

GESTION DES RISQUES



BELGIAN EARTH
OBSERVATION

Projet financé par le programme belge
de recherche en Observation de la Terre
Telsat 4 (1996-2000)

Introduction

Les catastrophes naturelles semblent survenir de plus en plus souvent, occasionner de plus en plus de dégâts matériels et menacer de plus en plus de vies humaines.

Chaque année, une moyenne de 50.000 personnes trouvent la mort à la suite de catastrophe naturelles, principalement dans les pays en voie de développement. Les pertes pour l'économie mondiale s'élèvent à plus de 50 milliards USD, neuf fois plus qu'il y a quelques décennies. Cette augmentation est principalement due à la croissance de la population, à la construction dans des régions à risques et à la valeur toujours croissante de l'infrastructure moderne.

Les inondations représentent la part du lion de ces pertes et augmentent sans cesse. Rien qu'en Belgique (bassin de la Meuse et de l'Escaut), la facture des inondations de 1995 s'élève à 1 milliard BEF. Les causes des inondations sont multiples, citons entre autres l'expansion de l'urbanisation, l'érosion des sols et les changements climatiques qui entraînent des modifications du profil des précipitations et des tempêtes plus fortes et plus fréquentes.

On peut amoindrir les conséquences des catastrophes naturelles par une gestion adaptée, comprenant non seulement la prévention (évaluation des risques, planification régionale et locale) et la prévision, mais également des secours adéquats. La télédétection se révèle un outil particulièrement approprié auquel on a déjà souvent eu recours pour chacune des phases de cette gestion.

Les images obtenues par satellite sont par exemple utilisées pour déterminer les zones présentant des risques d'inondations, d'explosions volcaniques ou de glissements de terrain.

Lorsque l'on dispose de séries de données satellitaires à haute fréquence temporelle, des modifications par rapport au type d'image courant peuvent indiquer une catastrophe imminente. C'est le cas pour les explosions volcaniques et les tremblements de terre : les images satellites peuvent révéler de petites déformations de l'écorce terrestre. Par ailleurs, les données obtenues par les satellites météorologiques et autres sont indispensables pour les modèles hydrologiques permettant de prédire les inondations.

Enfin, seules les images satellitaires permettent d'évaluer très rapidement les conséquences d'une catastrophe naturelle en cours ou qui vient de se produire sur une région étendue, ce qui peut également avoir une grande importance pour l'organisation des secours.



IMPACT D'UN BARRAGE

Devons-nous construire ce barrage ?

D'un point de vue géologique, le canyon Wadi Mujib est extrêmement jeune : il a formé une enclave dans le plateau de Jordanie durant l'ère quaternaire et sa profondeur est de 700 m. Ses parois sont entièrement recouvertes d'herbe et ont été fortement endommagées par divers processus géomorphologiques. Cette caractéristique rend le canyon extrêmement sensible aux glissements de terrain et la pose d'un barrage n'améliorera certainement pas cette situation.

En outre, les nombreuses découvertes archéologiques effectuées dans la région témoignent d'un riche passé historique. La construction d'un barrage risquerait donc de causer la perte de plusieurs de ces sites. Avant d'envisager la construction d'un barrage, il est primordial de connaître l'incidence de cette structure sur l'environnement.



Le site archéologique de Lehun, situé sur la rive nord du Wadi Mujib, surplombe le canyon de 700m de profondeur et de 5 km de large

L'étude porte tout particulièrement sur l'application d'images stéréoscopiques à haute résolution fournies par le satellite russe COSMOS TK-350 et utilisées dans le cadre d'études archéologiques et de l'élaboration de cartes géomorphologiques dans les régions semi-arides. La question est de savoir dans quelle mesure les images de télédétection stéréoscopiques peuvent être utilisées en tant que matériel visuel 'de substitution' lorsque l'on ne dispose pas de photos aériennes stéréoscopiques. En effet, nous ne disposons pas de telles photos pour de nombreuses régions sur notre planète, comme les régions infertiles ou abandonnées et des zones militaires.

IMPACT D'UN BARRAGE

Le premier point est la question de l'avantage de l'introduction d'images stéréoscopiques à haute résolution dans un SIG (Système d'Information Géographique) pour une pré-étude géo(morpho)logique concernant la construction de travaux d'infrastructure de grande envergure dans des régions arides et semi-arides.



Localisation du site d'implantation du barrage dans le canyon du Wadi Mujib (Jordanie)

Les images TK-350 peuvent-elles par exemple être utilisées en combinaison avec des cartes géologiques et des modèles numériques de terrain pour dresser des cartes de risques concernant l'instabilité des pentes, le remblaiement d'un lac artificiel, etc. ? Deuxièmement, dans quelle mesure les images à haute résolution peuvent-elles contribuer à mettre au point des études préliminaires visant à localiser d'éventuels sites archéologiques dans des régions arides et semi-arides ? En effet, dans des régions de ce type, nous possédons peu, voire pas de photos. Les images TK-350 pourraient nous aider à solutionner ce problème.

Les images stéréoscopiques à haute résolution doivent nous permettre de dresser une carte géomorphologique. Ces cartes constituent à leur tour les informations de base pour élaborer des cartes représentant l'instabilité des pentes et l'emplacement probable d'éventuels sites archéologiques. L'on peut alors appliquer cette technique lors d'études analogues dans d'autres régions arides ou semi-arides entourant la Méditerranée.

Méthode et Resultats

Pour tracer les cartes des risques concernant l'instabilité des pentes et la géo-archéologie, nous avons mis sur pied un SIG de base. Plus la valeur du pixel augmente, plus le risque d'instabilité des pentes est élevé et la probabilité de découvertes géo-archéologiques importante.

PENTES INSTABLES

Méthode

Pour illustrer l'instabilité des pentes sur une carte, on combine 4 facteurs pondérés, sélectionnés sur base de la connaissance du terrain et de la littérature complémentaire sur le sujet. Dans la région, de nombreux facteurs (topographie, lithologie, climat, influence de l'homme, tectonique, ...) jouent un rôle sur l'évolution de l'instabilité des pentes ; les principaux facteurs qui stimulent les mouvements de masse sont (1) le degré d'inclinaison, (2) la lithologie, (3) la proximité de failles et de linéaments et (4) la proximité de thalwegs ou d'oueds.



Déplacement de matière vers l'aval à la suite d'un glissement le long de la paroi

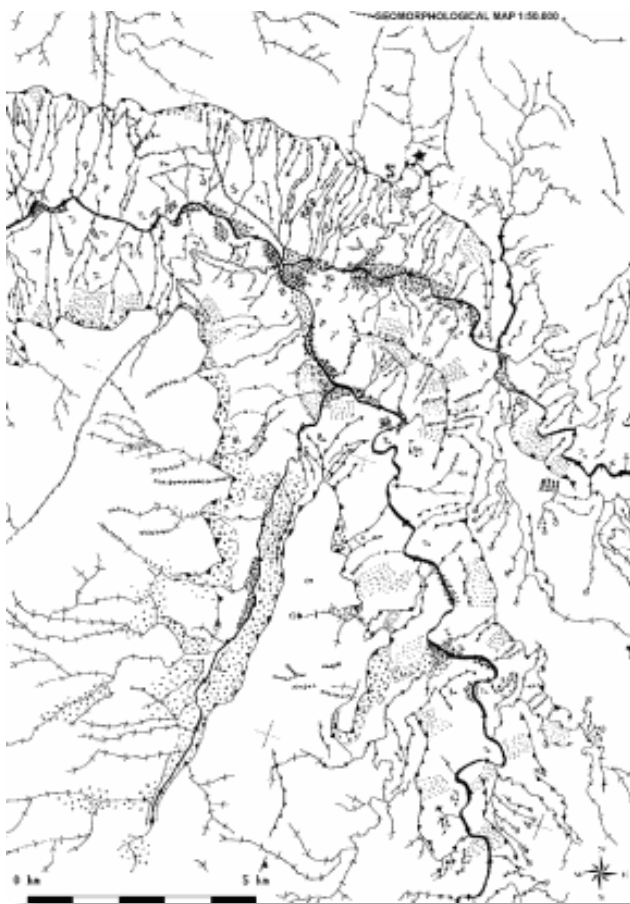


Failles apparues à la suite d'activité (neo)tectonique

Méthode et Resultats

La cinquième source d'information est constituée par les localisations de mouvements de masse antérieurs le long des pentes. Ces informations sont fournies par la carte géomorphologique établie sur base des images TK-350.

Un calcul statistique effectué sur base des localisations des mouvements de masse antérieurs attribue un poids aux différents facteurs. Le poids le plus élevé est attribué au facteur qui, d'un point de vue statistique, exerce la plus grande influence sur les mouvements de masse dans la région.



Carte géomorphologique dressée à partir d'images stéréoscopiques TK-350

La cartographie géomorphologique basée sur des images TK-350 sert un objectif double : elle dresse

- (1) une carte panoramique (1:100.000) de l'ensemble du canyon et
- (2) une carte détaillée (1:50.000) indiquant l'emplacement du barrage et l'environnement direct dans le canyon.

La légende est basée sur la légende de la carte géomorphologique des régions arides et semi-arides mise au point par l'Université de Saragosse (Espagne).

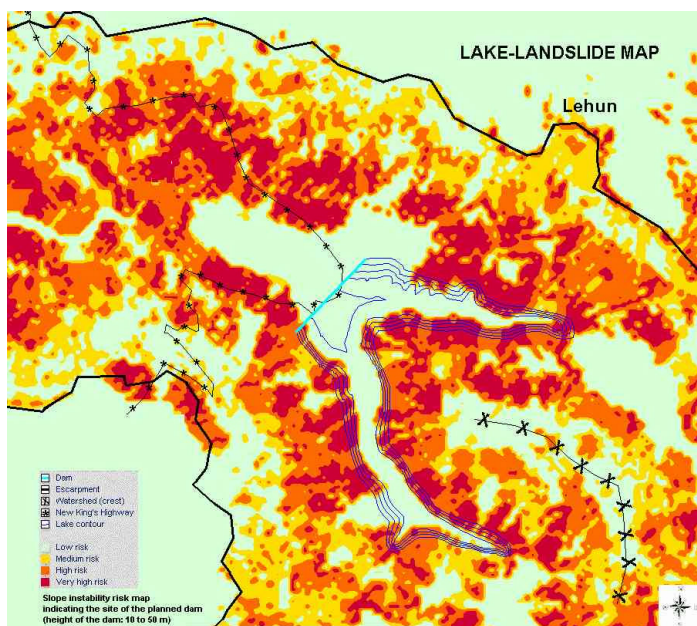
La carte géomorphologique à l'échelle 1:50.000 est ensuite contrôlée sur le terrain. En même temps, des recherches sont effectuées sur le terrain afin de détecter des failles ou linéaments témoignant de l'activité néotectonique dans la région.'

Méthode et Resultats

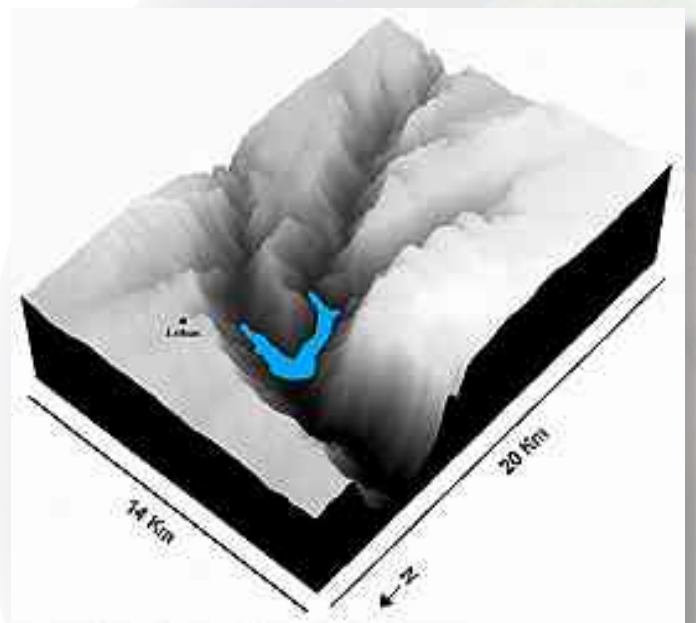
Résultats

Risques de glissement de terrain !

La somme des poids des différents facteurs est reproduite sur une carte qui représente la variation spatiale des risques relatifs de mouvements de masse ou de glissements de terrain. Pour accroître la lisibilité, la carte est basée sur l'histogramme des images et distingue 4 classes de risques (risque faible, risque modéré, risque élevé et risque extrêmement élevé).



Carte des risques d'instabilité des pentes, avec indication de la situation du barrage de retenue potentiel (hauteur 10 à 50m)



Représentation du modèle de terrain digital, tenant compte de l'implantation du barrage potentiel

La construction d'un barrage dans le Wadi Mujib donnera lieu en amont à l'apparition d'un lac de retenue dont le volume dépendra de la hauteur du barrage. Déjà actuellement, les pentes particulièrement instables pourraient provoquer de nouveaux glissements de terrain, de sorte que l'accumulation de sédiments viderait progressivement le lac de son volume. A ce problème s'ajoute le fait que l'augmentation du plan d'eau risque d'humidifier les parois riches en marne (par une pression des pores plus élevée), ce qui contribuera également à accroître l'instabilité des pentes. Etant donné que les contacts entre le futur lac et les zones à risque élevé s'intensifient, les risques d'instabilité augmentent considérablement lorsque les barrages ont plus de 20 mètres de hauteur.

Méthode et Resultats

CARTOGRAPHIE GÉO-ARCHEOLOGIQUE

Méthode

Où doit-on fouiller ?

Un modèle analogue à celui utilisé pour déterminer l'instabilité des pentes a été élaboré pour la cartographie géo-archéologique. Dans ce cas-ci, toutefois, aucun calcul statistique n'est effectué et aucun poids n'est donc attribué. Le modèle se compose de 8 couches d'information en rapport avec la variation spatiale de l'emplacement éventuel de sites archéologiques ou artefacts encore inconnus :

- la proximité du côté escarpé sur le plateau : la présence des sites les plus célèbres témoigne de l'importance stratégique du côté du plateau. A cet endroit, on a une vue panoramique de l'environnement tout en étant protégé par le canyon contre les offensives en provenance de l'autre côté.
- la proximité de l'ancienne Route royale, très importante : cette route commerciale vieille de plusieurs milliers d'années fut le théâtre de plusieurs découvertes archéologiques.
- la proximité de thalwegs ou d'oueds : importante pour l'approvisionnement en eau.
- le degré d'inclinaison : en règle générale, plus le terrain est plat, plus il incite l'homme à s'y installer.
- la lithologie : la présence de basalte (sur laquelle se développe le sol fertile) ou d'alluvions fertiles exerce sur l'homme une force d'attraction considérable.
- la proximité d'une source d'eau, d'une zone de suintement ou de travertin datant du pléistocène témoigne de la présence d'eau à cette époque : un élément important pour l'approvisionnement en eau.
- résidus de terrasses fluviales : le faible degré d'inclinaison et la présence d'une couche géologique fertile font des terrasses un endroit idéal pour pratiquer l'agriculture ou s'installer.
- l'orientation de la pente : dans les régions plus chaudes, l'homme recherche des zones d'ombre. Depuis la révolution néolithique, la végétation a été coupée et il ne subsiste plus que des pentes couvertes d'herbe et dénuées de végétation. Les pentes orientées vers le nord sont moins exposées au soleil et présentent par conséquent un degré de vaporisation plus faible (= davantage d'humidité) que les pentes orientées vers le sud. La valeur des pentes orientées vers l'est et l'ouest se situe entre ces deux extrêmes.

Les images TK-350 constituent un outil précieux pour localiser ces éléments du paysage.



Le site archéologique de Lehun, situé sur la rive nord du Wadi Mujib, surplombe le canyon de 700m de profondeur et de 5 km de large



Dépôts de travertin le long des parois du canyon



Niveau fluviale et lit actuel du fleuve

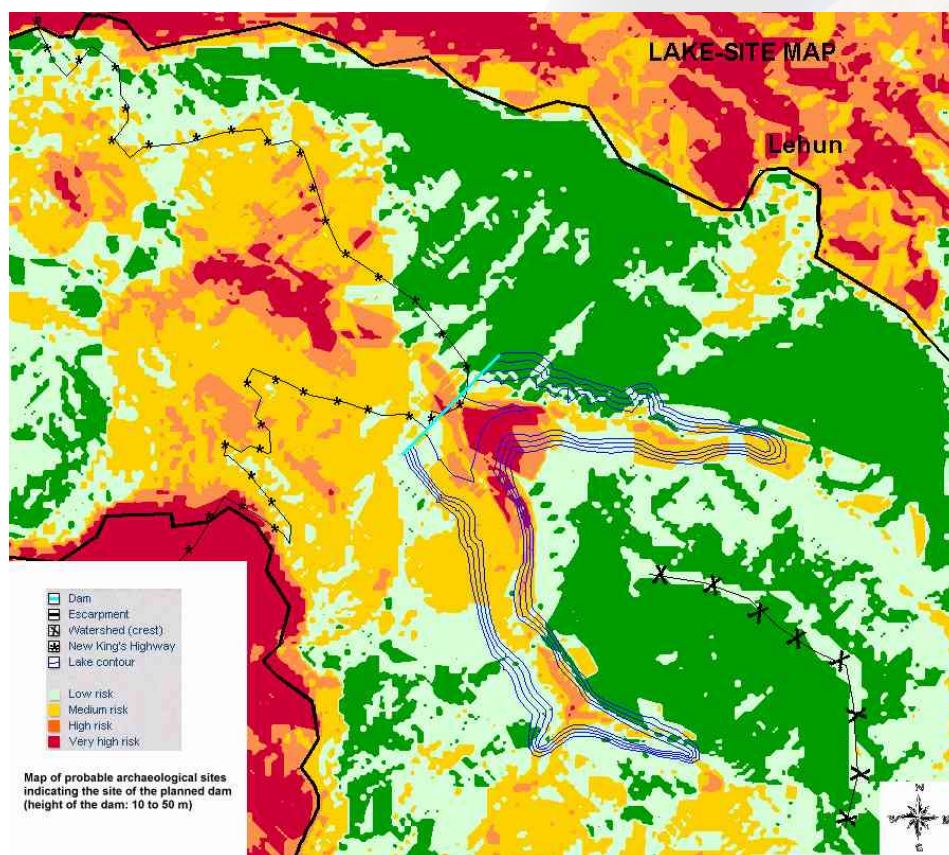
Méthode et Resultats

Résultats

Fouillons ici !

La combinaison de ces couches d'informations résulte en une carte qui représente la variation spatiale des «chances» de découvrir des sites archéologiques ou des artefacts. Pour tester la pertinence de cette carte géo-archéologique, tous les emplacements de sites déjà connus sont comparés avec une carte des probabilités. Dans la zone d'expérimentation, 52% des sites déjà connus se situent dans la zone à très forte probabilité ; les 48% restants se trouvent à des endroits où la probabilité varie entre modérée et élevée. Aucun site connu n'apparaît dans les zones où la probabilité est faible ou très faible !

L'on peut affirmer que la construction d'un barrage engendrerait la perte de nombreux sites archéologiques à hauteur des résidus de terrasses fluviales et des éventails alluviaux. Les archéologues peuvent utiliser la carte géo-archéologique de l'emplacement du barrage comme fil conducteur pour organiser une campagne de fouilles efficace.



Carte de probabilité d'existence de sites archéologiques, avec indication de la situation du barrage potentiel (hauteur 10 à 50m)

Conclusions

En combinant l'interprétation géomorphologique des images TK-350 à des levés de terrain dans le but de dresser une carte géomorphologique (ainsi qu'une carte dérivée représentant les glissements de terrain), l'on obtient des informations de base de qualité et indispensables à l'élaboration d'un modèle général d'instabilité des pentes. De même, lorsqu'elles sont employées pour l'élaboration d'un modèle géo-archéologique, les images TK-350 s'avèrent particulièrement utiles : localisation des résidus de terrasses, alluvions, sédimentation de travertin, côté escarpé du plateau, ... Même si le temps et/ou l'argent disponibles ne permettent pas aux spécialistes de procéder à des levés de terrain, les images TK-350 fournissent suffisamment d'informations de qualité sur la géomorphologie à l'échelle 1:50.000.

Pour conclure, mentionnons les deux principaux avantages que présente l'utilisation d'images stéréoscopiques TK-350 :

1. ces images sont faciles à utiliser lors d'études géomorphologiques préliminaires visant à dresser la carte des risques écologiques.
2. elles sont plus intéressantes que les photos aériennes stéréoscopiques (1:50.000), et ce pour différentes raisons : leur prix de revient est plus bas (surtout dans le cas de régions plus étendues), leurs délais de livraison (seulement 1 mois !) et de traitement des images sont plus courts, elles sont moins complexes (avantage d'une vaste couverture et d'indications métriques sur les images).

Team

Coordinateur

Morgan De Dapper
Universiteit Gent (RUG)
Departement Geografie
Fysische en Regionale Geografie van de Mediterrane en Tropische Streken
Krijgslaan, 281 (S8)
B-9000-Gent

Tel : + 32 (0)9 / 264.46.90
Fax : + 32 (0)9 / 264.49.82
e-mail : morgan.dedapper@ugent.be

André Ozer
Université de Liège
Institut de Géographie
Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection
Allée du 6 Août, 2 B11
B-4000 Liège

Tel : +32 (0)4 / 366.54.46
Fax : +32 (0)4 / 366.57.22
e-mail : aozer@ulg.ac.be

Partenaires

Chantal De Jaeger (RUG)



RESUME

De plus en plus souvent, l'eau devient une matière première stratégique rare. En effet, les provisions en eau douce utilisable diminuent alors que la demande ne cesse d'augmenter. Un problème qui touche tout particulièrement les régions arides et semi-arides de notre planète. Les spécialistes s'efforcent de remédier à cette situation en augmentant les quantités d'eau utilisable, notamment en construisant des barrages. Même si, chaque année, des dizaines de barrages voient le jour dans le monde, leur utilité est de plus en plus contestée. La construction de barrages entraîne des dangers pour l'environnement et les régions dans lesquelles ces infrastructures sont édifiées ont généralement une valeur écologique et culturelle inestimable.

En outre, dans les pays semi-arides du Proche-Orient, l'eau est également indispensable à la stabilité politique de la région. Ainsi, pour protéger ses stocks en eau, la Jordanie prévoit de construire un barrage dans le canyon du Wadi Mujib. La construction de ce barrage aura sans aucun doute une influence positive sur le développement du pays, mais elle présente certains risques car les pentes du canyon sont extrêmement instables. En rehaussant le plan d'eau, les parois du canyon riches en marne sont humidifiées et risquent donc de s'affaisser davantage. Le lac verra alors progressivement sa capacité diminuer à cause de la sédimentation.

En outre, cette région possède un passé historique particulièrement riche ainsi qu'une précieuse valeur archéologique. L'implantation d'un barrage risquerait d'anéantir définitivement tout espoir de découvrir des sites archéologiques encore inconnus.

Dans le cadre de ce projet, les spécialistes utilisent des images stéréoscopiques à haute résolution pour dresser la carte des risques écologiques et localiser les sites archéologiques intéressants pour que l'on puisse tenir compte de leur présence lors de la planification de travaux d'infrastructure.

REGION OBSERVEE



Le canyon Wadi Mujib est situé à l'est du bassin septentrional de la mer Morte. Durant l'ère quaternaire, ce canyon s'est enclavé dans le plateau de Jordanie qui, sur le plan stratigraphique, est formé de couches sédimentaires datant du Secondaire tardif. Ces plaques sont disposées presque horizontalement et se composent principalement de calcaire, de marne, de craie et de silicite. D'un point de vue géologique, le développement de ce canyon d'une profondeur de 700 mètres est extrêmement jeune, le creusement de l'enclave n'ayant débuté que durant le Plio-pléistocène.

RESUME

DONNEES UTILISEES

Pour les besoins de cette étude, les spécialistes ont utilisé plusieurs images stéréoscopiques délivrées par le satellite russe TK-350. Selon Sovinformspoutnik, le TK-350 (plate-forme COSMOS) a été conçu pour fournir des données altimétriques détaillées. Ce matériel permet d'élaborer des cartes à l'échelle 1:50.000 pour quasiment toutes les régions du globe terrestre.

On a également consulté des cartes à l'échelle 1:50.000 et 1:100.000 pour étudier la topographie et la géologie (également la lithologie) de même que pour obtenir des données archéologiques. Des données complémentaires ont pu être obtenues dans la littérature spécialisée et par le biais de travaux topographiques effectués dans le canyon.

