

Evaluation et gestion des risques et services liés à la végétation sur les digues et berges de cours d'eau

Nos travaux sont menés depuis 1996, systématiquement en collaboration avec le groupe de recherche Ouvrages Hydrauliques (OHAX) du Cemagref d'Aix en Provence et depuis 2008 également avec Cemagref de Grenoble.

Ces travaux concernent la gestion de la végétation des digues et berges de cours d'eau sous contrainte de sécurité, en lien avec le risque d'inondation. Ils traitent trois questions importantes:

- Comment, jusqu'à quelles dimensions et à quelle vitesse les arbres, et notamment leurs systèmes racinaires, se développent sur et dans les digues et les berges en fonction des caractéristiques du milieu, et quels sont les risques associés pour la sécurité des ouvrages hydrauliques ?



- Comment gérer et faire évoluer dans le temps une végétation qui ne répond pas aux normes de sécurité, lorsque les travaux de remise à niveau des ouvrages ne peuvent être réalisés à court terme pour des raisons économiques ou sociales ?
- Comment concilier l'ensemble des fonctions de la végétation des digues et berges (écologiques, sociales, paysagères) avec la sécurité publique qui est toujours une priorité ?

Ces travaux se partagent entre recherche (thèse et articles scientifiques), appui technique (études spécifiques, rédaction d'un guide et d'articles techniques, formations), des expertises ponctuelles et la rédaction de plans de gestion détaillés ou de recommandations pour des systèmes endigués.

Paysage boisé sur digue: régal pour les promeneurs, casse tête pour les gestionnaires (photo Cemagref)

Contexte

Parmi les risques naturels, le risque d'inondation est l'un des plus graves en termes de vies humaines et d'enjeux économique en France et dans de nombreux pays. La végétation joue un rôle ambigu car suivant sa composition, sa taille et sa structure et en fonction du contexte, elle contribue soit à aggraver ce risque soit à le limiter.

La présence d'arbres ou de grands arbustes génère des risques directs pour les ouvrages hydrauliques:

➤ le déracinement de ces végétaux par le vent provoque l'arrachement d'une grande motte de terre. Ce défaut peut créer une brèche, favoriser un glissement de terrain ou, lors d'une crue, provoquer des tourbillons qui vont éroder et agrandir le trou initial.

➤ la simple présence d'arbres ou d'arbustes isolés ou en densité irrégulière peut aussi provoquer des tourbillons érosifs dans le courant.

➤ les racines peuvent pénétrer dans les ouvrages et provoquer la décompaction des matériaux et la dégradation de protections (murs, revêtements superficiels, enrochements). Lors de leur décomposition, après mort ou coupe de l'arbre, les racines laissent des conduits favorisant les infiltrations d'eau. Dans les cas graves, l'érosion interne peut conduire à la destruction de l'ouvrage. La décomposition de grosses souches peut aussi provoquer des effondrements localisés de la crête ou des versants.

➤ le poids de grands arbres, surtout s'ils sont poussés par un vent violent, peut suffire à provoquer des glissements de terrain sur les pentes instables et raides de berges ou digues. Le risque est accru au moment de la décrue lorsque le terrain est gorgé d'eau.

➤ toute végétation haute ou dense qui empêche la surveillance visuelle des zones à risque peut cacher des incidents potentiellement graves (fuites, glissements). Cette végétation favorise la présence et la tranquillité d'animaux fouisseurs (lapins, renards, blaireaux, etc...) dont les terriers constituent un grave danger.



Arrachement de plus de la moitié de la crête d'une digue par un arbre partiellement déraciné (photo Cemagref)

Pour toutes ces raisons, il est généralement recommandé d'entretenir une végétation purement herbacée sur les digues et dans une bande de 5 m de part et d'autre de celles-ci. Mais en France et dans de nombreux pays, soit volontairement soit par manque d'entretien, de nombreuses digues et les berges voisines sont couvertes de végétation dense, parfois de véritables forêts, ou comportent des alignements d'arbres.

De nombreux enjeux écologiques (biodiversité élevée, espèces menacées, espaces protégés, corridors écologiques, qualité de l'eau, protection des milieux aquatiques) et sociaux (lieux de loisir, pêche, espaces verts urbains et péri-urbains, paysages) sont attachés à cette végétation de bord de cours d'eau, dont la gestion est souvent conflictuelle. Dans certains cas, la présence d'arbustes ou petits arbres est recommandée pour stabiliser et protéger les talus contre l'érosion et les glissements, et ce type de végétation dense peut être installée volontairement par des travaux de génie végétal.



Le but de nos travaux, en coordination avec les spécialistes de génie civil et d'hydraulique, est d'aider les gestionnaires, les responsables de la sécurité et les propriétaires de digues et rivières à évaluer objectivement les risques et les enjeux, à trouver les meilleurs compromis et à les formaliser dans des plans de travaux et de gestion à court et moyen termes.

Animaux et plantes rares ou protégés peuvent imposer des contraintes fortes et des mesures coûteuses dans la gestion de la végétation (photos Cemagref)

Croissance des arbres et développement des systèmes racinaires

Nos premiers travaux ont consisté à étudier la vitesse de croissance des principales espèces d'arbres trouvées sur les digues et berges de tous types. Des modèles de croissance âge/hauteur et âge/diamètre ont été élaborés. Ces modèles sont ajustés en fonction des paramètres du milieu (type de matériaux, richesse du sol, proximité de l'eau, climat). Ils permettent d'évaluer l'évolution des risques dans le temps, de programmer la fréquence des interventions lorsque des dimensions maximales sont prescrites, d'anticiper le volume de travail futur dans les plans d'entretiens.

L'enracinement des arbres est un domaine peu étudié, et il n'existait que très peu de travaux dans le monde sur les caractéristiques des enracinements dans les digues. C'est pourquoi le Cemagref a réalisé, sur plus de 10 ans, une étude unique par son ampleur sur ce thème. Les systèmes racinaires de 230 arbres adultes de 12 espèces ont été déterrés dans un échantillon varié de digues et de climats. Ils ont été précisément décrits et mesurés. Une synthèse de ces travaux figure dans une thèse soutenue en 2010 (Zanetti). L'extension, la profondeur et la structure des enracinements, pour un âge donné, dépend principalement du type de matériaux et de l'accès à une ressource en eau, donc en partie de la position de l'arbre sur la berge ou la digue, et de la taille de cette dernière. L'espèce n'a pas une influence primordiale sur le type d'enracinement, même si certaines ont plus facilement tendance à émettre des racines très grosses (peupliers, saules) ou très superficielles robinier). Sur les matériaux fins, les systèmes racinaires sont plus denses et moins étendus, avec des racines de tailles maximale et moyenne réduites. Sur matériaux grossiers, les racines sont moins nombreuses mais beaucoup plus longues et grosses. La présence d'une ressource en eau localisée polarise le système racinaire qui devient dissymétrique.



Souche de peuplier extraite d'une digue boisée (photo Cemagref)

La vitesse de décomposition des grosses racines mortes dans le sol est quasiment inconnue. Des désordres sont parfois apparus sur de digues plus de 30 ans après la mort des arbres. Deux types de mesures et expérimentation sont réalisés.

D'une part l'arrachage de souches dont on connaît plus ou moins la date de mort ou de coupe, qui permet des observations de niveaux de décomposition en conditions réelles après une durée donnée. Mais la méthode est destructive (on ne peut pas mesurer la vitesse d'évolution dans le temps) et dès que le niveau de décomposition es avancé, on ne peut plus retirer de morceau du sol sans les déstructurer, et l'observation elle-même est souvent compromise par la difficulté de creuser sans abimer ce qu'on cherche à observer.

D'autre part des expérimentations de décomposition en conditions contrôlées. Dans ce cas, des échantillons calibrés de racines de différents diamètres et longueurs sont enfouis dans un site précisément cartographié, dans des paniers inoxydables qui sont déterrés à intervalles réguliers pour réaliser les mesures souhaitées. Deux essais prévus pour durer 10 à 15 ans sont en cours depuis 2008 et 2009, respectivement en plaine (vallée de l'Isère, 300 m) et en montagne (Alpes du sud, 1500 m).

Plans et recommandations de gestion

Une fois connus les risques et leur évolution potentielle dans le temps, l'ensemble des enjeux est pris en compte pour définir les recommandations, en concertation avec les responsables des digues et les autres acteurs concernés: collectivités territoriales, élus, administrations, associations, scientifiques et naturalistes. En fonction des enjeux, des choix politiques et des moyens financiers requis et disponibles, ces recommandations vont de la suppression pure et simple de toute végétation ligneuse dans un bref délai, avec éventuellement travaux de rénovation complète de la digue, à la mise en œuvre d'un plan de gestion définissant les priorités sur 20 ans pour amener progressivement la végétation à un niveau requis de densité, hauteur, structure et composition, et la digue à un niveau acceptable de sécurité.

Des choix très différents peuvent être faits sur différentes parties du même ouvrage, par exemple entre zone rurale et urbaine, entre zone écologiquement sensible ou non, en présence ou absence de plantes invasives, en fonction d'enjeux paysagers ou touristiques locaux, etc. Il ne peut donc pas être établi de règle générale.



Les plantes invasives comme le Buddleia (photo Cemagref) ou la renouée du Japon sont très difficiles à éliminer et posent de gros problèmes de visibilité et d'entretien sur les digues.

Le Cemagref a ainsi contribué à l'étude détaillée et à rédaction de plans ou recommandations de gestion sur plus de 500 km de digues (cf. rapports en bibliographie).

Une synthèse technique sous forme de guide à l'usage des gestionnaires et bureaux d'étude sera publiée par le Cemagref début 2012.

Référence:

Production scientifique

ZANETTI Caroline, VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, ROYET Paul, DUFOUR Simon, PROVANSAL Mireille - 2012 Tree root systems structure on earth dikes. soumis à River Research and Application 2011

ZANETTI C., VENNETIER M., BLANC Geoffrey, MÉRIAUX P., ROYET Paul, DANJON Frédéric, PROVANSAL Mireille - 2012: Tree root architectural analysis: an application to dike safety. soumis à Tree-Structure and fonction 2011.

ZANETTI C., WELLER A., VENNETIER M., MÉRIAUX P. - 2011: Detection of buried tree root samples by using geoelectrical measurements: a laboratory experiment. Plant and Soil, 339 p. 273-283. DOI 10.1007/s11104-010-0574

ZANETTI Caroline - 2010 Caractérisation du développement des systèmes racinaires ligneux dans les digues. Thèse de doctorat en géographie. Cemagref Aix en Provence, Université de Provence-Aix-Marseille 1, Aix en Provence, 197 p.

VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, BUSSET Florian, FELIX Huguette, LACOMBE Sylvain - 2010. Apport de la télédétection LIDAR aéroporté haute définition pour la caractérisation de la végétation des digues. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection 191: 36-41.

ZANETTI Caroline, GUIBAL Frédéric, BRUGIER Maxime, VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, PROVANSAL Mireille - 2010. Caractérisation de la croissance racinaire d'essences ligneuses implantées sur des digues fluviales. EDYTEM (11) 115-122

BLANC G. - 2009. Détermination d'une typologie architecturale sur la base des systèmes racinaires d'essences ligneuses implantées sur des digues. Mémoire de Master II Pro GERINAT - DENTES, Université de Provence, Marseille. Direction Vennetier M. et Zanetti Caroline 49p.

ZANETTI Caroline, VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, ROYET Paul, PROVANSAL Mireille, BLANC Geoffrey - 2009. Managing woody vegetation on earth dikes: risks assessment and maintenance solution. Proceedings of the International Congress "Ecological Engineering, from concepts to applications", 2-4 déc 2009. Paris. Procedia Environmental Sciences: 5p.

Articles et guides techniques

ZANETTI Caroline, VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, ROYET Paul - 2012. Guide de gestion de la végétation des digues. Cemagref Aix en Provence, 110 pages

ZANETTI Caroline, MERIAUX Patrice, VENNETIER Michel, ROYET Paul - 2011. Colonization of earth dams by trees: diagnosis and management policy. In Proceedings of the International Commission On Large Dams, Kyoto, Japan, 8-12 June 2012, 8p .

ZANETTI Caroline, MERIAUX Patrice, VENNETIER Michel, ROYET Paul - 2011. Tree growth on earth dams and canal dikes: diagnosis and recommendations based on case studies. (Colonisation par les arbres des petits barrages ou digues de canaux en terre : diagnostic et consignes d'entretien au travers d'études de cas). Actes du colloque CFBR-AFEID: «Sécurité des barrages et nouvelle réglementation française, Partage des méthodes et expériences», 9 Novembre 2010, Lyon. 7 p.

ZANETTI Caroline, VENNETIER Michel, MERIAUX Patrice, ROYET Paul, DUFOUR Simon, PROVANSAL Mireille - 2008. L'enracinement des arbres dans les digues en remblai : étude des systèmes racinaires et impacts sur la sécurité des ouvrages. Ingénierie EAT, n°53, pp. 49-67.

MERIAUX Patrice, VENNETIER Michel, et al. 2006 : Diagnosis and management of vegetation growth on embankments dams and dikes. In Proceedings of the 22nd Conference on Large Dams Commission International des Grands Barrages, Barcelone, juin 2006, p. 551-567

VENNETIER M., RIPERT C., CHANDIOUX O., MERIAUX P., DOIRAT G. – 2005. Gestion de la végétation des digues et berges sous contrainte de sécurité. Ingénieries EAT n° spécial 2004 "Ingénierie écologique" p. 25-36

VENNETIER, M., MERIAUX, P., RIPERT, C., CHANDIOUX, O. - 2005. Gestion de la végétation des digues et berges sous contrainte de sécurité. Action transversale ET (Eau et territoires). Séminaire Eaux et Territoires, quelles représentations pour le système Eau et Territoires? Paris, 9-10 juin 2005. 12p. [en ligne] http://intranet.cemagref.fr/animation/eau_territoires/index.html

VENNETIER M. 2003 : Bases de la gestion de la végétation des berges et digues sous contrainte de sécurité. Forêt méditerranéenne. T. XXIV, n°3, 2003, pp. 263-274

MERIAUX P, VENNETIER M. - LYON G. - 1999. Diagnostic study of mediterranean coastal river embankment: the Vidourle river. Acte de la XXIIIème conférence sur la sécurité et la durabilité des ouvrages hydrauliques, Kamien Slaski, POL, 3-5 novembre 1999, p. 69-77

Rapports d'étude

ZANETTI C., MERIAUX P., VENNETIER M. - 2011: Etude de l'enracinement des arbres sur la digue de Robinet – aménagement de Donzère-Mondragon. Rapport final. Cemagref Aix-en Provence, CNR, 28 p.

ZANETTI C., BLANC G., VENNETIER M., MERIAUX P. - 2009. Etude de l'enracinement des arbres dans la digue de fermeture du barrage de Castérino. Rapport d'étape. Cemagref / EDF, Décembre 2009, 25p.

ZANETTI C., VENNETIER M. - 2009. Etude de l'enracinement des arbres dans les digues de protection contre les crues de l'Isère. Cemagref / AD-IDR, Juillet 2009, 40p.

ZANETTI C., MERIAUX P., VENNETIER M. - 2009. Etude de l'enracinement des arbres dans les digues à charge hydrauliques permanente des aménagements de Donzère-Mondragon et Montélimar. Rapport final. Cemagref / CNR, Mars 2009, 60p.

ZANETTI, C. ; MERIAUX, P. ; VENNETIER, M. - 2008. Étude de l'enracinement des arbres dans les digues à charge hydraulique permanente, Montélimar et Donzère. Rapport complet. Cemagref, CNR, Aix en Provence, déc. 2008, 60p

ZANETTI C., MERIAUX P., VENNETIER M. - 2008. Etude de l'impact de l'enracinement des arbres sur la sécurité de la digue rive droite de l'aménagement de Cusset : Propositions de gestion de la végétation et d'interventions sur le parement amont. Rapport Confidentiel, Cemagref / EDF, Novembre 2008, 18p.

ZANETTI C., MERIAUX P., VENNETIER M. - 2008. Etude de l'impact de l'enracinement des arbres sur la sécurité de la digue rive droite de l'aménagement de Cusset : Propositions de gestion de la végétation et d'interventions sur le parement aval. Rapport Confidentiel, Cemagref / EDF, Mars 2008, 7p.

ZANETTI C., MERIAUX P., VENNETIER M. - 2008. Etude de l'impact de l'enracinement des arbres sur la sécurité de la digue rive droite de l'aménagement de Cusset : intervention sur le parement aval, Rapport d'étape. Confidentiel. Cemagref / EDF, Janvier 2008, 30p.

DOIRAT Gaylord, RIPERT Christian – 2004. Outil informatique de suivi du plan de gestion de la végétation des digues de l'Isère, du Drac et de la Romanche. Base de données et son interface utilisateurs sous MS ACCESS, Cemagref Aix en Provence, Association Départementale Drac, Romanche Isère.

DOIRAT Gaylord, RIPERT Christian – 2004. Notice d'utilisation de l'outil informatique pour le suivi du plan de gestion de la végétation des digues de l'Isère, du Drac et de la Romanche. Cemagref Aix en Provence, 21 p.

DOIRAT Gaylord, RIPERT Christian – 2004. Plan de gestion de la végétation des digues de l'Isère amont. Cemagref Aix en Provence, 22 p.

CHANDIOUX O. ; RIPERT C. ; VENNETIER M. ; ESTEVE R. - 2003 Etude de la végétation des digues du Rhône. Première partie : étude des systèmes racinaires. Cemagref, Aix en Provence, 10 p.

CHANDIOUX O., VENNETIER M. - 2003 : Etude de la végétation des digues du Rhône, deuxième partie, Rapport final. Cemagref Aix en Provence, 75p.

CHANDIOUX O., VENNETIER M. - 2003 : Etude de la végétation des digues du Rhône, troisième partie, Plan de gestion de la végétation. Cemagref Aix en Provence, 66p

RIPERT C., DOIRAT G., VENNETIER M., CHANDIOUX O., ESTEVE R., LE LOUET V., MERIAUX P. – 2003 : Etude du plan de gestion de la végétation arborée des digues de l'Isère. Cemagref Aix en Provence, 76 pages

MERIAUX P., VENNETIER M - 2001. Sécurité de la Digue de ceinture de Florensac (Hérault), recommandations pour le traitement de la végétation et compléments de diagnostic génie civil, rapport de mission Cemagref, 19 p.

VENNETIER M., ALIBERT N., BAILLON S - 2001. Diagnostic de la végétation des digues des basses plaines de l'Aude en lien avec la sécurité des ouvrages, Cemagref Aix en Provence, 26 p.

VENNETIER M., BEDECARRATS A., ALIBERT N., MORIN X., VANDEN-EEDE N., RIPERT C., ESTEVE R. - 2001 : Plan de gestion de la végétation des digues du Rhône ; rapport d'étape, première année, diagnostic de la végétation 122 p.

FOLTON C., LOUIS X., MERIAUX P., ESTEVE R., CHANDIOUX O., VENNETIER M., LION G., MATHIEU L., VERPY J.F. - 1998. Etude des digues du Vidourle, diagnostic et propositions d'aménagement, 327 p.

VENNETIER M., CHANDIOUX O.; ESTEVE R. - 1998 : Etude de la végétation des digues du Vidourle- diagnostic et propositions d'aménagement. Cemagref Aix en Provence, 30 p.