1 Karst du Lez : de l'origine de l'eau à son exploitation

Sous la roche calcaire, un véritable réseau d'écoulement de l'eau de pluie

Les roches calcaires situées au Nord de Montpellier, **vieilles de plusieurs dizaines de millions d'années,** contiennent de l'eau de pluie. Celle-ci s'infiltre sur les garrigues, traverse les sols puis s'écoule vers la source du Lez dont le débit est celui produit naturellement par l'aquifère karstique.

Dans ce type d'aquifère, l'eau est stockée dans des fissures qui traversent les roches calcaires. Ces fissures sont connectées à des **cavités, grottes et conduits qui résultent de la karstification de la roche** et constituent un réseau d'écoulement souterrain drainant l'ensemble du massif jusqu'à la source (Figure 1).

Au Lez, un conduit principal de plusieurs mètres de diamètre, orienté du Nord vers le Sud, amène l'eau à la vasque de la source du Lez.

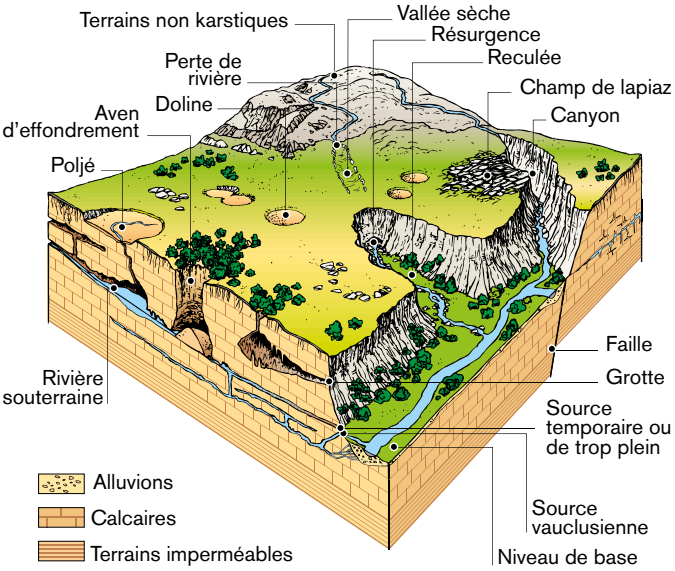

Figure 1 : schéma d'un paysage karstique classique

Zoom

L'aquifère est la **formation géologique** contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau, constituée de **roches perméables et capables de restituer cette eau naturellement et/ou par exploitation.**

La karstification est le processus lié à la **dissolution de la roche calcaire par les eaux de pluie chargées de gaz carbonique.** Ce processus entraîne la formation d'un paysage karstique.

La Faille des Matelles divise l'aquifère du Lez en deux compartiments

Le secteur Ouest, en amont de la source du Lirou

Le secteur Ouest est alimenté par l'infiltration d'eau de pluie en amont de la source du Lirou. **Cette eau s'écoule ensuite en profondeur vers le compartiment Est** (Figure 2). En période de crue, les niveaux d'eau augmentent jusqu'à ce que le compartiment Ouest déborde. L'eau infiltrée sur les garrigues alimente alors également la source du Lirou.

Le secteur Est, à l'aval du Lirou

Sur le secteur Est, à l'aval du Lirou, le réservoir est surmonté d'une couverture imperméable donc peu propice aux infiltrations. Cependant, ce secteur comporte aussi **plusieurs pertes mettant en relation des ruisseaux de surface avec le réservoir souterrain.** Ces pertes, à l'origine d'une infiltration concentrée, contribuent à augmenter localement la recharge de l'aquifère.

Zoom

Perte : phénomène de **disparition naturelle totale ou partielle d'un cours d'eau dans le sous-sol**, par infiltration ou par engouffrement.

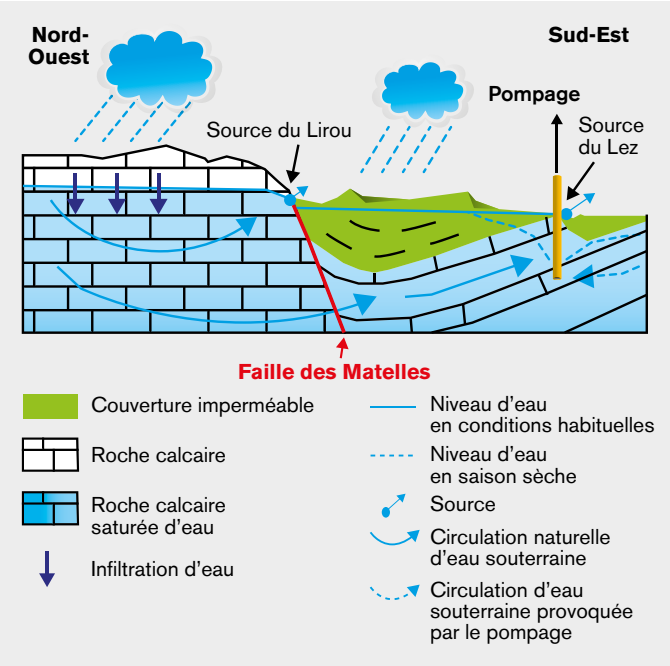

Figure 2 : schéma hydrogéologique de l'aquifère du Lez

Karst du Lez : de l'origine de l'eau à son exploitation

Naissance du projet Lez - GMU

L'aquifère karstique du Lez est un milieu complexe qui nécessite l'intervention de scientifiques pour comprendre son fonctionnement et améliorer sa gestion, d'où la naissance du **projet Lez - GMU (Gestion Multi-Usages).**

Un enjeu important : l'extension en profondeur de la karstification des calcaires

Un forage réalisé dans le secteur du Triadou, à quelques centaines de mètres de la source, **a rencontré de grosses venues d'eau** à des profondeurs liées :

- au **pendage** (direction et inclinaison) des couches géologiques dans ce secteur
- à la **karstification** à l'interface entre couches géologiques d'âges jurassique et crétacé qui se propage en profondeur depuis la source du Lez vers le Triadou (Figure 3).

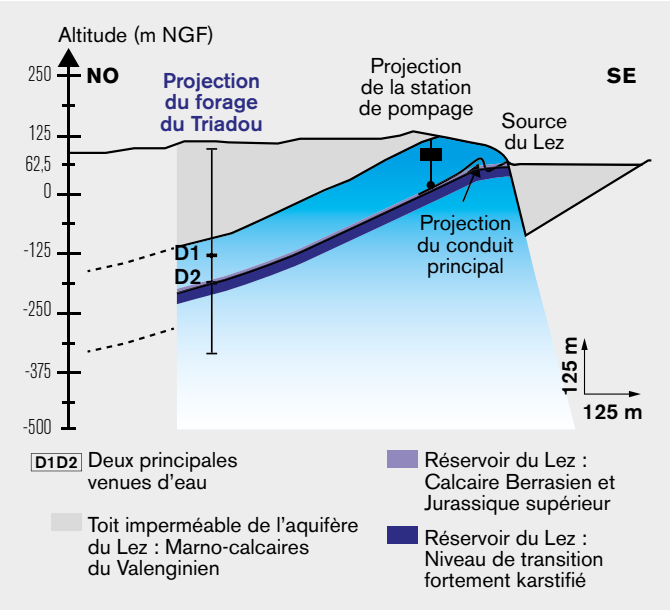

Figure 3 : coupe Nord-Ouest / Sud-Est du forage de Triadou

Paysage karstique

KFH- 11/2013

À retenir

Le forage réalisé au Triadou dans le cadre du projet a mis en évidence la présence, à - 200 m sous le niveau de la mer, d'importantes venues d'eau traduisant la présence de karstification. Des vides d'origine karstique, potentielles réserves d'eau, existent donc sous les garrigues à des profondeurs supérieures à celles connues jusqu'à présent.

Par ailleurs, une plongée spéléologique réalisée en 2012 à partir d'un puits d'accès de l'usine de pompage a confirmé la taille imposante du conduit principal et sa forte inclinaison verticale.

Auteurs / BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Jean-Christophe Maréchal, Bernard Ladouche • Hydrosciences Montpellier : Hervé Jourde, Véronique Léonardi

Crédits photos et illustrations / Figure 1 : Bakalowicz M. 1999. Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. Guide Technique n° 3. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Lyon, 40 • Paysage karstique : WikiMedia Commons, Hugo Soria

2 La source du Lez : son fonctionnement

Un peu d'histoire…

1753 L'ingénieur Pitot démarre la construction d'un aqueduc long de 14 km amenant l'eau de la source Saint-Clément jusqu'au réservoir du Peyrou.

7 décembre 1765 Cette eau de source arrive avec un débit de 25 l/s par simple gravité.

1854 Le débit devient insuffisant et un décret impérial autorise le prolongement de l'aqueduc sur 5 km jusqu'à la source du Lez ainsi qu'un prélèvement supplémentaire de 25 l/s.

1879 Les prélèvements autorisés sont portés à 125 l/s puis à 250 l/s en 1900.

1931 Un décret en Conseil d'Etat autorise un prélèvement de 400 l/s avec le maintien d'un débit de 160 l/s dans le Lez.

1934 Une conduite d'un mètre de diamètre est posée en parallèle de l'aqueduc.

Dès 1961 Le professeur Jacques Avias lance un programme d'études, incluant les premiers essais de pompage, qui permettra de valider l'important potentiel d'exploitation de l'aquifère karstique de la source du Lez.

1968 Trois pompes immergées de 430 l/s sont installées dans la vasque pour permettre d'obtenir 1 100 l/s. Toutefois, en période de sécheresse, le niveau de l'eau, trop bas, entraîne le désamorçage des pompes. La Ville doit alors recourir à l'eau du canal Philippe Lamour qui transporte l'eau du Rhône jusqu'aux portes de Montpellier. Cette eau nécessite un traitement plus complexe et onéreux.

1971-1973 Pose d'une conduite supplémentaire de 1,4 m de diamètre

5 juin 1981 Obtention d'une nouvelle DUP portant à 1700 l/s l'autorisation de pompage dont 160 l/s réservé au Lez.

9 décembre 1982 L'usine souterraine creusée dans la roche est achevée et permet aujourd'hui la gestion active de l'aquifère karstique du Lez.

2009 Démarrage du projet Lez GMU (Gestion Multi-Usages) pour améliorer la connaissance et la gestion du système karstique du Lez.

Un système de pompage efficace

L'eau de la source du Lez est captée au moyen de **trois groupes de pompage** constitués de **deux pompes immergées** en série fonctionnant à vitesse variable et débitant de **600 à 1 000 l/s.**
Ces pompes sont situées dans 3 des 4 forages verticaux qui interceptent le conduit karstique principal (Figure 1).

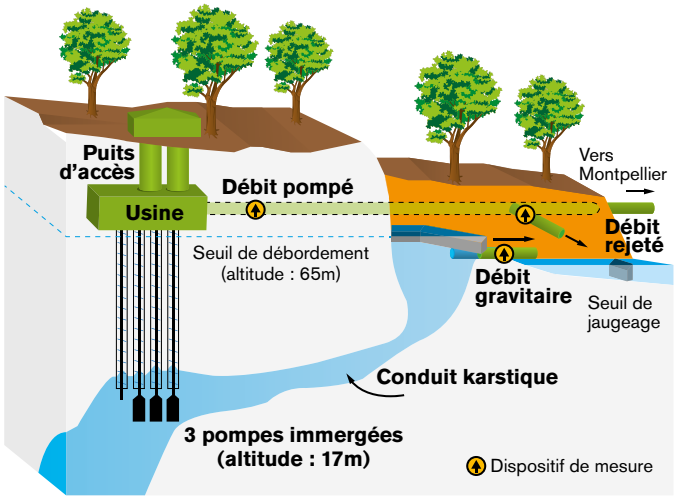

Figure 1 : coupe de l'installation de l'usine de pompage à la source du Lez

Zoom

Le débit de pompage moyen, actuellement de **1 050 l/s**, permet d'alimenter en eau potable une population permanente de l'ordre de **340 000 habitants.**

Une prise en compte des changements du niveau d'eau selon les saisons

Les niveaux d'eau mesurés à la source du Lez **fluctuent au gré des saisons** et surtout au gré des périodes de **pompage intense** - durant l'été - et des périodes de pluie - principalement durant l'automne (Figure 2).

Ces fluctuations sont dominées par des cycles annuels :

- **à partir du printemps jusqu'à l'été,** il y a diminution progressive du niveau d'eau jusqu'à un niveau minimum supérieur à 35 m, limite imposée par la Déclaration d'Utilité Publique actuelle.

La source du Lez : son fonctionnement

- **Après l'été,** on observe généralement une remontée brusque jusqu'au niveau de la vasque (65 m) suite à la recharge de l'aquifère par les premières pluies automnales.

La stabilité des niveaux sur le long terme ainsi que leur retour chaque année au niveau de la vasque indiquent que le réservoir est **exploité en respectant les équilibres naturels,** ce qui constitue un élément nécessaire à l'appréciation du bon état quantitatif de la nappe aquifère au regard de la Directive Cadre sur l'Eau.

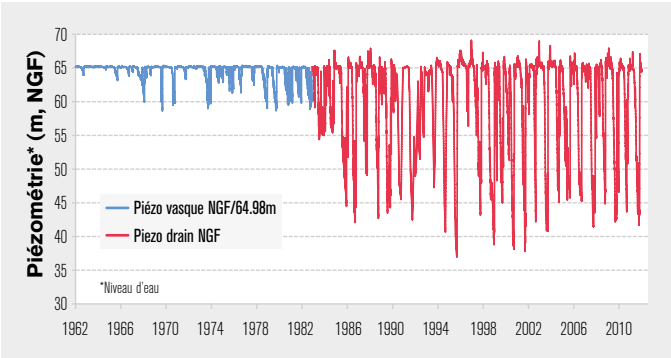

Figure 2 : fluctuations du niveau d'eau avant et après la mise en exploitation par gestion active de la source du Lez en 1982.

La gestion active : un captage de l'eau adapté à chaque saison

On distingue deux types de configurations :

- **En hiver** (Figure 3a), le débit de pompage (Qp) est **inférieur** au débit naturellement (Qn) produit par l'aquifère, ce qui permet un écoulement à la source (Qs).
- **En été** (Figure 3b), le débit de pompage est **supérieur** au débit naturellement produit par l'aquifère, il y a sollicitation des réserves de l'aquifère (débit Qr). Le niveau d'eau baisse alors au sein du conduit sous le seuil de la vasque.
  Une partie du débit de pompage est déviée vers le fleuve Lez grâce à un dispositif hydraulique.
  Objectif : assurer un débit minimum destiné à préserver la faune et la flore du fleuve.

En automne, les volumes d'eau prélevés sur les réserves sont renouvelés lors des premières pluies qui permettent au réservoir de se reconstituer chaque année. De ce fait, la part d'eau infiltrée lors de ces pluies ne contribue pas aux crues puisqu'elle est stockée au sein de l'aquifère dont l'exploitation contribue ainsi à **réduire les risques d'inondations,** notamment à Montpellier.

Zoom

Durant l'été, la gestion active par forages permet de capter **une quantité d'eau plus importante que celle qui s'écoulerait naturellement à la source.**

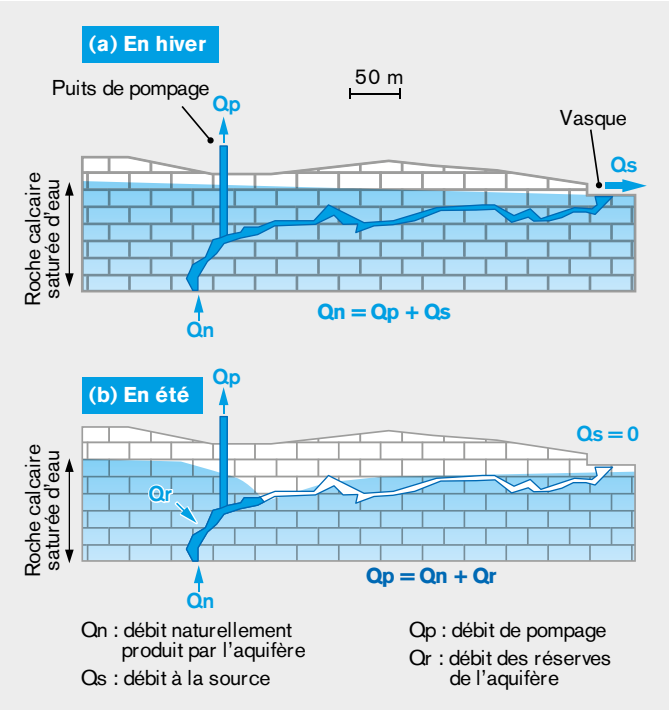

Figure 3 : coupe hydrogéologique de la source du Lez

KFH - 12/2013

À retenir

Si, en été, le débit pompé peut être supérieur au débit naturel pendant quelques semaines, il convient que le reste du temps, il lui soit inférieur de façon à ne pas surexploiter la ressource. Dans le cadre du projet Lez-GMU, le débit naturel a été calculé au moyen d'une approche de simulation numérique sur ordinateur. Le même système a été appliqué pour estimer les autres débits de façon à maîtriser parfaitement les mécanismes de recharge, stockage et écoulement des eaux souterraines et porter un diagnostic pertinent sur la gestion active, ainsi que sur le bon état quantitatif de la masse d'eau souterraine. Il montre que l'aquifère est actuellement exploité à un niveau de prélèvement inférieur à sa capacité de renouvellement naturel.

Auteurs / BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Jean-Christophe Maréchal, Bernard Ladouche • Montpellier Agglomération - Direction de l'Eau et de l'Assainissement : Arnaud Vestier
Crédits photos / Jean-Michel Valéry

agence de l'eau
Département Hérault Conseil Général
Géosciences pour une Terre durable brgm
Montpellier Agglomération

3 La source du Lez : sa qualité

Le processus de minéralisation de l'eau

Lorsqu'une goutte d'eau de pluie tombe sur le sol des garrigues, cette eau est très peu minéralisée. **Elle contient un peu de sels minéraux et d'autres éléments en très faibles quantités,** issus de son évaporation au-dessus de la mer Méditerranée. En traversant le sol, cette eau se charge de **grandes quantités de gaz carbonique (CO_2) et d'acides libérés par la décomposition de la matière organique.** Rendue agressive, elle dissout la roche calcaire et se charge en éléments chimiques tels que bicarbonates et calcium. Au gré de son parcours souterrain, l'eau entre en contact avec des roches diverses et se charge en d'autres sels minéraux. Généralement, **plus le cheminement de l'eau est long et profond, plus l'eau est minéralisée.**

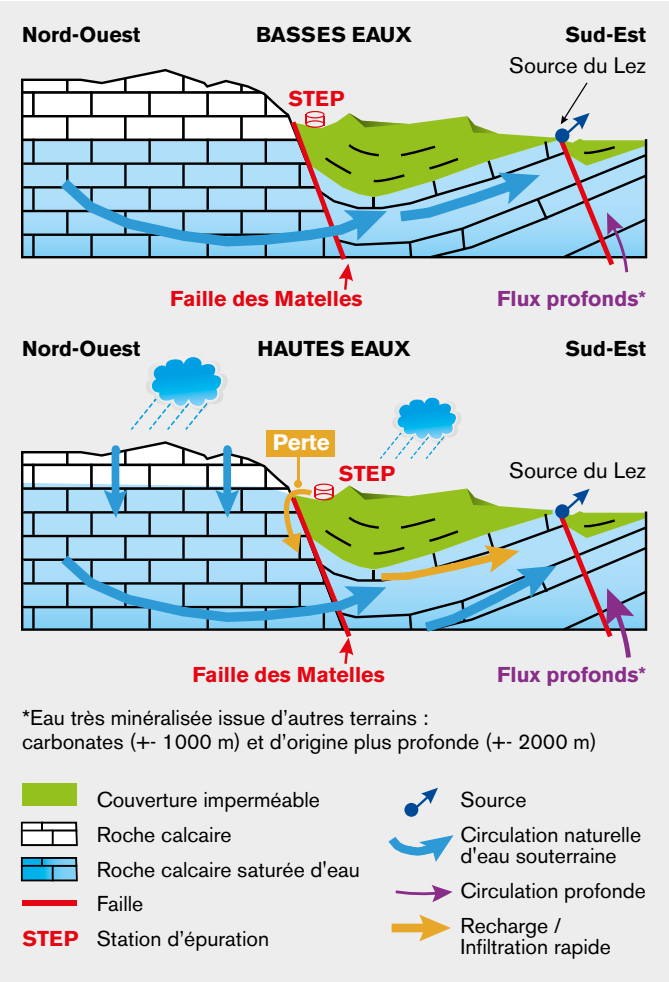

Figure 1 : origine des flux d'eau alimentant l'aquifère du Lez en (a) basses et (b) hautes eaux

L'origine des eaux de l'aquifère du Lez

Dans le cadre du projet Lez-GMU, une approche géochimique innovante a permis d'apporter des informations nouvelles sur l'origine des eaux qui circulent au sein de l'aquifère du Lez.

Zoom

Cette étude géochimique innovante était basée sur l'**analyse des éléments majeurs** (sels minéraux présents dans l'eau), **des traces** (éléments présents en très faible quantité), **des terres rares** (métaux) et **des isotopes présents dans l'eau** (Strontium, Bore et Lithium).

L'eau de la source du Lez est constituée d'un mélange d'eaux issues de différentes circulations souterraines (Figure 1) :

- des circulations peu profondes au sein de l'aquifère « supérieur »,
- des interactions avec les cours d'eau temporaires lors des pluies en période de hautes eaux (Figure 1b),
- des circulations profondes, notamment facilitées par la présence d'importantes failles mettant en contact l'aquifère supérieur avec différents réservoirs plus ou moins profonds. Ces eaux, très minéralisées, sont issues d'autres terrains géologiques localisés entre 1000 et 2000 m de profondeur. La contribution des eaux d'origine profonde se manifeste graduellement lors des périodes estivales et de manière très significative lors des premières crues automnales, **par une augmentation de la température et de la minéralisation des eaux de la source du Lez.**

La source du Lez

QUALITÉ

La source du Lez : sa qualité

Une étude de la qualité de l'eau, toute l'année et à plusieurs niveaux

L'étude des produits phytosanitaires présents dans les eaux souterraines du bassin, à différentes périodes hydrologiques, indique **que l'aquifère du Lez ne présente pas de contamination chronique en pesticides.** Toutefois, en période de crues, certaines molécules dépassent la norme de potabilité. Il existe donc **un impact des activités agricoles sur la qualité de la ressource karstique,** même si ce dernier n'apparait pas alarmant pour l'heure.

Une caractérisation chimique des circulations peu profondes, ainsi que des interactions avec les eaux de surface, a permis d'identifier les éventuelles contaminations pouvant affecter la qualité de la ressource en eau.
Globalement, **l'aquifère karstique du Lez présente une eau de bonne qualité chimique, mais de qualité bactériologique pouvant être ponctuellement moins bonne.** Les principaux contaminants présents (coliformes fécaux, organoétains, gadolinium originaire de l'activité humaine, résidus médicamenteux), notamment en période de crues, **attestent d'une pollution par des eaux usées** (fuites de réseaux de collecte, assainissements autonomes défaillants, rejets de stations d'épuration).

La source du Lez

La source du Lez, hotspot* de la biodiversité

Le karst d'alimentation de la source du Lez est considéré comme un hotspot de biodiversité pour les organismes aquatiques souterrains. Les mollusques présentent l'intérêt de pouvoir être collectés facilement sous forme de coquilles au niveau des sources.

La sensibilité des mollusques stygobies à la détérioration de la qualité de l'eau a été testée à l'aval de la STEP des Matelles et sur une base de données régionale. Nous n'avons pas pu mettre en évidence un impact significatif de la détérioration de la qualité de l'eau sur les populations de mollusques souterrains à l'aval de la STEP des Matelles. Par ailleurs, la mise en relation de la qualité de l'eau et des présences / absences de mollusques souterrains à l'échelle régionale ne révèle pas d'influence significative de la qualité de l'eau sur la population de mollusques.
En revanche, **la biodiversité souterraine semble liée à la rapidité de pénétration des eaux de pluie dans le karst**, qui transportent la matière organique qui supporte cet écosystème singulier.

* Zone géographique représentative de la biodiversité, présentant une grande richesse en espèces.

La Bythiospée méridionale, une des espèces de mollusques stygobies

KFH - 11/2013

À retenir

L'eau de la source du Lez est constituée d'un mélange d'eaux issues de différentes origines : des circulations peu profondes au sein de l'aquifère « supérieur », des interactions avec les cours d'eau temporaires lors des pluies en période de hautes eaux, des circulations profondes issues d'autres terrains géologiques localisés entre 1 000 et 2 000 m de profondeur.

L'aquifère du Lez subit des pressions anthropiques mises en évidence lors d'épisodes de crues. La qualité bactériologique atteste d'une pollution par les eaux usées domestiques. Les produits phytosanitaires présents ponctuellement n'engendrent pas de contamination chronique.

Auteurs / UMR HydroSciences Montpellier : Christelle Batiot-Guilhe, Jean-Luc Seidel • BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Jean-Christophe Maréchal, Bernard Ladouche • Biotope : Vincent Prié
Crédit photo / Biotope, Vincent Prié, Arnaud Vestier

4 La source du Lez : vulnérabilité et risques de pollution

Un transfert rapide de l'eau, de la surface vers la source

Les roches qui contiennent les eaux souterraines de l'aquifère du Lez sont sujettes à fracturation et à dissolution. En effet, les reliefs spécifiques en surface ainsi qu'en souterrain sont constitués :
- de sols peu épais voire de roche mise à nu,
- de zones de dépressions appelées dolines,
- d'un réseau de cours d'eau temporaires (vallées sèches) avec pertes, cavités et conduits dans le sous-sol.

Ce contexte géologique favorise le **transfert rapide de l'eau,** de la surface vers l'aquifère, puis de l'aquifère vers la source captée.

Une vulnérabilité propice à la pollution des sols et sous-sols

L'eau de pluie qui ruisselle sur les sols calcaires peut s'infiltrer **de façon diffuse sur les grandes surfaces dépourvues de sols épais.** C'est par exemple le cas au niveau de l'Hortus. Elle peut également s'écouler **de façon concentrée dans des dolines et des pertes de cours d'eau**, comme le long du Lirou ou du Terrieu (Figure 1).

L'eau de pluie, qui recharge ainsi la nappe aquifère, peut transporter avec elle, en l'espace de quelques heures ou jours, des éléments chimiques dissous, des polluants, des bactéries ou des particules fines.

Ces éléments proviennent :
- des sols d'activité agricole et viticole
- des jardins privés et des espaces urbains publics
- des rejets des systèmes d'assainissement
- de pollutions accidentelles

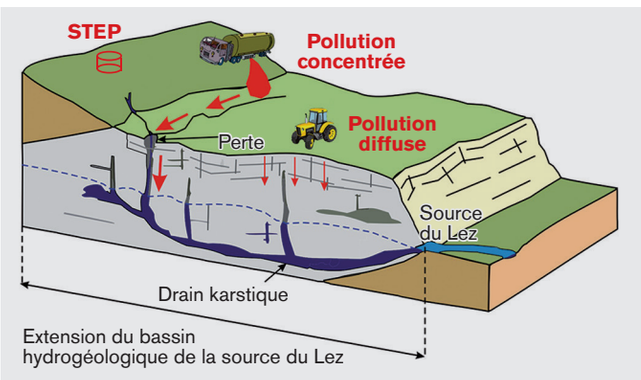

Figure 1 : schéma d'un aquifère karstique avec pollutions diffuse et concentrée

Comment évaluer le risque de pollution de la source du Lez ?

Les flux de pollution présentent un danger pour les sources et les zones qui les alimentent. Or, le problème est difficile à enrayer car il n'existe pas de moyen d'estimer directement les flux de pollution. Une des manières d'évaluer ce danger est de considérer l'occupation du sol comme un premier facteur d'explication.

A titre d'illustration, une zone de forêt ou de garrigue a moins de risque de générer une pollution qu'une zone de culture intensive ou qu'une zone industrielle. On associe donc la notion de danger à l'occupation du sol. Par ailleurs, les hydrogéologues sont capables d'estimer si l'eau est plus ou moins bien protégée par le milieu naturel : **c'est le degré de vulnérabilité.**

Zoom

Le **risque de pollution** auquel est exposée la source du Lez peut être évalué par le croisement des deux paramètres de danger et de vulnérabilité à ce danger : **danger x vulnérabilité = risque**

Comment la vulnérabilité est-elle déterminée ?

Les caractéristiques géologiques (nature de la roche, intensité de fracturation) et hydrogéologiques (vitesse d'écoulement souterrain, nature des points d'infiltration,…) déterminent la sensibilité à la contamination par les activités humaines des eaux souterraines : c'est la vulnérabilité. Cette notion de vulnérabilité est une notion qualitative et relative, une propriété générale non mesurable.

PaPRIKa : une méthode innovante de cartographie de la vulnérabilité

Dans le cadre du projet LEZ - GMU, la cartographie de la vulnérabilité de l'aquifère du Lez a été réalisée en utilisant une méthode innovante nommée PaPRIKa : **Protection des aquifères karstiques basée sur la Protection, le Réservoir, l'Infiltration et le degré de Karstification** (Figure 2).

La source du Lez : vulnérabilité et risques de pollution

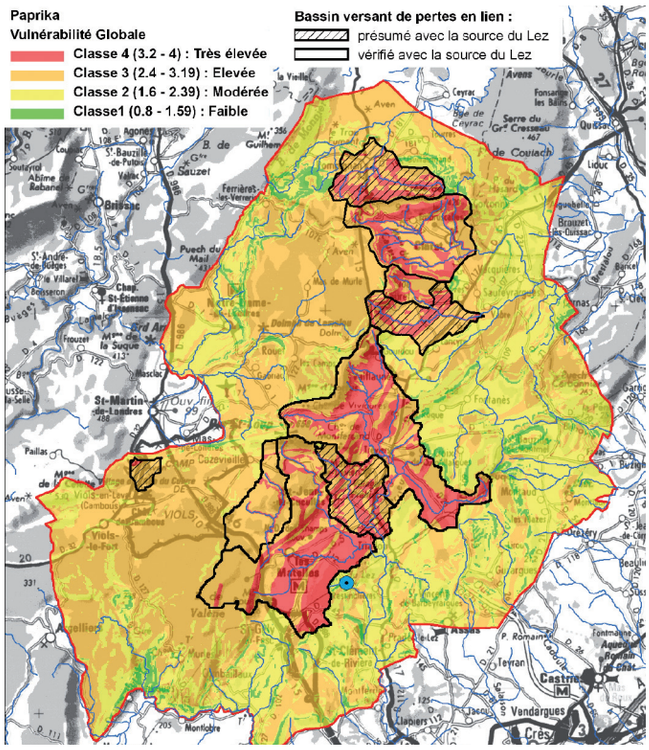

Figure 2 : carte d'indice global de vulnérabilité du bassin d'alimentation de la source du Lez

Les résultats obtenus grâce à PaPRIKa au niveau de la source du Lez

La carte de l'indice global de vulnérabilité (Figure 2) montre que le bassin d'alimentation de la source du Lez est d'une **vulnérabilité moyenne à très élevée, dont 61 % de vulnérabilité élevée à très élevée.**

Cette vulnérabilité varie dans l'espace avec :

- des zones de **vulnérabilité faible,** situées au niveau des bordures du bassin d'alimentation et correspondant aux secteurs présentant des calcaires recouverts par d'autres roches,
- des zones de **vulnérabilité très élévée,** située dans la partie centrale.

Ces dernières correspondent aux bassins versants des pertes (Figure 3), avérées ou supposées, en connexion avec la source du Lez (Figure 2). Celles-ci se trouvent :

- soit sur des cours d'eau temporaires qui drainent des terrains argileux, marneux et marno-calcaires assurant un ruissellement important vers les zones de pertes,
- soit sur des zones de failles principales comme la faille des Matelles-Corconne, permettant une infiltration rapide d'une éventuelle pollution vers la ressource en eau.

Figure 3 : perte récente et spectaculaire du ruisseau du Gour Champlive (département du Doubs)

Caractérisation du danger sur la zone d'étude

Chiffrer plus précisément le danger dû à la pollution nécessite d'étudier plus finement les activités humaines, comme l'utilisation des produits phytosanitaires sur les cultures ou les rejets d'eaux pluviales ou d'eaux usées, et de compléter ainsi les informations apportées par l'occupation du sol.

L'étude de l'occupation a apporté des éléments permettant de préciser et quantifier les pressions anthropiques (liées à l'existence humaine) s'exerçant sur le bassin du Lez. **Les activités agricoles, principalement viticoles, occupent environ 25% de la superficie du bassin.** Les zones urbanisées représentent environ 5% du secteur étudié. A l'image des régions méditerranéennes, la population du bassin a doublé entre 1990 et 2009. L'urbanisation s'est fortement accrue dans certains secteurs. Les rejets des STEP à proximité des zones de pertes contribuent à la contamination de la ressource en eau, de type bactériologique ainsi que chimique, éléments qui ne sont pas traités par les STEP.

KFH- 11/2014

À retenir

Comme souvent dans les aquifères karstiques, la vulnérabilité de la source du Lez est élevée, notamment dans sa partie centrale. Les bassins versants des pertes sont des zones à risque du fait de la présence de systèmes d'assainissement et de la proximité de l'axe d'écoulement que constitue la faille des Matelles.

Auteurs / BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Jean-Christophe Maréchal, Nathalie Dörfliger • TETIS : Flavie Cernesson, Pierre-Yves Vion
Crédit photo / Jean-Pierre Mettetal

5 Ressource du Lez : l'impact du changement global

Un lien étroit entre l'état de la ressource et le changement global

La connaissance de l'état futur de la ressource en eau du Lez constitue un enjeu majeur pour l'exploitant. Cet état a été étudié en prenant en compte l'impact du changement global, soit les modifications du climat et celles des conditions d'exploitation.

9 modèles climatiques étudiés dans le cadre du projet Lez-GMU

Le climat étant contrôlé par des mécanismes complexes, un seul modèle de simulation du climat ne peut en fournir une projection satisfaisante.

Dans le cadre du projet Lez-GMU, 9 modèles climatiques différents, développés par des chercheurs français, allemands, canadiens, américains et japonais, ont été mobilisés.

Les simulations réalisées pour chaque modèle considèrent toutes un même scénario d'évolution future.
Il s'agit du **scénario A1B,** qui constitue une hypothèse médiane d'émission de gaz à effet de serre.

Zoom

Les émissions de gaz à effet de serre entendent méthane et divers autres gaz produits par l'activité industrielle et humaine sur la planète.
Ceux-ci s'accumulent dans l'atmosphère et modifient le climat de la Terre. **Pour aller plus loin : http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-fr.pdf**

La source du Lez

Le résultat de ces simulations fournit une projection de l'évolution des températures et des précipitations envisageables à l'horizon 2050 (Figure 1).

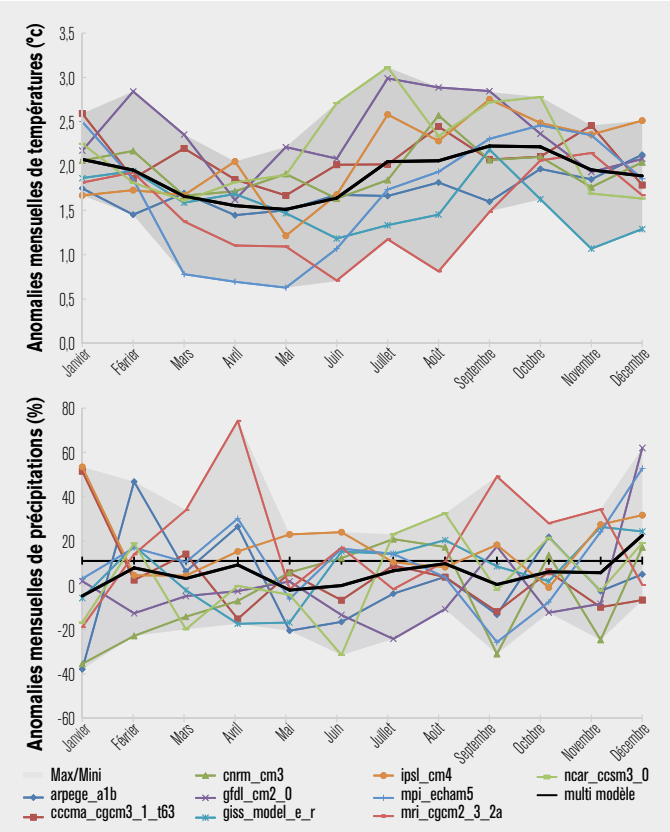

Figure 1 : différences entre le climat moyen en 2050 et le climat actuel, en termes de températures et de précipitations pour chaque modèle de climat utilisé

Constat concernant l'évolution des prélèvements

La Communauté d'Agglomération de Montpellier a élaboré son Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable (SDAEP) à l'horizon 2030 en se basant sur des prospectives de l'INSEE en matière de démographie et sur des hypothèses d'évolution de consommation individuelle. **Le chiffre d'environ 40 millions de m³ a été retenu comme scénario probable de prélèvement futur.**

Constat concernant l'évolution des précipitations

Concernant les précipitations, les modèles proposent des résultats très variables et parfois contradictoires, car les mécanismes qui contrôlent les pluies ne sont pas encore bien reproduits (notamment en ce qui concerne la formation des nuages). Cependant, la prise en compte de l'ensemble des modèles (courbe noire) montre que **les cumuls de précipitations moyens sur l'année pourraient légèrement diminuer par rapport au présent**, même si cette tendance est très incertaine.

Ressource du Lez : l'impact du changement global

Impacts de ces études sur la ressource en eau de l'aquifère du Lez

Les 9 scénarios climatiques ont été appliqués à un des modèles hydrogéologiques construits dans le cadre du projet Lez-GMU, pour en **étudier les impacts sur la ressource en eau de l'aquifère du Lez, à l'horizon 2050.** Deux scénarios de prélèvements ont été simulés : un volume pompé annuel de **33 millions de m³** (correspondant au prélèvement actuel, Figure 2 à gauche) et un volume pompé annuel de **40 millions de m³** (correspondant au scénario du SDAEP pour 2030, Figure 2 à droite). Les évolutions moyennes annuelles du niveau d'eau à la source du Lez sont représentées et comparées aux niveaux de référence que sont la limite d'autorisation d'exploitation fixée par la DUP (35 m) et la position actuelle des pompes (20 m). Le modèle montre également que les changements climatiques et de prélèvements affecteraient logiquement la durée des assecs à la source.

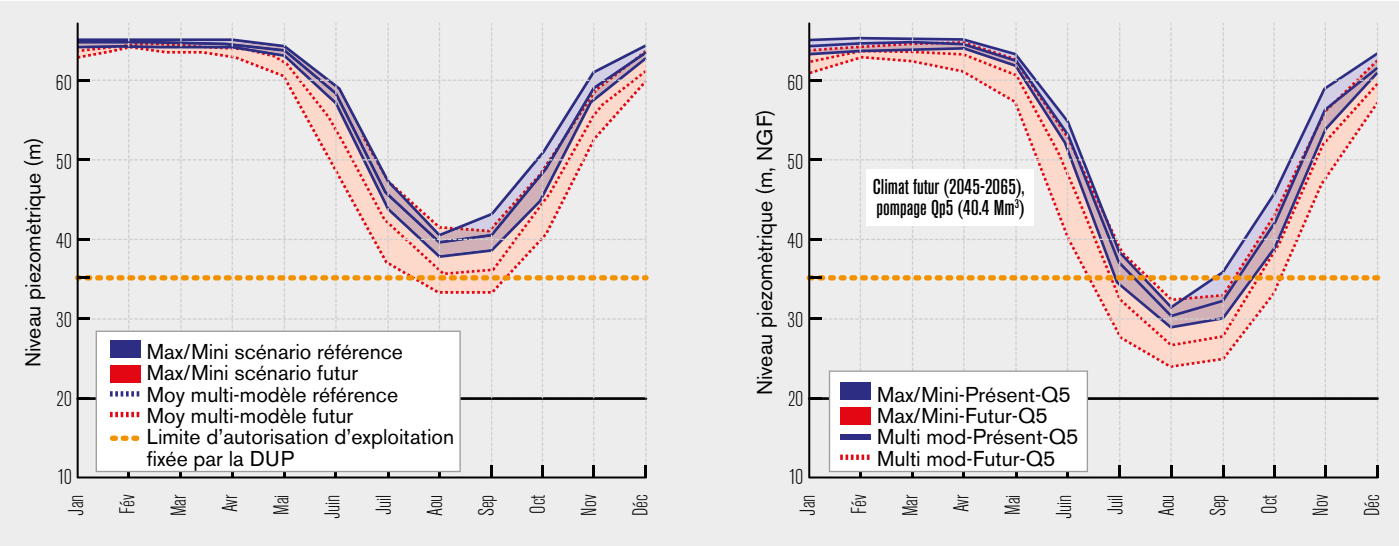

Figure 2 : comparaison des résultats des simulations du modèle hydrogéologique de la source du Lez soumis aux 9 scénarios de climat, au présent (en bleu) et en 2050 (en rouge) pour (à gauche) un volume de prélèvement actuel (33 millions de m³) et (à droite) un volume de prélèvement futur (40 millions de m³). Les variables représentées sont le niveau piézométrique (en m NGF à la source).

KFH- 12/2013

À retenir

Le climat de 2050, tel que projeté à l'aide des scénarios avec un niveau de pompage égal à l'actuel, pourrait donc se traduire par une baisse du niveau piézométrique dans le drain de la source du Lez de l'ordre de 4 m pendant l'été et l'automne.

Toutefois, il conserverait des valeurs comparables à celles que l'on observe aujourd'hui pendant l'hiver et le début du printemps.

Ce résultat reste cependant très incertain dans la mesure où les enveloppes contenant les résultats présents et futurs de tous les scénarios sont très proches, voire confondues, à certaines périodes de l'année.

On constate cependant que le niveau de 35 m NGF pourrait être atteint pendant l'été, tandis que pour un prélèvement plus élevé dans le futur, ce niveau règlementaire pourrait être dépassé quelque soit le climat considéré (actuel ou futur)

Le niveau technique (20 m NGF) au-delà duquel les pompes ne seraient plus en capacité de fonctionner n'est, quant à lui, jamais atteint en moyenne mensuelle.

Les simulations de changements globaux (climat et prélèvements) montrent également que le système se recharge en moyenne lors des pluies d'automne.

Auteurs / BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Yvan Caballero, Bernard Ladouche, Jean-Christophe Maréchal
Crédit photo / La source du Lez@vestier

agence de l'eau
Département Hérault Conseil Général
Géosciences pour une Terre durable brgm
Montpellier Agglomération

6 Les crues du Lez : rôle du karst et prévision des crues

L'exceptionnelle crue de septembre 2005

Au cours du mois de septembre 2005, un épisode pluvieux exceptionnel (environ 205 mm de pluie) s'est produit sur le bassin du Lez. Avant l'arrivée de la pluie, le niveau d'eau dans la vasque de la source du Lez était bas (46 mNGF) suite aux pompages effectués durant tout l'été.

Dans un premier temps, les précipitations ont contribué à remplir les vides et conduits souterrains du karst jusqu'à le saturer.

Dans un second temps, les précipitations qui s'abattaient sur le sol saturé ont cumulé 110 mm de pluie en seulement 3 heures, conduisant à un ruissellement fort qui a généré un débit d'environ 470 m³/s mesuré à la station de Lavalette (Figure 1).

Cet épisode démontre, comme bien d'autres, le rôle important de l'**état de saturation de l'aquifère karstique, dans la régulation des crues.**

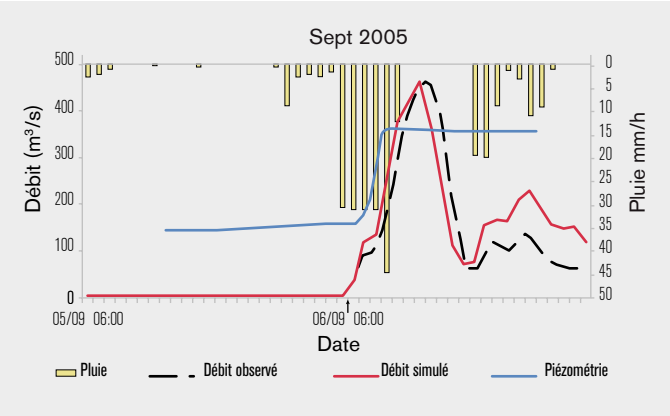

Figure 1: observation de la pluie, piézométrie, débits observés et simulés à la station Lavalette

Zoom

L'intensité de la pluie est mesurée en mm/h, c'est-à-dire en **litres par m² de superficie et par heure**

Les rives du Lez, septembre 2005

Le Lez au seuil de Lavalette

Les crues du Lez : rôle du karst et prévision des crues

Fonctionnement hydrologique lors d'une pluie selon l'état de remplissage initial du karst

Lors d'une pluie, selon l'état préalable du réservoir souterrain, les interactions entre le réservoir karstique souterrain et le bassin versant de surface peuvent être classées selon 3 scénarios :

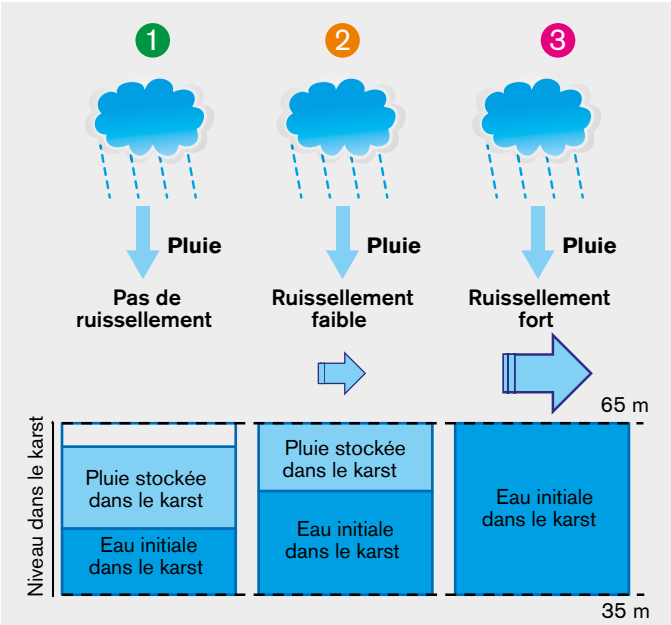

Figure 2 : fonctionnement hydrologique de l'hydrosystème lors d'une pluie

1 **Le réservoir karstique souterrain est initialement très peu rempli du fait des prélèvements par pompage** (niveau proche de 35 m NGF). Les précipitations s'infiltrent et les débits à la source et dans le fleuve sont faibles, voire nuls. Ce type d'épisode se produit à la fin des périodes estivales. Le karst joue le rôle d'un **tampon régulateur pour la crue de surface qui ne se produit pas.**

2 **Le réservoir karstique souterrain est moyennement rempli.** L'eau de pluie est d'abord stockée dans le karst, qui joue ainsi un **rôle d'atténuateur de la crue de surface,** et ceci jusqu'à ce qu'il atteigne sa cote de débordement (65 m NGF). La poursuite des pluies sur un karst saturé, où l'infiltration est donc limitée, entraîne une augmentation du coefficient de ruissellement et donc des débits dans le fleuve.

3 **Le réservoir karstique souterrain est déjà saturé en début d'épisode pluvieux** (cote proche de 65 m NGF). Les précipitations survenant sur le bassin versant se concentrent rapidement dans le fleuve engendrant des crues. Le réservoir karstique va aggraver la crue de surface pour 2 raisons :

- sa capacité maximale de stockage est atteinte, il n'y a plus d'infiltration possible
- il contribue directement à la crue par les apports des sources et résurgences.

Modélisation numérique des 3 scénarios, un outil de vigilance des crues du Lez à Lavalette

La modélisation numérique des 3 scénarios de fonctionnement du Lez et de son réservoir karstique en crue permet aujourd'hui :

- de formuler des hypothèses sur le fonctionnement du système,
- de simuler les écoulements pour chaque scénario d'épisode pluvieux,
- de mieux comprendre la genèse et la propagation des crues en interaction avec le karst.

Cet outil de vigilance est maintenant utilisé par les ingénieurs du **Service de Prévision des Crues de Méditerranée Ouest** pour intégrer le rôle du karst dans la prévision des crues et ainsi proposer, avec quelques heures d'avance, les débits probables attendus.

KFH- 11/2013

À retenir

La modélisation numérique a permis de constater que **la capacité de rétention de l'aquifère karstique du Lez était de 5 mm de pluie par mètre de niveau d'eau à la source du Lez.** Ceci signifie que chaque mètre de rabattement induit par les pompages permet d'augmenter la capacité de rétention du système de 5 mm : soit environ 150 mm de pluie lorsque le niveau dans l'aquifère est au plus bas (35 m NGF). Il s'avère que l'**exploitation de la source du Lez permet de réduire les risques d'inondation lors des premières pluies d'automne.** L'outil de vigilance développé dans le cadre du projet Lez-GMU et intégrant l'état initial de remplissage de l'aquifère du Lez est utilisé maintenant par le Service de Prévision des Crues Méditerranée Ouest.

Auteurs / HSM : Valérie Borrell-Estupina • BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) : Jean-Christophe Maréchal, Perrine Fleury • Montpellier Agglomération - Direction de l'Eau et de l'Assainissement : Arnaud Vestier
Crédits photos / Les rives du Lez, septembre 2005, Arnaud Vestier - Le Lez au seuil de Lavalette

7 Les crues du Lez : l'écoulement du fleuve en crue

Le parcours du fleuve Lez

Depuis sa source, à quelques kilomètres au Nord de Montpellier, le fleuve Lez s'écoule vers la mer sur une vingtaine de kilomètres en traversant cinq villes :

- Prades-le-Lez,
- Montferrier,
- Lattes,
- Castelnau-le-Lez,
- Montpellier.

Son débit moyen annuel est de 2,6 m³/s.
Plusieurs fois par an, des crues importantes sont provoquées par des épisodes de pluie intense, appelés **épisodes cévenols.** Le débit du Lez peut fréquemment (en moyenne une fois tous les deux ans) dépasser les 180 m³/s, ce qui correspond à 70 fois son débit moyen.

Prévenir les crues du Lez, un enjeu de sécurité des habitants et des infrastructures de l'agglomération

Le 3 décembre 2003, le débit du Lez a atteint 539 m³/s à la station de Garigliano : un record pour cette station datant de 1998. Ces crues représentent un enjeu important pour l'agglomération de Montpellier vis-à-vis de la sécurité des habitants et des infrastructures. En effet, **les crues du Lez se propagent très rapidement de l'amont vers l'aval ce qui ne laisse que peu de temps pour prendre des mesures préventives.** Une crue met en moyenne 1 heure et 15 minutes pour parcourir le tronçon situé entre Montferrier et Lattes (3ème écluse).

Le long du Lez, les deux affluents principaux sont la Lironde et le Verdanson. A sec la plupart du temps, ces deux affluents ont un apport significatif lors des événements pluvieux (Figure 1).

Le seuil de Garigliano

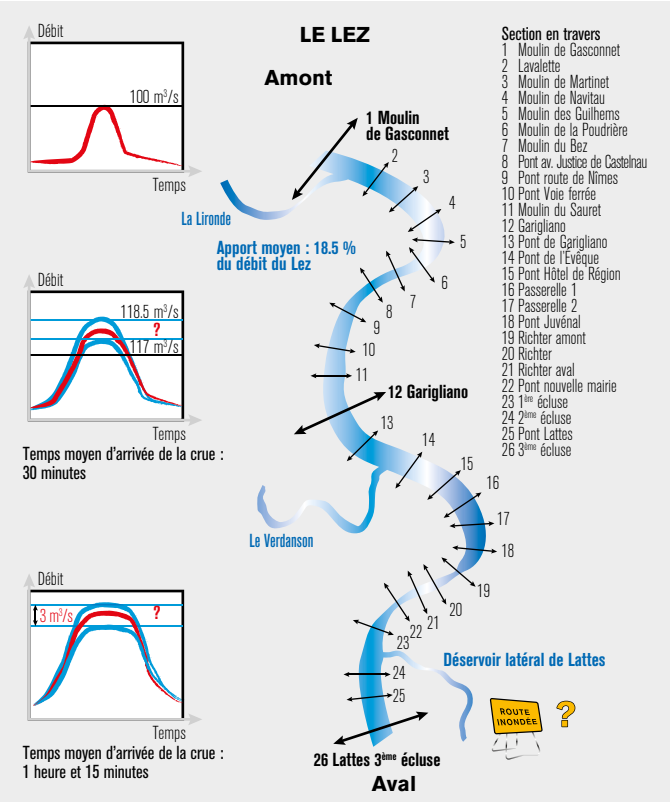

Figure 1 : zone étudiée sur le tracé du Lez et principaux résultats

Un modèle hydraulique développé pour simuler les écoulements

Un modèle hydraulique de simulation des écoulements a été développé dans le cadre du projet Lez-GMU.
Il permet de **calculer les niveaux d'eau et les débits en tout point du Lez dans la zone étudiée.**

Il peut être alimenté de deux façons :

- par les débits calculés par le modèle hydrologique du bassin versant amont,
- par des mesures réalisées à la station hydrométrique de Lavalette. Afin de faciliter l'exploitation de ce modèle, **des abaques ont été employées pour obtenir facilement les cotes et les débits maximums, ainsi que les temps de propagation pour un scénario hydrologique donné** (Figure 2).

Zoom

La Lironde, cours d'eau au Nord de Montpellier, apporte en moyenne **18,5 % du débit du Lez** mais peut atteindre **plus de 50 % de ce débit** lors de certains épisodes pluvieux.

Les crues du Lez : l'écoulement du fleuve en crue

Le modèle hydraulique a été développé en utilisant des relevés topographiques, notamment ceux de 2009 pour l'élaboration du Plan de Prévention des Risques d'Inondations et de 2011 réalisés à l'issue des travaux de recalibrage du Lez.

Ces relevés ont été complétés par des relevés réalisés dans le cadre de ce projet. Tous les seuils ont été mesurés **au théodolite laser et au GPS différentiel,** fournissant une précision de l'ordre du centimètre en x, y et z.
Nous avons par ailleurs exploité une image Lidar disponible dans la zone de Lavalette. Enfin deux relevés de sections en travers ont été réalisés à l'aide d'un scanner terrestre 3D. Des jaugeages ont été réalisés à l'ADCP, mais à des débits relativement faibles, n'ayant pas pu disposer de crues notables pendant la durée du projet.

Les simulations réalisées ont permis de calculer les débits et les cotes obtenues aux diverses sections en travers le long du Lez. L'ensemble de ces simulations a également permis de calculer une fourchette de valeurs pour les débits maximums, les cotes maximums et les temps de retards atteints aux différentes sections le long du Lez. Ces informations ont été tracées sur des abaques (Figure 2).

Zoom

Le modèle a permis d'étudier les 12 crues les plus importantes enregistrées :

11/11/1999	09/10/2001	09/12/2002	29/11/2003
28/09/2000	08/09/2002	22/09/2003	05/09/2005
16/01/2001	08/10/2002	15/11/2003	19/10/2008

Comment interpréter l'abaque de l'Hôtel de Région ?

Les abaques sont utilisables de la manière suivante : connaissant un débit de crue à l'amont (seuil de Gasconnet), on reporte ce débit en abscisse de l'abaque.

Par exemple, pour un débit de 450 m³/s, on lit verticalement la cote de l'eau qui se situe entre 12.2 et 12.4 m (fourchette rose) à l'hôtel de région pour l'abaque correspondante (Figure 2).

Cette fourchette provient des effets de laminage qui, en fonction de la forme de la crue plus ou moins raide, engendrera une cote maximum un peu différente. Pour une crue raide, la cote maximale atteinte sera plus faible que pour une crue lente de même débit maximum.

On lit également que le débit local sera compris entre 415 et 450 m³/s (fourchette verte) du fait également de ces effets de laminage. Sur la même abaque, la forme de la section en travers locale est indiquée, ce qui permet de vérifier si un débordement risque de se produire, ou quel est le débit à partir duquel ce risque existe. La courbe en pointillé sur l'abaque est celle correspondant au fonctionnement, sans le seuil de sécurité de Lattes. La courbe pleine est celle avec ce seuil.

Un tableau a également été fourni avec les temps de retard entre la station amont de Gasconnet et la section aval étudiée. Pour l'Hôtel de Région, ce temps de retard est de 34 minutes.

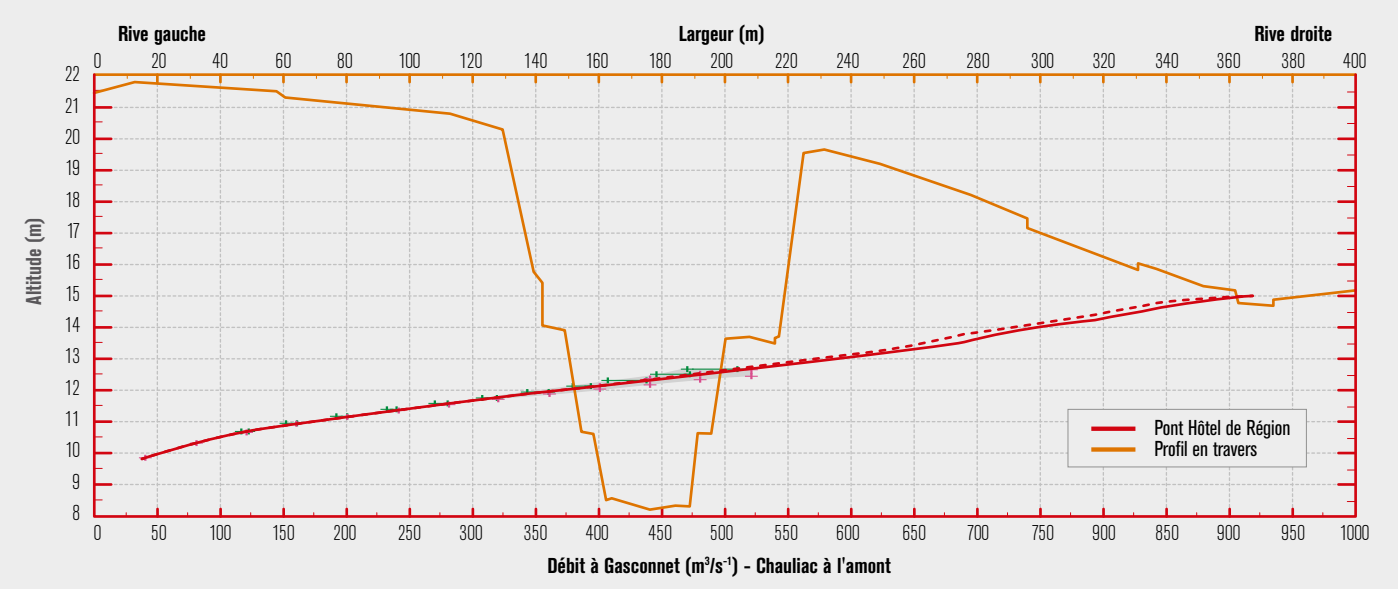

Figure 2 : Abaque au pont Chauliac, à l'amont de l'Hôtel de Région

Auteurs / G-eau : Pierre-Olivier Malaterre, Maxime Jay-Allemand
Crédit photo / Montpellier Agglomération - Direction de l'Eau et de l'Assainissement : Arnaud Vestier

KFH- 11/2013