

LES Enjeux DES GÉOSCIENCES

FICHE DE SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE
N° 11 - Mai 2005

Crués et inondations : les comprendre pour mieux les prévenir

Les crués importantes de ces dernières années, notamment de la Somme, ont créé un traumatisme général mais aussi une prise de conscience sur la nécessité de mieux se prémunir contre ce phénomène naturel. Le BRGM s'est impliqué fortement pour comprendre les mécanismes des crués, montrer le rôle parfois essentiel des nappes souterraines et créer des outils de prévision qui sont aujourd'hui fiables.

Cruée de nappe

- 1 Situation normale de la nappe
 - 2 Situation de crue de la nappe
 - 3 Ruissellement
 - 4 Sources
 - 5 Rivière alimentée par la nappe = inondation
 - 6 Couche imperméable
 - 7 Glissement de terrain
 - 8 Inondations de caves
- ▲ Montée exceptionnelle de la nappe

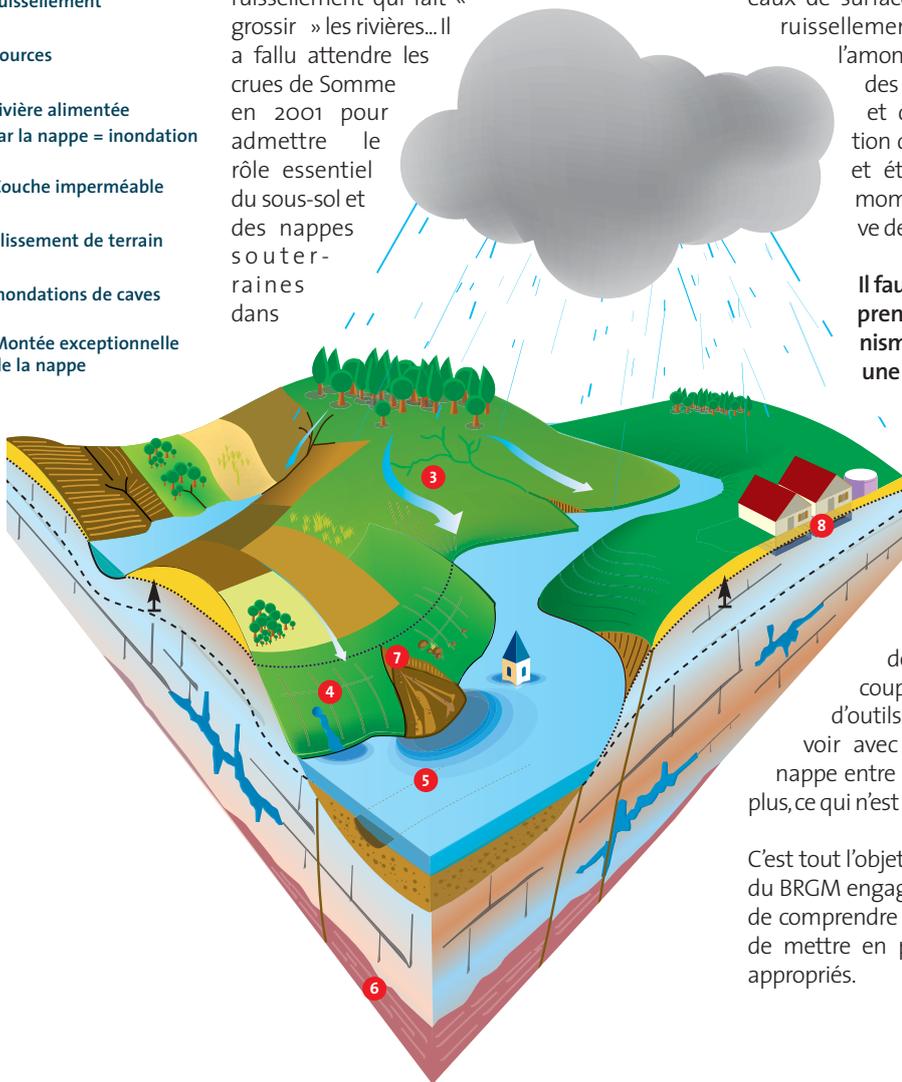
Pendant longtemps on a pensé que les crués résultaient avant tout de phénomènes de surface : pluies abondantes, ruissellement qui fait « grossir » les rivières... Il a fallu attendre les crués de Somme en 2001 pour admettre le rôle essentiel du sous-sol et des nappes souterraines dans

le déclenchement des crués et inondations. Une crue est en effet la résultante de plusieurs composantes concernant à la fois les eaux de surface et les eaux souterraines : ruissellement des versants, apport de l'amont par la rivière, écoulement des nappes voisines de versants et des plateaux voisins, saturation de la nappe alluviale, porosité et états de surface des sols au moment des pluies, capacité relative de la rivière à évacuer cette eau.

Il faut donc bien identifier et comprendre les différents mécanismes qui se conjugent dans une crue dont aucune n'est semblable à une autre, ni dans les causes de son déclenchement, ni dans son déroulement. S'il est difficile d'anticiper sur la pluviométrie, il est en revanche plus aisé de prévoir le comportement des eaux souterraines dont les réactions sont beaucoup plus lentes. Ainsi, à l'aide d'outils de simulation, on peut prévoir avec précision l'évolution d'une nappe entre 3 et 30 jours à l'avance, voire plus, ce qui n'est pas le cas des eaux de surface.

C'est tout l'objet des travaux et du savoir-faire du BRGM engagés depuis 2001 avec l'objectif de comprendre les mécanismes des crués et de mettre en place les outils de prévision appropriés.

© BRGM - M. Villey



UNE PRÉVISION ACCESSIBLE PAR INTERNET

À la demande de la Direction régionale de l'environnement de Picardie, le BRGM a créé, fin 2001 en collaboration avec le CET-MEF (Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales), un ensemble de modèles de prévision des hautes eaux (nappes et rivières) afin de mieux anticiper de nouvelles crues.

La technique repose notamment sur le suivi piézométrique des zones saturées et le suivi des zones non saturées en eau. Tous les 15 jours de novembre à mai, Météo France et la Diren envoient leurs mesures au BRGM qui fait tourner ses modèles mathématiques et restitue un message interprété dans les 48 heures. En cas de risque, la Diren et le Conseil Général avertissent immédiatement les communes. La Diren publie ensuite systématiquement les informations dans un bulletin libre d'accès sur Internet. Grâce aux données issues des mesures, les modèles permettent de valider les hypothèses sur les écoulements et de chiffrer les ordres de grandeur des débits qui vont survenir avec une précision satisfaisante. Les simulations à

UNE CRUE DE NAPPE :
LA SOMME EN AMONT D'ABBEVILLE



Moyennes eaux 1997,
des zones humides permanentes.



Hautes eaux 2000-2001
avec crue de nappe.



Inondation de la vallée de la Somme

caractère prédictif portent sur un délai de 3 mois. Cette prévision assure un temps de réaction suffisant pour prendre les mesures nécessaires à la protection des biens et des personnes.

Dans un scénario type 2001 qui suppose une réaction intense de la zone dite non-saturée (comprise entre surface du sol et nappe), la précision devrait être améliorée avec l'utilisation de la méthode géophysique de résonance magnétique protonique (RMP) déjà utilisée dans d'autres applications et qui fait l'objet d'un pro-

gramme de recherche appliqué aux crues. Cette technique permet de suivre les évolutions progressives de la teneur en eau des espaces situés entre le sol et la nappe afin de mettre en évidence les phénomènes précurseurs de la montée d'une nappe.

Le retour d'expérience de la Somme a été mis à profit pour la compréhension globale des mécanismes mais encore fallait-il généraliser cette démarche à d'autres régions susceptibles d'être concernées par les remontées de nappes et notamment

Une surveillance permanente



Piezomètre : Instrument de mesure
des nappes d'eau souterraine

dans tous les bassins sédimentaires de la moitié nord de la France ainsi que dans une partie du sud-ouest et du sud-est.

UN ATLAS DES ZONES PROPICES AUX REMONTÉES DE NAPPES

C'est ainsi qu'à la demande du Ministère de l'écologie et du développement durable, la mise au point d'une méthode applicable à toute la France a été engagée en 2002. Ce travail va déboucher sur un « atlas des zones propices aux remontées de nappes susceptibles d'engendrer des crues » qui établit une hiérarchie des régions en termes de sensibilité aux crues de nappes. Différents paramètres ont été combinés afin de déboucher sur des cartes de synthèse au 1/100 000 (1cm pour 1km) qui ont été réalisées pour les principaux bassins : bassin parisien, bassin aquitain, Alsace-Lorraine, vallée du Rhône, Rhône-Saône.

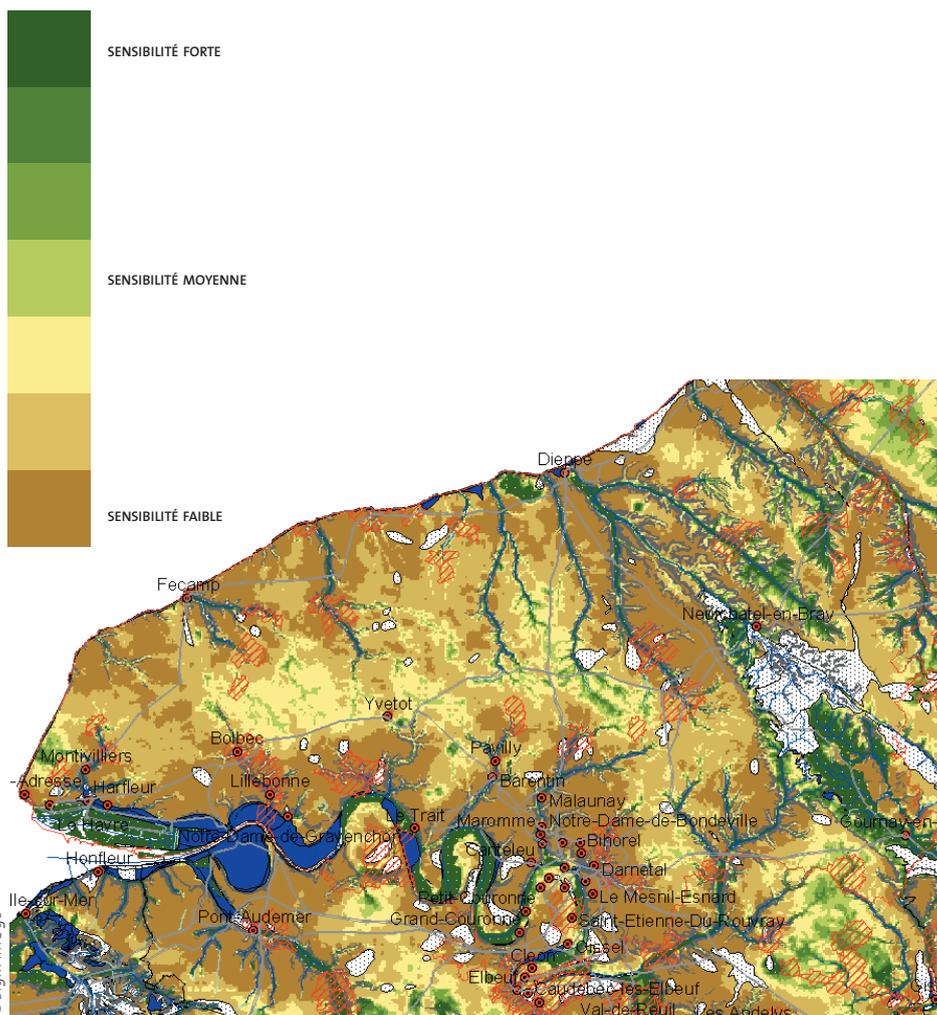
Ce travail est en fin de validation et devrait être disponible au grand public au cours du second semestre 2005. Un an après le drame de la Somme, des messages alarmistes fondés sur l'observation de hautes eaux dans les nappes à l'est de Paris annonçaient la crue du siècle. Celle-ci n'était fort heureusement pas au rendez-vous, ce qui montre à l'évidence que la compréhension et le raisonnement doivent se substituer aux analogies et aux assimilations sommaires. En effet, en y

Dans le cadre de sa mission de service public et en liaison avec le MEDD, le BRGM assure un suivi permanent de l'état quantitatif des ressources en eaux souterraines, et participe au suivi qualitatif. Il réalise le volet relatif aux nappes du « Bulletin de Situation Hydrologique » actualisé tous les mois.



Site internet RNDE : www.rnde.tm.fr

Il conçoit, réalise et publie l'annuaire hydrologique général. Le BRGM anime la banque de données ADES dont l'objectif est de donner une image précise à tout moment des nappes et de retracer l'évolution des masses d'eau afin d'en apprécier les fluctuations. Le rôle du BRGM est de sauvegarder, valoriser et porter à connaissance toutes les informations relatives aux eaux souterraines et de développer les outils informatiques nécessaires. Le BRGM a fédéré les travaux et a largement participé à la réalisation du « référentiel hydrogéologique de la France », qui est le catalogue descriptif et cartographique complet des quelque 1400 nappes de plus de 10 Km² répertoriées en France. Toutes données sont accessibles sur le site : www.rnde.tm.fr.



Carte de sensibilité aux remontées de nappe
Département de la Seine Maritime

regardant de plus près, on constate que le bassin de la Seine est hétérogène avec de grandes surfaces de craie (comme en Somme) et également d'autres formations géologiques qui ont des constantes de temps différentes. Mais surtout, on a observé que les inondations historiques (1910 en partie et 1955 typiquement) relevaient d'une autre « mécanique ». Elles étaient largement dues à des pluies abondantes survenant en période de redoux et ruisselant sur un sol gelé, ce qui rend ce type de crues complexe, avec une composante rapide (comme les crues d'été) tant que le sol reste gelé en raison de son inertie thermique.

RETROUVER LA MÉMOIRE DU RISQUE

D'autres réflexions et expérimentations sont en cours, dans le val de l'Oise, par exemple, avec une théorie apparemment simple : puisque les nappes jouent un rôle essentiel dans le déclenchement des crues,

Idées reçues sur les crues

- > Il ne semble pas que les crues et les inondations soient aujourd'hui plus importantes que lors des siècles derniers. Le recul n'est pas assez important.
- > Le réchauffement climatique est-il à l'origine des crues ? Mais les inondations étaient plus nombreuses et plus importantes au 15ème siècle lors du « petit âge glaciaire » : il pourrait donc ne pas y avoir de lien évident entre crue et chaleur.
- > Les crues seraient favorisées par le ruissellement des pluies sur les sols dénudés : mais la surface occupée par les forêts est aujourd'hui plus importante qu'au moyen âge.
- > Le compactage des sols sous l'horizon des labours par de gros engins agricoles pourrait être -en surfaces concernées- bien plus préjudiciable à l'infiltration des eaux que les quelques % de surfaces urbanisées.
- > Les nappes ne se situent pas qu'en plaines : dans les grands bassins sédimentaires les nappes alluviales représentent une surface relativement faible comparée à celle des nappes des plateaux et versants, qui d'ailleurs sont la principale alimentation des nappes alluviales.
- > Une crue centennale n'est pas une crue qui revient cycliquement tous les 100 ans. Cela signifie qu'elle a une chance sur 100 de se produire en 2005 et autant chaque année suivante.

peut-on envisager d'abaisser volontairement et progressivement une nappe en saison de basses eaux afin qu'elle dispose en hiver d'une capacité de stockage pour écrêter une crue éventuelle (sous réserve de quelques aménagements pour faciliter l'échange rivière-nappe).

D'autres études destinées à protéger Paris sont en cours notamment pour écrêter les crues du haut bassin de la Seine en adaptant la gestion des grands lacs d'amont au contexte saisonnier des échanges nappes-rivières. Avec l'Institution des Grands Lacs de Seine, le BRGM a lancé une recherche

sur le bassin de la Marne afin d'analyser la dynamique des nappes et leurs relations avec le débit des cours d'eau. Une série de modèles en grappe permettra d'étudier le comportement de ce bassin, dans la perspective de l'étendre à tout le bassin Seine-Oise.

Ces recherches vont également trouver une application à l'étranger. Le BRGM monte pour l'Union européenne une plate-forme de coopération en Asie du Sud-Est avec des actions concertées de terrain pour étudier notamment le mécanisme des inondations en Chine et au

Vietnam. Au total, 35 organismes asiatiques et européens sont partenaires du projet « Asem waternet » coordonné par le BRGM. Si l'on comprend un peu mieux les relations entre les causes et les effets, les causes -et par conséquent les effets- surviennent de manière aléatoire. Après une accalmie de plusieurs dizaines d'années, des crues peuvent survenir et causer des dégâts considérables. La lassitude ne doit donc pas dissiper la mémoire du risque. D'où l'importance d'une veille permanente pour anticiper, prévoir et réduire l'exposition des biens et des personnes, autrement dit la vulnérabilité.



© brgm/im@gé

Inondation de la Somme en amont d'Abbeville

Des crues différentes selon les saisons

Les crues d'été (crues éclair, crues "cévenoles")

Elles sont le fait de précipitations très intenses sur un bassin au relief assez fort sur lequel un effet « entonnoir » concentre vers la rivière la quasi-totalité de l'eau tombée, dans un laps de temps très court, qui n'a pu ni s'infiltrer, ni s'évaporer. Ces crues sont à déclenchement rapide (quelques heures après la pluie), ne durent que quelques jours et se traduisent par des écoulements torrentiels.

Les crues de redoux

Elles surviennent à la suite d'un épisode froid au cours duquel le sol a gelé, avec ou sans neige. Au redoux (influence atlantique, vents d'ouest et pluies intenses), l'atmosphère froide et humide ne permet aucune évaporation, la neige fond. Par son inertie thermique, le sol reste gelé plusieurs jours ou semaines : il est alors totalement imperméable. Le ruissellement est maximum. La durée de ces crues est de l'ordre d'une à deux semaines.

Les crues de nappes

Plusieurs facteurs favorisent ces crues : nappes hautes en fin d'été (novembre) à la suite d'au moins deux années humides, pluies d'hiver abondantes, éventuellement un épisode de pluies très intenses, milieu géologique très poreux possédant une capacité de stockage considérable (craie), relief de plateau avec une nappe plus haute que la plaine alluviale. On peut alors assister à des crues fortes, durant entre deux semaines et deux mois comme celles de l'Oise en 1995 et de la Somme en 2001.

Les principaux acteurs de la prévention des inondations

- Les Services d'Annonce de Crue (SAC) animés, pour la plupart, par les DIREN
- Le Service Central d'Hydrométéorologie et d'Appui à la Prévision des Inondations (SCHAPI)
- La Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques (DPPR) du MEDD
- La Direction de l'Eau du MEDD
- Les Préfectures
- Certains Conseils Généraux, tel celui du Loiret
- Certains Etablissements Publics Territoriaux de Bassins (EPTB)
- Des organismes de recherche tels le BRGM, le CEMAGREF

Pour en savoir plus :

Thierry Pointet - Tél. 02 38 64 36 09

Collaboration rédactionnelle :

Jean-Jacques Talpin

Centre scientifique et technique

BRGM - 3, avenue Claude-Guillemin - BP 6009
45060 Orléans Cedex 2 - Tél. 02 38 64 34 34

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm