

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



Laboratoire de Géomorphologie, Environnement et Société  
مختبر الجيومرفلوجيا، البيئة والمجتمع

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.

## 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 Ouhaddou, 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 التهيئة الغابوية. محمد رزقي، عبد الرحيم بنعلي، فريد الواحدي، فتيحة 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]

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

Abdellatif Khattabi<sup>(1)</sup>, Said Lahssini<sup>(1)</sup>, Reda Rihane<sup>(2)</sup> et Nabil Rifai<sup>(2)</sup>

## **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.

---

<sup>1</sup> Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé

<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup>/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.

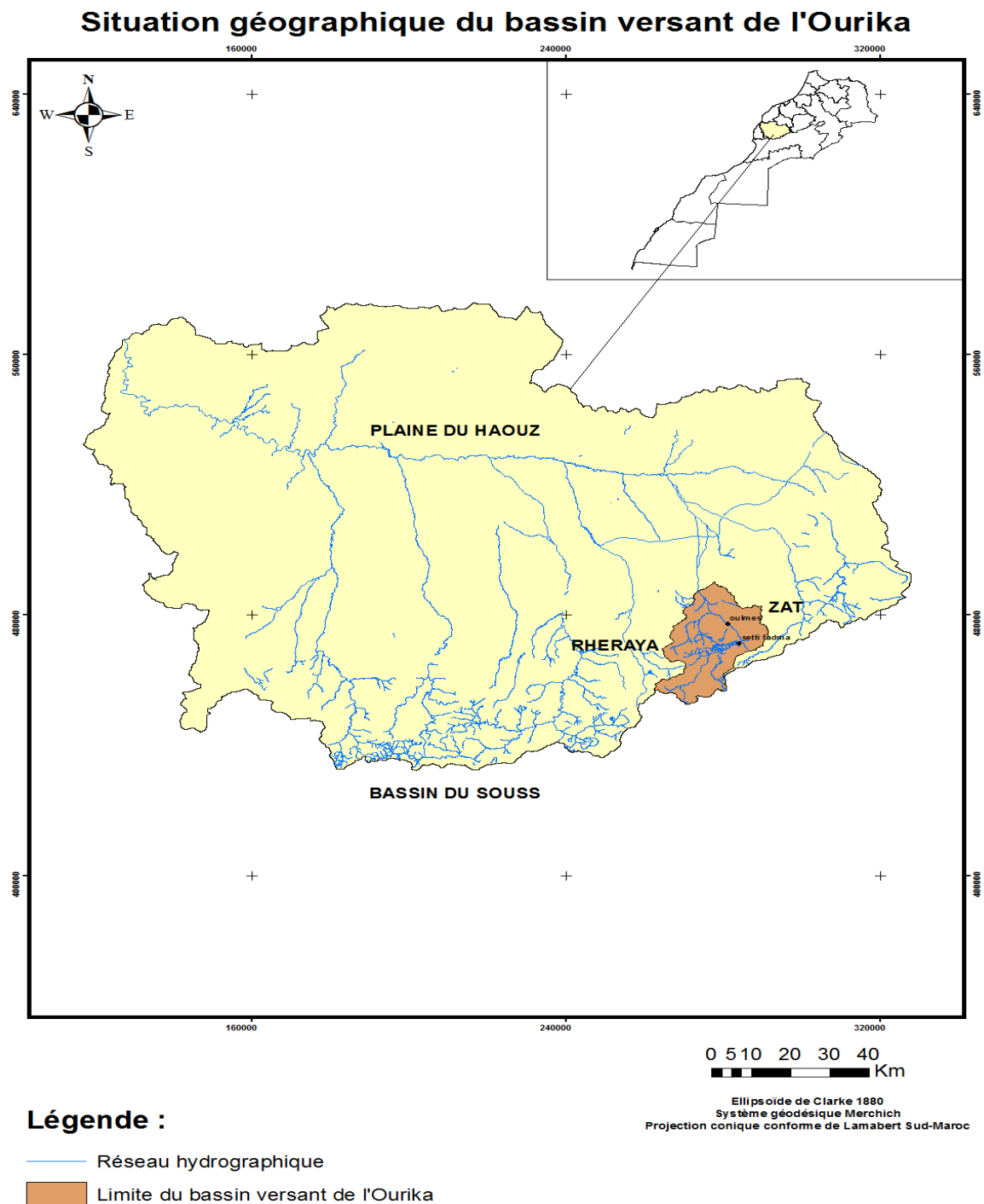
## **2. Zone d'étude et méthodologie**

### **2.1. Zone d'étude**

Le bassin versant de l'Ourika (figure 1), zone d'étude du présent travail, couvre une superficie de 576 km<sup>2</sup>. 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 Iferouane), 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.

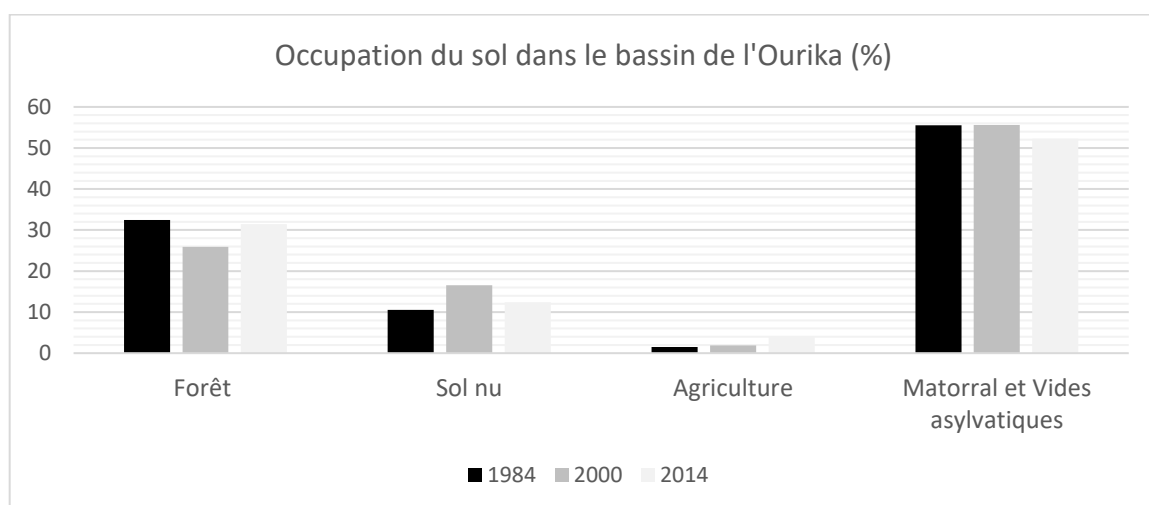
### 3. Résultats et discussions

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.

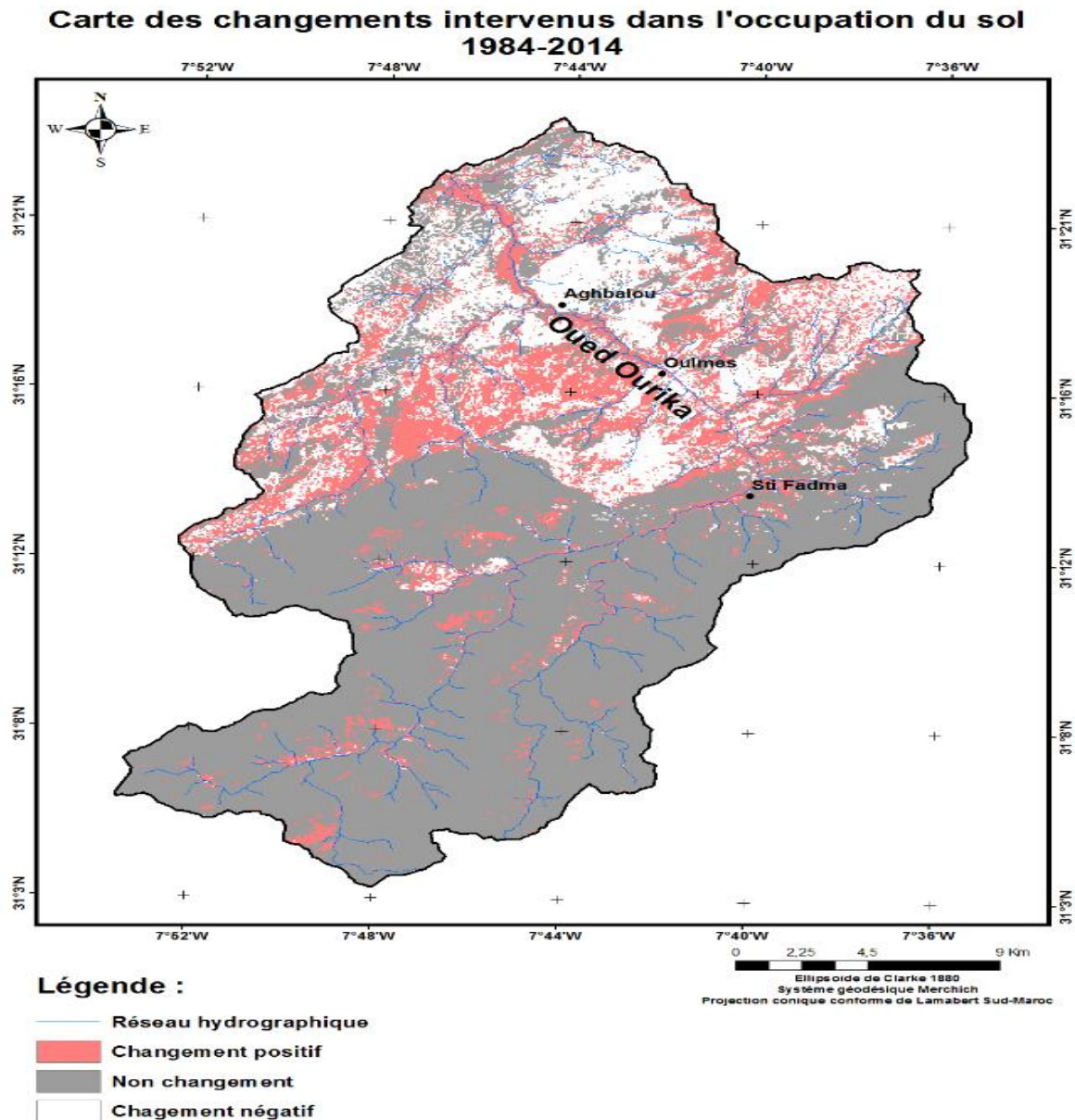
Les terrains de cultures ont progressé de 107,60 %. Ils traduisent la dynamique d'anthropisation que connaît le bassin versant d'Ourika (2,03 % de la surface du bassin convertie en terrains de cultures sur une période de 14 ans). Si ces terrains ont été localisés le long des vallées auparavant, ils ont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