

ESSAI DE CARTE DE RISQUES D'INSTABILITÉ DES VERSANTS DANS UN BASSIN DES VOSGES (FRANCE).

Thea Vogt et Sylvie Rimbart

Laboratoire Environnement, Cartographie, Télédétection/Université Louis Pasteur
3, rue de l'Argonne - F-67083 Strasbourg Cedex

Résumé. La construction d'une carte de risques d'instabilité des versants en moyenne montagne tempérée a pris en compte trois facteurs: l'humidité des sols, les types de roches, les valeurs de pentes. Les risques se rangent en cinq catégories qualitatives. On est parti de trois sources d'informations localisées: une carte géologique, un MNT et un fichier Landsat TM multicanal corrigé géométriquement, sur une surface de 420 km². Les facteurs naturels, à modalités diverses selon les niveaux de risque, ont été croisés par un tableau de contingence à deux entrées. Après avoir trié selon ces contingences, on a affecté une couleur à chacun des quatre types de combinaison. Les contrôles de terrain ont confirmé la fiabilité de la méthode. L'importance du rôle du thématique dans l'énoncé de son objectif et dans le codage de ses données doit être soulignée, car sans lui le cartographe-informaticien ne peut agir utilement. Bien qu'en l'occurrence aucun SIG n'ait été utilisé, la démarche montre l'intérêt d'entrer des modèles empiriques (ou théoriques) dans les systèmes et pas seulement des bases de données.

1. Introduction.

L'établissement d'une *carte de risques d'instabilité* des versants est ici l'occasion d'une collaboration entre cartographe et thématique (géomorphologue), qui devrait contribuer à préciser les rôles respectifs de ces deux partenaires dans le contexte contemporain. Au géomorphologue l'énoncé des objectifs et le choix des critères, au cartographe le géocodage des observations et une réflexion sur les descripteurs, les modalités, les combinaisons, les classes graphiques, puis sur la mise en forme du report. Pour mieux cerner leurs rôles, il apparaît nécessaire de préciser plusieurs concepts et donc de se soucier, indirectement, de *théorie de la cartographie*. On est ici parti de trois sources d'information: une carte géologique, un Modèle Numérique de Terrain et un fichier Landsat TM multicanal corrigé géométriquement, sur une surface de 420 km². Par croisement des descripteurs de chacun des facteurs on a abouti à une *carte résultante* dont les contrôles de terrain ont montré la fiabilité.

On s'est efforcé de concevoir une *légende simple*, qui fasse comprendre directement au lecteur-utilisateur la méthode suivie. En effet, face aux nombreuses possibilités actuelles de l'*algèbre de cartes* [1], on ne peut plus se contenter de légendes-listes, non structurées.

2. Les éléments cartographiques.

A une époque où les techniques (p.ex. les SIG) facilitent les combinaisons de plans d'information géographique (layers), il convient d'insister sur les légendes des cartes produites, qui permettent au lecteur-utilisateur de comprendre et de suivre les opérations d'*algèbre de cartes* (overlays - map fusions) qui conduisent aux *cartes résultantes*.

L'étude de cas retenue veut illustrer ces notions. Pour ce faire on a considéré trois étapes:

- énoncer l'objectif de la carte résultante à obtenir; ici, localiser les emplacements à risques d'instabilité sur des versants de moyenne montagne en climat tempéré;
- cet énoncé conduit à sélectionner:
 - a. les variables qui interviennent et qui sont ici de nature lithologique;
 - b. les états de ces variables susceptibles de favoriser le processus de mouvement, soit le degré d'humidité des roches et de pente du versant. Ces états sont exprimés par des

descripteurs à plusieurs modalités. De type quantitatif, celles-ci sont désignées par les bornes des classes, déterminées selon les pondérations du thématicien;

- enfin, un *tri croisé* est opéré sur les descripteurs, en jouant des deux entrées humidité/pente pour chacun des facteurs, selon les pondérations (fort, faible, nul, etc.) que le thématicien a choisi de donner aux différentes combinaisons.

Dans la *légende* de la carte résultante (carte de risques) ont été volontairement isolés les facteurs, le croisement des descripteurs et les pondérations, exprimées graphiquement par une échelle progressive de la même teinte. Bien que ceci soit aujourd'hui banal en algèbre de carte, il semble important de souligner la nécessaire coopération entre thématicien (responsable ici du choix des facteurs, des limites des classes, des pondérations) et le cartographe qui doit veiller à la cohérence des expressions quantitatives et qualitatives des critères et des variables retenus. Le cartographe doit savoir contrôler et même enseigner le *géocodage* correct des observations du thématicien. C'est seulement lorsqu'elles sont géocodées et qu'elles peuvent entrer dans un *modèle* (ici le tableau de croisement) que des observations deviennent des *données*.

3. Le problème posé.

La question était: *comment, dans une région tempérée humide à couvert végétal continu et donc sans possibilité d'observation directe du substrat, déceler les versants à risques de mouvements de masse?*

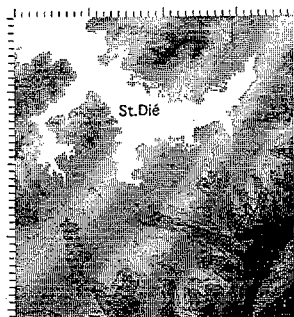
A été choisie comme zone d'étude la cuvette de Saint-Dié, dans les Vosges moyennes, aux environs de 300 m d'altitude, entourée de plateaux et massifs dépassant les 800 m au Nord, les 1100 m au Sud-Est (Massif de Ste.Marie-aux-Mines). Le climat est tempéré de type océanique: les précipitations moyennes annuelles sont de ≈ 1100 mm, atteignant 2000 mm sur les crêtes; ces totaux sont supérieurs à l'évaporation potentielle et les sols sont donc humides en permanence. Forêt et prairies couvrent la plus grande partie de la surface. La lithologie est variée: sur les roches du socle (schistes cristallins, gneiss, migmatites), une série permienne tantôt argileuse, tantôt sableuse, puis du grès triasique formant le sommet des plateaux et, dans les dépressions, des alluvions.

4. La démarche.

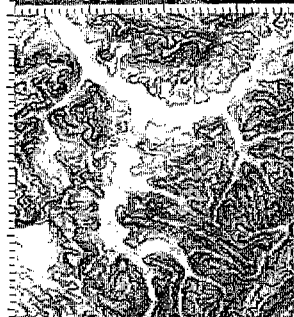
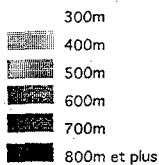
3.1. "Les couches d'information."

Trois variables entrent dans l'évaluation des risques de mouvements de masse: *la nature du substrat*, et en particulier sa capacité à fluer une fois saturé, *la teneur en eau du sol, la pente*. La première information (lithologie) n'est fournie que partiellement par la carte géologique, qui ne distingue pas les roches cristallines très broyées par la tectonique ou très altérées et donc riches en argile, qui retiennent l'humidité, ni les argiles et sables du Permien: or les sables sont filtrants, à l'opposé des argiles. La deuxième information (teneur en eau du sol) est fournie par traitement de données Landsat TM; des travaux précédents [2, 3, 4] nous avaient en effet montré que le 3ème Facteur d'une Analyse en Composantes Principales effectuée sur ces données met en évidence l'humidité du sol. La troisième information est dérivée d'un MNT.

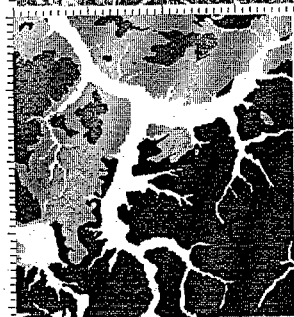
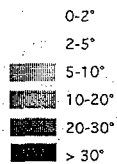
On a préparé les trois couches d'information en numérisant les limites lithologiques de la carte géologique à 1/50 000 et en calculant les pentes à partir d'un MNT obtenu à partir de la carte topographique à 1/50 000, avec une résolution de 40 m x 40 m. Le troisième plan est l'image du 3ème Facteur de l'ACP, corrigée géométriquement par rapport aux cartes. Les trois plans ont été ramenés à des pixels de 50 m x 50 m et rendus ainsi superposables.



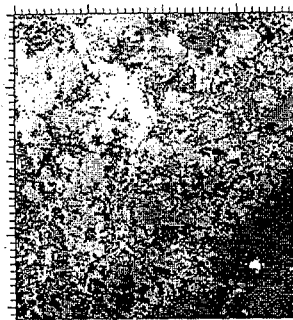
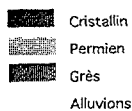
Saint-Dié : Altitudes.



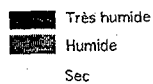
Saint-Dié : Pentés.



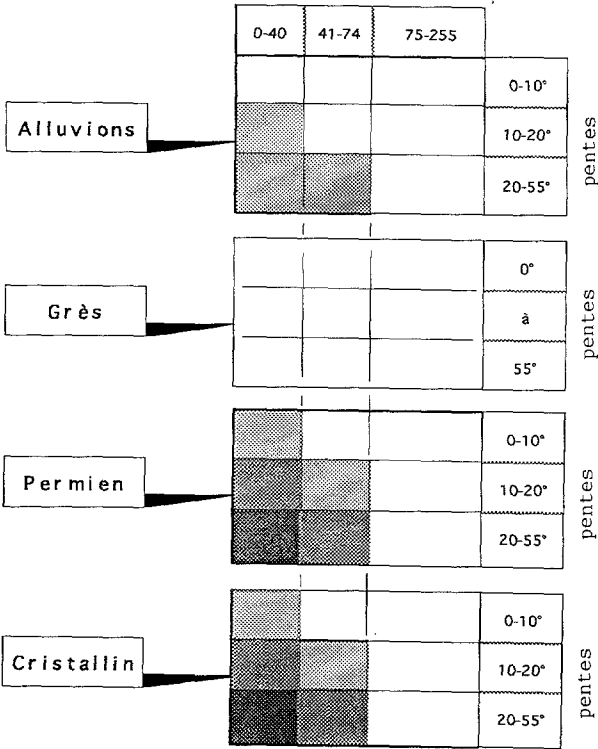
Saint-Dié : Lithologie.



Saint-Dié : Humidité.



Humidité



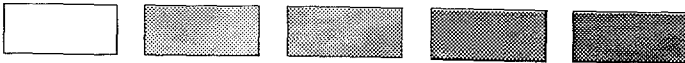
Nul

Faible

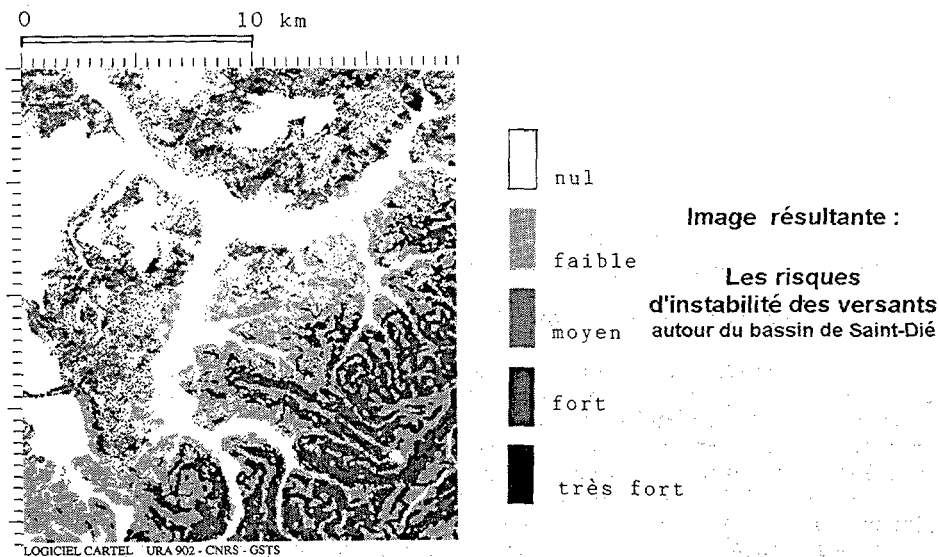
Moyen

Fort

Très fort



Echelle graphique des risques



3.2. "La pondération des variables".

Les différentes variables n'ont pas le même poids en fonction de leurs différentes modalités. Ainsi, pour la *lithologie*, le grès et le cristallin sain ne présentent aucun risque quelles que soient leur pente et leur teneur en eau. Mais une roche cristalline altérée ou broyée par la tectonique, en pente même moyenne et avec une teneur en eau importante est susceptible de mouvements de masse. Les couches du Permien ne présentent aucun risque si sableuses, mais les argiles peuvent solifluer dès que l'humidité augmente. Les alluvions sont sauf exception en pente faible. La *pente* intervient à partir de 10-15° si les roches ont tendance à devenir plastiques lorsque la teneur en eau augmente. Quant à l'humidité, elle est sans effet si la roche est cohérente, mais à un très grand poids si la roche tend à solifluer.

Le tableau qui a servi de base au croisement des données a tenu compte de ces observations.

- [1] Rimbart, S., 1992. Données pour une algèbre de cartes. *Bull. Soc. Française Photogrammétrie Télédétection* 125, pp. 14-25
- [2] Rimbart, S., Vogt, T., 1991. Données satellitaires et paysages factoriels. in: *Spatial analysis and population*, D.Pumain ed., INED (J.Libbey-Eurotext, Paris), pp. 321-332
- [3] Vogt, T., Vogt, H., 1991. Utilisation de la télédétection pour la cartographie des zones humides. *Symp.Intern.Cartographie Thématique dérivée des images satellitaires, Saint-Mandé, 2/4 octobre 1990, Bull.Comité Français Cartographie*, 1, 27-12, pp.146-153
- [4] Vogt, T., Gomeré, D., 1992. Estimation du ruissellement et des matières en suspension par l'utilisation d'un SIG intégrant MNT, données Landsat TM et données hydrologiques de terrain. *Bull. Soc. Française Photogrammétrie Télédétection* 128, pp. 7-17