



Conciliation entre génie végétal et sécurité sur cours d'eau endigués

Caroline Zanetti^{1a2}, Patrice Mériaux^{1a}, Michel Vennetier^{1b} et André Evette^{1c}

^{1a} Irstea, Ouvrages hydrauliques et hydrologie, Aix-en-Provence, patrice.meriaux@irstea.fr

^{1b} Irstea, Ecosystèmes Méditerranéens et Risques, Aix-en-Provence, michel.vennetier@irstea.fr

^{1c} Irstea, Ecosystèmes Montagnards, Grenoble, andre.evette@irstea.fr

² ARBEAUSOLUTIONS, Société spécialisée en gestion de la végétation sur ouvrages hydrauliques, Meyreuil, c.zanetti@arbeausolutions.fr

I. Génie végétal & Mesures de sécurité à respecter en présence de digues

Les ouvrages de défense de berges construits à l'aide de techniques végétales et la végétalisation des protections de berges, avec des ligneux notamment, présentent de nombreux avantages sur les plans écologiques et paysagers. Ces techniques sont donc à encourager dans les projets d'aménagement de cours d'eau.

Il existe, cependant, une configuration d'ouvrages où des restrictions à la recommandation précédente s'imposent : c'est lorsque que la berge à défendre est prolongée par le talus (ou parement) d'une digue de protection contre les crues, que les règles de l'art du génie civil recommandent de maintenir à un état strictement enherbé.

En effet, d'après les recommandations de gestion françaises et européennes, les ouvrages hydrauliques en terre devraient être totalement dépourvus de végétation ligneuse sur toute leur surface et sur une frange de 5 m bordant leur pied, et n'être recouverts que de végétation herbacée rase. Hors, ce type de configuration est très rare en réalité.

Les berges des cours d'eau alpins, lorsqu'ils sont endigués, sont parfois très proches, voire confondues avec les digues de protection contre les inondations. Sur ces digues, la végétation herbacée est bénéfique dans la mesure où elle protège les talus de l'érosion de surface (ruissellement, ravinement), mais la présence d'arbres ou d'arbustes induit des risques de dégradations engendrés par le développement des systèmes racinaires.

Les configurations associant berge et digue nécessitent d'évaluer, avant tout projet de végétalisation, les impacts éventuels de la végétation, notamment arborée et arbustive, sur la sécurité de la digue. Il s'agit de prendre en compte les risques liés aux systèmes racinaires pouvant générer des dommages aux ouvrages hydrauliques en remblai, par création de galeries par les racines en décomposition, décompactage des matériaux et/ou déstructuration des parties d'ouvrages maçonnés.

I.1. Systèmes racinaires et risques pour les digues

Les systèmes racinaires induisent des risques d'érosion externe et interne pour les ouvrages hydrauliques en terre.

- Les risques d'érosion externe

L'arrachement d'un arbre, par le vent (chablis) ou le courant, sur une digue, réduit ponctuellement la largeur du remblai si l'arbre se situait sur l'un des talus et/ou engendre un point bas si l'arbre occupait la crête et si cette dernière est étroite. Il peut en résulter alors (i) un glissement du talus de l'ouvrage du fait de la rupture de pente (instabilité mécanique), (ii) un affouillement du pied ou une érosion externe du talus côté rivière par des courants tourbillonnaires, (iii) un raccourcissement du chemin hydraulique dans le remblai (ce qui renvoie à un risque d'érosion interne), voire (iv) une surverse (au niveau du point bas sur la crête créé par un chablis).

- Les risques d'érosion interne

Figurant parmi les principales causes de rupture des ouvrages hydrauliques en terre, le mécanisme d'érosion interne est favorisé par la présence des systèmes racinaires qui constituent des zones d'hétérogénéité et de perméabilité dans le corps du remblai ou au contact remblai-sol naturel.

De leur vivant, les racines ont une action mécanique défavorable dans les digues. Elles induisent (i) le décompactage des matériaux du remblai, (ii) la déstructuration des revêtements maçonnés ou bitumés, (iii) la colonisation des joints puis leur dégradation, (iv) l'élargissement des fissures existantes ainsi que (v) l'envahissement et le colmatage des systèmes de drainage ou des filtres si la digue en est dotée.

Après pourrissement, elles génèrent un risque d'effondrement, lorsqu'il s'agit de souches ou de racines de fort diamètre, et de renard hydraulique du fait de la création de conduits francs ou à perméabilité élevée favorisant les infiltrations et la circulation de l'eau, ce qui amène dans certain cas à la formation de brèches dans la digue.



Photo 1 : Départ de galerie créée par une racine décomposée en pied de digue dans des matériaux limoneux

I.2. Préconisation de gestion de la végétation sur berge et sur digue

La végétation sur berge et sur digue ne doit pas être traitée de la même façon.

Les berges de cours d'eau constituent des zones d'interface (ou écotones) entre les milieux terrestres et aquatiques, elles présentent une très grande richesse floristique et faunistique. Les ripisylves jouent un rôle majeur de corridors biologiques et remplissent des fonctions écologiques essentielles. Ainsi, elles accueillent et sont utilisées comme couloir de migration par de nombreuses espèces animales et végétales. Dans des zones fortement urbanisées, comme le sont par exemple localement certaines vallées alpines, les ripisylves constituent parfois le dernier corridor écologique disponible pour connecter les zones situées de part et d'autre des zones urbanisées. Les bénéfices écologiques des ripisylves concernent également l'amélioration de la qualité de l'eau par rétention des sédiments et piégeage des éléments polluants en excès (phosphates, nitrates, pesticides) et l'effet favorable sur la production piscicole (ombrage limitant le réchauffement estival, apport de nourriture). Les ripisylves ont aussi une action anti-érosive (stabilisation des talus de berge) et une fonction paysagère ou récréative (loisir, pêche...).

La végétation sur les digues quand elle est présente assure ces mêmes fonctions, cependant elle doit être gérée sous contrainte de sécurité, les digues protégeant des inondations les biens et les personnes situés en retrait. L'arbre sur la digue, comme nous l'avons vu précédemment, a souvent des impacts négatifs en termes d'érosion externe et interne, qui peuvent gravement nuire à l'intégrité de l'ouvrage.

Des préconisations générales concernant le traitement de la végétation arborée peuvent être édictées. Il est très souvent nécessaire de sectoriser et prioriser les interventions en fonction des enjeux situés en arrière des ouvrages afin de gérer la végétation implantée sur un long linéaire de digue.

- Sur digue

1/ Lorsque des arbres sont présents, limiter leur hauteur et la prise au vent par des élagages. A plus long terme, éliminer progressivement ces arbres et leurs souches avant que ces dernières et leurs racines n'atteignent de grandes dimensions.

Si le maintien d'arbres est malgré tout souhaitée pour des raisons paysagères ou sociales, éliminer comme précédemment les arbres et souches des espèces les plus dangereuses (robinier, peuplier, saule) et limiter la taille des autres arbres par des coupes régulières en éliminant régulièrement les souches de plus de 30 ans.

Lorsqu'il n'y a pas d'arbres, éviter absolument leur installation par des entretiens réguliers.

La pelouse régulièrement fauchée reste la meilleure couverture végétale pour une digue.

Un plan de gestion détaillé est nécessaire pour assurer un tel suivi.

2/ Éviter la présence d'arbres penchés ou malades (signe de pourritures : cavité humides, suintements, champignons au collet...) ou morts sur les digues et sur les berges à proximité immédiate du pied de digue.

3/ Retirer rapidement les arbres tombés dans le lit de la rivière lorsqu'il est étroit et risquant d'entraver l'écoulement de l'eau en crue. Ces arbres et/ou souches renversés constituent des obstacles et perturbent les écoulements générant des courants tourbillonnaires responsables d'érosion localisée et d'affouillement des pieds de digue et/ou des berges qui supportent les digues.

Les points 2 et 3 doivent être adaptés au risque local d'érosion et d'embâcle, c'est-à-dire à la capacité hydraulique du lit et des ouvrages en aval, à la pente des berges, à la proximité de la digue. En absence de risque sérieux, les arbres morts sur les berges et les petits embâcles dans le lit constituent des foyers de biodiversité et sont donc à préserver.

4/ Les arbres implantés sur les perrés empierrés ou les enrochements sont problématiques dans la mesure où (i) leur arrachement engendre de gros dégâts pour l'ouvrage et de lourds travaux de reconstitution et (ii) leur abattage induit un risque de décomposition avec une forte probabilité d'apparition de désordres sous 5 à 10 ans selon les espèces végétales. Ces désordres nécessiteront également des travaux conséquents de remise en état, sans parler du risque de formation de renards hydrauliques lorsque les souches seront décomposées.

5/ Idéalement, abattage et dessouchage des gros arbres (> à 40 cm de diamètre au collet) implantés sur la digue, et à moins de 5 m du pied, et reconstitution de la digue.

- Sur berge

Comme nous l'avons vu précédemment, sur les berges, les effets positifs des arbres sont nombreux. Parfois il est nécessaire afin de protéger une berge trop raide ou en érosion rapide (ne permettant pas ou ne laissant pas le temps à la végétation de s'installer) d'avoir recours à des solutions de renforcement. Les techniques de génie végétal sont donc fortement préconisées lorsque ces berges ne constituent pas des talus de digue. Elles sont efficaces, généralement moins onéreuses et d'un meilleur bénéfice écologique que les techniques de génie civil. Il faut cependant rester vigilant quant à la colonisation des espèces végétales implantées à l'interface berge/digue.

II. Etude et conseils sur les limites de la végétalisation lorsque les ouvrages servent de digue

Des études conduites sur les enracinements des arbres et arbustes dans les digues et berges de cours d'eau, dans le cadre du projet Franco-Suisse Géni'Alp, ont permis de caractériser la structure globale des systèmes racinaires (forme, dimension, distribution des racines, spécificités morphologiques) ainsi que les volumes d'encombrements des souches (ensemble « système racinaire et matériaux »). Ces analyses permettent de mieux connaître les risques associés à la présence de ces végétaux sur les ouvrages et ainsi d'affiner les recommandations lorsque l'on souhaite mettre en œuvre des techniques de génie végétal sur une berge à proximité d'une digue.

II.1. Les paramètres contrôlant la structure des systèmes racinaires

Il existe quatre types d'enracinement : traçant, mixte, pivotant et fasciculé, induisant des risques différents pour les ouvrages à moyen et long termes.

Un système traçant est peu résistant au risque d'arrachement mais assure en contrepartie une fixation de la partie superficielle du sol face au ruissellement ou au courant. Ce type de structure est dangereux pour l'ouvrage si les racines s'enfoncent dans le corps de digue à l'horizontale et traversent une partie de l'ouvrage.

Un système fasciculé présente une bonne résistance à l'arrachement du fait de la répartition dense et homogène des racines, mais a un volume d'encombrement élevé, nuisible pour la structure génie civil en cas de pourrissement ou d'arrachage.

Un système pivotant mature génère un risque pour les ouvrages car il pénètre le corps du remblai. Il assure un bon ancrage de l'arbre par son ou ses pivots mais pose cependant des problèmes de déstructuration des matériaux. Les pivots de gros diamètre engendrent en outre, un risque d'effondrement après leur pourrissement.

Un système racinaire à structure mixte, composé de racines horizontales et verticales, rassemble les avantages et inconvénients précédemment énoncés pour les systèmes traçants et pivotants.

Les multiples paramètres influençant la structure des systèmes racinaires sont l'espèce végétale, l'âge de la souche, les propriétés des matériaux de la digue ou de la berge, la position de l'arbre sur le talus qui conditionne l'accès à l'eau.

- Structure racinaire et position de l'arbre sur la digue ou la berge

Les arbres positionnés en pied de berge ou digue ont des systèmes traçants. On observe chez la plupart des espèces une galette racinaire plane qui épouse la surface supérieure de la nappe par un nombre très important de radicules (Photo 2). En effet, l'essentiel des essences de bord de cours d'eau ont d'important besoin en eau pour se développer mais n'émettent pas de racines sous le niveau permanent des eaux (asphyxie), à l'exception de l'aulne qui a des racines capables de capter l'oxygène présent dans l'eau.

Sur les zones situées en milieu ou pied de digue et berge, les systèmes racinaires sont mixtes ou fasciculés. Dans ces situations, les racines se développent en profondeur pour capter l'eau. Une fois atteinte, les pivots se subdivisent en racines fines et radicules absorbantes (Photo 3).



Photo 2 : Système traçant avec galette racinaire plane au contact de l'eau (saule blanc en pied de digue)



Photo 3 : Système mixte avec pivot (saule blanc en milieu de digue)

L'accès à l'eau modifie ainsi la structure des systèmes racinaires et ceci peut également s'observer au sein d'un même système (Photo 4). Sur un système traçant, on perçoit une nette différence entre la partie du système qui est dans les matériaux secs et l'autre qui est dans des matériaux imbibés d'eau, avec d'un côté des racines ligneuses traçantes superficielles peu nombreuses et de l'autre une très forte densité de racines fines et radicelles. Ces systèmes racinaires se caractérisent par une morphologie duale.



Photo 4 : Souche à morphologie duale (aulne glutineux en pied de berge)

- Structure racinaire et matériaux

La granulométrie des matériaux induit des modifications de la structure racinaire. Dans les matériaux grossiers (sablo-graveleux), les racines ont une morphologie irrégulière (marquée par la présence de galets) et sont moins nombreuses que dans les matériaux fins (sablo-limoneux). Sur la Photos 5-a, on peut voir les déformations des racines pivotantes qui comportent les traces des galets dans lesquels elles se sont développées. Dans les matériaux fins, les racines sont nombreuses et ont une morphologie régulière (Photos 5-b).



Photos 5 : a-Frêne sur matériaux sablo-graveleux (structure mixte, haut de digue) b-Frêne sur matériaux sablo-limoneux (structure fasciculée, haut de berge)

Les frênes sur les photos 5 sont tous les deux situés en haut de berge ou de digue. Sur matériaux grossiers on a une structure mixte, tandis que sur matériaux fins, on observe une structure fasciculée. Ceci met nettement en avant que la structure racinaire dépend beaucoup plus des conditions de développement (accès à l'eau et matériaux) que de l'espèce végétale. Par contre, certaines essences ont des spécificités morphologiques qui méritent d'être décrites.

- Structure racinaire et espèce végétale

Certaines espèces végétales développent des particularités morphologiques qui rendent leur présence indésirable sur les digues, telles que les peupliers noir et blanc, le saule blanc et le robinier.

- Aulne glutineux : essence hygrophile qui a des racines pouvant se développer sous l'eau et qui émet de denses chevelus racinaires qui tapissent les berges et le fond du lit mineur. Nous avons pu observer, lors de l'arrachage des aulnes en bordure de cours d'eau, que ces fortes densités de racines ligneuses fines et de radicelles protègent les berges et le lit de l'érosion, en fixant les matériaux.

Les arbres ayant un accès à l'eau immédiat n'ont pas besoin de développer de racines profondes pour y accéder, les racines restent à l'interface eau/matériaux. Ce sont dans ce cas des systèmes traçants. Les aulnes développent des racines plus profondes avec des systèmes racinaires mixtes lorsqu'ils ne sont pas en pied de berge. Les aulnes ne semblent pas émettre de racines de fort diamètre (supérieur à 10 cm).



Photo 6: Système traçant qui tapissait la berge et le fond du lit (aulne, en pied de berge)

- Saules blanc et pourpre : le saule blanc (arboré) est également une essence hygrophile, il présente une structure mixte, traçante ou fasciculée et peut émettre de grosses et longues racines traçantes (Photo 7). Les systèmes mixtes présentent en plus des pivots de grosse dimension.

Le saule pourpre (arbusatif) est une espèce ubiquiste que l'on trouve dans des milieux très variés et jusqu'à plus de 2000 mètres d'altitude, mais qui présente une croissance relativement lente et des racines ligneuses de plus faible dimension. Le développement de cet arbuste est deux fois moins rapide que celui des ses voisins les

saules arborés : 0,75 cm/an de croissance en diamètre contre 1,67 cm/an pour les saules blancs également implantés en pied de digue.



Photo 7 : Grosse racine traçante de saule blanc (en pied de berge)

- Robinier : essence mésophile, le robinier présente souvent 1 à 2 racines traçantes de gros diamètre et grande longueur (Photo 8).



Photo 8 : Souche de robinier avec 2 grandes racines traçantes (robinier, en haut de digue)

- Frêne : essence mésophile, le frêne présente souvent des systèmes mixtes. Les racines ont des dimensions homogènes (pas de racines aux dimensions disproportionnées par rapport au reste de la souche, contrairement au robinier ou au saule).

- Cornouiller et buddleia¹ : tous deux dotés d'une structure traçante très superficielle, ces essences arbustives ne présentent qu'un très faible volume racinaire. Nous n'avons jamais étudié ces essences auparavant et nous n'avons observé qu'un seul sujet pour chacune de ces deux espèces, nous ne pouvons donc pas généraliser ce résultat.

- Structure racinaire et l'âge / dimension des souches

Toutes espèces et tous types de structures racinaires confondus, la relation entre l'âge des arbres et le volume d'encombrement de leur système racinaire est très faible. Les différences de site, d'espèce et de type d'arbre (rejet et franc pied), expliquent ces variations.

A âge égal, les systèmes racinaires mixtes et fasciculés ont des volumes d'encombrement plus importants que les systèmes traçants. Les systèmes racinaires traçants des aulnes, sont bien plus étendus en surface que ceux des autres espèces étant donné que les racines tapissent les zones immergées.

Pour des âges équivalents, et dans des conditions semblables (en milieu ou haut de digue / en milieu ou haut de berge), les systèmes racinaires des saules blancs et des peupliers noirs ou blancs ont un volume d'encombrement deux fois supérieur à ceux des robiniers et des frênes.

Le saule blanc semble ainsi être l'espèce végétale, parmi celles observées, qui présente le système racinaire le plus volumineux et les plus grosses racines traçantes et/ou pivotantes.

¹ Buddleia (*Buddleja davidii*) : aussi appelé arbre aux papillons, est un arbuste originaire de Chine, invasif en Europe.

II.2. Décomposition racinaire et risque

Tandis que la décomposition des pivots et du cœur des souches génère des risques effondrements localisés, celle des grandes racines traversantes crée un risque de formation de renard hydraulique.

La date de mort des racines est souvent inconnue, mais l'état visuel de dégradation nous renseigne sur les modalités du phénomène de décomposition. La texture du bois (sciure, copeaux, bois encore consistant) et la structure du bois (état de conservation du cœur, du duramen, de l'aubier et de l'écorce) ainsi que les traces d'attaques du bois (champignons ou insectes) peuvent être observées. Cette caractérisation de l'état de décomposition permet de déterminer si les racines pourries sont susceptibles de créer des chemins d'écoulement préférentiel pouvant générer l'apparition de désordres dans les ouvrages.

Dans les matériaux faiblement cohésifs, le réarrangement spontané comble les zones de décomposition au fur et à mesure que le bois pourrit. Ainsi, les zones de bois en décomposition n'accroissent que peu le risque de circulation d'eau car ces matériaux sont déjà perméables naturellement.

Par contre, dans les matériaux fins et cohésifs (limoneux, argilo-limoneux), les vides créés par la décomposition des racines persistent longtemps (Photo 10). Si cela n'est pas dérangeant dans le cas d'une berge, ça l'est beaucoup plus dans le cas d'une digue dont la fonction principale est de contenir une charge hydraulique et les écoulements en période de crue.

Indépendamment du type de matériau, les racines peuvent créer des galeries lorsque le bois de cœur se désagrège plus rapidement que le bois périphérique ou l'écorce. La présence de matière organique, liée à la décomposition des racines et enrichissant le sol, est ainsi favorable à la colonisation des galeries de racines mortes par les racines vivantes des végétaux implantés à proximité.



Photo 9 : Souche en décomposition (saule pleureur, en haut de berge)



Photo 10 : Racine en décomposition dans des matériaux cohésifs (berge)

III. Recommandations sur les limites de la végétalisation ligneuse sur des berges intégrées à une digue de protection contre les crues

La végétalisation des protections de berge et les ouvrages de défense de berge construits à l'aide de techniques végétales présentent de nombreux avantages environnementaux. Ces techniques sont donc à encourager dans les projets d'aménagement de cours d'eau. Il existe cependant une configuration d'ouvrages où des restrictions à la recommandation précédente s'imposent : lorsque la berge à défendre est prolongée par le talus (ou parement) d'une digue de protection contre les crues, les règles de l'art du génie civil recommandent de la maintenir dans un état strictement enherbé, dans sa partie haute tout au moins.

Une digue de protection contre les crues est un ouvrage en remblai ou en maçonnerie construit en élévation par rapport au niveau du terrain naturel et/ ou au sommet de la berge (si la digue est proche du cours d'eau), dont la fonction est de contenir l'eau afin de l'empêcher d'envahir une zone naturellement inondable. Ici, seul le cas des digues en remblai est considéré.

Dans cette configuration, des arbres ou arbustes se développant sur la digue ou à proximité de son pied, côté rivière ou torrent, sont susceptibles de remettre en cause la sécurité de l'ouvrage et donc sa fonction de protection des biens et des personnes situés dans la zone inondable. Il peut alors y avoir une contradiction entre la volonté de végétaliser les berges de cours d'eau et celle d'éviter arbres et arbustes sur les digues. Notons que la configuration amenant à un tel conflit d'objectifs n'est absolument pas majoritaire le long des cours d'eau de montagne car, bien que l'on ne dispose pas de statistiques précises, seule une faible part du linéaire total des rivières torrentielles et des torrents alpins est endiguée, au sens défini ci-dessus.

Par ailleurs, il est ici convenu que la berge de cours d'eau est dite « intégrée » à une digue lorsque le sommet de berge est confondu avec le pied côté rivière ou torrent du parement de ladite digue, où est situé à moins de 5 mètres de celui-ci (Figure 1). Si le sommet de berge est à plus de 5 mètres du pied de digue, on peut en effet considérer que l'on dispose d'une marge de sécurité suffisante pour laisser les ligneux se développer sur la berge sans conséquence fâcheuse pour la digue, à condition toutefois de pratiquer une surveillance de routine adéquate.

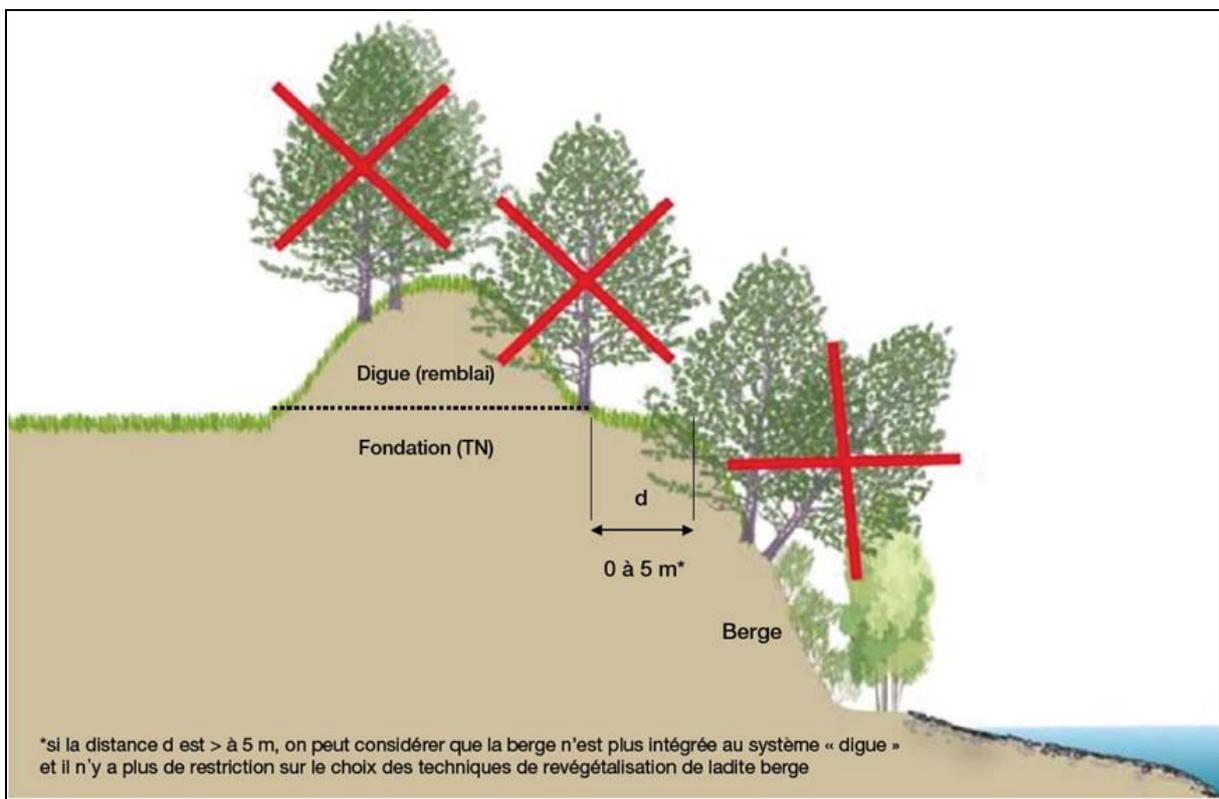


Figure 1 : Préconisations dans le cas d'une digue surplombant une berge pentue

IV. Synthèse

La végétation arborée sur les berges remplit de multiples fonctions positives. Les techniques de génie végétal sont donc fortement préconisées lorsque ces berges ne constituent pas des talus de digue. Il faut cependant rester vigilant quant à la colonisation des espèces végétales implantées à l'interface berge/digue.

Parmi les essences arborées étudiées, le robinier, les peupliers et le saule blanc sont celles qui présentent les caractéristiques les moins adaptées à la sécurité des digues. Elles ont de grandes et grosses racines traçantes, susceptibles de traverser une partie de l'ouvrage. Le saule et le peuplier développe également de gros pivots avec un volume d'encombrement des souches très important. Ce dernier a une croissance très rapide dans les milieux rivulaire que sont les digues et les berges (pour le même âge, les saules et les peupliers ont un diamètre trois fois plus important que les robiniers).

Il est difficile d'établir des règles générales pour tous les ouvrages hydrauliques et cours d'eau, car chaque cas est particulier en termes d'enjeux sécuritaire, social, écologique et paysager, ainsi qu'en termes de régime hydrique, de type et violence de crue, de matériaux, de dimension, de climat, de position de la digue par rapport à la berge, de marge de sécurité, etc....

Gardons à l'esprit qu'au-delà d'une distance de l'ordre de 5 mètres par rapport au pied de digue, le gestionnaire a toute latitude pour végétaliser les berges.

Un diagnostic précis et la rédaction d'un plan de gestion adapté est nécessaire pour tout choix qui s'écarte de la règle de base, qui consiste à entretenir, sur les digues et ouvrages hydrauliques en terre, une végétation au stade uniquement herbacée. Cette règle ne souffre d'exception que sur les ouvrages de très grandes dimensions et largeur avec des pentes faibles de talus, ou lorsqu'ils sont équipés de dispositifs étanches robustes (paroi moulée).

La règle de base est d'éviter totalement la présence d'arbre ou grands arbustes sur ces ouvrages, et lorsqu'ils sont déjà boisés, d'éviter au moins que ces arbres et leur souche n'atteignent de grandes dimensions en hauteur ou diamètre. Il faut cependant noter que sur les ouvrages étroits et très raides, les arbres restent parfois les seuls éléments assurant temporairement la stabilité de l'ouvrage. Leur suppression implique donc de refaire l'ouvrage dans sa totalité (Figure 1).

Bien que cela soit parfois difficilement acceptable au niveau social, écologique et paysager, et sauf exception citée ci-dessus, il n'est pas souhaitable d'implanter des arbres sur les ouvrages hydrauliques en terre neufs ou restructurés, sauf si les digues ont des profils très large, ce qui est rarement possible car les emprises sont malheureusement trop étroites.

Certaines essences employées en génie végétal ont un développement très rapide qui peut engendrer de lourds frais d'entretien pour assurer la visibilité des talus de l'ouvrage. Le choix d'espèces et le plan d'entretien doivent donc tenir compte des enjeux locaux.

Dans les projets de réaménagement de digue, une possibilité permettant de concilier protection de berge par végétalisation (sans plus aucune restriction) et sécurité de la digue remise à niveau, est de déplacer la digue, c'est-à-dire de l'éloigner du cours d'eau afin de restaurer l'espace de mobilité de ce dernier sur les tronçons où cela s'avère possible. De telles solutions de travaux apparaissent progressivement.