



Les mouvements

Les recouvrements et découverts latéraux

Submersibilité latérale dans l'estuaire

Submersibilité latérale dans l'estuaire

Résumé

La submersibilité est la capacité des zones latérales de l'estuaire à être submergées par les eaux du fleuve. Elle dépend de la topographie de la plaine alluviale et de nombreux facteurs : crues fluviales, vents de secteur ouest et humidité du sol la favorisent tandis que la végétation s'oppose à l'expansion des eaux.

Le fleuve déborde à partir de la ligne de rive, fixée à 2,70 m IGN69. Les débordements de plus de 1 mètre sont exceptionnels. Les conditions hydrologiques et météorologiques peuvent se conjuguer pour multiplier par 1,5 le nombre des submersions, comme en 2000-01, et leur confèrent un caractère imprévisible affirmé.

Sur les 8 300 ha de plaine alluviale comprise entre Couëron et Donges, la superficie maximale inondable est de 8 028 ha, 247 ha restant toujours hors d'eau ; la superficie submergée pour un débordement de 0,50 m est de 5 435 ha, soit les 2/3 environ de la superficie submersible.

Sur les trois années étudiées, le fleuve a débordé 512 jours, soit près d'un jour sur deux, mais la surface n'a été recouverte en totalité que 3 jours.

Les eaux sont souvent turbides et saumâtres ; leur rétention et leur stagnation sur des terrains parfois mal drainés, puis leur évaporation, entraînent une salure du sol appréciée par la composition et la répartition de certains groupements végétaux tandis que le dépôt des matières en suspension peut déprécier la qualité des prairies.

L'aménagement spécifique et la gestion particulière des marais sont une réponse partielle à cette contrainte.



Objectif définition

La submersibilité latérale est la faculté du fond de vallée à être recouvert par les eaux de débordement du fleuve. Elle illustre la fonction de vase d'expansion du trop-plein des écoulements superficiels.

Le périmètre étudié s'étend de Couëron-Le Pellerin à Donges-Corsept et couvre une superficie de 8 300 ha.

L'objectif de l'indicateur est d'analyser et de suivre les conditions de submersibilité de la plaine alluviale, ces conditions, avec la salinité associée, étant un des facteurs majeurs de répartition des groupements végétaux.

Les eaux débordent à partir d'une certaine hauteur – crue de plein bord ou *plenissimum flumen* – dont les traces au sol délimitent le domaine public fluvial, y compris dans la partie du fleuve soumise à marée en amont de la limite

de la mer au droit de Saint-Nazaire.

La méthode consiste à comparer l'altitude de la vallée à celle de la Loire en tenant compte des nombreux effets de seuil engendrés par les voies de communication, les anciennes îles ou les dépôts de produits de curage des étiers... L'indicateur se compose, en référence aux hauteurs d'eau enregistrées en position médiane à Cordemais de :

- la fréquence des débordements effective et théorique pendant trois années hydrologiques contrastées : hydraulité forte en 2000-01 (1,55), faible en 2001-02 (0,75) et moyenne en 2002-03 (0,96) ;
- l'extension et de la distribution des surfaces submergées par tranche de débordement de 0,25 m d'épaisseur, à partir de la "ligne de rive" fixée à 2,70 m IGN69 ;

Interprétation

Des modalités de submersion à différentes échelles

L'expansion des submersions dépend du relief et de la hauteur des eaux.

La plaine d'envoyage alluviale est caractérisée par une contrepenne. Les berges et les anciennes îles sont plus élevées que le fond de vallée en pied de coteau, parfois de plus de 2,50 m comme dans les marais de Saint-Etienne-de-Montluc et de Couëron ; les eaux de ruissellement des coteaux restent captives dans ces dépressions. De là, un gradient d'humidité croissant des bords du fleuve vers les dépressions latérales et un type particulier d'aménagement

hydraulique avec collecteurs, étiers et vannages.

La microtopographie intervient également en obligeant l'inondation à contourner les points hauts, rendant les circonstances des débordements parfois délicates à cerner. **Il n'y a donc pas de lien simple entre l'altitude d'un point de la vallée et sa submersibilité, et la topographie ne détermine qu'en partie l'inondabilité. Ainsi, pour une même hauteur d'eau, les superficies effectivement submergées peuvent ne pas correspondre aux superficies submersibles.**

La hauteur des eaux est, dans l'estuaire, régie par de nombreux facteurs :

- le coefficient de marée détermine la hauteur d'eau et la durée de dépassement de la hauteur minimale de débordement. Lors des vives eaux exceptionnelles d'équinoxe (coeff. > 115), le débordement peut durer plus de 4 heures à Cordemais ;
- le débit fluvial, dont l'influence sur le niveau des pleines mers diminue de l'amont vers l'aval, n'induit de surcotes que pendant les crues ; il est sans effet à Saint-Nazaire ;
- le vent de secteurs sud-ouest et ouest, avec les basses pressions barométriques qui l'accompagnent, engendre des surcotes dont l'amplitude diminue vers l'amont. La plus grande surcote jamais enregistrée a atteint 1,80 m lors de la tempête du 1^{er} janvier 1877, les quais de Saint-Nazaire étant à cette occasion sous 0,60 m d'eau !

A ces facteurs généraux, s'ajoutent :

- l'humidité du sol qui favorise ou entrave l'extension latérale des submersions ; sur un sol saturé, les eaux se répandent plus facilement que sur un sol sec qui les "boit" au fur et à mesure de leur progression ;
- et la végétation, suivant qu'elle est dense ou clairsemée, haute ou basse, qui s'oppose plus ou moins à la progression des eaux.

En conséquence, la relation entre hauteurs de débordement et superficies submergées ne saurait répondre à une loi générale.

Des submersions imprévisibles

L'amplitude des débordements durant les trois années hydrologiques étudiées est de 1 m, comprise entre 2,70 et 3,70 m. Au-delà, les débordements ont été exceptionnels et n'ont eu lieu qu'à trois occasions :

- les 10 et 11 mars 2001, 1,01 m par coefficient de 114 et petite crue (2 100 m³/s),
- le 17 octobre 2001, 1,02 m par coefficient de 112 et faible débit (440 m³/s).

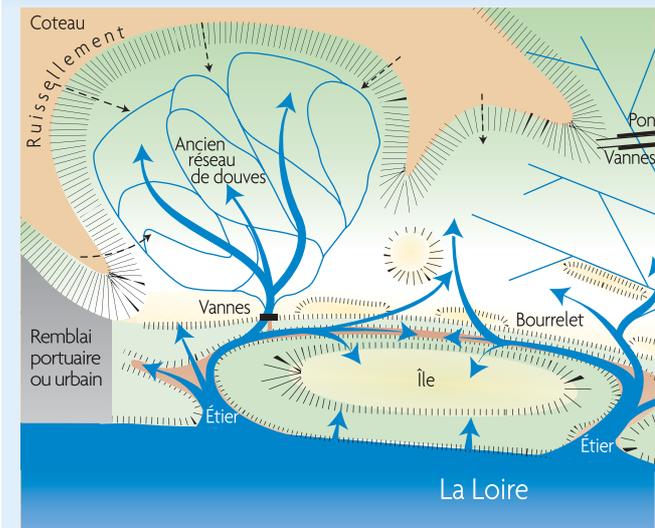
Vent et débit du fleuve se combinent pour augmenter très sensiblement le nombre de débordements et leur distribution selon l'amplitude.

CARTE L1 D1-1



FIGURE L1 D1-1

Modalités d'expansion des eaux c



Ainsi, la différence entre le nombre théorique de marées dépassant 2,70 m (5,86 m CM) à Cordemais prévu par l'annuaire des marées et le nombre effectif constaté au marégraphe atteint 98

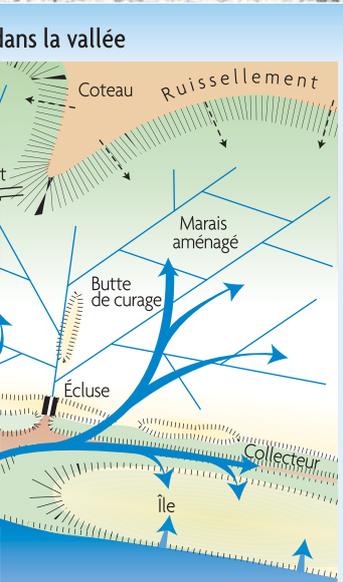
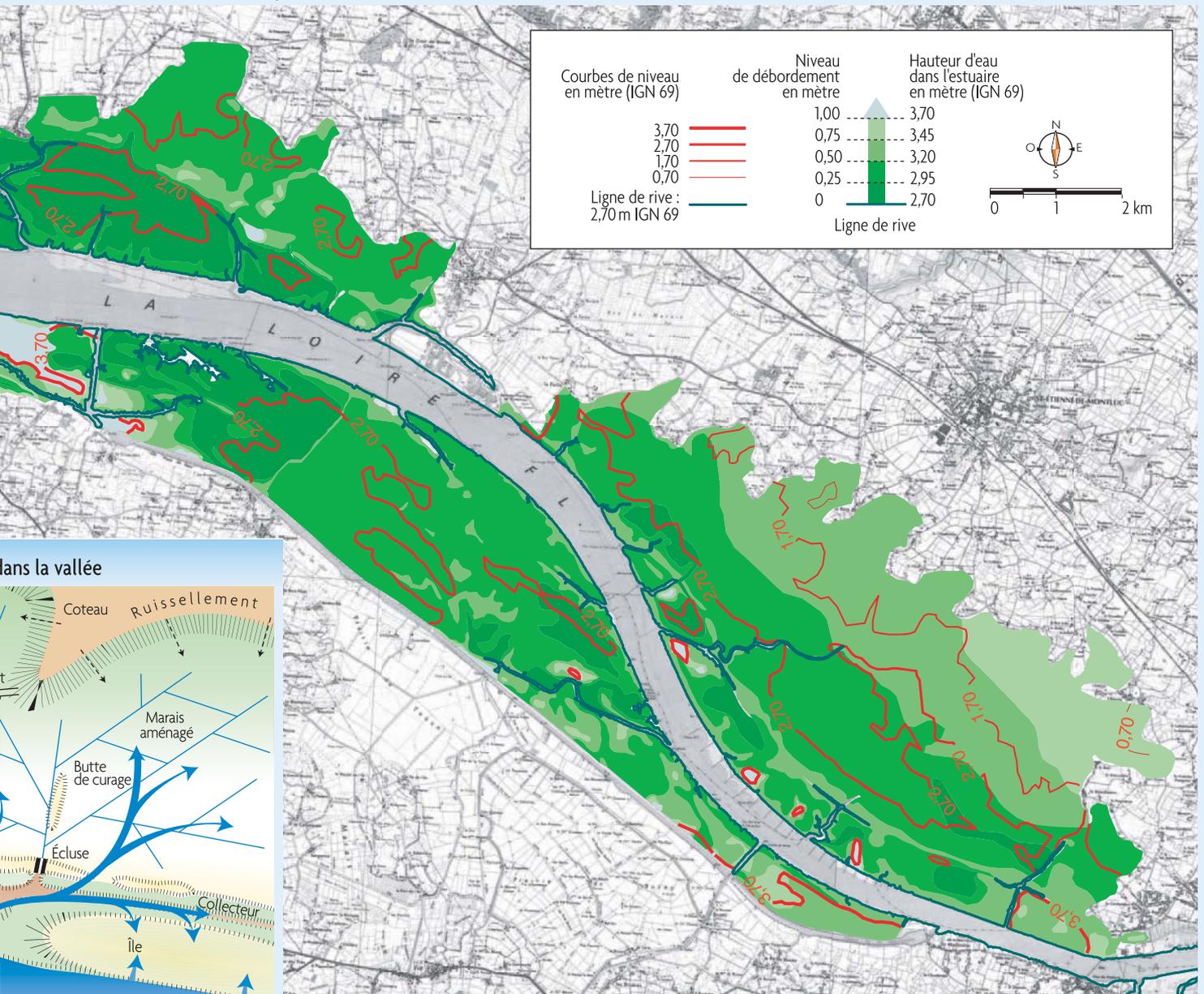
TABLEAU L1 D1-1

Nombre et distribution théoriques et effectifs des débordements par année hydrologique

débordement	Années hydrologiques					
	2000-01		2001-02		2002-03	
	nombre théorique	distribution effective	nombre théorique	distribution effective	nombre théorique	distribution effective
- 1,00 m		2		1		
- 0,75 m	1	34	3	19	2	25
- 0,50 m	22	93	24	50	30	72
- 0,25 m	87	86	52	80	70	91
- 0,00 m	108	101	138	116	127	101
total	218	316	217	266	229	289

Sources : PANSN/GIP Loire Estuaire

Limites de la submersion pour différentes hauteurs de débordement



Source : GIP Loire Estuaire

en 2000-01, année de forts débits fluviaux et de fréquentes grandes marées ; durant les deux années suivantes, les conditions hydrologiques moins prononcées entraînent 49 et 60 débordements supplémentaires par rapport aux nombres théoriques.

La ligne de rive à Cordemais est théoriquement atteinte par des marées dont le coefficient varie de 76 à 88 ; sur ces trois années, le plus faible coefficient de marée ayant entraîné un débordement est de 53 le 2 novembre 2000, par débit moyen de 810 m³/s mais vent de 72 km/h, induisant une surcote de 0,76 m ; ce qui illustre **le caractère éminemment imprévisible des submersions**.

La distribution des débordements est généralement décroissante : les débordements compris entre 0,01 m et 0,25 m sont les plus fréquents, phénomène à l'origine de la formation du bourrelet de rive par dépôt de matières en suspension.

Cependant en 2000-01, la durée des crues (débits supérieurs à 2 000 m³/s pendant 88 jours de novembre à mai), le nombre élevé de grandes marées (114 marées de vive eau) et les coups de vent (3 supérieurs à 100 km/h) se traduisent par 4 fois plus de débordements de plus de 0,51 m au détriment de ceux de plus faible ampleur.

En 2001-02 et 2002-03, années aux caractéristiques hydrologiques et météorologiques moins excessives, la décroissance de la distribution est conservée ; là, c'est le nombre de débordements compris entre 0,01 et 0,25 m qui est moins élevé au bénéfice des débordements supérieurs.

Surfaces submersibles et/ou submergées

Suivant l'amplitude des débordements, les eaux se répandent plus ou moins sur les marais latéraux. Les surfaces (247 ha) situées au-dessus de 3,70 m apparaissent comme hors d'eau. Hormis la butte granitique et habitée de Rohars, ces points hauts sont liés à l'aménagement de l'estuaire : anciens dépôts en rive des sables issus des dragages du chenal, remblais à vocation industrielle (Donges Est et le Carnet) et reliquats de déblai du canal latéral.

La superficie totale soumise aux submersions est de 8 028 ha.

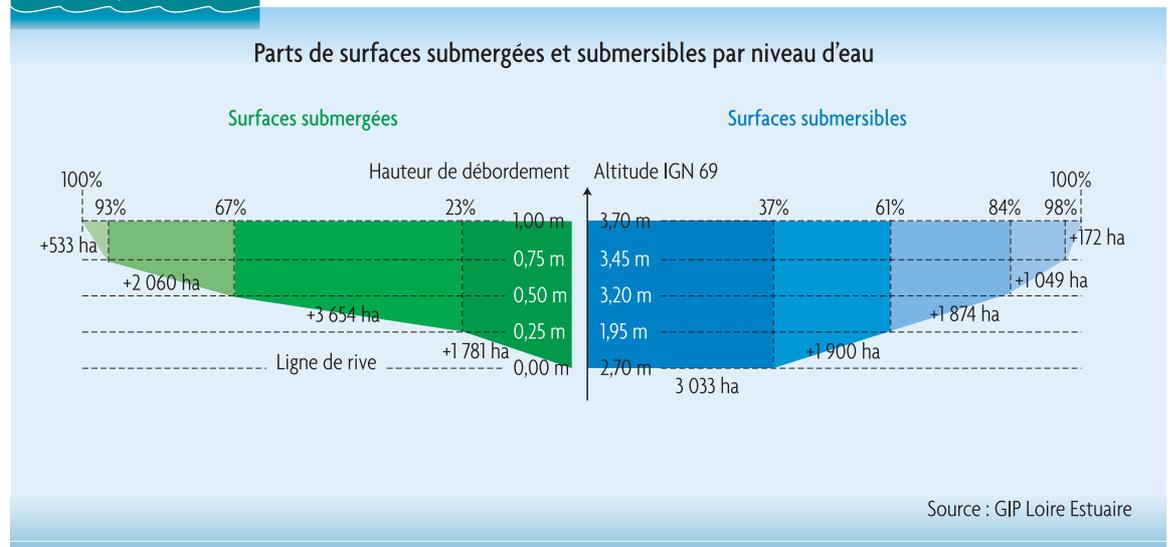
Géographiquement, la répartition des surfaces

submergées met en évidence le rôle des étiers qui sont les voies privilégiées de l'expansion des eaux.

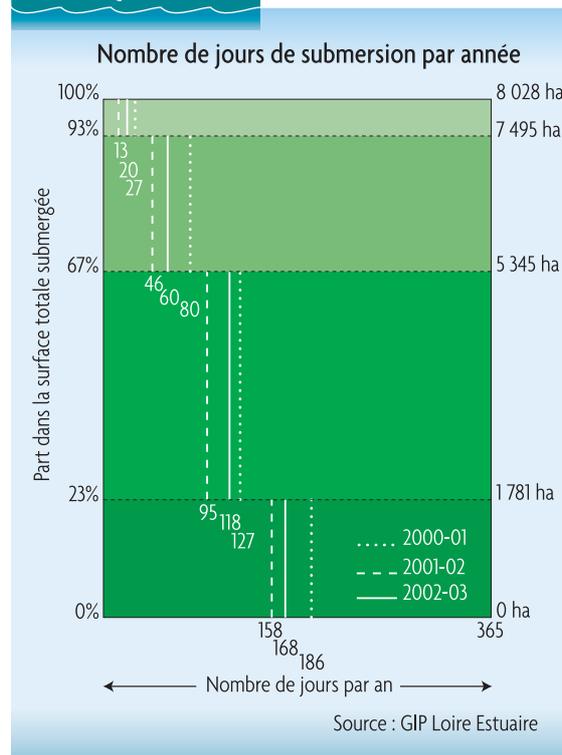
La surface totale n'a été submergée que 3 jours alors que les débordements ont eu lieu pendant 512 jours, soit un peu moins d'un jour sur deux.

Le gain de superficie recouverte ne varie pas de façon régulière avec l'ampleur du débordement. Alors qu'un débordement de 0,25 m provoque la submersion de 23% de la surface submersible, 44% supplémentaires en sont submergés par débordement de 0,50 m et encore 26% par débordement de 0,75 m.

GRAPHIQUE L1 D1-1



GRAPHIQUE L1 D1-2



Entre Donges et Lavau, en l'absence de bourrelet de rive, le gain de surface recouverte est proportionnel aux hauteurs de submersion. Ailleurs, la variation n'est pas linéaire, les eaux devant se frayer une voie entre les obstacles à leur expansion (buttes de curage des canaux, routes...).

Plus des 2/3 de la surface de zones humides latérales ont été submergés au cours de 80 jours en 2000-01, 46 jours en 2001-02 et 60 jours en 2002-03. Les mois de mai, juin, juillet et août sont les moins propices aux submersions, en amplitude et en occurrence, d'où la nécessité des "envois d'eau" sur les marais depuis la Loire. Par contre, les grandes submersions de l'automne et de l'hiver, qui recouvrent une grande part de la vallée, alliées aux eaux de ruissellement des coteaux, rendent nécessaires les "vidanges" des marais vers le fleuve.

Salure des eaux et sursalure des sols

La répartition longitudinale de la salinité des eaux de surfaces, celles qui débordent, est dans l'estuaire très sensible aux conditions hydrologiques. A Cordemais, elle a atteint pour un débit d'étiage de 280 m³/s en octobre 1995, 17 g/l lors d'une marée de grande vive eau (coeff. 104/102).

De telles concentrations, il est vrai vite atténuées par l'augmentation du débit fluvial, obligent les éleveurs à une vigilance accrue pour l'abreuvement des animaux. L'ingestion d'eau salée peut provoquer une intoxication aiguë (au-dessus de 3,6 g/l de sel) conduisant à la formation d'un œdème cérébral dont l'issue est fatale, ou avoir des effets insidieux (entérite...) pour des salinités inférieures. Ces situations demeurent toutefois exceptionnelles.

En plus du sel, les eaux sont souvent chargées en matières en suspension (2,4 g/l le 17 décembre 2001 à Cordemais par exemple) qui se déposent en certains endroits abrités. De tels dépôts, s'ils enrichissent le milieu en sels minéraux, peuvent s'avérer négatifs quand ils étouffent l'herbe des prairies jusqu'à empêcher sa repousse printanière.

Plus souvent, les eaux qui stagnent dans les dépressions une fois la marée retirée s'évaporent sous l'action du vent et se concentrent en sel au point d'en marquer la composition des groupements végétaux.

CARTE LI D1-2

Répartition de la salinité d'après la composition de la couverture végétale



En aval de Lavau, se trouvent de véritables prés salés à pucinielle, fétuque, triglochin, plantain maritime... et sur les vases récentes de la trouée de la Maréchale, des plantes pionnières comme la salicorne et la spartine maritime, habituelles

des estrans littoraux. Plus en amont et éloignés du fleuve, dans les prairies humides de Couëron et de Saint-Etienne-de-Montluc, le trèfle de Michaeli et le trèfle maritime, classiques des marais saumâtres littoraux, sont encore communs.

Sources & Méthodes

Les hauteurs d'eau au marégraphe de Cordemais sont fournies par le Port Autonome de Nantes – Saint-Nazaire. La topographie des zones submersibles, depuis les rives du fleuve jusqu'au pied des coteaux, est obtenue grâce à un modèle numérique de terrain fait du recollage des levés de scannographie laser aéroportée effectués en 2002 par le GIP Loire Estuaire et des données de la BD Alti de l'IGN.

Les références théoriques sont extraites de l'annuaire des marées.

La méthode consiste à projeter sur la topographie des plans horizontaux séparés de 0,25 m entre les altitudes 2,70 et 3,70 m, et à calculer les superficies comprises entre les courbes de niveau ainsi déterminées, puis corrigées pour tenir compte des effets de seuil.

Par ailleurs, des témoignages recueillis auprès des exploitants agricoles de la vallée ont permis de nuancer les résultats de l'analyse statistique.