

## Réflexions sur la vulnérabilité à l'aléa érosion

Marie Liégeois<sup>1</sup>  
Stanislas Wicherek<sup>1</sup>  
Jean-Paul Amat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire BIOGEO,  
FRE 2545,  
CNRS/École normale supérieure,  
Lettres et sciences humaines Lyon  
(ENS-LSH),  
15, parvis René Descartes,  
69000 Lyon cedex 7  
<Marie.Liegeois@ens-lsh.fr>

<sup>2</sup> Laboratoire BIOGEO,  
FRE 2545,  
CNRS/École normale supérieure,  
Lettres et sciences humaines, Lyon  
(ENS-LSH),  
Institut de géographie,  
Rue Saint Jacques,  
75005 Paris

### Résumé

Les études sur le risque se multiplient et se formalisent, développant largement les recherches sur la vulnérabilité. Ainsi, nous proposons une démarche pour définir et étudier la vulnérabilité dans le cadre des recherches menées sur le risque érosion. Partant de l'équation :  $\text{risque} = \text{aléa} \times \text{vulnérabilité}$ , nous cherchons à isoler la vulnérabilité de manière à l'étudier différemment de l'aléa et avec des composantes qui lui sont propres. Il apparaît que les critères qui composent la vulnérabilité sont la valeur du site et la capacité de résistance de celui-ci à l'aléa. Une fois ces critères étudiés et combinés, on peut obtenir un degré de vulnérabilité pour le site. Le degré de vulnérabilité obtenu n'a d'autre objectif que celui d'être combiné au degré de l'aléa de manière à établir un niveau de risque. À tout moment, les composantes du risque doivent pouvoir se cartographier. Il est donc fondamental de mener des réflexions sur les échelles appropriées dans chacun des cas. L'objectif final est d'arriver à une carte des risques, utilisable en tant qu'outil permettant l'aide à la décision. Pour que les données soient facilement mobilisées et actualisées, l'intégration dans un système d'information géographique (SIG) semble être une méthode de travail pertinente.

*Mots clés* : Sols ; Ressources naturelles et environnement.

### Summary

#### The concept of vulnerability and erosion as a natural hazard

Risk assessment is becoming increasingly formalised and widespread, causing research on vulnerability to be largely developing in its wake. Therefrom, we propose to define and study vulnerability within the framework of the research currently conducted on erosion as a risk. Starting from the equation "Risk = natural hazard  $\times$  vulnerability", we try to isolate vulnerability to study it separately from natural hazard, considering it in the light of its own specific components. It appears that vulnerability is a function of the value of the site concerned and of its capacity to resist natural hazard. Once these criteria are studied and combined, we can derive a degree of vulnerability for the site. This degree of vulnerability is only determined so that it can be combined with the degree of uncertainty in order to obtain the risk level. At all times, it should be possible to display risk components on a map. It is therefore fundamental to consider the appropriate scales in each case. The final objective is to obtain a map of the risks which can be used as a decision-support tool. To easily access and update the data, integration into a Geographical Information System (GIS) seems to be the appropriate work method.

*Key words*: Soils; Natural Resources and Environment.

Les recherches que nous menons concernent l'érosion hydrique sur les terres de grande culture. Celle-ci se manifeste avec une intensité qui a retenu notre attention, mais aussi celle des différents acteurs concernés par les problèmes qui affectent les sols (*photo 1*). La question en jeu est certes environnementale (pollution des sols et des cours d'eaux...) mais elle est également, et dans

une large mesure, socio-économique. Ce sont les terres agricoles les plus productives qui sont affectées par l'érosion (en Europe, aux États-Unis, en Chine...) et on comprend bien que tout un système mondial de production peut, à terme, être remis en cause.

Succinctement, quelques chiffres [1] peuvent nous aider à cerner l'ampleur réelle de ce phénomène :

Tirés à part : M. Liégeois



**Photo 1.** Coulée de boue à Fay-Le-Noyer (Aisne) – (cliché Magali Gorce, Mission Érosion (Aisne). Orage de printemps sur sol à nu).

**Photo 1.** Mudslide at Fay-Le-Noyer (Aisne, France) – (photo by Magali Gorce, Mission Érosion (Aisne). Spring storm on bare soil).

– le coût annuel de l'érosion hydrique au Canada représente un manque à gagner de 1,3 milliard de dollars, et les pertes attribuées à la dégradation des sols sont de l'ordre de 38 % du revenu agricole net ;

– le coût annuel de l'érosion hydrique en Europe de l'Ouest est de 1,5 milliard d'euros [2]. La part des terres affectées par l'érosion en France est de 2,7 % (surtout dans le sud-est et les zones de montagne) et cette érosion peut atteindre 30 à 50 tonnes par hectare et par an.

Les recherches sur les phénomènes érosifs ont permis de sensibiliser les différents acteurs aux problèmes encourus par les sols. La sensibilisation a généré une demande croissante d'informations à laquelle les chercheurs se sont efforcés de répondre. Lorsque la connaissance des phénomènes érosifs est devenue plus fine, la nature de la demande a changé. Outre la connaissance de cet aléa, les gestionnaires du risque ont souhaité que la recherche mette à leur disposition des outils concrets destinés à mieux gérer le risque en facilitant la prise de décision.

S'adaptant aux demandes sociales, la recherche s'est efforcée non plus uniquement de raisonner en termes de fonctionnement d'un aléa naturel, mais aussi d'envisager le risque de manière plus systémique en intégrant des paramètres socio-économiques [3].

La notion de risque s'est formalisée dans les années 1980. Le risque devenait la

conjonction territoriale d'un ou plusieurs dangers et d'une présence humaine directe ou indirecte [4]. Il a été défini comme la conjonction d'un aléa et d'une vulnérabilité.

Dans le cas du risque érosion, l'aléa (coulée de boue, ruissellement) est de mieux en mieux connu. On connaît avec précision (même si des lacunes existent encore) les paramètres qui l'accroissent ou le minimisent. Une cartographie précise de cet aléa a été réalisée dans plusieurs départements (Aisne, Haute-Normandie) par l'Inra Orléans [5].

La suite logique de ces recherches sur l'érosion semble donc être l'étude de la vulnérabilité. Le risque érosion a été étudié comme la plupart des risques présents sur la planète. On a d'abord cherché à comprendre et connaître le phénomène naturel (aléa), puis on a mené des études sur les sociétés face à cet aléa (vulnérabilité).

On peut noter que les risques mettant en scène des aléas bien visibles (volcans, par exemple) bénéficient généralement d'une étude sur la vulnérabilité plus avancée par rapport aux autres risques. La vulnérabilité est certainement d'autant mieux sentie inconsciemment que la menace pèse visuellement sur les sociétés.

Les études sur la vulnérabilité, pourtant nombreuses, sont presque totalement absentes dans le cas du risque érosion. Pour expliquer cette lacune, nous pouvons avancer plusieurs hypothèses. D'une part,

il n'est pas évident que l'existence de phénomènes érosifs soit réellement perçue comme un risque par la population : outre la menace directe des coulées de boue sur la population, le ruissellement effectue un travail de sape lent et peu visible [6]. Cette situation apparente de « non-risque » a pu favoriser une certaine inertie des recherches sur la vulnérabilité. D'autre part, l'érosion n'est pas un risque facilement identifiable : effectivement, la coulée de boue est souvent confondue avec l'inondation, alors que les modalités de mise en place sont très différentes. Les services de l'État (préfectures notamment) font d'ailleurs très rarement le distinguo entre inondation et coulée de boue lorsqu'ils recensent les déclarations de catastrophe naturelle.

Confusion et négation ont contribué à retarder les études sur la vulnérabilité. Sans demande précise de la part des acteurs locaux, la recherche s'est désintéressée de ces questions. Cette situation regrettable tend à montrer que les chercheurs ne sont pas éloignés des attentes réelles de la population. Il reste que la recherche doit savoir parfois susciter la demande...

La gestion de ce risque devenant urgente, le vide est apparu plus nettement. Ainsi, nous nous sommes penchés sur ce que pouvait être la vulnérabilité à l'aléa érosion. Comme pour tout risque, elle peut se définir comme « une fonction d'endommagement potentiel ».

Nous pouvons essayer de l'envisager à travers un exemple simple : le fait qu'une maison puisse être endommagée par une coulée de boue constitue un risque. La coulée de boue, qui peut s'abattre sur la maison, est l'aléa. Intuitivement, on sent que la vulnérabilité serait de « se trouver là au mauvais moment ».

## Identification d'indicateurs pertinents

L'équation du risque ne fonctionne pas de manière binaire : présence/absence. Pour un aléa donné, il existe plusieurs *niveaux de risque*, qui sont fonction du niveau de l'aléa, d'une part, et du degré de vulnérabilité, d'autre part.

Pour que l'équation du risque soit efficace, il est nécessaire qu'aléa et vulnérabilité soient correctement définis, car la pondération de paramètres mal définis dans l'équation pourrait être exagérée. Il est bien sûr envisageable de pondérer davantage un paramètre jouant à la fois sur l'aléa et sur la vulnérabilité. Il faut néanmoins que cette pondération se fasse sciemment et ne soit pas le fruit du hasard ou d'une imprécision dans la définition. Cela implique donc de connaître précisément les critères de caractérisation de l'aléa érosion.

La question qu'il faut alors se poser est la suivante : quels sont les facteurs qui permettent le déclenchement du ruissellement puis d'une coulée boueuse ? Visiblement, ces facteurs sont de deux natures : des facteurs physiques d'une part, et des facteurs techniques, souvent qualifiés de « facteurs socio-économiques » dans la littérature, d'autre part [7].

Les facteurs physiques sont la nature du substrat, les données climatiques, la valeur de la pente, la superficie du bassin-versant, l'indice de compacité du bassin-versant, le cheminement hydraulique, etc. [8].

Les facteurs techniques sont l'assolement, la nature des cultures, la taille du parcellaire, les pratiques culturales, les degrés de protection induits par la végétation et par les aménagements antiérosifs [7, 9].

Les paramètres de protection sont introduits dans les critères définissant l'aléa, car nous considérons qu'ils agissent ponctuellement sur l'aléa et non sur la vulnérabilité.

C'est en diminuant l'aléa que les ouvrages de protection diminuent le risque.

Sans développer comment ces paramètres agissent sur le déclenchement de phénomènes érosifs, on peut signaler que l'aléa varie suivant les valeurs obtenues pour chaque critère.

Ainsi, nous savons maintenant qu'aucun de ces critères ne doit entrer en compte pour caractériser la vulnérabilité. Aléa et vulnérabilité doivent s'étudier séparément et indépendamment ; ces notions ne doivent pas être redondantes, sinon l'équation définissant le risque n'a plus lieu d'être. Néanmoins, si ces notions doivent s'étudier séparément, cela ne signifie en aucun cas qu'elles sont une fin en soi. Lorsqu'elles ne sont pas ultérieurement combinées, elles ne préjugent pas du niveau de risque. Elles peuvent seulement nous en donner une idée approximative et intuitive. Les cartes d'aléa et de vulnérabilité qui peuvent être établies ne permettent pas d'aider directement à la prise de décision en matière de risque ; il faut superposer les deux critères pour qu'elles acquièrent tout leur sens.

Il existe de très nombreuses définitions de la vulnérabilité et notre objectif n'est pas ici de dresser une liste exhaustive. Néanmoins, on peut signaler trois grandes tendances dans la manière d'aborder cette notion.

Les deux premières tendances sont véhiculées par des spécialistes qui abordent les questions de vulnérabilité sous un angle bien spécifique. Les études sont généralement très précises, mais elles ne présentent pas la notion de risque de manière systémique.

- L'approche par la résistance : on la retrouve notamment dans la méthode « Inondabilité » du Cemagref [10]. Elle prend en compte la manière dont les éléments résistent physiquement et mécaniquement à une inondation. C'est une approche généralement adoptée par les sciences de l'ingénieur. La caractérisation choisie de la vulnérabilité se fait au moyen de variables ayant une signification bien connue : il s'agit ici de la fréquence, de la durée et de la profondeur des inondations. Cette méthode dresse des normes-guides de vulnérabilité qui permettent de déterminer des niveaux de valeur. Cette qualification de la vulnérabilité du territoire face aux inondations part du principe que plus le site est résistant par nature, moins il est vulnérable. Cette approche utilise le terme de vulnérabilité dans son sens le plus strict, tel qu'il est

défini par les dictionnaires généralistes, à savoir « qui se défend mal ». Elle présente donc l'avantage d'être plus facilement comprise par le grand public.

- L'approche par les dégâts : cette approche est adoptée dans la démarche des PPR (plan de prévention des risques). La vulnérabilité exprime alors un niveau de conséquence de l'aléa sur les enjeux. Plus les dégâts peuvent être importants, plus le site est vulnérable. Dans les études des PPR, on peut noter que le terme de vulnérabilité est presque toujours absent ; on lui préfère souvent le terme d'enjeu, l'étude des enjeux revenant d'ailleurs souvent à une étude économique de la vulnérabilité [11]. Cette approche par les dégâts est privilégiée par les économistes et les sciences de l'homme et de la société de manière plus générale.

La troisième approche est récente. Davantage systémique, elle synthétise les deux approches précédentes et permet de mieux comprendre les différents éléments qui interagissent dans la caractérisation de la vulnérabilité.

- L'approche mixte : elle envisage la vulnérabilité comme une mise en danger des sociétés. Elle est complexe car elle intègre à la fois la capacité de résistance/résilience présente dans l'approche du Cemagref et la notion de valeur présente dans le terme « enjeux ». Le terme « vulnérabilité » désigne ici un ensemble de facteurs qui vont influencer largement sur le niveau de risque sans que l'intensité de l'aléa ne soit modifiée : la capacité de réaction face à la catastrophe, la présence de richesses, la densité de population, l'efficacité des plans de secours et des systèmes d'alerte, etc.

En tant que chercheurs préoccupés par le risque érosion, quelle approche pouvons-nous choisir ?

L'approche « mixte » rend un peu mieux compte de la complexité de cette notion. Elle contient implicitement l'idée que l'émergence du risque intervient dans le transfert de l'aléa vers l'homme. On sent bien que c'est au niveau de ce transfert qu'apparaît l'idée de la vulnérabilité. La complexité de ce transfert mène à des situations très différentes suivant les conditions socio-économiques présentes sur le territoire. C'est la raison pour laquelle l'approche mixte semble convenir assez bien, car elle permet de rendre compte de la complexité de la situation. La *figure 1* illustre cette logique de transfert.

La vulnérabilité est un miroir de la situation socio-économique [12]. En ce sens,

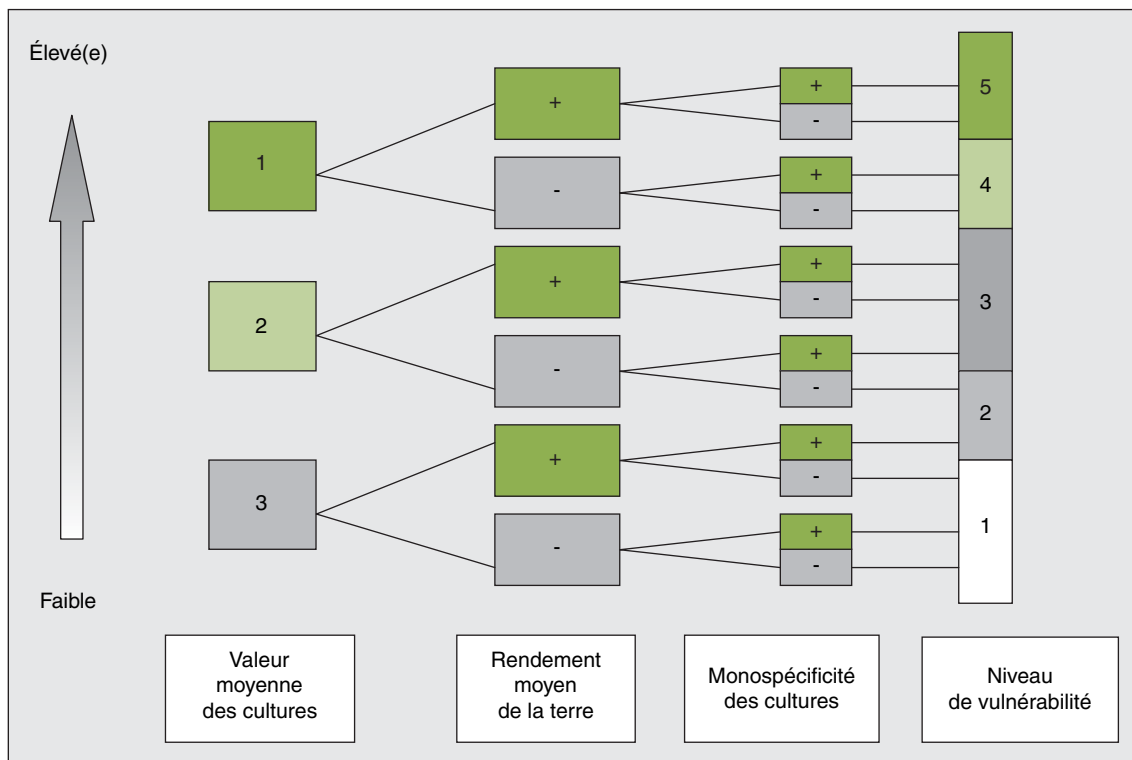


Figure 1. Transfert de l'aléa à l'homme.

Figure 1. Transfer of natural hazard to human societies.

elle se définit par deux composantes majeures :

- la valeur du site (il s'agit de l'étude d'une partie des enjeux) ;
- la capacité de résistance à l'aléa identifié.

Plus un site sera capable de résister à une coulée de boue ou à du ruissellement, moins il sera « exposé » à l'aléa. Suivant la même logique, plus un site aura de la valeur, plus il sera « exposé » et donc vulnérable. Nous pouvons à ce stade dire que le concept de vulnérabilité est paramétré par la valeur des sites et leur capacité de résistance. Ces deux critères définissent la vulnérabilité et ne sont pas redondants avec ceux qui paramètrent l'aléa. L'étude de la vulnérabilité peut donc se faire de manière isolée. Elle apportera de nouvelles données à combiner avec celles fournies par l'étude de l'aléa, ce qui était l'objectif recherché.

Avant d'aller plus loin, précisons les notions de « valeur du site » et de « capacité de résistance ».

- La valeur d'un site

Il s'agit d'établir une échelle de valeurs entre les différents sites de même nature afin d'identifier quels sont les sites de

grande, de moyenne, et de faible valeur. Cette étape est assez simple puisqu'elle ne se fonde que sur des données chiffrées relativement facilement manipulables. Par exemple : comment déterminer le degré de vulnérabilité d'une terre agricole ? Nous cherchons en réalité à en connaître la valeur financière. Ainsi, plusieurs critères sont à prendre en compte : son prix de vente, le prix de vente des cultures qu'elle supporte, la richesse de son sol, etc. Plus on souhaite affiner l'étude, plus on ajoute de critères. Notons que dans ce cas précis, il faut refaire l'étude lorsque l'assolement est modifié. Les résultats donnent une première idée de la valeur de cette terre agricole. Le cas d'un site naturel est plus délicat, car le site ne possède pas de valeur financière clairement établie. Il faut faire appel à d'autres méthodes permettant de donner une valeur financière à ce site. La méthode d'évaluation contingente se révèle très utile. Il serait très long de développer ici son principe de fonctionnement [13]. Néanmoins, elle constitue un moyen de donner une valeur monétaire à un bien non marchand, en voyant entre autres quelle est la valeur du service rendu par

ce bien. Il s'agit alors d'examiner des valeurs d'option, valeur de legs, etc. Il existe d'autres méthodes développées par les économistes dont nous ne parlerons pas ici [14]. La méthode d'évaluation contingente n'est pas la seule à prendre en compte les aspects non marchands de la valeur d'un bien. Les économistes et les géographes ont travaillé sur ces questions, notamment par le biais de l'évaluation des paysages. Ils proposent ainsi diverses approches pour qualifier ce que nous pourrions appeler une valeur « sentimentale » ou encore « patrimoniale ». L'unité monétaire comme dénominateur commun présente des avantages certains. Néanmoins, il reste toujours des reliquats pour lesquels il est très difficile d'obtenir une valeur marchande [15]. Pour cette part d'affectif non intégrée dans les méthodes économistes classiques, nous proposons une pondération de la valeur marchande finale. Ainsi, nous ne pouvons pas qualifier la vulnérabilité avec des valeurs absolues, mais avec des valeurs discrétisées pondérées.

Il existe deux manières de s'exposer au risque : par la valeur, et par l'incapacité à résister à l'aléa. La valeur a été examinée ;



voyons maintenant comment la capacité de résistance contribue à renseigner sur le degré de vulnérabilité. Cette capacité peut être directe ou indirecte.

- La capacité de résistance directe

C'est la capacité de résistance instantanée au phénomène. En terres agricoles, la sensibilité des parcelles aux phénomènes érosifs varie. Pour déterminer la capacité de résistance directe il faut examiner ces critères : situation de la parcelle sur le versant, nature du sol, état phénologique de la végétation, etc. L'étude sera d'autant plus pertinente et plus juste que le nombre de critères d'évaluation sera important.

Ces paramètres varient beaucoup dans le temps. Leur remise à jour est nécessaire jusqu'à deux fois par an. Cette situation n'est pas envisageable dans une cartographie du risque. Si la carte n'a jamais eu l'ambition d'être pérenne, elle ne doit pas pour autant être remise en cause à intervalles trop rapprochés. Il est donc nécessaire de trouver une méthode pour décrire une situation moyenne. Cette piste de recherche reste ouverte ; elle correspond d'ailleurs à une demande croissante de la part des chambres d'agriculture.

- La capacité de résistance indirecte

Une terre agricole incapable de résister physiquement et directement à des processus érosifs, peut cependant posséder des ressources qui lui permettent de supporter le processus. L'étude de ces ressources est fondamentale parce qu'elle inclut des phénomènes non visibles. Ainsi, imaginons une terre fortement déstructurée par un épisode érosif. Visible, la capacité de résistance directe de cette terre est presque nulle, son degré de vulnérabilité semble à première vue assez élevé. L'étude de la capacité de résistance indirecte permet de corriger cette intuition. Il peut effectivement exister des paramètres extérieurs permettant à cette terre de mieux supporter les conséquences du ruissellement et des coulées de boue. Ces paramètres agissent après coup, ils s'intègrent dans la notion de résilience à la fois physique et économique [16]. Il s'agit par exemple des assurances qui, en indemnisant l'agriculteur, permettent de diminuer sa perte économique. La taille de l'exploitation et la répartition des parcelles interviennent également puisque plus une exploitation agricole sera grande (plus de 700 hectares) et dispersée, moins le phénomène localisé aura d'impact. Tous ces paramètres externes non visibles sur le site

affecté sont fondamentaux puisqu'ils agissent directement sur le niveau de vulnérabilité.

Là encore, ces indications sont très difficiles à porter sur une carte. Le biais d'une valeur moyenne pour un site peut être utilisé, à condition de pouvoir justifier cette valeur moyenne.

La recherche d'indicateurs de vulnérabilité pour le risque érosion n'est pas dénuée de complexité. Les éléments que nous avons décrits ici doivent être envisagés comme une base de travail à approfondir. Cette trame d'étude doit être affinée avec de nouveaux paramètres, de manière à la rendre plus pertinente et plus juste. Il est certain que ce type d'étude ne peut pas mener à une justesse absolue, car il n'est pas possible de tout paramétrer. Néanmoins, nous ne devons pas renoncer à cette « décision de complexité » [17] car ce type d'étude constitue une approche et un diagnostic du risque efficace.

Collectées, toutes ces données sur la vulnérabilité doivent être mises en forme de sorte qu'elles soient facilement mobilisables et analysables. Leur compréhension dépend en grande partie de cette mise en forme.

## Quels outils pour diagnostiquer la vulnérabilité ?

L'étude de la vulnérabilité d'un site comprend deux étapes : la collecte et la mise en forme des données, puis l'utilisation et le traitement de ces données.

L'outil SIG (système d'information géographique) semble particulièrement adapté pour le traitement des données. Rappelons que l'objectif est de parvenir à établir une carte des niveaux de risque dans un secteur donné. Pour ce faire, il faut combiner les données de l'aléa (généralement disponibles à petite échelle) et celles de la vulnérabilité (disponibles à une échelle plus grande). Le SIG semble très bien convenir pour mettre toutes ces données à une échelle satisfaisante pour la carte des risques. Et surtout, il permet une actualisation du phénomène et des données relativement aisée. Au cours de nos recherches, cet outil n'a pas encore été utilisé, mais sa mise en forme est un des objectifs fixés.

La cartographie de la vulnérabilité étant particulièrement difficile, il serait judi-

cieux de ne pas alourdir cette tâche. Ainsi, le calcul du niveau de vulnérabilité est-il nécessaire sur des zones où l'aléa est nul ? De toute évidence, la réponse est non. L'étude de la vulnérabilité n'a de sens que sur des zones dont on sait qu'elles sont soumises à l'aléa.

Le SIG ne semble pas encore totalement adapté, car il manque des données importantes concernant de nombreux indicateurs de vulnérabilité. Certaines couches d'informations n'existent pas encore ou ne sont pas exploitables en l'état. En outre, quand les informations existent, elles ne sont pas toujours spatialisées. Ces bases de données devraient se développer dans les années à venir, car on est en droit d'imaginer que la demande va être de plus en plus forte. Elles devront prioritairement intégrer des informations économiques et patrimoniales.

L'absence d'un SIG adapté actuellement ne doit pas être un facteur limitant pour nos recherches. Il existe d'autres moyens très efficaces pour diagnostiquer la vulnérabilité d'un territoire.

Il faut identifier des « espaces types » qui auront des caractères majeurs en commun. Ainsi, on pourra distinguer des zones urbaines et rurales, des zones d'activité et d'habitat dense, des zones de cultures, des zones humides, etc.

Pour chaque espace type, il faut réfléchir à l'identification, puis à la hiérarchisation, d'indicateurs de vulnérabilité. Lorsque ces indicateurs sont identifiés et hiérarchisés, on peut les organiser au sein d'une arborescence qui permettra de dégager un niveau de vulnérabilité. Cette arborescence suit la logique des clés de détermination des flores. Plus on avance vers la droite en répondant à des questions simples, plus on précise le niveau de vulnérabilité.

Dans l'exemple illustré par la *figure 2*, nous avons choisi de diagnostiquer sommairement la vulnérabilité d'un espace type agricole à l'aide d'une arborescence. Seuls trois indicateurs ont été utilisés pour cette arborescence, nombre suffisant pour comprendre son fonctionnement. Le paramètre intervenant en premier concerne la valeur des cultures engendrant de gros revenus ou non. Le deuxième indicateur analyse le rendement de la terre agricole. Ainsi, plus la terre sera productive, plus elle sera vulnérable. Enfin, le dernier indicateur renseigne sur la diversité des cultures (la monospécificité induisant dans la plupart des cas une plus grande fragilité).

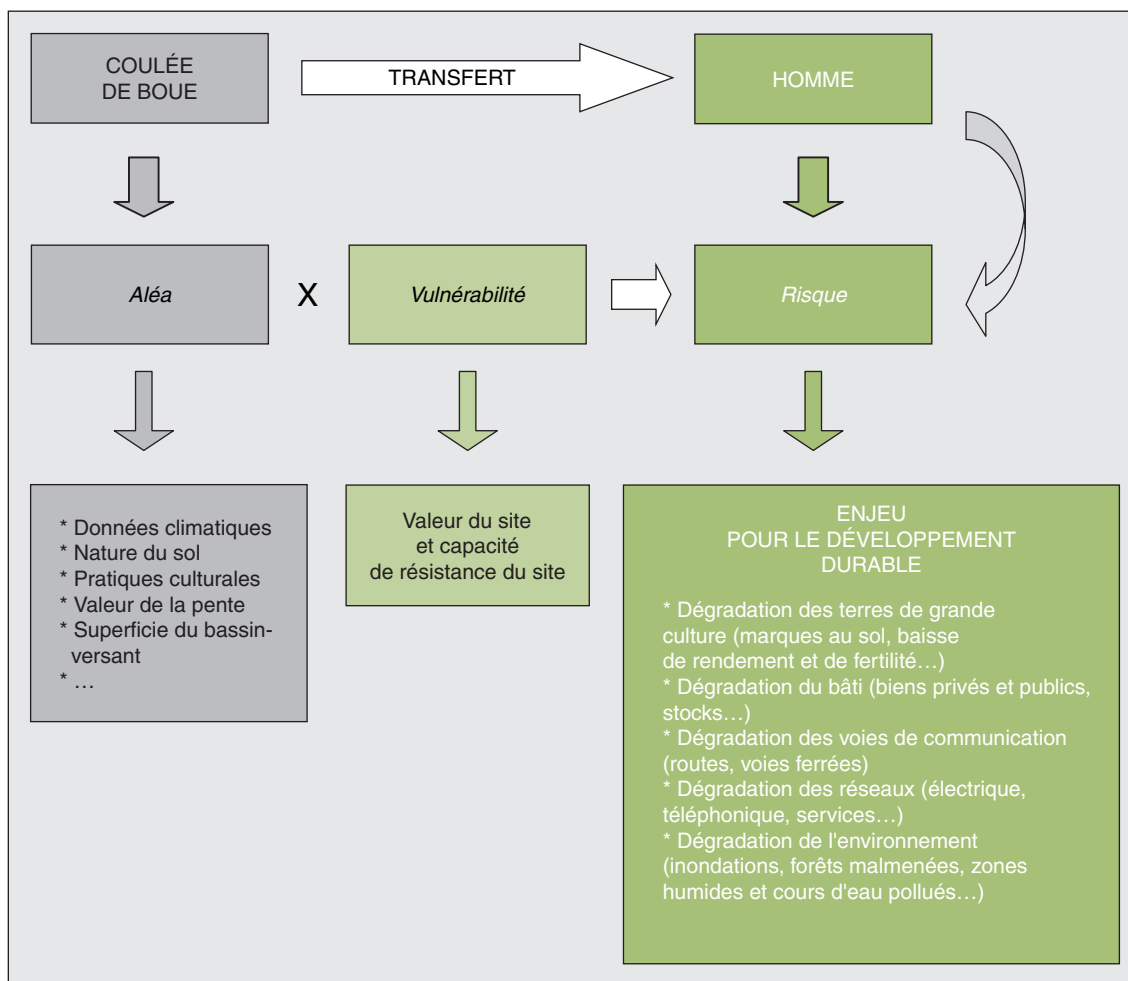


Figure 2. Arborescence de diagnostic de la vulnérabilité des terres agricoles.

Figure 2. Tree structure for the diagnosis of the vulnerability of agricultural soils.

L'intérêt de l'arborescence est que la réflexion s'effectue en amont dans l'organisation et le positionnement des paramètres. Ensuite, il est très facile de la compléter et de situer un degré de vulnérabilité. On comprend mieux l'intérêt lorsqu'on souhaite faire des enquêtes de terrain. L'arborescence peut être distribuée et facilement complétée par la personne interrogée. Ainsi, des niveaux de vulnérabilité se dégagent rapidement et l'inclusion de ces données dans un SIG est facilitée lorsque les bases de données sont inexistantes.

## Conclusion

On peut parler de « système de risque » lorsque l'aléa est transféré vers les socié-

tés. Plus la vulnérabilité est élevée, moins le transfert est supportable. L'un des objectifs de cette réflexion est d'apporter aux collectivités une aide à la décision efficace pour gérer et prévenir les risques. Il est donc nécessaire de connaître les paramètres sur lesquels nous pouvons agir, et ceux qui ne sont pas modifiables. Les paramètres non modifiables, par exemple la nature des sols, la pluviométrie, la valeur de la pente, etc., ont été qualifiés de « données permanentes » [18]. En revanche, les données socio-économiques sont modifiables. Les actions de prévention contre les risques doivent se porter sur ces données car les solutions purement techniques ont des limites.

Il faut être très vigilant lorsque des actions de lutte contre le risque sont entreprises, car elles peuvent consister à faire dimi-

nuer soit le niveau de l'aléa soit celui de la vulnérabilité. L'objectif n'est pas seulement de prévenir de futurs dommages pour des populations non encore implantées, il faut également répondre aux attentes des populations vivant dans un secteur à risque.

Ainsi, il est essentiel de se poser la question des temporalités : celle de l'aléa et celle de la vulnérabilité. Connaître les niveaux passés d'aléa et de vulnérabilité est très important, de même que chercher à savoir quels pourraient être ces niveaux dans le futur. Va-t-on, en terres de grande culture, vers une augmentation ou une réduction de la vulnérabilité ? À en juger par l'augmentation du niveau de vie, la vulnérabilité augmente pour ce qui est de la valeur des sites. Cette considération doit être prise en compte dès à présent, surtout lorsque l'on parle de développe-

ment durable. En revanche, en considérant la hausse probable de la capacité de résistance, on peut se demander si les niveaux de vulnérabilité augmentent ou diminuent.

Une fois la temporalité examinée, on peut se demander quelle est l'échelle pertinente pour l'étude et la cartographie de la vulnérabilité. L'aléa s'étudie à l'échelle du bassin-versant, échelle d'approche relativement grande. Le risque, lui, doit se cartographier à l'échelle variable de la prise de décision, le plus souvent communale, mais aussi intercommunale ou départementale, voire nationale. Quelle échelle choisir pour cartographier la vulnérabilité ? La réponse n'est pas évidente, mais soulignons que l'étude de la vulnérabilité s'exerce sur des sites de différentes natures. Ainsi, l'échelle la plus pertinente semble être celle de « l'espace type » évoqué ci-dessus. Cet espace pourra être une zone bâtie, une terre de grande culture, une forêt, un cours d'eau, etc. L'espace type ne règle pas tous les problèmes d'échelles, car si la vulnérabilité est dégagée clairement pour des figures fermées (agglomérations, massifs boisés...) elle l'est nettement moins lorsqu'on parle de réseaux (voies de communications, réseau électrique...). Nous pouvons néanmoins avancer que l'étude de la vulnérabilité doit se faire sur une

échelle relativement grande. Elle ne doit prendre en compte les espaces voisins que dans les cas très précis de connectivité des systèmes et d'interactions des territoires. Ces pistes de recherches sont encore largement ouvertes ■

## Références

1. Wicherek S. L'érosion des grandes plaines agricoles. *La Recherche* 1994 ; (294) : 881-8.
2. De Ploey J. Soil erosion map of western Europe. *Catena* 37 1989 ; (3-4) : 291-308.
3. Bourrellet Ph, ed. *La prévention des risques naturels. Rapport d'évaluation*. Paris : La Documentation française, 1997 ; 702 p.
4. Bailly A, éd. *Risques naturels, risques de société*. Paris : Economica, 1996 ; 103 p.
5. Darroussin J, King D, Montier C, Le Bissonnais Y. *Cartographie de l'aléa érosion des sols en France*. Paris : Inra ; Ifen ; Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 1996 ; 86 p.
6. Peretti-Watel P. *Sociologie du risque*. Paris : Armand Colin, 2000 ; 286 p.
7. Arnould P, Veyret Y, Wicherek S. Influence des modifications des structures agraires sur l'érosion des sols. *BAGF* 1992 ; 2 : 82-184.
8. Angéliaume A. *Ruissellement, érosion et qualité des eaux en terre de grande culture. Étude comparée de deux bassins-versants du Laonnois et du Soissonais*. Thèse de doctorat de l'université de Lille, 1996 ; 488 p.
9. Boiffin J, Papy F. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruisselle-

ment concentré. Évaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. *Agronomie* 1988 ; 8 : 745-56.

10. Gilard O. *Les bases techniques de la méthode inondabilité*. Paris : Cemagref, 1998 ; 127 p.
11. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. *Plans de prévention des risques naturels prévisibles. Guide Méthodologique*. Paris : La Documentation française, 1999 ; 124 p.
12. Fabiani J, Theys J. *La société vulnérable, évaluer et maîtriser les risques*. Paris : Presses de l'ENS, 1987 ; 674 p.
13. Claeys-Mekdade C, Geniaux G, Luchini S. Approche critique et mise en œuvre de la méthode d'évaluation contingente, un dialogue entre économiste et sociologue. *Natures Sciences Sociétés* 1999 ; 7 : 35-47.
14. Vivien FD. *Économie et écologie*. Collection Repères. Paris : La Découverte, 1994 ; 121 p.
15. Beaumais O. *Économie de l'environnement : méthodes et débats*. Paris : La Documentation française, 2002 ; 139 p.
16. Dauphine A. *Risques et catastrophes. Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Coll. U. Paris : Armand Colin, 2003 ; 288 p.
17. Legay JM. L'évaluation scientifique d'objets de recherche complexes relève-t-elle d'une situation épistémologique nouvelle ? *Natures Sciences Sociétés* 1999 ; 7 : 60-4.
18. Veyret Y, Wicherek S. Réflexion sur la cartographie des risques d'érosion des terres agricoles en région de plaine et plateaux. *BAGF* 1992 ; 2 : 169-76.