

## NOTIONS GENERALES DE VULNERABILITE

Afin de comprendre la notion de vulnérabilité il apparaît important de rappeler quelques définitions :

- **Le risque de pollution** résulte du croisement d'un ou plusieurs aléas et d'un ou de plusieurs enjeux :  $R(\text{isque}) = A(\text{léa}) \times E(\text{njeux})$ .
- **Un aléa** suppose une approche probabiliste, il s'agit de l'application d'un stress, (une action polluante par exemple) sur un point, un axe ou un espace plus ou moins vulnérable du milieu naturel au regard des eaux souterraines dans le cadre de cette étude.
- **La vulnérabilité** est représentée par la capacité donnée à l'eau située en surface de rejoindre le milieu souterrain saturé en eau. La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que le milieu physique en relation avec la nappe d'eau souterraine procure un degré plus ou moins élevé de protection vis-à-vis des pollutions suivant les caractéristiques de ce milieu.

Dans la littérature, on distingue deux types de vulnérabilité ; la vulnérabilité intrinsèque et la vulnérabilité spécifique (Schnebelen et al., 2002) :

- la **vulnérabilité intrinsèque** est le terme utilisé pour représenter les caractéristiques du milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines ;
- la **vulnérabilité spécifique** est le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque.

La distinction des deux types de vulnérabilité est nécessaire car, d'une façon générale, elles ne se placent pas sur la même échelle d'investigation : la vulnérabilité intrinsèque peut être considérée comme invariante dans le temps alors que la vulnérabilité spécifique (directement liée aux polluants éventuels) est évolutive et ne caractérise qu'un instant précis.

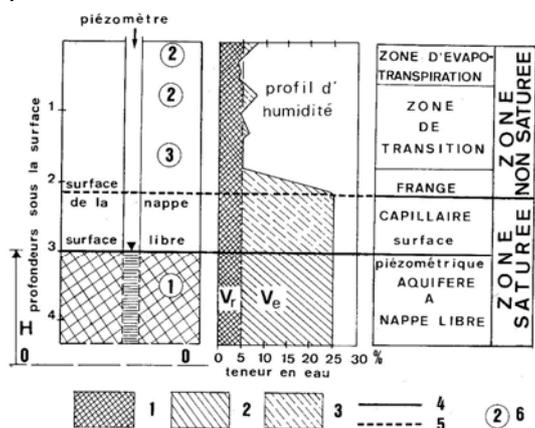
- **Les enjeux** représentent la cible qui ne doit pas être atteinte par les effets du stress sur le milieu naturel.

La notion de risque est donc étroitement liée à la définition des enjeux. Par défaut, dans l'étude d'une vulnérabilité intrinsèque, l'enjeu est représenté par l'eau souterraine mobilisable dans les nappes phréatiques quel qu'en soit l'usage.

- Le transfert des polluants dans le sol s'effectue d'abord à travers **la zone non saturée** (ZNS) avant d'atteindre la zone saturée.

La ZNS est la zone du sous-sol comprise entre la surface du sol et la surface d'une nappe libre. A cet endroit, la quantité d'eau gravitaire est temporaire, en transit.

Trois parties différenciées en fonction de leur teneur en eau la composent :



- Une zone d'évapotranspiration qui est soumise à d'importantes variations de la saturation en eau ;
- Une zone de transition où la teneur en eau correspond à la capacité de rétention du sol ;
- La frange capillaire qui, en plus de la percolation per descensum (recharge) correspond à l'eau de la nappe remontant par ascension capillaire.

1, eau de rétention ; 2, eau gravitaire ; 3, eau capillaire ; 4, surface piézométrique ou surface libre ; 5, surface de la nappe

**Figure : Définition de la zone non saturée. (Hydrogéologie, G. Castany, 2000)**

Pour qualifier cette **vulnérabilité intrinsèque** telle que décrite ci-dessus, un certain nombre de critères sont disponibles, ils sont associés aux ensembles souterrains dans lesquels ils interviennent et sont récapitulés dans le Tableau.

VULNERABILITE INTRINSEQUE		
Sol	Zone non saturée (ZNS)	Zone saturée
Topographie ( <i>pente</i> )	Profondeur de la nappe libre ou épaisseur de la ZNS	Type de nappe ( <i>libre ou captive</i> )
Pédologie ( <i>perméabilité verticale des sols, nature et texture des sols</i> )	Temps de transfert ( <i>perméabilité verticale</i> )	Temps de résidence ( <i>dépend de l'hydrodynamisme des formations aquifères</i> )
Bilan hydrique ( <i>ruissellement et infiltration efficace</i> )		Relation eaux souterraines/eaux superficielles
	Structure de la ZNS ( <i>variation de faciès, épaisseur des discontinuités de faciès, position dans le profil vertical, texture, teneur en matière organique et argile</i> )	Piézométrie ( <i>sens et direction d'écoulement et évolutions selon la période du cycle hydrologique</i> )
	Présence ou non d'un horizon moins perméable et position de celui-ci	Epaisseur de l'aquifère ( <i>quantité de réserve</i> )
		La recharge ( <i>recharge annuelle nette</i> ).
		Type de système hydrogéologique ( <i>caractères plus ou moins capacitif et transmissif</i> )
Battement de nappe		
Fracturation ( <i>directions et densité</i> )		

**Tableau : Critères de vulnérabilité**

L'exploitation de ces critères est souvent normalisée au travers de différentes méthodologies d'analyse de la vulnérabilité des eaux.

Ainsi, de nombreuses méthodes de détermination de la vulnérabilité des eaux souterraines ont été développées dans le monde, allant des plus complexes avec des modèles prenant en compte les processus physiques, chimiques et biologiques dans la zone noyée, à des méthodes de pondération entre différents critères affectant la vulnérabilité (Gogu et Dassargues, 1998 b).

Parmi celles-ci les **méthodes dites « de cartographie à index avec pondération des critères »** (Point Count Systems Models, PCSM) **apparaissent les plus pertinentes** vis à vis des réalités de terrain. Ce sont aussi les plus reconnues et utilisées à l'heure actuelle (Gogu et Dassargues 2000 ; Zaporozec et Vrba 1994). La majorité de ces méthodes exploite un critère relatif à la morphologie du territoire étudié :

- soit la pente prise en compte directement au travers de sa valeur absolue
- soit la pente par un facteur indirect, reprenant la densité de drainage des réseaux hydrologiques de surface.

Au-delà du facteur pente, la nature des couvertures en place au-dessus des aquifères (leur capacité à laisser transiter les polluants) et l'épaisseur des terrains non saturés sont les critères prépondérants utilisés par différentes méthodes d'analyse de vulnérabilité.