

Risques et Ressources

1. Résurgence d'eau douce en Méditerranée

Au milieu de l'étang de Thau, près de Sète, des chercheurs étudient les résurgences d'eau douce (voir [Fig.1](#)). Ces dernières sont assez nombreuses sur le pourtour méditerranéen et existent partout dans le monde où des régions calcaires bordent la côte (Golfe du Mexique, Irlande, Madagascar, Australie, Vietnam, Nouvelle-Zélande...).



Figure 1. À la surface de la mer (étang de Thau, Balaruc-les-Bains, Hérault), on peut observer l'effet de la remontée d'eau douce d'une source sous-marine, la source de la Vise, s'ouvrant à 30 m de profondeur Droits réservés - © 2003 Michel Bakalowicz

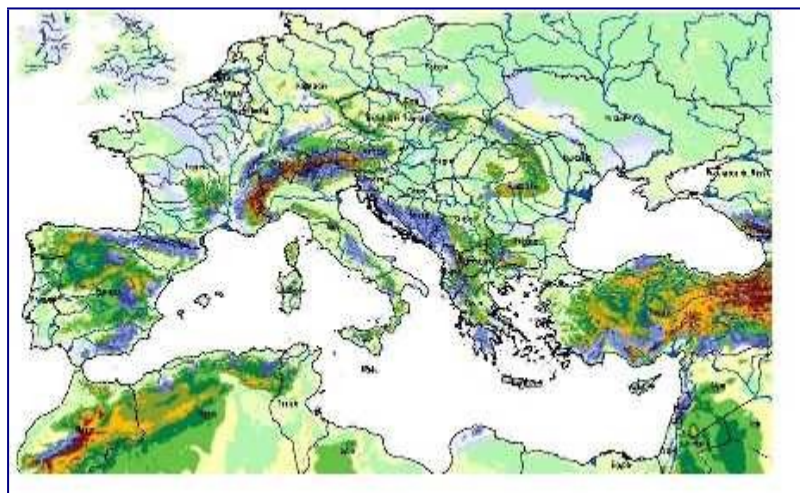


Figure 2. Carte des affleurements des ensembles karstiques (en bleu) autour de la Méditerranée Droits réservés - © 2003 Michel Bakalowicz

Leur origine est relativement facile à déterminer, car elles sont situées assez près des côtes, à faible profondeur (entre 0 et 50 m). Elles sont toutes associées à des massifs carbonatés qui dominent les côtes. Dans les terrains calcaires, l'eau d'infiltration chargée en dioxyde de carbone dissout la roche et cet écoulement aboutit à la formation d'un réseau souterrain de conduits (réseau karstique). Ce réseau souterrain se met en place en se basant sur le niveau le plus bas des calcaires dans le paysage : c'est le niveau de base où apparaît la source. Dans le cas de ces sources d'eau douce en mer, l'eau douce circule donc dans l'aquifère karstique littoral, emprunte des conduits situés sous le niveau de la mer et ressort en profondeur.

Comment des réseaux karstiques ont-ils pu se développer sous le niveau de la mer ?

Comment l'eau douce peut-elle surgir en surface ? Appuyez votre raisonnement par des calculs

Peut-on envisager une exploitation de ces sources d'eau douce ?

2. Séismes en France

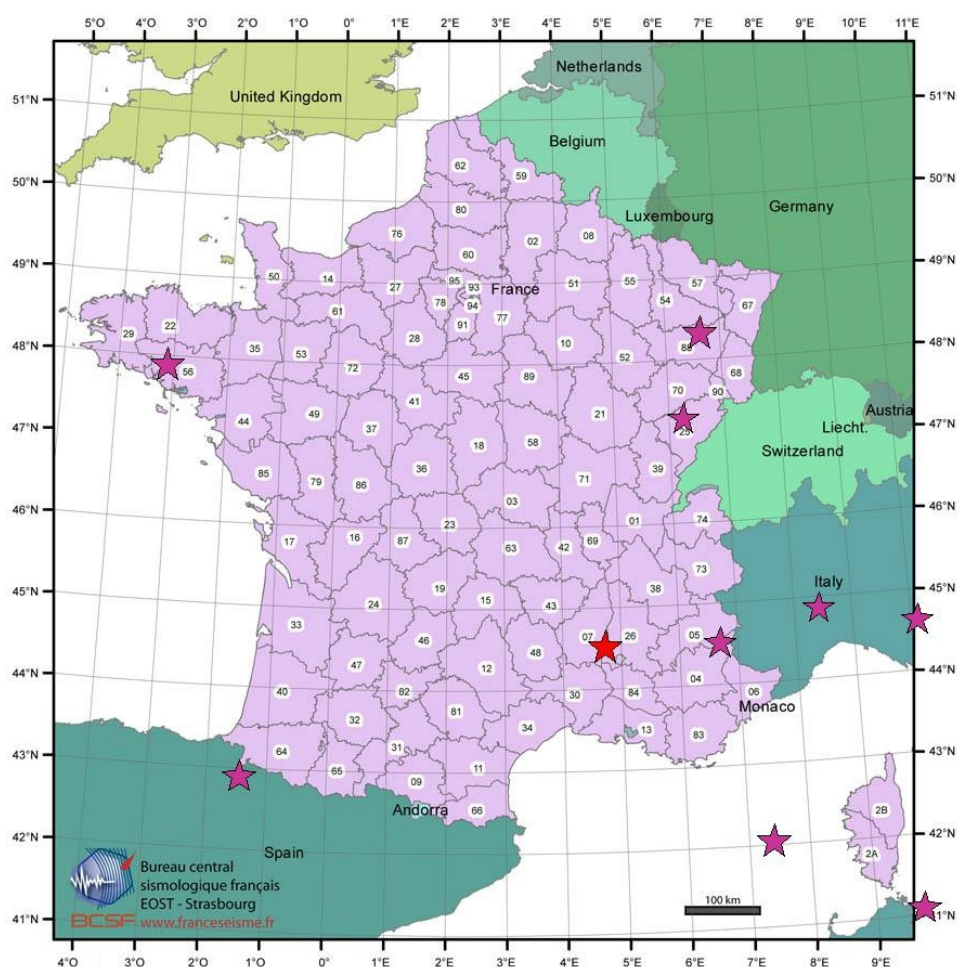


Figure 3. Carte des séismes de magnitude supérieure à 5 depuis le 01/01/2000

Commentez et critiquez les données des figures 3 à 5 et du document 6 et concluez sur le risque et l'aléa sismique en France



Figure 4. Carte des séismes de magnitude supérieure à 5 du 01/01/1900 au 31/12/1999

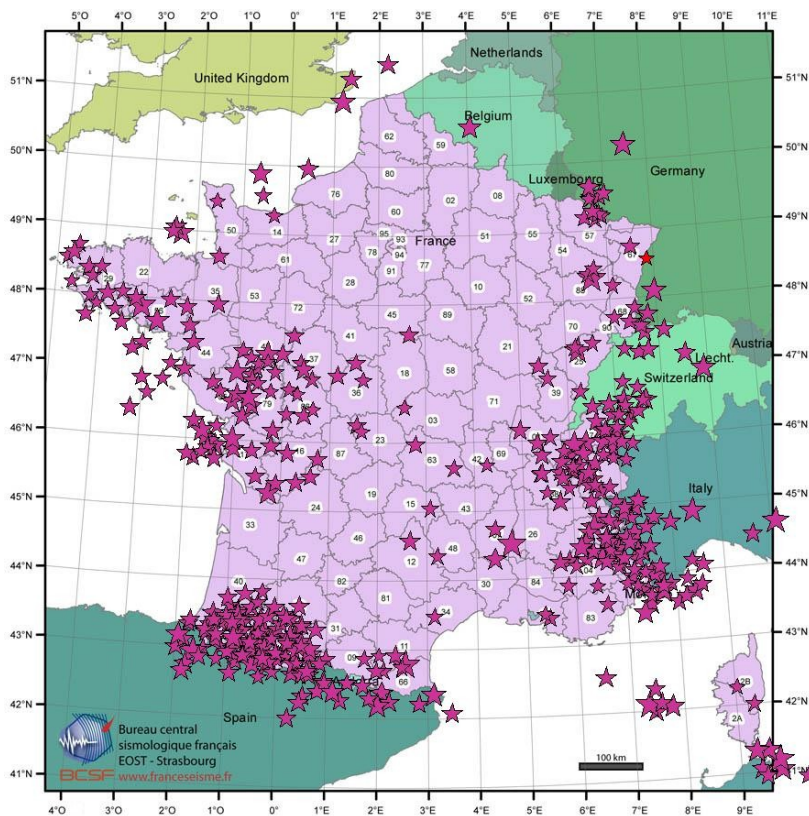


Figure 5. Carte des séismes de magnitude supérieure à 3 depuis le 01/01/1900

Document 6. Article du *Huffington Post* (11/11/2019)

Les images du tremblement de terre près de Montélimar

Un séisme de magnitude 5,4 a fait trembler le sud-est du pays surprenant les habitants dans leurs occupations.

TREMBLEMENT DE TERRE - Streamer, youtubeur en herbe ou encore vidéo de caméras de surveillance, ce lundi 11 novembre, plusieurs supports ont filmé malgré eux le séisme ressenti dans le sud-est de la France, comme vous pouvez le voir dans notre vidéo ci-dessus.

Un tremblement de terre de magnitude 5,4 sur l'échelle de Richter a ébranlé la région peu de temps avant midi. Le séisme s'est produit en Ardèche, à "26km au sud-est de Privas", possiblement à proximité du Teil, à 11h52, a précisé dans un communiqué le Bureau central sismologique français (BCSF) de Strasbourg.

"Ça a duré cinq secondes, tout a tremblé autour de moi, les meubles, les murs, comme si un avion s'était écrasé à 800 mètres ou une grosse explosion", a témoigné auprès de l'AFP Kevin Cuer, habitant au 4e étage d'un immeuble de Montélimar.

Il a été ressenti principalement dans la Drôme et l'Ardèche, notamment à Montélimar où une personne a été grièvement blessée dans la chute d'un échafaudage, selon la préfecture de la Drôme. Trois autres personnes ont été légèrement blessées en Ardèche "suite à une crise de panique", a indiqué sur Twitter le préfet de ce département.

Selon un bilan de la sécurité civile, une cinquantaine de bâtiments présentent des fissures dans la zone, et un bâtiment désaffecté s'est effondré en Ardèche. La même source précise qu'aucun impact n'a été relevé dans les centrales nucléaires voisines de Cruas et Tricastin, pas plus que sur les sites Seveso.

Comment des réseaux karstiques ont-ils pu se développer sous le niveau de la mer ?

Glaciation → Niveau de la mer à -120m → Réseau karstique dans les régions suffisamment chaudes.

Les glaciations du Quaternaire (début à -1,75 Ma - fin à -10 ka ;) ont provoqué des abaissements de l'ordre de 100 à 150 m du niveau marin ; le plus important fut au cours de la dernière glaciation, le Würm (entre -80 et -10 ka), avec un niveau bas vers -120 m vers -20 ka. Des réseaux karstiques ont pu se développer sur ce niveau bas, mais seulement dans les régions où le climat n'était pas trop froid et permettait l'écoulement des eaux (régions méditerranéennes chaudes et régions tropicales). Ailleurs, le gel empêchait l'infiltration et donc les écoulements souterrains. On connaît des grottes avec des stalagmites, maintenant noyées dans les Grandes Antilles (Porto Rico, Cuba, République Dominicaine, Jamaïque).

En Méditerranée, il s'est produit un phénomène extraordinaire, au Messinien, (-5,5 Ma, fin du Miocène). Le détroit de Gibraltar, sous la poussée de l'Afrique, s'est refermé (n°365 de La Recherche, consacré à la Terre). Comme en Méditerranée, l'évaporation l'emporte largement sur les apports d'eau douce par les fleuves, le niveau de la mer, ne recevant plus l'eau de l'Atlantique, s'est abaissé très vite de plus de 1.000 m. Ainsi, dans la région d'Avignon, le Rhône coulait environ 800 m sous son niveau actuel. Toutes les rivières avaient creusé des gorges très profondes qui ont ensuite été remplies de sédiments détritiques, surtout des argiles et des limons, après la remontée de la mer, environ 500.000 ans plus tard. Les conduits du karst s'étaient développés jusqu'au niveau le plus bas des calcaires (voir [Fig. 2](#), les affleurements calcaires autour de la Méditerranée). Une fois l'eau remontée, les galeries se sont retrouvées sous le niveau marin, certaines ont été bouchées par les sédiments, d'autres sont restées béantes.

Comment l'eau douce peut-elle surgir en surface ? Appuyez votre raisonnement par des calculs

Ces sources d'eau douce en mer ne peuvent exister que si la charge d'eau douce dans l'aquifère est suffisamment élevée pour pousser la colonne d'eau de mer, plus dense. Par exemple, pour une source sous-marine située à 30 m sous le niveau marin, à l'équilibre entre l'eau douce et l'eau de mer, c'est-à-dire sans écoulement, il faut que les deux colonnes aient la même masse (avec, $Masse = Hauteur \times Section \times Densité$).

La densité de l'eau de mer est 1,03, alors que celle de l'eau douce est 1. Pour que les deux colonnes, de même section, s'équilibrent, la hauteur de la colonne d'eau douce doit donc être supérieure à la "Hauteur x 1,031" pour que se produise un écoulement d'eau douce sous la mer, soit, pour une profondeur de 30 m, une colonne de 30,93 m d'eau douce, soit une charge de +0,93 m de l'aquifère au-dessus du niveau marin. Par conséquent, pour qu'il existe des charges suffisantes pour vaincre la masse d'eau de mer, **la source doit être alimentée par des écoulements dans des reliefs assez marqués dominant la côte**.

Peut-on envisager une exploitation de ces sources d'eau douce ?

Précisément, l'exploitation des ressources d'eau douce dans tous les aquifères littoraux doit impérativement se faire sans perturber le système. En effet, toute perturbation risque de faire entrer profondément l'eau de mer dans l'aquifère. En général, l'eau de mer occupe une partie de l'aquifère près du littoral, en fonction de la charge d'eau douce, de l'alimentation de l'aquifère (la recharge) et de la perméabilité. Toute modification importante, par des prélèvements massifs ou mal répartis, rompt l'équilibre et provoque une intrusion saline.

Dans le cas de l'exploitation des aquifères karstiques littoraux, c'est encore plus difficile, du fait de l'existence de conduits parfois largement ouverts qui laissent pénétrer l'eau de mer très facilement. Le procédé de captage expérimental mis en place par la société [Nymphéa Water](#) a pour but de tester les conditions d'isolement de la source pour en récupérer l'eau douce sans faire pénétrer l'eau salée. Une autre méthode est d'implanter des forages à terre, dans lesquels les débits de pompage sont faibles ; mais les forages donnent des résultats trop aléatoires et présentent trop de risques de salinisation pour être utilisés systématiquement. Dans tous les cas une surveillance en continu de la salinité de l'eau prélevée est indispensable pour éviter la salinisation.