

Le risque d'inondation par débordement de rivière

Anne Guillon
SERHAC

DIREN d'Île-de-France¹

Les récentes inondations catastrophiques en France et en Europe centrale ont rappelé de façon insistante l'actualité du risque de crues majeures. Or, le risque d'inondation est le principal risque naturel auquel est exposée la région d'Île-de-France qui comprend près de la moitié de la population inondable de France. Même si la conscience du risque a grandi avec la répétition d'épisodes de crues, il reste nécessaire de faire le point sur la réalité et la connaissance du risque et de ses conséquences en Île-de-France. Les actions menées et à mener en matière d'information, de prévention, de protection et de prévision des risques d'inondation font appel à de multiples acteurs : État, collectivités, services publics, entreprises, citoyens.

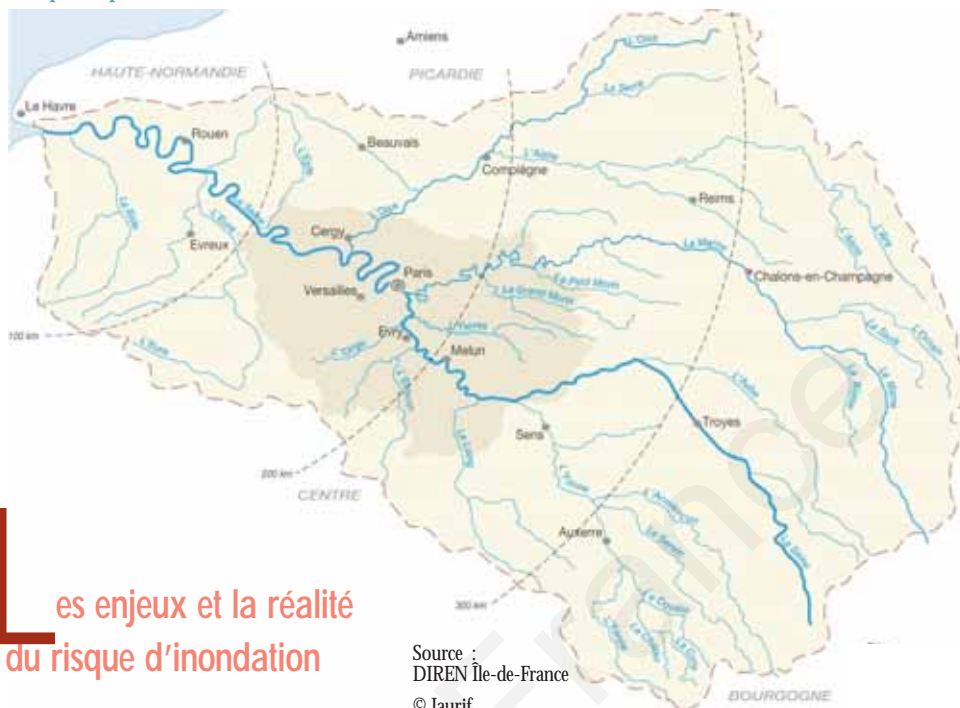
(1) Chef du service des risques naturels, de l'hydrométrie et de l'annonce des crues.

The risk of flooding by river overflow

Anne Guillon
SERHAC
DIREN-IDF

The recent catastrophic floods in France and in Central Europe are painful reminders of the presence of the risk of major flooding from rivers in spate. The flood risk is the main natural risk to which the Ile-de-France Region is exposed, and the region contains nearly half the floodable population of France. Even though awareness of the risk has grown with the repeated episodes of flooding, it remains necessary to take stock of the reality and of the knowledge of the risk and of its consequences in Ile-de-France. The actions conducted and to be conducted as regards information on, prevention of, protection from, and prediction of flood risks involve many different players: central government, local authorities, public services, businesses, and citizens.

Les principaux cours d'eau du bassin de la Seine



Source :
DIREN Île-de-France
© Iaurif

Les enjeux et la réalité du risque d'inondation

Les crues historiques

La Seine, en Île-de-France, a toujours connu des crues importantes. Chacun a en mémoire les images de Paris sous les eaux en janvier 1910, mais les désordres commencent à apparaître dans la capitale pour des crues beaucoup plus faibles. Des mesures précises des hauteurs atteintes par les crues sont effectuées depuis 1876 à l'échelle du pont d'Austerlitz ; mais, à partir de mesures plus anciennes réalisées au pont de la Tournelle depuis le XVII^e siècle, il est possible de reconstituer l'ensemble des crues de plus de 6 mètres –niveau des premiers dommages– au pont d'Austerlitz.

La capitale n'a pas connu de crue importante depuis 20 ans, et aucune crue aux conséquences majeures depuis près de 50 ans. Cependant, le risque d'inondation reste un risque majeur et réel pour l'agglomération parisienne.

Le bassin de la Seine, par la diversité, la longueur et le nombre de ses affluents, permet souvent un lissage des épisodes pluvieux. En effet, les ondes de crues générées en amont se propagent plus ou moins rapidement le long des cours d'eau pour parvenir sur la région Île-de-France, lieu de toutes les confluences : l'Yonne se jette

dans la Seine à Montereau, le Loing juste en aval, la Marne trouve la Seine à l'amont immédiat de Paris, et enfin l'Oise à Conflans-Sainte-Honorine.

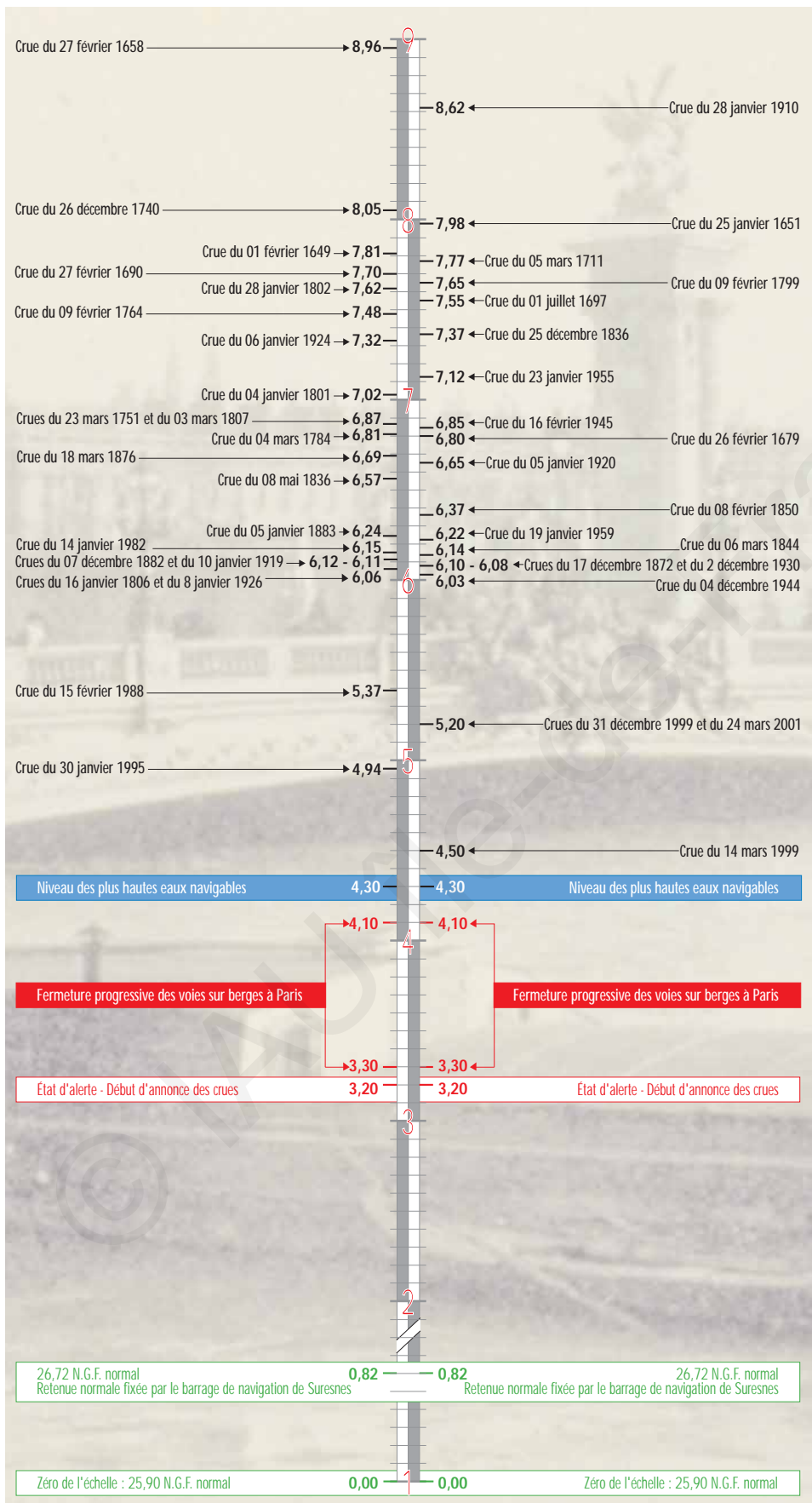
Les temps de propagation sont relativement longs et surtout décalés d'une rivière à l'autre :

- une onde de crue générée sur le bassin de l'Yonne dans le Morvan met en moyenne 4 à 6 jours pour parvenir sur la zone agglomérée de Paris. C'est la vallée la plus rapide des grands affluents ;
- une onde de crue générée sur la Haute-Marne met en moyenne 8 jours pour parvenir à Paris ;
- une onde de crue générée sur la Haute-Seine et la Haute-Aube met au moins une dizaine de jours pour parvenir sur la région parisienne.

Cela signifie que pour un même épisode pluviométrique généralisé, en théorie, les ondes de crue générées sur chaque grand cours d'eau se succèdent en région parisienne sans être concomitantes.

Quand plusieurs épisodes pluvieux intenses se succèdent, les ondes de crues peuvent se chevaucher et se rejoindre aux confluences.

Les grandes crues en cote à l'échelle de Paris-Austerlitz (en mètres)



Source : IIBRBS.

«La crue de 1910»

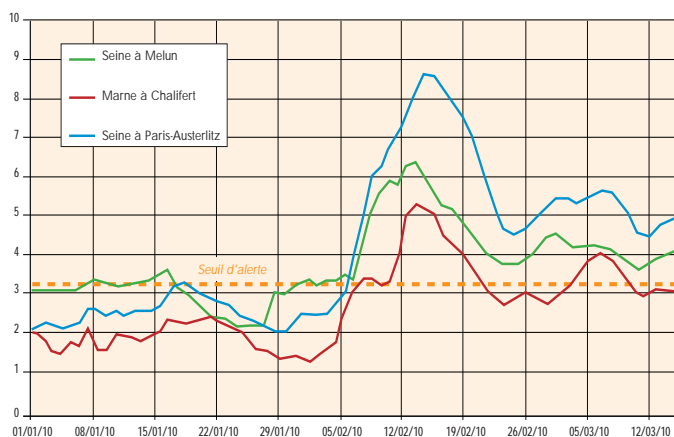
Les conditions hydro-météorologiques à l'origine de la crue de janvier 1910 se sont mises en place dès l'automne 1909. En effet, les mois de septembre, octobre et décembre 1909 furent particulièrement pluvieux et, en janvier 1910, les événements pluvieux s'enchaînent à intervalles courts et réguliers :

- du 9 au 12 janvier : de 10 mm au nord-ouest à 30 mm au sud-est du bassin,
- du 17 au 20 janvier : de 30 à 50 mm au nord ; de 60 à 100 mm au sud et plus de 130 mm sur le Morvan,
- du 23 au 25 janvier : de 20 à 30 mm sur tout le bassin.

Ces pluies tombent sur des sols saturés et ruissellent donc en totalité, et cette abondance de pluies successives génère plusieurs ondes de crues.

Sur l'Yonne, le deuxième épisode pluvieux maintient le niveau des hautes eaux après la première pointe et crée une deuxième pointe de crue. Le maximum est formé à Montereau par la superposition de la première pointe de la Seine amont et de la deuxième pointe de l'Yonne, et aggravé à Melun par la seconde pointe du Loing. Sur la Marne, il y a coïncidence de la première pointe de crue de la Marne amont avec la seconde pointe du Grand Morin.

Courbe des débits de la Marne à Chalifert et de la Seine à Melun et à Paris-Austerlitz



Source : DIREN

© Iaurif

La pointe de crue à Paris résulte de l'arrivée simultanée des pointes de crues de la Seine et de la Marne. On y retrouve une concomitance quasi parfaite des premières ondes de crues en provenance des vallées lentes, à faible pente : Marne amont, Seine amont, Aube ; et des deuxièmes ondes de crues des vallées rapides ou locales : Yonne, Loing, petit et grand Morin. La crue faible de l'Oise n'a pas engendré d'aggravation sur l'aval. Le débit atteint à Paris est de 2 400 m³/s pour 8,62 m à l'échelle du pont d'Austerlitz.

Les autres crues historiques

La crue de 1910 n'a pas été la seule crue catastrophique qu'ait connue l'agglomération parisienne, mais c'est la mieux documentée notamment grâce au travail accompli par la commission des inondations nommée après cet événement.

La lecture de l'ouvrage de Maurice Champion «les inondations en France du VI^e siècle à nos jours» publié vers 1860 et récemment réédité par le CEMAGREF montre que la capitale a toujours connu des crues catastrophiques, mais elles sont surtout connues par des récits historiques. Les crues de 1658 et de 1740 sont à peu près de même ampleur que celle de 1910, mais les mesures effectuées à l'époque restent incertaines ou difficilement exploitables.

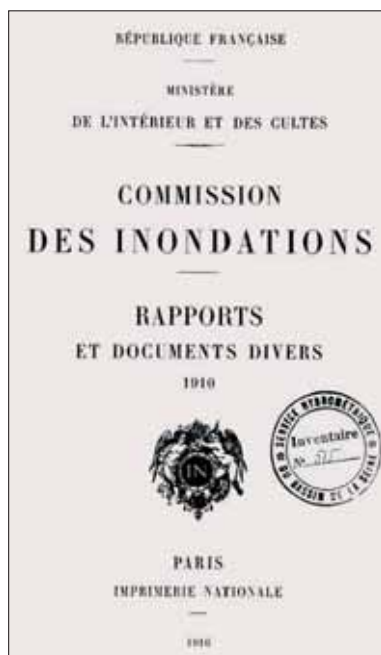
Extraits de l'allocution d'Ambroise-Rendu, journaliste et conseiller en environnement urbain, intitulée
«1910 : La Seine en crue paralyse la capitale»,
lors du colloque SHF
«Le risque de crue en région parisienne»,
des 17 et 18 septembre 1997

«Entre le 20 et le 28 janvier 1910, la Seine monte littéralement à l'assaut de la capitale. Ses eaux dont le niveau s'élève sans cesse et bien au-delà de celui de 1876, finissent par submerger la plupart des défenses qui leur sont hâtivement opposées. Les prévisionnistes sont pris en défaut. Les eaux envahissent d'abord les quais bas, puis certains quais hauts (sur 7 kilomètres) et, de là, les quartiers contigus. (...)



DIREN

- Le dimanche soir 23 janvier, vers minuit, les Parisiens sortant des spectacles trouvent les stations de métro Châtelet, Saint-Michel et Odéon plongées dans le noir. Un court-circuit a fait sauter les plombs : l'eau s'infiltre le long du ballast de la ligne 4, celle qui passe sous la Seine. (...)
 - La première gare SNCF à fermer est la plus chic, la plus centrale : celle d'Orsay d'où les parlementaires du sud-ouest gagnent la Chambre des députés en 10 minutes. Le lundi 24 janvier, la Seine envahit les voies en tranchée et les tunnels longeant les quais. La Seine trouve un nouveau réservoir dans la gare des Invalides. Le 25 janvier, la gare d'Austerlitz ferme à son tour. (...)
 - Le vendredi 28 janvier, la Seine est à son niveau maximum : 8,62 m à l'échelle de Paris-Austerlitz. Paris est au bord de la paralysie totale. Sur les 41 usines indispensables au fonctionnement urbain (traitement des eaux, des ordures et des vidanges, fourniture d'air comprimé de gaz et d'électricité), 23 sont noyées. (...) L'angoisse atteint un tel degré que l'archevêque de Paris croit bon de dire un office à Notre Dame pour implorer la clémence du ciel.
- Miracle ? Le lendemain 29 janvier, après 12 jours de montée continue, la Seine cesse de gonfler et redescend même de quelques centimètres. Le fleuve ne regagne définitivement son lit que le 15 mars 1910, deux mois après en être sorti.»



Les crues de 1924 et 1955, de moindre ampleur, ont cependant été graves. Ainsi, la crue de 1924 a une typologie très proche de celle de 1910 avec un automne 1923 très pluvieux et une succession d'épisodes pluvieux en janvier 1924 ruisselant sur des sols saturés et provoquant plusieurs ondes de crues pour produire un pic à Paris lié à la concomitance des premières pointes de crue de la Marne amont et de la Seine amont avec la deuxième pointe de crue de l'Yonne. Le débit atteint à Paris est de 2100 m³/s pour une hauteur de 7,32 m à l'échelle du pont d'Austerlitz.

La crue de 1955 est précédée d'un automne plutôt sec mais les pluies de janvier 1955 ruissellent sur des sols gelés avec les mêmes conséquences que pour des sols saturés. La crue de la Marne était plus importante qu'en 1910, mais la crue de l'Yonne était plus faible. Le débit atteint à Paris est de 2100 m³/s pour une hauteur de 7,14 m à l'échelle du pont d'Austerlitz. Cette différence de niveau est liée aux améliorations apportées à l'écoulement dans Paris, principalement au niveau des ouvrages, entre 1924 et 1955 (suppression du barrage de la monnaie et de la passerelle de l'Île-Saint-Louis, amélioration de l'écoulement sous plusieurs ponts, rescindement de quais etc.).

*La commission des inondations
mise en place après la crue de 1910
a fourni de précieux éléments
«sur les dégâts causés...
dans le bassin de la Seine et spécialement
dans la région parisienne».*

DIREN



©DIREN



Extrait du Mémorial de Jean de Toulouse

(année 1658, février)

à paraître aux Éditions Brepols Publishers,
collection Bibliotheca Victorina, Turnhout,
Belgique

«Durant vespres, la rivière de Seyne desgorgea par le canal de la rivière de Bièvre en remontant dans nos préz, qui se trouvèrent le sabmedy 23 à sept heures du matin au hault des degréz où l'on dévale au pré soubz la bibliothèque. Il fallut employer la matinée à vider la chappelle Nostre-Dame et tout ses bas lieux, où l'eau vint après midy. L'image de Nostre Dame fust portée en la chapelle St-Denis et y demeura jusques au mercredy saint 17 avril qu'elle fust rapportée. Le cellerier, s'en allant à la Halle du matin ce sabmedy, marchoit dans les eaux à la barrière des Sergens de la place Maubert, et eust peine à gagner la rue des Noyers mais, au retour, il luy fallut revenir en basteau. Enfin, le desbordement d'eau creut jusques au mercredy cinq heures au soir, 27 febvrier, et les eaux creurent au moindre endroits* de cinq poulces plus haut qu'elle n'avoit* paru es années 1649 et 1651. [p. 227] Bien des lieux furent inondéz qui n'avoient point [esté] esdittes années. Elle entra dans l'église du St-Esprit en la Grève; elle vint en la grande rue jusques près l'église du Petit-St-Anthoyne. Les pères Cœlestins en eurent sept pieds de hauteur en leurs cloîtres et jusques sur le dernier marchepied de leur maistre-autel».

«Statistiques»/notion de crue décennale et centennale/périodes de retour et probabilités

La période de retour d'un évènement est l'inverse de sa fréquence statistique. Une crue dont la période de retour est de dix ans est dite décennale, sa fréquence est de 1/10, c'est-à-dire qu'elle revient en moyenne une fois tous les dix ans ou qu'elle a, chaque année, une chance sur dix de se produire. Une crue centennale revient en moyenne tous les 100 ans.

L'estimation de la période de retour d'une crue sur Paris est en réalité la combinaison des probabilités de crue de chacune des composantes du fleuve : alors que la période de retour de la crue de 1910 sur la Marne aval est de 40 ans, elle est de 150 ans sur l'Yonne aval. Or, l'Yonne est la composante la plus fantasque du bassin de la Seine : la plupart des grandes crues sont nées de ses frasques.

La fréquence de retour de la crue de 1910 est estimée centennale : statistiquement, une crue d'au moins de même ampleur a une chance sur cent de se produire chaque année et deux chances sur trois de se produire en un siècle.

C'est pourquoi il est certain qu'une telle crue se reproduira, mais quand ? Nul ne le sait. Ce peut être aussi bien dans un an, dans dix ans que dans cent ans ou plus.

Le risque aujourd'hui Conséquences d'une crue type 1910 aujourd'hui

S'il est certain qu'une crue au moins aussi importante que celle de 1910 se reproduira, il est également certain qu'elle ne se reproduira pas à l'identique. Non seulement les conditions, météorologiques, climatiques, pluviométriques et hydrologiques seront différentes, mais encore, les évolutions urbaines et sociales ont depuis le début du siècle dernier, fortement modifié les aléas, les enjeux et la vulnérabilité de la société d'aujourd'hui.

Cependant, les crues historiques restent les outils de référence indispensables pour tous les travaux permettant d'améliorer nos connaissances et développer l'information, la prévention, la prévision et la protection contre le risque d'inondation.

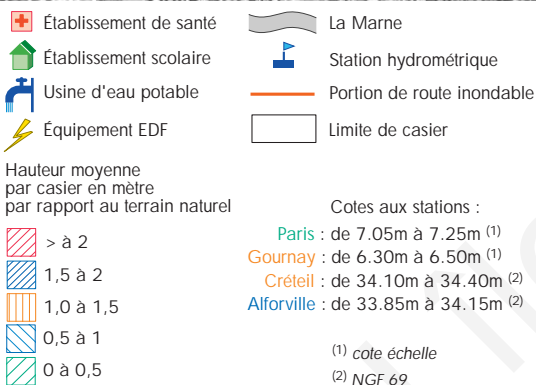
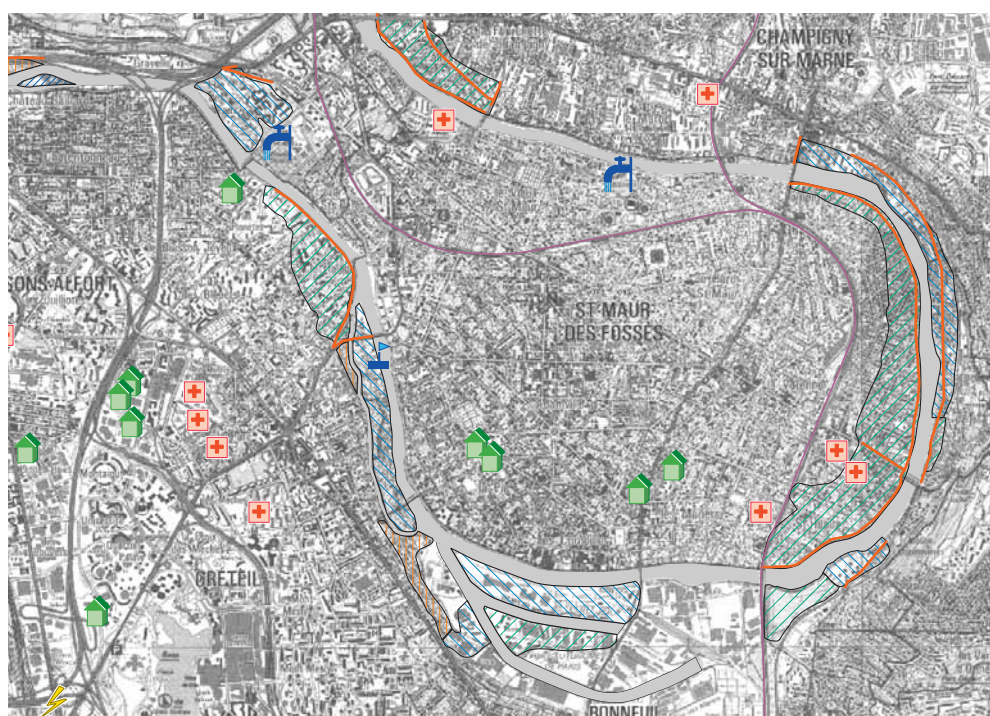
Pour évaluer le nombre d'habitants qui seraient directement concernés par une crue de ce type, les informations sur les zones qui ont déjà été inondées (PHEC) depuis le début du XX^e siècle par les grandes rivières d'Île-de-France ont été croisées avec celles des habitations et populations issues du recensement de 1999. On peut donc chiffrer à 880 000 le nombre des habitants potentiellement concernés, dont plus de 500 000 dans les seuls départements du Val-de-Marne et des Hauts-de-Seine.



La crue de 1982
dans le quartier de Groussay
à Rambouillet.

S. Rossi/laurif

Conséquences d'une crue importante - Estimation des zones inondées pour la boucle de Saint-Maur (la Marne dans le Val-de-Marne) - Scénario 5



© DIREN/IAURIF

Le risque d'inondation dans la région d'Île-de-France en 2002 (en chiffres arrondis) PHEC, vallées de la Seine, Marne, Oise

| Département | Crue majeure | | Pourcentage de la population totale du département | Pourcentage du territoire |
|-------------|--------------------|---------------------|--|---------------------------|
| | Nombre d'habitants | Nombre de logements | | |
| 75 | 125 000 | 75 000 | 6 % | 9 % |
| 77 | 60 000 | 30 000 | 5 % | 3 % |
| 78 | 55 000 | 20 000 | 4 % | 4 % |
| 91 | 50 000 | 25 000 | 4 % | 1 % |
| 92 | 260 000 | 125 000 | 18 % | 20 % |
| 93 | 55 000 | 20 000 | 4 % | 5 % |
| 94 | 255 000 | 115 000 | 21 % | 22 % |
| 95 | 20 000 | 10 000 | 2 % | 3 % |

NB - Le niveau des eaux pris en compte est celui de la crue 1910 pour la Seine et la Marne aval, de celle de 1926 pour l'Oise et de celle de 1955 pour la Marne amont.

Les opérateurs concernés, conscients de la gravité du problème, travaillent depuis ces dernières années à affiner ces chiffres, mais surtout à prendre les mesures nécessaires pour les réduire.

L'étude précitée évoquait déjà plus de 12 milliards d'euros de dommages, et l'on sait aujourd'hui que ce chiffre est largement sous évalué en raison de la très faible prise en compte des dommages liés aux réseaux.

Conséquences d'une crue importante (mais inférieure à celle de 1910)

Les conséquences d'une crue centennale viennent d'être évoquées, mais les inondations en Île-de-France apparaissent bien avant de tels niveaux.

Dans des secteurs particulièrement exposés et souvent récemment construits, des inondations peuvent avoir lieu pour des crues relativement fréquentes (période de retour de quelques années) comme en mars 2001 (la cote atteinte à Paris-Austerlitz était de 5,20 m). C'est à partir de 6 m/6,20 m (crue décennale) que les premiers désordres aux réseaux apparaissent avec l'inondation de la ligne C du RER. Les difficultés pour le métro commencent à partir de 7,20 m à l'échelle du pont d'Austerlitz. Les dommages sont bien évidemment différents d'un secteur à l'autre et notamment en amont en fonction des niveaux respectifs de la Seine et de la Marne. Pour mieux connaître les risques associés aux différents niveaux de crues, la DIREN a modélisé plusieurs scénarios inférieurs à la crue de 1910 afin de permettre aux acteurs concernés d'examiner leur propre vulnérabilité en fonction des cotes atteintes aux stations réglementaires. À titre d'exemple, le scénario 5 dans la boucle de Saint Maur est présenté. Il s'agit d'une modélisation globale au niveau de l'Île-de-France et d'un scénario, ce n'est donc pas une prévision de ce qui se passerait réellement.

En termes économiques, l'évaluation des dommages reste à préciser ; selon la Chambre de commerce et d'industrie de Paris dans l'actualisation récente de son rapport de 1999, une telle crue affecterait 170 000 entreprises. De nombreuses entreprises sont directement implantées en zone inondable : 15 400 entreprises et commerces dans les Hauts-de-Seine, 2 000 en Seine-Saint-Denis, 5 160 dans le Val-de-Marne. Mais c'est surtout les réseaux dont l'arrêt pourrait conduire à la paralysie de la vie économique pour une durée indéterminée. À titre indicatif, l'étude menée de 1991 à 1998 par les Grands lacs de Seine montrait que les désordres dus à la hauteur d'eau atteinte par la crue de 1910 toucheraient :

- 70 % du trafic du métro pendant 30 à 50 jours,
- 50 % du trafic RER pendant 30 à 50 jours,
- plus de 200 000 abonnés pour l'électricité,
- plus d'un million d'abonnés pour le téléphone,
- près de 100 000 abonnés pour le gaz,
- 5 usines de traitement des ordures ménagères,
- 5 centres de production de chauffage urbain,
- 50 % de la production d'eau potable.

Protections locales contre les crues en Île-de-France

| Vallées concernées | Crues historiques de référence | Périodes de retour des crues, en débit naturel |
|--|--------------------------------|--|
| Seine dans les départements 77, 78, 91 et 95 | 1955 | 30 ans |
| Seine dans les départements 92, 93 et 94 et Marne dans le département 94 | 1924 | 30 ans |
| Seine à Paris | 1910 | 100 ans |
| Marne dans les départements 77 et 93 | 1970 | 8 ans |
| Oise | 1926 | 40 ans |

Aménager pour limiter les conséquences d'une crue majeure

La protection

Le souci de se protéger contre les crues en région Île-de-France n'est pas nouveau, puisque les premiers grands projets de protection de la capitale ont émergé dès 1824. Il s'agissait alors essentiellement de défenses longitudinales. Il faut rappeler que Paris avait déjà connu plusieurs crues historiques dont celles de 1658 et de 1740. Après les crues de 1910, 1924 sur la Seine, de 1926 sur l'Oise, ... au souci de protéger la capitale s'est ajouté celui de protéger l'ensemble de la population de l'agglomération parisienne, et en particulier de la petite couronne. Les collectivités ont alors multiplié les travaux de protection locale, mais avec des niveaux de protection variables en fonction de l'appréciation du risque.

Parallèlement, des travaux pour limiter les volumes de crue arrivant dans l'agglomération parisienne ont été entrepris. C'est l'une des fonctions des lacs réservoirs en amont de l'Île-de-France, gérés par les Grands Lacs de Seine ; ces ouvrages assurent également le soutien d'étiage des grands cours d'eau du bassin pour l'alimentation en eau de l'agglomération parisienne (industrie, eau potable, dilution de la pollution, etc.).

Une crue supérieure à celle de 1910 ?

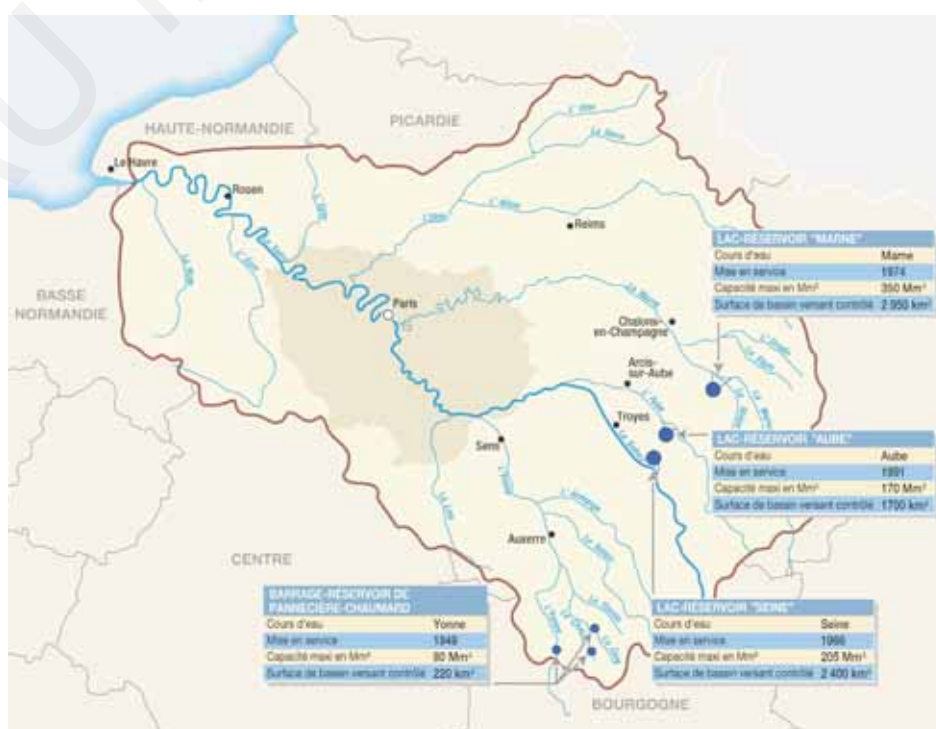
Enfin, une crue supérieure à celle de 1910 est-elle envisageable ? Il est très difficile de répondre à cette question. Pourtant, quelle que soit sa probabilité, il paraît raisonnable au moins de l'envisager.

Puisque 1910 est une crue centennale, le risque d'une crue plus importante est, par définition, possible puisqu'il y a, chaque année, un risque sur 1 000 d'avoir une crue millénaire. De plus, les inondations qui se sont produites en août 2002 notamment à Prague montrent que les niveaux atteints par les crues historiques repérées depuis plus de 300 ans ont été dépassés.

Pour mieux appréhender les risques d'une pluviométrie largement supérieure à celles de janvier 1910, les Grands Lacs de Seine viennent d'engager une étude hydro-météorologique pour cerner les conditions météorologiques pouvant conduire à de telles situations et pour estimer leur probabilité d'occurrence.

Par ailleurs, pour connaître les conséquences d'une crue plus importante que celle de 1910, des études doivent être entreprises pour évaluer les nouveaux secteurs qui pourraient être touchés. Pour cela l'utilisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) – comme cela a déjà été réalisé par la préfecture du Val-de-Marne – peut permettre une première approche pour définir le périmètre d'étude. Une modélisation hydraulique avec de nouveaux casiers définis à l'aide du MNT et vérifiés par enquête sur le terrain permettra d'affiner le risque.

Localisation des barrages réservoirs



Influence des aménagements sur les dommages liés aux crues dans la situation actuelle d'écoulement (en milliard d'euros)

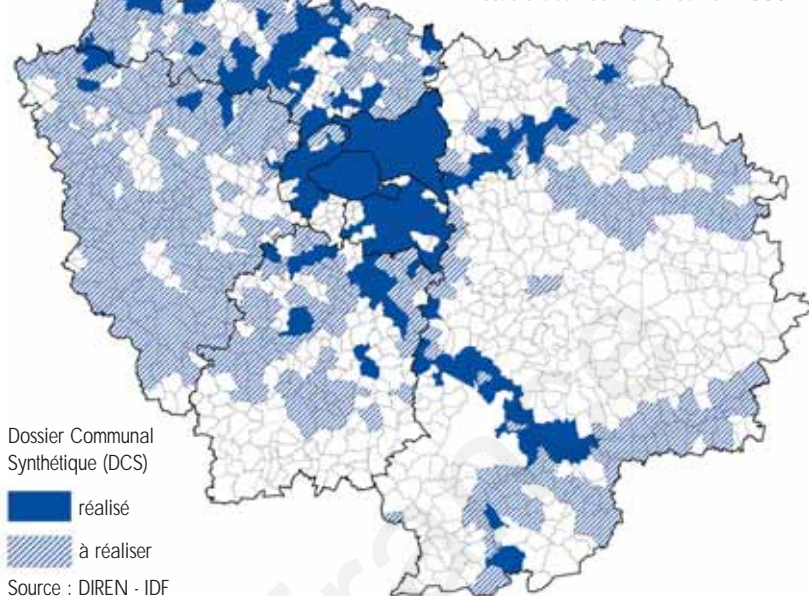
| Crue type | Hauteur 1910 | Débit 1910 |
|--|--------------|------------|
| Dommages sans lacs réservoirs | 12 | 9 |
| Dommages avec lacs réservoirs | 8 | 4 |
| Gain lié lacs réservoirs | 4 | 5 |
| Abaissement de 60 cm de la ligne d'eau de 1910 à Paris | | |
| Action en synergie avec les protections locales pour éviter les débordements | | |

Ce tableau donne des ordres de grandeur, mais il faut préciser que les études menées depuis 1998, notamment sur les réseaux, montrent que les évaluations des dommages sont largement sous-estimées.

En comptant les volumes supplémentaires réservés pour les Grands Lacs de Seine par les barrages du Crescent et du Bois-de-Chaumeçon (bassin versant de l'Yonne) gérés par EDF, le volume total théorique des barrages et lacs-réservoirs situés en amont du bassin de la Seine s'élève à 830 millions de m³.

L'étude de 1998 précitée a permis d'estimer l'efficacité des lacs réservoirs, par une projection du coût des dommages, dans une fourchette comprise entre 4 et 5 milliards d'euros. L'institution des Grands Lacs de Seine poursuit sa recherche d'aménagement. Une étude de faisabilité est actuellement en cours sur le secteur de la Bassée en Seine-et-Marne (vallée de la Seine en amont de Montereau). L'objectif de ce projet, sur le plan de la lutte contre les inondations, est de mettre en place des zones de sur-stockage de l'eau de la Seine juste en amont de sa confluence avec l'Yonne pour éviter la concomitance des pointes de crue. En effet, en raison des écoulements rapides de l'Yonne et du sous-sol de son bassin versant, il est très difficile de concevoir des aménagements sous forme de barrages pour maîtriser son cours, sans se heurter à des difficultés techniques et des impacts forts sur l'environnement. L'institution des GLS a donc imaginé de retarder les crues de la Seine

Dossier d'information préventive sur le risque majeur inondation état d'avancement février 2003



Dossier Communal Synthétique (DCS)

réalisé

à réaliser

Source : DIREN - IDF

en stockant de façon temporaire l'eau afin d'étaler dans le temps l'arrivée de l'eau en aval pour laisser passer la pointe de crue de l'Yonne. Par ailleurs, ce projet, défini en concertation étroite avec les populations concernées localement, s'intègre dans un projet de territoire intéressant et exemplaire, car il utiliserait d'anciennes gravières et permettrait ainsi une valorisation à la fois écologique par le maintien de milieux humides et une protection de l'aval qui pourrait aller jusqu'à abaisser la ligne d'eau de 15 à 30 cm à Paris.

En aval de l'agglomération parisienne, les travaux engagés par l'entente Oise-Aisne, pour la réalisation d'ouvrages de sur-stockage permettront également de limiter le niveau des crues en Île-de-France sur l'Oise et en aval de sa confluence avec la Seine.

Ces travaux et aménagements, ainsi que la gestion concertée des grands ouvrages permettent de limiter le risque d'inondation et de réduire les dommages liés aux crues mais ne suppriment en aucun cas le risque, puisqu'une protection absolue est impossible. C'est pourquoi les urbanistes et les aménageurs doivent prendre en compte le risque d'inondation et l'intégrer dans leurs projets et leurs constructions.

La prévention

L'information préventive

De par la loi, les citoyens ont un droit à l'information sur les risques naturels prévisibles (art. L.125-2 du Code de l'environnement). Des documents réglementaires garantissent ce droit :

- le dossier départemental des risques majeurs (DDRM) élaboré par le préfet. Il mentionne pour chaque risque naturel et technologique les communes du département qui y sont soumises. Tous les départements d'Île-de-France disposent d'un DDRM.
- le dossier communal synthétique (DCS), également élaboré par le préfet du département, reprend pour chaque commune, les risques majeurs auxquels elle est confrontée. Actuellement, environ un tiers des DCS est achevé en Île-de-France.
- le document d'information communal sur les risques majeurs (DICRIM), élaboré par la commune. Ce document doit permettre au maire d'assurer l'information de ses concitoyens exposés aux risques majeurs. La localisation doit donc être beaucoup plus précise que dans le DCS.

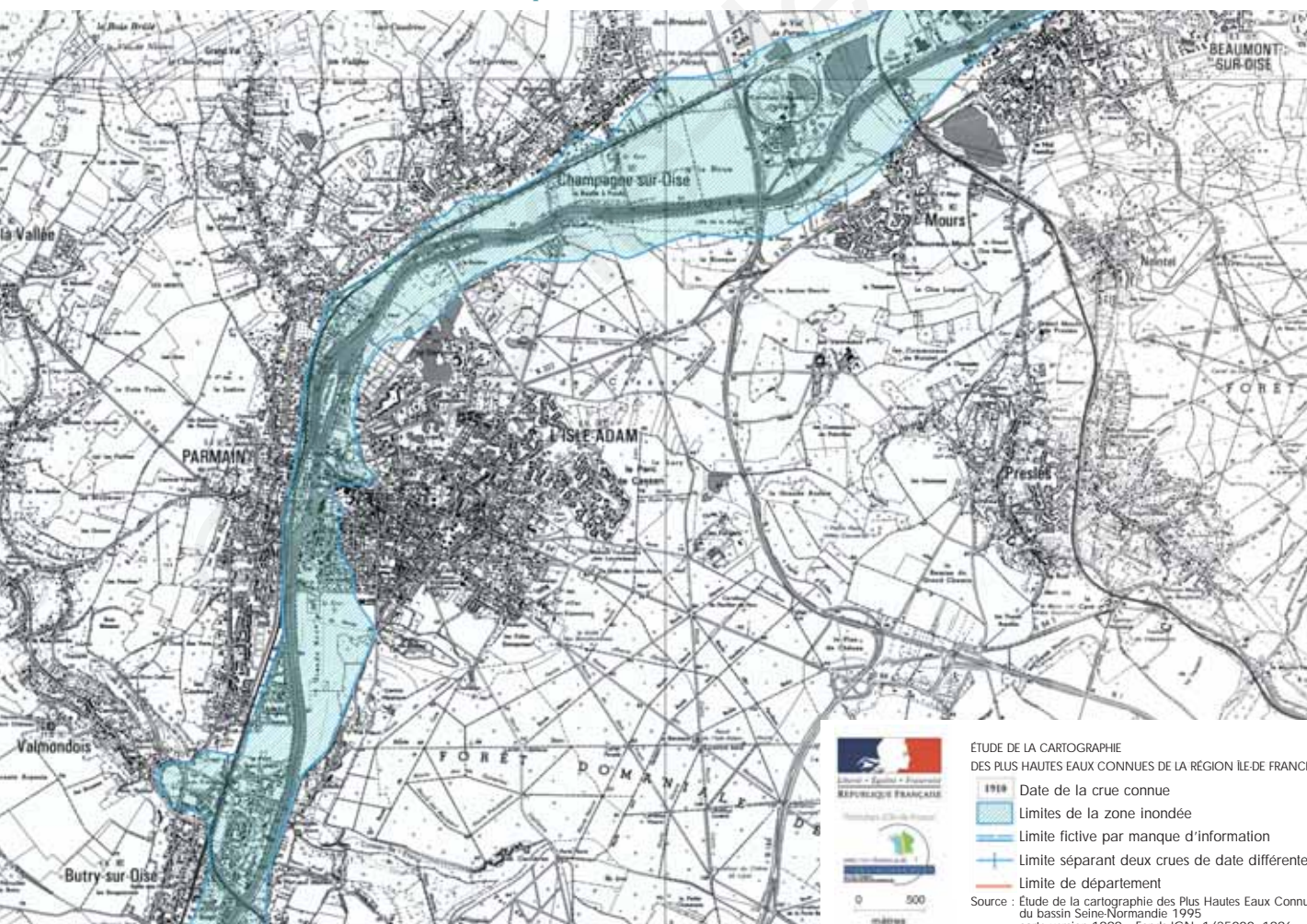
Le zonage, établi risque par risque, permet de recenser, d'une part, les citoyens à informer par type de risque et d'autre part, les propriétaires d'immeubles devant apposer les affiches par type de risque. Le DICRIM s'accompagne de fiches et de plaquettes d'information destinées aux citoyens.

Par ailleurs, le ministère de l'Écologie et du développement durable (MEDD) préconise la diffusion de toutes les informations disponibles sous une forme accessible à tous, afin que chacun, garde la mémoire du risque. La réalisation des atlas des plus hautes eaux connues et la diffusion des connaissances rassemblées sur la crue de 1910 en Île-de-France et sur les autres crues historiques répondent à cet objectif.

Plan de prévention des risques

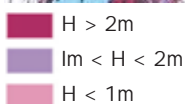
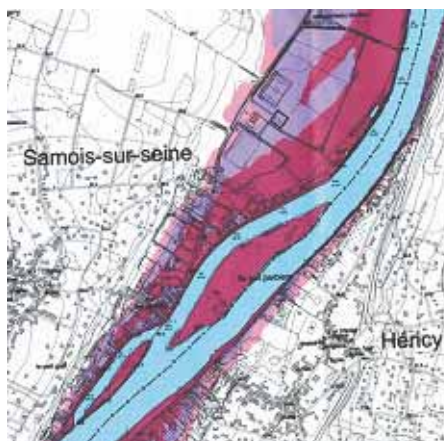
La collectivité nationale assure, au travers de la loi sur l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (articles L.121-16 et L.125-1 et suivants du code des assurances), une solidarité financière vis-à-vis des occupants des zones exposées aux risques naturels. Dès lors, toute installation nouvelle en zone soumise au risque d'inondation représenterait une acceptation tacite de la collectivité nationale de prendre en charge le coût des dommages. De ce fait, l'État, garant de l'intérêt national, doit surveiller étroitement l'accroissement de l'urbanisation et les développements nouveaux en zone soumise à un risque d'inondation, même endiguée, pour réduire la vulnérabilité humaine et économique.

Extrait de l'atlas des PHEC dans le Val-d'Oise (plus hautes eaux connues)

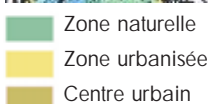


Cartes issues du Plan de prévention du risque inondation d'un secteur de Seine-et-Marne

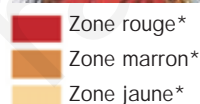
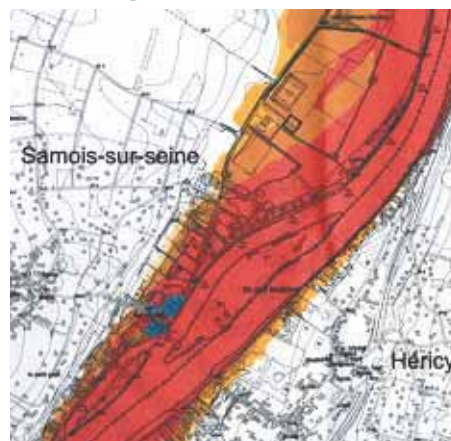
Carte d'aléas



Carte d'enjeux



Carte de règlement

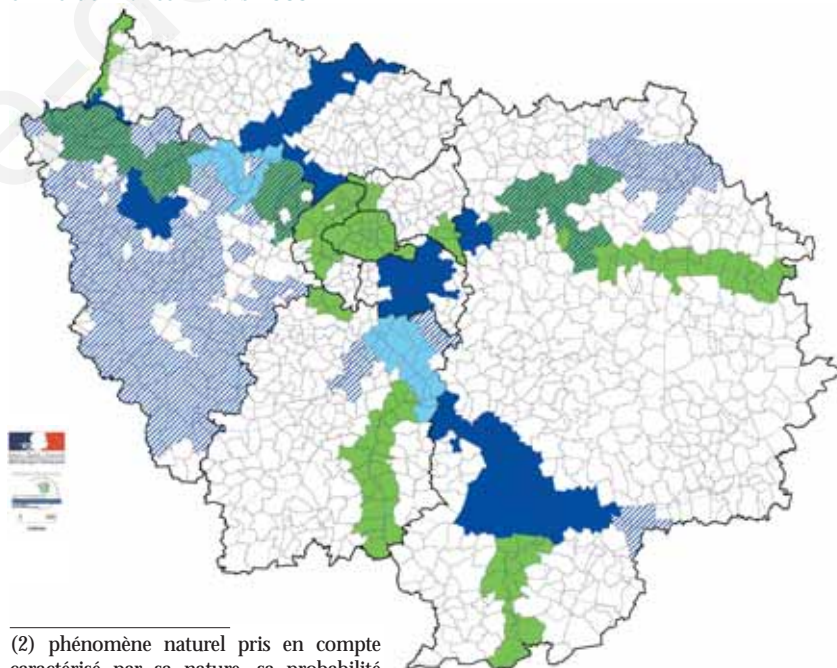


* Les prescriptions spécifiques à chaque zone sont précisées dans le règlement du PPRI

C'est l'objet des Plans de prévention des risques naturels prévisibles –PPR– (article L 562 du code de l'environnement). L'intérêt des PPR réside dans la délimitation des zones à risques et des zones génératrices de risques pour y définir des mesures préventives et curatives. Un PPR contient une notice de présentation, un règlement et des documents graphiques comportant, en général, la carte des aléas, celle des enjeux et la carte des zones réglementaires. Le règlement fixe des règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation et de protection de l'existant dans chaque zone réglementaire.

Pour éviter des discordances, dans une zone agglomérée aussi dense que l'Île-de-France, le préfet de région assure une mission de coordination des PPR «inondations» afin de s'assurer que les mesures prises en amont sont neutres ou n'ont que des effets positifs sur l'aval. Cette coordination permet également de garantir la cohérence de l'aléa² (crue de référence³, intensité⁴...) sur les grandes rivières ainsi que les principes d'identification et de conception des mesures adaptées aux types d'urbanisation denses spécifiques à l'Île-de-France.

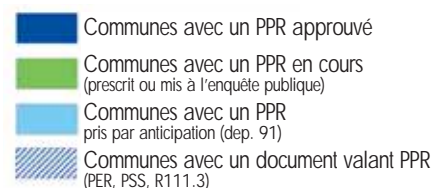
Plans de préventions des risques naturels prévisibles d'inondation en Île-de-France - Mars 2003



(2) phénomène naturel pris en compte caractérisé par sa nature, sa probabilité d'occurrence et son intensité.

(3) plus hautes eaux connues, soit en général la crue de 1910, sauf pour l'Oise en amont de Pontoise (1926) et la Marne en amont de Meaux (1955).

(4) sur les grandes rivières de la région, c'est la hauteur de submersion pour la crue de référence qui la caractérise (sauf cas particulier). L'aléa est considéré comme très fort au-delà de 2 mètres, fort entre 1 et 2 mètres et moyen en deçà d'un mètre.



Toutefois, le principe même d'un plan local est qu'il s'adapte aux réalités locales. La cohérence existe donc sur les principes et les objectifs, mais des différences formelles sont observées dans les zonages et les prescriptions, en fonction du contexte et de l'avancement des connaissances au moment de leur réalisation.

Tous les PPRi des grandes rivières de la région sont au moins prescrits et beaucoup sont déjà approuvés ou vont l'être prochainement. Les premiers PPRi approuvés sont d'ailleurs déjà en révision pour tenir compte, soit de jugement des tribunaux et de la jurisprudence, soit des avancées en matière de connaissance hydrologique ou hydraulique locale.

L'acceptation des PPRi s'améliore avec l'évolution de la conscience du risque. Les élus et les riverains sont généralement bien conscients des enjeux de la prévention. Toutefois, les acteurs directement touchés par des prescriptions de PPR ont parfois beaucoup de difficultés à les accepter. Un important travail reste donc à faire pour que la prise en compte des risques soit intégrée dès l'origine dans tous les projets d'aménagement et d'urbanisme et participer ainsi au développement durable de notre territoire.

Préparation de la crise

Si l'information préventive et la réglementation permettent de réduire la vulnérabilité globale du territoire, il est nécessaire que localement, chaque collectivité, chaque service public, chaque entreprise, chaque riverain, se prépare à affronter une inondation. C'est la meilleure façon de réduire les dommages. Les crues doivent être considérées comme faisant partie de notre environnement.

Pour les riverains, il est, par exemple, possible de préparer la protection de ses biens les plus précieux. Par ailleurs, il faut

connaître les mesures d'autoprotection en cas de crue imminente (le site du MEDD sur la prévention des risques majeurs : www.prim.net fournit à ce titre des indications utiles).

L'étude des inondations récentes survenues en France montre que le poids des dommages imputables aux activités pèse très lourd : il dépasse globalement la moitié du coût total des dommages. Le retour d'expérience montre que les conséquences pour les entreprises peuvent être très importantes et conduire parfois à leur cessation d'activité. En même temps, il apparaît qu'une anticipation de la part de l'exploitant permet de réduire, souvent de manière significative, l'ampleur des dommages et donc des conséquences négatives pour l'entreprise. Le diagnostic a pour objectifs de connaître la réalité du risque inondation, de cerner la vulnérabilité de l'entreprise aux inondations et de définir les meilleures mesures à adopter pour réduire cette vulnérabilité. Il porte sur les bâtiments, le matériel, mais aussi sur les réseaux d'alimentation (électricité, télécommunication, eau...), sur ses accès (route, transport en commun...) et sur la possibilité pour le personnel de se rendre sur son lieu de travail.

Plusieurs guides sont désormais disponibles pour aider à la réalisation de ce diagnostic. Citons, à titre d'exemple, le Guide méthodologique pour le diagnostic de la vulnérabilité aux inondations des services d'eau, réalisé en mars 2001, par l'équipe pluridisciplinaire d'assistance aux maîtres d'ouvrage du «plan Loire grandeur nature».

Parallèlement aux diagnostics de vulnérabilité qui relèvent de démarches individuelles, il appartient aux autorités publiques, aux collectivités et aux grands opérateurs de réseaux de mettre en place des plans de secours spécialisé «inondation».

Sur la région, la préfecture de police a donné l'exemple en réalisant, pour la zone de défense de Paris (qui correspond à l'Île-de-France), un plan de secours zonal spécialisé «inondation». Ce PSS inondation zonal, est un plan de coordination des actions pour limiter les effets des inondations qui repose sur 5 axes :

- recenser les risques majeurs liés à la crue,
- optimiser la diffusion d'une information claire, commune et partagée à l'ensemble des acteurs concernés et à la population,
- déterminer les mesures propres à limiter les effets de la crue,
- organiser la gestion de crise et assurer le fonctionnement économique et social en mode dégradé,
- organiser les conditions de retour à la normale.

et sur 5 principes :

- sauvegarde des populations ;
- autonomisation des acteurs économiques et sociaux ;
- permanence du fonctionnement des services de secours ;
- maintien du fonctionnement des liaisons gouvernementales et de secours ;
- réalisation d'un audit inondation pour les établissements inondables.

C'est dans ce cadre que les grands opérateurs de réseau et les services publics de la région se sont mobilisés pour s'autonomiser devant le risque d'inondation. On peut citer notamment le plan de secours mis en place par la RATP pour éviter l'inondation de son réseau, par obstruction des points d'entrée d'eau qui ont été identifiés (plus de 400 points) et dont l'élaboration a été engagée dès 1998. La SNCF, RFF, EDF, RTE, France Télécom, GDF, les hôpitaux de Paris, l'assis-

tance publique, les musées, les préfectures de département, les syndicats d'eau, d'assainissement, de collecte ou de traitement des déchets... et quelques communes ont également engagé la réalisation de leur plan de secours.

Un plan de secours doit comporter d'une part des mesures ou aménagement à réaliser avant la crise et d'autre part des mesures et aménagements à réaliser pendant la crise, en fonction de la prévision du risque d'inondation à court terme. Actuellement, des aménagements sont progressivement réalisés qui prennent en compte ce risque et permettent d'améliorer la situation face au risque d'inondation et d'éviter la paralysie des activités économiques et sociales. C'est la multiplication de ces initiatives qui permettra de limiter les conséquences dramatiques d'une crue majeure dans la région.

La Seine en crue à Paris (1955)

laurif



Les stations réglementaires du service d'annonce des crues de Paris



La prévision des crues

Une fois que toutes les mesures d'aménagement et de construction ont été mises en œuvre et les plans de secours élaborés, leur mise en œuvre doit être déclenchée par la prévision de l'imminence du risque.

L'annonce des crues sur les grandes rivières d'Île-de-France est réalisée par le centre d'annonce des crues (CAC) de Paris, au sein de la DIREN Île-de-France, sur 16 stations réglementaires (Montereau, Saint Mammès, Melun, Corbeil, Château Thierry, Meaux, Condé Sainte Libiaire, Chalifert, Gournay, Paris-Austerlitz, Chatou, Venette, L'Isle Adam, Pontoise, Mantes-Limay, Vernon). Pour chacune de ces stations, une cote de vigilance et/ou d'alerte a été définie.

Dès qu'un niveau de vigilance ou d'alerte est (ou va être) franchi sur l'une des stations, un bulletin d'annonce est émis en direction de la (ou des) préfecture(s) concernée(s). Par ailleurs, sur ces stations, à partir des informations recueillies sur l'ensemble des cours d'eau du bassin, et notamment en amont, des prévisions de hauteur d'eau pour le lendemain sont effectuées ainsi que la tendance pour le (ou les) jour(s) suivant(s)⁽⁵⁾.

(5) Les annonces et prévisions élaborées par le CAC de Paris sont disponibles quotidiennement sur Internet sur le site du ministère de l'Écologie et du développement durable : www.environnement.gouv.fr/ile-de-France/ rubrique «risque inondation» sur Minitel 3615 EAUSEINE et sur audiophone : 01.45.86.75.09.

Toutefois, il faut noter que la mise en alerte, notamment sur Paris, ne correspond pas à une situation catastrophique. En effet, le niveau d'alerte à l'échelle du pont d'Austerlitz est défini par l'imminence de premières fermetures des voies sur berges. Ce niveau est considéré comme une alerte en raison des répercussions que cela peut avoir sur la circulation en Île-de-France. De même, sur les autres stations, le niveau d'alerte correspond aux premières actions à réaliser par une ou plusieurs commune(s). À titre d'exemple, le seuil d'alerte de la station de Gournay permet à la commune de fermer les accès à la promenade en bord de Marne par la mise en place des batardeaux d'isolation des ouvertures des murets anti-crue, évitant ainsi l'inondation de la voirie et des riverains, pour des crues de faible et moyenne amplitude.

Pour réaliser les prévisions de crue, la DIREN utilise un réseau de près de 200 stations de mesure et assure la gestion de plus de la moitié d'entre elles. Ces mesures sont télétransmises au central par le réseau téléphonique classique. Ces stations mesurent systématiquement la hauteur d'eau, mais, progressivement, certaines stations sont équipées de mesure en continu de la vitesse, ce qui permet de disposer en temps réel, de mesure de débit. La réalisation en 2002, par le secrétariat général de la zone de défense, du plan de secours spécialisé «inondations» mentionné plus haut a permis de définir le seuil de mise en place d'une cellule de crise à 5,5 m à l'échelle du pont d'Austerlitz. Par ailleurs, ce plan a mis en lumière le besoin d'une prévision du risque de crue à plus long terme que les prévisions actuelles à 24 h pour pouvoir mettre en œuvre une gestion de crise plus efficace. C'est pourquoi, un

programme d'amélioration de l'annonce des crues sur les grandes rivières d'Île-de-France a été élaboré. Il comporte un volet sur l'information et sa diffusion (fréquence de mise à jour notamment), un volet sur la fiabilisation (des mesures, des transmissions et du fonctionnement du centre lui-même) et un volet sur la prévision (réalisation d'un modèle permettant d'intégrer les pluies, voire les prévisions de pluies, pour améliorer l'horizon de prévisions, l'objectif étant de passer de 24 à 72 h en gardant une bonne qualité des prévisions). La réalisation de ce programme d'amélioration de grande ampleur nécessitant des moyens et un délai très importants, une première approche statistique a été lancée afin d'élaborer une prévision probabiliste à 3 jours, du risque de crue supérieure à 6 mètres à Paris-Austerlitz.

Vers le risque d'inondation zéro ?

Le risque «zéro» n'existe pas. Vivre dans un milieu vivant et évolutif impose d'accepter le risque naturel alors que personne ne peut connaître le jour, l'heure et la force de l'évènement qui se produira. L'analyse des crues historiques, les travaux réalisés par les acteurs publics pour limiter les conséquences d'une crue majeure, les études menées pour mieux cerner la réalité du risque et ses impacts sur le territoire et la société, les compétences et les améliorations techniques mises en œuvre depuis les dernières grandes crues en Île-de-France, permettent aujourd'hui de disposer d'une information étendue sur le risque d'inondation. La diffusion de toute cette connaissance permet aujourd'hui que chacun d'entre nous se représente ce que serait une crue majeure pour sa région, sa commune, son entreprise et son habitation, et donne à chacun la responsabilité d'assumer son autoprotection.

*Les prévisionnistes
au centre d'annonce des crues de Paris*

DIREN



Les inondations par remontée de nappes

En période de très hautes eaux, les nappes d'eau souterraine, peuvent être un facteur aggravant du risque d'inondation. Dans certaines conditions, la nappe peut même jouer un rôle prépondérant : on parle alors de crue de nappe.

Ces crues deviennent très sévères quand survient un épisode fortement pluvieux : le ruissellement, la crue de nappe et la mise en mouvement de l'eau contenue dans la zone non saturée (zone située entre le sol et la nappe) se synchronisent et l'on a une crue forte et durable (plusieurs semaines, voire plusieurs mois) comme celles de l'Oise en 1995 ou de la Somme en 2001.

Quatre facteurs principaux favorisent les crues de nappes :

- une nappe encore haute en fin d'étiage (novembre) suite à une succession d'années humides ;
- une pluie excessivement abondante au moins pendant un mois, entre décembre et avril ;
- un milieu géologique très poreux possédant donc une capacité de stockage considérable ;
- un relief de plateau qui place la nappe en position dominante par rapport à la plaine alluviale.

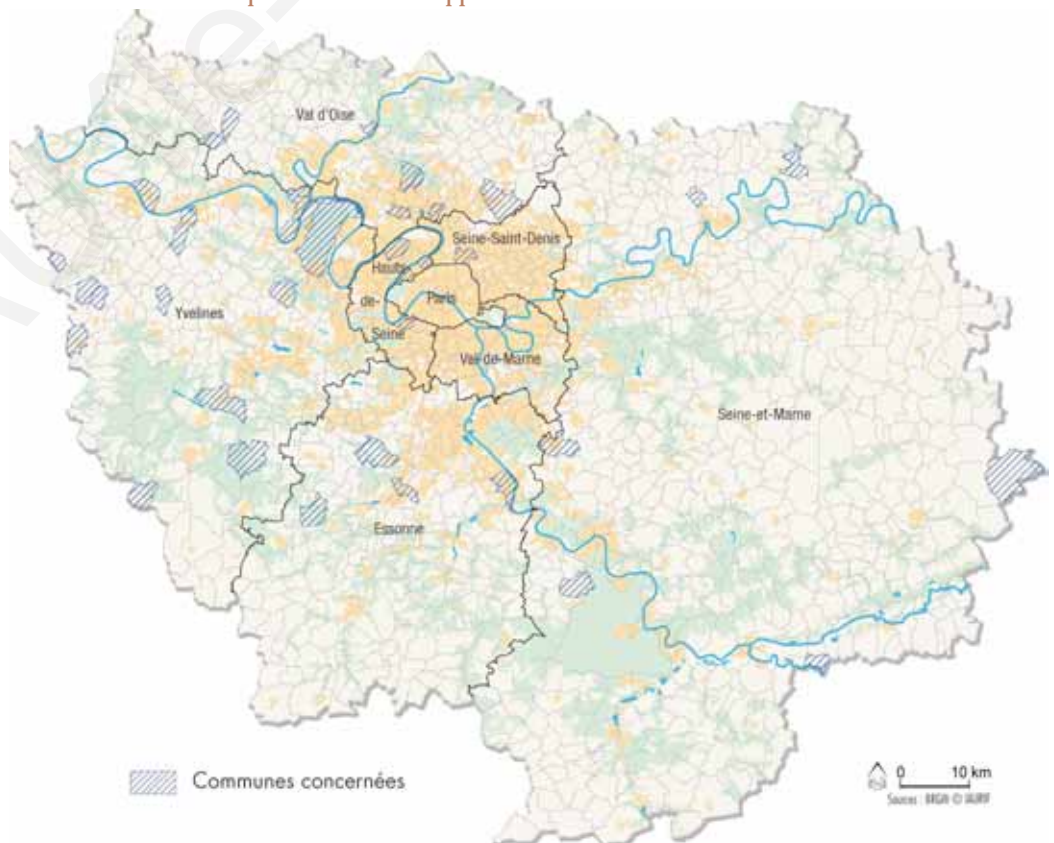
Le suivi des nappes d'eau souterraines, associé au suivi de la pluviométrie à moyenne et courte échéance et au suivi des débits des cours d'eau devrait permettre une meilleure compréhension de ce phénomène. En effet, les nappes libres⁽¹⁾ se rechargent grâce à l'infiltration d'eau de pluie et alimentent les cours d'eau. Le délai entre la pluie et la montée du niveau de la nappe varie en fonction de l'état de saturation des sols et du contexte hydrogéologique, très varié sur le bassin de la Seine.

(1) Une nappe d'eau souterraine est l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'un aquifère, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique. Une nappe libre est une nappe dont la surface fluctue librement dans le temps en fonction de l'infiltration d'eau de pluie et de l'écoulement souterrain. Elle se distingue de la nappe dite captive, sans surface libre, sans alimentation directe par infiltration et soumise en tout point à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

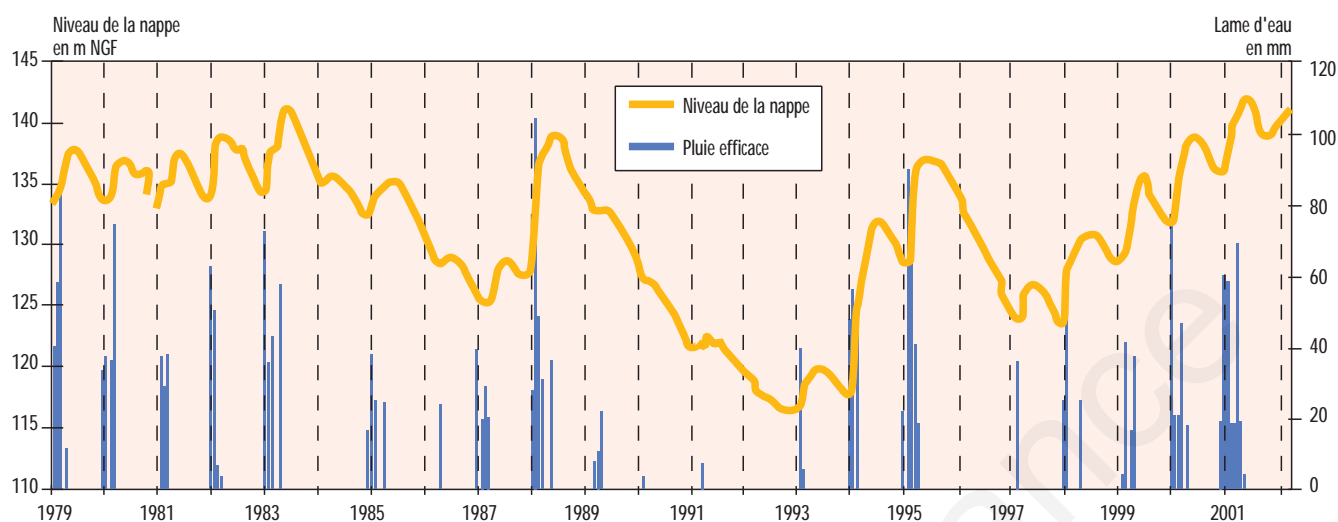


Inondation d'un sous-sol provoquée par la remontée de la nappe du Calcaire de Champigny à l'est de Provins.

Communes ayant demandé la reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle par remontée de nappe en 2001



Nappe du calcaire de Champigny - région de Provins



Source BRGM

*Pluie efficace et évolution
du niveau de la nappe
du Calcaire de Champigny
à l'est de Provins,
entre 1979 et 2002 ;
le niveau maximum
a été atteint en avril 2001.*

Ce délai est généralement plus long que le temps de réaction d'un cours d'eau car une nappe est un système présentant une certaine inertie. Un niveau de très hautes eaux n'est jamais atteint au cours d'un seul cycle hydrologique même en cas de forte pluviométrie ; il faut plusieurs années excédentaires.

Ce n'est que depuis une trentaine d'années que l'on suit avec précision l'évolution du niveau des nappes souterraines, l'objectif initial étant de mieux gérer les ressources en eau souterraine. On ne sait donc pas quel était le niveau des nappes lorsque sont survenues les grandes crues antérieures à 1970.

Au printemps 2001, plusieurs cas d'inondation ont été observés en Île-de-France, se traduisant par une quarantaine de demandes de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle par remontée de nappe pour les communes concernées. Dans la plupart des cas, les sinistres étaient bien liés à une remontée de nappe, et ce dans des contextes hydrogéologiques variés (nappe des Sables de Fontainebleau et du Calcaire de Brie, nappe du Calcaire de Champigny en zone de plateau, nappe alluviale de la Seine, nappe de la craie en zone de coteau, nappes du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp). Ces inondations ne sont pas comparables à la crue exceptionnelle qui a sinistré la basse vallée de la Somme, mais ont néanmoins provoqué des

désordres : infiltrations d'eau dans des sous-sols d'habitation et dans certains cas, déstabilisation des terrains. Ces inondations sont liées à la succession de plusieurs années hydrologiques excédentaires et à des précipitations exceptionnelles au cours de l'hiver et du printemps, avec comme conséquence pour les nappes d'eau souterraine, les plus hauts niveaux observés depuis 30 ans.

Afin de prévoir et avertir de la montée anormale des nappes, il est indispensable de mettre en place un dispositif de surveillance, y compris en ce qui concerne le suivi de la zone non saturée. Il faut travailler conjointement sur l'état des nappes et sur les débits des cours d'eau, car l'un et l'autre se conjuguent pour produire l'événement. La prévention est plus difficile car les nappes d'eau souterraine représentent des stocks d'eau importants et sont soumises à une dynamique beaucoup plus lente que les cours d'eau. Une solution possible consiste dans le drainage artificiel des parcelles, par drains enterrés à différentes profondeurs, permettant de jouer sur l'infiltration et l'écoulement de l'eau souterraine vers les exutoires.

Jean-François Vernoux

BRGM

Service géologique régional Île-de-France

e-mail : jf.vernoux@brgm.fr