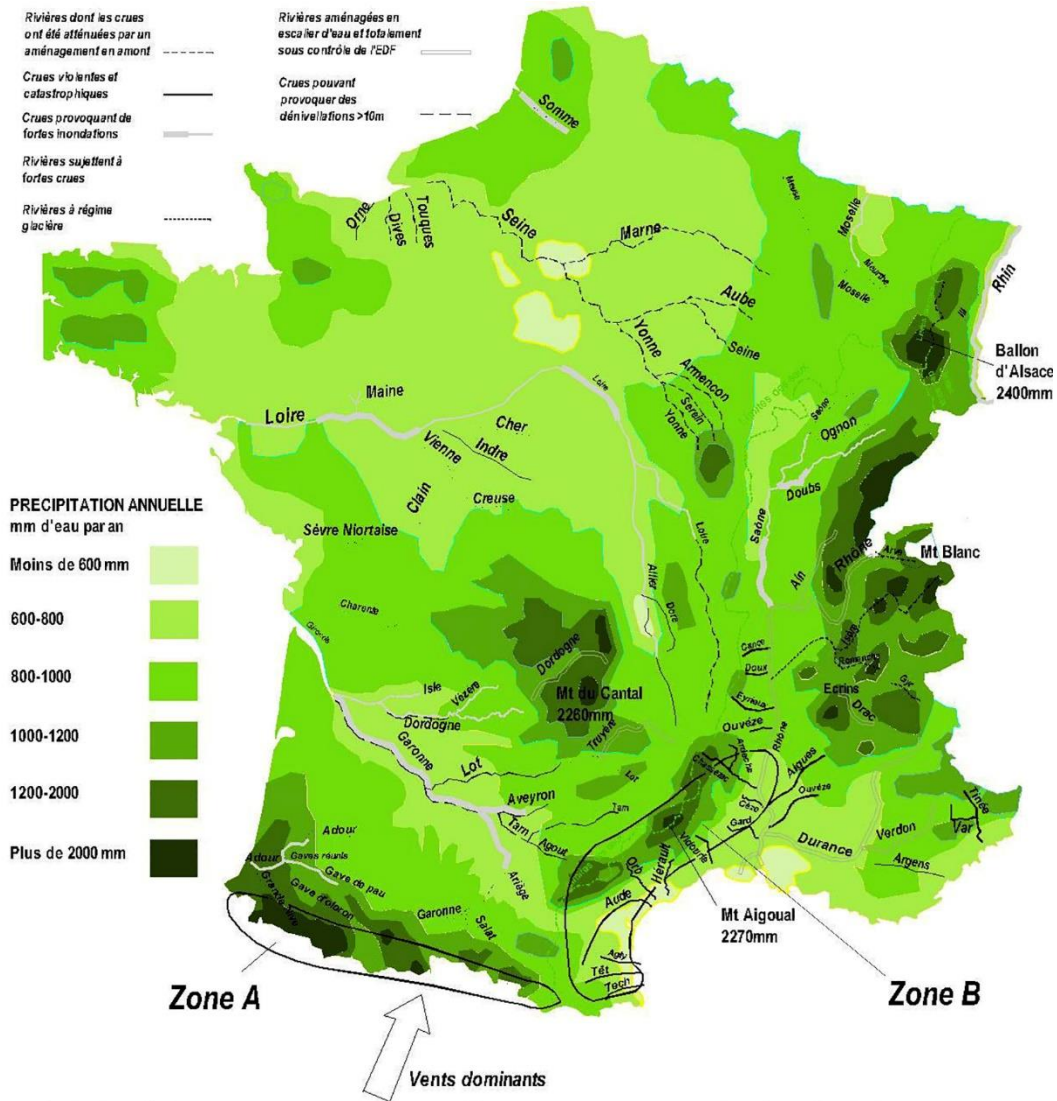


La rivière source d'énergie



Le fond de carte ci-contre, colorié selon la hauteur de précipitation annuelle, donne une idée de la façon dont les rivières drainent leurs eaux plus ou moins polluées vers la mer. L'auteur s'en excuse, mais elle ne prend pas encore en compte les récentes constatations de MEDD à partir des données communiquées par Météo France. Toute cette pluie alimente notre sous-sol et génère des aquifères continus peu profonds ou profonds suivant les régions (zones hachurées) sur la majorité de la surface de la France.

Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine

Une approche de calcul utilisant la formule de *Darcy* permet d'estimer la vitesse d'écoulement de l'eau dans une nappe libre constituant le proche sous-sol d'une rivière. Cette vitesse, fonction de la perméabilité de l'aquifère et du gradient de charge hydraulique liée à la pente, est aussi influencée par la granulométrie et les fissurations éventuelles. Les vitesses d'écoulement des nappes souterraines sont variées mais toujours lentes en comparaison de celles des rivières. Pour parcourir 1 km, l'eau souterraine contenue dans le sous-sol alluvionnaire de la rivière peut mettre quelques mois comme quelques siècles. Cette notion est très importante. En cas d'accident nucléaire majeur avec fusion du cœur, le risque de contamination de notre environnement par l'eau contenue dans la nappe phréatique est probablement aussi important à considérer que le nuage radioactif. Si la France devait être victime d'un accident nucléaire majeur comme Fukushima ce qui est infiniment improbable vu la sismicité beaucoup plus faible sur notre territoire, l'eau radioactive se propagerait probablement plus rapidement dans la nappe libre que les résidus provenant de la pollution chimique industrielle. Ceci pour la simple

La rivière source d'énergie

raison que la propagation de l'eau radioactive serait probablement plus rapide que celle des polluants chimiques lourds retenus par effet de capillarité sur les sédiments constituant le sous-sol. Consciente du risque, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) vient d'imposer début 2012 à EDF le renforcement de la dalle en béton située sous le réacteur de la centrale de Fessenheim, ainsi que le percement d'un puits dans la nappe phréatique afin de pomper de l'eau pour refroidir le réacteur en cas d'incident. Est également prévue la mise hors eau des déchets radioactifs entreposés dans des piscines. Il s'agit d'investissements lourds qui pourraient conduire à la fermeture de certaines centrales si les frais à engager s'avéraient trop importants pour poursuivre l'exploitation. L'eau est à nouveau un exemple de confrontation brutale entre intérêts économiques et impératifs de protection de l'environnement et de la santé.

Formule de Darcy $v = Q/S = K (H1-H2)/L$ avec :

- v vitesse d'écoulement en m/s ;
- S section totale offerte à l'écoulement ;
- K le coefficient de perméabilité du sous-sol en m/s ;
- $(H1-H2)/L$ le gradient de charge hydraulique correspondant en pratique sensiblement en zone de plaine à la pente moyenne de la rivière. Cette valeur varie selon la pente moyenne de la rivière ; 0,34^{0/00} pour la rivière la moins pentue de France (la Somme), 0,55^{0/00} pour la Seine à Paris (0,55 m de dénivellation par km). La pente diminue lorsque l'on se rapproche de l'estuaire ou du confluent. Le coefficient de perméabilité varie selon la granulométrie du sous-sol (Plus les grains sont petits, plus la perméabilité diminue) ;
- Q en m³/s
- $K > 10^{-4}$ m/s très bonne perméabilité ;
- semi-perméabilité $10^{-9} < K < 10^{-4}$;
- Sous-sol considéré comme imperméable $K < 10^{-9}$ m/s.

Voir le livre de Jean Lemale *La géothermie* des éditions Dunod.

Vitesse d'écoulement de la rivière

Celle-ci est tributaire de la **pente de la rivière**. Importante au début de son parcours, cette pente diminue progressivement jusqu'à la mer. Un canoëiste dont le canoë s'est retourné sur le haut cours d'une rivière et qui n'a pas pu esquimauter sait combien il peut être difficile de rattraper son embarcation en courant sur la berge. Une approche plus scientifique permet d'évaluer la vitesse moyenne du courant en un point donné de la rivière. Ceci à partir de la formule de Bernoulli et de la pente de la rivière à cet endroit. La pente d'une rivière se mesure en mètres de dénivellation par kilomètre de rivière parcouru (°/00). Une pente moyenne de 10 °/00 correspondant à une dénivellation de 10 m pour 1 km parcouru, entraîne une hauteur de charge locale h de 10 mm par mètre parcouru, soit une vitesse théorique de $(2 gh)^{1/2} = (2 \times 9,81 \times 0,01)^{1/2} = 0,44$ m/s soit 1,6 km/h la vitesse réelle étant moindre près des berges du fait de la viscosité cinématique de l'eau et des frottements sur le fond de la rivière.

¹ Chaque particulier français reçoit un relevé annuel l'informant de la qualité de l'eau qui lui est livrée au robinet. Il peut, lorsque les limites fixées par Bruxelles sont dépassées, agir auprès des services publics. Chaque citoyen peut aussi se regrouper pour action auprès d'organismes spécialisés. L'institut Pasteur a certainement déjà été saisi de dossiers de ce type. Il est fort probable que l'ingestion de pesticides, lorsqu'elle dépasse les valeurs limites réglementaires, est nocive pour la santé. Les graves conséquences écologiques à long terme du terrible accident de Bhopal aux Indes dans une usine de fabrication de pesticides sont là pour le rappeler. Un contrôle sanitaire réglementaire de l'eau potable effectué par la DDASS¹⁴ à partir de 9 échantillons prélevés année après année sur le circuit de distribution et 3

¹⁴ Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de Seine-et-Marne.