



PRIX NATIONAL DU
GÉNIE ÉCOLOGIQUE

RETOUR D'EXPERIENCE

PROGRAMME REEVES (RECHERCHES SUR LES ESPÈCES EXOTIQUES VÉGÉTALES ENVAHISSANTES)

*Source: Prix National du Génie Écologique
Lauréat 2024 catégorie "Prix Expérimentation et recherche appliquée"*

HISTORIQUE ET CONTEXTE DE LA DEMARCHE

Legestonnaire du Réseau Ferré National, que représente SNCF Réseau, fait face à **l'accumulation de circonstances significatives pour ses travaux d'entretien de la végétation sur un foncier de 95 000 hectares** : son engagement Post-Glyphosate en 2021 (arrêt d'utilisation de l'herbicide controversé), une réglementation plus contraignante (Loi EGALIM, espèces protégées, etc.) et des coûts financiers plus importants. En parallèle, la végétation est responsable de 336 000 minutes de retards en 2022 avec par exemple des chutes d'arbres, des problèmes d'enrayage et de patinage des trains (manque d'adhérence au rail) ou encore des incendies.



Ligne n°074 000 (entre Epernay et Reims) – Station expérimentale de Ay-en-Champagne traitant l'Ailante – Société Mazing pour SNCF Réseau

Du fait de **leur forte propagation et de leur croissance rapide, les espèces exotiques envahissantes (EEE) vont démultiplier les désagréments causés sur l'entretien et l'exploitation des circulations commerciales.** Plusieurs solutions coexistent pour lutter contre les EEE, plus ou moins faciles à déployer et avec une efficacité relative, comme l'éco-pâturage, le broyage/concassage de terres décapées, de nouveaux produits phytosanitaires de biocontrôle ou encore les nappes anti-végétation.

A partir du mécanisme naturel de la concurrence pour les ressources d'un milieu, le programme REEVES vise, entre 2020 et 2026, à proposer et concevoir une nouvelle méthodologie de gestion de cinq EEE à la manière d'une restauration d'un site pollué.

PRÉSENTATION DU PROJET

LOCALISATION



Commune de Nouzonville (49°49'22.1"N
4°44'45.4"E) près de la Rue du Repos

SURFACE DU PROJET

27 stations expérimentales

MONTANT GLOBAL

2 449 967 €

STRUCTURE PORTEUSE

SNCF Réseau
DZI NEN – Centre de Compétences
Environnement

MILIEU CONCERNÉ

Milieu Rural

TYPE D'ACTION

Restauration
Gestion durable de cinq espèces
invasives

OBJECTIFS DU PROJET

Concevoir une solution de gestion
de cinq espèces invasives végétales
à partir d'une restauration du
milieu

ENJEUX ET OBJECTIFS DU PROJET

Pour SNCF Réseau, les espèces exotiques végétales envahissantes représentent deux enjeux :

- Assurer une maintenance de l'infrastructure en luttant contre la propagation rapide des espèces invasives et réduire les contraintes induites par les populations existantes sur les talus ferroviaires ;
- Préserver la biodiversité des nombreux milieux naturels traversés par les voies ferrées en concevant une méthodologie de gestion qui ne nécessite pas de produit phytosanitaire et limite la propagation des espèces invasives.



Ligne n°074 000 (entre Epernay et Reims) – Station expérimentale de Germaine traitant le Robinier faux-acacia – Société Mazing pour SNCF Réseau

MÉTHODES DE GÉNIE ÉCOLOGIQUE

Dans sa méthodologie, le programme REEVES marie les études appliquées et la recherche fondamentale pour définir la ou les meilleures possibilités de gestion des EEE. Afin de restaurer une concurrence pour les ressources naturelles (biotiques et abiotiques), les études testent deux stratégies de gestion :

• La restauration d'une strate arbustive indigène et l'utilisation du mécanisme allélopathique

Dans ce protocole, une palette végétale de cinq arbustes indigènes (espèces de restauration) est implantée sur la zone envahie par l'une des espèces invasives étudiées. Les espèces de restauration sont sélectionnées après une analyse de la bibliographie existante en fonction de leur comportement, adaptation au milieu et capacités biologiques. Sur ce dernier point, une espèce indigène particulière est sélectionnée grâce à ses propriétés allélopathiques reconnues dans la littérature (comme le *Cotinus coggygria*). L'objectif de ce premier protocole est donc d'étudier l'influence d'une espèce indigène aux propriétés allélopathiques sur la croissance de l'espèce invasive et d'analyser son effet sur le cortège d'arbustes servant à la restauration du site. En Champagne-Ardenne, cette méthode teste également l'inoculation de champignons mycorhiziens dans l'objectif d'un meilleur développement de la palette arbustive.

• La restauration d'une strate arbustive et la dégradation des molécules allélopathiques avec un travail préparatoire du sol

Dans ce second protocole, l'objectif recherché est de réduire l'influence allélopathique de l'espèce invasive. Avant la plantation d'un cortège de quatre espèces arbustives indigènes (espèces de restauration), le sol est préparé avec un décompactage superficiel (quelques centimètres de profondeur) pour stimuler l'activité microbienne par l'apport d'oxygène. Puis un léger ajout de compost végétal doit augmenter la diversité microbienne, souvent réduite dans les milieux envahis par une espèce invasive depuis plusieurs années.

La combinaison de ces deux actions pour ce protocole est de favoriser la dégradation des molécules allélopathiques de l'espèce invasive pour permettre au cortège des espèces de restauration de se développer.

1) Stations expérimentales et recherche appliquée

Pour concevoir sa méthodologie de gestion des cinq EEE, le projet rassemble 27 stations expérimentales (construites de 2020 à 2021) dont 16 en Champagne-Ardenne et 11 en Provence-Alpes-Côte-d'Azur. Ces dernières permettent de tester les deux stratégies de gestion décrites ci-dessus.

Une station expérimentale est conçue de la manière suivante : **d'une longueur d'environ 50 mètres pour une largeur de 4 mètres, elle regroupe 3 blocs (3 répétitions) qui incluent 4 parcelles de 4x4 mètres (soit un total de 12 parcelles) distinctes, distribuées aléatoirement et séparées par des tranchées (d'une profondeur de 30 à 50cm et remplit par un feutre géotextile et du gravier).**

La triple répétition des parcelles permet l'acquisition d'un plus grand nombre de données et de viabiliser les analyses. Pour assurer un suivi des végétaux dans le temps, trois quadrats de mesure sont dessinés à l'aide de piquets en bois dans chacune des parcelles. Comme des échantillons, ils permettent de suivre (méthode de suivi décrit ci-après) les mêmes arbustes dans le temps et le comportement de l'EEE.

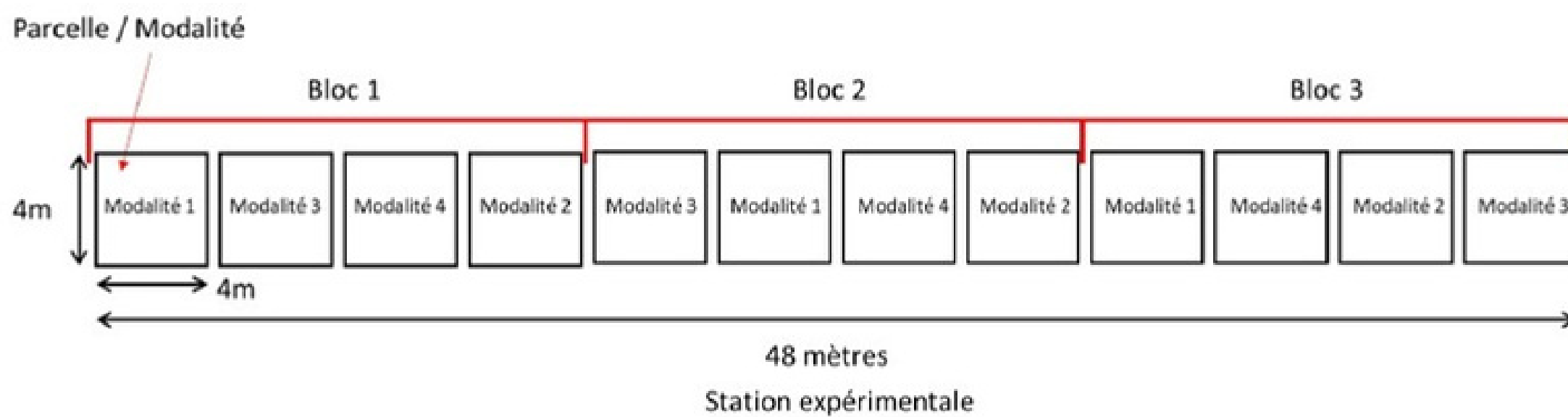


Figure 1 – Schéma de principe d'une station expérimentale

Chaque station est installée sur un talus ferroviaire envahi par une espèce invasive puis est doublée par une station jumelle mise en place, cette fois-ci, sur un talus marqué par l'absence d'espèce invasive (station témoin). Dans l'analyse des résultats, cette méthode permet de distinguer l'influence de l'espèce invasive sur le développement des espèces de restauration.

Les quatre parcelles correspondent aux modalités testées en fonction de la stratégie de gestion.

Le premier protocole rassemble les modalités suivantes :

- 1) Modalité 1 : implantation de 5 espèces de restauration dont une avec des propriétés allélopathiques
- 2) Modalité 2 : implantation de 4 espèces de restauration sans espèce avec des propriétés allélopathiques + inoculation de champignons mycorhiziens
- 3) Modalité 3 : implantation de 5 espèces de restauration dont une avec des propriétés allélopathiques + inoculation de champignons mycorhiziens
- 4) Modalité 4 : aucune plantation n'est réalisée (parcelle témoin où l'espèce invasive se développe librement)

Le second protocole regroupe les modalités suivantes :

- 1) Modalité 1 : implantation de 4 espèces de restauration + inoculation de champignons mycorhiziens
- 2) Modalité 2 : préparation du sol (décompactage et apport de compost) + implantation de 4 espèces de restauration
- 3) Modalité 3 : préparation du sol (décompactage et apport de compost) + implantation de 4 espèces de restauration + inoculation de champignons mycorhiziens
- 4) Modalité 4 : aucune plantation n'est réalisée (parcelle témoin où l'espèce invasive se développe librement)

Chaque station est répliquée pour les cinq EEE testées au sein du projet.

2) La recherche fondamentale au service des études appliquées

Le consortium scientifique associé au programme REEVES isole et étudie des mécanismes biologiques en action dans le processus de restauration. Ainsi, entre 2020 et 2023, les laboratoires du LAE, LSE, LIEC et IMBE ont étudié les sujets suivants :

- Effets d'amendements organiques et biologiques sur l'activité microbienne du sol en présence d'espèces végétales exotiques envahissantes
- Allélochimie et compétition de la Renouée du Japon vis-à-vis de plantes candidates à des stratégies de lutte écologique contre des plantes invasives
- Etude des potentialités allélopathiques des plantes locales Cistus ladanifer et Cotinus coggygria sur la reprise de la plante invasive Acacia dealbata

- Etude des interactions compétitives et allélochimiques entre différentes espèces végétales et la Renouée du Japon
- Indicateurs pédologiques de gestion des EEE sur les talus ferroviaires
- Effets de la Renouée du Japon sur les communautés microbiennes du sol, la mycorhization et la nodulation des plantes
- Etude des potentialités allélopathiques d'espèces natives méditerranéennes pour le contrôle d'Arundo donax dans un contexte de changement climatique
- Etude des potentialités allélopathiques de plantes locales sur la reprise d'Acacia dealbata et Ailanthus altissima
- Effets de macérats d'espèces végétales à propriétés allélopathiques sur la germination et le développement des semences de Robinia pseudoacacia
- Compréhension des processus de colonisation des sols de talus ferroviaires par la Renouée du Japon



Université de Lorraine à Nancy – Laboratoire Agronomie et Environnement – Essais sur la germination des graines de Robinier faux-acacia 2023 – Christophe ROBIN

Entre 2024 et 2026, les laboratoires du LIEC et de l'INRAE vont étudier les thématiques suivantes :

- L'influence allélopathique d'Ailanthus altissima et de Robinia pseudoacacia sur les espèces de restauration et la rémanence des composés allélopathiques dans les sols
- Un focus sur les microorganismes résistants aux molécules allélopathiques et la qualification du potentiel mycorhizien sur une plante de restauration
- Analyse des interactions plante-plante en conditions contrôlées pour identifier de nouvelles plantes allélopathiques de restauration plus adaptées

Sur la même période, le CEFE va mener une recherche exploratoire avec les thèmes de l'épigénétique et des espèces invasives (à partir d'Ailanthus altissima). La science relativement récente de l'épigénétique et de la méthylation du génome constitue une nouvelle dimension d'étude dans la compréhension du caractère invasif de certaines espèces invasives. Ce partenariat avec le CEFE et son intégration dans le programme REEVES porte avant tout l'ambition de vérifier l'existence d'une influence épigénétique dans l'apparition et l'expression du caractère envahissant avant d'en comprendre plus finement le mécanisme. Si une réelle influence des conditions environnementales existe dans l'expression génomique du caractère invasif de la plante, l'interprétation des futurs résultats portera l'idée innovante de pouvoir « dépister » d'éventuelles EEE et d'anticiper une potentielle propagation et des dégâts sur le milieu et la biodiversité.



Université de Lorraine à Nancy – Laboratoire Agronomie et Environnement – Préparation des protocoles sur la Renouée du Japon 2021 – Valentin MORIN

MÉTHODES DE SUIVI ET D'ÉVALUATION

Avant le démarrage des travaux pour la création des stations expérimentales, plusieurs mesures sont menées sur les futurs sites. Les résultats de ces différents tests ont permis d'établir un état initial et de sélectionner les espèces de restauration adaptée aux propriétés du milieu :

- Analyses physico-chimiques des sols sur des horizons de 0-20cm puis de 20-40cm
- Estimation du potentiel mycorhizien avec les méthodes MPN (Taux de mycorhization) et PIM (Potentiel Infectieux Mycorhizogène)

Avec une fin des travaux au mois de mars 2021, les stations font l'objet d'un suivi annuel, à la même période, jusqu'en 2026 avec le relevé de plusieurs paramètres sur les espèces de restauration : la hauteur des végétaux et les deux largeurs opposées qui permettront de définir un volume du végétal).

Pour les espèces invasives, plusieurs indicateurs sont relevés pour suivre son évolution et sa réponse face à l'action de restauration : le nombre et la hauteur des rejets. Pour la Renouée du Japon, une mesure spécifique de la biomasse humide et sèche est réalisée annuellement.

Les relevés sont effectués annuellement sur les quadrats de mesure qui équipent les stations expérimentales.

MOYENS HUMAINS ET MATÉRIELS

Entre 2020 et 2021, la création des stations expérimentales sur les régions Champagne-Ardenne et Provence-Alpes-Côte-d'Azur a nécessité :

- Un budget de 446 000 euros ;
- La plantation de 7200 arbustes ;
- La réalisation de 3000 mètres de tranchées séparatives entre les parcelles ;
- Ainsi que 3180 piquets en châtaignier pour matérialiser les quadrats de mesure.

D'autre part, le programme REEVES rassemble un consortium scientifique composé de vingt chercheuses et chercheurs, de quatorze stages en master, deux ingénieurs de recherche et une post-doctorante.



Commune de Germaine : journée de relevés sur les stations expérimentales en 2023 – Valentin MORIN

DÉMARCHE D'ÉCO-CONCEPTION

L'éco-conception est une démarche qui s'inscrit progressivement dans l'ADN des projets de SNCF

Prix National du Génie Écologique 2024 – Dossier de candidature 8

Réseau afin de favoriser l'économie circulaire, réduire l'utilisation des ressources et les émissions de gaz à effet de serre. Pour le programme REEVES, la mesure suivante a été appliquée pour la réalisation des stations expérimentales : la contractualisation avec des fournisseurs locaux pour réduire les distances de livraison (pépiniéristes et carrières pour le gravier des tranchées). Pour les végétaux, le choix d'un producteur local avait également une importance pour la bonne adaptation des arbustes aux conditions climatiques des stations expérimentales.

ANIMATION DU PROJET

Plusieurs actions sont menées pour partager et animer le programme REEVES auprès des spécialistes et d'un public plus large.

1) Forum REEVES :

Une fois par an, SNCF Réseau organise le Forum REEVES comme un point d'étape du projet pour présenter les études effectuées et les résultats obtenus. Sous la forme d'une émission de deux heures, les chercheurs présentent successivement leur travail avec un animateur professionnel et un reportage qui partage une visite des stations.

L'émission tournée dans un studio rassemble une centaine de spectateurs et est rediffusée en direct en interne de SNCF réseau, auprès des co-financeurs et de quelques organismes publics (FREDON et gestionnaires de sites naturels).

2) Rapports annuels REEVES

L'ensemble des études en laboratoire et les résultats issus des stations expérimentales sont combinés dans des rapports annuels produits par SNCF Réseau. Avec une vocation scientifique, ces documents expliquent et vulgarisent les travaux de recherche menés dans le cadre du projet. Des illustrations et des bandes dessinées accompagnent les articles des rapports pour en faciliter la lecture auprès d'un public spécialiste ou non.

3) Reportage et vidéos

Deux vidéos et reportages sont disponibles sur internet pour découvrir le programme REEVES, les stations expérimentales et le travail mené en laboratoire :

- <https://www.youtube.com/watch?v=cBiBOzYILxs&t=53s>
- <https://www.youtube.com/watch?v=t79xemG2M7Q>

BILAN GÉNÉRAL DU PROJET

Points forts
- Les protocoles ne nécessitent pas d'utilisation de produit phytosanitaire ; - Les observations menées pendant quatre ans sur les stations expérimentales présentent une efficacité satisfaisante ; - Regroupement d'un consortium scientifique pluridisciplinaire pendant 6 ans ; - Attribution d'un budget conséquent permettant de mener un travail de recherche qualitatif.
Points faibles
- Les plantes de restauration doivent être entretenues pendant au moins 3 ans pour assurer une bonne reprise et le rétablissement d'une concurrence sur les ressources ; - Applicable uniquement sur des surfaces suffisamment éloignées de la voie ferrée. Le principe du projet ne répond pas à la gestion des EEE sur les pistes (le long de la voie ferrée) ou sur la plateforme ferroviaire comme pour le Buddleia.
Pistes d'amélioration
- Prolongement du projet pendant 3 ans pour conforter les résultats et les observations ; - Les listes des espèces de restauration sont valables pour les régions qui reçoivent actuellement les stations expérimentales. Pour une reproductibilité du projet, d'autres espèces adaptées à d'autres climats devront être testées.

PERSPECTIVES

POURSUITE DU PROJET

Les données accumulés autour des stations expérimentales et des travaux en laboratoire montrent des résultats encourageants et prometteurs qui nécessitent d'être consolidés avec des observations plus longues pour respecter l'échelle temporelle du végétal. Le programme REEVES poursuit donc ses études avec une prolongation de trois années supplémentaires jusqu'au mois de décembre 2026. Cette seconde phase permettra de cumuler six années d'observation des stations expérimentales et des dizaines de productions intellectuelles provenant des laboratoires.

REPRODUCTIBILITÉ DU PROJET

Le programme REEVES conçoit une méthodologie de restauration des milieux envahis par une EEE applicable sur les talus ferroviaires. Toutefois, la méthodologie reste répliquable dans d'autres contextes comme les milieux naturels, urbains ou sur les talus routiers. Les protocoles sont également reproductibles avec une modification de la palette végétale en testant d'autres arbustes, des arbres et/ou une strate herbacée.

Dans ce contexte, SNCF Réseau réalise un partenariat avec la société Infrabel (gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire en Belgique), de 2024 à 2026, pour répliquer les protocoles de gestion de la Renouée du Japon avec d'autres espèces de restauration. Cette nouvelle collaboration apportera des données complémentaires pour améliorer la méthodologie de gestion.

ILLUSTRATIONS DU PROJET

Avant



Après



Université de Lorraine à Nancy – Laboratoire Agronomie et Environnement – Préparation des protocoles sur la



entre Charleville et Givet) – Station expérimentale de Deville traitant la Renouée du Japon



000 (entre Epernay et Reims) – Station expérimentale de Ay-en-Champagne traitant l'Ailant. Mazing pour SNCF Réseau



'25 000 (entre Avignon et Miramas) – Station expérimentale de Morières-Lès-Avignon traitant la Renouée du Japon. Mazing pour SNCF Réseau



Mise en place des essais au LAE (Avril 2021)



Commune de Germaine : journée de relevés sur les stations expérimentales en 2023 – Valentin MORIN