

# Application de la télédétection pour le suivi de l'enneigement de L'Atlas marocain à partir des images MODIS

A.MARCHANE<sup>1</sup>, L.JARLAN<sup>3</sup>, L.HANICH<sup>1</sup>, A.BOUDHAR<sup>2</sup>, S.GASCOIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, Département des Sciences de la Terre, laboratoire de Géoressources-Unité associée au CNRST (URAC42), BP 549, 40 000 Marrakech, Maroc. E-mail : [marchane.gat@gmail.com](mailto:marchane.gat@gmail.com)

<sup>2</sup>Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, BP 523, Béni-Mellal, Maroc

<sup>3</sup>Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, 18, Av. E. Belin 31401 Toulouse, France

## Résumé :

Au Maroc les précipitations solide en montagne sont, dans plusieurs bassins versants, une source d'eau importante pour les populations vivant en aval. Le suivi de la couverture neigeuse sur le terrain est très délicat pour d'évidentes difficultés d'accès mais aussi car les techniques de mesures *in situ* ont une représentativité spatiale très limitée. Dans ce contexte, l'utilisation de la télédétection comme un outil de suivi représente une alternative intéressante de part la vision synoptique et répétitive qu'elle propose. L'objectif de ce travail est double : (1) évaluer les capacités de la télédétection visible/proche infrarouge pour caractériser la variabilité interannuelle de l'enneigement sur l'Atlas marocain comme alternative aux stations nivales *in situ* qui sont très peu nombreuses sur le Sud de la Méditerranée ; (2) analyser la variabilité interannuelle de plusieurs indicateurs saisonniers (enneigement maximum, dates de premières neige et de fin de saison, probabilité d'enneigement) sur les 7 bassins versants au fonctionnement pluvio-nival du Royaume.

Dans cet objectif, nous avons analysé plus de 13 ans d'acquisitions journalières issu du capteur MODIS (produits MOD10A1) à 500m de résolution de 2000 à 2013 auxquelles nous avons appliqué une série de filtres basés sur le voisinage spatial et temporel afin de minimiser la couverture nuageuse et les problèmes de discrimination neige/nuage. Nous avons ensuite effectué une évaluation du produit MOD10A1 par confrontation (1) aux données à 8m de résolution du satellite FORMOSAT2 acquises de février à juin 2009 sur le bassin versant du Tensift (Marrakech) et (2) aux données *in situ* de hauteur de neige recueillies au niveau de 5 stations (soit 22 saisons hydrologiques complètes) sur les bassins versants du Tensift et du Draa dans le cadre, respectivement, du programme SUDMED (Chehbouni et al, 2008) et du programme IMPETUS (Schulz et Jong, 2004). Les résultats de l'évaluation du produit montrent que :

- (1) le pourcentage de pixel obstrué par des nuages a été considérablement réduit par la méthode de filtrage en passant de 22.6 % sur l'ensemble de la période d'étude à 0.9 %.
- (2) la confrontation aux images FORMOSAT montre aussi le bon accord entre les masques de neige issus de FORMOSAT et le produit MOD10A1 avec un coefficient de corrélation  $r$  égal à 0.93.
- (3) la précision du produit évaluée par confrontation aux données *in situ* est estimée à 86% en moyenne sur les 5 stations.

Dans une deuxième partie, nous avons analysé la variabilité interannuelle de la surface enneigée sur les 7 bassins versants identifiés. En préalable à l'analyse, une classification par la méthode des kmeans basée sur la distance de corrélation a permis d'identifier 3 groupes de bassins

versants (l'un regroupant les bassins versants du Nord, le deuxième ceux du Sud et le troisième groupe étant composé du bassin versant du Draa isolé à l'est de la chaîne de l'Atlas). Aucune tendance significative sur la période n'a pu être identifiée sur les indicateurs saisonniers dont la dynamique est dominée par une forte variabilité interannuelle avec, par exemple, des surfaces enneigées maximum qui varie du simple au triple. Ce travail démontre la pertinence du produit MODIS pour le suivi de l'enneigement sur l'Atlas marocain. Les informations que l'on peut en extraire en termes de surface enneigée à l'échelle des bassins versants ainsi que sur les dates de la saison nivale (début de l'accumulation, ablation complète) sont d'une grande importance pour les gestionnaires de la ressource en eau dans un objectif de planification. Nos travaux actuels concernent l'étude des déterminants en particulier climatique (NAO) qui gouvernent cette variabilité.

**Mots clés :** hydrologie, télédétection, semi-aride, neige, Atlas

**Références :**

- [1]Chehbouni, A., Escadafal, R., Duchemin, B., Boulet, G., Simonneaux, V., Dedieu, G., ... Sobrino, J. a. (2008). An integrated modelling and remote sensing approach for hydrological study in arid and semi-arid regions: the SUDMED Programme. *International Journal of Remote Sensing*, 29(17-18), 5161–5181. doi:10.1080/01431160802036417
- [2]Schulz, O., & Jong, C. De. (2004). Snowmelt and sublimation : field experiments and modelling in the High Atlas Mountains of Morocco. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(6), 1076–1089.