

Cartographie de la vulnérabilité sur la partie sud du Causse de Gramat : application de la méthode RISKE 2

Julien Pranville^{1, 2}, Valérie Plagnes¹, Fayçal Rejiba¹, Joël Trémoulet².

Introduction

En milieu karstique (Photo 1), la protection des zones/aires d'alimentation de captages est une priorité en termes de maintien du bon état de l'eau souterraine et une obligation réglementaire. Les agences de l'eau Adour-Garonne et Rhône-Méditerranée-Corse ont lancé une étude spécifique qui a démarré par le « bilan de la mise en œuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique » (Muet et Vier, 2006) et qui se poursuit par une étude sur la « stratégie de protection des ressources karstiques » (publication en 2008).

Ce programme d'étude présente plusieurs préconisations pour la mise en place des périmètres de protection, parmi lesquelles « l'évaluation de la vulnéra-



Photo 1. Paléokarst de la falaise de Cabrerets (Lot - 46).

1. Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, UMR 7619 Sisyphe.

2. Parc naturel régional des Causses du Quercy.

bilité intrinsèque de la ressource » qui doit faire partie des études préalables. La méthode de cartographie de la vulnérabilité intrinsèque RISKE 2 (Plagnes *et al.*, 2006 ; Vernoux *et al.*, 2007) a été retenue comme méthode de référence pour renforcer le cadrage national méthodologique des procédures. Ce type de cartographie permet de mettre en évidence les zones très sensibles à l'infiltration de l'eau, où la présence d'éventuelles sources de pollution peut présenter des risques de contamination pour les ressources en eau de l'aquifère sous-jacent.

Afin de développer et affiner la méthode, RISKE 2 a été appliquée sur la partie sud du Causse de Gramat.

La zone d'étude

Notre zone d'étude s'inscrit dans le bassin hydrographique Adour-Garonne, dans le département du Lot, au sein du Parc naturel régional des Causses du Quercy (PnrCQ). Sur cette zone, les lithologies carbonatées karstifiées affleurantes pouvant présenter des écoulements souterrains occupent 75% du territoire. La zone d'étude touche 37 communes (Fig. 1), soit une superficie de 515 km², ce qui représente environ 1/3 du territoire du PnrCQ.

Le territoire d'étude est divisible en deux zones (Fig. 2). Sur la principale, les formations carbonatées à l'affleurement favorisent l'infiltration ; les écoulements souterrains y sont donc majeurs et développés. Sur l'autre, plus à l'est, affleurent les formations imperméables liasiques du «Limargue ». On y observe des ruissellements de surface drainés par des pertes localisées le long du contact du plateau calcaire jurassique.

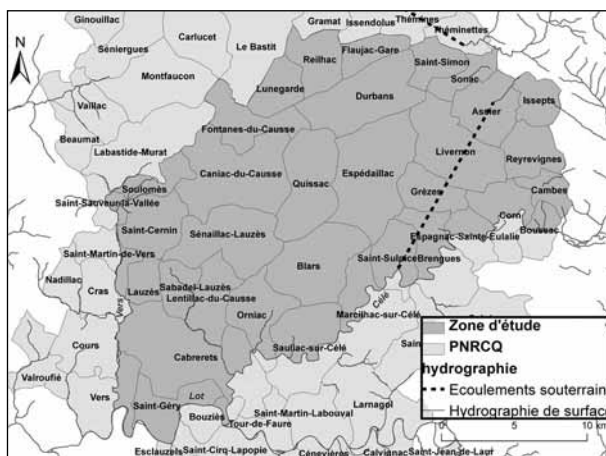


Figure 1. Les communes de la zone d'étude.

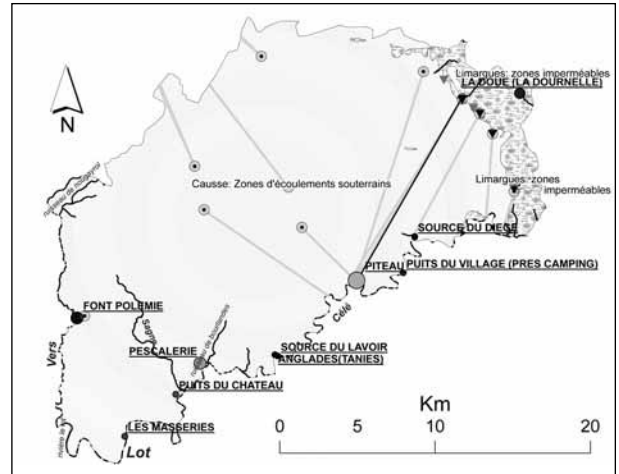


Figure 2. Hydrogéologie simplifiée et principaux captages AEP de la zone d'étude.

La méthode RISKE 2

Principe

RISKE est un acronyme de Roche, Infiltration, Sol, Karstification et Épikarst (Petelet-Giraud *et al.*, 2000). La méthode RISKE 2 est une évolution de RISKE, elle introduit entre autres un critère de protection de l'aquifère sous-jacent (P) qui englobe E et S.

Mettre en application RISKE 2, c'est déterminer la capacité qu'aurait « une goutte d'eau » à s'infiltrer, soit la capacité du milieu naturel (sols, roches, morphologies du terrain) à laisser s'effectuer le transport vertical de cette « goutte d'eau » au sein de l'aquifère jusqu'à la ressource puis à l'émergence karstique. Cette méthode permet de mettre en évidence les zones favorables à l'infiltration. Pour cela, RISKE 2 cherche à établir la variabilité des modalités d'infiltration vers la ressource et la source, sans prendre en compte l'existence d'éventuels polluants. On caractérise ainsi la vulnérabilité intrinsèque (propre au milieu naturel) à l'infiltration des eaux météoriques.

Définitions des critères

R : ce critère est défini par la nature lithologique des formations géologiques affleurantes (% d'argiles, épaisseur des bancs) et par la fracturation (photo 2) qui les affecte. Les observations de terrain et bibliographiques doivent fournir des informations sur l'état de fracturation de la roche aussi bien à l'échelle régionale et de l'affleurement (faille, fractures verticales/horizontales, fréquences) qu'à l'échelle locale des bancs calcaires et des éventuels plans de drainage qui les affectent (étude des tectoglyphes et témoins d'extension). Cette approche couplée (lithologie



Photo 2. Observation de la fracturation des calcaires jurassiques en carrière.

et fracturation) permet de statuer sur un degré de vulnérabilité intrinsèque, qui peut être différent de celui qui serait affecté initialement à partir de la seule analyse géologique basée sur la stratigraphie.

I : ce critère distingue les conditions d'infiltration diffuse et concentrée. Il est défini par des arguments de morphologie karstique (dolines, pertes, gouffres...) ainsi que par les pentes du terrain. On essaye tout d'abord de déterminer la ligne de rupture de pente correspondant au passage du ruissellement de surface à l'infiltration locale et diffuse. Puis, on détermine les zones où l'infiltration verticale est possible à partir de l'inventaire géomorphologique et de l'histoire du système. Pour ce critère, les Modèles Numériques de Terrain (M.N.T.) au pas de 50 m et des cartes géomorphologiques sont indispensables.

P (E et S) : critère caractérisant une fonction de protection vis-à-vis de l'infiltration. Il traduit la possibilité de stockage temporaire de l'eau à proximité de la surface, celui-ci générant un effet retard sur l'infiltration. La fonction de protection P de l'aquifère sous-jacent est assurée soit par la couverture pédologique (S), soit par l'épikarst (E), soit par les deux. Ces deux cartes doivent être réalisées indépendamment. E ne peut toutefois pas être observé et cartographié quand il est recouvert de sol. Quant au sol (S), il n'existe pas forcément partout. Le critère P de RISKE 2 permet d'attribuer la fonction de protection soit à E soit à S en fonction de leur développement, sachant que c'est

le facteur le plus protecteur qui est retenu pour indexer P. Ce critère permet alors de donner une information continue de la protection en subsurface de l'aquifère.

- **S** : critère défini par l'épaisseur et, si elle est connue, la nature (texture et proportion de cailloux) d'un sol et/ou d'un ou plusieurs horizons géologiques entre le sol et la roche ;
- **E** : critère défini par son épaisseur, son état de développement et sa continuité latérale sur la zone, quand on peut les observer.

K : critère global, caractérisant le degré de développement et la fonctionnalité du karst sur l'ensemble du bassin d'alimentation. Il est défini à partir d'observations spéléologiques, de l'étude du fonctionnement du système karstique (hydrodynamique, traçages artificiels, hydrogéochimie), du caractère unaire (identité entre l'impluvium et les limites du système karstique) ou binaire (lorsque l'impluvium est plus large que les limites du système karstique) du ou des systèmes.

Indexations et pondérations

Chaque critère peut être indexé suivant des valeurs allant de 0 à 4 qui traduisent son degré croissant de vulnérabilité à l'infiltration.

À chaque critère est ensuite attribué un poids. Ce coefficient de pondération traduit l'influence de ce critère sur la vulnérabilité finale. La carte finale est issue du calcul de l'indice global de vulnérabilité (Fig. 3). Ce système de pondération permet d'adapter la prédominance d'un critère sur les autres, ou de tester la sensibilité de l'indice global à des variations de sensibilité vis-à-vis de tel ou tel critère.

Si la pondération reste spécifique à chaque système karstique, la variabilité des coefficients de pondération est limitée à un intervalle qui guide la procédure et rend la méthode reproductible d'un site à un autre.

Résultats sur le Causse Sud de Gramat

La carte finale retenue (Pranville *et al.*, 2007) pour la zone d'étude a été acquise avec les pondérations

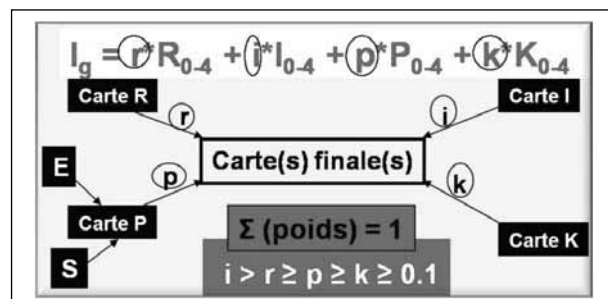


Figure 3. Calcul de l'indice global de vulnérabilité « I_g » et principe de compilation des cartes des critères R, I, P et K.

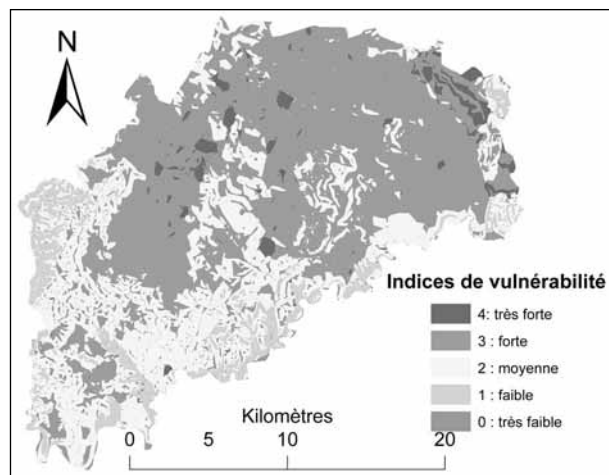


Figure 4. Carte finale de vulnérabilité sur le Causse de Gramat Sud.

suivantes : $i = 0,6$, $r = 0,2$, $p = 0,1$, $k = 0,1$ (Fig. 4). La très forte vulnérabilité (indice 4) se manifeste sur seulement 3% de la zone à travers les zones d'alimentation des igues (gouffres) et par des zones de ruissellement à l'est sur le Limargue qui alimentent directement les drains karstiques via des pertes.

La vaste zone centrale (58% de la surface) est définie comme fortement vulnérable (indice 3).

Nous observons aussi une large zone moyennement vulnérable (indice 2) plutôt concentrée au sud-ouest de la carte.

Les zones de faible vulnérabilité (indice 1) s'observent là où la protection de l'aquifère et les fortes pentes prédominent. Il s'agit principalement des combes et des gorges associées aux vallées principales, mais aussi à l'est, de certaines zones imperméables du Limargue.

À noter que la présence de zones de vulnérabilité très faible n'est pas visible à notre échelle de travail.

Conclusions

La méthode RISKE 2 appliquée au Causse Sud de Gramat a mis en évidence que plus de 60% de la zone étudiée traduit une forte sensibilité à l'infiltration des eaux météoriques. La construction de la carte finale de vulnérabilité intrinsèque (Fig. 4) nécessite l'apport d'informations de terrain qui permettent une vérification et une comparaison des données bibliographiques avec la réalité.

La carte obtenue n'est pas une carte qui permet de décrire le «risque réel» de contamination de telle ou telle zone vis-à-vis d'une activité anthropique en particulier. Pour une telle entreprise, la carte de vulnérabilité intrinsèque, sa déclinaison en carte de vulnérabilité spécifique et la carte d'aléas (croisement de la vulnérabilité

avec les risques de pollutions potentielles) sont nécessaires.

Cette application montre que RISKE 2 est une méthode de cartographie de la vulnérabilité intrinsèque pragmatique et facile à utiliser sur de grandes étendues (caractéristiques des bassins d'alimentation de sources karstiques). Dans un contexte difficile d'application de la réglementation en vaste zone karstique, cette méthodologie devient ainsi un outil technique essentiel au sein des préconisations méthodologiques pour permettre à l'hydrogéologue agréé de se prononcer sur la stratégie de protection des ressources en eaux.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une convention de recherche entre le PnrCQ, l'Agence de l'eau AG et l'UMR Sisyphe de l'UPMC. Nous tenons à remercier Madame Mejecaze, vice-présidente du PnrCQ pour son soutien, messieurs Bruxelles, Delporte, Tarrisse, Marchet et Muet pour leurs conseils ainsi que les acteurs locaux pour le bon déroulement des campagnes de terrain.

Bibliographie

- Muet P., Vier E., 2006 : Bilan et analyse de la mise en œuvre des périmètres de protection des captages AEP en milieu karstique. Synthèse des préconisations en faveur de l'amélioration des démarches de protection. Rapport Agence de l'eau RMC et AG - GINGER Environnement, disponible sur <http://www.eaurmc.fr/documentation>.
- Petelet-Giraud E., Dorfliger N., et Crochet P., 2000 : RISKE, méthode d'évaluation multicritère de la vulnérabilité des aquifères karstiques. Application aux systèmes des Fontanilles et Cent-Fonts (Hérault, Sud de la France). *Hydrogéologie*, 4, 71-88.
- Plagnes V., Thery S., Fontaine L., Bakalowicz M., Dorfliger N., 2006 : Cartographie de la vulnérabilité des karsts : Évolution de la méthode RISKE. Colloque « Les Ressources en eau en milieu karstique », Rouen, 4-5 mai 2006.
- Pranville J., Plagnes V., Rejiba F., Tremoulet J., 2007 : Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines de la partie sud du Causse de Gramat. Rapport UPMC-Paris 6 et PnrCQ, 118 p (consultable sur le site de l'AEAG).
- Vernoux J.-F., Willeumier A., Dörfliger N., 2007 : Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR.