



Déplacement des interactions entre couvert végétal et sédimentation-érosion dans une zone humide tidale, après modifications par endiguement et fixation haute du niveau d'étiage (Grand-Lieu, Loire-Atlantique, France)

**Jean Jacques GUILLOU¹, Stefano COTTINI², Yann DELANOË¹,
Zhiqiang LIAO², Martin SANCHEZ²**

1. Centre Français du Littoral, 1 quai de la Fosse, 44000 Nantes,
jeanjguillou@orange.fr
2. Université de Nantes, UFR Sciences et Techniques, UMR 6112 CNRS - LPG,
2 rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 Nantes, France.
martin.sanchez@univ-nantes.fr

Résumé :

À Grand-Lieu, une cuvette lacustre et palustre en marge de l'estuaire de la Loire, le couvert végétal et la sédimentation sont interdépendants. Ils sont à leur tour contrôlés par les conditions hydrologiques : à l'origine les niveaux oscillaient sous l'effet cumulé des marées, des étiages et des crues. Puis des aménagements ont coupé les communications aval et en 1963 un vannage a fixé l'étiage en position haute. Cette montée de niveau a entraîné la mort du couvert végétal protecteur du pourtour palustre (phragmitaie). En conséquence cette marge est soumise à une érosion intense au profit des eaux ouvertes.

Mots-clé :

Endiguement – Erosion – Zone humide – Etiage – Gytija – Lacustre – Marginal-littoral – Palustre – Phragmites

Abstract:

Grand-Lieu is a wetland formed by a basin lake and marsh near the estuary of the Loire, its vegetation and sedimentation are interdependent. They are in turn controlled by hydrological conditions: the historical source levels varied under the cumulative effects of tides, low flows and floods. The downstream communications have been cut and, in 1963, water gates were installed, the low flow level was then set in a high position. This rise of the water level caused the death of the protective reed-beds of the marsh. The margin of the lake is therefore subject to intense erosion in profit of the open water.

Keywords:

Containment – Erosion – Wetland – Low water – Gytija – Lacustrine – Marginal-coastal – Paludal – Phragmites

1. Le cadre

Grand-Lieu est une zone humide constituée de marais et de prairies inondables cernant un espace très peu profond d'eau libre. Située dans les terres à 15km à l'WNW de l'estuaire de la Loire, le niveau moyen y est inférieur à celui des hautes mers et la marée dynamique y pénètre avant les nombreux aménagements des derniers siècles.

L'intense surcreusement quaternaire a profondément incisé le socle (OTTMANN *et al.*, 1968 ; TERS *et al.*, 1968) : la Loire coulait à -51 m NGF à Mindin. Au nord de Vue, le confluent Loire-Bas-Tenu, rivière issue de la réunion des affluents de Grand-Lieu, Boulogne, Ognon et Haut-Tenu, se trouvait aux alentours de -40 m NGF. Enfin le paléo-thalweg était à -17 m NGF sous la partie aval du lac actuel (TERS, 1972).

Ces paléovallées ont été ennoyées par la transgression post-glaciaire et rapidement remblayées. La dernière montée importante du niveau marin s'est faite vers l'an 400 de notre ère. Les eaux ont alors envahi la cuvette de Grand-Lieu et ses tributaires. Cependant les altitudes restent modestes :

- à 40 km de l'estuaire le lit majeur du Haut-Tenu est à 2 m NGF (cf. le niveau des pleines mers de coefficient 80).
- à Grand-Lieu, les prairies inondables de Saint-Mars et Saint-Lumine, ne cotent qu'à 1m NGF.

2. Les aménagements depuis le XVIII^e siècle

Les aménagements successifs ont eu un impact décisif sur le milieu. En effet l'espace naturel subissait à l'origine des fluctuations incessantes de niveau. Elles se cumulaient ou se compensaient selon le jeu conjugué des marées, des étiages et des crues de la Loire et de ses tributaires.

Les conflits d'intérêt entre les différents utilisateurs de l'espace sont connus depuis le Moyen-Age (BOURRIGAUD, 2003). Ainsi les inondations répétitives qui affectaient gravement l'ensemble de la zone humide firent qu'au XVIII^e la basse vallée du Tenu fut recreusée en aval de Grand-Lieu et l'exutoire naturel remplacé par l'Acheneau (c'est-à-dire "le canal" en dialecte), puis plus en aval par le fossé de Buzay qui fait jonction avec la Loire.

Dans les années 1850 on édifia les chaussées de Bouaye-Saint-Mars qui divisent Grand-Lieu en deux parties très inégales (figure 1).

- (1) situé à une altitude de 2 m NGF, le secteur aval est à sec en période estivale.
- (2) l'amont plus profond correspond à l'essentiel de la zone humide actuelle.

Au tournant du XIX^e le creusement du canal latéral à la Loire a affecté les niveaux de Grand-Lieu en les abaissant pendant quelques années (1881-1892), en particulier en étiage.

En 1963, l'établissement du vannage de Bouaye a permis de soutenir les niveaux d'eau de la partie amont endiguée. Le domaine lacustre originel est maintenant une retenue coupée de l'estuaire et aux niveaux strictement contrôlés : en toute rigueur un

limnologue classerait l'actuel Grand-Lieu amont dans la catégorie des étangs (DUSSART, 1992). Un nouvel exutoire est ouvert à la même époque, le canal Guerlain (figure 1). Il s'élargit rapidement, supplante le canal de l'Etier en exportant 80% des eaux et réorganise les transits et départs des matériaux solides.

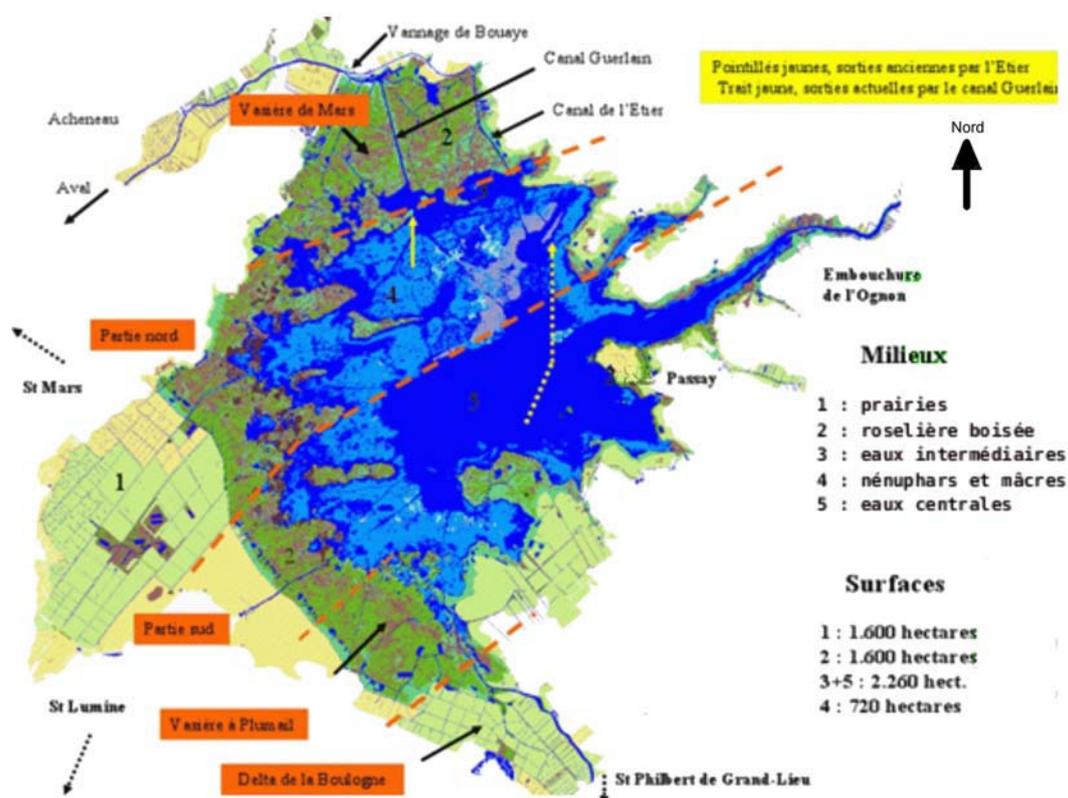


Figure 1. Le lac de Grand-Lieu distribution et superficies des différents milieux d'après document SNPN.

3. La distribution des milieux et leur dynamique

Dans les conditions présentes, cinq milieux principaux s'observent dans la partie amont endiguée de Grand-Lieu (figure 1). Ce sont, en allant du NW (Saint-Mars et Saint-Lumine) vers le SE (Passay) :

- Les prairies inondables (1) situées à une altitude de 1m NGF. Fauchés et/ou pâturés en été (DUPONT, 2003), ces herbages se recouvrent d'eau en hiver.
- La roselière boisée (2), à substrat tourbeux *s.l.*, où le couvert d'hélophytes (*roseaux s.l.*) se mêle de saules et d'aulnes. Le lacis des racines et rhizomes y forme un entrelacs serré. En période de crue, une partie de cette roselière suit la montée des eaux en formant des îles flottantes ou "levis". Ailleurs la végétation basse du marais s'ennoie sous l'inondation (GADECEAU, 1909).

Deux situations s'opposent au cours de l'étiage estival :

Thème 2 – Dynamique sédimentaire et transports des particules

- (a) la roselière est déprimée et l'eau y affleure. On constate alors que les phragmites s'étiolent, s'asphyxient puis pourrissent car l'aération saisonnière de leur substrat n'a plus lieu.
- (b) la roselière se situe plus en hauteur. Elle est alors recouverte d'une végétation herbacée florissante qui s'interrompt brusquement vers le bas en un surplomb où le sol nu apparaît. Ce type de limite tranchée est le plus fréquent.

Trois phénomènes destructeurs affectent donc la roselière boisée. Ils dépendent du niveau de l'eau et de son agitation (GUILLOU, 2009) :

- (α) dans les conditions actuelles d'étiage, la décomposition des parties les plus basses de la roselière fait descendre la surface du marais de quelques 50 cm ;
- (β) en niveaux d'eau intermédiaires et par grand vent, le clapot attaque activement le talus qui limite la roselière du côté du lac ;
- (γ) en hautes eaux et par tempête, les levis mal fixés s'en vont à la dérive.
- Les eaux libres intermédiaires (3). Elles entourent les formations palustres de la roselière boisée d'un liseré quasi-continu, mais de largeur variable (ADAM, 1992). Leur limite avec la roselière boisée est très irrégulière, à l'opposé d'une côte régularisée.

Dépourvue de végétation, cette ceinture ne s'intègre pas dans le continuum classique des formations végétales aquatiques qui se développe des milieux terrestres au domaine lacustre. Il s'agit donc d'un vide anormal. L'absence de toute végétation vivante contraste avec la présence de souches de saules et d'aulnes morts, reliques du marais isolées en pleine eau, parfois à des dizaines de mètres de la roselière boisée.

Le domaine des eaux libres intermédiaires est apparu en marge de la roselière boisée après la mise en place du vannage de Bouaye (ADAM, 1992). Il s'est ensuite étendu en mordant continuellement sur ce milieu grâce aux trois mécanismes signalés plus haut, (α) asphyxie des phragmites, (β) érosion latérale et (γ) départ de levis, sans qu'un arrêt de cette expansion soit prévisible.

- L'herbier flottant (nénuphars) (4). C'est le domaine des végétaux flottants émergents. Il est largement dominé par les nénuphars blancs et jaunes. A la belle saison cette couverture végétale s'oppose à l'effet du vent sur la surface des eaux. En son absence, l'agitation des eaux a la même intensité qu'en eau ouverte.

- Les eaux libres centrales (5), à rare végétation immergée. Au NW leur substrat est formé de vases récentes à actuelles, mais au SE il s'agit d'affleurements arénacés et détritiques grossiers tertiaires signalés depuis le XVIIIème. Les plus grandes profondeurs du lac s'y trouvent dans des fosses allongées selon l'embouchure de l'Ognon, probablement issues de sa paléovallée. Les reliefs y supportent des peuplements en anneaux de scirpes et de phragmites. Ces végétaux s'enracinent ici en pleine eau à la faveur de ce substrat grossier baigné par la nappe phréatique des bassins de la Boulogne et de l'Ognon (MARTIN *et al.*, 2007), ce qui pallie l'asphyxie de leur système racinaire. Ces circonstances ont ainsi permis le maintien local de ces

peuplements-reliques, témoin d'une époque où les grands assècs estivaux permettaient la colonisation ponctuelle du domaine lacustre par ces plantes.

- En poursuivant vers le littoral SE, on retrouve ces ceintures dans l'ordre inverse, (4) à (1), mais elles y sont très condensées et des éléments y manquent de place en place...

4. Un découpage complémentaire transversal SW-NE à WSW-ENE (Fig. 1)

L'organisation de la zone humide ne se résume pas à celle de ses zones de végétation. On peut ainsi distinguer aux extrémités sud et nord des unités palustres de faible superficie, plus ou moins abritées. A son tour la partie médiane est divisée par une limite WSW-ENE, bien repérable depuis 1945, laissant les eaux libres au sud.

5. La nature des sédiments lacustres, leurs remaniements et leur exportation.

Quittées les tourbes du marais, il s'agit dans les domaines (4) et (5) d'une gyttja, dépôt lacustre typique (COTTINI, 2007 ; GUILLOU, 2009). Elle est essentiellement formée de pelotes fécales. Les fermentations s'ajoutant, les teneurs en matière organique restent dans la norme de ces sédiments (CEMAGREF LYON, 1991 ; GUILLOU, 2004 ; GUILLOU, 2007), oscillant au plus entre 20 et 25% de perte au feu. Ces valeurs diminuent avec la profondeur et augmentent du SE au NW, là où la gyttja se mêle aux débris végétaux et aux tourbes de la roselière. A l'inverse la composante terrigène augmente aux embouchures des affluents, Boulogne et Ognon.

Il faut souligner qu'une contribution anormalement importante des nénuphars de l'herbier flottant, à la formation de la matière organique reste entièrement à démontrer :

- il n'y a pas d'augmentation sensible des teneurs en MO en passant des eaux libres centrales à l'herbier flottant ;
- si la matière organique provenant des tiges d'hélophytes est relativement résistante, celle issue des feuilles de nénuphars est rapidement décomposée, donc recyclée (GODSHALK & WETZEL, 1978).

Ces sédiments lacustres sont soulevés et remaniés par le ressac, en particulier en basses eaux (LIAO, 2006). Cependant cet effet est amorti en période végétative dans la zone (4), bien qu'alors relayé par les bioturbations. Enfin l'exportation de ces matériaux hors de la cuvette lacustre s'effectue le vannage ouvert, si le milieu reste agité en basses eaux (LIAO, 2006). Trois composants y transitent :

- en surface des radeaux formés de débris organiques variés ;
- des argiles en suspension ;
- au niveau du fond des éléments de la gyttja, en particulier des pelotes.

Des relevés bathymétriques réalisés par la SNPN (Société Nationale de Protection de la Nature) en 1997-98, 2000 et 2006 (BORET, 2006) montrent que le volume du lac est stable mais que les fosses du SE ont tendance à se combler ainsi que la gouttière qui les raccorde au canal de l'Etier, c'est-à-dire l'ancien itinéraire probable des sédiments sortants.

Thème 2 – Dynamique sédimentaire et transports des particules

Le volume piégé dans ces fosses correspondrait à la quantité érodée de la marge NW de la roselière boisée (sans envisager de foisonnement érosif), mais cette marge est surtout formée de tourbes. On devrait donc les retrouver dans les fosses en admettant qu'elles y glissent. Or, il y a diminution progressive de la MO vers le SE et à cet endroit ce sont des gyttjas terrigènes à 80%. L'apport des tourbes serait donc au final insignifiant. On peut aussi rechercher le comblement des fosses dans des remaniements locaux qui s'y piégeraient. En effet le canal Guerlain NW s'est substitué progressivement au canal de l'Etier, qui n'assure plus maintenant que 20% des sorties d'eau. On peut donc supposer que le chapelet de sillons allant de la Boulogne à l'Etier a maintenant perdu le rôle d'exportateur qu'il a joué, les affleurements tertiaires s'ensaisant superficiellement.

6. Synthèse

Avant l'installation du vannage de Bouaye en 1963 les formations végétales se suivaient en continu du domaine terrestre aux eaux libres. A l'endroit des domaines actuels (3) et (4) il s'agissait d'un enchevêtrement de nénuphars et autres plantes flottantes et de roseaux *s.l.* (GADECEAU, 1909).

De 1945 au début des années 70, le couvert végétal montrait des signes d'extension vers les eaux libres (domaine 5). Mais en 1973, P. MARION et L. MARION (1992) constatent un basculement de la dynamique végétale, phénomène qui suit donc la mise en place du vannage de Bouaye avec un retard de l'ordre de la décennie.

L'attention se porte en conséquence sur l'effet de la fixation de la hauteur d'étiage estival liée à ce vannage. Elle entraîne la remontée du front d'anoxie, donc l'asphyxie des rhizomes des phragmites implantés au plus bas sur les fonds vaseux. Or, lorsqu'ils existent, les couverts de phragmites ont un rôle déterminant dans la morphologie des petits fonds en milieu doux et saumâtre (BOUTEILLER, 1979). Leur appareil souterrain forme un entrelacs dense et résistant, surmonté de hautes tiges qui absorbent l'énergie du vent et du clapot. Le littoral est ainsi à l'abri de l'érosion, tandis que les particules fines se piègent dans ce tapis en le rehaussant. Au cours de la mauvaise saison, les rhizomes survivent et les tiges mortes résistent longtemps à la destruction. Il y a donc, (a) protection contre les érosions latérales ; et (b) contre les affouillements profonds ; avec (c) surélévation du fond par croissance de la matre des rhizomes ; et (d) exhaussement continu par la fixation des fines. Il est également possible que la phragmitaie s'étende latéralement, (e) en colmatant des fonds antérieurement trop profonds, ou (f) par multiplication végétative au-dessus du fond.

La dynamique inverse s'observe les mattes une fois disparues. La profondeur augmente brutalement et les fines piégées se libèrent. Les vases et les tourbes du substrat sont mises à découvert et les érosions latérales et profondes se déclenchent, prévenant la recolonisation végétale. La destruction de la marge palustre se poursuit jusqu'à l'atteinte d'un nouveau profil d'équilibre.

Dans le cas de Grand-Lieu on observe ainsi :

- (a) la mort des phragmites implantés sur les fonds vaseux devenus anoxiques. En conséquence le couvert protecteur disparaît et le niveau du fond descend ;
- (b) l'érosion de la roselière boisée va suivre, avec la création d'un ressaut sur sa marge et la progression simultanée des eaux libres intermédiaires ;
- (c) le tout est complété par le déplacement des levis lors des tempêtes.
- (d) la remise en mouvement des sédiments par le clapot, d'autant plus efficace que les eaux sont basses.

Le premier ensemble de phénomènes s'effectue en étiage ; le second, lié au clapot, est plus efficace à des niveaux intermédiaires, le troisième joue en crue et par grands vents. Le domaine des eaux libres intermédiaires s'étend ainsi au dépend de la roselière boisée. Ces déséquilibres ont été aggravés par le creusement du canal Guerlain dans les années 60. Il évacue actuellement 80% des eaux du lac. Il favorise la sortie des matériaux de la roselière boisée et des fonds proches dans tout ce secteur NW, déjà affecté par les extractions des années 90, ce qui accentue en contre-coup les désordres latéraux. Cette action est illustrée par la progression des eaux intermédiaires du nord vers le sud. Dans le même temps les capacités d'exportation du canal de l'étier se sont effondrées, devenant incapables de pallier le comblement progressif des fosses du SE.

7. Conclusion

Hérité des conditions antérieures, le couvert végétal ne supporte pas les niveaux d'étiages artificiels actuels, trop élevés. La phragmitaie dépérit donc en étiage. L'érosion attaque en conséquence les rives dégagées et en crue, des levis s'en vont à la dérive. Ces dynamiques cumulées iront vers un nouvel équilibre laissant peu de place aux roselières. L'abaissement des niveaux d'étiages est donc la clé du problème. L'impact du canal Guerlain est également négatif. Il conviendrait donc de le limiter en favorisant le canal de l'Étier. A l'inverse, la remontée de l'étiage accélérerait dramatiquement le dépérissement de la végétation, donc de sites de nidifications d'espèces protégées.

8. Références bibliographiques

ADAM G. (1992). *Evolution des milieux géographiques du lac de Grand-Lieu. Typologie, analyse cartographique*. Mémoire Maîtrise, Université de Pau et des pays de l'Adour, 102 p.

BORET P. (2006). *Bathymétrie de la zone centrale du lac de Grand-Lieu*. Document SNPN, Réserve naturelle du lac de Grand-Lieu, 65 p.

BOURRIGAUD R. (2003). *Conflits et gestion de l'eau dans le bassin de Grand-Lieu, du Moyen-Age à nos jours*. Programme de recherche CNRS : Gouvernance de l'eau sur le Bassin versant du lac de Grand-Lieu, Rapport intermédiaire, partie historique, 65 p.

BOUTEILLER P. (1979). *Le rôle des roselières dans l'estuaire de la Loire*. Thèse, Université de Nantes (19 déc. 1979), 136 p.

Thème 2 – Dynamique sédimentaire et transports des particules

- CEMAGREF LYON (1991). *Lac de Grand-Lieu, étude sédimentologique*. 62 p.
- COTTINI S. (2007). *Etude sédimentologique du lac de Grand-Lieu*. Mastère de Géographie, Université de Gênes, Italie, 140 p.
- DUPONT P. (2003). *L'évolution de la flore et de la végétation du lac de Grand-Lieu et de ses ceintures. Situation actuelle. Problèmes de conservation et de gestion*. Bull. Soc. Bot. Centre-ouest, Nlle sér., 34, pp 3-64.
- DUSSARD B. (1992). *Limnologie*. Masson, Paris. 382 p.
- GADECEAU E. (1909). *Le lac de Grand-Lieu. Monographie phytogéographique*. A. Dugas et Cie, Nantes, 156 p.
- GODSHALK G.L., WETZEL R.G. (1978). *Decomposition of aquatic angiosperms*. (I) *Dissolved components* & (II) *Particulate components*. Aquatic Botany. 5, (I) pp 281-300 & (2) pp 301-327.
- GUILLOU J.J. (2004). *Analyses de l'échantillonnage du 03/12/2004 des sédiments de Grand-Lieu*. Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique, Faculté des Sciences et Techniques de l'université de Nantes, 4 p.
- GUILLOU J.J. (2007). *Analyses de l'échantillonnage du 15/10/2007 des sédiments de Grand-Lieu*. Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique, Faculté des Sciences et Techniques de l'université de Nantes, 2 p.
- GUILLOU J.J. (2009). *L'avenir du lac de Grand-Lieu. Implication sur l'avifaune nicheuse*. Conférence sur Grand-Lieu, le 5 mai 2009 au Muséum de Nantes. Feuillet mensuel SSNOF.
- LIAO Z. (2006). *Etat hydro-sédimentaire du lac de Grand-Lieu. Approche expérimentale*. Mastère de Recherche en Génie Côtier, Université de Nantes. 44 p.
- MARION P., MARION L. (1992). *Etude des causes d'envasement du lac de Grand-lieu. Lot 3. Cartographie végétale : évolution de la répartition des macrophytes de la cuvette du lac de 1945 à 1991*. SESLG. Laboratoire d'Évolution des Systèmes Naturels et Modifiés, Université de Rennes, 70 p.
- MARTIN J.-C., ROUXEL E. -avec la collaboration de LERECULEY A.- (2007). *Le bassin versant de Grand-Lieu. Synthèse des études BRGM et bilan volumique*. BRGM/RP-55463-FR, mars 2007, (document public), 42 p.
- OTTMANN F., ALIX Y., LIMASSET J.-C. (1968). *Sur le lit ancien de la Loire, dans son cours inférieur*. Bull. BRGM (2), 1, 2, pp 27-56.
- TERS M. (1972). *Notice de la feuille St-Philbert-de-Grand-Lieu n° XII-24*. Carte Géologique de la France à 1/50.000, Ministère de l'Industrie, BRGM, Orléans, 79 p.
- TERS M., PLANCHAIS N., AZEMA C. (1968). *L'évolution de la basse vallée de la Loire à l'aval de Nantes à la fin du Würm et pendant la transgression flandrienne*. Bull. Assoc. fr. Quatern, 3, pp 217-246. doi:10.3406/quate.1968.1087
- Autres sources : sites Géoportail et Google Earth, carte IGN au 1/25.000ème n° 1224 O. de 1964 (réédition en 1986), et révision de 2000.