

## **Des Images de Télédétection pour l'Erosion.**

**Puech Christian \*, Raclot Damien \*\*, Jacome Andres \***

*\*UMR TETIS, Maison de la Télédétection, 500 rue J. F Breton, 34093 Montpellier, cedex 5, France. tel 00.33.4.67.54.87.45, puech@teledetection.fr, jacome@teledetection.fr*

*\*\* UMR LISAH, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1, France.  
tel 00.33.4.99.61.22.51, raclot@ensam.inra.fr*

### **Abstract**

This paper presents the use of remote sensing images for soil erosion survey. A first part concerns the spatial data related to erosion available through remote sensing techniques: it details a short review of available remote sensing images, then discusses about the space factors related to erosion that can be extracted from the images. A second part presents a general reflexion concerning the introduction of remote sensing images into spatialized modelling, with its numerous unsolved issues. But thanks to very high spatial resolution, RS data appears to be a pertinent opportunity to improve the erosion survey methods. An illustration of RS results is given for determination of gullies in badlands experimental basins (Draix, French Alps).

### **Introduction**

Pour analyser et gérer un espace géographique il devient de plus en plus nécessaire d'avoir des informations numériques qui soient localisées dans l'espace. Dès lors deux questions se posent : comment obtenir de données précises pour cette description de l'espace ? Comment gérer et analyser la masse de données géographiquement localisée ? Les images de télédétection constituent une des réponses privilégiées à la question de l'obtention des données spatialisées tandis que de nombreuses tentatives de les intégrer dans les schémas ou modèles se développent.

On attend de ces données spatialisées une information neutre, objective, répétitive et précise. On cherche des informations immédiatement exploitables permettant 1) des méthodes opérationnelles d'inventaire et de surveillance ou obtention d'indicateurs pour une aide à la décision, 2) la mise en œuvre de modélisation spatialisée : alimentation, assimilation des données dans les modèles, calage-validation 3) un retour de connaissance sur les processus physiques, grâce à ces nouvelles façons d'observer la nature.

Cette présentation aborde l'utilisation des images de télédétection pour des problèmes d'érosion des sols. Après une revue rapide sur les types d'images disponibles, les facteurs spatiaux intéressant l'érosion et pouvant être extrait des images sont détaillés avec une illustration en zones de bad-lands (bassins expérimentaux de Draix, Alpes françaises). Pour finir quelques réflexions sur les problèmes générés par la mise en œuvre de modélisations spatialisées utilisant ces données sont abordées.

### **Les types d'images disponibles**

Les images de télédétection pour l'observation de la terre sont nombreuses et en rapide développement. Trois grandes classes se rencontrent : les images optiques, thermiques ou radar. Les éléments de caractérisation de l'érosion sont principalement acquis à partir des données optiques. Toutefois les images radar permettent d'analyser quelques éléments, telle la rugosité des sols. Chaque type d'image est défini par ses résolutions : spatiale (taille du pixel et emprise de l'image), temporelle (faculté de repasser au même point ) et spectrale (nombre de bandes d'observation et plage de mesure correspondante). Les satellites d'observation de la terre usuels ont des résolutions décimétriques (Landsat TM à résolution 30m ; SPOT XS à 20

m) et l'analyse d'image est généralement automatisée notamment grâce aux classifications spectrales des images. Les données de MNT (modèle numérique de terrain) issus souvent d'imagerie spatiale complètent cette offre en données spatiales. Rappelons que tout traitement d'image s'accompagne normalement de connaissances locales (terrain) que les images permettent de généraliser à un territoire plus vaste.

La tendance actuelle vise à l'amélioration de toutes ces résolutions : spatiale (images THRS, à Très Haute Résolution Spatiale avec les satellites Quickbird (60 cm), Ikonos (80 cm) ou Spot 5 (2.5m)), spectrale (ASTER, 14 bandes) ou temporelle grâce à des dépointages (satellites Pléiades). L'amélioration de la résolution spatiale introduit une certaine révolution dans l'utilisation de données de télédétection : la résolution métrique change profondément la vision du terrain en incluant la dimension verticale des objets détectés (bâtiments, végétation) et les ombres. Dès lors les techniques automatiques de classification d'image ne sont plus opérationnelles ; c'est l'analyse de formes basée sur des notions d'objet qui devient essentielle. Il est désormais primordial de se préoccuper de considérations sur la résolution optimale, et les notions d'échelle et d'analyse en multi échelle dans les logiciels récents d'analyse d'image tel *e-Cognition*. Du point de vue agronomique, ces mêmes résolutions permettent d'aborder des analyses intra parcellaires utiles pour l'agriculture de précision.

On note aussi un certain retour vers la prise de vue aéroportée : avions, ULM et même drones ce qui autorise des résolutions de quelques centimètres, mais sur des espaces restreints.

### **Les facteurs spatiaux de l'érosion visibles par imagerie spatiale**

De nombreux travaux très disparates utilisent une grande variété d'images de télédétection pour la gestion, le suivi, l'analyse de l'érosion et la compréhension des processus élémentaires. Ces travaux concernent par exemple l'inventaire et la cartographie des zones érodées, des facteurs d'érodabilité, des pédopaysages, de la fertilité et la protection des sols agricoles à travers la biomasse, des ressources en sol, des états de surface, l'évaluation des dégâts (observation, suivi, recul des fronts d'érosion), l'évolution temporelle des ensembles érodés avec des tentatives d'évaluation directe de l'ablation. Ces travaux sont généralisés sur tous pays et continents : par exemple Mexique, Inde, Turquie, France, Espagne, Tunisie, Madagascar...

On note l'opposition forte entre les travaux qui concernent la potentialité de l'érosion à travers les facteurs la contrôlant (morphologie, végétation, sol, état de surface), et ceux qui traitent de l'observation des manifestations de l'érosion (griffes, ravines, ...) à travers le développement de méthodes de caractérisation rapide et facilement reproductible.

Du point de vue des données spatiales utilisées, on note que les facteurs concernant les « états de surface » au sens large (c'est à dire la couche supérieure du terrain incluant végétation et sol), sont souvent analysés à partir d'images spatiales optiques, tandis que la morphologie du bassin versant (pentes, puissance hydraulique, cheminement de l'eau de surface) est analysée à partir de MNT (modèles numériques de Terrain), souvent issus de couples stéréoscopiques satellites ou aériens. Les manifestations de l'érosion profitent elles aussi de la complémentarité entre données images et MNT.

A titre d'illustration, voici un cas d'utilisation de données spatialisées pour l'analyse de l'érosion traités par l'UMR TETIS. Il montre des images d'une ravine élémentaire dans des zones de bad-lands de Draix (Alpes Françaises) acquises par drone avec des résolutions au sol de 5 cm (figure 2). L'imagerie montre la complémentarité des informations en provenance de photographie en couleurs naturelles, de photographie infrarouge couleur et du modèle numérique de terrain construit à partir de couples stéréoscopiques issus de la même série de photographies (Raclot et al 2005).

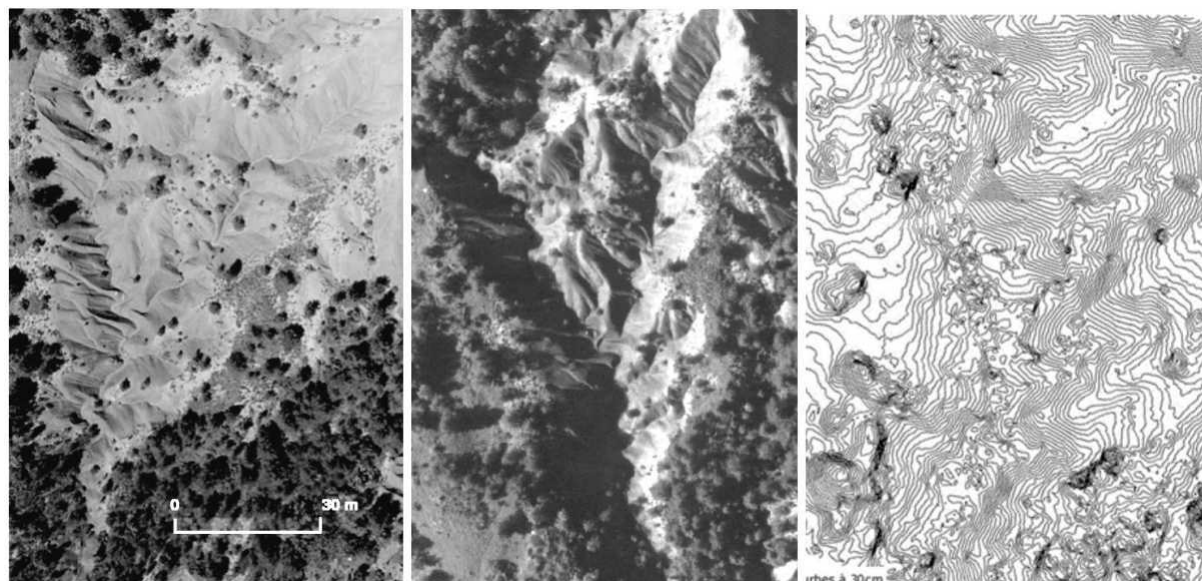


Fig 2 : Ravines de Draix (Alpes françaises, exemple de photographies couleur naturelle (a), infrarouge (b) et courbes de niveau issues de couple stéréoscopique (c) . (Raclot et al, 2005)

### Des facteurs descriptifs de l'érosion aux modèles spatialisés.

Si l'imagerie spatiale permet une cartographie des potentialités ou manifestations de l'érosion, elle peut également être utilisée pour analyser le fonctionnement du système au niveau du bassin versant. Les thèmes « états de surface » et « morphologie » sont alors utilisés pour la mise en œuvre de modélisations spatialisées de l'érosion. En effet pour valider et alimenter en données les très gourmands modèles numériques spatialisés de l'érosion tels que KINEROS, EUROSEM, CASC2D-SED, WEPP, ces méthodes de caractérisation par imagerie spatiale sont fortement recherchées.

Mais la pertinence du couplage entre données spatialisées et modélisation est délicate.

Dans le prolongement des approches de Wischmeier qui a proposé la formule universelle de l'USLE, beaucoup de modélisations utilisent des relations empiriques de production élémentaire de l'érosion s'inspirant d'expérimentations sur des parcelles agronomiques qui sont ensuite agrégées au niveau du bassin versant. Généraliser ces utilisations des modèles sur des ensembles naturels pose donc problème. Ainsi ce n'est pas parce qu'on a des données pour alimenter un modèle qu'on doit se passer de la l'étape de réflexion sur la pertinence du modèle. En particulier il faut noter que, pour une utilisation saine et efficace de la géomatique, il faut que les raisons de l'accord entre modèle et réalité ne soient pas uniquement numériques mais qu'elles soient aussi physiques : « pour qu'un modèle soit bon, il ne suffit pas qu'il donne de bons résultats il faut encore que ce soit pour les bonnes raisons » (Klemes, 1986).

Par ailleurs les images ne donnent pas directement les paramètres requis par les modèles. Il y a forcément une étape de transformation qui peut être délicate : par exemple passer d'une image à un taux de couverture, à un coefficient de freinage hydraulique sur versant. Ce couplage pose donc des difficultés et entraîne des interrogations: les données sont-elles adaptées au modèle ? Faut-il changer les données ? Faut-il changer de modèle ou même construire de nouveaux modèles, adaptés aux données spatiales ?

Ainsi on retrouve les problématiques de modélisation spatialisées de l'environnement qui posent des questions très délicates, génériques de l'utilisation des données de télédétection dans les modèles hydrologiques distribués :

- non-adaptation des échelles de travail et des échelles de concepts ;

- observation indirecte des variables et difficulté d'assimilation de donnée souvent qualitative ;
- sur paramétrisation par suite d'observations hydrologiques de terrain parcimonieuses, qui conduit à des modèles insuffisamment contraints donc à des jeux de paramètres « équifinaux » ;
- le problème majeur reste dans tous les cas celui de la validation des modèles (Bonn, 2004) : les modèles de pertes de terre sont développés sur des mesures localisées or le changement d'échelle par agrégation exige une validation spatiale, qui n'est quasiment jamais mise en œuvre du fait de son extrême difficulté pratique.

Comme le dit F. Bonn : « Ces techniques de télédétection et SIG permettent d'aider à la cartographie de la dégradation de terres et d'indicateurs de pollution diffuse agricole. Mais il reste beaucoup de travail à faire pour intégrer l'hydrologie, l'érosion et la pollution diffuse d'origine agricole dans les approches spatialisées et la télédétection. »(Bonn, 2004).

### **Conclusion, perspectives**

L'imagerie spatiale permet d'accéder à la cartographie d'un certain nombre de manifestations et facteurs érosifs sur un grand territoire : états de surface, végétation, sol, morphologie. Les techniques sont nombreuses pour des images extrêmement variées en formats, résolutions, répétitivité ...

Cette connaissance cartographique localisée et précise entraîne un fort développement de modélisation spatialisée de l'érosion. Les enjeux de cette spatialisation sont une meilleure connaissance des problèmes de l'érosion d'un territoire (position, importance, évolution), pour une meilleure aide à la décision. Mais l'utilisation des données spatialisées pour la modélisation de l'érosion pose des questions non résolues notamment en validation.

Les nouvelles tendances de l'imagerie concernent l'utilisation de la THRS avec des travaux intra parcellaire, actuellement développés pour des questions d'agriculture de précision. Ceci ouvre la gamme des caractérisations possibles ce qui peut, à terme, conduire à une description multi échelle des manifestations et facteurs érosifs.

**Mots clés :** Télédétection, érosion

### **Références bibliographiques**

- Bailly, 2002. Intérêt d'une approche spatialisée pour le diagnostic et la gestion d'ouvrages contre l'érosion. Rapport de projet ENGREF Montpellier
- Bonn F., 2004. Fifth Annual Brace Water Symposium, Montréal 2004, comm. orale
- Klemes V., 1986. Dilettantism in hydrology : transition or destiny. in Water Resources. Res 22, 9.: pp 177-188.
- Raclot D., Puech C., Mathys N., Roux B., Jacome A., Asseline J., Bailly J.S., 2005. Photographies aériennes prises par drone et Modèles numériques de terrain : apports pour l'observatoire sur l'érosion de Draix. in « Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement », 2005, n°1, p 7-20