

Évolution des méthodes de caractérisation des aléas littoraux

Céline Perherin, Amélie Roche

▶ **To cite this version:**

Céline Perherin, Amélie Roche. Évolution des méthodes de caractérisation des aléas littoraux. XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Jun 2010, Les Sables d'Olonne, France. pp.609 - 616, 10.5150/jngcgc.2010.071-P . hal-01517197

HAL Id: hal-01517197
https://hal.science/hal-01517197

Submitted on 2 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

XI[èmes] Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil
Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010
DOI:10.5150/jngcgc.2010.071-P *© Editions Paralia CFL*
disponible en ligne – http://www.paralia.fr – available online

Évolution des méthodes de caractérisation des aléas littoraux

Céline PERHERIN [1], Amélie ROCHE [1]

1. Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales, DELCE, DHSM,
BP 5, 29 280 Plouzané, France.
Celine.Perherin@developpement-durable.gouv.fr
Amelie.Roche@developpement-durable.gouv.fr

Résumé :
L'élaboration des Plans de Prévention des Risques (PPR) Littoraux s'appuie sur le guide méthodologique du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Ministère de l'Equipement du Transport et du Logement diffusé en 1997.
Les aléas sont cartographiés pour une période de retour au moins centennale (submersion marine) ou à une échéance 100 ans (recul du trait de côte). Le choix des méthodes de caractérisation des aléas érosion et submersion marine peut conditionner fortement les résultats cartographiques.
L'ensemble des communes littorales soumises aux risques littoraux n'est pas encore couvert par des documents réglementaires ou même d'information. Les méthodes mises en pratique dans les études préalables à l'élaboration de PPR Littoraux sont parfois loin des méthodes préconisées dans le guide de 1997. La meilleure connaissance des phénomènes, l'élaboration de nouvelles méthodologies, la mise au point de nouveaux outils ont contribué à la définition des zones d'aléas plus en phase avec les phénomènes naturels et les spécificités régionales.
Mots-clés :
Aléas littoraux – Phénomènes naturels – Recul du trait de côte – Submersion marine – Méthodes – Plans de Prévention des Risques – Cartographie

Abstract:
The French guideline for the implementation of Coastal Risk Management Plans dates back to 1997. Hazards are mapped for a 100-year storm surge and an estimated 100-year coastal erosion. Methodological choices may affect coastal hazard mapping results. Only a few coastal cities are covered with regulation plans or informative documents. Methods carried out in the last preliminary studies for the implementation of Coastal Risk Management Plans are far ahead from 1997-recommended methods. A better understanding of phenomena, the elaboration of new methodologies, the construction of new modeling and mapping tools gave rised to more-realistic hazard zones determination.

1. Introduction

Les Plans de Préventions des Risques (PPR) sont des documents réglementaires de planification, créés par la loi du 2 février 1995, dont l'objectif est d'adapter l'aménagement du territoire aux risques naturels et technologiques. Le zonage résulte du croisement des enjeux et des aléas, dont la cartographie a été décrite dans des guides méthodologiques spécifiques. Les aléas littoraux, recul du trait de côte, submersion marine et avancées dunaires, ont été traités par un guide dédié (MATE & METL, 1997). Aujourd'hui, malgré des linéaires côtiers très importants exposés à ces aléas, le nombre de PPR "littoraux" prescrits ou approuvés est encore faible en comparaison des 969 communes littorales ou riveraines d'estuaire et de delta (liste définie par le décret n° 2004-311 du 29 mars 2004). La base de données GASPAR (Gestion Assistée des Procédures Administratives relatives aux Risques naturels et technologiques) qui recense les documents d'information préventive ou à portée réglementaire indiquait qu'au 13/01/09 117 communes étaient concernées par de tels documents pour l'aléa submersion marine et 71 pour le recul du trait de côte (côtes basses meubles ou à falaises), (CETMEF – CETE Méditerranée – CETE Ouest, 2010).
L'existence de nombreux arrêtés de déclaration d'état de catastrophe naturelle liée à la mer (CETMEF – CETE Méditerranée – CETE Ouest, 2010) sur la quasi-totalité des communes littorales montre cependant que les aléas littoraux sont bien présents. Les explications avancées peuvent être diverses : priorité moindre donnée par les services de l'État à ces aléas vis-à-vis de l'aléa inondation, où les enjeux concernés sont plus nombreux, mais aussi difficulté d'acceptation des cartographies des aléas (LEVOY *et al.*, 2002) pouvant être réalisées d'après les méthodologies proposées par le guide méthodologique (MATE & METL, 1997). Celles-ci peuvent aujourd'hui être adaptées afin de mieux prendre en compte les phénomènes naturels et mieux restituer les aléas.

2. L'aléa submersion marine

2.1 Les principes de définition de l'aléa

Selon le guide méthodologique PPR Littoraux (MATE & METL, 1997), "les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques et marégraphiques défavorables" ; elles peuvent durer de quelques heures à quelques jours. Les submersions marines sont dues :

- "à la rupture ou à la destruction d'un cordon dunaire à la suite d'une érosion intensive," ou "à la rupture de digues ou d'ouvrages de protection", lorsque les terrains situés en arrière sont en dessous du niveau de la mer ;
- "au débordement", lorsque le niveau de la mer est supérieur à la cote de crête des ouvrages ou au terrain naturel ;
- "à des franchissements par paquets de mer", liés aux vagues.

L'origine des tsunamis étant distincte des conditions météorologiques (glissements sous-marins, séismes...), ils ne sont pas considérés ici comme un mode de submersion.
La première étape de la caractérisation de l'aléa submersion marine est la connaissance des phénomènes naturels "destinée à décrire de manière objective les phénomènes naturels ayant affecté ou affectant la zone d'étude". D'après le guide, l'aléa de référence est évalué à une probabilité au moins centennale. Sa cartographie doit faire apparaître au minimum les zones touchées par l'aléa centennal et intègre les zones touchées par une submersion historique d'occurrence supérieure : "les données et indices ayant trait aux événements passés [...] doivent être confrontés [...] à la topographie des lieux et aux niveaux extrêmes de la mer". L'étude des événements historiques est une étape indispensable à la compréhension des phénomènes naturels initiateurs de la submersion, à la progression de l'écoulement à terre et à l'acceptation du risque par les riverains.
La qualification du niveau d'aléa (fort, moyen, faible) est liée principalement aux critères de hauteur d'eau et de vitesse du courant, en particulier "immédiatement en arrière d'une brèche dans un cordon littoral ou un ouvrage de protection" où la vitesse peut être forte. Les guides méthodologiques pour les PPR Littoraux et PPR Inondations proposent des niveaux d'aléa en fonction du croisement hauteur/vitesse. Mais les spécificités locales peuvent entraîner des choix de niveaux d'aléa plus contraignants par rapport aux hauteurs d'eau par exemple (DIREN LR, 2008).

2.2 Méthode de caractérisation existante

La méthode proposée est simple, basée sur des données disponibles, applicable sur l'ensemble des côtes françaises. Pour l'évaluation de l'aléa centennal, elle repose sur la comparaison de la topographie littorale et des niveaux marins extrêmes. L'utilisation de l'étude *Statistiques des niveaux marins extrêmes le long des côtes de France* (SIMON, 1994) pour les données des niveaux marins de référence est préconisée dans le guide. En Méditerranée, zone non couverte par l'étude, les niveaux extrêmes ont été étudiés spécifiquement (PONS & LE GENTIL, 2007). La méthode proposée par le guide (MATE & METL, 1997) ne prend pas en compte les obstacles qui pourraient s'opposer à l'écoulement, ce qui correspond au principe d'effacement des ouvrages. La zone ainsi cartographiée est ensuite comparée aux données historiques.

2.3 Pistes d'amélioration

Les principes donnés par le guide sont appropriés et doivent servir de base au choix de la méthode de caractérisation, qui dépend du mode de submersion : débordement, rupture et franchissement. Les submersions peuvent être liées à un ou plusieurs de ces modes, qui sont liés aux phénomènes naturels météo-marins locaux, à la topo-bathymétrie et à la géomorphologie. Ces modes sont identifiés lors d'une première étape indispensable grâce à l'étude des phénomènes naturels et des événements historiques (date des événements, étendue des zones inondées, conditions météorologiques et

hydrauliques, causes des submersions, caractéristiques des brèches...). La méthode de caractérisation est ainsi adaptée au site étudié et peut varier suivant les secteurs.

a) Débordement :

Le débordement intervient dès que la cote de crête d'un ouvrage ou du terrain naturel est dépassé par le niveau marin, et tant que ce niveau est supérieur. Le volume entrant dépend donc des variations du niveau (marée et surcote) et de la topographie des zones arrières littorales. La zone déduite de la comparaison de la topographie et d'un niveau marin de référence, appelée ici zone basse, peut être considérée comme une étendue maximaliste de l'aléa puisqu'elle ne tient pas compte de la dynamique de l'écoulement. La cartographie des zones basses est une première approche instructive et nécessaire ; elle peut dans certains cas être suffisante pour la cartographie de l'aléa. Pour les secteurs à marnage important et/ou de zones basses étendues, et où l'étude des phénomènes naturels et événements historiques confirmerait que la zone inondable est plus restreinte que les zones basses, les linéaires de débordements probables doivent être identifiés et les volumes entrants réalistes évalués (LEVOY *et al.*, 2002 ; PEETERS *et al.*, 2009).

b) Rupture :

Le guide préconise l'effacement des structures de protection qu'elles soient anthropiques ou naturelles. Le risque de rupture n'est en effet jamais nul mais doit être considéré. La difficulté réside dans la méthode d'effacement de ces structures de protection. Des hypothèses de rupture peuvent être formulées comprenant le nombre, les caractéristiques des brèches (longueur, cote, forme,...) et le moment de la rupture, en fonction de la configuration géographique, des structures présentes et des connaissances historiques. Des méthodologies d'estimation du risque de rupture de structures naturelles ont été proposées (SUANEZ *et al.*, 2007). Le calcul des volumes entrants doit être réaliste mais ne doit en aucun cas les sous-estimer. Les hypothèses de variation du niveau marin doivent s'appuyer sur les événements historiques afin d'être les plus réalistes possibles.

c) Franchissements par paquets de mer :

Les franchissements à l'origine de submersion doivent être pris en compte et évalués (PONS & CHINI, 2002 ; LEVOY *et al.*, 2002 ; DIREN LR, 2008 ; PEETERS *et al.*, 2009) car ils peuvent augmenter les volumes entrants via d'autres modes. Les secteurs sensibles doivent être identifiés et leur configuration topographique levée avec des profils représentatifs de plage et la géométrie des structures de protection. L'étude précise des franchissements demande des données sur les houles, le plus souvent disponibles au large et pour lesquelles des propagations à la côte sont nécessaires avant les calculs de débits franchissants (PEETERS *et al.*, 2009), estimés à chaque instant en fonction du niveau marin par des formules de franchissements.

d) Concomitance des modes de submersion :

La cartographie de l'aléa submersion marine doit être le résultat du croisement des analyses produites pour chaque mode. Une analyse statistique doit être réalisée pour

estimer l'événement global centennal résultant de la concomitance d'un niveau marin élevé et de houles, dont les périodes de retour sont estimées indépendamment. Plusieurs méthodes existent, dont la méthode du DEFRA (HAWKES & SVENSSON, 2005) qui a été appliquée de manière opérationnelle pour la réalisation de la carte d'aléa submersion marine d'un PPR (PEETERS e*t al.*, 2009). Le résultat de la propagation des volumes entrants, issus des différents modes de submersion, doit être cartographié. Plusieurs méthodes sont applicables dont la finesse dépend de la complexité des secteurs étudiés : simple report cartographique, modèle à casiers, modèle bidimensionnel... La qualité des résultats des modèles numériques est cependant fortement dépendante des données et hypothèses, d'où le besoin de levés altimétriques précis (LEVOY & MONFORT, 2009), mais la visualisation de la dynamique de l'écoulement permet une bonne prise de conscience des phénomènes (PONS & CHINI, 2002).

3. L'aléa érosion

3.1 Les principes de définition de l'aléa

L'aléa recul du trait de côte est la conséquence d'un départ de sédiments en lien avec les dynamiques marine et éolienne, phénomènes naturels. Le trait de côte est situé à l'interface terre/mer et correspond à la laisse des plus hautes mers lors d'une marée astronomique de coefficient 120 (SHOM). Cet aléa concerne le recul des côtes basses meubles et des falaises et est défini à échéance 100 ans.
D'après le guide (MATE & METL, 1997), l'aléa de recul des côtes basses meubles est estimé en extrapolant le taux de recul moyen annuel déterminé d'après les observations passées. Le recul des côtes à falaises est estimé de la même manière mais une largeur supplémentaire liée à un recul brutal peut être ajoutée. La zone d'aléa ainsi définie est la zone potentiellement érodable à échéance 100 ans et est qualifiée d'aléa fort.

3.2 Méthode de caractérisation existante

Les photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées sont couramment utilisées pour le positionnement du trait de côte passé. La limite de la végétation est généralement reconnue comme un bon indicateur de la position du "trait de côte", notamment sur les côtes à marée et en milieu naturel. Elle est moins facile à déterminer en zone urbaine, notamment dans les secteurs protégés par des ouvrages longitudinaux. La précision des photographies utilisées est importante pour estimer la marge d'erreur liée à la numérisation des images et au géoréférencement, et ainsi à la position du trait de côte. Le taux de recul moyen annuel est calculé à partir des positions des différents traits de côte disponibles. L'information peut toutefois être complétée, pour les secteurs non couverts par les photographies aériennes ou pour les zones urbaines où le trait de côte est difficilement identifiable, par comparaison à la littérature de référence.

Le guide note la possibilité de prendre en compte les ouvrages de protection du littoral dans la qualification de l'aléa érosion. L'aléa peut alors être déterminé de deux manières distinctes (dépendant du type d'ouvrage, fixant ou pas le trait de côte, et du niveau de protection assuré), à l'exception des centres urbains "où il sera défini au cas par cas". Il est indiqué que le niveau de sécurité des ouvrages côtiers dépend de leur dimensionnement, de la pérennité de l'ouvrage vis-à-vis des sollicitations de la houle et du déchaussement des fondations par suite de l'abaissement des fonds par érosion, de l'ancienneté des ouvrages et de leur entretien dans le temps. Il est recommandé aux services instructeurs d'être "circonspects quant à la confiance qu'ils accordent aux ouvrages de protection" et il est indiqué que le classement des ouvrages en fonction de leur état peut contribuer à apprécier les risques. Dans le cas d'ouvrages longitudinaux fixant le trait de côte, le guide indique qu'il est rare d'observer un réel recul du trait de côte lorsque ceux-ci sont correctement dimensionnés. Ainsi "par exception", derrière un ouvrage fixant le trait de côte, l'aléa pourra être défini comme faible à moyen lorsque "la vulnérabilité de l'ouvrage de défense et le recul latéral sont réduits". La zone d'aléa est fixée en extrapolant à 100 ans l'évolution annuelle des zones voisines non protégées, en s'assurant qu'elle ne présente pas de grande variabilité.

3.3 Pistes d'amélioration

Les propositions du guide méthodologique demeurent applicables en première approche de l'aléa de recul du trait de côte. Cependant des précisions doivent être apportées concernant la position du trait de côte de référence et la prise en compte des ouvrages côtiers, ainsi que de nouvelles propositions méthodologiques mettant en relation estimation des transits sédimentaires et calcul de l'aléa.

La position du "trait de côte" de référence, différente de la définition du SHOM, est déterminée grâce à des indicateurs qui peuvent être différents suivant la morphologie littorale. Il peut s'agir suivant les cas de la limite de la végétation pour les côtes basses meubles relativement peu urbanisées ou naturelles, du pied ou du haut de falaises pour ces côtes ou du pied des ouvrages lorsque le trait de côte est considéré comme figé. Ce changement de référence peut entraîner des cartographies peu réalistes de l'aléa et ne rend pas compte par exemple de l'abaissement topographique de l'estran au devant d'ouvrages de protection. Il est également nécessaire de proposer une méthode de détermination de la position du trait de côte de référence pour les cordons de galets pour lesquels l'analyse photogrammétrique ne s'applique pas.

Le guide doit être plus clair sur la prise en compte des ouvrages côtiers, en particulier dans les zones urbaines. Les suivis du littoral peuvent être mis à profit dans ce contexte pour l'évolution topographique de l'estran, l'évaluation du risque d'affouillement en pied d'ouvrage et de la garantie du niveau de protection assuré par l'ouvrage. Lorsque des suivis topographiques sont disponibles, il est utile de les intégrer au calcul de l'aléa issu de l'analyse des photographies aériennes en tenant compte des différentes temporalités

(LEVOY & MONFORT, 2009). La confrontation des suivis topographiques aux phénomènes météo-marins est indispensable pour pouvoir évaluer les reculs ponctuels liés aux tempêtes et analyser le caractère continu de l'érosion. L'évolution des capacités de calcul permet aujourd'hui de mettre à profit les modèles numériques hyrosédimentaires pour l'évaluation des taux de transit et des variations dans le profil des plages (FIERE *et al*., 2008 ; SABATIER, 2008). Des méthodes doivent être proposées pour prendre en compte ces nouvelles données et les mettre en relation avec les taux de recul caractérisant l'aléa.

4. Prise en compte des impacts du changement climatique

Le guide méthodologique PPR Littoraux (MATE & METL, 1997) préconise de prendre en compte l'élévation actuelle du niveau moyen de la mer sans considérer, "en l'absence de consensus", l'accélération de cette élévation. Or, les 3 modes de submersion seront impactés :

- l'élévation du niveau moyen de la mer facilitera la submersion par débordement ;
- l'augmentation de la profondeur d'eau en proche côtier facilitera la propagation à la côte de vagues d'amplitude plus importante, augmentant le risque de franchissements par paquets de mer ;
- les plus fortes vagues arrivant à la côte pourront générer des phénomènes d'érosion et de déstabilisation des ouvrages de défense, aboutissant à des ruptures.

Suite aux travaux du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat), l'élévation estimée à échéance de 100 ans avec un minimum autour de 1 m fait de plus en plus consensus (MEEDDM, 2009) et doit être prise en compte dans la caractérisation de l'aléa submersion. L'impact du changement climatique sur l'aléa recul du trait de côte est difficile à quantifier mais une augmentation de la vitesse de recul des cordons dunaires ou de galets ou de leur érosion est à envisager (SABATIER, 2008).

5. Conclusion

Les méthodologies mises en œuvre dans les PPR Littoraux sont diverses (PONS & CHINI, 2002 ; DIREN LR, 2008 ; PEETERS *et al.*, 2009). En respectant les principes fixés par le guide, les méthodologies se sont adaptées aux spécificités locales et ont su tirer parti des nouveaux outils et de l'amélioration de la qualité des données. Les améliorations de méthodologie de caractérisation des aléas littoraux doivent aujourd'hui être capitalisées et une réflexion approfondie menant à la réactualisation du guide méthodologique PPR Littoraux doit être lancée.

Un des engagements du Grenelle de la Mer concerne la mise en œuvre des PPR sur l'ensemble des communes littorales. Le moment semble donc opportun afin que les cartes d'aléas élaborées soient les plus réalistes possibles, facilitant ainsi les procédures et le partage de la connaissance par l'ensemble des acteurs.

6. Références bibliographiques

CETMEF – CETE Méditerranée – CETE Ouest. (2010). *Vulnérabilité du territoire National aux risques littoraux.* Rapport CETMEF/DELCE,163 p.

DIREN LR -Languedoc-Roussillon- (2008). *Guide d'élaboration des PPR submersion marine en Languedoc- Roussillon,* DIREN LR, Préfecture de Région, 12 p.

FIERE M., GRUNNET N., LE CORNEC E., RAISON S. (2008). *Étude de connaissance des phénomènes d'érosion sur le littoral vendéen.* Actes du colloque SHF Nouvelles approches sur les risques côtiers, Paris, 30-31 janvier 2008, 8 p.

HAWKES P., SVENSSON C. (2005). *Joint Probality : Dependance Mapping and Best Practice : Technical report on dependence mapping.* DEFRA/Environment Agency Flood and Coastal Defense R&D Technical Report FD2308/TR1, 151 p.

LEVOY F., MONFORT O. (2009). *Détermination des aléas littoraux : outils et méthodes pour la délimitation des zonages.* La Houille Blanche, n° 1, pp 24-31. doi:10.1051/lhb:2009001

LEVOY F., LARSONNEUR C., BIZIEN H., IZABEL G., TELLIER F., ANDRE E., MONFORT O. (2002). *Étude des risques littoraux sur les côtes françaises métropolitaines : révisions méthodologiques pour la prise en compte des phénomènes à l'origine des submersions et l'inclusion des mesures de suivi dans la délimitation des zones érodables*. GRESARC, DIREN Basse-Normandie, 124 p.

MATE, METL -Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement- (1997). *Plan de prévention des risques littoraux (PPR). Guide méthodologique.* La documentation française, Paris, 54 p.

MEEDDM (2009). *Changement climatique Décryptage*. DGEC, 15 p.

PEETERS P., SCHOORENS J., LE CORNEC E., MICHARD B., LECHAT M. (2009). *Définition de l'aléa submersion marine sur le site de la grande plage de Gâvres (Morbihan).* La Houille Blanche, n° 1, pp 45-51. doi:10.1051/lhb:2009004

PONS F., CHINI N. (2002). *Présentation de méthodes pour la réalisation de Plans de Prévention des Risques Littoraux.* CETE Méditerranée, SMNLR, 81 p.

PONS F., LE GENTIL J. (2007). *Élaboration d'un Plan de Prévention de Risques Submersions marines en Camargue – État des lieux des données existantes*, CETE Méditerranée, DDE 13, 81 p.

SABATIER F. (2008). *Modélisation de l'impact du changement climatique sur l'érosion des dunes. Application à la Camargue*. La Houille Blanche, n° 1, pp 40-49. doi:10.1051/lhb:2008004

SIMON B. (1994). Statistiques des niveaux marins extrêmes le long des côtes de France. Rapport d'études et de recherches CETMEF ER PM – n° 84.01.

SUANEZ S., FICHAUT B., SPARFEL L. (2007). *Méthode d'évaluation du risque de submersion des côtes basses appliquée à la plage du Vougot, Guissény (Bretagne).* Géomorphologie : relief, processus, environnement, 2007, n° 4, pp 319-334.