

Désordres chroniques de berges et digues de protection, retour d'expérience sur les ouvrages de la Métropole de Bordeaux en bordure de Garonne et Dordogne

Chronic damages on streambank beside flood-protection levees, feedback about structures administered by Bordeaux Métropole along the Garonne and Dordogne rivers

Y. Nédélec¹, G. Valdeyron¹, P. Kerlan², J. Eoche², N. Carpentier³, J.-N. Jung³

¹ Cerema Sud-Ouest, Bordeaux, France, yves.nedelec@cerema.fr

² Bordeaux Métropole, Bordeaux, France, p.kerlan@bordeaux-metropole.fr

³ Antea Group, Mérignac, France, nicolas.carpentier@anteagroup.fr

Résumé

Les cours inférieurs de la Garonne et de la Dordogne bordent en grande partie des terres basses, protégées contre les eaux par un linéaire considérable de digues. Le danger d'inondation y découle bien évidemment des crues fluviales mais aussi, dans les secteurs sous influence fluvio-maritime, de la variation du niveau de l'eau sous l'action des marées et de la formation de vagues particulièrement hautes dans un estuaire très vaste. Dans cette situation singulière, la gestion des digues est confrontée à d'inexorables évolutions indépendantes de la sévérité des aléas de dimensionnement, qui s'ajoutent à la nécessité d'assurer la protection hydraulique.

C'est notamment le cas lorsque le voisinage de l'ouvrage connaît des transformations lentes, qui engendrent des désordres chroniques ou dégradent progressivement la stabilité de la construction. Nous présentons dans ce contexte un retour d'expérience sur les démarches engagées par la métropole de Bordeaux, qui doit ainsi concilier les approches classiques du Gemapien pour la gestion de ses systèmes d'endiguement et des contraintes ajoutées aux pratiques usuelles par des mécanismes environnementaux pour certains mal connus.

Les exemples présentés illustrent des situations diverses : des estrans vaseux naturels opposés à des fonds aménagés, des berges tantôt naturelles, tantôt consolidées, qui supportent des digues en terre massives et revêtues ou au contraire des murets en béton plus légers. Le trait commun est l'observation en certains lieux d'une dégradation lente et difficilement maîtrisable des terrains riverains : érosion, déformation, rupture, en dépit de dispositifs préventifs qui subissent eux-mêmes des désordres. Les facteurs qui distinguent ces lieux du reste du linéaire de berges sont en eux-mêmes des sources d'interrogation.

Les dommages observés prennent également des formes diverses mais récurrentes et en nombre significatif : déplacement de soutènements, sol évidé ou largement fissuré en bordure des infrastructures protégées, enrochements désorganisés. Ces dommages sont actuellement à l'étude dans le cadre de projets de réhabilitation du système d'endiguement de la presqu'île d'Ambès ou encore de stabilisation des berges dans Bordeaux. Nous présenterons les suivis et les traitements expérimentaux spécifiques complémentaires réalisés ou envisagés dans les secteurs qui restent sujets à des phénomènes d'érosion ou de fluage difficiles à identifier et à maîtriser.

Mots-clés

berge, estuaire, marée, dynamique géomorphologique, relation ouvrage environnement

Abstract

A significant part of downstream courses of Gironde estuary and Dordogne river (Gironde department, France) flow next to flat lands, which are protected against water intrusion by a significant collection of levees. Apart from their natural exposure to overflow during floods, these areas are endangered as well by high tide events and such storm waves as can be formed in such a vast estuary. The peculiarity of this exposure challenges the management authorities with deep evolutions distinct from design events and adding up to the major concern of hydraulic safety.

Such a singularity is met in particular when slow changes affect the structure surroundings, resulting in chronic disorders or in a progressive alteration of stability heading towards a possible failure. In such a context we present a feedback on the courses of action taken by Bordeaux Métropole to face environmental processes still needing enlightenment while its role is also to conform to legal obligations and to meet state of the art practices.

A few examples are given which illustrate a variety of situations: raw foreshore areas versus submerged structures, natural streambanks versus reinforced ones, supporting massive earthen embankments with cladding versus smaller walls made of concrete. These examples have in common the local development of soil or bank slow changes nearby: erosion, deformation, failure, which are hard to prevent with safety measures, the integrity of which is affected by changes too. The very factors which make these places stand apart from the other streambank sections are intriguing as well.

There is some variety as well in recorded disorders, which are yet recurrent and significantly numerous: moves of supporting structures, holes or large cracks in soils abutting protected infrastructures, damaged rip-rap. These disorders are currently studied together with an improvement project of the protection system around the presqu'île d'Ambès (located at Garonne and Dordogne confluence) as well as bank protection in Bordeaux. We will introduce monitoring procedures and experiments specifically dedicated to these erosion or creeping processes hard to identify and control.

Key Words

streambank, estuary, tide, geomorphological dynamics, structure-environment relationship

Introduction

Les collectivités en charge de la Gemapi sur les cours aval de la Garonne et de la Dordogne (Voir le plan de situation en Figure 1) assurent la gestion d'un linéaire important de digues de protection. Ces ouvrages protègent des terres basses qui sont exposées à des inondations dont les causes sont tant les forts débits des cours d'eau que des niveaux d'eaux variables et potentiellement très élevés imposés plus ou moins directement par des facteurs maritimes (marée, tempêtes). Cette gestion se situe dans le contexte de Stratégies Locales de Gestion du Risque Inondations. Dans le cas de l'estuaire à proprement parler, la gestion des endiguements est elle-même incluse dans une approche globale de la gestion des inondations sur l'estuaire de la Gironde, mise en place à l'initiative du Syndicat Mixte pour le Développement de l'Estuaire de la Gironde (SMIDDEST). Les opérations d'entretien ou de modification des ouvrages sont dictées par la connaissance des aléas correspondants. Les désordres et dangers associés sont identifiés et analysés dans le cadre réglementaire des ouvrages de protection contre les inondations.

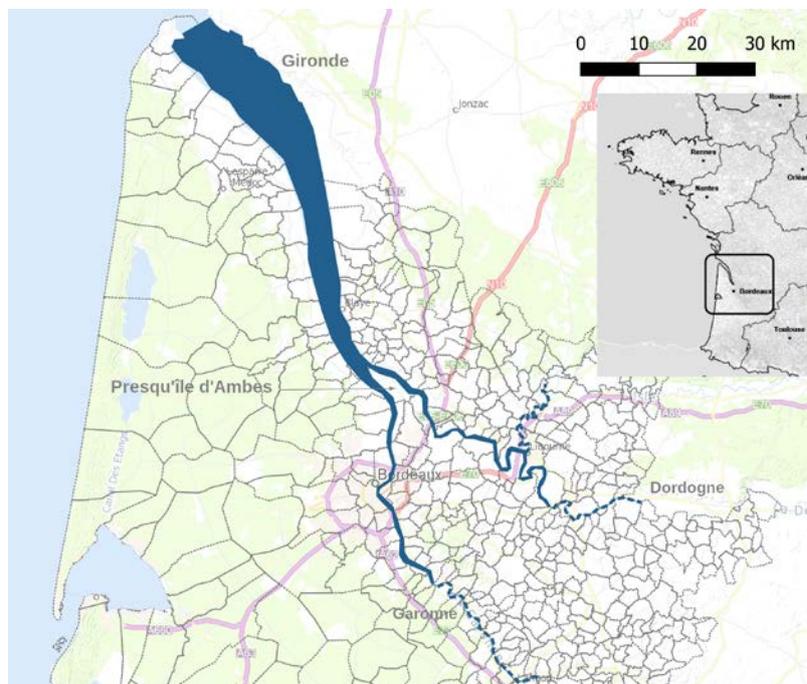


FIGURE 1. Carte de situation. Les portions de cours de la Garonne et de la Dordogne concernées sont portées en bleu foncé.

Néanmoins, il apparaît au fil du temps que certains ouvrages, bien que conçus selon les règles de l'art, montrent des défaillances qui ne peuvent être imputées aux seuls effets des épisodes ponctuels de crues ou de tempêtes particulièrement sévères. En dehors des périodes de conditions hydrauliques extrêmes, des facteurs liés notamment à la dynamique géomorphologique engendrent des dégradations qui fragilisent ou amoindrissent leur résistance aux aléas d'origine hydro-climatique et installent un défaut latent. Nous qualifierons de chroniques ces désordres qui se distinguent du vieillissement de l'ouvrage ou de la rupture sous des sollicitations extrêmes, par la durée nécessaire à un développement progressif ainsi que dans certains cas leur répétition en dépit

d'une conception appropriée au contexte observé à un moment donné. Fréquents en contexte fluviomaritime, ils peuvent concerner des ouvrages exposés dans d'autres contextes à des facteurs similaires (variations du niveau moyen du plan d'eau, mobilité des fonds, forts gradients de nappe d'accompagnement).

Les désordres chroniques touchent le plus souvent les structures elles-mêmes (déformation, altération de l'étanchéité, ...) mais peuvent aussi toucher leur environnement voisin, notamment la berge, qui fournit les sols de fondation ou d'appui. L'action des facteurs d'endommagement est alors indirecte. En outre, l'accumulation de dégradations mineures mais fréquemment répétées (notamment en raison des marées) peut constituer le précurseur d'une perte de résistance problématique.

Au-delà de l'aspect technique, l'exposition d'un ouvrage à de possibles désordres chroniques a des répercussions sur l'évaluation des niveaux de protection et de sûreté de l'ouvrage, tant lors de l'établissement de l'Étude de Dangers, que durant la vie de l'ouvrage, selon les remèdes qui seront ou non apportés.

La carte de situation de la Figure 1 montre les portions des cours de la Garonne et de la Dordogne concernées par les dommages chroniques évoqués plus haut (figurées en bleu foncé). L'examen d'un certain nombre de cas observés sur ces secteurs, avec des visites répétées sur une période de deux à quatre ans, a permis de recenser des évolutions typiques, devant lesquelles il s'avère important de considérer ces dommages chroniques au-delà du cadre propre à la défense contre l'inondation (étude de dangers, visites techniques). La première partie de cette communication présente une synthèse de ces évolutions typiques et montre dans son ensemble leur contexte spécifique.

Nous illustrons ensuite cette exposition à de possibles dégradations chroniques par sa manifestation dans le cas de deux sites récemment touchés par de tels dommages et sur lesquels Bordeaux Métropole exerce la compétence Gemapi. Le premier exemple est un ensemble de désordres qui se sont manifestés après la réhabilitation de digues en rive droite de la Garonne, non loin du centre-ville de Bordeaux (Quai de la Souys, communes de Bordeaux et de Floirac). Le second exemple concerne également des désordres observés en bord de Garonne, au niveau de la presqu'île d'Ambès. Dans ce second cas les rives touchées sont moins remaniées par des étapes d'urbanisation et supportent des digues de dimensions modestes. Elles se situent en bordure d'une partie de l'estuaire sensiblement plus large et à proximité de la confluence avec la Dordogne.

Synthèse des désordres chroniques observés

Une synthèse [8] réalisée à la demande du Service de Contrôle de la Sécurité des Ouvrages Hydrauliques de Nouvelle-Aquitaine a permis, à partir d'exemples concrets, d'introduire différentes catégories de désordres chroniques spécifiquement rencontrés dans ces portions de cours d'eau. L'ensemble a été défini en identifiant des facteurs et des dynamiques de dégradation propres à ce contexte géographique particulier.

Les différentes catégories de désordres chroniques sont résumées ci-après. Quelques cas sont illustrés par des photographies (Figure 2). Le lecteur intéressé et curieux trouvera un plus grand nombre de détails et d'exemples en consultant le document de synthèse [8].

Une première famille de désordres prend globalement la forme d'une déformation lente de l'ensemble berge + corps de digue supporté. Le motif de cette déformation, que ce soit dans la digue ou au cœur même de la berge, peut être un **fluage** de matériaux insuffisamment consolidés ou une **érosion interne**, favorisée par des gradients hydrauliques fréquemment élevés en raison de la configuration des lieux.

Le paramètre décisif est ici la répétition d'un gradient important de charge entre les côtés de la digue, lorsque le cours d'eau est influencé par la marée ou par le drainage d'une nappe phréatique retenue dans des terres basses. Des matériaux déposés durant ces fluctuations et peu consolidés pourront se déformer progressivement sous l'action d'efforts particuliers. En outre, l'eau circule plus fréquemment dans le sol et les sédiments qui forment la berge et l'estran. La Figure 2a illustre le premier cas, tel qu'observé au pied des berges de la Gironde en période de basses eaux.

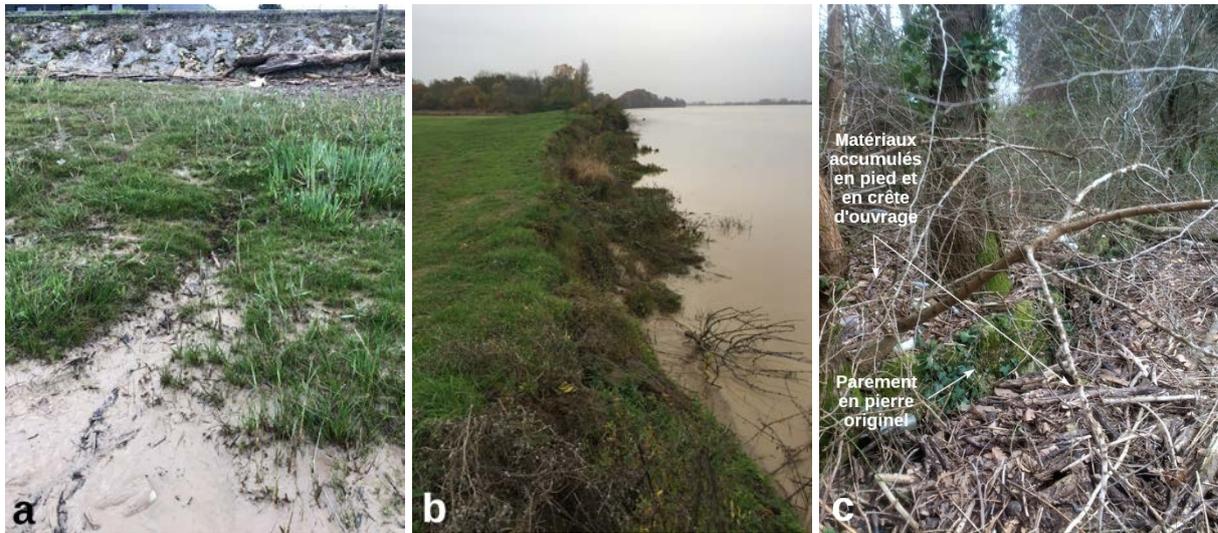


FIGURE 2. Illustration de facteurs ou de manifestation de désordres chroniques. (a) Circulation d'eau depuis la berge vers l'estran. (b) Recul de berge jusqu'à la moitié du corps de digue supporté. (c) Branchages en crête de digue mêlés à la végétation de couverture.

Une autre famille de désordres traduit différents stades dans le **retrait** et l'**effondrement** de l'ensemble berge + corps de digue, soit par une fissuration longitudinale de la digue, soit par une disparition de la berge puis d'une partie de la digue voire de la totalité de celle-ci. Ces désordres sont essentiellement dus à trois facteurs : une mauvaise caractéristique du matériau constitutif de la digue, le développement incontrôlé de la végétation arbustive ou l'action d'un mécanisme de retrait sur la berge ou sur la digue. Lorsque le corps de digue est complété par des matériaux d'emprunt local (pour des motifs économiques, suite à un curage ...), il se déforme parfois jusqu'à montrer une ou des fissures longitudinales, d'une ouverture de quelques centimètres. Les arbres présents sur le talus peuvent également être à l'origine d'affaissement de souches et d'affouillement générant des instabilités ponctuelles. Ces déformations et ces fissures ne compromettent pas, à court terme, l'étanchéité de la digue mais elles peuvent être le signe avant-coureur d'une rupture.

Les évolutions locales du lit du cours d'eau (approfondissement, affouillement) et des berges (fluage, glissement régressif) peuvent également être à l'origine d'un recul du tracé de la rive, évoluant jusqu'à une disparition partielle (la Figure 2b présente l'exemple d'un recul de berge

ayant atteint l'axe de la digue supportée) ou totale de la digue. Le stade ultime de la brèche peut lui-même constituer un désordre chronique s'il est atteint plusieurs fois de suite sous l'effet d'un processus actif à plus long terme (évolutions du lit notamment).

Enfin, une dernière famille de désordres vient d'une **déformation géométrique** de la digue sous l'action de montées répétées du plan d'eau jusqu'à son niveau qui occasionnent des dépôts ou des érosions (situation propre au contexte fluvio-maritime). On observe parfois un rehaussement de la crête si une accumulation de matériaux flottants se fixe (souvent en raison de la présence d'arbres, Figure 2c). Le corps de la digue contient alors des matériaux impropres à la protection. À l'inverse la crête de digue peut subir une érosion superficielle et locale, due au passage des plus hautes eaux. Le niveau de protection évolue dans les deux cas et le risque d'une évolution progressive vers des débordements plus importants et la formation d'une brèche est accru.

La synthèse introduite ici [8] s'appuie sur des opportunités de visite de site. Celles-ci sont diverses mais ne permettent pas de mesurer la représentativité de tel ou tel cas. On observe toutefois que les observations d'une dynamique lente reflètent la situation des parties basses des estuaires, tandis que les observations d'une dynamique plus brutale, touche les cours plus amont des deux fleuves. Les deux exemples qui suivent présentent eux-mêmes une dynamique lente.

Retour d'expérience sur les causes et la forme des désordres observés après la réhabilitation des digues de Bordeaux Rive Droite (Quai de la Souys)

Le premier cas présenté en exemple ici concerne deux désordres significatifs à la dynamique lente, qui se sont produits Quai de la Souys sur les communes de Bordeaux et de Floirac après la réalisation de travaux importants de remise à niveau des digues (Figures 3 et 4). Un premier mouvement de berge (numéro 1 dans la suite) a été observé par les gestionnaires des ouvrages de Bordeaux Métropole en 2018 et traité par la mise en place d'un rideau de palplanches en pied de berge, avec reprofilage de celle-ci et mise en place de géogrilles. Un autre mouvement a été observé en 2019, quelques centaines de mètres plus au sud (numéro 2 dans la suite), sous la forme d'un déversement vers le fleuve de la digue en palplanches et bien qu'un confortement des talus sous-fluviaux de type combi-wall ait été réalisé parallèlement à la berge.



FIGURE 3. Vues du désordre numéro 1 quai de la Souys à Bordeaux, juillet 2020 ; à gauche berge reprofilée avec géogrid, à droite séparation entre le muret béton et les terres vers le fleuve.



FIGURE 4. Vues du désordre numéro 2 quai de la Souys à Floirac plus au sud, juillet 2020 ; à gauche mouvement des terres en arrière de la digue, à droite vue de l'inclinaison des palplanches.

Le désordre le plus ancien, situé le plus au nord, ne présente pas d'évolution majeure depuis la réalisation des travaux de confortement, réalisés en août 2018. Après un basculement soudain des palplanches et une évolution constatée sur plusieurs mois, la cinétique du désordre le plus récent s'est également stabilisée et celui-ci n'évolue plus à ce jour. Toutefois, Bordeaux Métropole continue de surveiller régulièrement ces secteurs afin de s'assurer de la faible amplitude des mouvements résiduels :

- Suivi topographique à partir de mires spécialement placées ;
- Prises de vues aériennes verticales et obliques depuis le fleuve ;
- Mesures de l'inclinaison des palplanches et de celle de la murette béton ;
- Projet d'équipement par des piézomètres et inclinomètres.

C'est l'historique des lieux qui apporte des éléments utiles à l'analyse des deux désordres. Le quai de la Souys résulte d'un endiguement et d'une poldérisation réalisés en 1819 pour occuper une zone de 103 ha d'alluvions [6]. L'emprise ainsi créée a imposé un tracé strictement rectiligne à plusieurs centaines de mètres de rive, en un lieu où les courants sujets à inversion et les mouvements résiduels sont de nature à favoriser une modification des fonds en contrepartie d'un alignement artificiel. Une photographie aérienne IGN de 1965 montre que les lieux présentent une berge continûment boisée (Figure 5 à gauche). La photographie aérienne du même site prise en 1969 (Figure 5 à droite), révèle l'existence d'un désordre local à cette époque, avec une disparition de la ripisylve et un effondrement de berge très vraisemblable (agrandissement et indication du lieu de sa manifestation par une flèche noire).

Le raidissement du talus sous-fluvial au voisinage des berges et l'existence d'une zone localement plus profonde sont les signes d'une chenalisation locale du lit. Cette incision est visible sur la bathymétrie générale présentée dans la carte de l'estuaire réalisée par le Grand Port Maritime de Bordeaux en 1999 (Figure 6). Elle est également visible sur un levé bathymétrique de 2021 devant le site numéro 2 (Figure 7, deux ellipses localisent respectivement le site du désordre et la zone d'approfondissement), elle se prolonge vers la gauche du plan au-delà d'une hausse locale du fond.

Son évolution précise dans le temps n'est pas examinée ici, mais un suivi est important pour évaluer la poursuite du mouvement des berges et la menace pour la digue supportée.



FIGURE 5. Photographies aériennes IGN : (à gauche : 1965) berge continent boisée au voisinage immédiat du lieu du désordre numéro 2 ; (à droite : 1969) observation d'un désordre en berge avec creusement de l'estran et disparition d'arbres (Source IGN remonter le temps).



FIGURE 6. Localisation du désordre numéro 2 (cercle orange) et aperçu de la bathymétrie locale (Source : carte bathymétrique du Grand Port Maritime de Bordeaux, 1999).

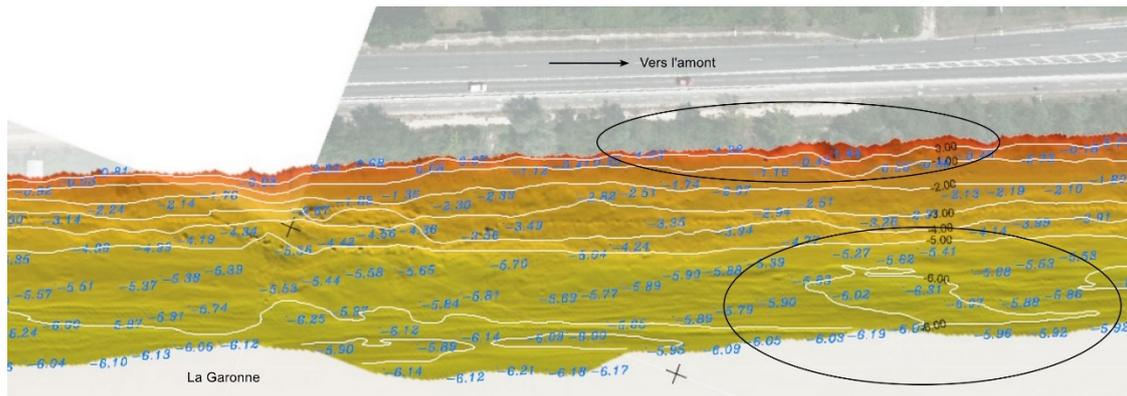


FIGURE 7. Données et courbes de niveaux bathymétriques (2021), l'ellipse du haut désigne le lieu du désordre numéro 2, l'ellipse du bas la zone localement plus profonde (Document : Bordeaux Métropole).

Enfin, le mécanisme à l'origine du mouvement localisé et inéluctable des berges n'est pas identifié ici avec exactitude. Les études géotechniques renvoient classiquement à des mécanismes de type glissement de terrain avec rupture circulaire ou plane, en tenant compte d'éventuelles contraintes de niveau de nappe liées à l'existence du marnage. L'éventail des mécanismes susceptible de déstabiliser un sol au contact d'un cours d'eau influencé par la marée est toutefois plus étendu, avec des manifestations très variées de l'action des courants et pressions sur le talus et la matrice du sol.

Des images acquises par drone en surplomb du site numéro 2 (Figure 8) montrent notamment un apparent étalement du talus sous-fluvial et des blocs qui y ont été déposés au fil du temps, étalement qui ne peut être dû à un seul déplacement par le courant. Une déformation des sols constitutifs de la berge et du talus sous fluvial est probable ici, liée notamment à des phénomènes cycliques d'accrétion puis d'érosion de dépôts de vases. Des investigations complémentaires sur la nature et la cohésion des sols sur une zone d'une certaine superficie autour des secteurs endigués et prédisposés au mouvement des berges permettraient de mieux identifier le processus.



FIGURE 8. Assemblage de vues par drone du site numéro 2 en juillet 2020, groupes de quatre vues, de l'aval à gauche vers l'amont à droite, la partie déformée est située devant le rideau de palplanches son extension est matérialisée par une flèche (Photos : Bordeaux Métropole).

Retour d'expérience sur les causes et la forme de désordres observées en bord de Garonne (Presqu'île d'Ambès)

Plus de 34 kilomètres de digues estuariennes contribuent à la défense contre les inondations de la presqu'île d'Ambès, qui s'étend en pointe du sud vers le nord pour former la confluence de la Dordogne et de la Garonne. Dans le cadre de sa gestion de ces digues en exerçant la compétence

Gemapi, Bordeaux Métropole conduit un projet de réhabilitation des ouvrages sur les secteurs à enjeux, soit environ 17 km. Le projet de réhabilitation se heurte ici également à l'observation de plusieurs désordres chroniques parmi lesquels nous avons choisi ce deuxième exemple.



FIGURE 9. Exemple de désordre vu en juillet 2020 sur le secteur d'Ambès-Garonne.

Le désordre présenté dans cette partie est situé sur le territoire de la commune d'Ambès, route du Burck, face à une entreprise d'entrepôts de carburants. Sur ce secteur, une digue béton est présente en bord de Garonne, le long de la route départementale RD10. En quelques mois, une fissure s'est développée en bord de route en arrière de la digue béton, côté zone protégée (Figure 9). Entre fin 2019 et début 2020, la fissure visible en bord de route s'est aggravée pour atteindre aujourd'hui une largeur de plus de 30 cm. En outre des remontées d'eau ont pu être constatées lors de forts coefficients de marée entre janvier et mars 2020. La portion de berge qui borde cette fissure présente également des signes de désorganisation locale.

La berge a pourtant fait l'objet d'interventions anciennes par enrochement, insuffisantes pour enrayer son mouvement. Les blocs se sont déplacés vers l'estran, les plus dispersés d'entre eux étant visibles sur des vues. Ces mouvements de la berge ont également imposé par le passé la réfection d'un tronçon de digue. Des images acquises par drone sur ce site (Figure 10) révèlent plus précisément l'altération locale et superficielle du sol constituant la berge.

Les causes du mouvement de la berge et de la digue sont là encore difficiles à élucider. Des modifications touchant la structure des matériaux des sols et de l'estran sont possibles, sous l'influence de la circulation d'eaux internes guidées en particulier par la fissure en bord de chaussée [7], [10]. Il est nécessaire de mener un diagnostic précis du mouvement des berges en ce lieu sensible. À cette fin, des passages de Scanner 3D pour topographier l'ouvrage de protection côté route, sont réalisés tous les mois. Des investigations sur la structure interne des matériaux sont en revanche plus difficilement envisageables actuellement.



FIGURE 10. Assemblage de vues par drone du site en juillet 2020, groupes de quatre vues, de l’aval en haut à gauche vers l’amont en bas à droite, la partie déformée est bordée à l’amont par un décrochement des enrochements (Photos : Bordeaux Métropole).

La bibliographie scientifique abordant les dégradations de berge soumises à des influences fluvio-maritimes est abondante mais reste d’actualité [1]–[5]. Si les mécanismes de rupture rotationnelle ou plane sont classiquement privilégiés pour évaluer la stabilité d’une digue (par exemple, l’utilisation de Talren [®] est largement répandue dans les rapports d’étude), ils ne peuvent rendre compte des phénomènes de déformation liés au caractère cyclique de l’action fluvio-maritime. Des approches par modèles numériques spécifiquement développés pourraient alors mieux étayer la compréhension de ces phénomènes.

L’attention doit être portée sur la grande diversité des processus (outre les glissements, possibilité d’effondrement par porte-à-faux, d’effondrement régressif, combinaison de multiples causes de déformation du sol lui-même : suffusion, fluage, retrait, déformations sous contraintes). Des dispositifs pilotes ou expérimentaux peuvent être envisagés à cette occasion, l’impact de mécanismes hydromécaniques couplés fluvial/maritime étant susceptible de s’accroître dans l’avenir avec les modifications du niveau des océans. Des résultats expérimentaux [9] montrent par exemple la variété des comportements d’un talus sous-fluvial en fonction des courants, des afflux d’eaux souterraines et des caractéristiques des sols (Figure 11).

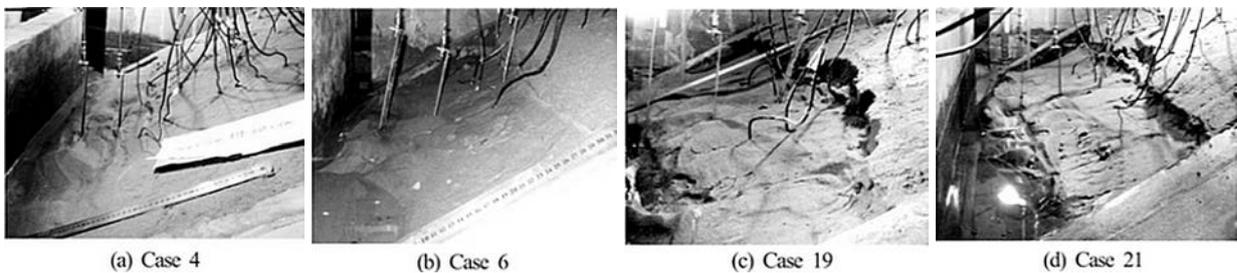


FIGURE 11. Illustration de mécanismes de déstabilisation de berge influencés par l’eau du sol (d’après [9], a : érosion sous l’effet d’un faible courant seul, b : érosion accrue sous l’effet d’un courant plus intense, c : glissements locaux en ajoutant un flux à travers la berge, d : glissements et rupture généralisés si le courant est plus intense).

Conclusion

Les deux exemples présentés ici illustrent l'importance que peuvent avoir les évolutions lentes et les désordres chroniques le long des rives de cours d'eau sous influence maritime. Ils montrent également l'incidence de ces prédispositions locales sur la gestion des digues prenant appui sur les berges. Ils s'inscrivent dans une grande diversité de situations, qui ont en commun la difficulté de cerner avec exactitude les processus à l'œuvre et les parades possibles, en supposant qu'il en existe.

Les gestionnaires et les intervenants techniques ne sont pas restés inactifs devant cette situation. Bordeaux Métropole a capitalisé les retours d'expérience de ces désordres en faisant réaliser une expertise par le Cerema et un diagnostic géotechnique G5 sur tous les désordres chroniques connus en amont des études de maîtrise d'œuvre de travaux de réparation. D'autre part, un diagnostic complet des berges a abouti à un plan de gestion pluriannuel de la végétation.

L'observation et le suivi sont notamment une composante importante des actions à mener par les gestionnaires pour intégrer dans la durée des tendances environnementales qui agissent elles-mêmes à long terme. Cela reste vrai après la mise en œuvre éventuelle de travaux palliatifs. Plus généralement la relation entre l'ouvrage et son environnement réclame ici une vigilance toute particulière. Des examens a posteriori montrent que par nature, le secteur pouvait devenir le siège de déformations chroniques de berge très locales. Néanmoins il est difficile d'évaluer cette prédisposition sur un linéaire important de rives. Il faut donc accorder une importance toute particulière aux secteurs où cette prédisposition est déjà connue (consulter l'historique des travaux, repérer les interventions répétitives, au besoin renouveler certaines visites effectuées lors de l'étude de terrain au stade diagnostic). Ces retours d'expérience montrent en tout état de cause :

- Qu'il convient être prudent dans la mise en œuvre de dispositifs rigides sur l'estran lorsque le mouvement à l'origine de l'érosion de berges est potentiellement chronique ;
- Que dans le cas de sites activement suivis depuis la connaissance des mouvements, la poursuite de l'observation est souhaitable y compris en cas d'apparente stabilisation ;
- Qu'un inventaire rigoureux des secteurs sensibles à une érosion et des mouvements de berges chroniques est un complément nécessaire à la gestion d'ensemble d'un patrimoine de digues de protection exposé à des mécanismes fluvio-maritimes ou similaires.

La capitalisation des retours d'expérience est essentielle et des moyens doivent être consacrés à cela : dispositifs de suivi, conservation de l'information (notamment dans le registre de l'ouvrage prévu par le décret digue du 12 mai 2015), observation attentive d'environnements et de structures similaires. Le chapitre 6 des Études de Dangers doit également s'enrichir du retour d'expérience concernant la zone protégée et le système d'endiguement (Arrêté du 7 avril 2017 précisant le plan de l'étude de dangers des digues organisées en systèmes d'endiguement et des autres ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations et les submersions). Il contient notamment les exemples connus d'incidents et d'accidents survenus sur des ouvrages de même type, donc exposés à des facteurs qui favorisent des scénarios de défaillance chronique. Les cours aval de la Garonne et de la Dordogne forment en effet un ensemble hydro-morphologique très homogène quant au comportement des berges, qui rejoint la forme tout aussi unitaire de la gestion des digues de protection contre les eaux.

Références

- [1] Ahmed T., Egashira S. (2018). *On bank erosion in estuary of sittaung river in Myanmar*. In : International Conference on Scour and Erosion IX. Taipei, Taiwan.
- [2] Briggs N., Freeman R., LaRochelle S., Theriault H., Lillieholm R., Cronan C. (2008). *Modeling riverbank stability and potential risk to development in the Penobscot River estuary of Maine, USA*. WIT Transactions on the Built Environment. Vol. 99, pp. 111-118.
- [3] Duan G., Shu A., Rubinato M., Wang S., Zhu F. (2018). *Collapsing Mechanisms of the Typical Cohesive Riverbank along the Ningxia-Inner Mongolia Catchment*. Water. Vol. 10, pp. 1272. DOI 10.3390/w10091272.
- [4] Gasparotto A., Leyland J., Darby S., Carling P. (2020). *Bank Erosion Processes, Trends and Impacts in a Hypertidal Estuarine System*. In : EGU2020-7592. Online meeting.
- [5] Gong Z., Zhao K., Zhang C., Dai W., Coco G., Zhou Z. (2018). *The role of bank collapse on tidal creek ontogeny: A novel process-based model for bank retreat*. Geomorphology. Vol. 311, pp. 13-26. DOI 10.1016/j.geomorph.2018.03.016.
- [6] Groupement d'Intérêt Public du Grand Projet des Villes Rive Droite ([sans date]). *Habitants Lieux Mémoires, Bassens, Lormont, Cenon et Floirac* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://habitantslieuxmemoires.surlarivedroite.fr/>
- [7] Horikoshi K., Takahashi A. (2015). *Suffusion-induced change in spatial distribution of fine fractions in embankment subjected to seepage flow*. Special Issue on the Six International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials IS-Buenos Aires2015. Vol. 55, n° 5, pp. 1293-1304. DOI 10.1016/j.sandf.2015.09.027.
- [8] Nédélec Y. (2020). *Synthèse méthodologique sur le confortement des digues présentant des désordres chroniques en Nouvelle-Aquitaine*. Rapport d'étude. Cerema. 33 p.
- [9] Ning B., Wu S., Tan Y., Xie X., Yan J., Yan Z., Geng Y. (2011). *Coupling effect of seepage flow and river flow on the bank failure*. Journal of Hydrodynamics. Vol. 23, n° 6, pp. 834-840. DOI 10.1016/S1001-6058(10)60183-7.
- [10] Wautier A., Bonelli S., Nicot F. (2018). *Limites des critères de susceptibilité à la suffusion vis-a-vis de la stabilité mécanique des ouvrages en remblai*. In : Colloque CFBR : " Justification des barrages : État de l'art et Perspectives".