

Une nouvelle technique d'éradication mécanique des renouées du Japon testée avec succès au bord de l'Ain et de l'Isère

M. Boyer

▶ **To cite this version:**

M. Boyer. Une nouvelle technique d'éradication mécanique des renouées du Japon testée avec succès au bord de l'Ain et de l'Isère. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 2009, 57-58, pp.17-31. hal-02592212

HAL Id: hal-02592212
https://hal.inrae.fr/hal-02592212

Submitted on 15 May 2020

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.

Une nouvelle technique d'éradication mécanique des renouées du Japon testée avec succès au bord de l'Ain et de l'Isère

Mireille Boyer

Après la destruction des milieux naturels, la prolifération d'espèces « exotiques » est considérée comme la seconde cause de disparition de la biodiversité dans le monde. Ayant des impacts écologiques, mais aussi économiques, l'expansion de ces plantes dites « invasives » constitue donc une préoccupation pour les pouvoirs publics et les gestionnaires d'espaces. Dans cet article, l'auteur nous propose l'utilisation d'une nouvelle technique, testée avec succès au bord de l'Ain et de l'Isère, pour éradiquer mécaniquement la renouée du Japon, une plante ornementale dont l'expansion au bord de cours d'eau représente une réelle nuisance.

Les renouées du Japon au sens large, englobant deux espèces originaires du Japon et du Nord-Est de l'Asie et leurs hybrides, ont été introduites en Europe comme plantes ornementales dans la deuxième moitié du XIX^{e} siècle (Bailey et Conolly, 2000). Elles ont également été introduites à la fin du XIX^{e} siècle en Amérique du Nord, puis en Australie et en Nouvelle-Zélande. Dans ces aires d'introduction, l'absence de phytophages, de parasites ou de pathogènes capables de leur causer des dégâts significatifs permet à ces herbacées géantes d'exprimer pleinement toutes leurs capacités de croissance et explique leur classement actuel dans le Top 100 mondial des espèces invasives fourni par l'Union mondiale pour la nature (UICN[1]).

Les impacts écologiques des invasions sont souvent mal connus précisément et on cite plus souvent leurs impacts économiques. Dans le cas des renouées du Japon, ils s'expriment de façon très visible dans les écosystèmes alluviaux, du fait du gigantisme de la plante et de l'occupation végétale mono-spécifique des espaces, et ils commencent à être un peu mieux compris. Les renouées du Japon excluent en effet les autres plantes des milieux et cela même dans les milieux initialement très riches en espèces (Bimova, 2004) ; il est également constaté une baisse des populations d'invertébrés (Werner *et al.*, 2008) et un détournement d'une grande partie des ressources énergétiques et nutritives au profit exclusif des rhizomes (tiges souterraines) des renouées. Des pertes de 65 % de la biomasse des invertébrés par rapport aux zones herbacées, et de 40 % par rapport aux zones buissonnantes, ont ainsi été observées en bord de rivière (Gerber *et al.*, 2008). De même, 70 % de la biomasse végétale produite pendant la saison végétative est séquestrée dans les rhizomes (Price *et al.*, 2002) et les restitutions au sol par les litières végétales, bien que celles-ci soient abondantes, sont en réalité très pauvres. Les renouées présentent en effet la capacité de pouvoir récupérer dans les rhizomes, une grande partie de l'azote contenu dans leurs feuilles avant leur sénescence (Urgenson, 2006). Ces études indiquent par conséquent une importante perte de biodiversité locale et à une échelle plus large, des modifications possibles des ressources trophiques des hydro-systèmes, car celles-ci dépendent des litières végétales. Ces impacts pourraient donc se répercuter sur les chaînes alimentaires et s'étendre ainsi à d'autres espèces animales. De fait, la plupart des gestionnaires et des scientifiques reconnaissent aujourd'hui l'intérêt et la nécessité de mettre en place des stratégies de lutte contre la dispersion des renouées du Japon.

C'est en effet contre la dissémination de ces plantes sur de nouveaux sites, qu'il faut lutter prioritairement. Cette lutte est facilitée par le fait que les renouées du Japon se dispersent surtout à partir des tiges aériennes ou des rhizomes, organes souterrains de réserve et de multiplication, et très peu par la dispersion des graines, car elles sont souvent stériles et les semis ne sont pas invasifs la première année (Forman et Kesseli, 2003). Les déplacements de terres infestées par des processus artificiels comme les engins de terrassement, ou naturels comme les crues, constituent par conséquent une des cibles majeures des stratégies de

1. *International Union for Conservation of Nature.*

Les contacts

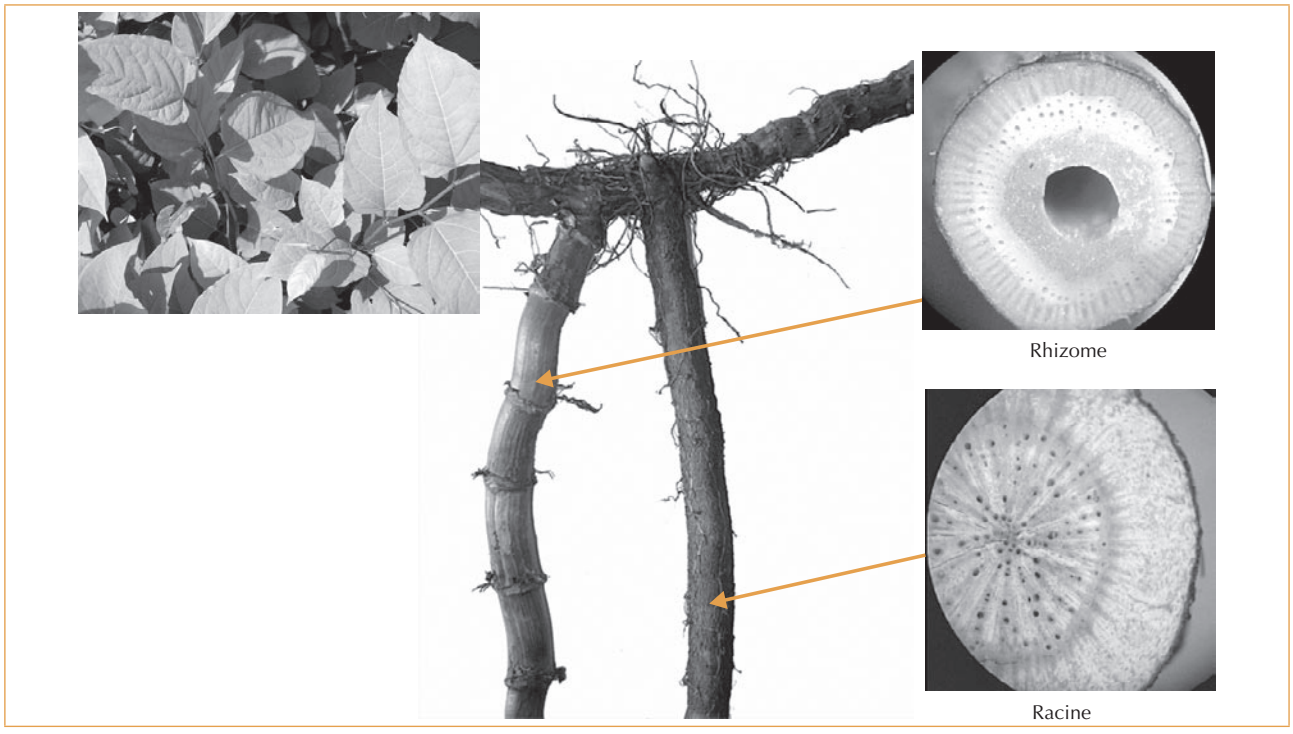
Bureau d'études Concept.Cours.d'EAU, chemin du Tilleret, 73230 Vérel-Pragondran

lutte. Si le premier mécanisme est assez connu, le second est trop souvent oublié des gestionnaires de cours d'eau. Les inventaires montrent pourtant l'efficacité de cette propagation naturelle, comme sur ce petit cours d'eau drômois en cours de colonisation dénommé les Collières, où, à 7 ans d'intervalle, les renouées ont parcouru 4 km de plus vers l'aval et ont multiplié leur nombre de massifs par 3,6 et leur surface totale par 13. Les actions pour bloquer cette progression comme l'arrachage précoce des nouvelles implantations liées aux crues (http://pagesperso-orange.fr/fallopia.japonica/arrachageprecoce.html), sont d'ailleurs d'autant plus essentielles, que l'extrême vigueur de la plante, capable de réparer en quelques jours des dommages subis, rend ensuite sa destruction très difficile. Une fois la plante établie, il ne reste alors souvent peu d'autres possibilités que des mesures permanentes d'entretien telles que les fauches, pour compenser les impacts de la plante et rétablir une certaine diversité sur les sites infestés.

Mais prévention et compensation ne sont pas toujours suffisantes et l'éradication présente un intérêt toujours plus important avec la progression des plantes invasives alors même que très peu de techniques sont disponibles. En effet, en raison de leur impact sur la faune et la flore aquatique, l'utilisation des herbicides est aujourd'hui considérablement limitée par la législation et il n'existe plus depuis fin 2008 de produits autorisés en bord de rivière. Les actions mécaniques visant les parties aériennes, comme les fauches répétées, plutôt assimilées à des mesures compensatoires, ne montrent une certaine efficacité qu'après de nombreuses années, ce qui ne répond pas aux attentes des gestionnaires. L'évacuation des terres infestées, technique utilisée en Grande Bretagne, a d'importants impacts environnementaux dus au transport et à la mise en décharge. Enfin, le CABI[2] mène des études pour sélectionner et introduire des agents de lutte biologique, parmi les 175 espèces exotiques s'attaquant aux renouées du Japon dans leur aire d'origine, comme l'insecte suceur *Aphalara itadori* (http://www.cabi.org/japaneseknotweedalliance). Mais en 2008, la commission scientifique interrogée à ce sujet a considéré que les connaissances étaient insuffisantes pour autoriser l'introduction du psylle.

La destruction complète de massifs de renouées du Japon semblait donc impossible jusqu'à l'apparition sur le marché d'outils portables et puissants, les godets-cribleurs-concasseurs. Ces outils ont ouvert de nouvelles voies de développement pour des techniques d'éradication efficaces, dirigées directement contre les rhizomes et ne polluant pas les sols (figure 1). C'est ainsi que des premiers

2. *Centre for Agricultural Bioscience International*.



▼ Figure 1 – Structures aériennes et souterraines des renouées du Japon, composées de tiges herbacées feuillées, de rhizomes et de racines.

essais d'éradication mécanique ont pu être menés avec succès au bord de l'Ain au cours de l'hiver 2005-2006, pour répondre à une demande du Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels. Il s'agissait de réduire le potentiel invasif de sédiments infestés avant l'arasement d'un banc alluvial et le déversement des alluvions dans la rivière d'Ain. Le conseil général de la Savoie, confronté à la problématique similaire au bord de l'Isère, a poursuivi cette expérimentation en 2007-2008 pour préciser les conditions de réussite de l'éradication mécanique. Enfin, comme le déversement des produits de curage dans des anciennes gravières en eau est aussi un débouché envisagé par certains gestionnaires, le conseil général a élargi l'expérimentation à l'analyse des risques de colonisation de ces gravières.

Matériels et méthodes

Précautions

Des précautions importantes ont été prises pour éviter toute exportation de rhizomes à partir des engins de terrassement utilisés. Les chauffeurs ont été fortement sensibilisés au risque et chaque engin a été soigneusement nettoyé sur place au jet haute-pression puis vérifié avant de quitter le site. Tous les rhizomes prélevés pour l'expérience ont ensuite été mis en décharge pour être brûlés.

Outils utilisés et sites expérimentaux

Les expériences se sont déroulées sur trois sites expérimentaux et portaient sur la mise au point d'une technique d'éradication mécanique par concassage, et sur l'évaluation des risques de contamination des plans d'eau, car ceux-ci pourraient servir très prochainement de zone de stockage définitif pour les terres infestées (tableau 1).

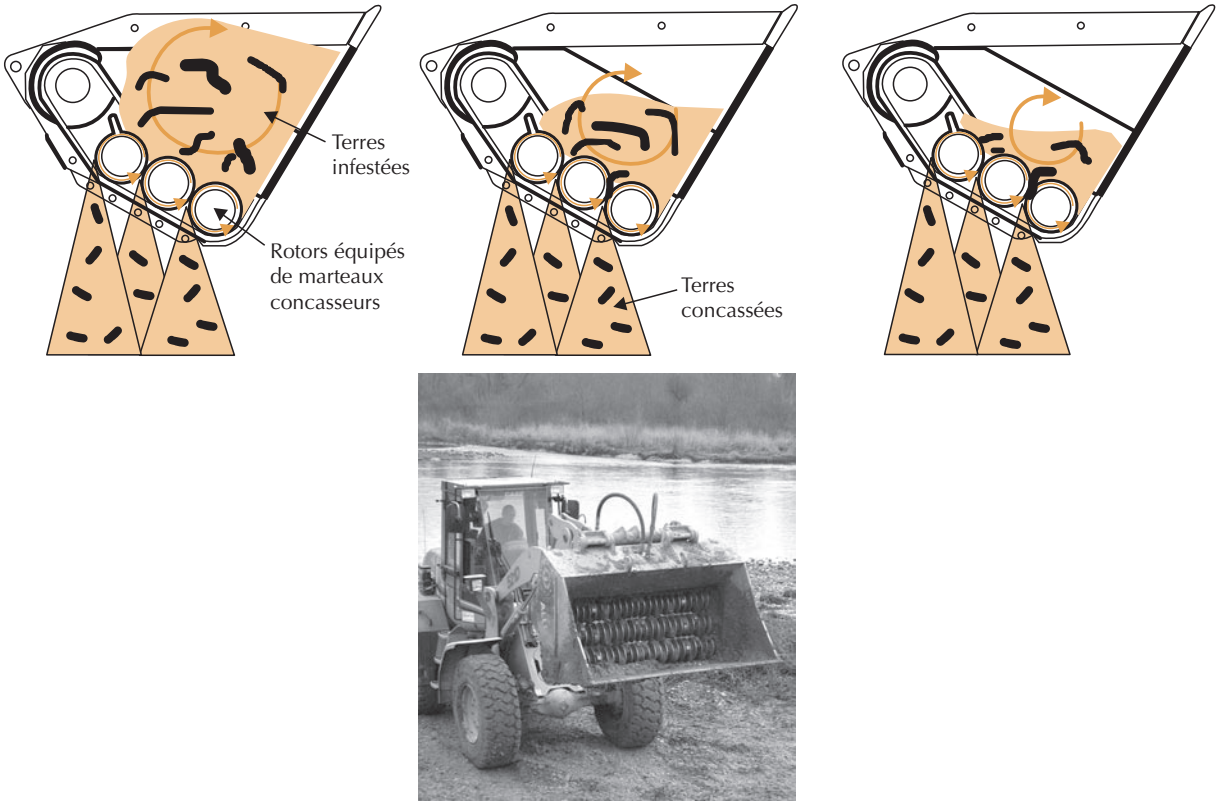
Le procédé de concassage utilisé consiste à décaper les alluvions pour les faire passer au travers d'un godet-cribleur-concasseur (figure 2). Les matériaux entraînés par gravité au fond du godet sont contraints de passer au travers des rotors équipés de marteaux. Seuls quelques très gros éléments non brisés restent dans le godet. Ce type de godet peut traiter des matériaux de granulométrie très variable en fonction du diamètre des rotors utilisés. L'intérêt de ces godets pour le traitement des alluvions infestées, est leur mobilité et leur grande maniabilité, puisqu'ils peuvent facilement être montés sur des chargeuses ou des pelles hydrauliques.

Des godets de la marque ALLU ont été utilisés dans les deux essais, un modèle normal SM3-12 monté avec des rotors XHD60 (60 mm) et des marteaux de 60 mm sur l'Ain et un modèle plus puissant SMH3-12 monté avec des marteaux de 40 mm sur l'Isère (tableau 1).

Dans les deux expériences de concassages, les matériaux alluvionnaires ont été extraits et mis en cordons à l'aide d'une pelle mécanique le long des excavations, puis ils ont été repris et concassés par le godet-cribleur-broyeur avant d'être remis dans l'excavation. Pour les parcelles témoins, le protocole a été le même excepté le

Tableau 1 – Sites expérimentaux.

Sites	Date	Outils utilisés	Natures des alluvions infestées	Techniques d'éradication testées
Atterrissement au bord de l'Ain à Gévrieux	2005/2006	ALLU SM3-12 (XHD60), marteaux standards 60 mm	Sables argileux très calcaires et très cohésifs à l'état humide avec présence de galets (16 % d'argiles, 18 % de limons, pH = 8,24)	Concassage d'alluvions infestées en présence d'une nappe alluviale affleurante
Atterrissement au bord de l'Isère à Grésy-sur-Isère	2007/2008	ALLU SMH3-12 (XHD60), marteaux standards 40 mm	Sables limoneux et calcaires peu cohésifs, sans présence de galets (60 % de sables, 34 % de limons, pH = 8,28)	Concassage et traitements complémentaires d'alluvions infestées sans présence de nappe
Friche à Sainte-Hélène-sur-Isère	2007/2008	–	–	Déversement direct en plan d'eau de matériaux infestés



▲ Figure 2 – Chargeuse équipée d'un godet cribleur concasseur (source : IDEACHIP). Le godet est rempli d'alluvions infestées préalablement décaissées. Celles-ci sont alors concassées en passant au travers des rotors équipés de marteaux et retombent au sol à leur emplacement d'origine.

passage dans le godet, le matériau étant décaissé, mis en cordon puis repris, et remis dans l'excavation sans être concassé.

Essais sur l'Ain (2005/2006)

Les premiers essais d'éradication mécanique par concassage ont été réalisés en décembre 2005 au bord de la rivière d'Ain. La densité de rhizomes a été estimée à 30 m/m^3 de sol dans les premiers quarante centimètres d'épaisseur et à 11 m/m^3 plus en profondeur.

Quatre parcelles de 100 m^2 ont été délimitées au sein d'un massif continu de renouées du Japon. La profondeur d'excavation a été de 1,3 à 1,5 m afin de traiter toute la couche infestée par des rhizomes. Au total, ce sont donc 130 à 150 m^3 d'alluvions qui ont été traités dans chaque parcelle, soit environ 2 000 à 3 000 m de rhizomes. Deux modalités ont été testées, l'une correspondant à un seul passage dans le concasseur, l'autre à deux passages. Les deux autres parcelles étaient des parcelles témoins, où le matériau a été décaissé mais non concassé.

L'effet du passage dans les godets a été évalué en mesurant la longueur des fragments de rhizomes obtenus sur un échantillonnage de 50 fragments pris au hasard dans chaque parcelle pendant le concassage. Les effets sur la vitalité des rhizomes ont été appréciés à partir de la repousse végétale constatée pendant la première puis la deuxième saison végétative. Des sondages dans les parcelles ont également été réalisés pour observer directement l'état des rhizomes.

Essais sur l'Isère (2007/2008)

Un deuxième essai d'éradication par concassage a été réalisé en décembre 2007 au bord de l'Isère pour suivre les cinétiques de mortalités des rhizomes, vérifier les hypothèses soulevées sur les causes précises de la réussite du premier essai sur l'Ain et mettre ainsi au point un protocole précis d'éradication. Cet essai a été complété par la simulation à une échelle réduite d'un déversement de matériaux infestés dans un plan d'eau, car cette solution est envisagée par certains gestionnaires, comme destination finale

des terres infestées. L'objectif était d'apprécier les risques de colonisation des zones littorales des plans d'eau.

Immersion en plan d'eau sur le site de Sainte-Hélène-sur-Isère

Un petit plan d'eau de 4 m sur 4 m alimenté par la nappe alluviale de l'Isère a été créé dans une zone non infestée. Puis une pelle hydraulique a déversé quelques mètres cubes de terres infestées par des renouées du Japon. Les rhizomes flottants et les repousses de renouées ont ensuite été suivis lors de visites régulières pendant toute la période végétative.

Concassage sur le site de Grésy-sur-Isère

Le dispositif sur l'Isère visait à vérifier deux hypothèses émises après les observations faites sur l'Ain. D'une part, on supposait que l'eau avait joué un rôle important et complémentaire du concassage dans la réussite de l'expérience, puisque le niveau de la nappe avait affleuré en surface pendant tout le printemps. Deux traitements complémentaires ont donc été testés de façon indépendante : d'un côté, la saturation en eau et de l'autre, la couverture du sol par une bâche opaque, plus simple à mettre en œuvre. D'autre part, l'efficacité du traitement mécanique dépendait probablement de la densité de blessures sur les rhizomes. Ainsi un concassage très poussé pouvait peut-être rendre inutile ces traitements complémentaires. Le dispositif utilisé permettait donc de tester l'efficacité de plusieurs intensités de concassages par répétition du nombre de passages dans le godet (1 ou 5 passes) et l'efficacité de traitements complémentaires, la saturation en eau ou la couverture du sol. Enfin, il était prévu de doubler les parcelles correspondant à un passage dans le concasseur, mais quand il a été constaté, au moment des travaux, que le godet sur l'Isère était beaucoup moins efficace que celui utilisé sur l'Ain, on a préféré remplacer une de ces parcelles par un essai avec deux passages dans le concasseur (tableau 2).

Les alluvions infestées du site expérimental étaient formées de sédiments fins et la nappe était très profonde et sans influence sur l'expérience. La densité de rhizomes dans le sol a été estimée à 142 m par m^3 et ceux-ci n'était présents que dans les 70 premiers centimètres de sol.

Le 3 décembre 2007, les matériaux infestés ont été extraits à l'aide d'une pelle mécanique, puis après un ou plusieurs concassages, ils ont été remis en place dans les différentes parcelles expérimentales. Le fond et les côtés des parcelles

▼ Tableau 2 – Dispositif expérimental. Les parcelles de 10 m^2 correspondent à des contrôles subissant le même traitement que l'essai, mais sans couverture du sol et sans saturation en eau. Elles ne font que 10 m^2, car il n'y a pas eu de cinétiques de décomposition réalisées sur ces parcelles et donc moins de volume de matériaux nécessaire pour les prélèvements. Pour des raisons pratiques, elles ont été réalisées en même temps que les parcelles couvertes et ont donc réduit la surface de celles-ci de 50 m^2 à 40 m^2.

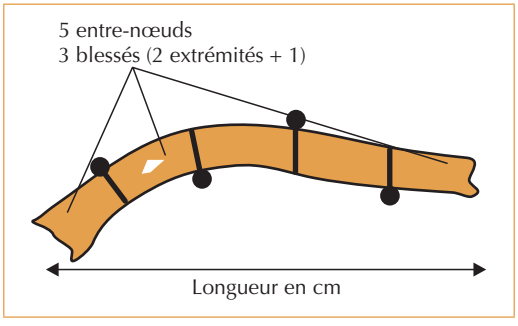
Traitement mécanique des matériaux dans les différentes parcelles		Traitement complémentaire	Surface de la parcelle	Volume de matériaux traités
Sol décaissé et remblayé (témoin)	0 passe	Sol saturé en eau	50 m^2	50 m^3
Sol décaissé et remblayé (témoin)	0 passe	Surface du sol couverte	40 m^2	40 m^3
Sol décaissé et remblayé (témoin)	0 passe	–	10 m^2	10 m^3
Sol concassé	1 passe	Sol saturé en eau	50 m^2	50 m^3
Sol concassé	1 passe	Sol saturé en eau	50 m^2	50 m^3
Sol concassé	1 passe	Surface du sol couverte	40 m^2	40 m^3
Sol concassé	1 passe	–	10 m^2	10 m^3
Sol concassé	2 passes	Sol saturé en eau	50 m^2	50 m^3
Sol concassé	5 passes	Surface du sol couverte	40 m^2	40 m^3
Sol concassé	5 passes	–	10 m^2	10 m^3

saturées en eau ont été étanchéifiés grâce à la pose d'une bâche plastique épaisse, et les parcelles ont été remplies d'eau jusqu'à avoir une nappe affleurant en surface du sol. Le niveau d'eau a été complété une nouvelle fois le 20 mai 2008 pour compenser l'évaporation. Pour les parcelles couvertes, une bâche plastique épaisse (4,5 mm) a été placée sur la surface du sol au moment du démarrage des premiers bourgeons sur les rhizomes (27 février 2008).

L'effet du concassage pour chaque passage supplémentaire dans le concasseur (1, 2, 3, 4 et 5 passes) a été apprécié à partir des longueurs de fragments obtenus et des taux de blessures (figure 3).

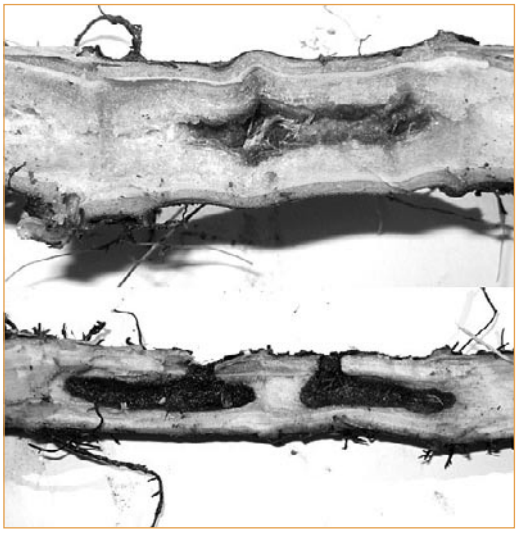
L'effet des différents traitements sur la vitalité des rhizomes a été suivi pendant toute la période hivernale et printanière jusqu'au 1er juin 2008 et un prélèvement supplémentaire a été réalisé dans les parcelles couvertes en fin de saison végétative, le 31 octobre 2008. Le suivi a consisté à prélever régulièrement dans chaque parcelle 50 fragments représentant au total 10 à 15 m de rhizomes, à les laver puis à les fendre dans le sens longitudinal pour observer l'état de chaque entre-nœud.

▼ Figure 3 – Mesure des longueurs des rhizomes et comptabilisation du nombre d'entre-nœuds blessés par le concassage. Le taux de blessures est calculé en faisant la somme des entre-nœuds blessés dans l'ensemble de l'échantillon et en rapportant celle-ci au nombre total d'entre-nœuds observés.



▼ Figure 4 – Rhizome considéré comme mort. Des rhizomes très décomposés peuvent porter des bourgeons vivants capables de régénérer la plante. Par conséquent, seuls les rhizomes entre-nœuds présentant une couleur uniformément très sombre ont été comptabilisés comme dans les individus morts.





▲ Figure 5 – Blessures d'origine biologique (déformation du rhizome ou galeries de parasites). Ces blessures naturelles sont antérieures au concassage et très peu abondantes.

Seuls les rhizomes entièrement pourris et présentant une couleur uniforme très foncée ou noire ont été considérés comme morts (figure 4). Sur les premiers prélèvements, il a également été réalisé une estimation de l'importance des blessures biologiques (antérieures à l'expérience), qui pouvaient assez facilement être distinguées des blessures mécaniques dues au concassage (figure 5). Tous les résultats ont été exprimés en fonction du nombre total d'entre-nœuds observés dans l'échantillon (50 fragments de rhizomes).

Enfin sur les parcelles non couvertes, le suivi sur les rhizomes a été complété par une estimation de la biomasse aérienne produite à partir de la formule proposée par Gerber *et al.* (2008). Cette biomasse a été comparée à celle produite sur une zone infestée et non perturbée par le chantier.

Résultats et discussion

Effets du concassage sur les rhizomes

Le rendement sur l'Ain a été très faible, 8 m³/h et assez bon sur l'Isère, 60 m³/h. Cette différence a surtout été due à la nature des alluvions plus qu'à la puissance du godet. Sur l'Ain, les sédiments de surface étaient en effet formés de sables argileux très calcaires et très cohésifs à l'état humide alors que sur l'Isère, les alluvions étaient formées de sables limoneux peu cohésifs. Ces différences de

rendement se sont traduites par un coût du m^3 décaissé et concassé une fois, estimé à 22 euros HT/m^3 sur l'Ain et à 6 euros HT/m^3 sur l'Isère.

Le godet à marteaux a fragmenté et blessé les rhizomes et ses effets ont été croissants avec le nombre de passages dans l'outil (figure 6). Le concassage a été plus efficace sur l'Ain avec les marteaux de 6 cm que sur l'Isère avec les marteaux de 4 cm, car il a donné un produit fragmenté aux dimensions plus homogènes et plus petites. De plus, il a été difficile d'améliorer l'efficacité du concassage sur l'Isère, puisqu'il a fallu pas moins de 5 passages dans le godet pour passer de 66 % de rhizomes blessés à 94 %.

Les observations à la loupe binoculaire ont permis de constater que toutes les zones ultérieures de pourrissement apparaissaient à partir des extrémités ou des zones blessées des rhizomes, avant de s'étendre aux zones non blessées. Le concassage, en fragmentant et en blessant les rhizomes, a donc créé des portes d'entrée pour les parasites du sol responsables de la décomposition des rhizomes. Cet effet est majeur, car en situation naturelle, les rhizomes portent très peu de blessures d'origine biologique, ce qui explique la très grande vitalité de la plante au printemps. Ainsi sur l'Isère, 6,8 % seulement des rhizomes étaient blessés par des attaques d'insectes ou d'autres parasites du sol (donnée obtenue à partir de l'observation de 1 400 fragments de rhizomes en 28 prélèvements indépendants).

Efficacité du concassage en présence d'une nappe affleurante sur l'Ain

La fin de l'hiver et le printemps ont été caractérisés par des hautes eaux de l'Ain et la nappe a donc été très élevée depuis le 16 février jusqu'au 4 juin. De plus, lors d'un débordement sur le banc, les courants ont remobilisé les sédiments sur quelques centimètres d'épaisseur, entraînant avec eux les particules les plus légères, les limons et des fragments de rhizomes, notamment sur les parcelles concassées où les alluvions avaient été décompactées par le traitement. Cet effet a été très superficiel et les rhizomes placés à plus de 5 cm de profondeur n'ont pas été entraînés. Par ailleurs, lors des sondages réalisés le 20 avril, des rhizomes encore vivants ont été découverts dans les parcelles concassées, montrant que la durée de la période hivernale n'avait pas été suffisante pour obtenir une décomposition complète de ceux-ci.

Sur les parcelles concassées (1 fois ou 2 fois), les premières repousses de renouées du Japon ne sont apparues qu'après la baisse des eaux et étaient toutes issues de rhizomes apportés par les crues et échoués sur le banc après les hautes eaux.

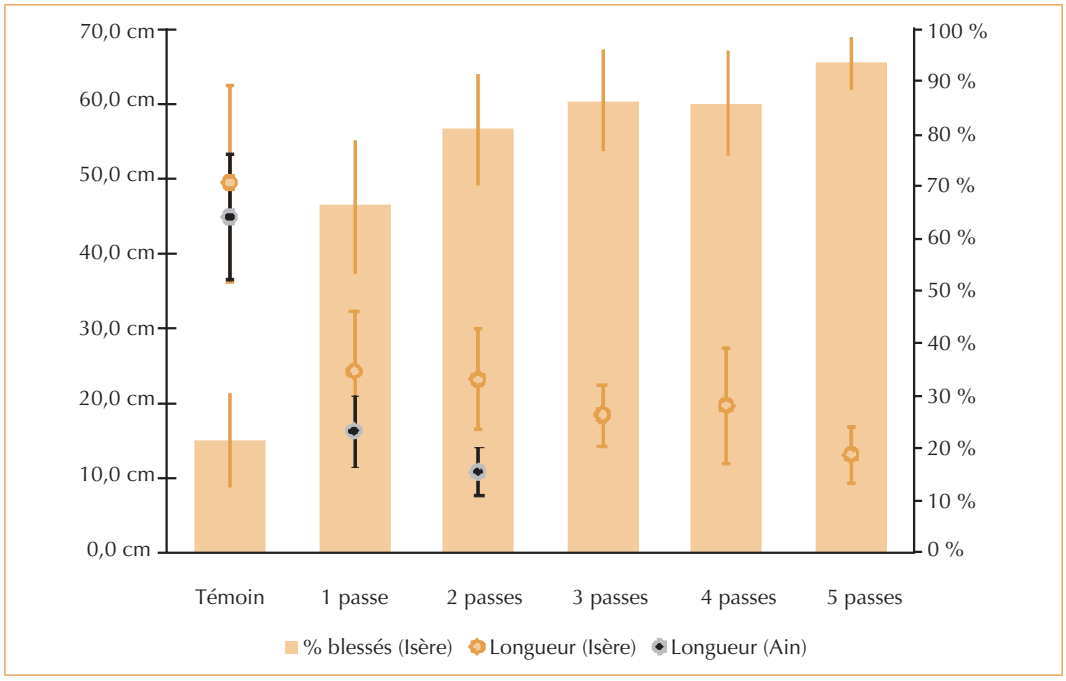


Figure 6 – Effets du concassage sur le pourcentage de rhizomes blessés et sur la longueur des fragments obtenus sur l'Ain et sur l'Isère.

Durant l'été, seulement 6 rhizomes concassés ont produit des tiges dans chacune des deux parcelles. Ils ont été déterrés pour pour être observés. Ils présentaient tous les mêmes caractéristiques, disposition verticale dans le sol, grande longueur (> 15-20 cm) et une seule partie vivante, l'extrémité située en surface. Un bon ancrage dans le substrat leur a donc permis de ne pas être emportés par les courants lors des montées d'eau et l'extrémité placée dans la couche superficielle et mieux oxygénée du substrat, est ainsi restée vivante, alors que l'autre extrémité a pourri. Par ailleurs, lors des sondages réalisés le 1er juin et le 3 novembre 2006 dans les parcelles concassées, il n'a été trouvé que des rhizomes morts. Enfin, à la deuxième saison végétative, il n'y a eu aucune nouvelle repousse de renouées du Japon et de nombreuses herbacées annuelles ont colonisé spontanément les parcelles (figure 7).

Il est peu probable que ce soit justement les rhizomes concassés et enterrés le plus profondément, qui aient le mieux survécu et résisté au pourrissement compte-tenu des conditions d'anoxie en profondeur. Les tiges apparues la première année, à partir des rhizomes les plus proches de la surface sont donc les plus représentatives des rhizomes encore vivants dans le sol. La présence de seulement 6 fragments de rhizomes vivants, soit 1,2 m sur environ 2 à 3 000 m traité dans un volume de sol de 140 m^3, peut certainement être considérée comme une expérience réussie d'éradication. Par ailleurs, les observations du printemps témoignent d'un rôle probablement important de l'eau dans la réussite du traitement. En réalité, comme l'ont montré par la suite les essais réalisés sur l'Isère, la présence non contrôlée d'une nappe très haute dans le sol pendant tout le printemps a été déterminante. La présence de cette nappe a donc été un merveilleux hasard, car sans cette éradication complète et spectaculaire obtenue du premier « coup », les essais suivants n'auraient probablement pas été engagés.

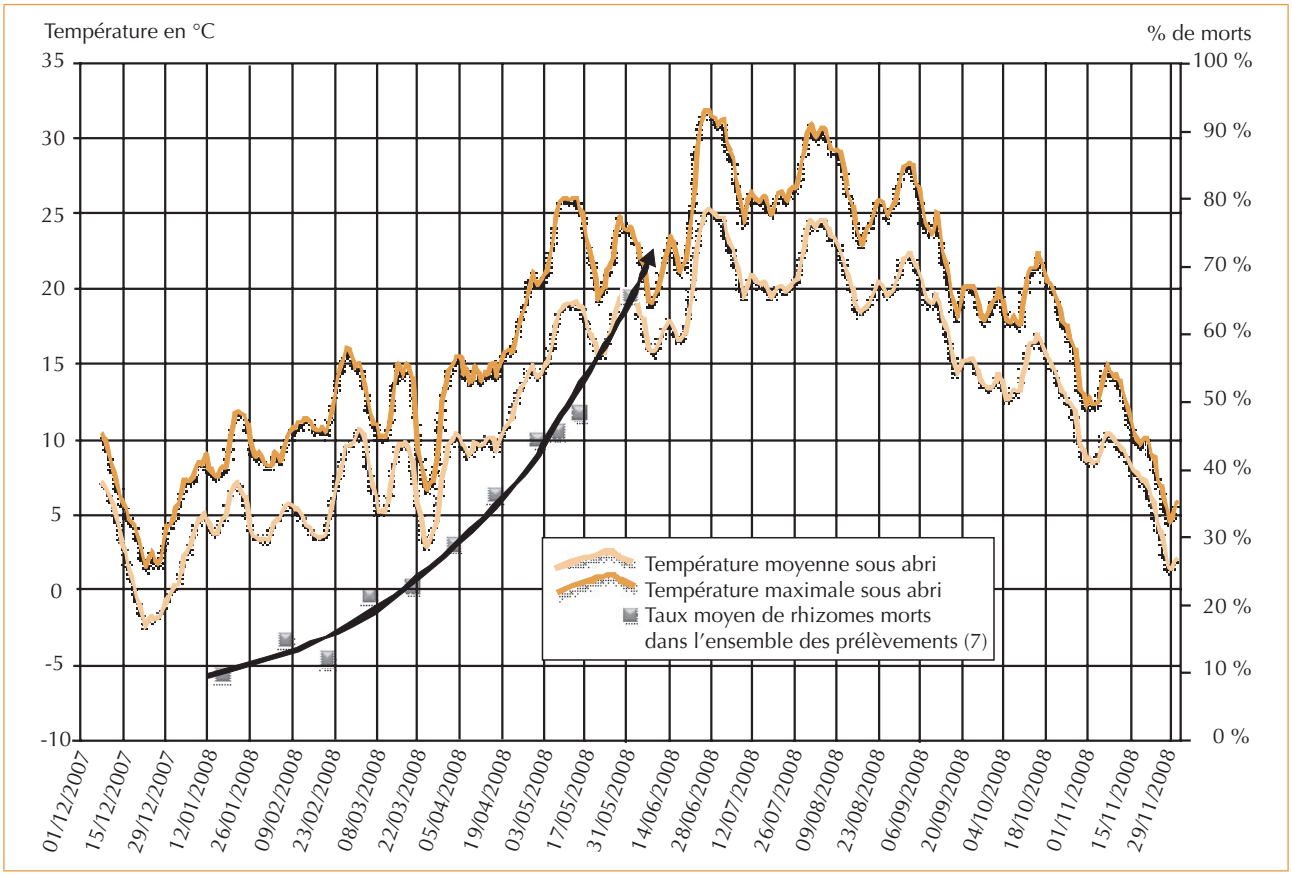
Efficacité du concassage associé à des traitements complémentaires et sans présence de nappe sur le site de Grésy-sur-Isère

Pendant la période hivernale, le taux de mortalité a très peu évolué (figure 8). L'effet du printemps a été mis en évidence par l'augmentation simultanée des températures et du pourcentage de rhizomes morts (tous traitements confondus). Les températures moyennes journalières sont en effet passées de 5 à 10 °C la dernière semaine de février, et en même temps le taux moyen de mortalité progressait sensiblement de presque 10 %.

L'allure des nuages de points reflétant l'évolution de la mortalité en fonction des traitements (figure 9) montre une forte variabilité dans les parcelles témoins et concassées une seule fois, ce qui traduit une forte hétérogénéité du matériel végétal. Les seules droites de régression linéaire montrant une évolution du taux de mortalité pendant le printemps sont celles calculées avec la parcelle saturée en eau et concassée deux fois et celle concassée cinq fois et recouverte d'une bâche. Ces droites montrent que la vitesse de pourrissement des rhizomes concassés est supérieure avec la saturation en eau, 0,8 % de mortalité journalière pour un double concassage, de celle avec un sol couvert, 0,3 % pour un quintuple concassage. L'eau se révèle donc plus efficace que la couverture du sol et réduit considérablement le délai d'éradication. Il a ainsi fallu 14 semaines à partir de l'augmentation des températures pour obtenir fin juin, une éradication complète dans la parcelle saturée en eau (figure 9), alors qu'il a fallu attendre la fin de la saison végétative pour l'obtenir dans la parcelle



▶ Figure 7 – État de la parcelle concassée en 2006 puis en 2007. Aucune repousse de renouées n'est apparue au cours de la première saison végétative en 2006, ni l'année suivante. Les graines des autres espèces présentes dans le sol ont pu germer sans difficulté.



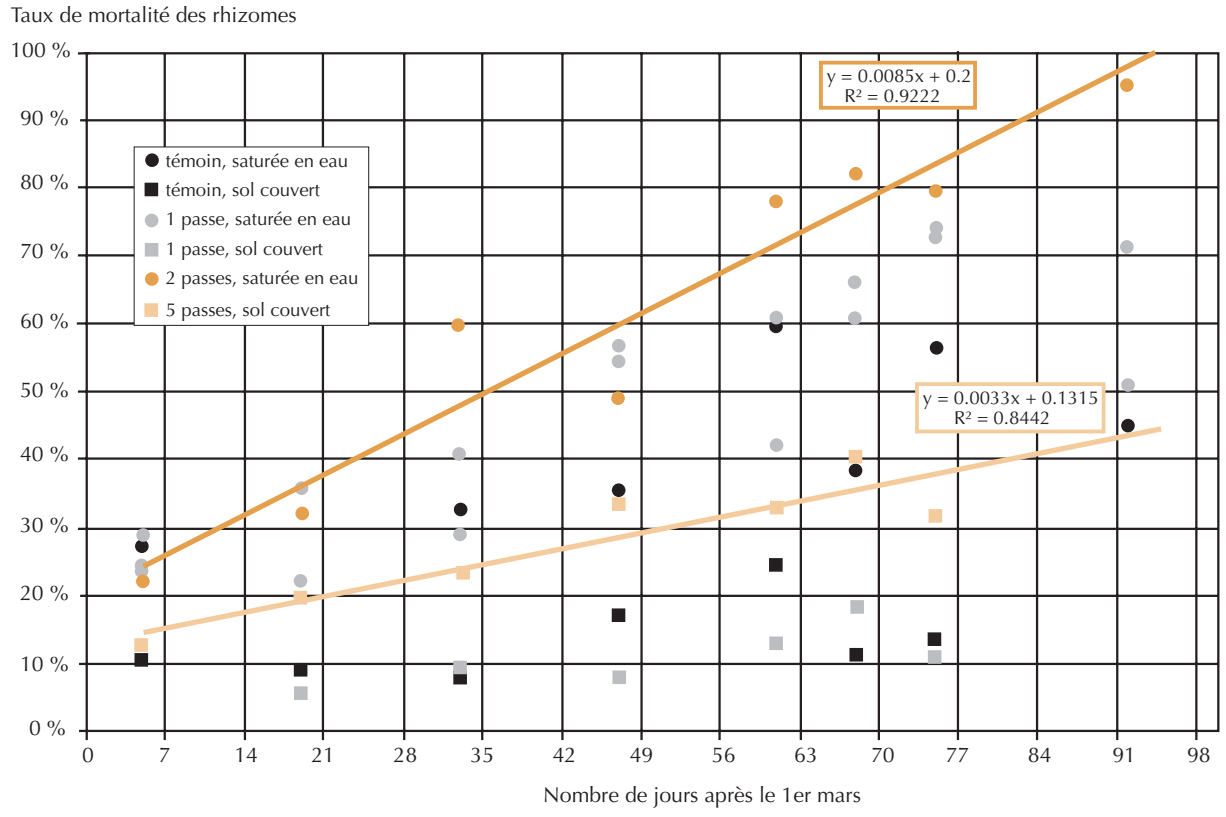
couverte (tableau 3). Le tableau 3 montre également que la couverture du sol est indispensable pour obtenir une éradication complète des rhizomes en une saison (voir ci-après).

Aucune croissance de rhizome n'a été observée dans les prélèvements réalisés jusqu'au 1er juin. Dans le dernier prélèvement du 31 octobre, des pousses nouvelles de rhizomes ont été constatées. Ces pousses ont été moins nombreuses dans les parcelles couvertes que dans les parcelles non couvertes (tableau 4). Dans la parcelle couverte et concassée 5 fois, aucune nouvelle pousse n'a été observée, tous les rhizomes étant morts.

La couverture du sol a augmenté d'un facteur de 2 à 4, le taux de mortalité des rhizomes en fin de saison végétative (tableau 3). Cet effet s'explique non seulement par la croissance plus importante des rhizomes dans les parcelles non couvertes, qui a ainsi diminué la part relative de rhizomes morts, mais aussi par une mortalité accrue des rhizomes concassés dans les parcelles couvertes, qui est démontrée par le calcul du taux de mortalité en excluant les nouvelles pousses de rhizomes (tableau 3 : chiffres entre parenthèses).

Au début du mois de mai, dans les parcelles saturées en eau, des bourgeons ont commencé à pousser sur les rhizomes de surface et quelques très rares tiges feuillées sont apparues, mais par la suite, ces tiges ont dépéri et aucune nouvelle tige n'est apparue. Dans les parcelles sans eau, des tiges aériennes se sont développées dans les parcelles non couvertes. Des tiges blanches très peu feuillées ont également poussé sous les bâches, dans les parcelles couvertes. Elles étaient longues (60 à 120 cm) et abondantes dans la parcelle témoin, moins denses et un peu moins longues (40 à 70 cm) dans la parcelle concassée 1 fois et peu nombreuses dans la parcelle concassée 5 fois (15 tiges apparues). Toutes ces tiges sont mortes pendant l'hiver qui a suivi, sauf sur la parcelle témoin, où quelques tiges avaient bouturé au contact du sol sous la bâche au cours de la saison précédente.

▲ Figure 8 – Évolution au cours du temps des températures et du taux moyen de mortalité. Températures : valeurs journalières lissées sur 7 jours (poste d'Albertville J.O.). Les courbes montrent que la vitesse de pourrissement des rhizomes s'accélère avec l'élévation des températures, qui survient au printemps et qui est indispensable pour obtenir l'éradication rapide et complète des rhizomes.



▲ Figure 9 – Évolution du taux de mortalité des rhizomes à partir du 1er mars (observations de 50 rhizomes dans chaque parcelle et à chaque date de prélèvement).
Avec le double concassage associé à une saturation en eau, la mortalité complète des rhizomes est atteinte rapidement (fin juin). L'éradication est également obtenue avec 5 concassages associés à la couverture du sol. Avec seulement 1 ou 2 concassages, le matériau produit obtenu est trop hétérogène pour obtenir de tels résultats.

▼ Tableau 3 – Taux de mortalités des rhizomes en fin de saison végétative (observations de 50 rhizomes dans chaque parcelle). Nota : seules les parcelles couvertes ont été à nouveau échantillonnées en fin de saison végétative (31 octobre 2008), la mortalité complète avec l'eau ayant déjà été obtenue fin juin, avec le double concassage.

% de morts	Parcelles non couvertes	Parcelles couvertes
Témoin	34 % (55 %)	62 % (68 %)
1 passe	22 % (36 %)	84 % (96 %)
5 passes	52 % (70 %)	100 % (100 %)

Chiffres entre parenthèses : taux de mortalité sans prendre en compte les nouvelles pousses de l'année.

Dans les parcelles non couvertes et sans eau, la biomasse végétale aérienne produite pendant la saison végétative a été nettement moindre que celle sur un sol en place, non perturbé par l'expérience (tableau 5). Elle a ainsi été diminuée d'un facteur 10 dans la parcelle témoin décaissée, d'un facteur 20 dans la parcelle concassée 1 fois et d'un facteur de près de 300 dans la parcelle concassée 5 fois. L'effet de réduction de la biomasse aérienne par le concassage peut être expliqué par la mortalité des rhizomes, observée par ailleurs, et confirme le rôle essentiel des rhizomes dans la formation des tiges (Price *et al.*, 2002 ; Urgenson, 2006) et par conséquent dans la capacité invasive des renouées du Japon.

Tous ces résultats ont été confirmés à la saison végétative suivante en 2009. Aucune renouée n'a

poussé dans les parcelles qui avaient été saturées en eau en 2008 et qui sont restées très humides malgré le perçage des bâches en fin d'expérience. De plus, de nombreuses autres herbacées se sont développées. De même, aucune renouée n'a poussé dans la parcelle concassée 5 fois (sans eau) et des semis d'autres plantes ont également germé. Par contre, de nombreuses renouées ont poussé à partir des rhizomes dans la parcelle concassée 1 fois (sans eau). Et enfin, dans la parcelle témoin (sans eau), elles ont formé une couverture dense et continue, empêchant tout semis de se développer.

Risques de l'immersion directe sur le site de Sainte-Hélène-sur-Isère

Cette expérience simulait à une échelle réduite le déversement de matériaux infestés dans des plans d'eau, car cette solution est aujourd'hui envisagée par plusieurs gestionnaires de rivière pour se débarrasser des produits de curage.

Pendant la saison végétative, des tiges grêles et feuillées (figure 10) se sont développées sous l'eau à partir des rhizomes immergés et ont même atteint plusieurs dizaines de centimètres de long. Mais entre la mi-août et la mi-septembre, toutes ces tiges ont disparu et seuls les rhizomes sont restés présents sous l'eau. Par ailleurs, la rive utilisée pour le déversement des matériaux

▼ Tableau 4 – Importance des nouvelles pousses de rhizomes au 31 octobre 2008 (observations de 50 rhizomes dans chaque parcelle). À partir de fin juin, les renouées du Japon fabriquent habituellement et préférentiellement des rhizomes, et non plus des tiges aériennes. Ces nouvelles pousses peuvent être observées sur les rhizomes concassés et extraits du sol. Le tableau montre que ce mécanisme a sans doute été empêché grâce à la couverture opaque du sol.

Traitement	Couverture du sol	% de nouvelles pousses de rhizomes
Sol décaissé et remblayé (témoin)	Non	37 %
Sol décaissé et remblayé (témoin)	Oui	9 %
Sol concassé 1 fois	Non	37 %
Sol concassé 1 fois	Oui	14 %
Sol concassé 5 fois	Non	27 %
Sol concassé 5 fois	Oui	0 %



▶ Figure 10 – Pousses de tiges feuillées sous l'eau à partir des rhizomes immergés.
Des tiges ont poussé sur les rhizomes immergés dans le plan d'eau, mais elles ont dépéri au bout de quelques mois. De telles repousses, qui n'ont pas été observées dans le témoin saturé en eau sur le site de Grésy-sur-Isère, pourraient être expliquées par la meilleure oxygénation de l'eau, puisque le plan d'eau était alimenté par une nappe circulante, alors que l'eau des parcelles n'était pas renouvelée.

Traitement	Couverture du sol	Biomasse en g matière sèche/m²	Densité tiges/m²	Hauteur cm
Sol en place (référence)	Non	2 058 (+ 491)	14,0	213,2
Sol décaissé et remblayé (témoin)	Non	190 (+ 9)	31,5	65,6
Sol décaissé et remblayé (témoin)	Oui	(non estimée)	forte	–
Sol concassé 1 fois	Non	99 (+ 22)	74,2	27,5
Sol concassé 1 fois	Oui	(non estimée)	forte	–
Sol concassé 5 fois	Non	7 (+1)	10,0	22,2
Sol concassé 5 fois	Oui	(non estimée)	0,4	–
Parcelles saturées en eau	Non	0	0	0

◀ Tableau 5 – Biomasse végétale aérienne en fin de saison végétative (moyennes de 4 placettes de 2 m²). Ces résultats soulignent les effets majeurs sur la vigueur de la plante, des traitements dirigés directement sur les rhizomes.



Figure 11 – Pousses de renouées à partir de rhizomes échoués sur les rives du plan d'eau. Quelques rhizomes déversés dans le plan d'eau ont flotté, permettant leur échouage sur le rivage et le début d'un processus invasif sur la zone littorale.

infestés a été contaminée et plusieurs renouées ont poussé sur cette zone. Enfin, presque tous les rhizomes ont coulé lorsqu'ils ont été plongés dans l'eau. Mais une faible proportion a flotté, dérivé et s'est déposée sur les rives du plan d'eau. Ces rhizomes « légers » étaient en majorité des rhizomes dépérissants ou morts, qui sont apparus en surface de l'eau jusqu'à début juin, donc durant plusieurs semaines après leur immersion. Parmi ces rhizomes, certains se sont déposés sur les rives et ont produit des tiges puis des racines (figure 11).

L'essai d'immersion en plan d'eau de matériaux infestés met donc en évidence la certitude d'une contamination au niveau de la zone de déversement et sur les autres rives, par flottaison de rhizomes. Les risques d'échouages de rhizomes sur les rives durent plusieurs mois. Cette solution pour gérer les produits de curage des rivières infestées n'est donc pas une solution idéale, même en hiver sans les tiges de renouées et même dans des gravières très profondes. Elle impose en effet de très strictes précautions de mise en œuvre : nettoiement de la zone de déversement, récupération des rhizomes flottants, surveillance et élimination des rhizomes échoués.

Conclusion et perspectives d'applications

Les seconds essais sur l'Isère pendant l'hiver 2007/2008 ont confirmé les possibilités d'éradication des renouées du Japon par concassage obtenues au bord de l'Ain lors de l'hiver 2005/2006. Le concassage est une technique assez facile à mettre en œuvre, qui fragmente et blesse le réseau de rhizomes dans le sol et le rend ainsi très vulnérable à la décomposition microbienne ou par la microfaune du sol. Les résultats confirment également les premières observations faites sur l'Ain concernant la vitesse de pourrissement. La décomposition est très lente pendant l'hiver et l'éradication débute réellement au printemps avec l'élévation des températures. Mais en même temps que le pourrissement s'accélère, les bourgeons encore vivants se réveillent. Or, dans la compétition entre la vitesse de pourrissement et la croissance des bourgeons, ce sont toujours les bourgeons qui gagnent, empêchant ainsi l'éradication de la plante. Il faut donc compléter les effets du concassage par d'autres actions pour empêcher le développement de la plante pendant la période végétative et notamment la croissance des rhizomes. Les traitements complémentaires, comme la saturation en eau créant une anoxie du milieu, ou la couverture opaque du sol, stoppant la lumière, ont été efficaces en limitant ou en empêchant la croissance des tiges aériennes et celle des rhizomes. De plus, ces mesures ont accéléré la décomposition des rhizomes concassés et réduit le délai d'éradication.

Les prélèvements ayant été arrêtés en juin dans les parcelles en eau, il n'est pas possible, avec cet essai, de connaître la durée précise pour que des rhizomes, simplement blessés par leur extraction du sol et sans avoir subi le concassage, dépérissent complètement dans un milieu saturé en eau. Il est presque certain toutefois, que ces rhizomes ont tous dépéri au cours des 15 mois qui ont suivi, puisqu'aucune renouée n'est apparue sur cette parcelle à la deuxième saison végétative. Quoiqu'il en soit, cette durée d'éradication est probablement suffisamment longue pour lui préférer la technique de la couverture du sol associée au concassage, plus simple à mettre en œuvre.

L'eau est un traitement complémentaire plus efficace que la couverture du sol, puisqu'elle permet d'obtenir en quelques mois une mortalité complète des rhizomes avec un concassage moins fin. Mais sa mise en œuvre peut être difficile, car elle nécessite d'étanchéifier les zones traitées et par conséquent d'avoir des zones plates, puis de revenir avec un engin pour éliminer les bâches enterrées. Ce traitement concerne donc prioritairement les cas où la nappe affleure naturellement en surface du sol, ou ceux où le délai d'éradication est un enjeu très important. La pose d'une bâche opaque est par contre très simple à mettre en œuvre et peut être réalisée sur des massifs de toutes dimensions. Quand au concassage

lui-même, les difficultés techniques concernent surtout le traitement des renouées situées sur des berges, et non plus sur des atterrissements, comme dans les essais réalisés. Il est en effet plus malaisé, sur une zone pentue et en contact direct avec les écoulements, d'apprécier les volumes réellement infestés, de fixer efficacement la bâche opaque et enfin d'assurer la stabilité de la berge pendant la durée d'éradication, pour que les rhizomes concassés ne soient pas emportés par l'eau.

Concernant la meilleure période d'application du procédé, celle-ci est très certainement l'hiver, avec les deux avantages essentiels, d'une part, de profiter à partir du printemps, d'une longue période continue de températures favorables à la décomposition et d'autre part, de limiter les impacts sur la faune sauvage. Mais les conditions d'humidité des sols à cette période peuvent être très pénalisantes sur les rendements du chantier, notamment avec des alluvions argileuses comme sur l'Ain, et aboutir à des coûts prohibitifs justifiant un concassage estival. Cette application possible nécessitera au préalable, que soient vérifiés les effets sur les tiges aériennes et sur la croissance des rhizomes à cette période, et que soit estimé à nouveau le délai d'éradication, sans doute alors étendu à deux saisons végétatives.

La mise au point définitive du procédé d'éradication passera aussi par une définition précise de la qualité du concassage et des outils à utiliser, pour obtenir un produit concassé homogène et des résultats reproductibles. Le godet utilisé sur l'Isère avec des marteaux plus petits a par exemple été beaucoup moins efficace que celui utilisé sur l'Ain. De plus, il apparaît que l'optimisation des chantiers, afin de réduire les coûts élevés du traitement (25-30 euros HT par m^3 d'après ces premiers essais), passe d'abord par une bonne estimation des volumes réellement infestés, car l'épaisseur de sol colonisée par les rhizomes peut être très variable d'un site à l'autre. Plutôt que de fixer des normes arbitraires sur l'étendue des volumes à traiter, comme cela a été fait en Grande-Bretagne par exemple, il semble plus approprié de définir un protocole de sondage pour estimer la situation réelle sur chaque site, et cela en distinguant les racines de renouées, qui ne peuvent pas disséminer les plantes mais peuvent descendre profondément dans le sol, et les rhizomes, qui sont hautement invasifs.

Les gestionnaires tentés par des techniques d'éradication ne doivent pas imaginer que celles-ci sont des solutions radicales au problème des invasions. Dans le cas du concassage par exemple, le procédé n'a pas d'effet sur la viabilité des graines contenues dans les terres traitées, et si des graines de plantes invasives sont présentes (ambroisies, solidages, mais aussi renouées du Japon), elles germeront sans difficulté. Supprimer une espèce invasive d'un site engage donc aussi le gestionnaire dans des mesures préventives pour empêcher de nouvelles invasions. Celles-ci peuvent d'ailleurs être très simples, comme l'arrachage manuel des semis, mais elles doivent être appliquées avec une grande rigueur et régularité.

L'éradication mécanique des renoués du Japon par concassage des matériaux infestés apparaît donc comme une technique pleine d'avenir, si elle est utilisée à bon escient et avec toutes les précautions nécessaires. Ses principaux avantages sont le délai assez court d'éradication (quelques semaines à quelques mois), le maintien sur place des matériaux décontaminés, les possibilités d'intervenir dans des zones naturelles sans installation complexe de chantier et enfin la réinstallation d'un couvert végétal naturel, spontané ou *via* l'emploi de techniques végétales dès la saison végétative suivante. Il reste toutefois des incertitudes à lever sur l'impact possible du concassage sur les propriétés du sol, comme une éventuelle dégradation de la structure, lorsque des attentes très précises de revégétalisation sont attendues sur des milieux spécifiques, comme les tourbières et les marais par exemple.

Bien que coûteuse et polluante, puisqu'elle fait appel à des engins de travaux publics, cette technique trouvera sans doute plusieurs champs d'application. Le premier concerne l'éradication de la plante sur de petites surfaces menaçant les cours d'eau, car le gain à attendre de l'opération, empêcher une invasion, justifie pleinement l'investissement réalisé et des impacts environnementaux modestes. Le second concerne tous les milieux naturels remarquables, ou ceux faisant l'objet de mesures de restauration physique, et qui, du fait de leur valeur patrimoniale actuelle ou recherchée, nécessitent un haut niveau de préservation contre les plantes invasives. Enfin, un autre champ d'application est la valorisation des terres infestées et déplacées, lors des chantiers de curage ou d'aménagement des cours d'eau.

Mais comme la plupart des techniques de lutte, le procédé génère en lui-même des risques très importants de dispersion des renouées du Japon

pendant le chantier, *via* les engins utilisés ou le déversement accidentel dans l'eau. Il ne devrait donc être réalisé que par des maîtres d'œuvre et des entreprises parfaitement responsabilisés vis-à-vis de cet impact possible. Et pour favoriser cette responsabilisation, il serait intéressant que les renouées du Japon rejoignent les jussies dans la liste des espèces invasives concernées par l'application de l'article L411-3 du code de l'environnement, qui interdit leur introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence . ❐

Remerciements

Ces essais ont pu être réalisés grâce aux soutiens de plusieurs organismes publics. Sur l'Ain, l'opération a été réalisée dans le cadre du programme LIFE Nature de l'Ain avec les aides financières du Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels, de la direction départementale de l'équipement de l'Ain, et du Syndicat de la Basse Vallée de l'Ain. Sur l'Isère, les essais ont été financés par le conseil général de la Savoie et réalisés avec l'accord du gestionnaire du domaine public fluvial (direction départementale de l'équipement de la Savoie).

Remerciements particuliers à Jean-Pierre Argoud et Jean-Charles Couppey pour leurs participations très actives dans le suivi des travaux et de l'expérience.

Résumé

Le développement d'outils puissants et mobiles comme les godets-cribleurs-concasseurs offre de nouvelles perspectives d'éradication mécanique des renouées du Japon par le traitement des alluvions infestées et la destruction directe des rhizomes, la seule partie vivace de la plante. Faisant suite à un premier essai réussi en 2005/2006 sur un banc alluvial de l'Ain, une nouvelle expérience a été tentée et réussie en 2007/2008 sur un atterrissement de l'Isère. En imposant des consignes extrêmement rigoureuses de nettoyage des engins utilisés pour ne pas disperser la plante sur d'autres sites, cette technique peut en effet être utilisée sans installation complexe de chantier. D'autre part, un essai d'immersion directe en plan d'eau, pendant l'hiver, de matériaux infestés, met en évidence, avec certitude, la contamination du site. Cette solution envisagée par différents gestionnaires de cours d'eau pour gérer les produits de curage présente donc des risques écologiques importants pour les plans d'eau concernés et nécessite d'importantes précautions pour éviter une colonisation des rives par les plantes invasives.

Abstract

The recent development of powerful portable machinery for the consolidation of soil on development sites, provides new opportunities for the mechanical treatment of Japanase Knotweed, by mechanical actions directly made on the rhizomes, the only perennial organ of the plant. Further to the success of the first experiment in 2005/2006 on the river Ain, a new experiment had been tried in 2007/2008 on the Isère river and it was a success too. With extremely drastic precautions to avoid the spreading of the knotweed by the worked machines, this method can be used without a complex setting up. Moreover, a direct immersion test of overrun soils in a pond during winter showed with certainty that the site was contaminated. Today, this solution which is envisaged by different river authorities to manage digged alluvia, shows considerable ecological risks for the ponds, and it requires significant precautions to avoid a bank colonization by the invasive plants.

Bibliographie

BAILEY, J.-P., CONOLLY, A.-P., 2000, Prize-winners to Pariahs – a History of Japanase Knotweed *s.l.* (Polygonaceae) in the British Isles, *Watsonnia*, n° 23, p. 93-110.

BIMOVA, K., MANDAK, B., KASPAROVA, I., 2004, How does Reynoutria fit the various theoris of invisibility ?, *Journal of Vegetation Science*, n° 15, p. 495-504.

FORMAN, J., KESSELI, V., 2003, Sexual reproduction in the invasive species Fallopia Japonica, *American Journal of Botany*, 90(4), p. 586-592.

GERBER, E., KREBS, C., MURREL, C., MORETTI, M., ROCKLIN, R., SCHAFFNER, U., 2008, Exotic invasive knotweeds (*Fallopia* spp.) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats, *Biological conservation*, n° 141, p. 646-654.

PRICE, E.-A.-C, GAMBLE, R., WILLIAMS, G.-G., MARSHALL, C., 2002, Seasonal patterns of partitioning and remobilization of ^{14}C in the invasive rhizomatous perennial Japanase knotweed (*Fallopia japonica*), *Evolutionary Ecology*, n° 15, p. 347-362.

URGENSON, L.-S., 2006, *The Ecological Consequences of Knotweed Invasion into Riparian Forests*, a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Masters of Science (Forest Resources), University of Washington.

WERNER, T., KAPPES, H., ROGERS, F., 2008, Response of ground-dwelling beetle (Coleoptera) assemblages to giant knotweed (Reynoutria spp.) invasion, *Biol. Invasions*, n° 10, p. 381-390.