

GESTION DES PLANTES INVASIVES SUR LE TERRITOIRE FRANCO-SUISSE

Synthèse finale du projet

Résumé

Décembre 2022



Partenaires techniques et financiers du projet

- **ELTEL SA** : chef de file suisse du projet. Société spécialisée dans l'entretien des zones naturelles. Le processus d'injection thermique a été développé par cette société spécialisée dans l'entretien des zones naturelles. www.eltel-sa.ch
- **Espace ruraux montagnard (ERM)** : chef de file français du projet. Société spécialisée dans les travaux forestiers, les travaux en rivière, les travaux en montagne et les travaux d'accès difficile. www.erm74.com
- **Association pour la sauvegarde du Léman (ASL)** : association ayant pour objectif de sauvegarder la qualité des eaux et la biodiversité du bassin lémanique. www.asleman.org
- **Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (HEPIA)** : haute école spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) formant des ingénieur-e-s en Gestion de la nature et impliquée dans la recherche appliquée. www.hesge.ch/hepia
- **Syndicat de rivières les Usses (Syr'Usses)** : syndicat de rivière œuvrant sur le bassin versant du cours d'eau des Usses en Haute-Savoie. www.rivieres-usses.com
- **Communauté de communes du Genevois (CCG)** : communauté de communes de Haute-Savoie dans le Genevois français, à la frontière avec le canton de Genève. www.cc-genevois.fr
- **Eau bien commun Auvergne-Rhône-Alpes (EBC AuRA)** : association visant à participer à la gestion et protection de l'eau et la biodiversité dans la région AuRA. www.eau-biencommun-aura.fr
- **Services décentralisés de l'état français : conseil départemental de Haute-Savoie et conseil régional d'Auvergne-Rhône-Alpes**
- **Cantons suisses : canton de Genève, canton de Vaud, canton du Valais, canton de Neuchâtel et canton de Fribourg**

Le projet « Stop aux Invasives » a été soutenu par le programme européen de coopération transfrontalière INTERREG France-Suisse 2014-2020 et a bénéficié à ce titre de subventions allouées par :

- **Le fonds européen de développement régional (FEDER)**, couvrant 65% du coût total français
- **Le conseil départemental de Haute-Savoie**, couvrant 15% du coût total des dépenses du coût total français
- **Le conseil régional d'Auvergne-Rhône-Alpes**, couvrant 1% du coût des dépenses de ERM
- **Cantons suisses : canton de Genève, canton de Vaud, canton du Valais, canton de Neuchâtel et canton de Fribourg**, couvrant 22 % du coût total suisse et l'Interreg Fédéral, couvrant 14% du coût total suisse.

Réalisation de la synthèse

Auteurs du document

Amandine Fontaine (HEPIA)
Charlène Heiniger (HEPIA)
Cyril Blondet (ERM)
François Lefort (HEPIA)
Jane O'Rourke (HEPIA)
Julie Aubert-Moulin (Syr'Usses)
Julien Crovadore (HEPIA)
Laurent Huber (HEPIA)
Millo Pénault-Ravaillé (Veget'Action)
Nathalie Buffet (CCG)
Nicolas Balverde (Avis Vert)
Olivier Goy (ASL)
Patrice Prunier (HEPIA)
Pierre-André Frossard (HEPIA)
Sandrine Tolivia (ELTEL)
Suzanne Mader et Olivier Goy (ASL)

Comité de lecture

Cyril Blondet (ERM)
Julie Aubert-Moulin (Syr'Usses)
Laurent Huber (HEPIA)
Millo Pénault-Ravaillé (Veget'Action)
Nathalie Buffet (CCG)
Olivier Goy (ASL)
Patrice Prunier (HEPIA)
Sandrine Tolivia (ELTEL)

Editeur du document

Millo Pénault-Ravaillé (Veget'Action)



Remerciements

Merci à **André Helfer** (fondateur de l'entreprise ELTEL SA - CH) pour ses idées et l'énergie investie dans la conception du prototype de la machine de traitement thermique. Merci à **Emmanuelle Favre** (Office cantonal de l'agriculture et de la nature - CH), **Barbara Molnar** (Canton du valais, section nature et paysage - CH) d'avoir bien voulu consacrer de leur temps pour partager leurs connaissances sur la législation suisse et la gestion des PEE sur leur territoire. Merci à **Pascal Sauze** (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement - FR), **Sylvie Martinant** (Conservatoire d'espaces naturels Auvergne - FR) et **François Delaquaize** (Centre de ressources espèces exotiques envahissantes - FR) d'avoir pris le temps de répondre à des questions sur la législation française et les stratégies de gestion des EEE au niveau national et au niveau de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Merci aux équipes qui ont travaillé avec les machines de traitement thermique sur le terrain, pour leur rigueur et leur implication. Merci aux **communes de Dully et Massongex** pour l'évacuation des résidus de PEE arrachés sur les sites pilotes présents sur leur territoire. Et enfin, **merci à tous les autres partenaires et personnes qui ont contribué de près ou de loin au projet « Stop aux invasives »**.

Table des matières

1	INTRODUCTION	8
2	TRAITEMENT THERMIQUE PROFOND – DEVELOPPEMENT DU PROTOTYPE	10
2.1	ÉVOLUTION DU PROTOTYPE – DEVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE	10
2.2	DETERMINATION DES MODELES ECONOMIQUES EN LEVIER DES PLANS DE GESTION	10
2.3	PERSPECTIVES DE LA MACHINE DE TRAITEMENT THERMIQUE	11
3	TRAITEMENT DES INVASIVES ET REVEGETALISATION.....	11
3.1	TEST DES TECHNIQUES DE LUTTE ET SUIVI DES SITES	11
3.2	CORTEGES VEGETAUX SPECIFIQUES, MISE EN ŒUVRE DES PROTOCOLES DE REVEGETALISATION	17
3.3	TRAITEMENT DES RESIDUS VEGETAUX – CADRE REGLEMENTAIRE ET TECHNIQUE.....	18
4	EXPERIMENTATION ET SUIVIS SCIENTIFIQUES.....	23
4.1	DIAGNOSTIC ET SELECTION DES SITES EXPERIMENTAUX <i>IN SITU</i>	23
4.2	CATEGORISATION DES SITES ET TYPES DE SUIVIS	24
4.3	RESULTATS ET SYNTHESE	25
5	SUIVI DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET ECONOMIQUE. TRANSFERT VERS UN PLAN DE GESTION DES INVASIVES	27
5.1	ELABORATION D’UN PLAN DE GESTION	27
5.2	MISE EN ŒUVRE D’UN PLAN DE GESTION	29
6	INFORMATION, SENSIBILISATION, FORMATION ET EDUCATION	31
6.1	SENSIBILISATION, ANIMATION AUPRES DES COLLECTIVITES, HABITANTS ET ACTEURS DU TERRITOIRE	31
6.2	FORMATION ELUS ET ACTEURS ECONOMIQUES REFERENTS	32
6.3	SEMINAIRES ET CAPITALISATION.....	33
6.4	COMMUNICATION TECHNIQUE ET SOCIO-ENVIRONNEMENTALE (TOUS ACTEURS)	34
7	BILAN DU PROJET	34

Liste des figures

Figure 1. Schéma synthétique de la construction du projet « Stop aux invasives » développé par le COPIL	8
Figure 2. Prototype deuxième génération pour la lutte thermique contre les PEE.....	10
Figure 3. Carte des sites expérimentaux classifiés par type de suivi.....	24
Figure 4. Etapes de la mise en place d'un plan de gestion.....	27
Figure 5. Classification des stades d'invasion et représentation pour une PEE sur le bassin versant des Usses .	28
Figure 12. Flyer de communication développé par ASL dans le cadre de l'action « Halte aux renouées ! ».....	32
Figure 7. Colloque final stop aux invasives : échanges et perspectives sur les stratégies de lutte contre les PEE	33

Liste des tableaux

Tableau 1. Modalités du traitement thermique utilisées dans le cadre du projet « Stop aux invasives »	10
Tableau 2. Techniques testées dans le cadre du projet et espèces ciblées.....	12
Tableau 2. Avantages et inconvénients des huit techniques principales testées, selon les retours d'expériences des partenaires.....	15
Tableau 3. Schéma d'aide à la décision des modalités de technique de lutte contre les six espèces exotiques du projet	16
Tableau 4. Guide pratique pour le traitement des déchets issus de la lutte contre les 6 espèces cibles du projet	19

Glossaire

Fiches REX : fiches de retours d'expériences des partenaires sur des sites donnés (sites REX)

Génie végétal : mise en œuvre de techniques utilisant des végétaux et leurs propriétés mécaniques et/ou biologiques

Post-traitement : méthode de lutte complémentaire mise en place après le traitement thermique

Sites REX : échantillon de sites dont les résultats de suivi et les retours d'expérience ont été détaillés

Traitement non thermique : autres techniques que le traitement thermique testées dans le projet

Traitement thermique : technique utilisant le prototype de lutte thermique développé dans le projet

Végétalisation : technique de restauration écologique se basant sur les principes du génie végétal

Listes des abréviations

ARNm : Acide RiboNucléique messenger

ASL : Association pour la Sauvegarde du Léman (FR-CH)

AuRA : Région Auvergne Rhône-Alpes (FR)

BTP : bâtiments et travaux publics (FR)

CCG : Communauté de communes du Genevois (FR)

CCTP : Cahier des Clauses Techniques et Particulières (FR)

CH : Suisse

CHF : franc suisse

DREAL : Direction départementale de l'environnement de l'aménagement et du logement (FR)

EBC AuRA : Eau bien commun Auvergne-Rhône-Alpes (FR)

EEE : espèces exotiques envahissantes

ERM : espace ruraux montagnard (FR)

EUR : euro

FR : France

HEPIA : Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève (CH)

HM : "Hors Machine", dit d'un site traité par une technique non thermique

NA : non applicable

NC : non communiqué

ODE : Ordonnance sur la dissémination dans l'environnement (CH)

PC : méthode de suivi floristique des points contacts

PEE : plantes exotiques envahissantes

R : recouvrement (méthode de suivi floristique)

REX : retours d'expériences

Syr'Usses : Syndicat de rivières les Usses (FR)

UPGE : Union Professionnelle du Génie Ecologique (FR)

1 Introduction

Enrayer la progression des plantes invasives est un objectif clef à atteindre si on souhaite agir efficacement sur la deuxième cause de l'effondrement de la biodiversité mondiale (Centre de ressources des EEE). Pour cela, il est indispensable d'avoir une vision globale de l'évolution des espèces les plus problématiques et de mutualiser les expériences afin de rationaliser les moyens de lutte. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet « Stop aux invasives » sur le territoire frontalier franco-suisse (cantons romands et Haute-Savoie). Initié par ELTEL (société suisse de travaux en milieux naturels) et par son homologue français ERM 74, le projet vise à développer une technique innovante de traitement thermique contre les invasives. Il a rassemblé les gestionnaires et scientifiques concernés par la problématique afin de mutualiser les expériences de gestion et de lutte : la Haute Ecole du Paysage d'Ingénierie et d'Architecture de Genève (HEPIA) en Suisse ; le Syndicat de rivières les Usses (Syr'Usses), la Communauté de Communes du Genevois (CCG) et l'association Eau Bien Commun Auvergne-Rhône-Alpes (EBC AuRA) en France ; l'Association pour la Sauvegarde du Léman (ASL) de part et d'autre de la frontière franco-suisse (figure 1).

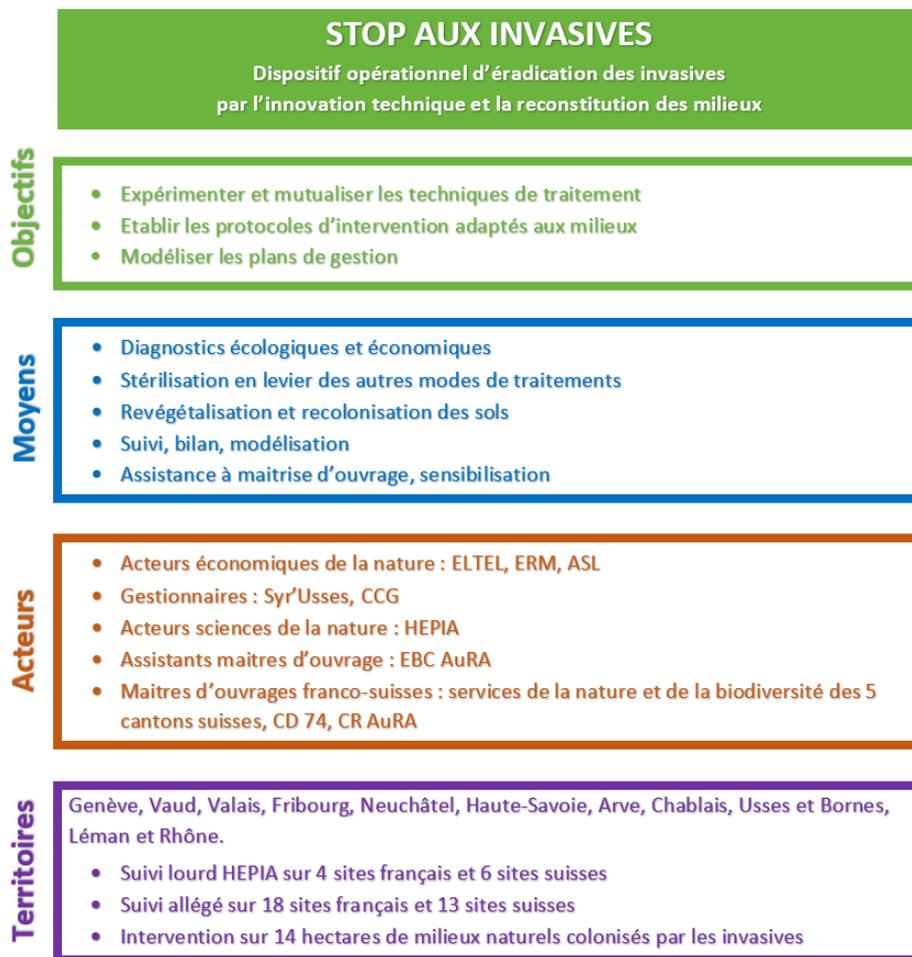


Figure 1. Schéma synthétique de la construction du projet « Stop aux invasives » développé par le COPIL

Le projet est axé sur six espèces invasives. Le choix de ces espèces a été réalisé au regard de leur dynamique, des impacts sur la biodiversité, la santé ou la production agricole qu'elles engendrent, ainsi que de l'importance de l'ancrage de leur système racinaire : les renouées asiatiques, le buddléia de David, la berce du Caucase, le souchet comestible, le bunias d'Orient et les solidages américains.

Le projet « Stop aux invasives » vise à apporter une contribution à la lutte contre les PEE via l'expérimentation et l'évaluation de l'impact sur l'environnement de la technique de traitement thermique « profond », ainsi que via la diffusion des différentes expériences des partenaires gestionnaires du projet. Fort de ces objectifs, les partenaires ont ainsi cherché, à travers ce projet, à répondre à des questions de divers ordres :

- **La technique de traitement thermique sur le plan technique et économique :**
Quels sont les enjeux et limites d'utilisation de cette technique ? Quels sont les retours d'expériences à l'issue du projet ? Forts de ces acquis, quelles peuvent être les évolutions possibles pour l'utilisation de cette technique ?
- **La technique de traitement thermique sur le plan fondamental :**
Quels sont les impacts de la technique de traitement thermique profond sur les populations de néophytes, sur la structure de la végétation indigène, sur le sol et ses communautés microbiennes, sur la faune invertébrée ? Que peut apporter le génie végétal dans le processus de reconstitution écosystémique des sites colonisés ?
- **La gestion des invasives :**
Quels sont les retours d'expériences régionaux consécutifs à la mise en place d'une stratégie de lutte contre les PEE ? Comment hiérarchiser ces mesures de lutte ? Quels sont les avantages et inconvénients de chacune de ces mesures ? Est-ce avantageux de combiner certaines mesures ?

Pour répondre à ces questions, le développement du projet s'est construit en sept grands axes¹ :

- **AXE I.** État des lieux régional - Niveaux de dispersion des néophytes sur le territoire - Choix des espèces à traiter
- **AXE II.** Prototype de stérilisation thermique
- **AXE III.** Traitement des invasives, revégétalisation
- **AXE IV.** Suivi scientifique, expérimentation/modélisation des protocoles de génie végétal
- **AXE V.** Suivi diagnostic technique et économique. Transfert vers plan de gestion invasive
- **AXE VI.** Information, éducation, sensibilisation
- **AXE VII.** Management et gestion du projet

Le présent document constitue un résumé du rapport final qui recueille l'ensemble des actions réalisées dans le cadre du projet pour répondre aux objectifs de ces sept grands axes. Il présente également les retours d'expériences des partenaires après quatre ans de projet. Le rapport complet est disponible sur le site internet www.stop-invasives.com et sur demande auprès des partenaires du projet.

2 Traitement thermique profond – développement du prototype

2.1 Évolution du prototype – développement technologique

Les premiers essais réalisés par ELTEL ont permis de définir le cahier des charges du prototype à expérimenter dans le cadre du projet Stop aux Invasives. À partir du moment où Cyril Blondet, fondateur de la société ERM, s'est investi dans cette aventure et que le projet Interreg a été accepté, un prototype a été développé. L'année 2018 a permis le développement technologique d'une machine en vue de son utilisation en 2019. En effet, les données et l'expérience acquise depuis 2015 ont permis de dessiner la nouvelle machine. Ce qui était, dans la phase d'essai, un assemblage complexe de machines et d'outils est analysé et réfléchi de façon à rendre l'installation fonctionnelle. Le dispositif de chauffe est assemblé dans une remorque compacte et mobile, pouvant être tracté par une camionnette. La deuxième camionnette permet de transporter la pelle hydraulique d'une largeur de 1,5 m et munie d'un marteau hydraulique pour pénétrer le sol avec la pique d'injection. Au niveau de l'injection, un travail de développement important a été mené pour que la pique résiste aux forces en présence : pression et chaleur. Ces contraintes sont telles que l'outil doit être moulé. L'intégration des buses fait aussi l'objet d'un savoir-faire spécifique. Le prototype de deuxième génération est né. Ce dispositif permet de traiter les invasives dans des terrains relativement plats (ou terrain régulier avec une pente maximum de 20%) avec un accès véhicule à maximum 200 m. Ce prototype permet d'injecter de l'eau à 450 bar et 140°C degrés dans le sol, les expérimentations in situ peuvent commencer (figure 2).



Figure 2. Prototype deuxième génération pour la lutte thermique contre les PEE

2.2 Détermination des modèles économiques en levier des plans de gestion

En tant qu'entreprises privées, ELTEL et ERM ont défini un modèle économique intégrant l'investissement, l'amortissement et les coûts des consommables ainsi que ceux des hommes (Tableau 1). **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Tableau 1. Modalités du traitement thermique utilisées dans le cadre du projet « Stop aux invasives »

modalités du traitement thermique utilisées										
ressources	coût par jour	plantes concernées	température	distance entre les injections	durée par injection	profondeur	volume d'eau	surface traitée par jour	coût moyen au m ² fr	coût moyen au m ² ch
1.pelle retro 1.chauffage/ pression 2.camionette- remorque 2.hommes	ch : 3500 chf fr : 2500 eur	renouées asiatiques solidages américains buddléia de david berce du caucase souchet comestible bunias d'orient	140°C	30 cm	1 min.	30 cm ¹ 50 cm	255 litres/m ²	40 m ²	62,5 eur	80 chf
¹ pour le traitement des solidages américains										

2.3 Perspectives de la machine de traitement thermique

Un développement futur envisagé est de rendre ce dispositif plus adéquat aux types des terrains envahis : bords de cours d'eau en pente, éloignés d'une voie de circulation. L'idée serait de travailler avec une pelle araignée pour accéder aux terrains très pentus et de compacter les chaudières sur un véhicule tout terrain. De plus, il est impératif de travailler à la diminution de la consommation d'eau et à l'optimisation des émissions de carbone. La réduction du diamètre des buses d'injection permettrait de diminuer la quantité d'eau nécessaire pour un même traitement. Le réchauffement de l'eau avec une énergie renouvelable permettrait également d'améliorer le bilan énergétique de la machine. D'autres réflexions ont été menées pour utiliser plusieurs piques d'injection pour une même machine (jusqu'à 4 piques) pour traiter des plus grandes surfaces en une même journée d'intervention, ainsi que pour maintenir la température du sol traité avec par exemple des bâches isothermes. Comme souligné précédemment, aucune littérature n'était disponible sur la meilleure manière de traiter les néophytes sur le terrain. Ce processus d'injection a donc été optimisé au cours du projet sur la base du suivi scientifique. En fonction des résultats scientifiques, la méthode a été ajustée.

3 Traitement des invasives et revégétalisation

3.1 Test des techniques de lutte et suivi des sites

Une des volontés du projet « Stop aux invasives » est de multiplier et diversifier les techniques et typologies de sites traités en vue d'enrichir les retours d'expériences sur la lutte contre les PEE sur le territoire franco-suisse. Dans ce cadre, un ensemble de sites et de techniques a été défini par les partenaires. On compte un total de 132 sites, où ont été testées neuf techniques et combinaison de techniques, sur une surface de 8 ha, pour lutter contre six espèces exotiques envahissantes (figure 3).

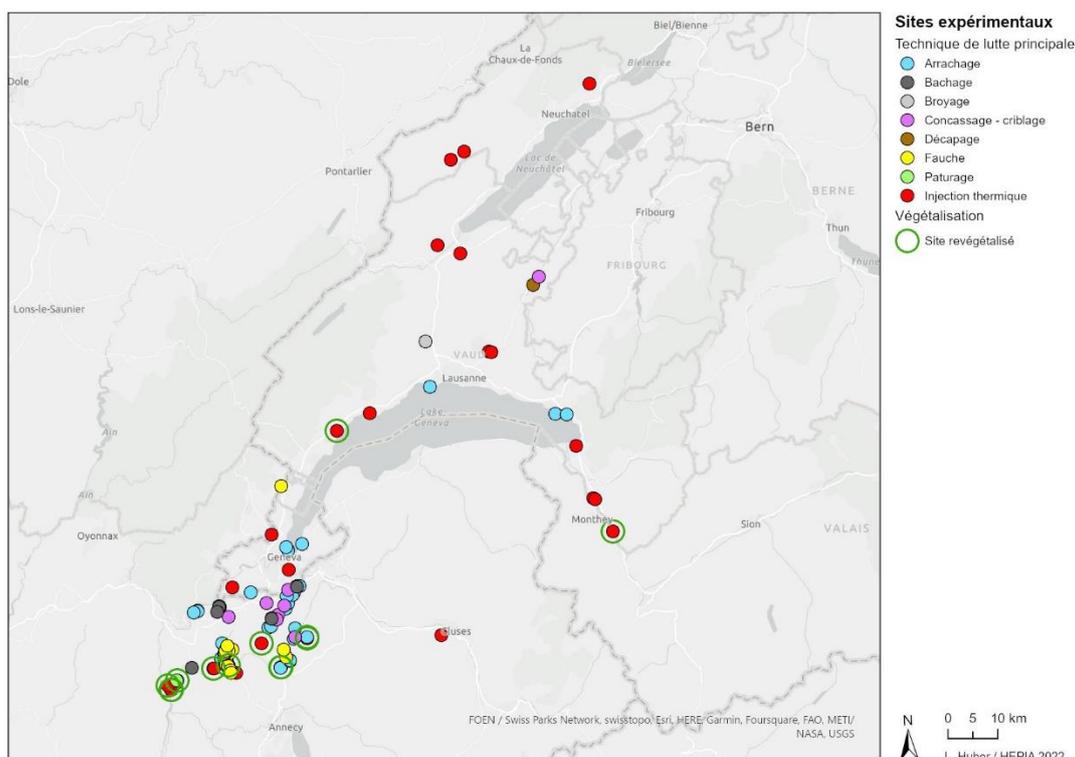


Figure 3. Carte de répartition des sites du projet en France et en Suisse par technique

3.1.1 Résultats du suivi des sites

Les essais techniques réalisés dans le cadre du projet ont permis aux partenaires de tirer des constats sur les techniques, leur coût de mise en œuvre ainsi que sur les espèces traitées (tableau 2).

Tableau 2. Techniques testées dans le cadre du projet et espèces ciblées

	Technique testée	Espèces concernées
Sites traités thermiquement	t1. Traitement thermique (combinée ou non avec fauche, arrachage, bâchage et/ou végétalisation)	Renouées asiatiques
		Renouées asiatiques et solidages américains
		Renouées asiatiques, solidages américains, berce du Caucase, buddléia de David et souchet comestible
Sites traités non thermiquement	t2. Arrachage (seul ou combiné)	Renouées asiatiques, solidages américains, berce du Caucase et buddléia de David
	t3. Fauche (seule ou combinée)	Renouées asiatiques et solidages américains
	t4. Coupe-dessouchage-broyage	Buddléia de David
	t5. Criblage-concassage	Renouées asiatiques
	t6. Bâchage (seul ou combiné)	Renouées asiatiques
	t7. Pâturage	Renouées asiatiques
	t8. Décapage	Solidages américains
	t9. Végétalisation (combinée)	Renouées asiatiques, solidages américains et buddléia de David

Taux de réussite par technique

→ **Constat 1** : hormis le criblage-concassage qui présente de meilleurs résultats dans le cadre du projet, les autres techniques présentent des résultats relativement similaires. Ces similitudes entre techniques peuvent être dues à la variabilité d'âges des sites, des stades de développement initiaux des foyers et au contexte du projet (topographie, ressources humaines et financières, etc.). Ces deux derniers points sont déterminants pour le choix d'une technique et d'une combinaison de techniques.

→ **Constat 2** : la végétalisation en post-traitement favorise la régression des foyers de PEE et le retour d'espèces indigènes. La naturalité du milieu restauré est donc améliorée.

→ **Constat 3** : combiner la technique de traitement thermique avec une autre technique non thermique, adaptée au contexte du site, permet de lutter plus efficacement sur les foyers de PEE. Idéalement, il est recommandé de faucher au préalable, puis de procéder à une ou des campagnes d'arrachage après traitement. Le génie végétal est aussi une bonne option de post-traitement.

→ **Constat 4** : si l'éradication n'est pas totale, la reprise peut être très rapide s'il n'y a pas de post-traitement régulier. La technique la plus adaptée est dans ce cas l'arrachage. Initier une campagne de lutte contre les PEE suppose ainsi un engagement sur le long terme et sur plusieurs années, si l'on souhaite obtenir des résultats satisfaisants et ne pas perdre les moyens humains et financiers mis en œuvre.

Coûts de mise en œuvre

→ **Constat 5** : la technique du criblage-concassage, bien qu'elle soit la plus efficace, est aussi la plus coûteuse (80 à 200 EUR-CHF/m² et 1000 à 2000 EUR-CHF d'installation de chantier) (tableau 3).

→ **Constat 6** : le traitement thermique seul (en moyenne 100 EUR-CHF/m²) est logiquement moins coûteux que combiné (en moyenne 250 EUR-CHF/m²), mais il est souvent nécessaire d'employer des techniques de post-traitement ou de renouveler un traitement thermique pour obtenir des résultats efficaces.

→ **Constat 7** : l'arrachage et la fauche sont des techniques peu coûteuses (<1 à 20 EUR-CHF/m²). Elles peuvent en revanche le devenir lorsque la fréquence nécessaire des passages est importante. L'alternative de mobiliser des citoyens pour effectuer un travail bénévole permet de réduire considérablement les coûts.

→ **Constat 8** : les coûts des travaux sont souvent liés à l'accessibilité et la praticabilité du terrain, ils peuvent significativement augmenter pour les techniques mobilisant des machines complexes (traitement thermique et criblage-concassage). Le déplacement et l'utilisation de la machine de traitement thermique deviennent rapidement difficiles et coûteux sur des terrains pentus et/ou accidentés.

→ **Constat 9** : globalement, plus la surface traitée est grande, plus le coût au mètre carré diminue. Traiter des grandes surfaces permet la plupart du temps de rentabiliser les coûts de déplacement et d'installation de chantier. Traiter plusieurs sites la même journée peut aussi permettre de minimiser les coûts.

Tableau 3. Coûts moyens des techniques testées dans le cadre du projet

	Coût moyen/m ²		Installation de chantier	
	France	Suisse	France	Suisse
t1. Traitement thermique	62,5 EUR/m ²	80 CHF/m ²	600-1200 EUR	400-1000 CHF
t2. Arrachage	1,9-11 EUR/m ²	2-20 CHF/m ²	200 EUR	250 CHF
t3. Fauche	0,4-1,2 EUR/m ² Mécanisée : 0,30 EUR/m ²	0,4-1 CHF/m ² Mécanisée : 0,50 CHF/m ²	Mécanisée : 600-1200 EUR	Mécanisée : 1000 CHF
t4. Coupe, dessouchage et broyage	1 EUR/m ² 80-100 EUR/unité	1,50 CHF/m ² 35-250 CHF/unité	600-1200 EUR	400-1000 CHF
t5. Criblage - concassage	80-100 EUR/m ²	140-200 CHF/m ²	1000-2000 EUR	2000 CHF
t6. Bâchage	19-21 EUR /m ²	34,5 CHF /m ²	200 EUR	250 CHF
t7. Pâturage	NC	NC	NC	NC
t8. Décapage	5-25 EUR/m ²	10-30 CHF/m ²	1000-2000 EUR	2000 CHF

Source : © Syr'Usses, ELTEL et ERM

Taux de réussite par espèces - ensemble des sites

→ **pour les solidages américains** : l'arrachage est adapté pour lutter contre les petits foyers (surface < 100 m²), la fauche est plus adaptée pour les grands foyers (surface > 100 m²).

→ **pour le buddléia de David** : l'arrachage et le traitement thermique sont efficaces sur des petites surfaces.

→ **pour les renouées asiatiques** : l'éradication totale peut être assurée seulement si un suivi soutenu est appliqué durant plusieurs années après le traitement, quelles que soient les options techniques retenues.

→ **pour la berce du Caucase** : les essais ne sont pas suffisants pour tirer des conclusions spécifiques.

→ **pour le souchet comestible et le bunias d'Orient** : les retours d'expériences ne sont pas suffisants

3.1.2 Synthèse des retours d'expériences, critères décisifs des techniques

Fort des expériences des partenaires, dans le contexte socio-économique et environnemental du projet, il est possible de mettre en place des outils d'aide aux choix des techniques (tableau 4 & tableau 5). Les critères de choix déterminants sont : la surface du site à traiter, la nature du terrain et du sol, l'accessibilité au site, le milieu naturel traité, les PEE ciblées et leur stade de développement, les coûts des opérations, et d'autres critères spécifiques, inhérents à la bonne mise en œuvre d'une technique. **Pour chaque choix de technique, un ou plusieurs de ces critères sont déterminants :**

→ **Pour le traitement thermique**, un raccordement en eau est nécessaire à proximité du site (à moins de 2 km), le terrain doit être plat et accessible et le sol ne doit pas être argileux. Il n'est pas possible de traiter une surface de plus de 40 m² par jour. Par ailleurs, cette technique est coûteuse : en moyenne 62,5 EUR/m² (FR) et 80 CHF/m² (CH), ainsi que 600-1200 EUR (FR) et 400-1000 CHF (CH) pour l'installation de chantier.

→ **Pour l'arrachage**, les individus à arracher ne doivent pas être trop développés, sinon cela devient difficile voire impossible. De plus, le traitement d'une grande surface (> 100 m²) est laborieux, sauf s'il est possible de mobiliser beaucoup de main d'œuvre (bénévolat). Cette technique coûte en moyenne 1,9-11 EUR/m² (FR) et 2-20 CHF/m² (CH), ainsi que 200 EUR (FR) et 250 CHF (CH) pour l'installation de chantier.

→ **Pour la fauche**, la mécanisation est possible. Dans ce cas, de grandes surfaces peuvent être traitées (> 100 m²), mais le terrain doit être accessible et praticable. La fauche manuelle peut aussi être difficile sur des terrains pentus et/ou accidentés. La fauche manuelle coûte en moyenne 0,4-1,2 EUR/m² et 0,4-1 CHF/m² et la fauche mécanisée, 0,30 EUR/m² et 0,50 CHF/m² avec +/- 1000 EUR-CHF d'installation de chantier.

→ **Pour la coupe, dessouchage et broyage** de ligneux, il faut que les pieds à traiter soit accessibles avec la/les machine(s) concernée(s) Le coût moyen de la technique est de 1 EUR/m² (FR) et 1,50 CHF/m² (CH), ainsi que de 600-1200 EUR (FR) et 400-1000 CHF (CHF) pour l'installation de chantier.

→ **Pour le criblage-concassage**, le terrain doit être plat, accessible, pas trop accidenté et le sol ne doit pas être trop pierreux pour permettre la bonne mise en œuvre de la technique. La technique est moins efficace sur des foyers développés. Par ailleurs, cette technique est coûteuse : en moyenne 80-100 EUR/m² (FR) et 140-200 CHF/m² (CH) ainsi que 1000-2000 EUR (FR) et 2000 CHF (CH) pour l'installation de chantier.

→ **Pour le bâchage**, il faut que le terrain soit adapté à la pose et la fixation de la bâche. Le bâchage coûte en moyenne 20 EUR/m² (FR) et 34,5 CHF/m² (CH), ainsi que +/- 200 EUR-CHF pour l'installation de chantier.

→ **Pour le pâturage**, le contexte du site doit permettre la mise en pâture et la bonne gestion du bétail.

→ **Pour le décapage**, il faut que le terrain soit praticable et exempt d'obstacles à la bonne mise en œuvre de la technique. Cette technique coûte en moyenne 5-25 EUR/m² (FR) et 10-30 CHF/m² (CH), ainsi que +/- 1500 EUR-CHF pour l'installation de chantier.

→ **Pour la végétalisation**, il est important d'intervenir à la bonne période (entre octobre et mars pour l'implantation de ligneux) pour assurer la bonne reprise des végétaux implantés. Selon les modalités de mise en œuvre et le matériel végétal utilisé, le coût de mise en œuvre peut varier de 3 EUR/m² (FR) ou 4 CHF/m² (CH) (ensemencement) à environ 80 EUR/m² (FR) ou 100 CHF/m² (CH) (aménagement complexes).

Tableau 4. Avantages et inconvénients des huit techniques principales testées, selon les retours d'expériences des partenaires

	Avantages	Inconvénients
t1. Traitement thermique	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Bons résultats sur les jeunes foyers ▲ Pas de gestion des déchets de rhizomes à prévoir ▲ Pas d'utilisation de produits chimiques ▲ Pas d'excavation de matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Consommation d'énergie et d'eau importantes ; accès à un raccordement d'eau nécessaire ▼ Structure et la stabilité du sol impactés ; pas adaptée à des sols trop argileux ▼ Traitement de 40 m² de surfaces infestées par jour maximum ▼ Nécessite un accès à une piste carrossable à 200 m et un terrain peu pentu (pente < 20%)
t2. Arrachage	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Pas d'utilisation de machines ▲ Facilité de mise en œuvre ▲ Sélectivité fine des espèces arrachées ▲ Applicable sur des sites déjà végétalisés 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Application difficile sur des individus trop développés ▼ Adapté aux massifs de taille petite et moyenne ▼ Nécessité d'intervenir souvent durant la saison de végétation ▼ Gestion nécessaire des déchets verts conséquente
t3. Fauche	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Permet de traiter des sites de plusieurs hectares ▲ Le sol n'est pas impacté si les machines utilisées ont une pression au sol adaptée au milieu et à la météorologie 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Risque de dissémination si pas réalisé rigoureusement et sur les espèces adéquates ▼ Nécessite une action répétée et rigoureuse ▼ Non sélectif, la végétation indigène est également impactée ▼ Ne permet pas une éradication rapide, surtout une réduction de la biomasse ▼ Gestion nécessaire des matériaux de fauche conséquente
t4. Coupe, dessouchage et broyage	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Efficace et ciblée, impactant peu la structure du sol ▲ Permet de traiter des individus de buddléia développés ▲ Débris de bois laissés sur place apportant de la matière organique au sol 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Nécessite un accès au site suffisant pour intervenir avec du matériel permettant de dessoucher ou rogner ▼ Deux interventions nécessaires : coupe manuelle, puis rognage avec machine ▼ Gestion nécessaire des matériaux de coupe conséquente
t5. Criblage - concassage	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Peut s'appliquer sur des vieux foyers ▲ Possibilité de traiter de grandes surfaces ▲ Traitement des rhizomes en profondeur ▲ Impact conséquent sur les foyers de PEE 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Coût de mise en place de l'atelier important ▼ Consommation d'énergie et coûts importants ▼ Impacte la structure et la texture du sol ▼ Plateforme conséquente à proximité du chantier (selon variante) ▼ Demande une logistique importante, non applicable sur terrain en pente (selon variante) ▼ Criblage et tri difficile sur sol pierreux (selon variante)
t6. Bâchage	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Mise en œuvre peu onéreuse ▲ Efficace sur beaucoup de terrains ▲ Complémentaire à beaucoup de techniques 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Vie du sol anéantie ▼ Impact paysager, aspect inesthétique ▼ Utilisation de matériaux issus de la pétrochimie ▼ Mise en œuvre nécessitant une maîtrise parfaite des modalités de pose de bâches
t7. Pâturage	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Pas d'utilisation de machine nécessaire ▲ Pédagogique et ludique pour le grand public ▲ Méthode adaptée à différentes configurations (zones escarpées, petit et gros massifs) 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Gestion d'animaux vivants (soins, abris, maladie, etc.) nécessaire ▼ Nécessite une présence quasi quotidienne (déplacement, surveillance des animaux)
t9. Végétalisation	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Utilisation de matériel végétal, écologique, peu d'intervention de machines ▲ Favorise la biodiversité indigène et adaptée au site ▲ Collecte de matériel végétal en milieu naturel à proximité du chantier, à faible coûts ▲ Aménagement évoluant naturellement dans le temps vers un milieu plus concurrentiel pour les PEE 	<ul style="list-style-type: none"> ▼ Travail de recherche et de collecte de matériel végétal ▼ Offres de semences locales/écotypes du marché limitées et/ou onéreuses. ▼ Intervention avec une technique active non ciblée menaçant l'aménagement constitué ▼ Résultats tributaires des conditions climatiques les 1-2 premières années ▼ Mise en œuvre limitée à la période octobre-mars (ligneux)

Les retours d'expériences sur le décapage (t8) ne sont pas suffisants pour inclure la technique dans les outils d'aide aux choix des techniques

Tableau 5. Schéma d'aide à la décision des modalités de technique de lutte contre les six espèces exotiques du projet

Techniques de lutte		t1. Traitement thermique	t2. Arrachage	t3. Fauche	t4. Coupe, dessouchage et broyage	t5. Criblage - concassage	t6. Bâchage	t7. Pâturage	
Espèce	Berce du Caucase								
	Buddléia de David								
	Bunias d'orient								
	Renouées asiatiques								
	Solidages américains								
	Souchet comestible								
Milieu	Semi-aquatique/Zones humides								
	Talus routier et ferroviaire								
	Friches urbaines								
	Agricole								
	Forestier								
	Enrochement bord de rive								
Sol	Sol argileux								
	Sol non argileux								
Pente	Nulle - faible (<10 %)								
	Moyenne (10-20 %)								
	Forte (> 20 %)								
Accessibilité	Facile								
	Moyenne								
	Difficile								
Raccordement	Absence réseau eau								
	Absence réseau électrique								
Surface	0-100 m ²								
	100-300 m ²								
	> 300 m ²								
Coût	Coût surfacique moyen (HT)	FR	62,50 EUR/m ²	1,9-11 EUR/m ²	0,4-1,2 [*] ou 6 ^{**} EUR/m ²	80-100 EUR/unité	80-100 EUR/m ²	19-21 EUR/m ²	NC
		CH	80 CHF/m ²	2-20 CHF/m ²	0,4-1 [*] ou 8 ^{**} CHF/m ²	35-250 CHF/m ²	140-200 CHF/m ²	34,5 CHF/m ²	NC
	Coût installation de chantier (HT)	FR	600-1200 EUR	200 EUR	600-1200 ^{**} EUR	600-1200 EUR	1000-2000 EUR	200 EUR	1000-2000 EUR
		CH	400-1000 CHF	250 CHF	400-1000 ^{**} CHF	400-1000 CHF	2000 CHF	250 CHF	2000 CHF

* Fauche mécanisée

** Fauche manuelle

	Adapté
	Peu adapté
	Non adapté
	Non testé ou non concerné

Les retours d'expériences sur le décapage (t8) ne sont pas suffisants pour inclure la technique dans les outils d'aide aux choix des techniques. Les techniques de végétalisations sont présentées dans un chapitre spécifique (3.2).

3.2 Cortèges végétaux spécifiques, mise en œuvre des protocoles de revégétalisation

Parmi les techniques testées dans le cadre du projet, la revégétalisation s'avère être une technique qu'il est possible de combiner aux autres, afin d'optimiser la restauration d'un milieu naturel colonisé.

Les techniques de génie végétal ont historiquement surtout pour objectif la protection des sols contre l'érosion. Elles utilisent pour cela une majorité d'espèces indigènes à caractère pionnier qui présentent une croissance initiale dynamique, couvrent rapidement le sol pour le protéger efficacement et développent des systèmes racinaires qui produisent un effet d'ancrage en profondeur. Ces opérations de végétalisation permettent d'initier un processus de succession écologique en choisissant les plantes qui paraissent les plus efficaces pour atteindre les objectifs de l'aménagement et les plus adaptées aux conditions du milieu. Le comportement de ces espèces indigènes présente également un intérêt pour limiter l'implantation spontanée d'espèces végétales indésirables. Leur implantation est par conséquent une action complémentaire aux traitements d'éradication des espèces néophytes envahissantes.

- **Situation pionnière** : la situation après traitement contre une EEE correspond à une situation pionnière (post-perturbation), avec notamment un substrat/sol nu et une situation de pleine lumière. La suppression d'une espèce invasive ne suffit pas toujours à favoriser le retour spontané de la végétation native et le rétablissement du bon fonctionnement de l'écosystème. Une intervention active pour restaurer une communauté végétale diversifiée dans les zones envahies peut donc s'avérer nécessaire.

- **Effet de compétition** : plusieurs études et des observations de terrain ont confirmé que les renouées asiatiques sont sensibles à la compétition pour la lumière et qu'en situation ombragée, leur croissance est limitée. Le génie végétal peut accélérer les successions végétales sur les zones envahies et soumettre les espèces exotiques envahissantes à la compétition interspécifique en installant rapidement un couvert végétal stable. L'espace aérien disponible ainsi réduit par des espèces à croissance rapide, permet de priver au maximum les invasives de lumière.

- **Matériel** : les techniques de génie végétal ont pour but d'installer un couvert végétal stable et dense durablement. Pour cela, il s'agit d'utiliser une forte densité de ligneux et/ou d'herbacées pour atteindre un effet de compétition, ainsi qu'un ensemencement concurrentiel qui constituera une première couverture le temps du développement des ligneux. La communauté végétale compétitive devra être installée par la plantation et/ou le semis d'espèces natives. Il est essentiel d'accompagner l'aménagement par de l'arrachage durant le développement des végétaux mis en place.

- **Techniques** : différentes techniques de génie végétal peuvent être employées. Les parties suivantes présentent les techniques de végétalisation identifiées et applicables aux sites du projet. Trois principaux types de végétalisation simples dans leur mise en œuvre ont été identifiés : l'ensemencement, le bouturage et la plantation. Les paragraphes suivants détaillent leurs objectifs, mise en œuvre et listes d'espèces génériques préconisées. D'autres techniques plus complexes dans leur mise en œuvre sont ensuite abordées. Ces protocoles sont génériques dans la mesure où ils peuvent couvrir les différentes situations envahies dans le secteur étudié. Des préconisations par site ont cependant été énoncées afin de maximiser l'effet de végétalisation tout en s'adaptant au contexte particulier du site.

3.3 Traitement des résidus végétaux – cadre réglementaire et technique

3.3.1 Cadre technique

Les méthodes de traitement et de valorisation industrielles des déchets verts issus de la lutte contre les PEE les plus connues sont menées dans des installations spécifiques, agréées pour leur activité : incinération, méthanisation et compostage.

Ces trois méthodes nécessitent :

- de transporter les biodéchets, ce qui implique la prise de précaution accrue lors du transport de déchets de PEE (nettoyage des engins sur place avant départ, bâchage des engins pendant le transport) ;
- une gestion adaptée aux espèces considérées. Des circuits et procédés de traitement spécifiques devant être adaptés pour les plantes invasives afin d'éviter de contaminer la chaîne de valorisation des autres biodéchets ;
- une gestion à moyenne ou grande échelle, un certain volume de matériaux étant nécessaire pour que la filière de valorisation soit viable.

Dans tous les cas, pour certaines espèces végétales particulièrement résistantes, les gestionnaires doivent être vigilants quant à l'efficacité des méthodes de traitement.

D'autres techniques de valorisation sont en cours de développement, principalement pour les renouées asiatiques, qui sont celles dont les déchets sont les plus difficiles à gérer. Sur le territoire savoyard, il s'agit de la valorisation des molécules issues des rhizomes de renouées asiatiques.

Soulignons que la renouée du Japon est une plante dont certaines parties sont comestibles. Elle est depuis longtemps reconnue pour ses vertus thérapeutiques et est inscrite dans la pharmacopée de la médecine traditionnelle chinoise. Elle est ainsi cultivée en Asie à la fois pour l'alimentation, mais aussi pour ses vertus thérapeutiques.

En Savoie, l'Université Savoie Mont Blanc, travaille sur ce sujet à travers le projet « Renouer », mis en place en 2017. Il vise l'étude de l'utilisation des propriétés chimiques des renouées du Japon (*Reynoutria japonica*) qui contiennent dans leurs rhizomes une molécule, dite resvératrol, aux propriétés antioxydantes. Celle-ci peut servir dans des produits cosmétiques, ainsi qu'être utilisée pour ses vertus thérapeutiques.

La valorisation des plantes invasives pourrait permettre d'encourager leur coupe et/ou leur arrachage. Ceci permettrait d'en limiter la prolifération, tout en finançant partiellement les traitements de lutte (surtout les renouées asiatiques).

3.3.2 Sur le territoire du projet « Stop aux invasives »

Le tableau qui suit présente les différents traitements des déchets issus de la lutte contre les PEE mis en œuvre sur le territoire pour les six espèces cibles du projet « Stop aux invasives », ainsi que leurs principales caractéristiques (tableau 6).

Tableau 6. Guide pratique pour le traitement des déchets issus de la lutte contre les 6 espèces cibles du projet

Méthode	Espèces ciblées	Principales conditions de mises en œuvre	Principaux avantages	Principaux inconvénients	Mise en œuvre durant le projet « Stop aux Invasives »
LAISSES LES RESIDUS SUR PLACE	Solidages américains Buddléia de David	<ul style="list-style-type: none"> • Sans graines, ni fleurs. (si présence : évacuer pour incinération) 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu coûteux. • Pas d'évacuation (pas de risque de dissémination lors du transport). 	<ul style="list-style-type: none"> • Zone de dépôt à surveiller pour s'assurer qu'il n'y a pas de reprise ultérieure. 	Oui <ul style="list-style-type: none"> • Syr'Usses : solidages et buddléia de David. • CCG : solidages et buddléia de David.
	Renouées asiatiques	Sans graines, ni fleurs. (si présence : évacuer pour incinération) <ul style="list-style-type: none"> • Hors sol (de sorte que les résidus ne touchent pas le sol en direct ; coincé entre des palettes par exemple). • À l'abri de toute dissémination possible (vent, eau, etc.). 		<ul style="list-style-type: none"> • Risque de reprise en cas de contact au sol. • Risque zéro de dissémination rarement assuré. • Zone de dépôt à surveiller pour s'assurer qu'il n'y a pas de reprise ultérieure des plantes invasives. 	Oui <ul style="list-style-type: none"> • Syr'Usses : sur 1 site résidus laissés sur place sur une bâche fixée pour plusieurs années. • CCG : résidus laissés sur bâche pour les surfaces arrachées.
METHANISATION	Renouées asiatiques Solidages américains Berce du Caucase Souchet comestible (peu documenté)	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que le processus mis en œuvre respecte bien le procédé décrit par les retours d'expériences menées sur l'espèce considérée². • Privilégier les périodes sans graines (mesure de précaution relative à la réutilisation du digestat). 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement des parties aériennes et souterraines (dépourvues de terre). • La méthanisation permet à l'issue du processus de produire une matière organique réutilisable en remplacement d'engrais (le digestat), ainsi qu'une source d'énergie (biogaz). 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté à suivre les zones d'épandage du digestat pour s'assurer d'une élimination totale du risque de dissémination. • La présence de terre sur les parties souterraines peut rendre l'intégration difficile (confirmation à avoir avec l'exploitant). • Les résidus doivent être amenés avant qu'ils aient commencé à fermenter (stockage intermédiaire court). 	Non <ul style="list-style-type: none"> • Perspective à l'étude sur le territoire d'intervention du Syr'Usses (Bassy, FR) pour les renouées asiatiques. • Quelques éléments logistiques à prévoir en amont, tel que le broyage préalable des déchets, sur une plateforme dédiée afin d'éviter toute dissémination des résidus.

² Détails des procédés expérimentés dans le guide UICN Comité français, Suez Recyclage et Valorisation France. (2022). *Accompagner le traitement des déchets de plantes exotiques envahissantes issus d'interventions de gestion. Guide technique. Centre de ressources Espèces exotiques envahissantes. UICN Comité français & Office français de la biodiversité. 136 pages - http://especies-exotiques-envahissantes.fr/guide-technique_dechets_pee_tableau/*

Méthode	Espèces ciblées	Principales conditions de mises en œuvre	Principaux avantages	Principaux inconvénients	Mise en œuvre durant le projet « Stop aux Invasives »
	Buddleia de David	<ul style="list-style-type: none"> • Prévenir toute dissémination lors du transport. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'installation déjà existantes mutualisées pour la gestion des biodéchets. 	<ul style="list-style-type: none"> • Méthode non conseillée pour des parties aériennes trop lignifiées (cas du buddléia). 	<ul style="list-style-type: none"> • Seul le coût du transport est à prévoir, ainsi que celui du pré-traitement si besoin (broyage).
COMPOSTAGE INDUSTRIEL	Renouées asiatiques Buddleia de David Solidages américaines Souchet comestible Berce du Caucase	<ul style="list-style-type: none"> • Sans fleurs, ni graines, ni rhizomes/racines (tolérance sur les parties souterraines selon les procédés). • S'assurer que le processus mis en œuvre respecte bien le procédé décrit par les retours d'expériences menées sur l'espèce considérée². • Privilégier les périodes sans graines (mesure de précaution relative à la réutilisation du compost). • Prévenir toute dissémination lors du transport. 	<ul style="list-style-type: none"> • Favorise le retour au sol de la matière organique et contribue au maintien de la fertilité des sols. • Utilisation d'installation déjà existantes mutualisées pour la gestion des biodéchets. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté à suivre les zones d'épandage du compost pour s'assurer d'une élimination totale du risque de dissémination. • La présence de terre sur les parties souterraine peut rendre l'intégration difficile. Certaines installations n'acceptent pas les rhizomes. 	<p>Non</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perspective à l'étude par le Syr'Usses. • Une filière de compostage industriel est présente sur Voglans en Savoie (Suez). • Elle n'a pas à ce jour été visée lors des évacuations de résidus végétaux de PEE. • Environ 40€/T (hors transport).

Méthode	Espèces ciblées	Principales conditions de mises en œuvre	Principaux avantages	Principaux inconvénients	Mise en œuvre durant le projet « Stop aux Invasives »
INCINERATION ³	Toutes espèces en cas de présence de graines, de racines et/ou en cas d'absence d'autre technique possible.	<ul style="list-style-type: none"> • S'assurer de la bonne prise en charge des végétaux • Prévenir toute dissémination lors du transport • Les résidus peuvent être séchés avant incinération pour en réduire les volumes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement des parties aériennes et souterraines (dépourvues de terre) en toute saison • Élimination du risque de dissémination post-traitement • Utilisation de filière existantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts environnementaux et sanitaires liés aux rejets de polluants dans l'atmosphère • Plus coûteux (à la tonne déposée) • Energivore si les végétaux sont verts. 	<p>Oui</p> <ul style="list-style-type: none"> • Syr'Usses : ensemble des résidus de lutte contre les renouées asiatiques (hors 1 site). Les filières de valorisations autre n'étant pas encore stabilisées sur son territoire, ainsi que les résidus de berce du Caucase et les inflorescences de buddléia de David (en fleurs et/ou graines). En moyenne 150€/T (hors transport) • CCG : pour les sites en concassage, gérés par le prestataire • ASL : mise en sac et incinération du produit d'arrachage des renouées asiatiques.

³ Pour le transport vers le centre d'incinération, les résidus de PEE ont été déplacés : en big bag fermés du site vers le lieu de stockage temporaire (benne de 9 m³) ; puis en benne fermée du site de stockage temporaire vers le centre d'incinération.

Autres essais dans le cadre du projet

En Suisse, différents essais, suivi par Sol Conseil, ont démontré que les matériaux comprenant un important stock grainier de solidages peuvent être valorisé en agriculture traditionnelle moyennant leur compostage préalable. Des essais ont été effectués, que ce soit avec les matériaux terreux issus du décapage ou avec ceux issus de la fauche de solidages avant floraison ou en début de floraison. Les matériaux sont broyés et compostés avant leur épandage sur les terres agricoles. Suite à l'épandage, le travail agricole « normal » peut continuer. Aucune reprise n'a été constatée ces 10 dernières années.

Conclusion

Il est souligné par les gestionnaires, qu'au-delà de la valorisation des résidus végétaux de PEE, ce qui est recherché est de minimiser autant que possible l'impact environnemental de la lutte contre les PEE.

L'évacuation des résidus végétaux n'est pas comptabilisée dans les coûts indiqués dans le cadre du projet. Cette opération peut en revanche augmenter considérablement les coûts d'un chantier selon la modalité de traitement des déchets retenue.

La lutte contre les PEE nécessite en soit de nombreux déplacements, des interventions d'engins de chantiers, voir des destructions de milieux qui seront restaurés par la suite. La gestion des résidus végétaux issus de la lutte peut, elle aussi, être à l'origine d'impacts environnementaux lors de leur transport, puis de leur traitement (gaz d'échappement, dissémination si stockage non-maitrisé, etc.). **Le choix de la stratégie de traitement des résidus végétaux est lui-aussi soumis à un équilibre coût-bénéfice écologique et économique.**

Dans le cadre du projet "Stop aux invasives", les recherches et essais sur le développement de filières de valorisation des résidus des PEE sur le territoire franco-suisse se limitent aux éléments précédemment décrits. Néanmoins, de nouvelles perspectives seront mises en oeuvre par les partenaires dans les années à venir.

4 Expérimentation et suivis scientifiques

Le suivi scientifique mis en place a pour objectif de répondre à différentes questions liées à la mise en œuvre du traitement thermique. Les questions de recherche principales énoncées sont les suivantes :

- quelle est l'**efficacité globale** de la méthode de traitement thermique ?
- la **répétition** du traitement augmente-t-elle l'efficacité d'éradication ?
- quelle **saison d'intervention** assure la meilleure efficacité d'éradication ?
- quel **post-traitement** assure la meilleure efficacité d'éradication ?
- quelles sont les éventuelles **incidences** du traitement thermique sur différentes composantes de l'environnement ?

Pour répondre à ces questions, des sites d'expérimentation ont été identifiés. Une sélection d'indicateurs et un état initial de ces sites *in situ* ont été effectués, puis plusieurs composantes de l'environnement ont été suivies puis analysées. Parallèlement, des expérimentations en laboratoire (*ex situ*) ont été menées afin d'étudier et évaluer en détail le processus de traitement thermique.

4.1 Diagnostic et sélection des sites expérimentaux *in situ*

Les sites expérimentaux en conditions réelles sur les territoires du projet sont regroupés sous le terme de sites expérimentaux *in situ*, par opposition aux expérimentations en laboratoire *ex situ*. Les étapes de sélection sont les suivantes :

A. Proposition par les gestionnaires

Un questionnaire en ligne permis de définir un ensemble de sites potentiels

B. Vérification de la faisabilité technique du traitement thermique sur ces sites

Une campagne de sélection des sites a été menée à la fois en France et en Suisse au regard des critères de sélection suivants :

- distance à une borne incendie de moins de 5 km ;
- situation plane (conditions identiques et homogènes des flux de chaleur, des bactéries, des semences et invertébrés sur les sites) ;
- accessibilité par la route ;
- milieux alentours ouverts (opérabilité technique et scientifique) ;
- diversité de contextes entre les sites ;
- diversité des espèces cibles entre les sites.

La figure 4 représente la répartition spatiale de ces sites.

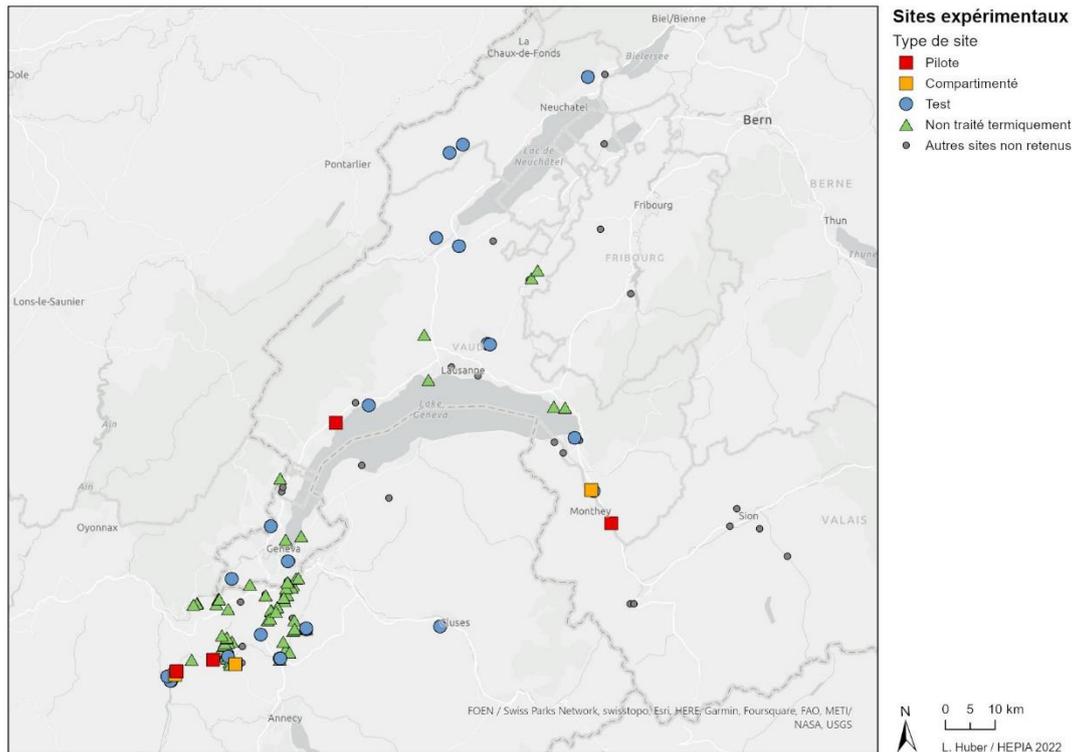


Figure 4. Carte des sites expérimentaux classifiés par type de suivi

4.2 Catégorisation des sites et types de suivis

Les différentes questions de recherche nécessitent la mise en place de protocoles de suivis différents, c'est pourquoi plusieurs types de sites sont définis. Les catégories suivantes ont été identifiées :

Sites pilotes

Quatre sites pilotes ont été identifiés. Ils sont répartis équitablement entre la Suisse et la France sont le siège d'un suivi détaillé qui a pour principale vocation d'étudier **les éventuelles incidences des traitements thermiques sur différentes composantes de l'environnement** en comparant l'état initial (t0) avec des états pendant et après traitements.

Les suivis scientifiques suivants y ont été réalisés :

- suivi des températures du sol ;
- suivi bactérien et fongique du sol ;
- suivi de l'entomofaune du sol ;
- étude de la structure du sol ;
- suivi précis de la flore.

Ces sites sont caractérisés par des contextes similaires : une surface plane d'environ 40 m² traitée en une fois, en zone agricole, avec les renouées asiatiques comme espèces cibles.

Sites tests

Ces sites, au nombre de 23, possèdent des caractéristiques variables et sont traités selon des modalités variables (période, répétitions), ce qui permet globalement de déterminer **l'efficacité de la méthode** de

traitement thermique en regard de ces caractéristiques. Un suivi simplifié de la flore a été mis en place, sur la base des données récoltées par les gestionnaires des territoires.

Sites compartimentés

Ces cinq sites permettent d'évaluer plus précisément l'efficacité de la méthode de traitement thermique selon certains paramètres de traitement, avec des conditions identiques. Ils présentent une surface importante, permettant leur compartimentation afin de réaliser des tests parallèles, et ainsi évaluer l'efficacité de la méthode selon : la saisonnalité d'intervention et les post-traitements mis en place.

Un suivi précis de la flore a été mis en place sur ces sites.

4.3 Résultats et synthèse

En réponse aux questions formulé au départ du projet, voici les conclusions tirées des expérimentations menées :

Quelle est l'efficacité globale de la méthode de traitement thermique ?

- Bien qu'il soit difficile de dissocier l'effet du traitement thermique seul des autres séries de traitements appliqués (arrachage, végétalisation, etc.), il apparait globalement qu'une éradication totale a été obtenue sur environ 20% des sites, tandis qu'une diminution de l'invasion est constatée sur 90% des sites. Un des facteur limitant le succès d'éradication semble être lié aux valeurs seuil déterminées en laboratoire (exposition à une température de min. 55°C pendant min. 5 minutes), atteintes seulement partiellement à l'échelle d'un site et non atteintes en-dessous d'une profondeur située entre 40-60 cm.

Est-ce que la répétition du traitement augmente l'efficacité d'éradication ?

- D'après les résultats obtenus, la répétition du traitement thermique n'augmente pas l'efficacité d'éradication. Ce résultat est expliqué par le fait que sur la durée du projet ce sont les sites les plus problématiques qui ont été sujets à la répétition, et que dans le temps imparti, deux répétitions n'ont pas suffi à engendrer une plus grande efficacité. Fort de ce constat, il apparait que le traitement thermique est plus particulièrement destiné à l'éradication de foyer récents ou modérément vigoureux ou étendus.

Quelle saison d'intervention assure la meilleure efficacité d'éradication ?

- Les interventions réalisées en été (entre juillet et septembre) sont plus efficaces que les traitements printaniers. À l'échelle des sites pilotes, la saisonnalité ne semble pourtant pas impacter les valeurs de températures atteintes dans le sol lors du traitement, pourtant elle demeure tout de même l'explication la plus plausible des meilleurs succès en été sur la totalité des sites.

Quel post-traitement assure la meilleure efficacité d'éradication ?

- Compte tenu de la diversité des traitements (initialement non planifiés pour certains), leur agrégation au fil du projet sur les différents types de sites, ainsi que l'effectif réduit ou hétérogène selon les types de post-traitements effectués, il n'est pas possible de clairement répondre à cette question. Toutefois,

les résultats montrent l'importance de la revégétalisation après traitement, induisant une augmentation de la couverture végétale indigène concurrentielle et de la biodiversité.

Quelles sont les éventuelles incidences du traitement thermique sur différentes composantes de l'environnement ?

Flore bactérienne et fongique du sol : un retour global à la composition initiale des microbiotes est atteint un an après le traitement. Le traitement thermique n'apparaît pas létal pour la très grande majorité des espèces composant le microbiote de ces sols. Le traitement est tout de même délétère concernant certaines espèces et l'équilibre de la flore du microbiote du sol. Il favorise surtout sur une courte durée et de façon transitoire l'émergence de micro-organismes adaptés à des conditions de vie anaérobiques avec des températures plus ou moins élevées.

Entomofaune du sol : un retour global à la composition initiale de l'entomofaune du sol n'est pas atteint sur la durée du suivi (un an). Sur le moyen terme, l'abondance et la richesse spécifique des collemboles sont significativement réduites, suite aux traitements thermiques. A court terme, ils engendrent la quasi-disparition de ce groupe d'espèces. Sur le long terme, la structure des communautés est réorientée aux profits des espèces les plus mobiles. En comparaison, le retour initial plus rapide des communautés bactériennes est probablement dû à une vitesse de multiplication plus élevée pour ce groupe d'organismes.

Structure du sol : un fort impact est observé sur la texture et le taux de matière organique du sol. Il apparaît nécessaire de prendre des précautions dans les cas où les sols présentent une texture fine avec des taux d'argile supérieur à 15%, risquant de remonter avec le traitement.

Flore : globalement les traitements engendrent en moyenne une diminution de 20 à 45% de l'invasion de la PEE, ainsi qu'une diminution de la couverture végétale totale. Ces surfaces de sol nu sont inévitablement et naturellement colonisées par des espèces pionnières de type adventices, rudérales ou encore d'autres PEE. Ces espèces, même si non invasives, ne sont pas souhaitées et/ou n'ont qu'un faible potentiel de concurrence à court terme face à la PEE cible. Une intervention de végétalisation s'avère systématiquement nécessaire pour rétablir une concurrence plus importante avec des espèces prairiales et/ou ligneuses et augmenter la biodiversité végétale du site.

Certaines questions secondaires demeurent actuellement sans réponse. Cela est principalement dû aux évolutions du protocole de traitement en cours de projet. En effet, l'abandon de certains sites, l'intervention imprévue de services ou tiers sur les sites expérimentaux (fauche, etc.), la nécessité de cumuler plusieurs techniques pour éradiquer des sites problématiques, sont autant de circonstances qui ont entraîné un déséquilibre dans les nombres de sites par catégorie (par ex. espèce cible, post-traitements, etc.). La recherche de résultats sur un nombre important de paramètres entraîne également des effectifs souvent trop faibles pour permettre des analyses statistiques.

5 Suivi diagnostic technique et économique. Transfert vers un plan de gestion des invasives

5.1 Elaboration d'un plan de gestion

Parallèlement aux tests de différentes techniques de lutte et aux expérimentations sur la technique du traitement thermique, des plans de gestion pour lutter contre les PEE ont été développés dans le cadre du projet. Les grandes étapes de la construction d'un plan de gestion, des témoignages de gestionnaires sur certaines étapes et la mise en œuvre de leurs actions de gestion sont décrits.

5.1.1 Étapes principales de l'élaboration d'un plan de gestion

La mise en place d'un plan de gestion des plantes exotiques envahissantes sur un territoire se déroule en plusieurs étapes, schématisées dans la figure qui suit (figure 5) :

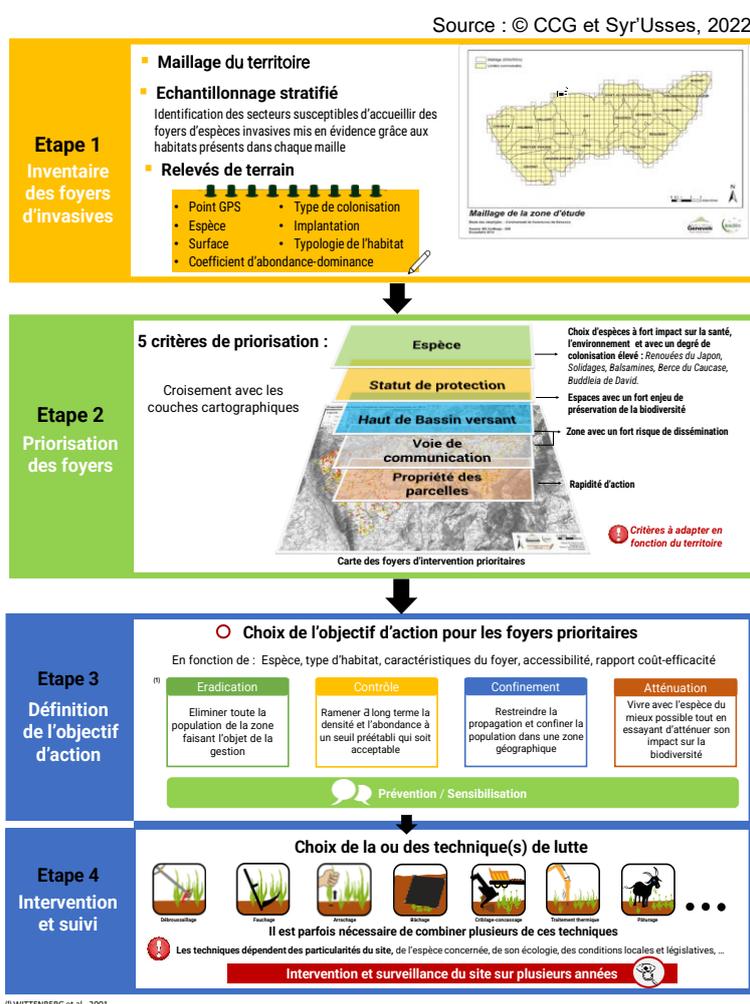


Figure 5. Etapes de la mise en place d'un plan de gestion

Chaque plan de gestion est adapté aux caractéristiques et aux enjeux du territoire considéré, lui étant ainsi spécifique. Le cadre d'intervention d'un gestionnaire sera le socle premier sur lequel se décrira la stratégie d'intervention.

5.1.2 Etape 1 : Etat des lieux et diagnostic – Connaissance du territoire

La réalisation d'un état des lieux du territoire est nécessaire pour décrire la situation avant toute intervention : les espèces présentes, les enjeux liés, le niveau de colonisation, etc.

L'échelle considérée est généralement définie par le cadre d'intervention du gestionnaire.

1. Etat des lieux :

Selon les moyens à disposition, l'état de lieux peut être réalisé en interne par la structure gestionnaire ou être confiée à un cabinet expert.

Cet état des lieux peut être mené en suivant :

- un découpage par maillage du territoire ;
- un découpage par tronçon de linéaires (cours d'eau, routes, etc.).

2. Diagnostic :

À partir de la cartographie des foyers d'invasives présents sur le territoire, le stade invasif de chaque espèce est identifié selon le découpage initial (maille ou tronçons). Le stade invasif est un indicateur du degré de colonisation d'un territoire ou portion de territoire par une plante exotique envahissante. Il indique à quel point la zone d'étude est envahie et aiguille sur le choix des actions à mettre en place.

Les stades invasifs sont classés du stade 1, où des actions de gestion peuvent être efficaces et peu impactantes, jusqu'au stade 4, où des actions de gestion seront peu efficaces et très impactantes. L'identification du coût et du bénéfice écologique sont ici très importants (figure 6).

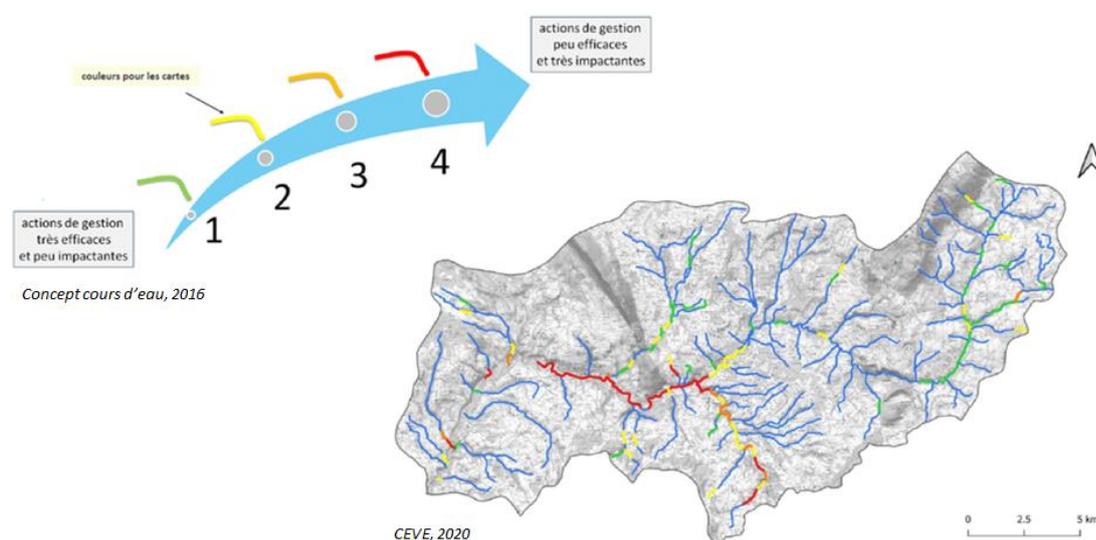


Figure 6. Classification des stades d'invasion et représentation pour une PEE sur le bassin versant des Usses

Au regard de ces stades invasifs et de leur répartition sur le territoire, il y a un grand nombre de possibilités d'intervention. Cependant, il n'est pas pertinent, ni possible, d'intervenir partout. C'est pourquoi il est nécessaire d'affiner les choix d'intervention (étape suivante).

5.1.3 Etape 2 : Critères de priorisation

L'identification des interventions prioritaires est réalisée grâce à la mise en place de critères, adaptés au territoire. Ils permettent de hiérarchiser les secteurs d'intervention.

5.1.4 Etape 3 : Objectifs de gestion

Une fois les secteurs d'intervention ainsi définis, pour chaque foyer et/ou maille/tronçon sont définis les objectifs de gestion selon trois degrés :

- l'éradication de l'espèce ou des espèces cible(s) ;
- la stabilisation : maintenir le(s) foyer(s) dans son(leur) état de colonisation actuel ;
- le suivi : il n'y a pas d'intervention prévue sur le(s) foyer(s), hormis suivre l'évolution du site.

La terminologie des objectifs de gestion peut changer d'un territoire à un autre.

5.1.5 Etape 4 : les actions à mettre en œuvre

In fine le plan de gestion dresse les actions à mettre en œuvre sur le territoire.

Pour une bonne intégration de la problématique par les acteurs du territoire, la mise en place d'un plan de gestion, quelque-soit l'échelle considéré, s'accompagne d'une concertation et d'une sensibilisation des acteurs partenaires à chaque étape (communes, EPCI, associations, etc.) ainsi que d'une information et sensibilisation des usagers.

Les échanges entre territoires sont également primordiaux afin d'avancer en cohérence avec les actions menées par les voisins, de mutualiser les moyens lorsque cela est possible, d'anticiper l'émergence de nouvelles espèces invasives et de rester en veille sur le développement de nouvelles pratiques.

Pour une action efficace, il est nécessaire d'avoir une action globale et préventive.

Toutefois, dès la mise en place d'un plan de gestion, les difficultés de mise en œuvre peuvent autant que possible être anticipées, notamment les suivantes :

- les moyens humains, matériels et financier disponibles ;
- les interventions sur des parcelles privées ;
- l'incohérence des interventions avec d'autres usages (dépôts sauvages, plantations paysagères de PEE, entretien des bords des voiries, etc.).

5.2 Mise en œuvre d'un plan de gestion

La mise en place d'une stratégie de gestion est une étape cruciale pour mener une lutte efficace et efficiente contre les PEE sur un territoire donné. Le Syr'Usses et la CCG ont expérimenté la mise en place d'une stratégie à l'échelle de leur territoire sur plusieurs années. Ces années de pratiques leur ont permis de tirer des apprentissages :

→ **Constat 1 : pour lutter efficacement contre les PEE sur un territoire, il faut bien connaître leur répartition.** Le manque de données cartographiques est souvent un frein à une gestion globale et efficace des PEE sur l'ensemble d'un territoire. Les principales difficultés rencontrées sont liés à : la nécessité de parcourir la totalité du territoire concerné pour être le plus exhaustif possible ; la répartition

des foyers pouvant évoluer rapidement, ce qui nécessite une mise à jour fréquente de la cartographie qui peut être assurée grâce à une surveillance du territoire (en repérant et signalant l'apparition de nouveaux foyers). Il est possible que l'état des foyers, défini durant la phase de diagnostic, ne soit plus le même lors de la mise en œuvre des actions de lutte, ce qui nécessite d'ajuster les opérations, qui peuvent être plus coûteuses que prévu initialement. En outre, des nouveaux foyers et des nouvelles espèces peuvent émerger rapidement entre deux campagnes de cartographie.

→ **Constat 2 : il est difficile voire impossible d'éradiquer une PEE déjà implantée sur la totalité d'un territoire.** En effet, les moyens humains, techniques et financiers sont souvent insuffisants pour mener à bien une éradication totale. D'autant plus que, comme mentionné précédemment, la connaissance de la répartition des foyers et nouvelles espèces émergentes est souvent lacunaire ce qui complique la tâche.

→ **Constat 3 : il faut donc prioriser les actions de lutte pour optimiser les moyens mis en œuvre.** Il convient de concentrer les efforts sur les milieux les plus exposés et où le rapport "coût/bénéfice/efficacité" pour le milieu sera le plus favorable. Les critères de priorisation utilisés dans le cadre du projet sont : la santé des personnes, la valeur patrimoniale du milieu colonisé, la position des sites dans les bassins versants, le potentiel de dissémination des foyers et l'accessibilité/le foncier d'un site. En outre, lorsque la taille des foyers est trop élevée, les actions de lutte peuvent se cantonner à une « stabilisation » de la taille du foyer ou à une « surveillance » de l'évolution du foyer. Par ailleurs, il est essentiel de bien connaître l'état des foyers environnant un site de lutte : une éradication « totale » sur un secteur n'est possible que si tous les foyers connus sont éradiqués. Dans des zones voisines à des territoires où une gestion intégrée n'est pas assurée et/ou à proximité de propriétés privés hébergeant des foyers, leur degré de priorité d'intervention peut être revu à la baisse comparativement à des zones où il est possible de lutter plus efficacement contre les PEE.

→ **Constat 4 : pour que les actions de lutte contre les PEE soient vraiment efficaces, il faut intervenir globalement et sur le long terme.** Les efforts de lutte investis peuvent être perdus si des foyers voisins recolonisent les sites traités et/ou si les PEE du site se redéveloppent (dans certains cas, une fréquence d'intervention soutenue est nécessaire pour épuiser les foyers). Il est donc crucial de coordonner les gestionnaires et propriétaires du territoire ciblé et de planifier des actions de lutte sur le long terme en considérant les phases post-travaux d'entretien et de surveillance comme essentielles.

→ **Constat 5 : pour mener une action de lutte globale et intégrée, la prévention collective est essentielle.** La prévention est une étape clef dans la gestion des PEE trop souvent sous-estimée. Elle peut être moins coûteuse que la gestion des espèces une fois implantées. Il est donc important de considérer les actions de communication, sensibilisation, formation, etc. sur le même plan que la lutte directe contre les PEE.

6 Information, sensibilisation, formation et éducation

6.1 Sensibilisation, animation auprès des collectivités, habitants et acteurs du territoire

Dans toute élaboration d'une stratégie de gestion des PEE, la sensibilisation et la responsabilisation des acteurs concernés sur un territoire est une étape indispensable. En effet, quelles que soit les mesures prises par les gestionnaires de l'environnement et des milieux naturels contre les PEE, si les autres acteurs et le public continuent à favoriser directement ou indirectement ces espèces (sachant que l'action humaine est la source principale de leur introduction et de leur dissémination), les moyens mis en œuvre ont un effet limité, voir nul, sur les PEE. Il convient alors de mettre en place un ensemble d'outils de sensibilisation nécessaires au succès de la mise en place d'une stratégie de lutte contre les PEE.

6.1.1 Sensibilisation par l'action

Les partenaires du projet « Stop aux invasives » ont mis en place des campagnes de sensibilisation en complément de leurs actions de lutte.

→ **Cas du Syr'Usses** : le Syr'Usses a organisé deux chantiers participatifs en 2022. Ceux-ci ont été menés par un animateur spécialisé (Anim'Nature). Ces chantiers n'ont cependant mobilisé que des effectifs réduits : sept personnes au total sur les deux actions. Ces participants étaient déjà des personnes convaincues.

La difficulté de mobiliser un large public sur ces problématiques a été souligné par plusieurs élus du territoire des Usses. Ce constat est également relevé pour d'autres sujets, la population étant déjà très sollicitée sur de nombreux sujets d'actualités et du quotidien.

→ **Cas de l'ASL** : l'action de terrain "Halte aux renouées" donne l'occasion de communiquer sur la problématique des EEE auprès de différents publics : personnes s'inscrivant comme bénévoles, collaborateurs communaux, employés des diverses entreprises participant à des journées de *team building* ou élus. L'ASL est sollicitée pour présenter son action dans le cadre de journées de formation proposées par différents organismes (Sanu, InfoFlora). Ces journées sont essentiellement destinées aux acteurs agissant sur le terrain tels que des chefs de services extérieurs, employés communaux ou collaborateurs d'entreprises paysagistes. L'ASL est également amenée à présenter « Halte aux renouées » avec un stand lors de diverses manifestations autour du bassin lémanique.

6.1.2 Sensibilisation par les outils

Afin que tous puissent trouver les principales informations sur les plantes invasives, les enjeux de leur gestion et les techniques de lutte pouvant être mises en place, il convient d'éditer, de mettre à disposition et/ou de fournir des supports adaptés. Ce travail est complémentaire aux interventions « physiques » par l'action.

→ **Cas du Syr'Usses** : le Syr'Usses a rédigé un guide "Stop aux invasives" à destination du grand public et des entreprises de travaux. Celui-ci est mis à disposition de tout un chacun sur le site internet du Syr'Usses, est diffusé auprès des collectivités (EPCI et Communes) en version papier et est distribué sur chaque évènement du syndicat.

Toutefois, plus qu'un outil de sensibilisation il s'agit d'un outil d'aide à l'intervention sur le terrain. Pour que le plus grand nombre s'en saisisse et l'utilise dans le cadre de ses interventions sur les espaces verts (privés ou publics), il doit être couplé à des animations/rencontres sur le sujet.

→ **Cas de l'ASL** : les actions de l'ASL apparaissent régulièrement dans les numéros de sa revue "Lémaniques" et dans les journaux. Un flyer a été édité et envoyé aux propriétaires genevois, vaudois et valaisans riverains du lac ainsi qu'aux entreprises paysagistes lémaniques (figure 7). Les communes concernées par des stations gérées par l'ASL l'ont diffusé à leur population. Un rapport annuel détaillé est mis en ligne sur son site depuis 2017. Par ailleurs, des affiches ont été posées sur plusieurs stations gérées par l'ASL et visibles par le public.



Figure 7. Flyer de communication développé par ASL dans le cadre de l'action « Halte aux renouées ! »

6.2 Formation élus et acteurs économiques référents

Outre la sensibilisation, la formation est également un outil efficace pour responsabiliser les acteurs directement ou indirectement concernés par la question des PEE. Si ces derniers sont en capacité de lutter contre ces espèces, de limiter leur expansion ou à minima de ne pas les favoriser, le travail des gestionnaires est alors optimisé. Il est à noter que certains acteurs économiques (BTP, paysagistes, services techniques, services de voirie, etc.) ont une forte responsabilité sur la propagation des PEE. En effet, ceux dont l'activité génère un déplacement important de matériaux et de végétaux et donc de graines de PEE, rhizomes, etc. peuvent largement favoriser l'expansion des PEE si une vigilance particulière n'est pas appliquée sur certaines opérations et certains travaux.

→ **Cas du Syr'Usses** : en 2022, le Syr'Usses a organisé deux sessions de formation à destination des élus, agents techniques des collectivités et personnels des entreprises du BTP. Celles-ci ont été très appréciées des 26 personnes qui y ont participé.

Ces formations, appuyées par les apports du projet « Stop aux invasives », ont permis de distribuer des outils aux gestionnaires pour agir lorsque les plantes sont installées, et surtout pour prévenir l'installation de nouveaux foyers (clauses dans les CCTP, choix des plantes, conseils aux riverains, liste d'espèces pour les haies dans les PLU, etc.). Néanmoins, tous relèvent les difficultés liées aux moyens humains et financiers pour les gérer une fois qu'elles sont installées. Ces formations seront réitérées dans les années à venir.

→ **Cas de la CCG** : La CCG a organisé une formation à destination des professionnels (services techniques des communes, BTP, paysagistes, ...) en 2021 (07/10/2021). Au total, ce sont 26 participants qui ont été sensibilisés à la question des PEE.

Les objectifs de cette formation étaient d'apprendre aux professionnels à mieux reconnaître les espèces problématiques sur le territoire et de leur présenter les moyens de lutte à mettre en place avec une démonstration des méthodes.

6.3 Séminaires et capitalisation

La concertation entre les acteurs directement concernés par lutte contre les PEE est indispensable pour la mise en place d'une stratégie de gestion globale et efficace. Le projet « Stop aux invasives » a favorisé les échanges entre une multitude d'acteurs de part et d'autre de la frontière franco-suisse. Certaines séances organisées par les partenaires ont permis d'établir un état des lieux sur le territoire du projet :

- L'assemblée plénière du 15 mars 2019 ;
- L'assemblée plénière du 13 mars 2020.

Par ailleurs, le colloque final du projet « Stop aux invasives », organisé le vendredi 14 octobre 2022 à la salle de l'Arande à Saint-Julien-en-Genevois, commune française frontalière, a permis de rassembler 80 personnes concernées par la problématique des PEE, ainsi que d'exposer et discuter le travail réalisé dans le cadre du projet (figure 8). Les actes du colloque sont disponibles sur le site internet www.stop-invasives.com et auprès des partenaires du projet.



Figure 8. Colloque final stop aux invasives : échanges et perspectives sur les stratégies de lutte contre les PEE

6.4 Communication technique et socio-environnementale (tous acteurs)

Outre la création de groupes de concertation et de capitalisation, différents supports de communication ont été développés afin de fournir des informations sur l'avancement du projet, ainsi que plus largement sur la problématique des PEE sur le territoire transfrontalier.

Un film réalisé par le bureau Avis Vert présente le projet. Il a pour vocation de valoriser les actions financées dans le cadre du projet Interreg « Stop aux invasives ». Il a été diffusé pendant le séminaire de capitalisation d'octobre 2022, ainsi que sur les sites internet de différents partenaires. Il est disponible en deux versions :

- version courte (2'), disponible en ligne : https://www.youtube.com/watch?v=24B_asOVSLg
- version longue (11'), disponible en ligne : <https://www.youtube.com/watch?v=zm6o70qBkx0>

7 Bilan du projet

Ensemble des actions réalisées

Sept partenaires franco-suisse et huit co-financeurs publics (FEDER, Conseils départemental 74 et régional AURA en France, cinq cantons en Suisse), se sont engagés en 2017 dans le projet « Stop aux invasives ». Le projet a permis de :

- tester **neuf techniques** sur un ensemble de **132 sites**, sur une surface de **8 ha**, pour **lutter contre six espèces exotiques envahissantes** durant quatre années et de synthétiser les retours d'expériences qui en découlent,
- réaliser un suivi détaillé sur un échantillon de **36 sites**, dont **24 sites** traités thermiquement et **12 sites** traités non thermiquement, soit sur **0,3 ha**, dont les résultats sont présentés dans des fiches de retours d'expériences (**sites REX**),
- développer une technique innovante de traitement thermique et d'appliquer un suivi scientifique complet sur un échantillon de **10 sites expérimentaux**, sur une surface **0,12 ha**, pour mieux connaître certaines conditions techniques de sa mise en œuvre, ainsi que son impact sur différentes composantes de l'environnement,
- développer des stratégies et **plans de gestion sur deux territoires** du projet et de recueillir les retours d'expériences des gestionnaires concernés,
- mener à bien **un ensemble d'actions complémentaires à la lutte directe** contre les PEE (communication, sensibilisation, formation, etc.), définies dans le cadre du projet,
- réunir différents acteurs concernés par la problématique des PEE et **favoriser les réflexions et les échanges nécessaires à une lutte globale et intégrée**.

Ces actions ont permis d'amorcer et/ou de consolider les actions de luttés contre les PEE sur le territoire franco-suisse du projet.

Retours d'expériences et résultats des expérimentations

Les retours d'expériences des partenaires et les expérimentations ont permis d'apporter des précisions aux **trois axes** suivants :

→ **La technique de traitement thermique sur le plan technique et économique** : la technique de traitement thermique fonctionne sur des foyers récents, modérément vigoureux ou étendus. Son application est peu adéquate sur les terrains accidentés, pentus, difficilement accessibles et sur des sols à texture fine. Par ailleurs, il est nécessaire d'avoir une borne à eau à proximité du site (< 2 km). Enfin, Il est techniquement difficile de traiter des surfaces de plus de 40 m² par jour. Le traitement thermique est efficace si la température atteinte dans le sol est d'au moins 55°C pendant au moins 5 minutes. La profondeur d'action maximale se situe entre 40 et 60 cm de profondeur. Il est recommandé d'intervenir en période estivale (entre juillet et septembre) plutôt qu'en période printanière.

→ **La technique de traitement thermique sur le plan fondamental** : d'après les analyses de l'impact environnemental de la technique, on constate un retour de la composition initiale des microbiotes, un an après traitement. Le retour à la composition initiale n'est pas atteint pour l'entomofaune : l'abondance et la richesse spécifique des collemboles sont significativement réduites. Le traitement thermique impacte également la structure du sol, et particulièrement les sols à texture fine (taux d'argiles supérieur à 15%). On observe une diminution de l'invasion sur 90% des sites traités thermiquement, dont une éradication totale des foyers sur environ 20% des sites. La couverture végétale totale est également diminuée. La revégétalisation après traitement permet de favoriser la reprise d'une végétation indigène qui concurrence les espèces indésirables (les adventices, les espèces rudérales, les PEE ciblées ou de nouvelles PEE). L'apport d'espèces typiques des milieux naturels souhaités, adaptées aux caractéristiques écologiques et au contexte socio-économiques d'un site, accélère le processus de reconstitution écosystémique.

→ **La gestion des invasives** : une cartographie des foyers de PEE régulièrement mise à jour grâce à une surveillance du territoire (repérer et prévenir l'apparition de nouveaux foyers) est la base de l'élaboration d'une stratégie de gestion efficace. Sur un territoire donné, l'éradication totale est souvent impossible, il convient alors de hiérarchiser les interventions. Ces interventions doivent s'intégrer dans une vision globale et de long terme de la gestion des PEE ; autrement, les efforts investis peuvent être perdus. Pour faciliter cela, la prévention collective est essentielle (communication, sensibilisation, formation et éducation) pour impliquer tous les acteurs concernés du territoire.

Dans le cadre du projet, les différentes techniques montrent des taux de réussite aux proportions similaires : on observe une absence de reprise des foyers sur 10 à 20% des sites, une reprise partielle sur 50 à 70% des sites, des foyers stables sur 10 à 20% des sites et des foyers en augmentation sur 5 à 15% des sites. L'efficacité de la mise en œuvre de mesures est dépendante du contexte environnemental et socio-économique d'un site, du stade de développement initial des foyers et de la bonne mise en œuvre d'une technique. Le choix d'une technique se réalise en fonction des caractéristiques d'un site (accessibilité, nature du sol, terrain, etc.) et des moyens humains et financiers à disposition des gestionnaires. Le criblage-concassage et le traitement thermique sont les techniques les plus efficaces selon les retours d'expériences des partenaires/gestionnaires, mais elles sont

coûteuses (surtout le criblage-concassage) et leur mise en œuvre n'est pas toujours possible si le terrain est trop pentu et/ou accidenté. L'arrachage et la fauche sont techniquement plus simples à mettre en œuvre, mais la fréquence de passage nécessaire peut être importante selon le stade de développement des foyers. Par ailleurs, les combinaisons de techniques permettent d'optimiser les résultats. Dans le cadre du projet, les techniques les plus fréquemment combinées sont : la fauche comme traitement préalable, le traitement thermique comme technique principale, le bâchage en technique principale ou complémentaire, la végétalisation comme post-traitement et l'arrachage comme post-traitement et mesure d'entretien. Dans tous les cas, pour capitaliser les investissements de luttés initiaux, des mesures d'entretien (post-traitements) sont nécessaires tant que le foyer n'est pas totalement éradiqué.

Perspectives du projet

L'ensemble des actions et expérimentations, réalisées dans le cadre du projet « Stop aux invasives », offrent des nouvelles clefs et ouvrent des pistes de recherche sur les modalités techniques et les stratégies de lutte à mettre en œuvre contre les plantes exotiques envahissantes.

Les modalités de la bonne utilisation du prototype de traitement thermique sont connues dans leur ensemble. Le prototype peut encore être amélioré pour pallier certaines contraintes d'usage (réduction de la consommation d'eau et d'essence, utilisation d'énergies renouvelables, accessibilité aux sites, nombre de piques, surfaces maximales traitées, etc.). L'impact de la technique sur l'environnement est mieux connu, il peut être compensé grâce à la technique de revégétalisation.

Le développement de filières de valorisation des déchets verts issus des interventions permettrait de limiter l'impact sur l'environnement de la lutte contre les PEE. Cela peut se traduire par le développement de plateforme locale de compostage et / ou de favoriser la méthanisation sur des pôles existants ; l'objectif étant de gérer les PEE sur l'ensemble du processus de lutte (de l'intervention à l'élimination) tout en limitant les risques de dissémination, les coûts directs et indirects et les impacts à l'environnement (énergie dépensée notamment).

Par ailleurs, les données et retours d'expériences sur l'ensemble des techniques testées sont encore à compléter et ne permettent pas de répondre à toutes les questions et hypothèses posées. Certaines pistes méritent d'être approfondies en multipliant les essais techniques (dont la combinaison de techniques) accompagnés de suivis complets réalisés sur le long terme (> 5-10 ans).

Enfin, ces constats et perspectives peuvent être partagés et diffusés à une échelle plus large que celle du projet, en vue de mutualiser les retours d'expériences, de trouver de nouvelles synergies entre les acteurs concernés, ainsi que de mobiliser des moyens humains et financiers pour poursuivre les recherches, expérimentations et campagnes de lutte contre les plantes exotiques envahissantes.

Bibliographie du rapport complet

AERMC, Concept Cours d'EAU SCOP et GEN Tereo (2016). Savoirs et savoir-faire sur les populations exotiques envahissantes végétales et animales et préconisations pour la mise en œuvre des SDAGE (réf. 062). Etude réalisée pour le compte de l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée Corse. Tome 1 - volume 1 : p 1-196. www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr

ASL (2021). Rapport 2020 – Projet ASL « Halte aux Renouées ». 53p. asleman.org

Assemblée nationale (2021). Rapport de la mission d'information sur la prolifération des plantes invasives et les moyens pour endiguer cette situation - N° 4391 ASSEMBLÉE NATIONALE - Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale le 21 juillet 2021. 101p www.assemblee-nationale.fr

CEVE (2021). Plan de gestion des plantes exotiques envahissantes sur le Bassin versant des Usses. Pour le compte du Syndicat de Rivières les Usses. (Tomes 1 à 4). Synthèse : www.rivieres-usses.com

Debay P, Legland T et Pache G (2020). Liste actualisée et hiérarchisée des espèces exotiques envahissantes, bilan de la problématique végétale invasive en Rhône-Alpes. Conservatoire botanique national alpin. 44p. especes-exotiques-envahissantes.fr

Ecosphère (2015). Lutte contre la perte de biodiversité liée aux néophytes sur la Communauté de Communes du Genevois (FA 75 - Contrat corridors Champagne-Genevois). 138p

Fontaine A (2021). Control of Japanese knotweed by a thermal process. Master of Science HES-SO in Life Sciences - Natural Resource Management. Lausanne. 37p.

Golay J et Stuber A (2017). Essai ELTEL néophytes envahissantes - Rapport final de suivi des travaux réalisés par ELTEL avec injection de vapeur d'eau visant à l'élimination des néophytes envahissantes dans plusieurs secteurs test du canton de Vaud. Hintermann et Weber SA. 32p

UICN Comité français, Suez Recyclage et Valorisation France (2022). Accompagner le traitement des déchets de plantes exotiques envahissantes issus d'interventions de gestion. Guide technique. Centre de ressources Espèces exotiques envahissantes. UICN Comité français & Office français de la biodiversité. 136p. especes-exotiques-envahissantes.fr

UPGE (2020). Cahiers des charges et EVEC. Préconisations pour une meilleure prise en compte du risque de dissémination des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEC) terrestres dans les projets de travaux. 29p. www.genie-ecologique.fr

Références - Liens internet

- Liste noire (*Info Flora*) : www.infoflora.ch
- Liste d'espèces exotiques préoccupantes pour l'Union Européenne (Centre de ressources des EEE) : especes-exotiques-envahissantes.fr
- Site du centre de ressources des EEE : especes-exotiques-envahissantes.fr

Le présent document est le résumé d'un travail plus complet réalisé dans le cadre du projet « Stop aux invasives ». Vous trouverez plus d'information sur le site web www.stop-invasives.com ainsi qu'auprès des auteurs du projet suivants :

ELTEL SA

Sandrine Tolivia - sandrine.tolivia@eltel-sa.ch
0041.79.463.29.64 - www.eltel-sa.ch



Syndicat de rivières les Usse

Julie Aubert-Moulin - rivieres@rivieres-usses.com
00334.50.20.05.05 - www.rivieres-usses.com



Association pour la sauvegarde du Léman

Olivier Goy - olivier@asleman.org
0041.22.736.86.20 - asleman.org



Veget'Action

Millo Pénault-Ravaillé - contact@vegetaction.com
00336.67.74.40.17 - www.vegetaction.com



Espace ruraux montagnard

Cyril Blondet - contact@erm74.com
00334.50.47.02.71 - www.erm74.com



Communauté de communes du Genevois

Nathalie Buffet - nbuffet@cc-genevois.fr
00334.50.95.91.42 - www.cc-genevois.fr



Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Patrice Prunier - patrice.prunier@hesge.ch
0041.22.546.68.88

Laurent Huber - laurent.huber@hesge.ch
0041.22.558.60.02

www.hesge.ch/hepia/recherche-developpement/projets-recherche/stop-aux-invasives

h e p i a

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

*Projet de lutte contre les espèces végétales invasives.
« Agissons pour la biodiversité ! »*