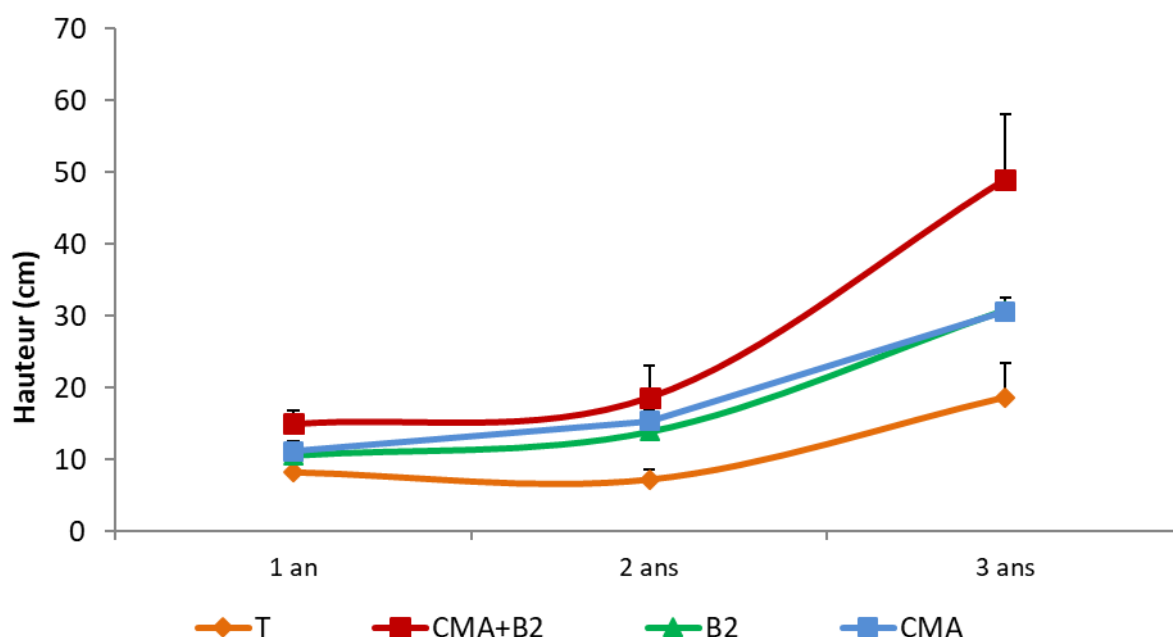


Figure 1. Croissance aérienne des jeunes plants de thuya mycorhizés en fonction du temps. (T : témoin, CMA : champignon mycorhizien arbusculaire et B2 : Bactérie isolée).

4. Conclusion

Les connaissances scientifiques acquises et rapportées dans les travaux cités auparavant, sur le rôle des microorganismes bénéfiques du sol, permettent d'encourager la valorisation de ce mode de traitement (mycorhizien et/ou bactérien), comme composante essentielle dans le processus de régénération des essences forestières marocaines. Sachant qu'il s'agit d'un choix, à la fois écologique et économique durable, les gestionnaires et techniciens forestiers devraient s'approprier ces nouvelles pratiques en vue de les intégrer progressivement dans leur programme de régénération des espèces forestières. Mais la mise en œuvre à l'échelle opérationnelle de ces approches nécessitent encore des travaux de recherche,

aboutissant la mise au point de procédés facilement faisables au niveau des pépinières forestières.

Les implications pratiques et concrètes de ces approches doivent s'envisager sur un réajustement des techniques de production des plants en pépinières forestières ou une meilleure gestion *in situ* des sites à reboiser. Cela dépendra des conditions écologiques des sites de reboisement et des espèces végétales ciblées. Néanmoins, quelques recommandations peuvent être envisagées par rapport aux techniques à adopter et aux recherches à effectuer :

- Inoculation en pépinière par un groupe de champignons mycorhiziens en association naturelle avec la plante hôte (essence forestière cible). Ceci augmentera la qualité des plants en pépinières tout en prenant en compte les exigences du milieu à régénérer (Lamhamedi et Fortin, 1992).
- Utilisation d'un inoculum complet en tenant compte aussi des groupes microbiens rhizosphériques appropriées (Barea *et al.*, 1996 ; Barea, 1997).
- Exploitation du potentiel mycorhizogène des espèces facilitatrices (nurses) est une autre alternative dans le processus de réhabilitation des écosystèmes dégradés. Elles sont impliquées dans le fonctionnement biologique et fertilisant du sol (Duponnois *et al.* 2011 ; Sanguin *et al.*, 2013).
- Poursuivre les travaux de recherche en vue d'adapter les inocula appropriés aux espèces forestières correspondantes.
- Faciliter le transfert des résultats de recherche en mesurant leurs valeurs économique et environnementale.
- Cependant et afin d'atteindre entièrement ces objectifs, il serait nécessaire d'envisager aussi des ateliers de formation au profit des gestionnaires et techniciens forestiers sur :
 - La qualité des plants et les méthodes d'inoculation en pépinières forestières par les microorganismes du sol ;
 - La réalisation des sorties botaniques et d'échantillonnage sol/plante en milieu naturel, ceci permettra de mieux se renseigner sur les conditions écologiques des sites à reboiser et facilitera la prise de décision quant à la méthode de gestion adéquate à adopter ;
 - Les différentes techniques de production et de stockage des inocula produits ;
 - Les démonstrations en pépinières pour maîtriser les méthodes d'inoculation artificielle.

Références bibliographiques

- Abbas Y., Bakkali Yakhlef S.E., Prin Y., Arahou M., Duponnois R. et Abourouh M., 2013. Growth and nutrition of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters cultivated in different rhizosphere soils collected from Tetraclinis stand. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17 (1) : 3-11.
- Abbas, 2014. Microorganismes de la rhizosphère des tétraclinaies : un outil pour optimiser la régénération artificielle du thuya (*Tetraclinis articulata* Vahl Masters). Thèse de Doctorat National, Université Mohamed V, Faculté des Sciences de Rabat : 193 p.
- Abbott L.K. and Robson A.D., 1982. The role of VAM fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. *Aus. J. Agr. R.*, 33 : 389
- Abourouh M., 2000. Ectomycorrhizes et mycorrhization des principales essences forestières du Maroc. Thèse d'Etat, Facultés des Sciences de Rabat : 170 pages.
- Azcón-Aguilar C. and Barea J.M., 1992. Interactions between Mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganisms. En: Allen M.F. (ed) Mycorrhizal functioning: An integrative plant-fungal process. *Chapman & Hall, New York*, pp. 163-198
- Azcón-Aguilar C., Palenzuela E.J. and Barea J.M., 1999. Sustrato para la produccion de inoculos de hongos formadores de micorrizas. Patente n° 9901814. *Oficina Española de Patentes y Marcas*.
- Azcón-Aguilar C., Palenzuela J., Roide A., Bautista S., Vallejo R. and Barea J.M., 2003. Analysis of the mycorrhizal potential in the rhizosphere of representative plant species from desertification threaned Mediterranean shrublands. *Appl. Soil Ecol.*, 22 : 29-37
- Barea J.M. and Jeffries P., 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. En: Varma A., Hock B. (eds) Mycorrhiza: Structure, function, molecular biology and biotechnology. *Springer-Verlag, Heidelberg*, pp. 521-559.
- Barea J.M., 1997. Mycorrhiza/bacteria interactions on plant growth promotion. En: Ogoshi A, Kobayashi L, Nomma Y, Kodama F, Kondon N, Akino S (eds) Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, Present Status and Future Prospects. *OCDE, Paris*, pp. 150-158
- Barea J.M., Requena N. and Jimenez I., 1996. A revegetation strategy based on the management of arbuscular mycorrhizas, Rhizobium and rhizobacterias for the reclamation of desertified mediterranean shrubland ecosystems. En: Lasram M (eds.) Cahier options méditerranéennes. Vol 20. Mycorrhization of forest plants under arid and semi-arid conditions and desertification control in the mediterranean basin. *CIHEAM, IAMZ, Zaragoza*, pp. 75-86
- Barea JM, Palenzuela J, Cornejo P, Sánchez-Castro I, Navarro-Fernández C, López-García A et al (2011) Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *J Arid Environ*, 75 : 1292–1301.
- Barea JM., 2000. Rhizosphere and mycorrhiza of field crops. En: Toutant J, Balazs E, Galante E, Lynch J, Schepers J, Werner D, Werry P (eds) Biol. Resource Management: Connecting Science and Policy (OECD). *INRA, Springer, Heidelberg-Alemaniam*, pp 110-125.
- Barea JM., Pérez-Solis E., del Val C. and Azcón-Aguilar C., 1999. Importancia de las micorrizas en el establecimiento y proteccibn de las plantas en suelos degradados. *Phytoma*, 111: 18-30.
- Bearden BN. and Petersen L., 2000. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on soil structure and aggregate stability of a vertisol. *Plant Soil*, 218 : 173-183
- Benabid A., 2000. Flore et Ecosystème du Maroc, Evaluation et préservation de la biodiversité. Editions. Ibis Press, Paris. P. 51, pp. 214 – 322.

- Bever, J.D., Dickie, I.A., Facelli, E., Facelli, J.M., Klironomos, J., Moora, M., Rillig, M.C., Stock, W.D., Tibbett, M. & Zobel, M., 2010. Rooting theories of plant community ecology in microbial interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 468 – 478.
- Caravaca F., Alguacil M.M., Azcón R. and Roldán A., 2006. Formation of stable aggregates in rhizosphere soil of *Juniperus oxycedrus*: Effect of AM fungi and organic amendments. *Applied Soil Ecology*, 33 : 30-38.
- Caravaca F., Barea J.M., Figueroa D. and Roldán A., 2002. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology*, 20 : 107-118
- Carrillo-García, A., Leon de la Luz J. L., Bashan Y., and Bethlenfalvay G. J., 1999. Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran Desert. *Restor. Ecol.*, 7 : 321-335
- Castro J, Zamora R, Hodar JA, Gomez JM. 2002. Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean Mountains. *Restoration Ecology* 10: 297–305.
- Cuesta B, Villar-Salvador P, Puertolas J, Rey Benayas JM, Michalet R. 2010. Facilitation of *Quercus ilex* in Mediterranean shrubland is explained by both direct and indirect interactions mediated by herbs. *Journal of Ecology* 98: 687–696.
- Curt T, Adra W, Borgniet L. 2009. Fire-driven oak regeneration in French Mediterranean ecosystems. *Forest Ecology and Management* 258: 2127–2135.
- Daily GC (1997) Introduction: what are ecosystem services? In: Daily GC (ed) *Nature's services : societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington DC, pp 1–10
- Dias FS, Miller DL, Marques TA, Marcelino J, Caldeira MC, Orestes Cerdeira J, Bugalho MN. 2016. Conservation zones promote oak regeneration and shrub diversity in certified Mediterranean oak woodlands. *Biological Conservation* 195: 226–234.
- Duponnois R., Founoune H., Masse D. & Pontanier R., 2005. Inoculation of *Acacia holosericea* with ectomycorrhizal fungi in a semi-arid site in Senegal: growth response and influences on the mycorrhizal soil infectivity after 2 years plantation. *Forest Ecology and Management*, 207: 351-362.
- Duponnois R., Ouahmane L., Kane A., Thioulouse J., Hafidi M., Boumezzough A., Prin Y., Baudoin E., Galiana A. and Dreyfus B., 2011. Nurse shrubs increase the early growth of *Cupressus* seedlings by enhancing belowground mutualism and soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry*, 43: 2160-2168.
- El Mrabet S., Ouahmane L., El Mousadik A., Msanda F. 2015: "Growth and Nutrition of *Argania spinosa* L. Skeels Cultivated in Rhizosphere Soil of *Euphorbia Beaumierana* under Greenhouse Conditions". *International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB)*/ Volume 3, Issue 3, March 2015, PP 138-151. www.arcjournals.org.
- El Mrabet S., Ouahmane L., El Mousadik A., Msanda F., Abbas Y. 2014 : " the effectiveness of arbuscular mycorrhizal inoculation and bio-compost addition for enhancing reafforestation with *Argania spinosa* in Morocco ". *Open Journal of Forestry*. Vol.4, No.1, 14-23 Published Online January 2014 in SciRes (<http://www.scirp.org/journal/ojf>).
- Garner W. and Steinberger Y., 1989. A proposed mechanism for the formation of fertile islands in the desert ecosystem. *Journal of Arid Environment*, 16 : 257-262.
- Gianinazzi S, Gollotte A, Binet M-N, van Tuinen D, Redecker D, Wipf D., 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20:519–530
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant-growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, 41 : 109-117.

- Graham J.H. and Syvertsen J.P., 1989. Vesicular-arbuscular mycorrhizas increase chloride concentration in citrus seedlings. *New Phytol.*, 113 : 29-36.
- Guedira A., 2008. Etude des intérêts des cytises dans la réhabilitation des milieux dégradés : cas de *Cytisus grandiflorus* (Brot.) DC. Dans le bassin versant d'Ourika. Thèse de Doctorat National Soutenue à l'Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences de Kénitra, p. 190.
- Hafidi M, Ouahmane L, Thioulouse J, Sanguin H, Boumezzough A, Prin Y, Baudoin E, Galiana A, Duponnois R. 2013. Managing Mediterranean nurse plants-mediated effects on soil microbial functions to improve rock phosphate solubilization processes and early growth of *Cupressus atlantica* G. *Ecological Engineering* 57: 57–64.
- Harley J.L. and Smith S.E., 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, Londres, 483 p.
- Honrubia M., Morte A. and Díaz G., 2002. Dinamismo del componente fúngico micorrízico y su incidencia en la regeneración del bosque mediterráneo. In: Charco, J. (coord.), La regeneración natural del bosque mediterráneo en la península Ibérica: evaluación de problemas y propuesta de soluciones. ARBA-MMA (eds.), ISBN 84-922095-5-0 : 87-113.
- Jeffries P. and Barea J.M., 2001. Arbuscular Mycorrhiza-a key component of sustainable plant-soil ecosystems. En: Hock (ed) *The Mycota IX. Fungal Associations*. Springer-Verlag, Berlin : 95-113.
- Jeffries, P. and Barea, J.M., 2000. Arbuscular mycorrhiza—a key component of sustainable plant-soil ecosystems, in: B., Hock (Ed.), *The Mycota. IX. Fungal Associations*. Springer, Berlin, 95-113.
- Lamhamedi M. S., Abourouh M., Fortin J. A., 2009. Technological transfer: The use of ectomycorrhizal fungi in conventional and modern forest tree nursery in northern Africa. In: Khasa D., Piché Y., Coughlan A. P. (eds). *Advances in mycorrhizal science and technology*. Ottawa, Canada, NRC Research Press, 139-152.
- Lamhamedi M.S., Fortin J.A., 1992. La qualité des plants forestiers : critères d'évaluations et performance dans les sites de reboisement. Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers. *Direction des Eaux et Forêts* : 35-49.
- Lamhamedi MS, Fortin JA, Bernier PY., 1991. La génétique de *Pisolithus* sp. : une approche de biotechnologie forestière pour une meilleure survie des plants en conditions de sécheresse. *Sécheresse*, 2 : 251-8.
- Le Tacon F., Mousain D., Garbaye J., Bouchard D., Churin J.L., Argillier C., Amirault J.M. and Généré B., 1997. Mycorrhizes, pépinières et plantations forestières en France. *RFF*, XLIX n°sp., 131-154.
- Linderman R.G., 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. En: Bethlenfalvay GJ, Linderman RG (eds) *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Special Publication, Madison, pp. 65-77
- Mace G., and Masundire H. 2005. Drivers of change in ecosystem condition and services. In *Millennium Ecosystem Assessment, Ecosystems and human well-being: Current state and trends*, 77-122. Washington, DC: Island Press.
- Manaut N, Sanguin H, Ouahmane L, Bressan M, Thioulouse J, Baudoin E, Galiana A, Hafidi M, Prin Y, Duponnois R. 2015. Potentialities of ecological engineering strategy based on native arbuscular mycorrhizal community for improving afforestation programs with carob trees in degraded environments. *Ecological Engineering* 79: 113–119.
- Manoharachary C. and Mukerji K.G., 2006. Rhizosphere biology - an overview. In *Soil Biology*, Volume 7, Microbial activity in the rhizosphere by Mukerji K.G., Manoharachary C. and Singh J. (eds.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 1-15.

- Marulanda, A., Barea, J.M. and Azcón, R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments. Mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation*, Volume 28, (2) : 115-124.
- Meddich A., Oihabi A., Abbas Y. and Bizid E. 2000. Rôles des champignons mycorrhiziens à arbuscules des zones arides dans la résistance du trèfle (*Trifolium alexandrinum*) au déficit hydrique. *Agronomie* 20 : 283-295.
- Mittler R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.*, 7 : 405-410.
- Oihabi A., Perrin R. and Marty F., 1993. Effets des endomycorhizes VA sur la croissance et la nutrition du palmier dattier. *Rev. Rés. Amelio. Prod. Agr. Milieu aride*, 5: 1-9.
- Ouahmane L, Duponnois R, Hafidi M, Kisa M, Boumezouch A, Thioulouse J, Plenchette C. 2006a. Some Mediterranean plant species (*Lavandula* spp. and *Thymus satureioides*) act as potential 'plant nurses' for the early growth of *Cupressus atlantica*. *Plant Ecology* 185: 123–134.
- Ouahmane L, Hafidi M, Plenchette C, Kisa M, Boumezzough A, Thioulouse J, Duponnois R. 2006b. *Lavandula* species as accompanying plants in *Cupressus* replanting strategies: Effect on plant growth, mycorrhizal soil infectivity and soil microbial catabolic diversity. *Applied Soil Ecology* 34: 190–199.
- Ouahmane L., 2007. Rôle des mycorhizes et des plantes compagnes (lavande et thym) sur la croissance du cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica* G.) : conséquences sur la biodiversité rhizosphérique et la réhabilitation des sites dégradés. Thèse de Doctorat National, Fac. Sc. Semlalia, Marrakech : 226 p.
- Pitzschke A., Forzani C. and Hirt H., 2006. Reactive oxygen species signaling in plants. *Antioxid Redox Signal.*, 8 : 1757-1764.
- Plenchette C., 1982. Les endomycorhizes à vesicules et arbuscules (VA) ; un potentiel à exploiter en agriculture. *Phytorrotection* 63 (2) : 86-108.
- Quezel P. and Medail F., 2003. *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris
- Rapparini F. and Peñuelas J., 2014. Mycorrhizal fungi to alleviate drought stress on plant growth. M. Miransari (ed.), *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, Volume 1, DOI: 10.1007/978-1-4614-9466-9. Springer Science, New York: 21-42.
- Requena N., 1997. Mycorrhizal symbiosis and management of the mycorrhizosphere as a tool for the restoration of degraded semi-arid ecosystems. *Recent Res. Devel. Microbiol.*, 1 : 267-276
- Requena N., Jeffries P. and Barea J.M. 1996. Assessment of natural mycorrhizal potential in a desertified semiarid ecosystem. *Appl Environ Microbiol*, 62 : 842-847
- Requena N., Jiménez I., Toro M. and Barea J.M., 1997. Interactions between plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR), arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* spp. in the rhizosphere of *Anthyllis cytisoides*, a model legume for revegetation in mediterranean semi-arid ecosystems. *New Phytologist*, 136 (4) : 667-677
- Reynolds J.F., Virginia R.A. and Cornelius J.M., 1990. Resource island formation associated with the desert shrubs, creosote bush (*Larrea tridentata*) and mesquite (*Prosopis glandulosa*). *Ecology*, 3rd . Ed. W. H. Freeman N.Y. 896p.
- Rivero RM, Kojima M, Gepstein A, Sakakibara H. and Mittler R, 2007. Delayed leaf senescence induces extreme drought tolerance in a flowering plant. *PNAS*, 104 : 19631-19636.
- Roldan A., García-Orenes F. and Lax A., 1994: An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biol. Biochem.*, 26 : 1699-1707.

- Sanguin H., Khouliissa S., Zarik L., H. Grytas, Boumezzough A., Ouahmane L., Hafidi M., Ouhammou M., Prin Y., Dreyfuss B., Cambecede J., Miche L., Gauquelin T. and Duponnois R., 2013. Rôles potentiels de la symbiose mycorhizienne dans la conservation des populations méditerranéennes de Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.). *Ecologia mediterranea*, Vol. 39 (1) : 99-107.
- Smith, S.E. & Read, D.J., 2008. Mycorrhizal symbiosis. Elsevier, London
- Strullu D.G., 1991. Les relations entre les plantes et les champignons. In : Les endomycorhizes des arbres et plantes cultivées. 3ème édition. Lavoisier.
- Thiébault S. and Moatti J.P., 2016. Climate change in the Mediterranean. In "The Mediterranean Region under Climate Change: A Scientific Update". Boo, coordinated by AllEnvi, IRD Éd.s., Marseille (France): pp. 17-19.
- Tisdall J.M., 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. *Aust. J. Soil Res.*, 29 : 729-743.
- van der Heijden M. G. A., 2010. Mycorrhizal fungi reduce nutrient loss. *Ecology* 91, 1163–1171.
- Van der Putten, W.H., Bardgett, R.D., Bever, J.D., Bezemer, T.M., Casper, B.B., Fukami, T. et al. (2013) Plant-soil feedbacks: the past, the present and future challenges. *Journal of Ecology*, 101 , 265 – 276.
- Warren A., Sud Y.C. and Rozanov B., 1996. The future of deserts. *Journal of Arid Environment*, 32 : 75-89.
- Wright, S. F., and A. Upadhyaya.1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* 198:97–107.
- Wright, S.F. and Anderson, R.L., 2000. Aggregate stability and glomalin in alternative crop rotations for the central Great Plains. *Biology and Fertility of Soils*, 31 : 249–253.

Comportement germinatif et ravageurs des graines et des gousses de quelques espèces du genre *Acacia* utilisées dans la réhabilitation des zones arides.

Moulay Ahmed El Alaoui El Fels⁽¹⁾, El Mercht Said⁽²⁾ et Belghazi Tarik⁽²⁾

Résumé

Aujourd'hui, les écosystèmes naturels des zones semi-arides et arides, notamment à bases d'acacia, sont soumis aux différentes formes d'agressions qui mettent en péril leurs pérennités. Le facteur anthropique s'avère le plus déterminant dans cette dégradation et sous lequel se déclenche et s'accélère l'effet destructeurs d'autres facteurs abiotiques (sécheresse, changements climatiques...) et biotiques notamment les insectes ravageurs des gousses et des semences. Ces facteurs constituent une menace réelle sur la biodiversité qui est d'une importance énorme.

De nombreux programmes de réhabilitation des écosystèmes ont été mis en place par le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et la Lute Contre la Désertification. Cependant, pour avoir plus d'efficacité, il est indispensable d'amplifier les efforts en matière de recherche pour améliorer les connaissances des différentes étapes techniques dans la production des plants de qualité, depuis la collecte des semences jusqu'à l'acclimatation des plants en passant par l'entreposage et la germination des semences; maillons essentiels dans tout programme de reboisement.

C'est dans cette vision que s'inscrit la présente étude, qui s'intéresse à apporter une contribution concernant: (i) les traitements de prégermination de quelques espèces d'*Acacia* à savoir *A. gummifera*, *A. raddiana*, *A. cyanophylla* et *A. cyclops*. (ii) l'identification des ravageurs des semences et des gousses qui peuvent décliner de façon drastique la régénération naturelle des acacias.

Mots-clefs : zone aride; *Acacias*; gousses; semences ; prégermination; ravageurs, régénération.

¹ Equipe de Protection et Valorisation des Ressources Végétales – UCA.

² Centre Régional de la Recherche Forestière de Marrakech – HCEFLCD.

1. Introduction

Au Maroc, les acacias, occupant environ 1 011 000 ha (Mhirit, 1999), sont plus répandus au niveau des régions arides et sahariennes du Sud et Sud-Est (figure 1). Ils sont représentés par trois espèces autochtones: *A. gummifera*, *A. raddiana* et *A. ehrenbergiana* et plusieurs espèces introduites notamment : *A. horrida*, *A. cyanophylla* et *A. cyclops*. Aujourd'hui, ce patrimoine forestier a atteint un seuil inquiétant de dégradation et les conséquences sont, souvent, catastrophiques (destruction des sols, appauvrissement de la biodiversité,...). Ainsi, certaines espèces du genre *Acacia*, ayant la capacité d'adaptation à une longue saison de sécheresse, qui peut accéder parfois 10 mois (Noumi, 2010), sont de plus en plus utilisées pour la restauration des sols érodés, des versants des montagnes, ainsi que pour la fixation des dunes. Outre leur contribution à la qualité de l'environnement, les acacias présentent, également, des considérations socio-économiques importantes (bois, production de gomme, fourrage pour le cheptel, plantes aromatiques et médicinales, ...).

Ainsi, pour toute action de reboisement, il est indispensable d'améliorer les connaissances des différentes étapes techniques dans la production des plants de qualité, depuis la collecte des semences jusqu'à l'acclimatation des plants en passant par l'entreposage et la germination.

Le présent travail s'inscrit dans cette optique, il s'intéresse à apporter une contribution concernant :

- le comportement germinatif de quelques espèces d'*Acacia*;
- le diagnostic phytosanitaire des graines et des gousses, surtout qu'au Maroc les travaux sur les ravageurs dévastateurs des semences et des gousses souffrent d'une importante défaillance.



Figure 1. Formations à acacias au Maroc (Source: HCEFLCD)

2. Matériel et Méthode

2.1. Matériel végétal

L'étude du comportement germinatif ainsi que le diagnostic phytosanitaire, a porté sur les semences de quatre espèces d'acacias: *A. radidiana*, *A. gummiifera*, *A. cyanophylla* et *A. cyclops*. Ces semences sont obtenues de la Station Régionale des Semences de Marrakech. Les informations techniques concernant ces semences sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1. Information techniques sur les semences étudiées

Espèces	Quantité obtenue (240 graines)	Date de récolte	Lieu de récolte
<i>A. raddiana</i>	15,50 g	juillet 2010	Tazzarin (Zagora)
<i>A. gummifera</i>	74,88 g	juillet 2008	Mechra Ben Abbou (Settat)
<i>A. cyanophylla</i>	3,12 g	juin 2006	Haut Atlas (Marrakech)
<i>A. cyclops</i>	10,08 g	mai 2011	Azemmor

2.2. Traitements de prégermination

Souvent, les téguments des semences des acacias sont imperméables à l'eau et à l'oxygène (dormance physique) (Werker, 1981; Cavanagh, 1987). Ainsi, il est nécessaire, conformément à plusieurs travaux sur les acacias (Ashraf *et al.*, (2005) et Abari *et al.* (2012)), d'appliquer des prétraitements pour permettre la germination des graines.

Les différents traitements de prégermination préconisés, dans cette étude, sont comme suit:

- 1^{er} prétraitement: consiste à tremper les graines dans l'eau bouillante (100 °C) et à les laisser refroidir durant une heure;
- 2^{ème} prétraitement: trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré à 96 % pendant 1h;
- 3^{ème} prétraitement: scarification mécanique à l'aide de papier à sable (nous avons réalisé une petite entaille, comme il a été recommandé par Orozco-Almanza *et al.*, (2003), au niveau du tégument de la graine du côté opposé au pôle de l'embryon).

Après prétraitement, les graines sont placées dans des boîtes de Pétri contenant du papier Whatman préalablement stérilisé et imbibé d'eau distillée stérile (3 ml pour chaque boîte). Les boîtes ont été, ensuite, incubées à température ambiante (environ 25°C). D'après Grouzis *et al.*, (2003), la germination des graines d'acacias est optimale dans une gamme de températures comprises entre 20 et 35°C. Un apport de 1 ml d'eau distillée stérile est additionnée tous les trois jours. Le suivi et les observations se font chaque deux jours sur une durée de 30 jours.

2.3. Diagnostic phytosanitaire des semences et des gousses

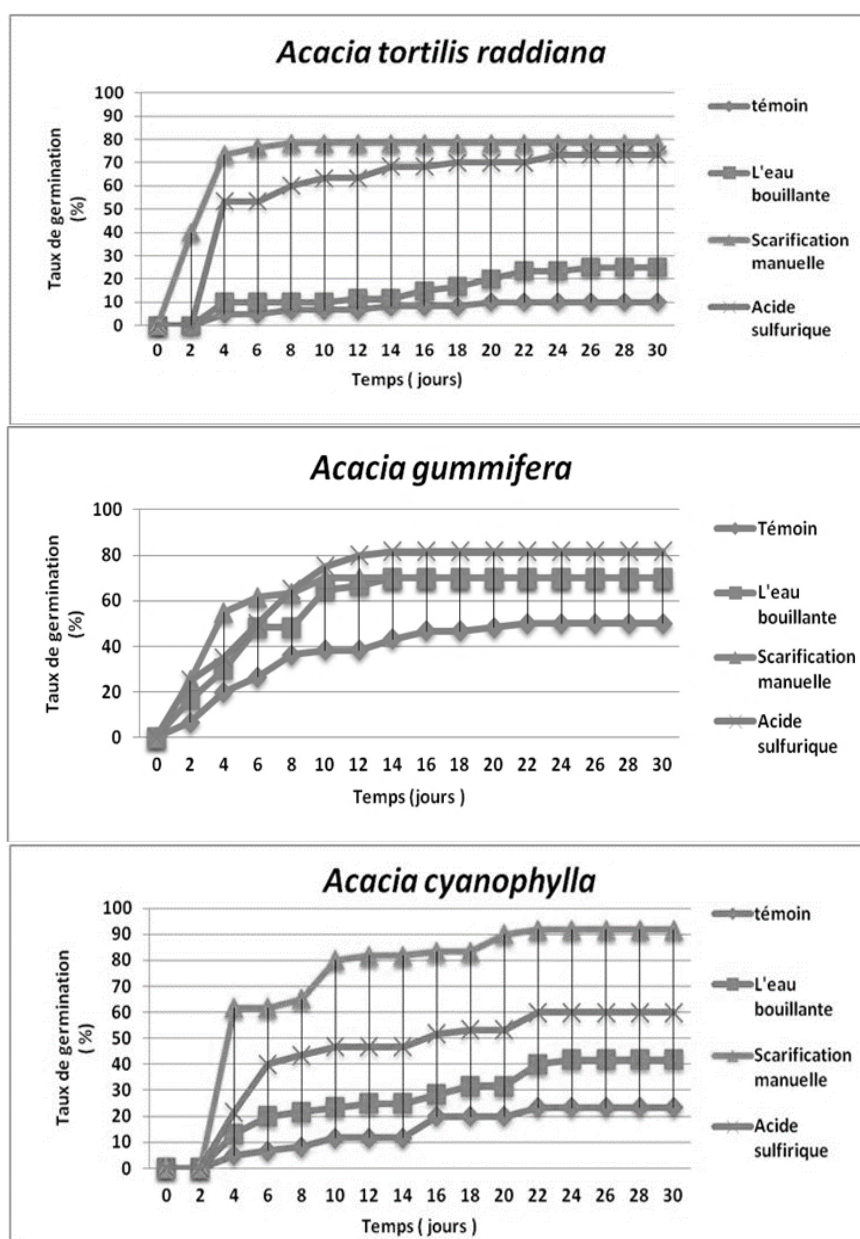
Pour l'étude de l'état sanitaire, en plus des graines obtenues de la Station Régionale des Semences de Marrakech et qui ont été mises dans des boîtes d'élevage en laboratoire, le diagnostic phytosanitaire a porté, également, sur des gousses et des graines que nous avons récoltées dans la réserve de Jbilet.

3. Résultats

3.1. Traitements de prégermination

La figure 2 regroupe les résultats concernant les traitements de prégermination préconisés dans la présente étude.

Le prétraitement chimique à base d'acide sulfurique donne des meilleurs résultats pour , *A.gummifera* (avec un taux de germination de l'ordre de 81,66%) et *A. raddiana* de (avec un taux de l'ordre de 73,33%). Alors que les deux autres espèces *A. cyanophylla* et *A. Cyclops* ont un taux de germination de 60%.



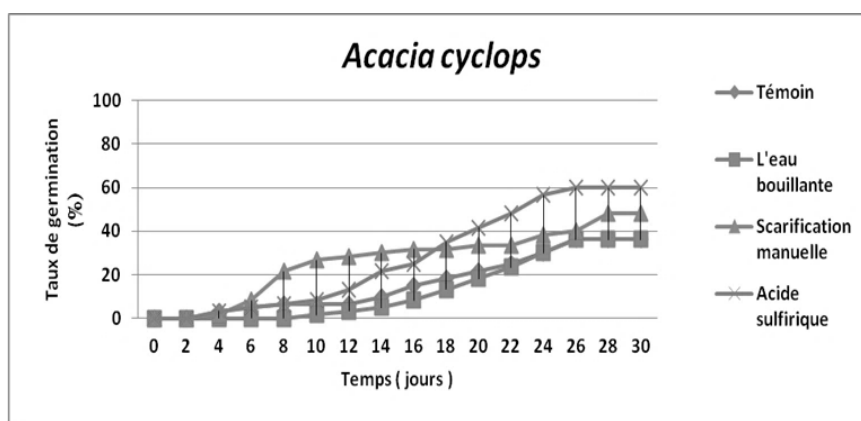


Figure 2. Cinétique et taux de germination des acacias étudiées sous les différents traitements prégermination

La scarification mécanique a engendré les meilleurs taux germination pour *A.cyanophylla* (91,66 %), suivie d'*A.raddiana* (78,33 %), d' *A.gummifera* (70 %). Alors que pour *A.cyclops* le taux de germination de l'ordre de 48.33%.

Pour le traitement avec l'eau bouillant, à l'exception d'*A.gummifera* dont le taux de germination avoisine 70 %, les taux de germination sont relativement faibles pour les trois autres espèces ; *A.raddiana*, *A.cyanophylla*, et *A.cyclops*, avec respectivement un pourcentage de 25%, 36.3%, 41.6%.

Les résultats d'analyse de la variance concernant l'effet du prétraitement sur le taux de germination sont donnés dans le tableau 2. On constate qu'il y a un effet très hautement significatif ($P = 0,000080$). La comparaison multiple des moyennes (Tableau 4) met en évidence l'existence de deux groupes distincts. Le premier groupe composé de l'acide sulfurique et la scarification mécanique et le deuxième constitué de l'eau bouillante et du témoin.

L'interaction prétraitement/espèce n'est pas significatif ($P = 0,241016 > 0.05$) sur le taux de germination des graines. Les graines des quatre espèces réagissent de la même manière aux différents prétraitements et le comportement des espèces dépend étroitement du traitement appliqué.

Tableau 2. Analyse de la variance du taux de germination sous l'effet du Traitement de prégermination

Source des Variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité
Traitement	1,1632	3	0,3877	9,1536	0,00008(***)
Erreur	1,8637	44	0,0423		

Pour conclure, on peut dire que les traitements de prégermination qui permettent d'avoir les meilleurs taux de germination des graines d'Acacia sont ceux qui utilisent l'acide sulfurique ou la scarification mécanique. Le traitement à l'eau bouillante permet cependant d'avoir des résultats moins satisfaisants.

Tableau 3. Comparaison multiple des moyennes des taux de germination des quatre prétraitements.

	T1	T2	T3	T4
T1	1			
T2	0,95	1		
T3	0,012	0,047	1	
T4	0,0003	0,0016	0,603	1

Acide sulfurique = T1 , Scarification = T2 , Eau bouillante= T3 , Témoin = T4

Tableau 4. Analyse de la variance des taux de germination sous l'effet de l'interaction Espèce et prétraitement.

Source des Variations	Somme des carrés	Degré de Liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité
Traitement	1,1632	3	0,3877	12,1849	0,00001 (***)
Espèce	0,4522	3	0,1507	4,7377	0,00760 (***)
Trait*Espèce	0,3932	9	0,0436	1,3730	0,24101(Ns)
Erreur	1,0182	32	0,0318		

3.2. Dignostic phytosanitaire des semences et des gousses

L'examen des graines de la Station Régionale des Semences de Marrakech des quatre espèces étudiées (250 graines d'*A. cyanophylla*, 250 graines d'*A. cyclops*, 250 graines d'*A. Raddiana* et 200 graines d'*A. gummifera*) a permet de ressortir les résultats suivants (figure 4 et figure 5):

- les graines d'*A. cyanophylla* et *A. cyclops* sont indemnes; le taux d'attaque est nul;
- présence des symptômes d'attaque représentés par des trous (1 à 3 trous pour *A. gummifera* et 1 à 2 trous pour *A. raddiana*)

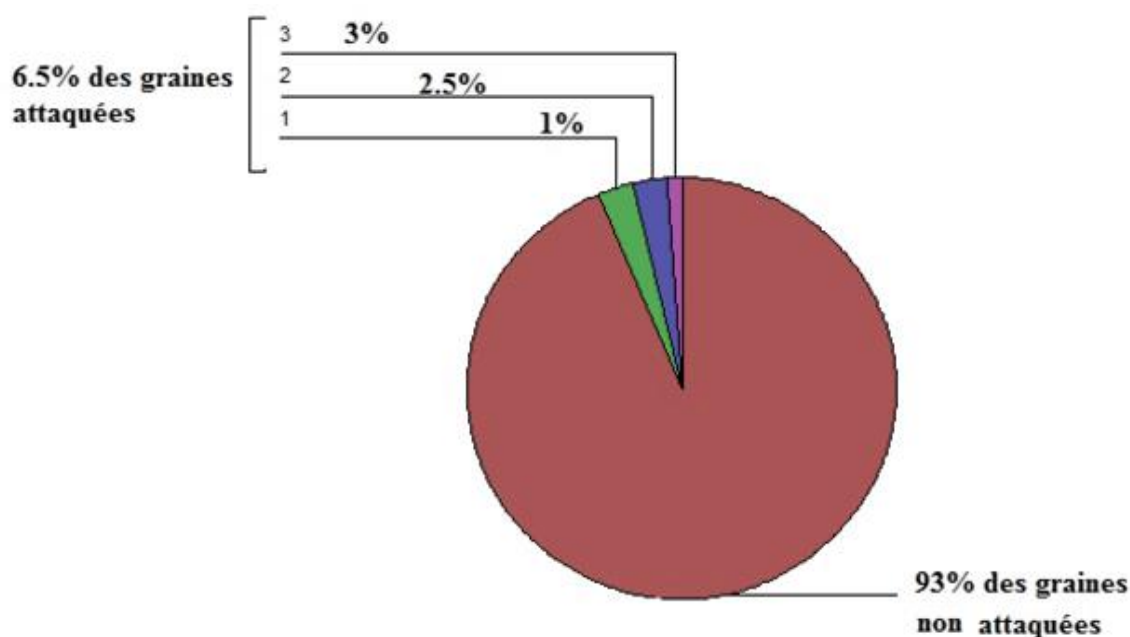


Figure 4. Taux d'attaque et nombre de trous par graine d' *A. gummifera*.

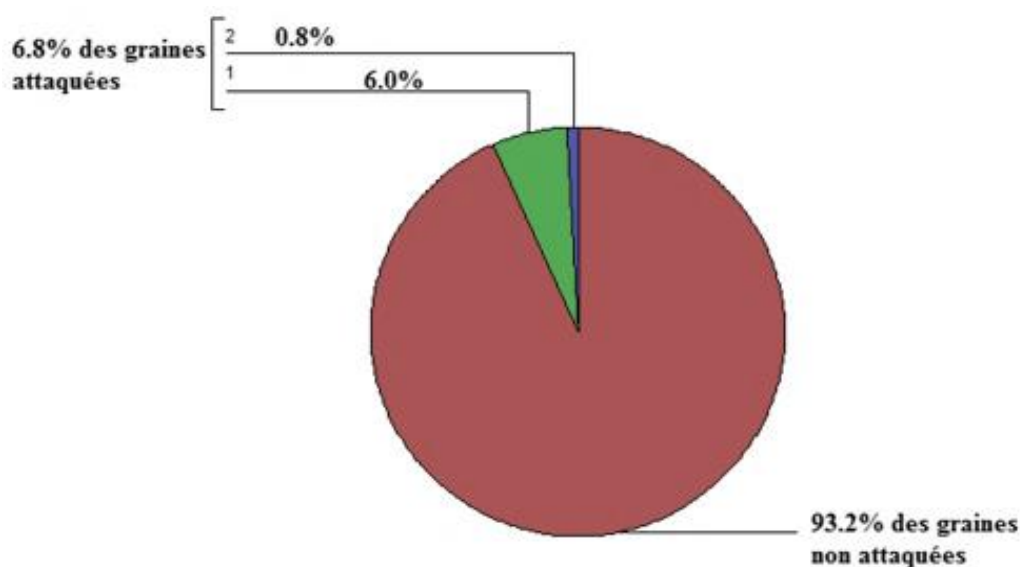


Figure 5. Taux d'attaque et nombre de trous par graines d' *A. raddiana*

Les graines des deux espèces *A. gummifera* et *A. raddiana* présentent un taux d'attaque inférieur à 7 %; il s'agit des graines de la Station Régionale des Semences de Marrakech, graines qui ont subies avant une sélection. Alors que pour des graines récoltées dans la région de Tata le pourcentage d'attaque peut atteindre 61 % (El Alaoui El Fels & El Mercht, non publié).

Les graines attaquées peuvent présenter un, deux ou trois trous de diamètres variables de 0.10 mm à 2.30 mm (Photo3, figure 6).



Photo 3. Graine attaquée d'*A. raddiana*, avec 2 trous

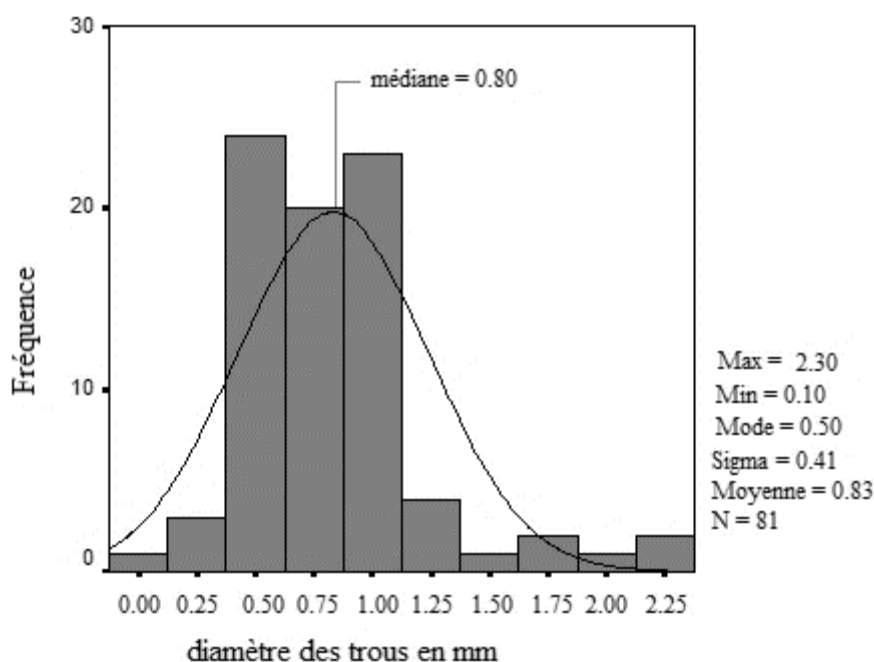


Figure 6. Répartition des fréquences du diamètre des trous des graines attaquées

- Au laboratoire, les ravageurs de ces graines ont été identifiés; il s'agit de deux coléoptères de la famille des Bruchidae (photo 4).
- *Bruchidius raddianae* ; espèce caractérisée par une longueur de l'ordre de 2.9 mm, une largeur de de 1.6 mm, une couleur claire avec des petites taches plus ou moins sombre sur les élytres, un tégument brunâtre et une pubescence élytral avec setal jaunâtre.
- *Bruchidius aurivillius*; espèce définie par une longueur de l'ordre de 2.85 mm, une largeur de l'ordre de 1.5 mm, une couleur sombre (avec des taches noires

sur un fond blanchâtre mêlé de roux et une grosse tache noire à cheval sur les deux élytres) et une pubescence élytrale avec setal blanchâtre.



Photo 4. Vue latérale de *Bruchidius raddianae* (à gauche) et vue dorsale de *Bruchidius aurivillius* (à droite)

Les gousses que nous avons récolté dans la station de Jbilet sont ravagées par un orthoptère qu'on a identifié : *Eugaster spinulosus* (photos 5 et 6) qui se caractérise par :

- une longueur de 50 à 60 mm avec une coloration variée de noir et de jaunâtre, l'abdomen présentent des rangées très régulières de taches jaunes;
- le thorax rugueux, fortement ponctué; coloration générale plus foncées;
- des épines du pronotum plus épaisses et moins régulièrement coniques; ponctuation du pronotum moins grossières;
- des épines de la métazone sont courtes et épaisses;
- pattes entièrement noires.

Nous avons constaté que les attaques de cet orthoptère peuvent atteindre 43 % des gousses prélevées dans la station de Jbilet (mai 2014).



Photo 5. *Eugaster spinulosus*, A : femelle, B : mâle.



Photo 6. *Eugaster spinulosus* et dégâts au niveau des gousses.

4. Discussion

Concernant les traitements de prégermination, le traitement chimique avec acide sulfurique concentré (96 %) pendant une heure et la scarification mécanique permettent d'avoir les taux de germination plus importants. En effet, avec le traitement

chimique on a un taux de germination d'environ 82 % pour l'*A. gummifera* et avec la scarification mécanique ce taux est d'environ 92 % pour les graines d'*A. cyanophylla*. Ces résultats concordent avec ceux de Teketay (1998) qui a démontré que la scarification mécanique des graines de *A. origena* et *A. pilispina*, assure une germination de 100 %. Selon le même auteur (Teketay, 1998), le trempage des graines, d'*A. pilispina* et d'*A. origena*, dans l'acide sulfurique (pendant 1h, 1h 30min et 2H), permet d'avoir un taux de germination supérieur à 95 %. Les travaux de Rodrigues et al., (2008) ont également démontré que le trempage des graines de *A. mangium* dans l'acide sulfurique pendant 1h 30 min, étaient les plus efficaces pour lever la dormance des graines, cela est dû au ramollissement du tégument qui augmente la perméabilité de la couche de l'endocarpe (Rostami et al., 2009). En outre, selon les résultats obtenus, on remarque que le délai de germination des graines varie selon les espèces et les traitements. Ainsi, ce délai de germination est de l'ordre de 2 jours pour les espèces *A. gummifera* et *A. raddiana* tandis qu'il est de 4 jours pour les deux autres espèces. Il est à noter que le prétraitement eau bouillante, allonge le délai de germination jusqu'à 10 jours chez les graines d'*A. cyclops*.

Ainsi, nos résultats concordent avec ceux de nombreux auteurs (Teketay 1998; Sy et al., 200; Venier et al., 2012a ; Venier et al., 2012b), sur l'efficacité des prétraitements, notamment la scarification mécanique et l'acide sulfurique et leur action sur le tégument dur des graines des acacias connu sous le nom de dormance physique.

Concernant le diagnostic phytosanitaire des graines et des gousses, nous avons noté que les graines de banque de semences analysées des deux espèces *A. cyclops* et *A. cyanophylla*, sont indemnes. En revanche, les graines des mêmes espèces, provenant de la Tunisie sont forement attaquées avec un taux d'infestation de l'ordre de 77,5% (El Alaoui El Fels et Benjamâa, non publié). Ceci souligne l'importance des ravageurs qui limitent de façon drastique la régénération naturelle des acacias (Noumi, 2010)

Les graines d'*A. gummifera* et d'*A. raddiana*, nous avons noté un taux d'attaque des graines respectivement de 6.5% et 6.8%, Vu que ces graines proviennent de la Station Régionale des Semences de Marrakech, le taux d'infestation est faible. Ces attaques sont provoquées par deux coléoptères de la famille des bruchidae dont les adultes entretiennent des relations trophiques avec leurs hôtes, qui sont utilisés comme support de reproduction et moyen de dissémination Janzen (1969).

Pour les gousses récoltées au niveau de la réserve de Jbilet, toutes les gousses présentent des trous de sorties des bruches (de 1 jusqu'à 9 trous par gousse) et le taux d'attaque des graines est de l'ordre de 61,3 %.

Concernant les gousses nous avons noté qu'au niveau de certains pieds d'*Acacia gummifera*, les dommages de l'*Eugaster spinulosus*, peut atteindre 100 % (toutes les gousses présentent des symptômes d'attaque de ce ravageur en mai). D'après Mazih (1997), qui a travaillé sur une espèce voisine *Eugaster guyoni*, la préférence alimentaire semble être déterminée par le besoin en eau de l'insecte. Ainsi concernant notre espèce, en avril, nous l'avons observée au niveau de la strate herbacée. Or en mai, après que cette strate est devenue sèche, l'*Eugaster spinulosus* a été repéré sur les acacias, se nourrissant des gousses et des graines encore tendres.

5. Conclusion

Les acacias, occupant plus de 1 000 000 ha, constituent un patrimoine national naturel important et pourrait assurément contribuer à la fois aux moyens de subsistance des populations locales et à la qualité de l'environnement (amélioration de la disponibilité en eau et en nutriments du sol (Coughenour et al., 1990; Bernhard-Reversat, 1982; Abdallah et al., 2008; Noumi et al., 2010).

A l'heure actuelle, les zones semi-arides et arides, sont caractérisées par des conditions climatiques contraignantes. Ainsi, ces acacias présentent un fort potentiel dans les programmes de reboisement. Toutefois, il est indispensable d'assurer une grande réussite de ces programmes et ceci nécessite la maîtrise des différentes étapes de la production des plants de qualité. Notre contribution, par le présent travail, a noté l'importance de la scarification mécanique et le traitement chimique des graines qui améliorent d'une façon notable la germination. Aussi, ceci doit être pris en considération par les gestionnaires.

Enfin, la présence des ravageurs dévastateurs des graines en entreposage ou encore en milieux naturels, pourrait compromettre la régénération naturelle de ces essences comme il a été signalé par plusieurs auteurs (Halevy, 1974; Ashkenazi, 1995; Derbel et al., 2007; Noumi, 2010). Vue le manque important au Maroc concernant les ravageurs des gousses et des graines d'*Acacia* constitue une première et ouvre des pistes pour des recherches plus spécialisées dans cet axe.

Références bibliographiques

- Abari, A. ; Nasr, M. ; Hodjati, M. ; Bayat, D. And Radmehr, M. (2012). "Maximizing Seed Germination In Two Acacia Species." Journal Of Forestry Research 23(2): 241-244.
- Abbdallah, F., Noumi, Z., Ouled-Belgacem, A., Michalet, R., Touzard, B., Chaieb, M. (2010). *Acacia gerardii* ssp. *negavensis*. Israel Journal of Botany 21, 197-208.

- Ashraf, M. And Foolad, M. R. (2005). Pre-Sowing Seed Treatment—A Shotgun Approach To Improve Germination, Plant Growth, And Crop Yield Under Saline And Non-Saline Conditions. *Advances In Agronomy*. L. S. Donald, Academic Press. Volume 88: 223-271.
- Bernhard-Reversat, 1982; Bernhard-Reversat, F. (1982). Biogeochemical cycles of nitrogen in a semi-arid savanna. *Oikos* 38, 321-332.
- Cavanagh AK. (1987). Germination of hard-seeded species (Order Fabales). In : Langkamp P, ed. Germination of Australian native plant seed. Melbourne : Inkata Press, 58±70, 199±206
- Derbel G., Noumi Z., Anton and M chaieb, (2007). cycle de vie de la raddiana coléoptère de Bruchidius et la prédation des graines de subsp, raddiana de l'acacia en tunisie, *Comptes Rendus biologie*, 330, 49-54p.
- Grouzis M., et Le Floch (2003). Un arbre au désert, *Acacia raddiana*. Éditeurs scientifiques, 313p.
- Grouzis, M. And Floch, É. L. (2003). Un Arbre Au Désert: *Acacia Raddiana*, Institut De Recherche Pour Le Développement Editions.
- Halevy, G., and Orshan, C. (1972). Ecological studies of *Acacia raddiana*, *Acacia tortilis* and Janzen D.H. (1969), Birds and the ant × acacia interaction in Central America; with notes on birds and other myrmecophytes. *Condor* 71, pp.240–56.
- Maeih A. (1007). Le régime alimentaire et ses variations saisonnières chez *Eugaster guyoni fernandezi* BOL. (*Orthoptera, Tettigoniidae*) du Maroc. *Actes Inst. Agron. Veto (Maroc)* , Vol. 17 (4): 217-226
- M'hirit O. (1999). Les écosystèmes forestiers in Le grand livre de la forêt marocaine. Sprimont, Belgique: Editions Mardaga. 54-61p.
- Noumi Z. (2010). Structures du peuplement, réponses et effets biologiques et environnementaux. Ouvrage publié avec le soutien de Roselt, 251p.
- Orozco-Almanza, M. A. S. ; De Le n-Garc a, L. P. ; Grether, R. And Garc a-Moya, E. (2003). "Germination Of Four Species Of The Genus *Mimosa* (Leguminosae) In A Semi-Arid Zone Of Central Mexico." *Journal Of Arid Environments* 55(1): 75-92.
- Rodrigues, A. P. D. C. ; Kohl, M. C. ; Pedrinho, D. R. ; Arias, E. R. A. And Favero, S. (2008). "Treatments To Overcome Dormancy Of *Acacia Mangium* Seeds." *Acta Scientiarum - Agronomy* 30(2): 279-283.
- Rostami, A. And Shahsavari, A. (2009). "Effects Of Seed Scarification On Seed Germination And Early Growth Of Olive Seedlings." *Journal Of Biological Science* 9(8): 825-828
- Sy, A. ; Grouzis, M. And Danthu, P. (2001). "Seed Germination Of Seven Sahelian Legume Species." *Journal Of Arid Environments* 49(4): 875-882.
- Teketay, D. (1998). "Germination Of *Acacia Origina*, *A. Pilispina* And *Pterolobium Stellatum* In Response To Different Pre-Sowing Seed Treatments, Temperature And Light." *Journal Of Arid Environments* 38: 551–560.
- Venier, P. ; Carrizo-García, C. ; Cabido, M. And Funes, G. (2012a). "Survival And Germination Of Three Hard-Seeded *Acacia* Species After Simulated Cattle Ingestion: The Importance Of The Seed Coat Structure." *South African Journal Of Botany* 79(0): 19-24.

- Venier, P. ; Funes, G. And Carrizo-García, C. (2012b). "Physical Dormancy And Histological Features Of Seeds Of Five Acacia Species (Fabaceae) From Xerophytic Forests In Central Argentina." *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology Of Plants* 207(1): 39-46.
- Weindner H. et Rack G. (1971), "Bestimmungstabellen der Vorratsschadlinge und des Hausungeziefers", *Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) service* 13, Section 132, p 8.
- Werker, 1981; Seed dormancy as explained by the anatomy of embryo envelopes. *Israel J. Bot* , 29 22-44.

Remerciements

Nous remercions Mr. A. BenatiK et Mr Chraa du Centre Régional de la Recherche Forestière de Marrakech (HCEFLCD) pour leur collaboration

Changement climatique et restauration des écosystèmes forestiers marocains : apport de la modélisation de la distribution d'espèces (chêne liège).

Said Moukrim^(1,2), Said Lahssini⁽³⁾, Mustapha Naggar⁽²⁾, Farid El Wahidi⁽⁴⁾, Hicham Alaoui Mharzi⁽²⁾, Moustapha Arahou⁽¹⁾ et Laïla Rhazi⁽¹⁾

Résumé

La compréhension des impacts des changements climatiques sur les écosystèmes constitue un préalable nécessaire à toute réflexion sous-tendant la réhabilitation ou la restauration des écosystèmes forestiers et le maintien des services écosystémiques qu'ils offrent. Le présent travail vise l'évaluation de l'impact des changements climatiques sur la distribution potentielle du chêne liège (formation forestière des bioclimats arides, semi-aride et subhumides) et la réponse du milieu aux opérations de réhabilitation envisageables.. Cette étude s'est basée sur le recours aux algorithmes d'apprentissage (Random Forest). Les projections futures du scénario, dit optimiste, de changements climatiques ont été utilisées pour prédire le comportement de l'espèce étudiée, les taux de réussite des opérations de réhabilitation envisageables. Ainsi, l'analyse de la carte de prévisions des taux de réussites des plantations futures a révélé que les changements climatiques entraîneront une altération significative de ces taux, ce qui pourrait remettre en cause les choix actuels des opérations de restauration entreprises et appel à revoir les techniques adoptées.

Mots-clés : Restauration Ecologique, Changements Climatiques, Modélisation de la Distribution des Espèces, Random Forest, Chêne Liège.

¹ Université Mohammed V de Rabat, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique, Mycologie et Environnement, Avenue Ibn-Battouta B.P. 1014 RP, Rabat, Maroc ; maildemoukrim@gmail.com

² Département des Eaux et Forêts, 3 rue Harroun Errachid, Agdal. Rabat, Maroc ;

³ Ecole Nationale Forestière des Ingénieurs, BP. 511. Tabrikt, 11000, Salé, Maroc ;

⁴ Université Cadi Ayyad, Département de Géographie, Marrakech.

1. Introduction

Les perspectives de changements climatiques, les changements de la perception de la nature, le besoin d'inverser les processus de dégradation, d'améliorer les services écosystémiques et de maintenir et restaurer la richesse en biodiversité ont tous imposé, le recours à la pratique de la restauration écologique (MEA, 2005 ; Young *et al.*, 2005 ; Harris *et al.*, 2006 ; Hobbs *et al.*, 2011; Bullock *et al.*, 2011 ; Aronson & Alexander 2013). Cette restauration est ainsi considérée comme un créateur de ponts vitaux pour atteindre une multiplicité d'objectifs complémentaires : i) protéger le précieux capital naturel (biodiversité), ii) combattre la dégradation des sols et la désertification ; iii) réduire la pauvreté, les inégalités sociales et instaurer un développement inclusif et soutenable ; et iv) mitiger et s'adapter aux changements climatiques (Aronson & Alexander 2013).

L'engouement pour la restauration écologique, depuis les dernières décennies, vient pour concrétiser des efforts nationaux et des engagements supranationaux (Bullock *et al.*, 2011 ; CBD, 2010 ; EC, 2013 ; Hagen *et al.*, 2013) notamment le quinzième objectif du plan stratégique de la convention sur la diversité biologique (CDB) arrêtés à Aichi en 2010 (CDB, 2010), relatif à la restauration d'au moins 15% des écosystèmes dégradés à l'horizon 2020. Ainsi que les différents appels pressant aux parties prenantes et aux partenaires (Défi de Bonn en 2011, Appel de Hyderabad en 2012) pour opérationnaliser et œuvrer activement à la réalisation de cet objectif (Aronson & Alexander 2013 ; Saint-Laurent, 2015).

Dans le contexte marocain, où les écosystèmes forestiers sont présents dans une zone qui constitue le troisième hot spot de la biodiversité le plus riche du monde en termes de diversité végétale (Mittermeier *et al.* 2004), la dégradation prononcée de ces espaces est la résultante de la conjonction de plusieurs facteurs. En effet, 90% du territoire Marocain est aride. Les prélèvements aussi bien en bois de feu qu'en unités fourragères dépassent les capacités productives (HCEFLCD, 2016). Cette dégradation se décline par une régression de la superficie forestière (FAO, 2015), une érosion des sols entraînant l'envasement des barrages et les pertes de leur capacité de stockage (PANBV, 1996). Les coûts annuels qui leurs sont associées ne cessent d'augmenter (Moufaddal, 2007). Dans ce contexte, la restauration des écosystèmes forestiers s'avère comme une approche post hoc pour inverser cette situation de dégradation et impose l'urgente nécessité d'adopter un ambitieux programme d'activités restauratrices des écosystèmes forestiers et ce, afin de promouvoir la biodiversité et d'améliorer la provision des services écosystémiques.

Aussi, les changements climatiques annonceraient pour le Maroc des tendances à la hausse des températures et à la réduction des volumes des pluies et des journées pluvieuses (GIEC, 2007; MDCE, 2016). Ces changements associés aux pressions humaines auront des conséquences profondes sur les écosystèmes naturels comprenant : i- la réduction de la capacité des écosystèmes à fournir des biens et des services, ii- l'altération de l'aire de distribution des espèces et iii- l'accentuation des risques des phénomènes extrêmes (Schröter et *al.*, 2005; IPCC, 2014). Ces changements constitueront un important défi pour les gestionnaires forestiers et imposent, pour réussir des activités restauratrices des écosystèmes forestiers, de tenir compte des défis qu'ils constituent et d'entreprendre à leur lumière des actions de réhabilitation et de restauration qui allient, sur le plan technique, des : i) choix, ii) intensités et/ou efforts et iii) temporalités convenables.

C'est dans cette perspective que s'inscrit ce travail qui se base sur le recours à un modèle de distribution d'espèces préalablement développé pour le Chêne liège (Lahssini et *al.*, 2015), pour i) analyser le comportement futur de l'espèce étudiée, ii) en discuter l'impact du changement climatique sur les activités restauratrices à entreprendre et iii) ouvrir les perspectives d'une restauration écologique concertée en répondant à la question centrale de comment transformer les activités humaines en des moyens de restauration des écosystèmes?

2. Matériel et Méthodes

2.1. Espèce concernée et zone d'étude

L'étude a concerné le chêne liège (*Quercus suber*), une espèce de la Méditerranée occidentale. Au Maroc, il s'étend sur 367 000ha (IFN, 2005) et se présente au niveau des bioclimats semi-aride, sub-humide, humide et perhumide, chaud à froid, dans les plaines et basses montagnes siliceuses nord-atlantiques (Aafi et *al.*, 2002).

La forêt de la Maâmora a été retenue comme zone d'étude (figure 1). Elle s'étend sur une superficie de 132 000 ha (HCEFLCD, 2012), dont 65 600 ha de chêne liège et 66 400 ha réparties entre « Eucalyptus, Acacia, Pins et vides ». Située dans l'étage bioclimatique semi-aride, le chêne liège s'y trouve à la limite de son aire de répartition naturelle, ce qui le rend particulièrement sensible (Natividade, 1956). Suite à des considérations économiques, des peuplements clairsemés de chêne liège ont été convertis durant la période allant de 1950 à 1990 en peuplements artificiels d'Eucalyptus, d'Acacia et de Pins. La forêt de la Mâamora occupe une place privilégiée

et joue plusieurs rôles sur les plans environnemental, économique et social (El Mokaddem, 2016).

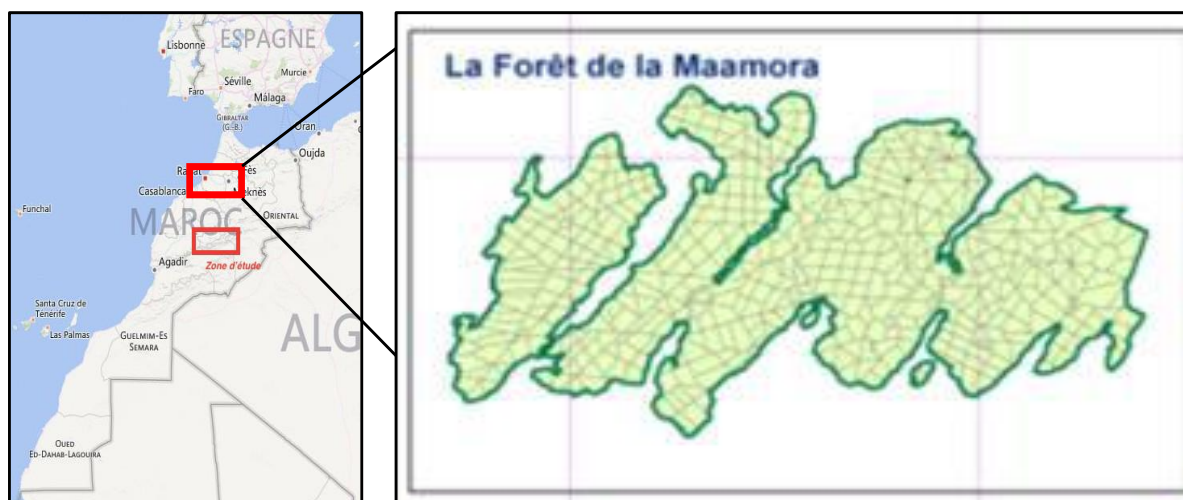


Figure 1. Localisation de la zone d'étude (source: <http://www.bing.com/maps>)

2.2. Méthodes

Ce travail s'est basé sur un modèle spatial qui a été ajusté préalablement (Lahssini *et al.*, 2015). Ceci se base sur le recours à la modélisation de la distribution d'espèces (SDM) qui représente un excellent outil de prédiction en écologie permettant de contribuer à l'évaluation de la biodiversité des milieux naturels, de faciliter le choix des espèces de reboisement ou d'en appréhender le comportement dans un contexte de changements climatiques (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006; Austin, 2007; Kumar & Stohlgren, 2009; Franklin, 2009; Peterson & Soberon, 2012). La démarche opérationnelle s'y rapportant se base sur : i) la caractérisation biophysique et climatique des sites objet de l'étude, ii) l'identification des points de présence/absence de l'espèce, iii) l'entraînement du modèle et sa validation et iv) l'utilisation du modèle pour prédire, en tout point de l'espace, la probabilité d'occurrence de l'espèce ou l'aptitude du milieu à offrir à l'espèce considérée les conditions favorables, actuelle et future, à son développement.

2.3. Données mobilisées

Le jeu de données utilisé comprend : i) la cartographie récente de l'espèce étudiée dans son aire de distribution (HCEFLCD, 2012) ; ii) la cartographie de tous les périmètres de régénération par gland en tenant compte des taux de réussite qui y étaient observés iii) les 19 variables bioclimatiques extraites de la base de données Worldclim (Hijmans *et al.*, 2005) et qui contribuent le plus dans l'explication de la distribution des espèces en général; et iv) les variables biophysiques documentées comme ayant une

part d'influence sur les taux de réussite enregistrés pour le Chêne liège ont été retenues, notamment, l'altitude, la pente et la profondeur du plancher argileux (Lahssini *et al.*, 2015).

Les projections futures des 19 variables bioclimatiques ont été calculées comme la moyenne de projections issues de 11 GCM (Modèles de Circulation Générale) relatifs au scénario de changement climatique dit optimiste "RCP 2.6". Le choix de ce scénario de changements climatiques future trouve son fondement dans le fait que la plupart des pays, essentiellement les principaux pollueurs, ont signé l'accord de Paris, adopté en décembre 2015 au terme de la COP 21 et ils se sont engagés à œuvrer pour maintenir le climat terrestre sous le seuil de 1,5°C de réchauffement.

2.4. Outils

Le SIG (Qgis, 2016) a été essentiellement utilisé pour la préparation et la présentation des résultats. La préparation des données consiste à les rapporter à la même emprise et résolution spatiales et au même système de projection. En fonction des temporalités d'expression des variables climatiques, des agrégations et/ou des réductions d'échelles ont été, parfois, nécessaires. Ainsi, le langage R (R Development Core Team, 2015) a été retenu pour l'extraction des données et la réalisation des analyses et statistiques zonales (à l'aide des packages Raster et Rgdal).

3. Résultats et Discussions

3.1. Projections futures

3.1.1. Résultats des modèles

La qualité prédictive du modèle utilisé a été évaluée par des techniques de rééchantillonnage, soit une estimation de l'erreur OOB (Out-Of-Bag) de 8,4% associée à la prédiction du taux de réussite des travaux de réhabilitation de chêne liège envisageables. Ce qui témoigne de l'excellente qualité du modèle.

Les résultats obtenus par l'utilisation des données bioclimatiques futures pour le scénario RCP2.6 consistent en une première carte de probabilité continue montrant les prévisions futures des taux de réussite des opérations de plantation de chêne liège dans la forêt de la Maamora (figure 2).

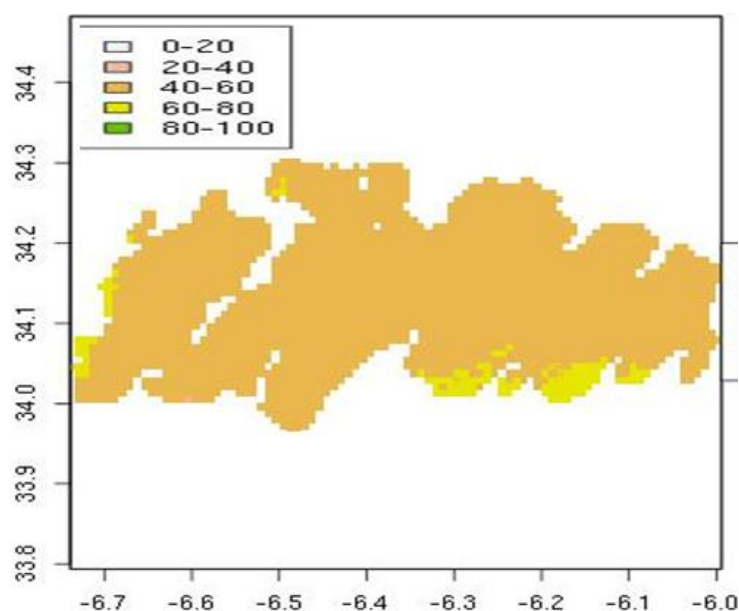


Figure 2. Carte des prévisions des taux de réussite attendus des travaux de réhabilitation du chêne liège (en %) dans la Mâamora à l'horizon 2050.

3.1.2. Impact sur les activités restauratrices

L'analyse des résultats de la figure 2 et des résultats déjà présentés dans les travaux antérieurs (Lahssini, 2015), relatifs aux taux de réussite des travaux de régénération sous les conditions climatiques actuelles, permet de relever que le changement climatique entrainera une baisse significative des taux de réussite des plantations dans 46,20% du territoire de la forêt de Mâamora. En revanche, dans 28,24% de la zone d'étude, le taux de réussite des plantations ne sera pas impacté par les changements climatiques et 25,56% connaîtra une amélioration des taux de réussites futures.

Actuellement, des activités « désignées comme restauratrices des écosystèmes » sont entreprises dans cette zone, avec une programmation annuelle des travaux de régénération sur une moyenne de plus de 1.400 ha de chêne liège. Toutefois, les changements climatiques imposeraient, outre les difficultés actuelles, de nouvelles contraintes pour le gestionnaire, ce qui pourrait rendre difficile l'atteinte des objectifs assignés à ces opérations et de remettre en cause, par la suite, les choix actuels de restauration, entreprises par l'administration. Dans ce sens, il y aurait lieu d'agir avec des intensités appropriées, de revisiter les choix des espèces et des zones d'intervention et d'adopter des temporalités plus propices. Dans ce sens, la carte obtenue permettra de clarifier le choix des sites les plus appropriés pour la plantation de cette espèce dans la zone d'étude. Elle constituera un bon outil à la disposition du gestionnaire pour mieux raisonner l'intensité des interventions et pour modéliser les efforts en fonction des difficultés stationnelles. Ainsi, dans les zones où l'aptitude du

milieu est meilleure, les gestionnaires peuvent se contenter des techniques actuelles. Là où les difficultés se présentent, il y aura lieu d'adopter des techniques permettant d'assurer aux jeunes plants un avantage compétitif initial et de maintenir cet avantage, du moins pendant les trois à quatre compagnes qui suivent son installation.

3.2. Quelle restauration des écosystèmes forestiers dans un contexte de changement climatique ?

Au Maroc, les pratiques forestières sont passées par plusieurs stades, en privilégiant une nature sécurisée, boisée voir parfois avec un effort de domestication. Ceci a été conduit en reléguant parfois le facteur humain à une contrainte, à s'en passer ou à gérer. Dans un premier temps, une vision productiviste a été assignée à la forêt et ce en omettant les populations qui en dépendaient et qui vivaient dans son voisinage et dont les traditions, droits et usages en ont façonné l'état et la composition. Ensuite, des politiques ambitieuses de reboisement, puis de protection des écosystèmes forestiers ont été confrontées à une population accusée de surexploiter les ressources forestières et de compromettre le devenir des écosystèmes.

L'usage du vocable restauration au Maroc peut désigner différentes activités sous-tendant le reboisement et la réhabilitation des écosystèmes forestiers. Actuellement, son utilisation est en marge d'une volonté de mettre en avant l'approche écosystemique. Néanmoins, des confusions sont souvent relevées dans les approches préconisées et ce, entre les différents concepts désignant les activités restauratrices, sans toutefois nuancer entre les activités de reboisement, de régénération, de remédiation, de récupération, de réhabilitation et de restauration. Pour clarifier les propos, la restauration écologique est considérée comme « *le processus qui assiste l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit* » (S.E.R, 2004). Loin d'être une action ponctuelle dans le temps, il s'agit d'un processus qui vise de rétablir les caractéristiques de l'écosystème, notamment la biodiversité et les fonctions écologiques qui y prévalaient avant sa dégradation (Bradshaw, 1987) sans pour autant omettre le dynamisme de l'écosystème cible qui doit disposer de facultés d'auto-maintenance et de résilience face aux perturbations extérieures naturelles ou anthropiques. Etant un processus, la mise en œuvre de la restauration écologique, est sous-jacente à la mise en place d'une gestion adaptative qui se base sur l'évaluation continue des actions et l'apport, si-besoin, d'actions correctives (Vallauri et *al.*, 2005).

Pour les écosystèmes marocains qui sont fortement anthropisés et dégradés, et en l'absence de situation de référence, il est plutôt judicieux d'adopter des activités

restaauratrices, visant le maintien du capital naturel tout en promouvant le capital social.

3.3. Vers l'intégration : implication des parties prenantes

Les territoires abritant les écosystèmes forestiers sont généralement marginalisés et caractérisés par la précarité des populations qui y vivent et par leur dépendance vis-à-vis des ressources naturelles. La gestion forestière s'en trouve ainsi entachée avec une prévalence de rapports tendus entre populations et gestionnaires. Dans ces situations, il n'est guère facile de prendre des décisions acceptées socialement ni d'impliquer effectivement les différentes parties prenantes. Le Programme Forestier National a clairement souligné la nécessité de mettre en œuvre l'approche partenariale et la participation active des populations locales (PFN, 1999). Aussi, pour changer les rapports, diverses projets et expériences pilotes ont été conduites pour l'implication des populations dans les efforts de restauration des écosystèmes. Les approches prônées, dans le cadre desdits projets, ne constituaient pas la règle et les projets de reforestation se trouvent le plus souvent confrontés à des refus de la part des populations locales conduisant à leur report voir même, à leur annulation. Face à cette situation, le développement d'activités de restauration écologique intégrées, voir concertée en tenant compte des avis des différentes composantes de la population est fortement recherché (Derak et al. 2016).

Cette perspective a été largement facilitée par la mise sur rail du mécanisme de compensation pour mise en défens. Ce dernier constitue l'une des principales mesures d'accompagnement efficaces aux activités restauratrices concertées des écosystèmes forestiers où la problématique sociale constitue clairement un objectif à part entier et ce, à travers la mise en défens concertée du domaine forestier avec l'exclusion du pâturage et l'octroi d'une compensation pour les populations concernées (Lahssini & Vanuxem, 2016 ; Lahssini et al., 2016). Aussi, cet outil apporte une réponse à la question foncière et pourrait être appréhendé comme s'inscrivant dans la lignée de l'appel de Hyderabad et au challenge de Bonn où la participation de la population est une condition pour le succès et pour la durabilité des actions de restauration (Alexander et al. 2011; Brancalion et al. 2012, 2013; Aronson & Alexander 2013).

Cet exemple impressionnant de restauration des écosystèmes forestiers, parfois dans un processus auto-initié, a permis la création de plus de 22 associations sylvopastorales pour la gestion concertée des mises en défens dans la forêt de la Mâamora. Ceci montre que promouvoir la reconstitution des écosystèmes et de la biodiversité, par l'implication des populations dans la gestion des ressources naturelles est un

processus social qui ne peut pas s'en passer de la concertation et de l'implication de la population, dans le cadre d'une vision globale, au cœur d'elle, se trouvait non seulement l'exigence de sauvegarder les biens et services forestiers existant, mais aussi celle de les restaurer là où ils faisaient défaut. Ainsi, cette conformité aux normes sociales s'avère intéressante pour la restauration de la nature dans le cadre d'une approche intégrée où le paysage tient de plus en plus de place.

3.4. Vers une perspective de restauration paysagère

Les questions fondamentales qui dominaient l'agenda forestier international et façonnaient les politiques nationales, en fin des années 90, étaient la protection et la gestion durable des forêts aménagées (Vallauri, 2002). Toutefois, lors de la réunion sur la foresterie tenue en 2000 à Ségovie en Espagne où l'expression «restauration des paysages forestiers» a été forgée (Vallauri, 2002), et a été définie comme *«un processus planifié visant à récupérer une intégrité écologique et à accroître le bien-être humain dans les paysages forestiers déboisés ou dégradés»*. Les premiers défenseurs de l'approche paysagère ont mis l'accent sur l'importance d'aborder la gestion territoriale comme vision plus globale qu'un simple ensemble d'interventions techniques au niveau des sites bien définis, et ont souligné en particulier les opportunités que cela pouvait représenter en permettant d'offrir simultanément de multiples avantages à l'échelle du paysage (Maginnis et al., 2004). Ce concept s'appuie sur des approches intersectorielles et globales touchant de multiples domaines d'action, notamment l'évaluation de la dégradation du paysage et les opportunités de restauration présentes (institutionnel, politiques, réglementations gouvernance, technologies et approches), tout en s'assurant que les différents domaines d'action sont reliés au fur et à mesure que le processus avance.

En Afrique du Nord, les plus importantes causes de la dégradation des paysages forestiers sont le surpâturage, le ramassage de bois de feu, les délits de coupe et les feux non contrôlés (Kissinger et al., 2012 ; Mharzi, 2015 ; HCEFLCD, 2016). Aussi, vu la position géographique de la Mâamora, cette forêt a été largement sollicitée pour l'installation des infrastructures de bases (autoroutes, écoles, extension des villes avoisinantes...). La superficie concernée par la distraction dépassait les 4.500 ha du domaine forestier (HCEFLCD, 2012), ce qui a engendré principalement, une altération de la continuité écopaysagère.

Ainsi, des efforts sont nécessaires à l'échelle du paysage, en vue de gérer l'ensemble du système et non ses simples composantes individuelles. Si sur le plan biophysique, les dimensions « composition et continuité spatiale et temporelle » sont importantes,

il en va sans dire que les facteurs socioéconomiques intervenant dans la dégradation et la perte d'habitats de même que dans la restauration de ces écosystèmes jouissent d'une première importance et méritent d'être considérés avec toute l'attention nécessaire.

4. Conclusion

L'ensemble des résultats présentés dans cet article montre que l'utilisation des algorithmes d'apprentissage s'avère être une passerelle pratique pour le choix et l'adaptation des stratégies de restauration écologique des écosystèmes naturels, qui ambitionne de réorienter la trajectoire des écosystèmes dégradés dans une direction semblable à celle qu'ils avaient antérieurement avant les perturbations.

Aussi, ces résultats peuvent être une base solide pour bien informer et convaincre les responsables politiques et autres décideurs de haut niveau afin de favoriser la conception et la mise en œuvre d'actions de restauration efficaces en apportant les politiques, les mécanismes de gouvernance et les incitations, financières et autres, appropriées.

Finalement, l'étape essentielle vers la réalisation de programmes de restauration des écosystèmes réussis consiste à capitaliser sur les expériences passées afin d'accroître les chances de réussite de projet de restaurations futures en optimisant l'utilisation des ressources, en développant des mécanismes de gouvernance qui permettent aux partisans de la restauration d'offrir de meilleures conditions et incitations aux activités de restauration et en créant des obstacles à la dégradation. Toutefois, devant les limites de type socioéconomique, la programmation des actions concertées pour la restauration écologique des paysages, forestiers et autres, favoriseraient la durabilité des ressources naturelles, la protection de la biodiversité tout en répondant aux besoins d'aujourd'hui et de demain.

Références bibliographiques

- Aafi A., Taleb S.M., et Fechtal M., 2002. Espèces remarquables de la flore du Maroc. Ouvrage du Centre National de la Recherche Forestière, 156pp.
- Alexander S., Nelson C.R., Aronson J., Lamb D., Cliquet A., Erwin K.L., Finlayson M., De Groot R.S., Harris J.A., Higgs E.S., Hobbs R.J., Robin Lewis R.R., Martinez D., Murcia C., 2011.—Opportunities and challenges for ecological restoration within REDD+. *Restoration Ecology*, 19:683-689. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00822.x>.

- Aronson, J., & S. Alexander, 2013. Ecosystem restoration is now a global priority: time to roll up our sleeves. *Restoration Ecology* 21:293-296. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12011>.
- Austin, M., 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling*, 200:1-19.
- Bradshaw, A.D., 1987. Restoration: An acid test for ecology. In *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*, ed. W. R. Jordan, M. E. Gilpin, and J. D. Aber, 23–30. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Brancalion P.H.S., Viani R.A.G., Calmon M., Carrascosa H., Rodrigues R.R., 2013. How to Organize a Large Scale Ecological Restoration Program? The Framework Developed by the Atlantic Forest Restoration Pact in Brazil. *Journal of Sustainable Forestry*. <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2013.817339>.
- Brancalion P.H.S., Viani R.A.G., Strassburg B.B.N., & Rodrigues R.R., 2012. Finding the money for tropical forest restoration. *Unasylva*, 63:25-34.
- Bullock, J. M., J. Aronson, A. C. Newton, R. F. Pywell, & J. M. Rey-Benayas, 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 26:541–549. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.011>
- CDB, 2010. Décision adoptée par la Conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique à sa dixième réunion. UNEP/ CBD/COP/DEC/X/2. 27 octobre 2010.
- Derak M. , Taiqui L., Aledoc A., Cortina J. 2016. Similarities in stakeholder identification of restoration targets in a semiarid area. *Journal of Arid Environments* 128:30-39
- EC, 2013. (European Commission). EU Biodiversity Strategy to 2020: towards implementation. URL: <http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.html>.
- Elith, J. Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudi'K, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. Mc C., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K. S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Sobero'N, J., Williams, S., Wisz, M. S. & Zimmermann, N. E., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- El Mokaddem, A., 2016. Estimation de la valeur économique et sociale des services rendus par les écosystèmes forestiers méditerranéens, Forêt de la Maâmora, Maroc. *Plan Bleu*, Valbonne.
- FAO, 2015. Global Forest Resources Assessment 2015. FAO Forestry Paper No. 1, 253p. UN Food and Agriculture Organization, Rome.
- FRANKLIN, J., 2009. Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press, Cambridge, xviii + 320 pp.
- GIEC, 2007. Changements climatiques 2007. Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Genève, Suisse, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

- Hagen, D., Svavarsdottir, K., Nilsson, C., Tolvanen, A. K., Raulund-Rasmussen, K., Aradóttir, Á. L., Fosaa, A., & Halldorsson G., 2013. Ecological and social dimensions of ecosystem restoration in the Nordic countries. *Ecology and Society* 18(4): 34. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05891-180434>
- Harris, J. A., Hobbs, R. J., Higgs, E., & Aronson, J., 2006. — Ecological restoration and global climate change. *Restoration Ecology* 14:170-176. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2006.00136.x>
- HCEFLCD, 2012. — Etude d'aménagement de la Forêt de Mâamora. Etude de base et gestion antérieure, 137 Pp.
- HCEFLCD, 2016. — Stratégies nationales de bois énergies et sylvopastorales. Documents techniques
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. , & Jarvis, A., 2005. — Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatolology*, 25: 1965–1978.
- Hobbs, R. J., L. M. Hallett, P. R. Ehrlich, & H. A. Mooney. 2011. Intervention ecology: applying ecological science in the twenty-first century. *Bioscience* 61:442–450. <http://dx.doi.org/10.1525/bio.2011.61.6.6>
- IFN, 2005. Inventaire Forestier National. HCEFLCD
- IPCC, 2014. Summary for Policymakers and Technical Summary, In: Climate Change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectorial Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, & L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kissinger, G., Herold, M. et Desy, V., 2012. Drivers of deforestation and forest degradation. A synthesis report for REDD+ policymakers. Vancouver, Canada, Lexeme Consulting.
- Kumar, S., & Stohlgren, T. J., 2009. Maxent modelling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticola* in New Caledonia. *Journal of Ecology and Natural Environment*, 1(4), 94e98.
- Lahssini S., EL Aidouni M., Moukrim S., Naggar M., Sbay H., Sabir M., AL Karkouri J., 2016. Mécanisme de compensation pour mise en défens : analyse, durabilité et impacts. Cas de la Mâamora (Maroc). *Forêts, savoirs et motivations*, Edited by Christine Farcy, Nicole Huybens, 10/2016: chapter 15; Harmattan., ISBN: 978-2-343-09986-6
- Lahssini S., & Vanuxem S., (2016). Les Paiements pour Services Écologiques ou la reconquête de la Mâamora par ses habitants. *Développement durable et territoires*, Vol. 7, n°1
- Lahssini, S., Lahlaoui, H. , Alaoui, H. , Hlal, E.A. , Bagaram, M. & Ponette, Q., 2015. Predicting Cork Oak Suitability in Maâmora Forest Using Random Forest Algorithm. *Journal of Geographic Information System*, 7: 202- 210. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2015.72017>

- LeRoy E., 2000. De la propriété aux maîtrises foncières. Biodiversité et appropriation, les droits de propriété en question, Paris, 20-21 juin
- Maginnis, S., Jackson, W. & Dudley, N., 2004. Conservation landscapes. Whose landscapes? Whose trade-offs? In *Getting biodiversity projects to work* (ed. T. O. McShane & M. P. Wells). pp. 321–339. New York: Columbia University Press.
- Mharzi A.H., Assali F., Rouchdi M., Lahssini S., Tahiri T., 2015. Analyse de l'interaction entre l'éclosion des feux de forêts et les types de bioclimat au Nord du Maroc – cas de la région du Rif. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 3(3):46-53
- MDCE, 2016. Ministère délégué auprès du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Chargé de l'Environnement. Troisième communication nationale à la CCNUCC, Maroc.
- Mittermeier, R.A., Gil, P.R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C.G., Lamoreux, J. & Da Fonseca, G.A.B., 2004. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. University of Chicago Press for Conservation International.
- Moufaddal, M., 2007. Les tendances en matière de propriété forestière, de mode de faire valoir des ressources forestières et des arrangements institutionnels. Cas du Maroc. Rome, FAO.
- Natividade, J.V., 1956. Subériculture, Edition Française de l'ouvrage Portugais subéricultura, Nancy, école national des eaux et forêts. 303 pp.
- Peterson, A.T. & Soberón, J., 2012. Species Distribution Modeling and Ecological Niche Modeling: Getting the Concepts Right. *Natureza & Conservação* 10(2):102-107,
- PFN, 1999. — Programme Forestier National, HCEFLCD
- Phillips, S. J., Anderson P.R., Schapire R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- PNABV, 1996. Plan National d'Aménagement des Bassins Versants. HCEFLCD
- QGIS Development Team, 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. (<http://www.qgis.org>)
- R Development Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <http://www.R-project.org/>
- S.R.E., 2002. Society For Ecological Restoration International, Science & Policy Working Group *The SER Primer on Ecological Restoration*, <http://www.ser.org/>
- Saint-Laurent, C., 2015. Forest Landscape Restoration and the Bonn Challenge. Background information. Bonn Challenge 2.0.
- Schröter D., Cramer W., Leemans R., Prentice I.C., Araújo M.B., Arnell N.W., Bondeau A., Bugmann H., Carter T.R., Gracia C.A., de la Vega-Leinert A.C., Erhard M., Ewert F., Glendining M., House J.I., Kankaanpää S., Klein R.J.T., Lavorell S., Linder M., Metzger M.J., Meyer J., Mitchell T.D., Reginster I., Rounsevell M., Sabaté S., Sitch S., Smith B., Smith J., Smith P., Sykes M.T., Thonicke K., Thuiller W., Tuck G., Zaehle S. et Zierl B.,

2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe, *Science* 310: 1333–1337.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-being. Island Press.
- Vallauri, D., Aronson, J., Dudley, N., and Vallejo, R., 2005. — Monitoring and evaluating forest restoration success. In S. Mansourian, D. Vallauri & N. Dudley (eds.), *Forest Restoration in Landscapes. Beyond Planting Trees. Springer*, New York, pp. 150-158.
- Vallauri D., 2002. Le WWF et la gestion durable des forêts méditerranéennes. *Forêts méditerranéennes*, t. XXIII, n° 3.
- Young, T. P., D. A. Petersen, & J. J. Clary, 2005. — The ecology of restoration: historical links, emerging issues and unexplored realms. *Ecology Letters* 8:662-673. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00764.x>.

Evaluation de la qualité de la végétation ripisylve pour une contribution à la lutte contre les inondations : cas de l'oued Ourika (Haut-Atlas, Maroc).

Mostafa Lamrani-Alaoui⁽¹⁾, Biao Affo⁽¹⁾, Abdellatif Khattabi⁽¹⁾

Résumé

Le Bassin versant de l'Ourika est une zone sujette à la problématique de l'érosion du fait de la lithologie friable et de ses pentes fortes. Avec une pluviométrie parfois orageuse, les phénomènes de crues s'y enchainent au cours du temps causant d'importantes pertes en vies humaines et matérielles. Pour lutter efficacement contre l'effet de ces crues par la stabilisation des berges et la réduction de l'érosion en aval, une évaluation de la qualité du milieu rivulaire a été réalisée au niveau de 34 stations d'échantillonnage à l'aide de l'indice de qualité QBR. Celui-ci repose sur l'analyse de quatre composantes notamment la couverture totale de la végétation, la structure de la couverture végétale, la qualité de cette dernière et le degré de naturalité du chenal. Ladite évaluation a permis de ressortir qu'une bonne fraction des berges de la zone rivulaire de notre cours d'eau présente une qualité bonne à moyenne et une portion non négligeable présente une qualité de la végétation ripisylve mauvaise à très mauvaise. L'état actuel des habitats du milieu rivulaire reflète une anthropisation avec différents degrés d'intensité et de type d'interventions. Des mesures de restauration écologique sont nécessaires afin d'améliorer le rendement de la qualité de l'hydrodynamique et des services environnementaux rendus par les écosystèmes ripisylves.

Mots-clés : Végétation ripisylve, Oued Ourika, Crues, Indice QBR.

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé, BP 511 Salé - Tabriquet, Maroc.

1. Introduction

En région méditerranéenne, les milieux rivulaires sont extrêmement vulnérables aux pressions cumulatives, et universellement croissantes, dues aux changements de l'utilisation des terres, et le phénomène d'actualité que sont les changements climatiques. Indirectement, les changements dans le régime hydrologique et les processus géomorphologiques influencent fortement la végétation riveraine. En effet, la déviation ou la canalisation des cours d'eau, avec des effets sur la morphologie du chenal, et le changement dans l'utilisation des terres, des changements dans le bassin versant, et la modification associée à l'apport de sédiments ont des effets significatifs sur les fonctions des écosystèmes des bassins versants et les types de végétation (Ennabili & Gharnit, 2003; Stella *et al.* 2013).

La gestion durable des ressources naturelles devient un impératif pour la sauvegarde de la vie sur la terre (Levin *et al.*, 2013). Toutefois, force est de constater, qu'elles sont affectées par de nombreuses actions anthropiques: cultures, installation d'habitations, exploitations diverses. Parmi ces milieux affectés, les berges des cours d'eau se trouvent parmi les plus menacées. Celles-ci supportent des formations végétales naturelles variées présentes sur les rives des cours d'eau que sont les ripisylves. Elles se répartissent de part et d'autre du cours d'eau et comprennent généralement des formations arborescentes, arbustives et herbacées (Tortosa, 2009). Elles jouent un rôle écologique important en ce sens qu'elles constituent un écotone entre les écosystèmes terrestres et ceux aquatiques dont le fonctionnement et le maintien reposent sur un certain nombre de processus spatio-temporels complexes à l'origine de remarquables originalités biologiques mais aussi de fragilité (Quézel & Médail, 2003).

Le cas d'étude du bassin versant d'Ourika, appartenant au grand bassin du Tensift situé dans le Haut-Atlas marocain, est caractérisé par une érosion moyenne, forte à très forte sur la majeure partie de sa superficie totale (environ 98%). Ainsi cette situation favoriserait une augmentation des volumes d'eau mobilisés pendant les pluies souvent torrentielles par le cours d'eau principal et le développement d'importantes crues (Saadi & Baou, 2005). Ceci a été matérialisé par d'importants événements hydrologiques qu'a connu la zone dont le plus tristement célèbre est celui du 17 Août 1995 (des centaines de morts et de disparus) avec d'autres et non des moindres en Octobre 1999 et la plus récente, en Novembre 2014. Ils ont à leurs actifs plusieurs dégâts occasionnés au niveau des infrastructures utiles à l'être humain (habitations, écoles, restaurants et routes).

Les activités socio-économiques et anthropiques ont pour contraintes, les crues et celles-ci menaceraient la sécurité des biens et des personnes. A l'inverse, ces événements seraient essentiels pour maintenir l'intégrité fonctionnelle des écosystèmes fluviaux. La végétation ripisylve aurait une grande importance dans le contrôle des événements hydrologiques touchant les écosystèmes fluviaux. Ainsi la conciliation des deux volets primordiaux constitue un véritable souci pour les gestionnaires environnementaux. Alors, la compréhension des mécanismes impliquant la végétation ripisylve dans la maîtrise de la dynamique des écoulements s'avère plus que nécessaire à cette conciliation. Une baisse durable des frais de gestion pourrait en découler si l'orientation possible du potentiel naturel au sein de la dynamique de la végétation était prise en compte.

Toutefois, les mesures les plus souvent entreprises à cet effet sont souvent d'ordre mécanique (seuils et murs de soutènement) ainsi que des traitements biologiques (reboisement) le plus souvent en amont du bassin versant. Les zones rivulaires se retrouvent délaissées de toute action, malgré les effets directs des crues qu'elles subissent. De même, l'on note l'absence d'études de la végétation rivulaire au niveau de l'Ourika pour lutter efficacement contre le fléau que connaît cette zone. Ainsi, une caractérisation de la qualité de la végétation ripisylve pourrait valablement servir à évaluer l'état des écosystèmes ripisylves du bassin versant de l'Ourika ainsi que les services hydrologiques rendus dans une perspective de leur conservation. Une évaluation de la qualité du milieu rivulaire de l'Oued Ourika a été réalisée afin de mettre en exergue les conditions dans lesquelles se retrouve la végétation rivulaire dans le but de proposer des mesures palliatives selon le cas.

2. Zone d'étude

Appartenant au bassin du Tensift, le Bassin Versant de l'Ourika s'étend sur une superficie de 57600 ha. Il appartient au Haut Atlas de Marrakech (Maroc), compris entre 31° et 31°20' Nord et entre 7°30' et 7°60' Ouest (figure 1).

Le cours d'eau principal, Oued Ourika, draine la zone sur une longueur de 41.5 km. Il tire son origine des hauts contreforts de la chaîne du Haut Atlas façonnés à travers des roches cristallines dures en amont et des formations sédimentaires plus friables en aval, aboutissant à 1070 m à l'extrémité de l'Atlas qui ont sculpté des vallées encaissées et des pentes abruptes.

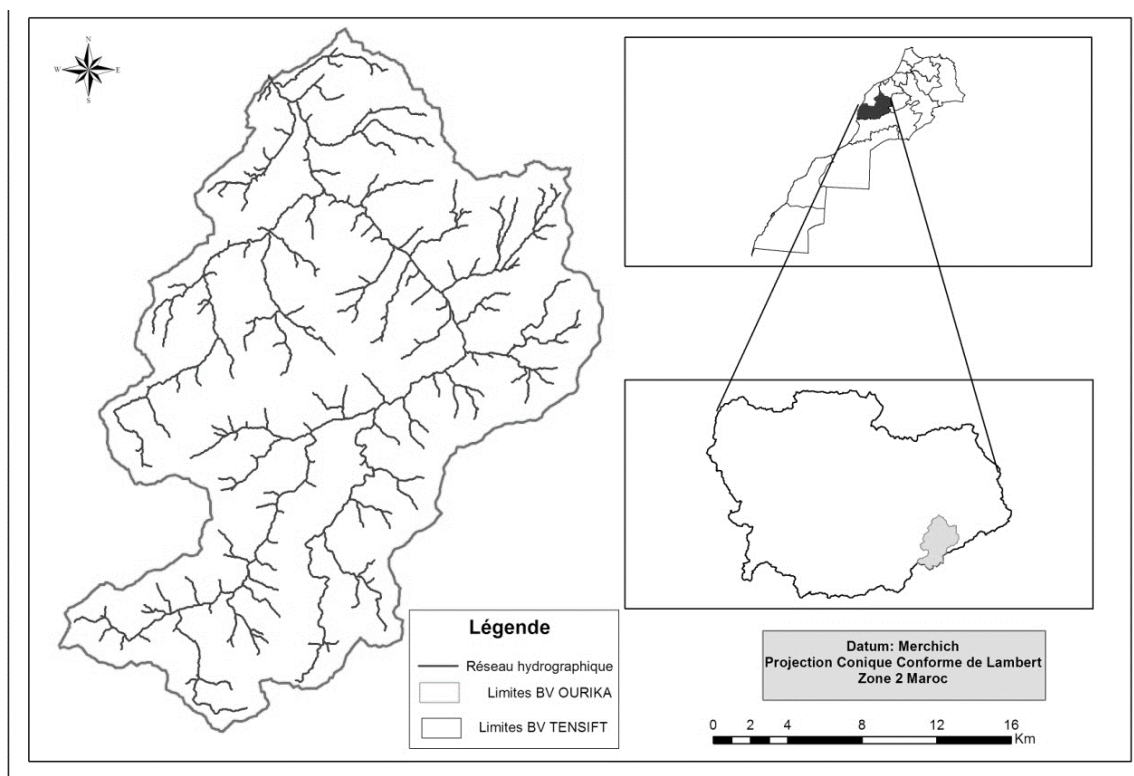


Figure 1. Carte de situation géographique du bassin versant de l'Ourika

Le relief montre la prédominance des terrains compris entre 1600 et 3200 m (75%), l'altitude moyenne s'élève à 2500 m. Le point culminant du bassin est celui de Jbel Ifrouane à 4001 m et le point le plus bas est celui de l'exutoire à 848 m. Les précipitations sont variables dans le temps et dans l'espace. Le régime pluviométrique saisonnier pour toutes les stations est de deux types : P.H.A.E en basses altitudes et P.A.H.E en hautes altitudes ; la durée de la saison sèche varie de 4,5 à 5,5 mois et l'enneigement quasi permanent sur les sommets alticoles (figure 2).

Selon Ouhammou, (1991), le couvert végétal s'organise d'aval en amont en étages de végétation depuis le thermoméditerranéen puis le mésoméditerranéen et le montagnard méditerranéen jusqu'à l'oroméditerranéen. De l'aval vers l'amont, l'on retrouve :

La Tétracinaie (*Tetraclinis articulata*) associée à des Juniperaies (*Juniperus phoenicea*) et des chênaies à *Quercus rotundifolia*. Elles occupent la zone subatlasique et une partie des avants-amonts. La Juniperaie à *Juniperus phoenicea* dans les domaines internes. Les formations à Génistaies buissonnantes : *Retama dasycarpa* et *Adenocarpus anagyrofolius* remplaçant le Genévrier de Phéncia à l'amont des vallées internes. La chênaie à *Quercus rotundifolia* couvre la partie supérieure des amont-avants. La Thuriféraie (*Juniperus thurifera*) est essentiellement présente des parties hautes des vallées internes.

Les formations à xérophytes épineux et les pelouses d'altitude caractérisent le domaine de la haute montagne.

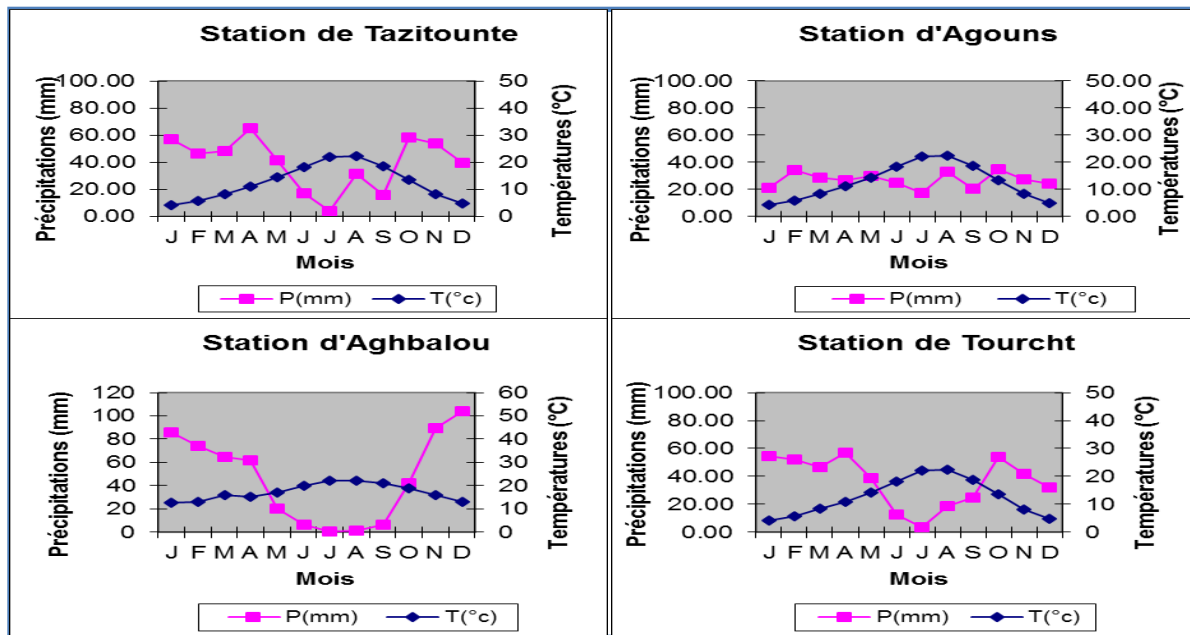


Figure 2. Diagrammes ombrothermiques de Bagnouls et Gaussien des stations de Tazitounte, d'Agouns, d'Aghbalou et de Tourcht

3. Approche méthodologique

Afin d'évaluer la qualité de la végétation rivulaire le long des 41 km du cours d'eau d'Ourika. Nous avons procédé par une évaluation systématique régulière à un pas de 1 km. A chaque point, l'état du milieu rivulaire est évalué en appliquant l'indice QBR (Qualité de Forêt Riveraine) mis en œuvre et en application en région méditerranéenne par Munné et al (2003) et notamment en Espagne (Valero *et al.* 2014) et au Maroc (Ater *et al.* 2005 ; Khamlichi *et al.* 2008). Il repose sur quatre paramètres à savoir : La couverture totale rivulaire, la structure de la couverture végétale, la qualité du couvert et le degré de naturalité du cours d'eau. Vue la similarité du contexte climatique régional, on l'a jugé comme étant le mieux approprié pour le cas de notre zone d'étude. Au total, 34 points d'évaluation ont été réalisés le long du cours d'eau additionnant les scores des quatre composantes de l'indice au niveau de chaque station d'évaluation.

Les altérations artificielles de canaux de la rivière sont incluses dans l'indice car elles sont l'une des principales perturbations de l'habitat riverain. La somme des quatre scores des composantes donne la valeur finale de l'indice QBR. Elle varie entre 0 et 100 étant la valeur maximale de 25 pour chaque composante. Cinq classes de qualité de

l'habitat riverain sont définies (tableau1) en leur faisant correspondre des couleurs à des fins de cartographie telles que proposées dans la directive cadre sur l'eau (Commission Européenne, 2000).

Tableau 1. Classes de qualité selon les valeurs de l'indice QBR

Classe de qualité	QBR	Couleur
Habitat riverain en condition naturelle	≥ 90	Bleue
Quelques perturbations, bonne qualité	75-90	Verte
Perturbation importante, qualité moyenne	55-70	Jaune
Altération importante, mauvaise qualité	30-50	Orange
Dégradation extrême, très mauvaise qualité	≤ 25	Rouge

Source : Munné *et al.* (2003)

Afin de déceler la contribution de chacune des 6 variables à l'interprétation de l'évaluation de la qualité du milieu rivulaire du cours d'eau d'Ourika, une analyse des composantes principales (SPSS, v2.0) a été appliquée à la matrice des 34 stations et 6 variables à savoir: l'altitude, le score total du QBR, le score de la première composante, le score de la seconde, de la troisième et de la quatrième composante du QBR.

4. Résultats

4.1. Evaluation du milieu rivulaire de la vallée de l'oued Ourika

On constate qu'environ 11,5 % des stations échantillonnées sont de «Très mauvaise qualité», 37,1% sont de «Mauvaise qualité». Cependant, 28,6 % des zones étudiées sont de qualité moyenne et presque 23% sont de bonne qualité (Tableau 2). Il est à déplorer l'absence de stations présentant des caractéristiques d'habitat naturel c'est-à-dire ayant un indice QBR ≥ 95 . L'évaluation de la qualité de la végétation ripisylve a permis de déceler différentes classes de qualité au niveau de la zone rivulaire de l'Oued Ourika. Toutefois, le constat qui s'impose est la dégradation non négligeable et localisée le long du cours d'eau surtout aux environs proches des agglomérations urbaines (figure 3). Par ailleurs, La qualité de la végétation du milieu rivulaire de l'amont vers l'aval de l'Oued Ourika ($r = -0,676$; $p < 0,01$) (figure 4).

Tableau 2. Nombre et taux des stations pour chaque classe de valeurs de l'indice QBR

Classe indice QBR	Classe de qualité	Nombre de Stations	Taux (%)
30-50	Mauvaise qualité	13	37,1
50-70	Qualité moyenne	10	28,6
75-90	Bonne qualité	8	22,9
0-25	Très mauvaise qualité	4	11,4
95-100	Habitat à l'état naturel	0	---

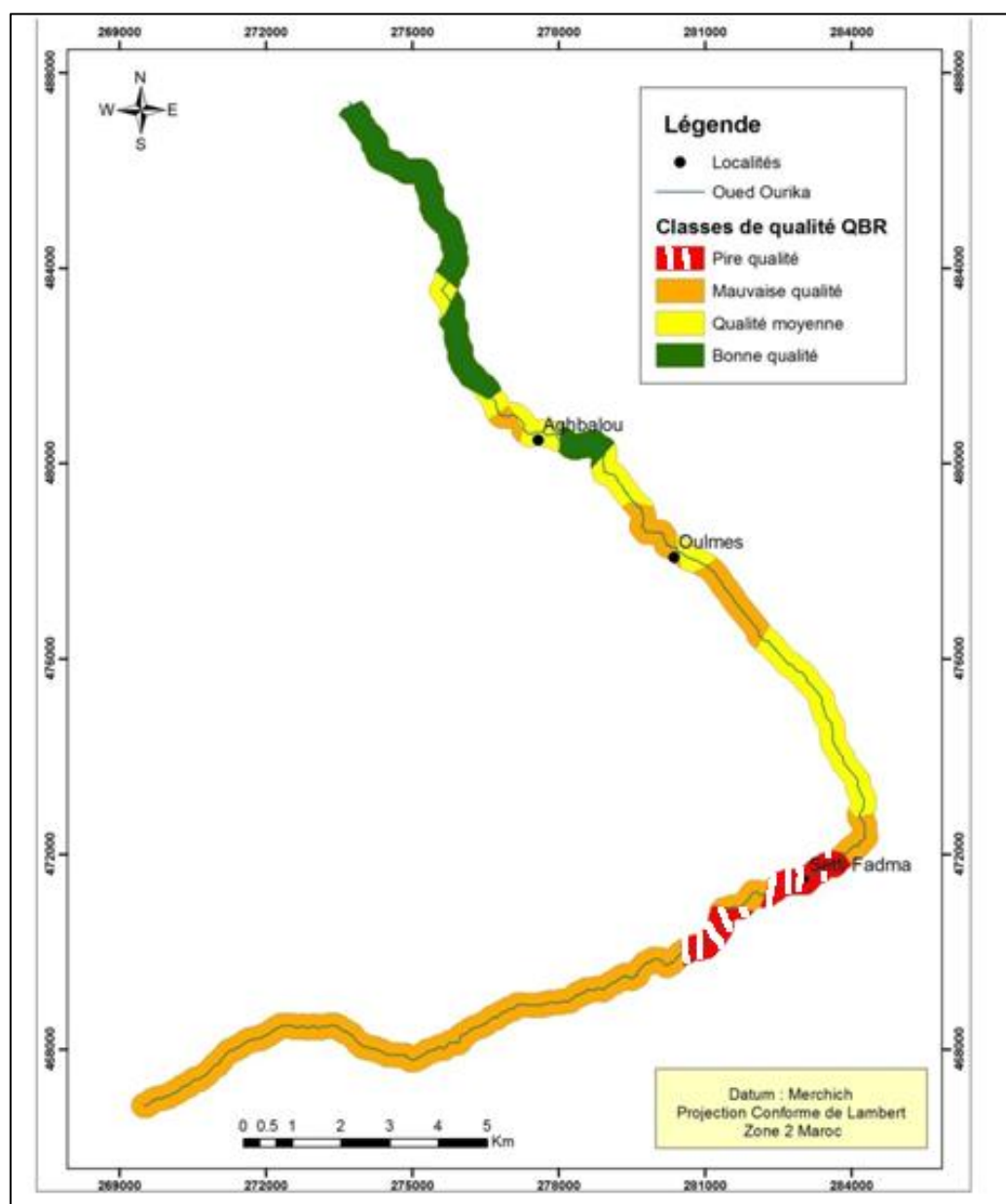


Figure 3. Carte de l'évaluation de la qualité du milieu rivulaire de l'Oued Ourika

Le plan factoriel produit par l'analyse des composantes principales explique 81% de la variance totale du tableau des données d'évaluation de la qualité de la végétation du milieu rivulaire (figure 5). Le premier axe est positivement corrélé avec le score total du QBR et les trois premières composantes du même indice. Le même axe est négativement corrélé avec l'altitude. Quant au deuxième axe est corrélé positivement avec le degré de naturalité de la végétation du cours d'eau (tableau 4).

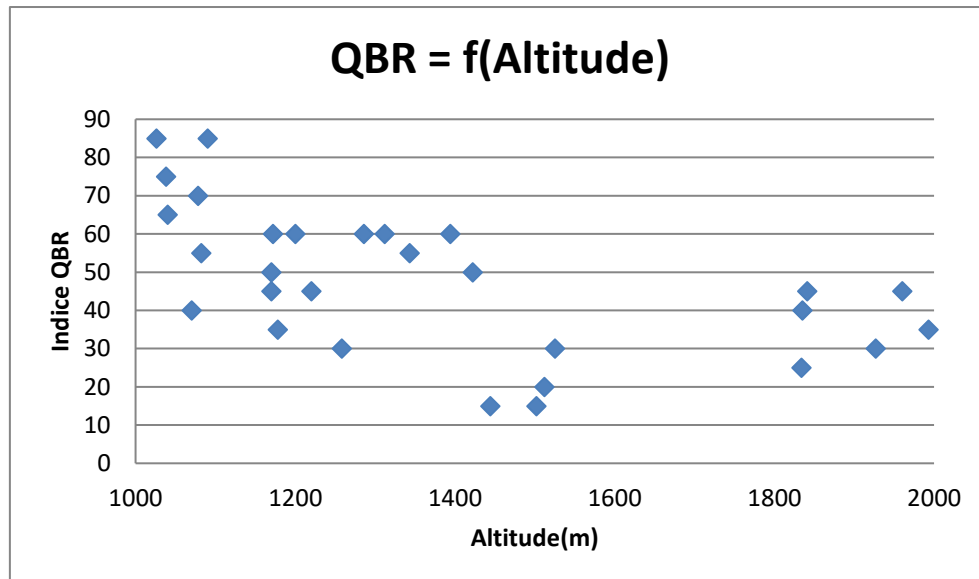


Figure 4. Variation de la qualité de la végétation riparienne en fonction de l'altitude le long de l'Oued Ourika.

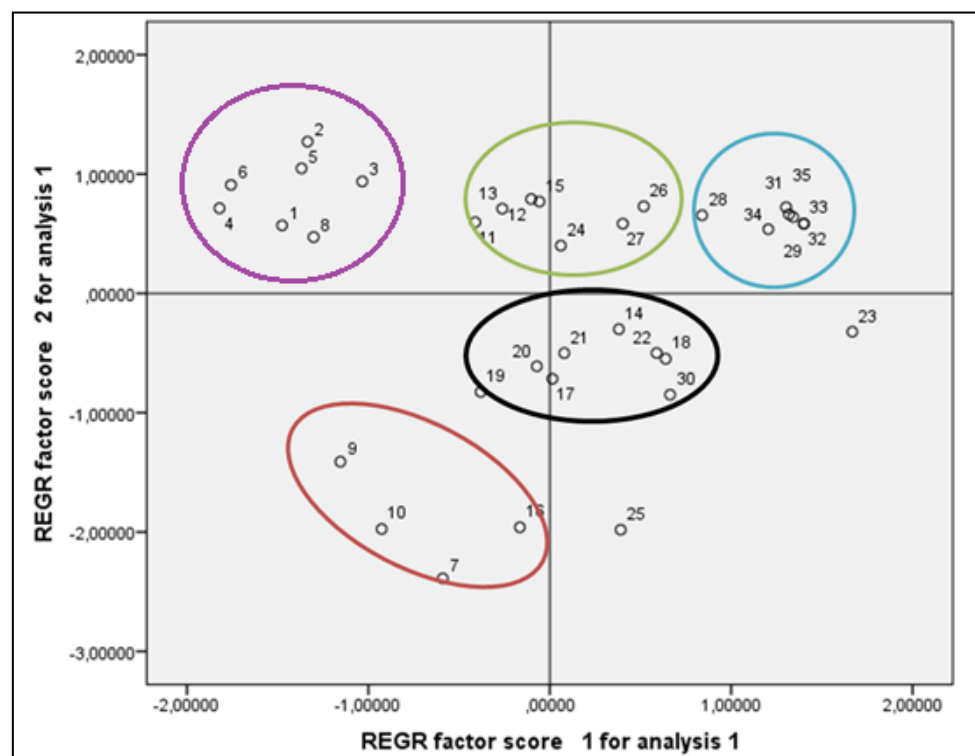


Figure 5 : Représentation graphique du plan factoriel de l'ACP

5. Discussion

Les ripisylves, élément majeur de prévention des inondations et grâce au système racinaire des plantes, jouant le rôle en tant qu'élément de fixation et antiérosif des berges, et d'agents limitant les phénomènes d'affouillement et d'effondrement (Quézel & Médail, 2003) seraient un véritable atout pour le bassin versant de l'Ourika dans la régulation des services hydrologiques et dans la lutte contre les divers événements catastrophiques que connaît la zone.

Il est à noter que les stations situées au niveau de l'amont de l'Oued sont celles qui présentent un faible couvert végétal au niveau des plaines alluviales et une importante présence de pratiques agro-pastorales telles que l'arboriculture (notamment du noyer, de pommier, pêcher, cognassier) ainsi que des cultures fourragères pour le bétail en l'occurrence. La dégradation des zones riveraines serait plus forte vers l'amont en présence de fortes pressions dues aux activités agro-pastorales. Ces résultats concorderaient avec ceux de Valero *et al.*, (2014). Toutefois, il apparaît que la dégradation des berges serait plus intense dans les parties inférieures des cours d'eau qu'au niveau de leur source avec l'augmentation de la pression humaine dans ces zones (habitations, routes) (Stella *et al.*, 2013). Certaines stations diffèrent des précédentes par un couvert végétal assez faible et marqué par la présence non négligeable d'espèces exotiques telles que *Salix babylonica* et influencé par une forte implantation d'infrastructures comme les hôtels et les restaurants au niveau des plaines alluviales.

Aux altitudes moyennes de la vallée les milieux rivulaires présentent des altérations au niveau du chenal telles que la présence de routes, murs de soutènement pour la protection contre les crues influençant ainsi négativement la qualité de l'habitat rivulaire. L'on note aussi, que c'est une zone sujette à des glissements de terrain, marqué par la présence de blocs (éboulis) au niveau du lit mineur du cours d'eau. Enfin, en aval de l'oued, les stations présentent un bon couvert végétal en termes de qualité et de structure au niveau des plaines alluviales. Toutefois, elles sont marquées par une présence d'arboriculture et de cultures sur terrasses alluviales en mélange avec la végétation ripisylve.

Les impacts directs des pratiques agricoles, pastorales, de l'urbanisation réduirait le couvert végétal rivulaire, influencerait la composition floristique (Vasilopoulos *et al.* 2007) et/ou faciliterait l'augmentation de la fréquence et de la couverture des espèces exotiques. Ceci cadre avec la forte présence d'arboriculture à base de noyer (*Juglans regia*) au niveau des berges et des terrasses et celle du Saule pleureur planté au lieu de

la végétation naturelle. La conversion de l'utilisation des terres et d'autres activités sont généralement associées à des réductions de l'étendue des berges, de la complexité de l'habitat, de la dispersion et de la fonction des écosystèmes ripisylves, bien que ces effets puissent être difficiles à séparer des autres variables environnementales (Gonzalez *et al.* 2010).

Le caractère naturellement torrentiel du cours d'eau exige une attention particulière à l'hydrodynamique du cours d'eau qui conditionne la mise en place des sédiments au niveau des berges. Souvent, ces berges sont exploités en tant qu'espaces propices pour l'agriculture et/ ou l'arboriculture au détriment de la végétation naturelle spécifique des milieux rivulaires. En revanche, les interventions dures sur les berges souvent aggravent les conséquences puisque les espèces végétales adaptées aux régimes hydrauliques ne sont pas utilisées ou combinées afin de d'adopter une meilleure restauration écologique des habitats rivulaires propres aux écosystèmes lotiques.

6. Conclusion

Le Bassin versant de l'Ourika est une zone très sujette à des épisodes récurrents de crues. Ceci entraîne d'énormes pertes en vies humaines et d'importants dégâts matériels. Il en ressort que les crues récurrentes sont un véritable fléau pour la région avec des conséquences assez fâcheuses. Il est néanmoins possible de réduire ces dégâts en conservant la végétation ripisylve qui joue le rôle de stabilisation des berges, de séquestration de sédiments et de frein aux crues grâce à son système racinaire filtreur.

C'est ainsi que la présente étude constitue le premier essai d'étude des écosystèmes ripisylves au niveau du bassin versant de l'Ourika, afin d'en connaître l'état et les différents facteurs qui les affectent. L'évaluation de la qualité de la végétation des milieux rivulaires s'est révélé un outil adéquat et simple pour mettre en exergue le contexte rivulaire et d'avancer certaines mesures à entreprendre afin d'améliorer les services environnementaux rendus par la végétation ripisylve le long du cours d'eau tout en gardant ces potentialités naturelles culturelles et touristiques. Ces mesures peuvent être concrétisées par des actions de restauration écologique afin d'atténuer les événements hydrologiques futurs et les conséquences néfastes sur le milieu naturel et humain.

Références bibliographiques

- Commission Européenne. 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy*. Brussel, Belgium: Official Journal of the European Communities.
- Ennabili, A., & Gharnit, N. 2003. Effets d'aménagements du littoral tétouanais (Nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (Spermatophyta). *Acta Bot. Barc.* 48, 199-216.
- Gonzalez, E., Gonzalez-Sanches, M., Cabezas, A., & Muller, E. 2010. Recent changes in the riparian forest of a large regulated Mediterranean river: implications for management. *Springer-Verlag*, 669-681.
- Ilmen, R. 2004. *Contribution à l'étude de la fréquentation récréative de la vallée de l'ourika en vue de son aménagement*. Mémoire du 3^e cycle de l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé.
- Levin, N. W., Apel, N., Perevolot-sky, A., DeMalach, N., Possingham, H., & Kark, S. 2013. A framework for systematic conservation planning and management of Mediterranean land-scapes. *Biol. Conserv.* 158 (0), 371-383.
- Munné, A., Prat, N., Sola, C., Bonada, N., & Rieradevall, M. 2003. A simple Method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater ecosystems*.
- Ouhammou, A. 1991. Aperçu sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'oued Ourika. Haut Atlas de Marrakech. *Bull. Soc. Linn.* 60, 401-409.
- Quezel, P., & Médail, F. 2003. Valeur Phytoécologique et biologique des ripisylves méditerranéennes. *Forêt Méditerranéenne*, XXIV(3).
- Saadi, Z., & Baou, A. 2005. *Conséquences géographiques et socio-économiques des inondations dans la vallée de l'Ourika (Maroc), Exemple des crues du 17/08/1995 et du 28/10/1999*. Mémoire de fin d'études de Master en Sciences Techniques en Hydrogéologie, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech.
- Stella, J., Rodriguez-Gonzalez, P., Dufour, S., & Bendix, J. 2013. Riparian vegetation research in Mediterranean-climate regions : common patterns , ecological processes and considerations for management. *Hydrobiologia, the International Journal of Aquatic Science* 719, 291-315.
- Tortosa, N. 2009. *La ripisylve*. Récupéré sur [infos.etangberre: consulté le 02 septembre sur le site http://infos.etangberre.free.fr/news](http://infos.etangberre.free.fr/news)
- Valero, E., Picos, J., & Álvarez, X. 2014. Characterization of riparian forest quality of the Umia River for a proposed restoration. *Ecological Engineering* 67, 216-222.
- Vasilopoulos, G., Tsiropidis, I., & Karagiannakidou, V. 2007. Do abandoned tree plantations resemble natural riparian forests? A case study from northeast Greece. *Botanica Helvetica* 117, 125-142.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la convention de collaboration établie entre l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, d'une part, et l'Association Marocaine des Sciences Régionales, d'autre part, relative à la mise en œuvre de certaines activités du projet GIREPSE (www.gire-pse.com) financé par le Centre de Recherche et de Développement International, Canada.

