

---

# Détermination de la variabilité de l'humidité surfacique des sols par les techniques de télédétections

Gheris Abderrahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ. Souk Ahras, Fac. Sci. Dept. Génie civil, BP1553, Souk Ahras, 41000, Algérie (agheris@hotmail.fr)

---

**RÉSUMÉ.** L'évaluation de l'humidité des sols sur une grande surface de terrain peut être prohibitif longe et couteuse, voire impossible. En outre les techniques d'exploration par testes ou essais sont délimités à des surfaces limité dans l'espace elle varie de 0.1 à 10m<sup>2</sup> pour chaque essais. Dans ce but, nous présentons dans cet article, une autre approche pour l'évaluation de la variabilité spéciale de l'humidité des sols, en utilisant une technique de photo numérique inspirée des techniques de télé détection spéciale. Nous montrerons que l'intensité lumineuse d'un pixel d'une photo numérique peut être corrélée à l'humidité surfacique d'un sol.

**ABSTRACT.** Evaluation of soil moisture over a large area of land can be prohibitively expensive loin or impossible. In other mining techniques or by trials tested are delimited in the limited space a surface varies from 0.1 to 10m<sup>2</sup> for each test. For this purpose, we present in this paper an alternative approach for assessing the special variability of soil moisture, use a technique in digital photography techniques inspired special remote sensing. We show that the light intensity of a pixel in a digital photo can be correlated with surface soil moisture.

**MOTS-CLÉS :** humidité, sols, modèle, photo numérique, télé détection, prédiction

**KEY WORDS:** moisture, soil model, digital, remote sensing, prediction

---

## 1. Introduction général

L'humidité du sol joue un rôle important dans l'étude du cycle de l'eau. C'est une variable fondamentale dans plusieurs disciplines telles que : le génie civil (problème de gonflement des sols), l'agronomie, la climatologie, météorologie ou l'hydrologie. La compréhension de ce paramètre est capitale pour la gestion des ressources d'eau, et le développement des stratégies agricoles, ainsi que pour la prévention de risques liée aux activités humaines que matériels. Comprendre et estimer l'humidité du sol et ses variations spatiales et temporelles sur différentes échelles permettraient de réaliser des avancées significatives à la fois dans la compréhension des processus physiques tels que les interactions entre le sol et l'atmosphère, le sol et les nappes d'eau. Le problème que nous traitons dans ce travail c'est comment estimer et modéliser numériquement (par cartographie) la répartition puis la variation de l'humidité dans un sol par rapport à surface de grande échelle. Pour atteindre cet objectif, nous avons procédé à des essais expérimentaux pour la détermination de la teneur en eau par deux approches différentes, la première concerne des mesures directes effectuées en laboratoire et la seconde approche se base sur une technique proche des méthodes de télédétection. Ces essais expérimentaux ont été réalisés sur une zone d'étude localisée au niveau de l'université de SOUK AHRAS. La seconde approche (méthode indirecte) utilise un modèle de corrélation basée sur les travaux de (Loucif et al. 2011) qui fait intervenir le triple humidité, pixels et temps. Tout d'abord nous commençons par une description du site expérimental, ainsi que l'estimation des différentes caractéristiques physiques du sol d'étude, par la suite nous passons aux démarches entreprises pour l'élaboration de loi de corrélation humidité des sols, pixels, temps. Ces lois ont été utilisées pour la modélisation de la variabilité spatio-temporelle de l'humidité surfacique des sols. Ainsi des cartes d'iso-valeurs ont été obtenues à partir des résultats d'analyse et traitement numérique.

## 2. Description du problème

Par notre démarche on va essayer de répondre aux questions suivantes : "quelle est la relation entre l'intensité d'un pixel d'une photo numérique et l'humidité surfacique des sols, quelle est la relation entre la variation de l'humidité et le temps (vitesse d'infiltration)". Nous supposons que des données véhiculées par l'intensité de la couleur d'une photo, peut fournir des informations précieuses en matière de propriétés hydrauliques telles que la teneur en eau (humidité de sol, la densité des couverts végétaux (Chica et al, 2000; Granger, 2000; Milewska et al, 2009).

### 2.2 Cartographie de la variation d'humidité du sol

Si les mesures expérimentales de l'humidité  $w$  (*variable primaire*) sont limitées dans l'espace à quelques emplacements, une information secondaire peut être incorporée afin d'estimer la distribution spatiale de la variable primaire. A cet effet, plusieurs techniques géostatistiques peuvent être utilisées telles que le modèle de Cokrigage colocalisé. Mais, dans notre cas, son application directe est lourde car il faut estimer l'évolution de la matrice du variogramme en fonction du temps avec l'évolution du potentiel d'infiltration (colmatage du sol). Pour surmonter ce problème, nous proposons une nouvelle approche. Nous commençons par noter que Loucif et al. 2011 ont observé que la relation entre l'humidité et la variation d'une intensité d'un pixel et de type  $w_0 = f_1(P_v)$  et  $w_f = f_2(P_v)$ , où  $P_v$  est la valeur d'intensité de pixels d'une couleur donnée d'une image. Cette relation doit être construite à l'aide de méthodes empiriques ou théoriques. La théorie suggère que certains mécanismes de colmatage, tels que le colmatage physique, peut être modélisé en utilisant un filtre d'approches, (Zamani et al, 2009; Pedretti et al) ; ainsi, le taux de colmatage doit être en corrélation négative avec un certain diamètre représentatif de la taille des grains  $dg$ . Toutefois, d'autres mécanismes, ne s'appuient pas nécessairement sur cette hypothèse: le colmatage biologique peut être modélisé en utilisant des modèles de croissance de Monod-based (Clement et al, 1996) pour lequel le taux de biocolmatage (bio colmatage) est linéairement proportionnelle à la densité  $q$  de sol qui est en corrélation positive avec  $dg$  (Pedretti et al) donc dans un site réel, il est important d'évaluer l'importance relative des deux mécanismes étant donné que cela va contrôler les relations existentielles et les propriétés du sol. En tant que tel, toute relation expérimentale existant entre  $P_v$  et tous les paramètres caractérisant le sol, y compris  $dg$  également la densité, la fraction de la matière organique etc.

## 3. Exemple d'application

Le site des essais est situé dans l'université à proximité du laboratoire de génie civil. Aux un grand nombre de photos à haute résolution ont été capturées par une appareil numérique de 14.2 méga pixels entre le 14/05/2014 et 25/05/2014. Sur la parcelle dédiée à la zone d'expérimentation, nous avons effectué un arrosage primaire Photo3. L'état juste après l'arrosage est considéré comme l'état initial d'humidité  $w_0$  à partir de laquelle on souhaite obtenir une carte de valeur d'humidité. La résolution d'image est d'environ 1.99 cm<sup>2</sup> par pixel, et la surface de la zone d'arrosage est d'environ (72x54) cm. Le milieu est un sol argileux sableux, supportant une couverture végétale de moyenne densité. Dans notre cas d'étude on va négliger l'effet de la couverture végétale sur l'humidité.

### 3.1. Observation est modélisation

#### A)- Premier étape

Dans la première étape nous avons effectué une capture de photo juste après l'arrosage, suivis immédiatement par un échantillonnage de sol pour l'estimation de l'humidité au laboratoire. Cette démarche a été répétée dans la même zone d'étude par intervalle de temps de 5 min sur une échelle de 3h et 20 min. La Figure1 représente le résultat de cette première étape.

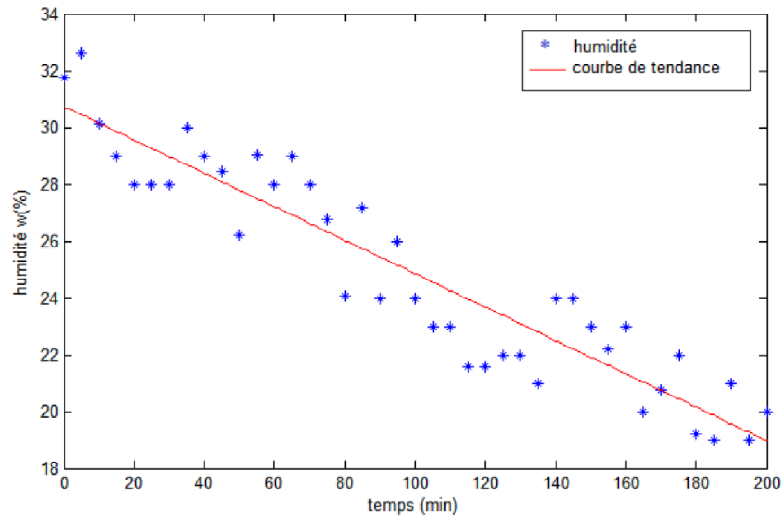


Figure 1. Variation de l'humidité en fonction du temps

Après l'analyse nous avons obtenu une loi de comportement  $f(w, t)$  linéaire régressive avec un facteur de corrélation acceptable:

$$w = -0.00059t + w_0 ; R^2 = 0.875 \quad [1]$$

#### B)-Deuxième étape

L'objectif de cette étape est le traitement numérique des photos, dans notre cas nous avons choisie de traité uniquement les photos de couleur rouge, par ce que la nature de l'humidité est réactif avec une couleur rouge. À l'aide du modèle (Loucif et al, 2011) qui donne la relation entre la variation de l'humidité surfacique et la variation de l'intensité de pixel équation 2 ; d'une part est d'autre part, les valeurs d'intensité de l'ensemble des pixels format la photo capturé. Nous avons construit une photo équivalant en termes d'humidité de surface.

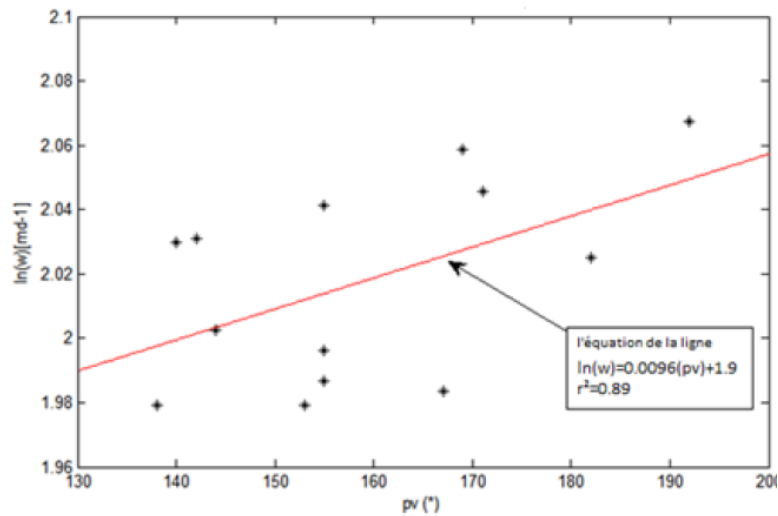


Figure 2. Corrélation entre les valeurs de pixels rouge et log-humidité  $\ln(w)$  (Loucif et al, 2011)

L'équation suivante représente la corrélation entre la bande rouge d'une photo, et l'humidité :

$$\ln(w) = 0.0096(P_v) + 1.9 ; R^2 = 0.89 \quad [2]$$

#### 4. résultat est discussion

##### 4.1. Relation humidité pixel, espace : test 01(humidification central), test 02(humidification périphérique)

Chaque photo capturée à été dévissée selon un maillage de (51x38). La valeur de l'intensité pixel de chaque maille a été convertie en lecture humidité en fonction du modèle (Loucif et al, 2011) ( $w = f(P_v)$ ), le résultat de cette conversation est représenté dans la Figure 3.

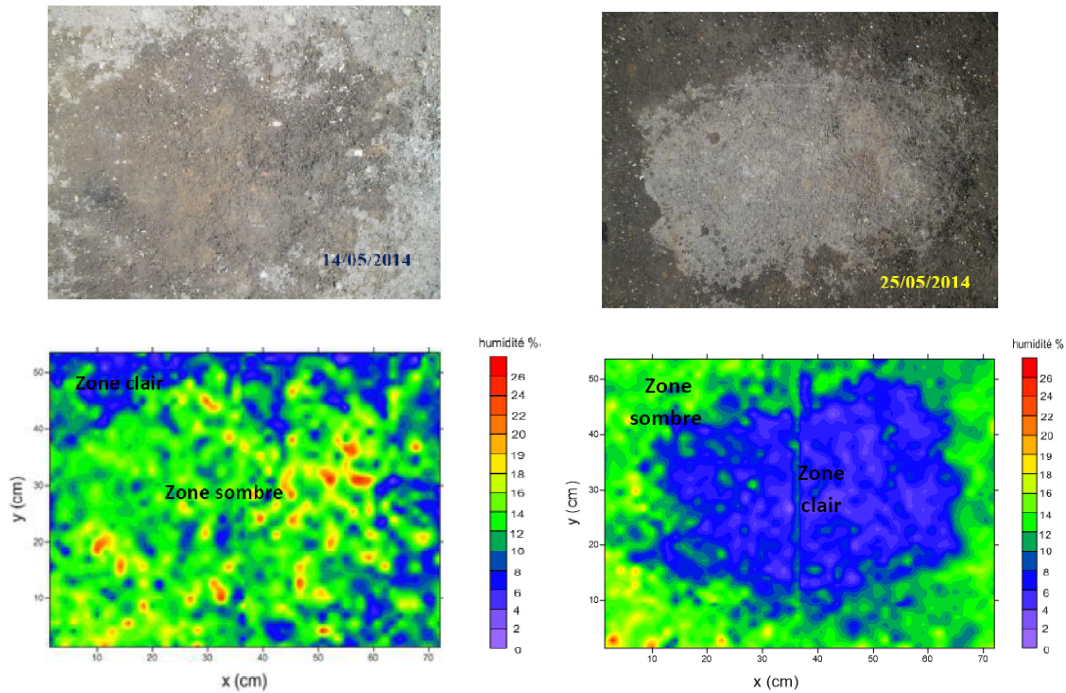


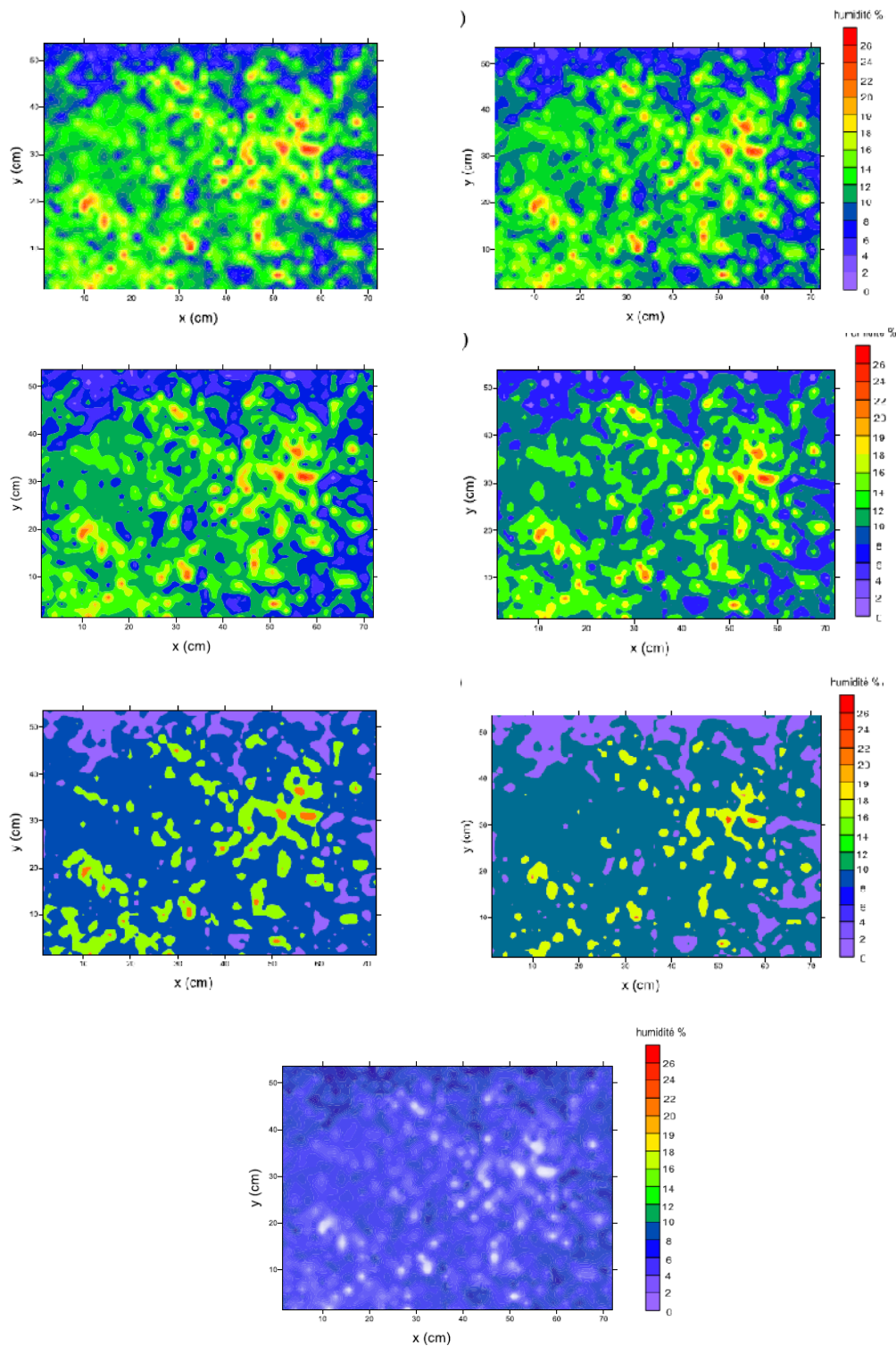
Figure 3. Photo numérique et résultats de la modélisation (test01et 02).

##### 4.1.1. Discussion

Les Photos (3.a) représentent les photos du site de la zone d'expérience prise à ( $t = 0$ ) temps initial du début d'arrosage, la zone sombre représente la zone humidifier, la zone claire représente la partie sèche. Les Figures (3.b) représentent les cartes de la répartition spatiale de l'humidité déduit la photo (3.a). En comparant les deux photos numérique par rapport aux cartes obtenus par la modélisation, nous remarquons qu'il y'a une bonne concordance entre les deux, en effet la zone sombre qui représente la zone humide dans les photos numérique, est parfaitement calée avec les cartes modélisée, la même constatation est observée pour la zone claire qui représente la zone sèche. Nous constatons aussi que la valeur de l'humidité en zone sombre estimé par le modèle, et la même que celle obtenu après échantillonnage et analyse au laboratoire, exemple :  $w=14\%$  pour  $x = 35\text{cm}$ ,  $y = 32\text{cm}$ , correspond à la même valeur au centre de la carte Figure (3.b)

##### 4.2. Relation humidité, temps ; test 03

Après la construction des algorithmes de calcul humidité/pixel et humidité/temps, nous avons réalisé un troisième test de simulation numérique pour l'évolution de l'humidité surfacique en fonction du temps, le calcul a été conduit jusqu'à une limite de temps de 360 min. Le résultat de cette simulation est montré dans les figures suivantes :



**Figure 4.** Evolution de l'humidité surfacique en fonction du temps (test03)

#### 4.2.1. Discussion

La Carte A à (t = 10 min) : Nous constatons que le taux d'humidité est élevé dans le centre de l'image, alors que dans la périphérie de l'image la proportion reste de faible. Dans les Cartes B, C, D, E, F à (t = 60 min à t = 300 min) : Nous constatons que, avec le passage du temps, la zone sombre (couleur rouge et vert) commence à se changer en couleur bleu, ce qui traduit selon l'échelle des couleurs la diminution de l'humidité. Dans la Carte G à (t = 360 min) : nous observons une diminution significative du pourcentage d'humidité, l'ensemble de la carte est couvert en couleur bleu.

## 5. Conclusion

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenues dans ce travail nous permis de conclure, que ces résultats sont conditionnées par plusieurs paramètres extérieur qui peuvent influencent la qualité et le degré de la corrélation du modèle. Il est important de signaler qu'il faudra tenir compte de la précision des logiciels et ainsi que des équipements de mesures au niveau du site expérimental, dans la modélisation

## References

- [1] Chica-Olmo M, Abarca-Hernandez F (2000) Computing geostatistical image texture for remotely sensed data classification. *Comput Geosci* 26:373–383
- [2] Zamani A, Maini B (2009) Flow of dispersed particles through porous media—deep bed filtration. *J Pet Sci Eng* 69:71–88
- [3] Pedretti D, Barahona-Palomo M, Bolster D, Fernàndez-Garcia D, Sanchez-Vila X (2010) Spatial assessment of infiltration capacity of soils for artificial recharge practices using Google Earth images. *Proceedings of the GeoENV Conference, Ghent University,*
- [4] Ghent (Belgium) Clement TP, Hooker BS, Skeen RS (1996) Macroscopic models for predicting changes in saturated porous media properties caused by microbial growth. *Groundwater* 34(5):934–942