

Changement des états de surface, précipitations automnales et vulnérabilité des sols dans le bassin versant du Bouregreg au Maroc

Land cover changes, autumn rainfall and soil vulnerabilities in the Bouregreg watershed in Morocco

Yao Télésphore Brou, Anas Emram, Laouina Abdellah, Miloud Chaker, Sylvie Coupleux et Saïd Boujrout

Volume 26, numéro 2, 2013

Reçu le 17 octobre 2011, accepté le 28 décembre 2012

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1016060ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1016060ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

1718-8598 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Brou, Y. T., Emram, A., Abdellah, L., Chaker, M., Coupleux, S. & Boujrout, S. (2013). Changement des états de surface, précipitations automnales et vulnérabilité des sols dans le bassin versant du Bouregreg au Maroc. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 26(2), 81–87. <https://doi.org/10.7202/1016060ar>

Résumé de l'article

Localisé dans la région de Rabat-Salé-Zemour, le bassin versant du Bouregreg est un espace essentiellement pastoral dans ses parties intérieures montagneuses et une zone agro-pastorale en aval. Les dynamiques paysagères observées sur ce bassin versant, à l'instar de la plupart des bassins versants du Maroc atlantique, sont marquées par une densification des zones de cultures dans les plaines et de leur extension sur les versants. La classification supervisée des images Landsat de 1987 et 2006 a permis de mettre en évidence l'évolution de l'occupation du sol. Sur l'ensemble du bassin versant, entre 1987 et 2006, 15 % des surfaces boisées ont été transformées en espaces agricoles. La prise en compte de la morphologie du bassin versant permet de mettre en évidence la fragilité des paysages agricoles. En effet, près de 39 % des surfaces cultivées sont situées sur des pentes de 5 à 10 % et près de 24 % sur les pentes de 10 à 20 %.

Ces terres de culture présentent une quasi-absence de végétation durant la période de préparation des sols et de semis. L'archivage et le suivi à l'échelle saisonnière des NDVI (indice de végétation normalisé) décennaux du capteur Spot végétation sur la période 2001-2009 révèlent un allongement de la période au cours de laquelle les sols sont quasi-dénudés durant les années de sécheresses exceptionnelles.

Par ailleurs, l'analyse de la série pluviométrique de la station de Rabat met en évidence une modification du régime des pluies automnales à partir de 1999, marquée notamment par une tendance à l'accroissement des hauteurs de pluie en octobre. Cette situation est susceptible d'accélérer la vulnérabilité des sols dénudés (à pentes fortes) à l'érosion pluviale, notamment à l'occasion d'années particulièrement sèches comme ce fut le cas en 2003 et 2007.

CHANGEMENT DES ÉTATS DE SURFACE, PRÉCIPITATIONS AUTOMNALES ET VULNÉRABILITÉ DES SOLS DANS LE BASSIN VERSANT DU BOUREGREG AU MAROC

Land cover changes, autumn rainfall and soil vulnerabilities in the Bouregreg watershed in Morocco

YAO TÉLESPHORE BROU¹, ANAS EMRAM², LAOUINA ABDELLAH³, MILOUD CHAKER³,
SYLVIE COUPLEUX⁴, SAÏD BOUJROUF^{5,2}

¹Université de La Réunion, UMR ESPACE-DEV (IRD, UM2, UAG, UR), BP7151,
97460 Saint-Denis cedex 9, La Réunion, France.

²Université Mohamed V, Institut Scientifique de Rabat, Avenue Ibn Battouta, B.P. 703 Rabat-Agdal Maroc

³Université Mohamed V, Équipe DESIRE, Chaire UNESCO-GN, Rabat, 3, avenue Ibn Battouta, B.P. 1040 Rabat, Maroc

⁴Université d'Artois, EA 2468 DYRT, B.P. 665, 62030 Arras Cedex, France

⁵Université Cadi Ayyad, Département de géographie, Avenue Abdelkrim Khattabi, B.P. 511, 40000, Marrakech, Maroc

Reçu le 17 octobre 2011, accepté le 28 décembre 2012

RÉSUMÉ

Localisé dans la région de Rabat-Salé-Zemour, le bassin versant du Bouregreg est un espace essentiellement pastoral dans ses parties intérieures montagneuses et une zone agropastorale en aval. Les dynamiques paysagères observées sur ce bassin versant, à l'instar de la plupart des bassins versants du Maroc atlantique, sont marquées par une densification des zones de cultures dans les plaines et de leur extension sur les versants. La classification supervisée des images Landsat de 1987 et 2006 a permis de mettre en évidence l'évolution de l'occupation du sol. Sur l'ensemble du bassin versant, entre 1987 et 2006, 15 % des surfaces boisées ont été transformées en espaces agricoles. La prise en compte de la morphologie du bassin versant permet de mettre en évidence la fragilité des paysages agricoles. En effet, près de 39 % des surfaces cultivées sont situées sur des pentes de 5 à 10 % et près de 24 % sur les pentes de 10 à 20 %.

Ces terres de culture présentent une quasi-absence de végétation durant la période de préparation des sols et de semis. L'archivage et le suivi à l'échelle saisonnière des NDVI (indice de végétation normalisé) décennaires du capteur Spot végétation sur la période 2001-2009 révèlent un allongement de la période au cours de laquelle les sols sont quasi-dénudés durant les années de sécheresses exceptionnelles.

Par ailleurs, l'analyse de la série pluviométrique de la station de Rabat met en évidence une modification du régime des pluies automnales à partir de 1999, marquée notamment par une tendance à l'accroissement des hauteurs de pluie en octobre. Cette situation est susceptible d'accélérer la vulnérabilité des sols dénudés (à pentes fortes) à l'érosion pluviale, notamment à l'occasion d'années particulièrement sèches comme ce fut le cas en 2003 et 2007.

Mots clés : *État de surface, NDVI, variabilité climatique, érosion, télédétection, Bouregreg*

ABSTRACT

The Bouregreg watershed is located in the Rabat-Salé-Zemour Region in Morocco. It is a pastoral area in the interior mountainous parts and agro-pastoral in the plains. Like most watersheds of Atlantic Morocco, the landscape dynamics observed in the Bouregreg watershed are marked by an intensification of agricultural areas in the plains and their extension to the slopes. Indeed, land cover supervised classification using Landsat images around 1987 and 2006 indicate land cover changes in the Bouregreg watershed. Between 1987 and 2006, over the entire watershed, 15% of the wooded areas have been converted into agricultural areas. When taking the morphology of the watershed into account, the study shows the fragility of these agricultural areas. Indeed, 30% of the cultivated areas are located on slopes from 5 to 10%, and 24% on slopes from 10 to 20%.

These croplands exhibit almost no vegetation during land preparation and planting. The archiving and seasonal monitoring of variations in the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), derived from the SPOT vegetation sensor for the period from 2001 to 2009, reveal at the beginning and end of growing seasons, a lengthening of the period during which the soil is almost bare during the years of exceptional drought. In addition, analysis of the rainfall time series at the Rabat meteorological station shows a modification of autumn rainfall regime since 1999, with an increasing trend specifically during October. This situation is likely to make the bare soil on steep slopes vulnerable to erosion by rain especially during particularly dry years like 2003 and 2007.

Key words: *Land cover, NDVI, climate variability, erosion, remote sensing, Bouregreg.*

1. INTRODUCTION

La région de Rabat-Salé-Zemour-Zaër, à laquelle appartient le bassin versant du Bouregreg, représente au Maroc un espace essentiellement pastoral dans ses parties intérieures montagneuses et une zone agro-pastorale en aval. À l'instar de la plupart des bassins versants du Maroc atlantique, la question de la vulnérabilité des sols à l'érosion occupe une place importante dans les stratégies tendant à augmenter la productivité agricole et à assurer l'amélioration des parcours des pâturages publics.

L'objectif de ce travail est de mettre en évidence la vulnérabilité de ces sols liée à la forte pression agricole dans un contexte de topographie de montagne, d'une part, et à leurs expositions aux averses automnales durant la période de labour et de semis, marquée par une quasi-absence de végétation, d'autre part.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'analyse de l'occupation du sol est basée sur l'exploitation des images Landsat ETM+ de 2006 et TM de 1987. Une classification dirigée par la méthode du maximum de vraisemblance a été effectuée. Il s'agit de la méthode jugée la plus performante par de nombreux auteurs dont BONN et ROCHON (1993). L'utilisation d'une image spot 5 (très haute résolution) de 2010 a facilité la classification supervisée. Pour étudier la relation culture/pente sur le bassin versant, la carte d'occupation du sol a été couplée à un modèle numérique d'élévation de type SRMT (Shuttle Radar Topography Mission).

Le suivi de la variabilité saisonnière du couvert végétal a été possible grâce à l'utilisation des images décennales du capteur Végétation de SPOT sur la période 1999-2009. Avec un pixel de 1 km de résolution, ces images conviennent parfaitement aux études de suivi de la végétation à l'échelle de l'ensemble du bassin versant puisque les principales caractéristiques de ce capteur sont optimisées pour le suivi global de la végétation (BROU *et al.*, 2005, EHRLICHE et LAMBIN, 1996).

L'effet des pluies automnales sur les terres à faible couverture végétale est étudié à partir de l'analyse de la covariation des précipitations saisonnières automnales et du niveau de couverture végétale, estimé par la mesure du NDVI (indice de végétation normalisé). Le NDVI exprime l'activité chlorophyllienne, la densité du feuillage et, par effet indirect, le stress hydrique d'une surface végétale (LAMBIN, 1997; LAMBIN et ESTRALER, 1994; ROBIN, 2002).

Pour analyser l'évolution des hauteurs pluviométriques des mois automnaux (septembre, octobre et décembre), nous avons utilisé l'indice de Nicholson basé sur l'écart à la moyenne, rapporté à l'écart-type (SERVAT *et al.*, 1997). Les indices ont par la suite été lissés par des moyennes mobiles de trois ans afin de mettre en évidence les tendances. Les données utilisées sont celles de la station synoptique de Rabat, située dans la partie aval du bassin versant sur le littoral atlantique.

Elles proviennent de la Direction de la Météorologie Nationale du Maroc.

3.2 Superficies cultivées et pentes

La prise en compte du modèle révèle une fragilité de ces espaces agricoles. En effet, le couplage de la carte d'occupation du sol avec la carte des pentes (Figure 2) permet de calculer que 39 % des surfaces (soit 11 % de la superficie du bassin versant) cultivées sont situées sur des pentes de 5 à 10 %. Sur les pentes de 10 à 20 %, on retrouve près de 24 % des espaces de cultures (soit 7 % de la superficie du bassin).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Évolution de l'occupation des sols entre 1987 et 2006

Quatre classes d'occupation du sol ont été retenues : eau, espace boisé, culture et sol nu ou habitat (Figure 1a). D'une façon générale, le bassin versant se structure en deux parties. Une zone très agricole, en aval, dominée par la céréaliculture et une zone plus boisée, en amont. Les espaces boisés connaissent des évolutions importantes, notamment en aval du bassin versant. Ces évolutions se font au profit des zones de cultures (BROU *et al.*, 2011). Sur l'ensemble du bassin versant, entre 1987 et 2006, 15 % des surfaces boisées ont été transformées en espaces agricoles (Figure 1b).

3.3 Effets des pluies automnales sur les terres à faible couverture végétale

Durant la période d'automne, des hauteurs de pluies importantes peuvent tomber sur des sols dénudés (Figure 3). En 2002, par exemple, alors que les zones de cultures présentaient un indice de végétation encore faible (NDVI <0,3) durant le mois de novembre, des quantités particulièrement importantes

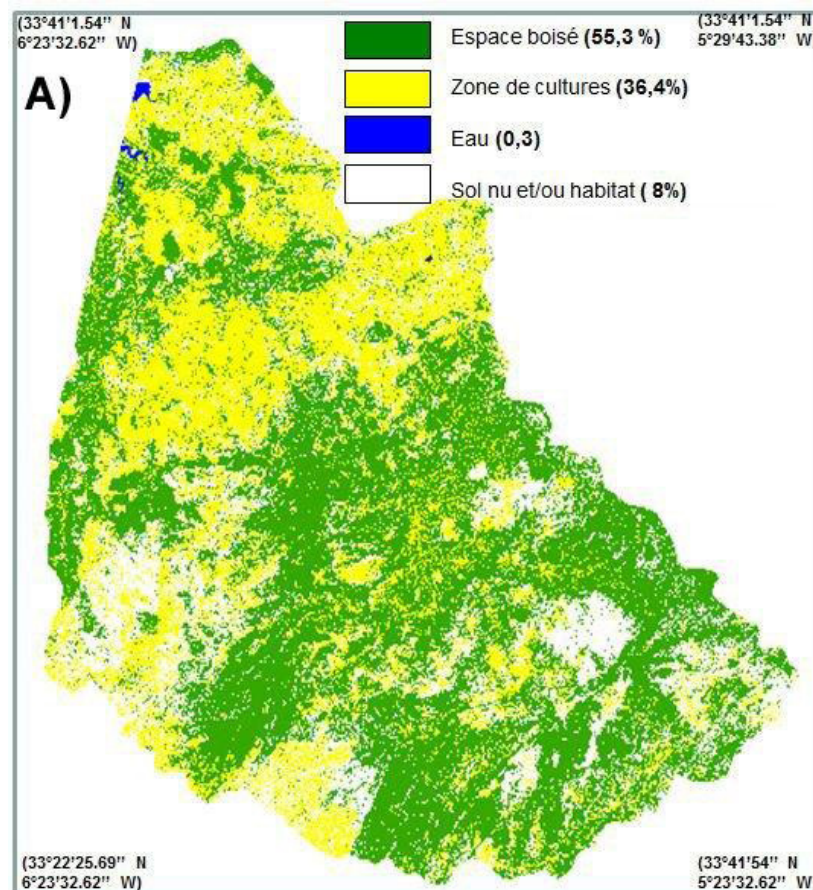


Figure 1a. Occupation du sol sur le bassin versant du Bouregreg (Occupation du sol en 2006).

Land cover in the Bouregreg watershed (Land cover in 2006).

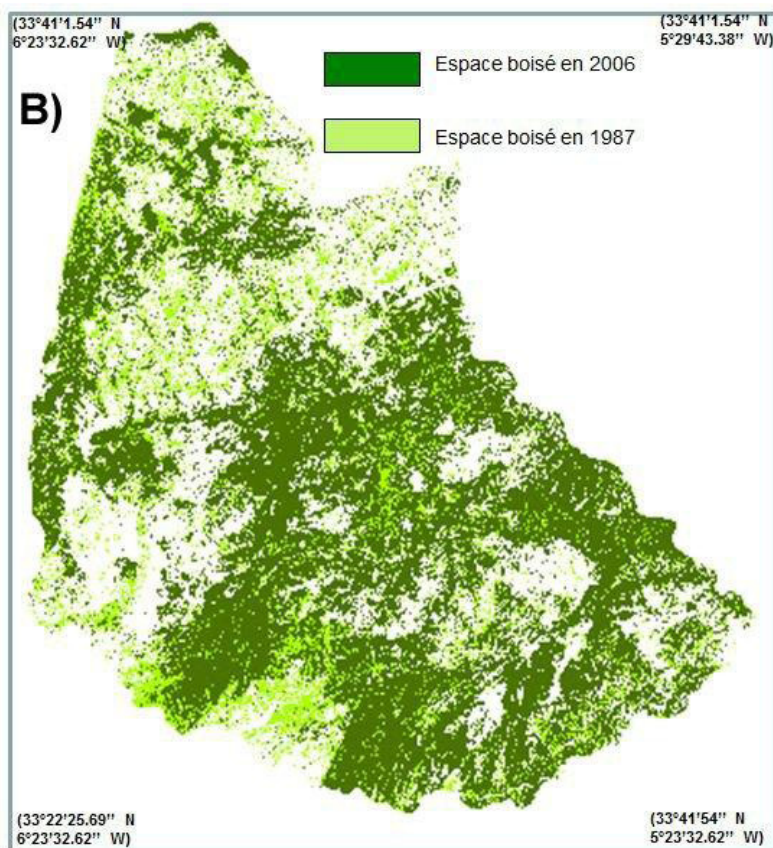


Figure 1b. Occupation du sol sur le bassin versant du Bouregreg (Évolution des espaces boisés entre 1987 et 2006).

Land cover in the Bouregreg watershed (Evolution of wooded spaces from 1987 to 2006).

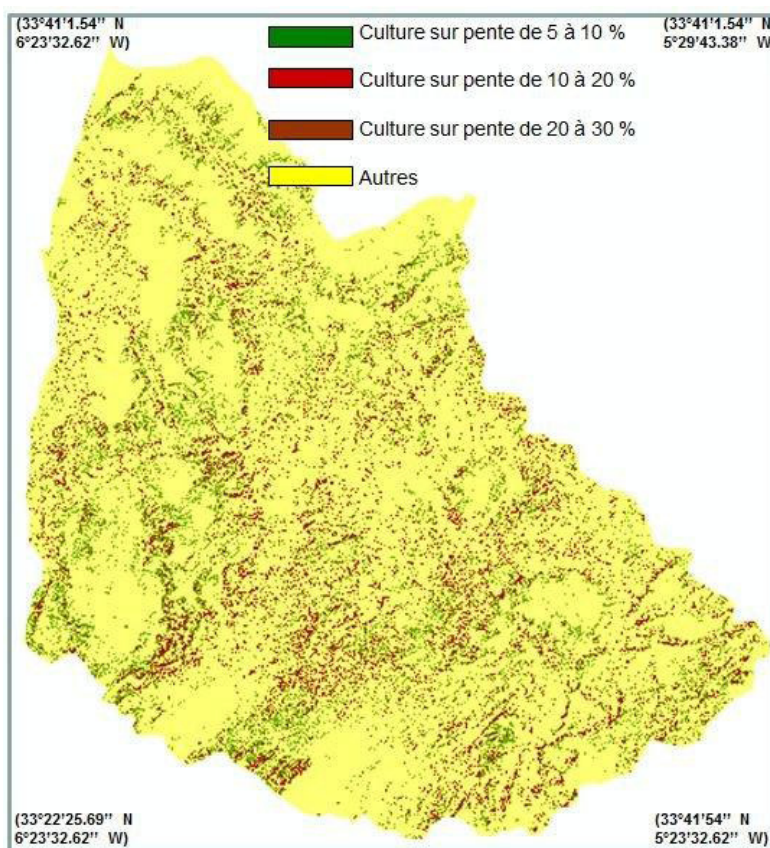


Figure 2. Relation culture / pente sur le bassin versant du Bouregreg.

Relationship between crops and slope in the Bouregreg watershed.

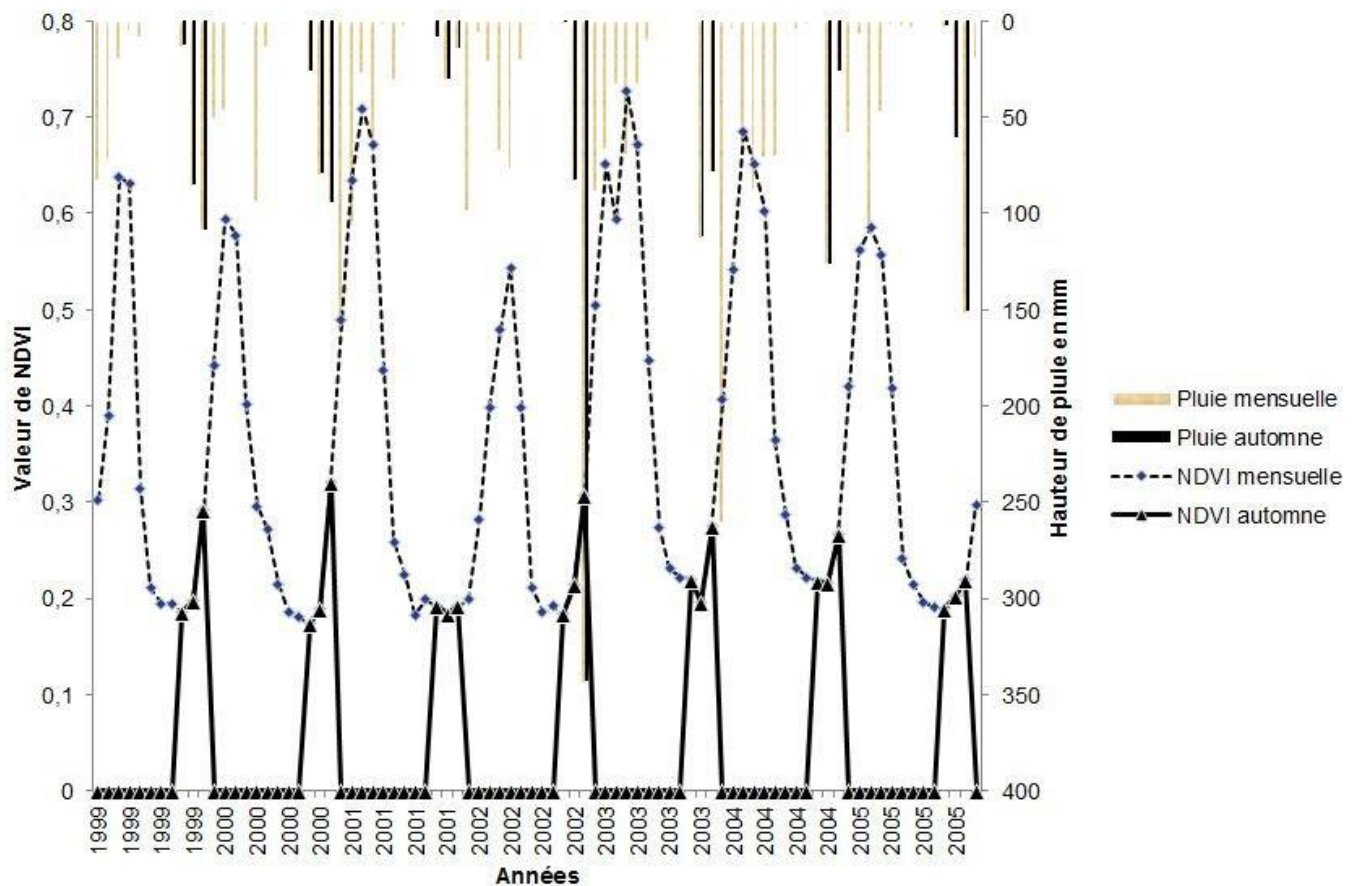


Figure 3. Hauteurs de pluie et NDVI durant les mois d'automne entre 1999 et 2009 sur le bassin versant du Bouregreg.
Rainfall and NDVI during the autumn months from 1999 to 2009 in the Bouregreg watershed.

de précipitations (350 mm pour le seul mois de novembre) sont tombées sur ces sols. Cette situation rend ces sols à faible végétation vulnérables à l'érosion, surtout ceux situés sur des terrains en pente.

LAOUIINA *et al.* (2004) ont trouvé que ce sont les pluies d'automne qui comportent les intensités les plus fortes. Et c'est durant cette saison que l'on décèle une tendance au changement. En sélectionnant les journées de pluie de plus de 5 mm de la station de Rabat, la moyenne des hauteurs journalières, sur les trois dernières décennies, indique, en effet, selon leurs études, un regain très net de concentration, entre 1994 et 2004, avec une hauteur d'eau moyenne qui s'élève à $20,4 \text{ mm} \cdot \text{j}^{-1}$ de pluie, alors que ce chiffre tournait autour de 14 depuis 1973. Ils indiquent, par ailleurs, que les journées pluvieuses réellement intenses en automne ($> 30 \text{ mm}$) sont au nombre de 28, en 30 ans. Sept d'entre elles ont été enregistrées en 2002, trois en 1999 et deux en 2000. L'année 2001 a eu des pluies plus tardives (en décembre), mais tout aussi concentrées que les années de la période 1994-2004. L'automne 2002, à

lui seul, a enregistré une pluviosité mensuelle record de plus de 400 mm.

À l'échelle mensuelle, l'analyse de la série pluviométrique de Rabat sur la période 1950 à 2005 révèle également une tendance à l'augmentation des pluies automnales. Cette tendance est constatée depuis la fin de la décennie 1990 et le début de la décennie 2000. La figure 4 montre, en effet, une tendance à la hausse pour les mois d'octobre et novembre entre 1994 et 2005. L'absence de données au-delà de 2005 ne permet pas de dire si cette tendance se poursuit actuellement. Le mois d'octobre est particulièrement excédentaire à partir de 1998. Cette période contraste avec ce qui est observé de 1950 à 1998, marquée par une alternance de déficit et d'excédent. Les mois de septembre et de novembre ne présentent pas les mêmes évolutions. Le mois de septembre est marqué par une évolution différente, une baisse des hauteurs précipitées étant enregistrée à partir de 1996.

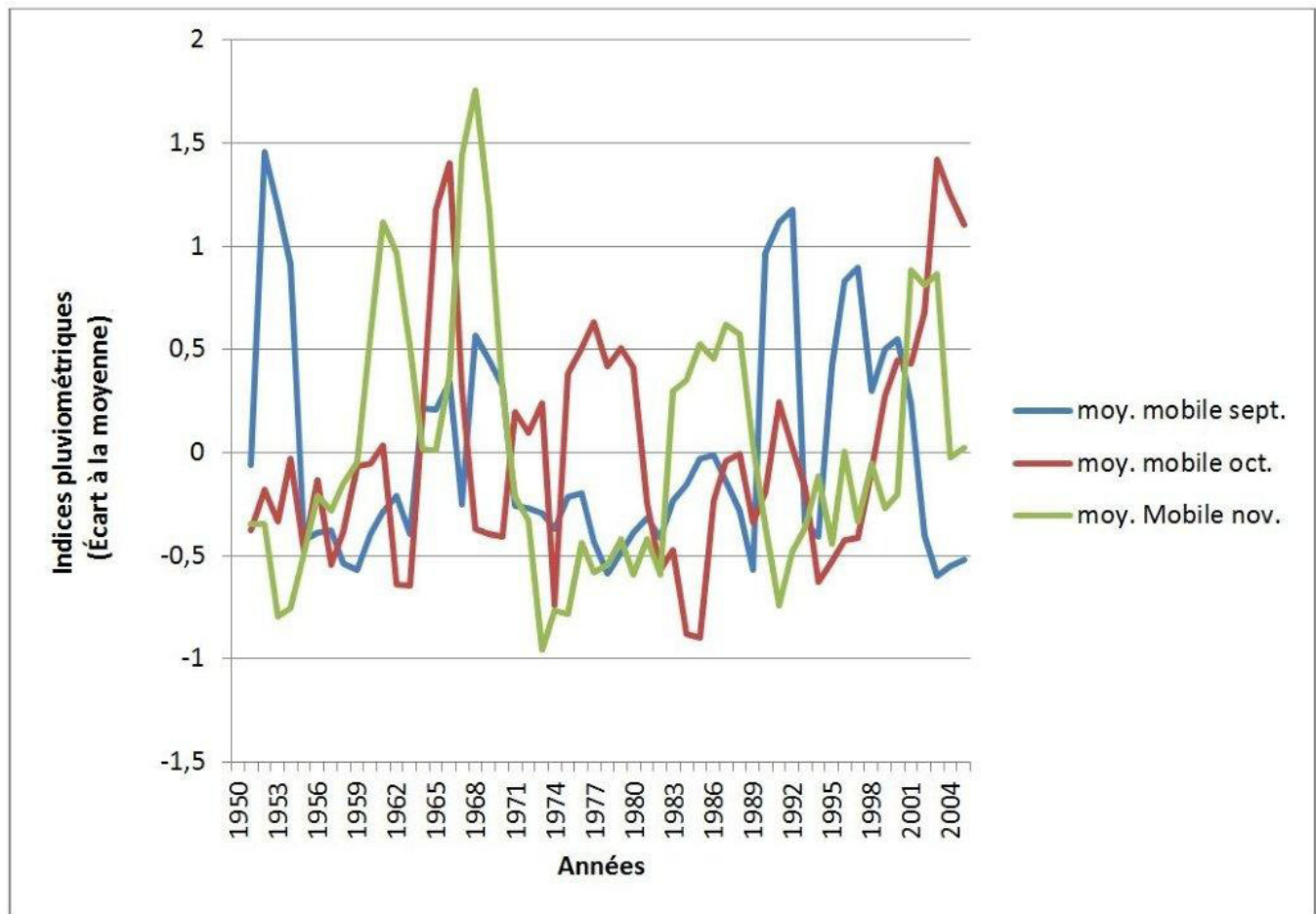


Figure 4. Variabilité pluviométrique des mois d'automne entre 1950 et 2005 à la station de Rabat.
Rainfall variability during the autumn months from 1950 to 2005 at the Rabat station.

4. CONCLUSION

Le bassin versant du Bouregreg constitue un milieu vulnérable à l'érosion à cause de la progression des activités agricoles, notamment céréalière et de parcours des pâturages publics sur des terrains en pente forte. Ces sols ont été particulièrement exposés à de fortes pluies d'automne entre 1999 et 2005. Sur la période 1950-2006, pour laquelle nous disposons des données, on note, en effet, un changement dans le régime des précipitations à partir de 1999, particulièrement pour le mois d'octobre, marqué par des excédents pluviométriques importants. Ce nouveau contexte pluviométrique est susceptible d'augmenter le risque érosif durant l'automne.

REMERCIEMENTS

Remerciements à l'AUF et à l'IRD, soutiens financiers et scientifiques du projet SIGMED (Approche Spatialisée de

l'Impact des activités agricoles au Maghreb sur les transports solides et les ressources en Eau De grands bassins versants)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BONN F. et G. ROCHON (1993). *Précis de télédétection. Principes et méthodes*. Presse Universitaire du Québec, AUPELF, 484 p.
- BROU Y.T., Y. OSWALD, S. BIGOT, E. SERVAT (2005). Risques de déforestation dans le domaine permanent de l'État en Côte d'Ivoire : quel avenir pour ses derniers massifs forestiers? *Télédétection*, 5, 17-33.
- BROU Y.T., A. EMRAM, L. ABDELLAH, M. CHAKER, C. COUPLEUX et S. BOUJROUF (2011). Pression agro-démographique, changement des états de surface et vulnérabilité des sols dans un contexte de variabilité climatique dans le bassin versant du Bouregreg au Maroc.

Dans : *Colloque SIGMED (Approche Spatialisée de l'Impact des activités agricoles au Maghreb sur les transports solides et les ressources en Eau De grands bassins versants)*, Alger, 7-8 juin 2011.

LAOUINA A, C. COELHO, C. RITSEMA, M. CHAKER, R. NAFAA, I. FENJIRO, M. ANTARI, A. FERREIRA et S. VAN DIJCK (2004). Dynamique de l'eau et gestion des terres dans le contexte du changement global, dans le bassin du Bouregreg (Maroc). *Sécheresse*, 15, 65-77.

EHRLICHE D. et E.F. LAMBIN (1996). Broad scale land-cover classification and interannual climatic variability. *Int. J. Rem. Sens.*, 17, 845-862.

LAMBIN E.F. (1997). Land-cover changes in sub-saharan Africa (1982-1991): application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. Elsevier Sciences Inc., *Rem. Sens. Environ.*, 61, 1981-200.

LAMBIN E.F. et H. ESTRALHER (1994). Indicators of land-cover for change-vector analysis in multitemporal space at coarse spatial scales. *Int. J. Rem. Sens.*, 15, 2099-2119.

ROBIN M. (2002). *La télédétection*. Nathan, 230-232.

SERVAT E., J-E. PATUREL, H. LUBES, B. KOUAME, M. OUEDRAOGO et J-M. MASSON (1997). Variabilité climatique en Afrique humide le long du Golfe de Guinée. Première partie : analyse détaillée du phénomène en Côte d'Ivoire. *J. Hydrol.*, 191, 1-15.

SINGH, K.D. (1993). Évaluation des ressources forestières : pays tropicaux. *Unasylva*, 44, 10-19.