



Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

Contextes climatique, morphologique & hydro-sédimentaire : Inondations par débordement dans l'estuaire de la Seine

Problématique

L'estuaire de la Seine, secteur allant du barrage de Poses à la mer, est sous l'influence de facteurs hydrologiques, astronomiques et météorologiques. C'est un territoire où les inondations sont relativement fréquentes et à causalités diverses : inondations par ruissellement liées à de très forts orages sur les affluents de la Seine ; inondations par débordement de cours d'eau liées à des crues ; inondations par submersion marine liée à de violentes tempêtes, inondations par remontée de nappe souterraine.

Les débordements de la Seine font partie de l'histoire du fleuve. Les archives témoignent et dénombrent une soixantaine de crues majeures depuis le VI^{ème} siècle. La première inondation désastreuse mentionnée dans les chroniques date de février 584.

Les années 1650, 1658, 1740, 1810, 1850 et 1876 sont également mentionnées comme ayant connues des inondations importantes. La crue de 1910 a fortement marqué l'imaginaire collectif et reste la référence actuellement utilisée pour la gestion du risque inondation en Seine. Plus récemment, des débordements plus ou moins importants de la Seine sont à noter en 1955, 1970, 1995, 1999, 2001,...

Le risque inondation correspond à la rencontre, sur un même espace, d'un aléa (la présence du cours d'eau) et d'une vulnérabilité (l'existence d'enjeux). L'estuaire de la Seine combine ces deux aspects, avec la présence de la Seine et de nombreux usages potentiellement soumis au risque inondation (zones urbaines, industrielles, navigation,...).



Inondations dans la boucle d'Elbeuf, mars 2001 (DDTM76)

Inondations par débordement dans l'estuaire de la Seine

Situation

Divers facteurs déclenchants

Les niveaux des eaux de l'estuaire de la Seine sont sous l'influence de facteurs hydrologiques, astronomiques et météorologiques qui peuvent, selon leur combinaison, être responsables d'inondations par débordement de la Seine [El Abida *et al.*, 2010].

Un fort débit de la Seine provenant de l'amont du cours d'eau, de ses affluents et un niveau de recharge élevé des nappes souterraines seront autant de conditions favorables au déclenchement d'inondations par débordement ou par remontée de nappe. Elles seront souvent de longue durée et étendues, comme en 1910, 1995 ou 2001 [Tableau I].

L'amplitude de la marée varie selon trois échelles, dont la combinaison peut engendrer des inondations par débordement ou par submersion marine :

- l'échelle journalière avec le cycle pleine mer - basse mer qui rythme l'avancée et le retrait des eaux ;
- l'échelle mensuelle avec le cycle vives eaux - mortes eaux qui amplifie ou atténue les niveaux de pleine et basse mer quotidiens ;

- l'échelle annuelle avec les situations d'équinoxes qui offrent des conditions de vives-eaux exceptionnelles.

Les facteurs météorologiques les plus influents sur la variation des hauteurs d'eaux dans l'estuaire de la Seine sont les précipitations, le vent et la pression atmosphérique qui peuvent, localement, fortement modifier l'allure de la courbe des marées. Un fort vent d'Ouest, qui pousse les masses d'eau vers l'intérieur de l'estuaire, et une faible pression atmosphérique, seront ainsi responsables de surcotes (augmentation de la hauteur du niveau d'eau) pouvant dépasser le mètre (± 30 cm en règle générale). Le caractère plus aléatoire de ces conditions météorologiques dans le temps et dans leur intensité complique l'anticipation des inondations qui peuvent être rapides et importantes. Les inondations de février 1990 et décembre 1999 illustrent ce phénomène. Leur déclenchement est associé à un faible débit de la Seine, mais à une concomitance d'un fort coefficient de marée, d'une faible pression atmosphérique et d'un fort vent de secteur Sud-Ouest [Tableau I].

Hauteur d'eau maximale à Rouen	Hauteur d'eau atteinte à Rouen (/0 CMH)	Coeff. de marée	Débit de la Seine à Poses (m ³ /s)	Vitesse du vent au Cap de la Hève (km/h)	Direction du vent au Cap de la Hève	Pression atmo (hPa)	Nombre de jours avec un débit supérieur à 750m ³ /s	Nombre de jours de débordement à Rouen (eau \geq 9.24m)
29/01/1910	10,05	78	2600	-	Sud-Ouest	1003		26
25/12/1999	9,91	104	1407	79	Sud-Ouest	993	47	5
01/03/2002	9,71	111	1588	43	Sud-Ouest	1004	55	6
01/02/1995	9,68	105	2074	47	Sud-Ouest	1015	93	10
27/02/1990	9,64	107	641	79	Sud-Ouest	1004	1	4
19/02/1988	9,62	113	1712	25	Nord-Est	1028	52	9
08/02/2001	9.60	100	1414	11	Nord	1000	115	6
28/03/2001	9,60	89	2280	29	Sud	996	84	16

GIP Seine-Aval, 2010 – Source des données : MEEDDM, banque hydro ; GPMR ; Météo-France ; SHOM, 2010

Tableau I : Evénements de hautes eaux dans l'estuaire de la Seine.

Une réalité géographique variable

L'analyse de la corrélation entre les hauteurs d'eau mesurées à différents marégraphes et les paramètres impactant ces niveaux montre leur part différentielle selon les secteurs géographiques [Figure 1]. Ainsi, le poids de l'amplitude de la marée décroît de l'aval de l'estuaire (où il est prépondérant) vers l'amont. L'évolution inverse est observée pour le débit de la Seine. Le poids des facteurs météorologiques (pression atmosphérique et vent) croît très légèrement d'amont en aval [El Abida *et al.*, 2010].

La comparaison de l'étendue des inondations de 1955 et 1958 permet d'appréhender cette réalité géographique et montre le poids variable des facteurs hydrologiques, astronomiques et météorologiques dans la typologie des inondations [Figure 2] :

- l'aval de l'estuaire est plus sensible à la marée et aux conditions météorologiques : en 1958 les inondations se sont déclenchées lors d'une période de forte vive eau (coefficient de marée de 116) et de faibles pressions atmosphériques synchronisées avec un fort débit de la Seine ($1988\text{m}^3/\text{s}$) ;
- l'amont de l'estuaire est plus sensible au débit du fleuve : en 1955 les inondations se sont déclenchées avec un fort débit de la Seine ($2250\text{m}^3/\text{s}$) synchronisé avec une période de vive eau moyenne (coefficient de marée de 92).

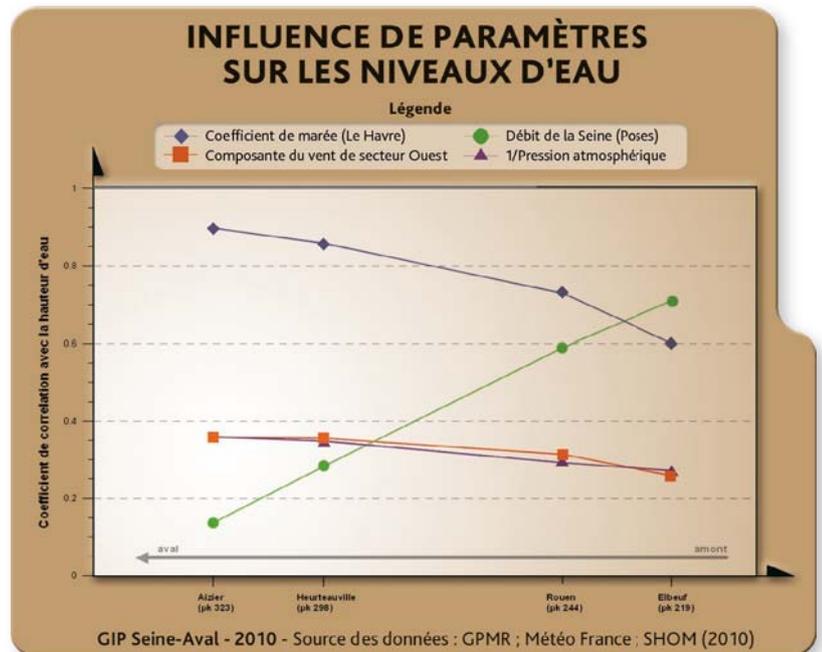


Figure 1 : Relation entre les hauteurs d'eau et les facteurs influents sur quatre secteurs de l'estuaire de la Seine.





Des enjeux forts

Les mesures mises en œuvre pour une bonne gestion du risque inondation étant fonction des enjeux soumis à ce risque, il est important de les connaître et de les spatialiser. Pour les terrains riverains de l'estuaire de la Seine, le risque d'inondation par débordement concerne près de 13 000 hectares (surface dans l'emprise des plus hautes eaux connues [Figure 2]), dont 85% de terrains présentant des enjeux faibles (terres agricoles, friches, zones arborées,...). Les secteurs qui concentrent les enjeux les plus importants pour les biens, les personnes et l'économie (habitat résidentiel, bâtiments industriels, bâtiments agricoles, voies de transport,...) représentent 450 hectares répartis tout au long de l'estuaire, mais sur de plus petits ensembles que les secteurs aux enjeux plus faibles [Figure 3 ; El Abida *et al.*, 2010].

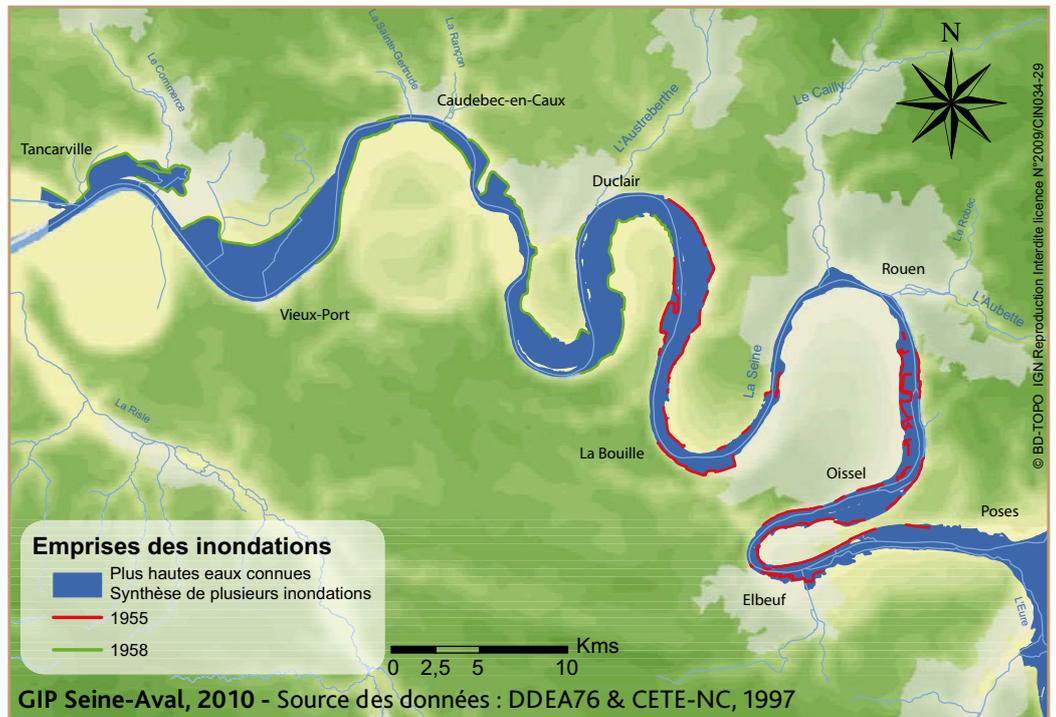


Figure 2 : Emprise des inondations par débordement de la Seine.

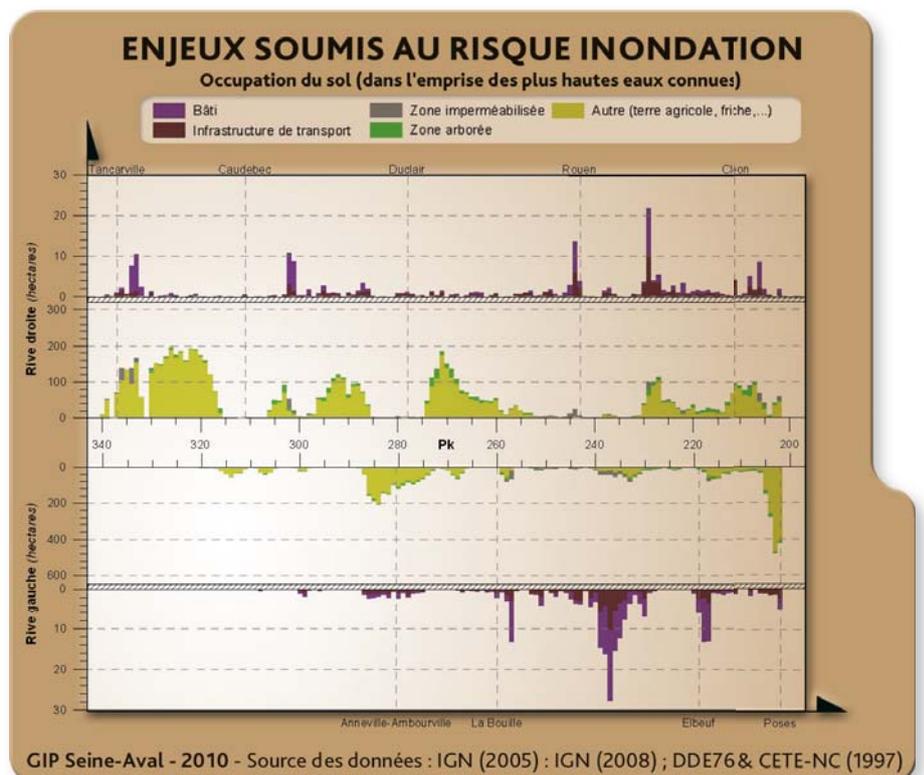


Figure 3 : Répartition des enjeux soumis au risque inondation par débordement de la Seine.

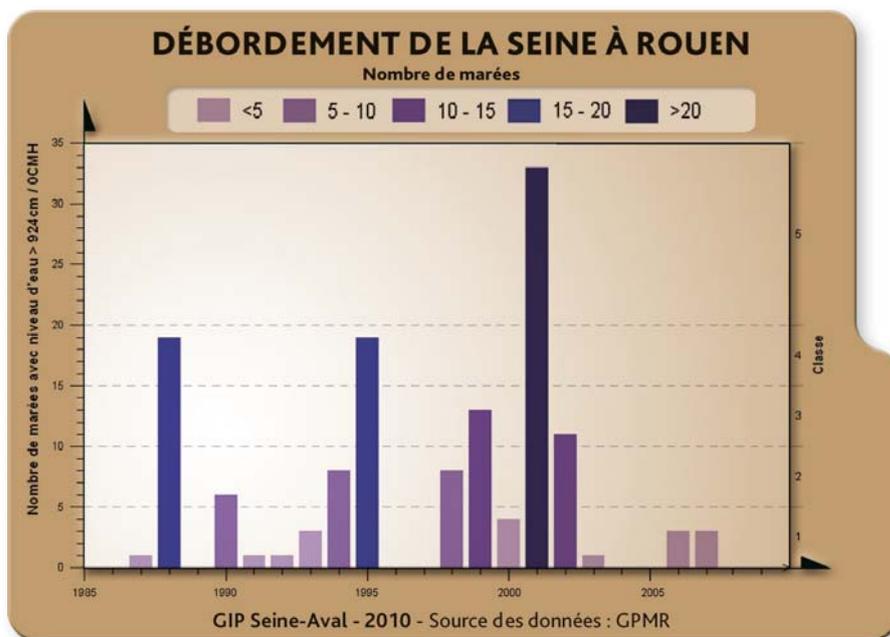


Inondations par débordement dans l'estuaire de la Seine

L'essentiel

De nombreuses communes riveraines de l'estuaire de la Seine sont soumises au risque inondation, qu'il soit lié au ruissellement, à un débordement de cours d'eau, à une submersion marine ou aux remontées de nappe. Selon le type d'inondation et le secteur géographique considéré, les facteurs mis en œuvre sont différents (hydrologie, astronomie, événements météorologiques) et leur anticipation plus ou moins facile. Pour gérer au mieux ce risque inondation, le travail sur la vulnérabilité de l'estuaire doit être renforcé sur différents axes :

- optimiser la prévision du risque en prenant en compte les différents facteurs responsables de l'aléa 'inondation' et en anticipant leur survenue ;
- spatialiser les différents enjeux présents le long de l'estuaire (habitations, industries, bâtiments agricoles,...) à l'échelle la plus fine possible ;
- limiter l'urbanisation et penser les aménagements de prévention du risque (zones d'expansion des crues, infiltration de l'eau dans les secteurs majoritairement imperméables, protection des zones présentant des enjeux forts,...) à l'échelle du système estuarien ;
- améliorer la gestion de crise à partir des retours d'expérience ;
- travailler sur la perception et la représentation du risque inondation par les habitants pour maintenir une culture du risque compatible avec une bonne gestion du territoire.



Indicateur 1 : Débordement de la Seine à Rouen.



Marégraphe de Fatouville (JP Lemoine)

Inondations par débordement dans l'estuaire de la Seine

Sources et méthodes

Figure 1

Les coefficients de corrélation sont calculés entre les principaux facteurs influençant le niveau de la Seine et ce niveau mesuré à pleine mer aux marégraphes d'Aizier (pk 323), d'Heurteauville (pk 298), de Rouen (pk 244) et d'Elbeuf (pk 219). Le coefficient de marée au Havre, le débit de la Seine à Poses, la pression atmosphérique et la composante Ouest du vent au plus près des marégraphes considérés, sont les facteurs pris en compte. Ce calcul a été réalisé sur un jeu de données couvrant la période 1985-2009.

[Source des données : GPMR ; Météo France ; SHOM, 2010]

Figure 2

L'emprise des plus hautes eaux connues suite à un débordement de la Seine est représentée entre Poses et Tancarville. Cette délimitation est issue d'un travail sur les lignes de crue pour des inondations historiques du XX^{ème} siècle (1910, 1955, 1958, 1970, 1982, 1988). Les limites de crues des inondations de 1955 et 1958 (déclenchées par des combinaisons de facteurs différentes) sont également représentées.

[Source des données : DDE76 & CETE-NC, 1997]

Figure 3

L'occupation du sol des zones comprises dans l'emprise des plus hautes eaux connues a été caractérisée à partir des BD TOPO et ORTHO. La typologie retenue permet

de différencier le bâti (résidentiel, tertiaire, agricole, industriel), les infrastructures de transport (route, voie ferrée,...), les surfaces imperméabilisées, les zones arborées, ainsi que les terres agricoles et les zones en friche (catégorie 'autre').

Pour chaque typologie, une mesure de surface (en hectares) a été réalisée puis représentée par point kilométrique, sur la rive droite et la rive gauche de l'estuaire de la Seine, de Poses à Tancarville.

[Source des données : DDE76 & CETE-NC, 1997 ; IGN, 2005 ; IGN, 2008]

Tableau I

Ce tableau regroupe les données hydro-météorologiques qui permettent de décrire les événements avec une hauteur d'eau supérieure à 9.50m (CMH) à Rouen, entre 1985 et 2009.

[Source des données : MEEDDM, banque hydro ; GPMR ; Météo-France ; SHOM, 2010]

Indicateur 1

En considérant un débordement de la Seine (inondation des quais) lorsque la hauteur d'eau mesurée au marégraphe de Rouen dépasse 924cm (/0 CMH), un comptage du nombre de marées, dont le maximum est au-delà de ce seuil, a été réalisé entre 1985 et 2009. Il permet de caractériser la fréquence annuelle des débordements de la Seine à Rouen.

[Source des données : GPMR]

Références Bibliographiques

- Direction Départementale de l'Équipement de Seine-Maritime (DDE76) & Centre d'Études Techniques de l'Équipement Normandie Centre (CETE-NC), 1997. Constitution d'une base de données sur les zones inondables en vallée de Seine.
- El Abida H., Allain S., Bacq N., Chaïb J., Fisson C., Goncalves-Ladiray K., Fritier N., Larchevêque E., Macur O., Tanguy J., 2010. Le risque inondation : conditions de déclenchement et perspectives. Fascicule Seine-Aval, in press.
- Grand Port Maritime de Rouen (GPMR). Données de hauteurs d'eau aux marégraphes.
- Institut Géographique National (IGN), 2008. BD ORTHO. Licence N° 2009/CIN034-29.
- Institut Géographique National (IGN), 2005. BD TOPO. Licence N° 2009/CIN034-29.
- Ministère de l'Écologie de l'Énergie du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM), 2010. Banque Hydro. [en ligne] <http://www.hydro.eaufrance.fr>
- Météo-France. Données de vent et de pression atmosphérique.
- Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), 2010. Prédiction des marées. [en ligne] www.shom.fr

Cette fiche thématique s'intègre dans le système d'observation de l'état de santé de l'estuaire de la Seine.

Elle est éditée par le Groupement d'Intérêt Public Seine-Aval - 12 avenue Aristide Briand - 76000 Rouen
www.seine-aval.fr

Conception, rédaction : GIP Seine-Aval
Président : Nicolas Mayer-Rossignol
Directeur : Loïc Guézennec
Contact : gipsa@seine-aval.fr
Infographie : Quai 24, Le Havre
Crédits photos : GIP Seine-Aval
Tirage : 1000 exemplaires

Le GIP Seine-Aval est financé par :

