

**AFPP – 4^e CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN
DES JARDINS, ESPACES VÉGÉTALISÉS ET INFRASTRUCTURES
TOULOUSE 19 ET 20 OCTOBRE 2016**

UTILISATION D'UNE SOLUTION GPS POUR LE DÉSHERBAGE DES VOIES FERRÉES

G. DOYEMET ⁽¹⁾, R. ROBERT ⁽²⁾

⁽¹⁾ SNCF Réseau, Direction Projet Système Ingénierie, Division Environnement, 6 av François Mitterrand, 93574 Plaine Saint Denis Cedex, ext.bee-engineering.ghislain.doyemet@sncf.fr

⁽²⁾ SNCF Réseau, Direction Maintenance et Travaux, Département Voie, 18 rue de Dunkerque, 75 010 Paris, r.robert04@reseau.sncf.fr

RÉSUMÉ

Le désherbage des voies ferrées est nécessaire pour des raisons de sécurité des voyageurs et de pérennité des infrastructures. SNCF Réseau a développé une technologie de GPS embarqués, empruntée à la technologie agricole, pour équiper ses moyens de désherbage (trains désherbeurs et camions). Ces GPS dialoguent via 3G avec le logiciel de production de la Végétation, SIGMA, qui permet de cartographier les réglementations applicables aux traitements par produits phytosanitaires (exemple les Zones Non Traitées, les captages). Ces GPS permettent d'asservir automatiquement le respect de ces zones interdites (rattrapage en cas de défaillance de l'opérateur) et aussi de réduire les zones de recouvrement en coupant automatiquement les tranches (ou section d'épandage) notamment dans les installations complexes (exemple des triages où plusieurs voies peuvent s'intercepter). SNCF gère une flotte de 25 trains régionaux et de 27 camions tous équipés de GPS et connectés à SIGMA. Pour les 6 trains nationaux, les tests d'équipement de ces solutions sont en cours.

Mots-clés : voie ferrée, GPS, train désherbeur, SIGMA, SNCF Réseau.

ABSTRACT

Weed control on railway tracks is necessary for reasons of safety and sustainability of the network. SNCF has developed an embedded GPS technology borrowed from agricultural technology to equip its weeding resources (weeding trains and trucks). These GPS interact via 3G with vegetation GIS, SIGMA, which allows mapping specific regulations on treatment with pesticides (eg Untreated area, drinking water). These GPS can automatically ensure respect for these prohibited areas (if the operator fails) and also reduce the overlap areas by automatically cutting spray especially in complex installations. SNCF operates a fleet of 25 regional trains and 27 trucks all equipped with GPS and connected to SIGMA. For the 6 national trains, equipment tests of these solutions are underway.

INTRODUCTION

La nécessité de voies et de pistes sans végétation est commune à l'ensemble des chemins de fer internationaux notamment pour des raisons de sécurité des circulations. En effet, ce « zéro végétal » permet :

- de maintenir un bon drainage nécessaire à la bonne tenue de la géométrie de la voie et donc à terme sa pérennité,
- de garantir la surveillance des constituants de la voie que cette surveillance soit automatisée ou réalisée par les agents,
- de conserver l'isolement électrique et donc le bon fonctionnement de la signalisation,
- de dégager une bonne visibilité des signaux au sol,
- d'éviter les problèmes d'adhérence des trains (patinage à l'accélération ou diminution de l'efficacité des freinages),
- de ne pas entraver les installations mécaniques de commande des aiguilles,
- de permettre l'accès des secours et l'évacuation des trains en détresse,
- d'assurer la circulation des personnels de maintenance dans des conditions optimales de sécurité, ainsi que celle des conducteurs lors des visites du matériel (trains en détresse),
- de limiter les risques d'incendie.

Figure 1 : accès, secours, incendie, surveillance des constituants font partie des nécessités du désherbage des voies

Access, emergency, fire, monitoring are weeding requirements.



Pour arriver à cet objectif, l'ensemble des gestionnaires d'infrastructure ferroviaire internationaux utilise des produits phytosanitaires par pulvérisation, majoritairement grâce à des moyens enraillés tel que des trains désherbeurs. SNCF Réseau possède son propre parc de moyens de désherbage. Il est composé de :

- 6 Trains Désherbeurs à Grand Rendement (TDGR) effectuant le désherbage des voies principales,
- 25 Trains Désherbeurs Régionaux (TDR) traitant les voies secondaires et les voies de services,
- 27 Camions permettant de traiter les parcelles auxquelles les trains ne peuvent pas accéder.

La protection de la ressource en eau mise en place depuis 2006 (loi sur l'eau et les milieux aquatiques) a amené SNCF Réseau à réfléchir à une solution permettant de sécuriser les coupures de traitement. Effectivement le réseau ferré national est une infrastructure linéaire et près de 400 km de captages et 400 km de Zones de Non Traitement (ZNT) croisent une ligne du réseau, ceci amenant chaque année à plus de 40 000 commandes d'ouverture et de fermeture de pulvérisation.

Figure 2 : train désherbeur à grands rendements
National train (high efficiency train)



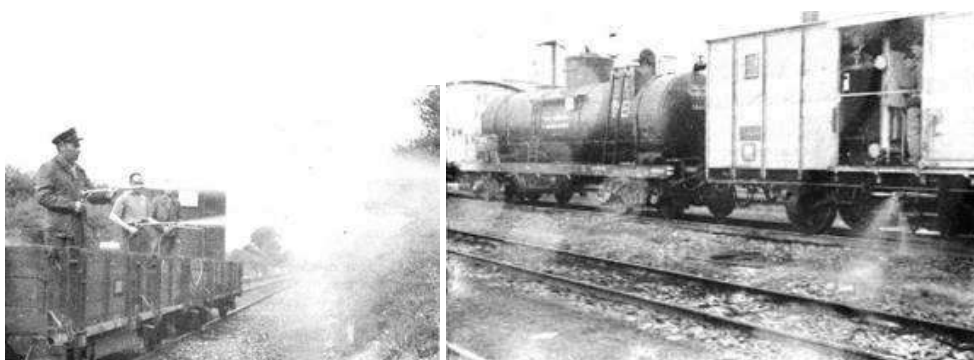
MATÉRIEL et MÉTHODES

Matériel

A l'origine, le désherbage du réseau ferré national fut effectué manuellement, puis il y eut des essais de désherbage mécanique et chimique entre 1923 et 1925. Le procédé mécanique coûteux, lent et dangereux pour le personnel fut abandonné au profit du procédé par traitements avec des produits phytosanitaires. Ce procédé fut généralisé du fait de son efficacité, de sa rapidité, de son moindre coût et de la simplification du travail du personnel. Depuis cette date, divers traitements se sont succédés ou sont utilisés concurremment, en alternance pour éviter les inversions de flore. Le chlorate de sodium a été utilisé seul de 1925 à 1958, puis pour limiter les dangers d'incendie, en association avec des désherbants de synthèse. Les désherbants de synthèse sont seuls utilisés depuis 1978. De nos jours seuls les désherbants totaux ayant une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) délivrée par le ministère de l'agriculture et/ou l'ANSES pour un usage en zone non agricole et avec une mention utilisable en voies ferrées sont utilisés. Les produits sont utilisés à des dosages déterminés par SNCF Réseau suite à la mise en œuvre d'essais dans la partie piste. Ces dosages sont inférieurs aux dosages homologués par l'AMM pour la plupart des produits.

Les premiers trains désherbeurs à grand rendement sont apparus en 1951 ainsi que les premiers « groupe locaux » de désherbage. Les trains comportaient un dispositif de préparation de la solution herbicide à appliquer, à partir de chlorate de soude livré sous forme de sel. La nécessité d'une nouvelle préparation de solution limitait le rayon d'action à 120km.

Figure 3 : groupes locaux de désherbage et trains désherbeurs (vers 1950)
Local and weeding train (1950)



En 1970 la deuxième génération de matériel fut composée de TDGR neufs et des premières Désherbeuses Unifiées (DU, futur TDR) en remplacement des « groupes locaux ». Les TDGR pouvaient traiter à toutes les vitesses de 0 à 60 km/h. La préparation des solutions herbicides était automatisée. Les TDGR avaient la possibilité d'appliquer deux désherbants simultanément tout en réglant le dosage en cours de marche. Le linéaire de voies traitées pouvait atteindre 500km. Les DU avaient, quant à elles, trois vitesses de traitement prédéterminées (10, 20 et 40 km/h). Les pompes travaillaient à débit constant pour chacune des vitesses choisies. Les DU étaient équipées d'un pupitre de commande comportant 5 leviers agissant sur les jets suivant la répartition géographique de ceux-ci au sol. Les DU pouvaient traiter jusqu'à 60 km de voie simple.

En 1985, les matériels ont été modernisés. Les DU avaient un choix plus important de vitesses (10, 15, 20, 25, 30, 35 km/h), et une amélioration du dosage eau/produit en fonction de la vitesse. Les commandes à leviers ont été remplacées par des vannes pneumatiques. En parallèle, les TDGR pouvaient désormais utiliser trois produits simultanément et changer de produits instantanément. Le mélange était réalisé en continu. Ces progrès se sont avérés possibles par l'utilisation de débitmètres électroniques.

De nos jours, et suite à des modernisations successives, les TDGR peuvent traiter jusqu'à 70 km/h, un automate programmable gère le dosage qui est proportionnel à la vitesse et à la largeur traitée. Le train a la possibilité de mettre trois produits avec des dosages différenciés entre la partie piste et la partie voie. Les produits sont transférés sans manipulation, la traçabilité est automatisée.

Les TDR, bien que plus simples dans leur fonctionnement, ont les mêmes caractéristiques avec une injection directe de produits, un dosage proportionnel à la vitesse et à la largeur traitée géré par électronique mais, à l'origine, une vitesse maximum de 45 km/h (maintenant limitée à 30km/h) et la possibilité d'utiliser deux produits.

La dernière évolution en date des matériels de traitement a été la mise en place d'une technologie issue du monde agricole. En effet l'équipe SNCF de la région de Rouen a testé pour la première fois en 2012 l'équipement de leur propre TDR avec un système de guidage par satellite (GPS). Ce GPS permet de mieux cibler les zones à traiter, d'avoir une traçabilité précise et cartographique et de prendre le relais en cas de défaillance de l'opérateur sur la coupure des traitements dans les zones interdites.

Après la deuxième année d'utilisation, les GPS ont évolué vers un langage plus adapté au ferroviaire, il n'était donc plus question de « champs » mais de « travaux ».

Figure 4 : GPS utilisé dans les trains

GPS use in trains



Ce GPS professionnel issu du monde agricole américain dialogue par 3G avec le système d'informations géographiques de maîtrise de la végétation (SIGMA) de SNCF Réseau. SIGMA permet de cartographier les réglementations applicables à partir de données vectorisées sur tout le territoire national. Par exemple, les zones non traitées (au sens de l'arrêté du 12 septembre 2006) sont répertoriées dans SIGMA. Afin d'avoir une donnée géographique vectorisée, SNCF utilise le module hydrographique de la base de données TOPO de l'Institut Géographique National. Cette base de données contient une description vectorielle des éléments du territoire et notamment du réseau hydrographique (les cours d'eau, les surfaces d'eau...), de précision métrique, exploitable à des échelles allant du 1 : 5 000 au 1 : 50 000.

Les caractéristiques du GPS utilisé sont :

- un écran couleur tactile de 30,7cm,
- deux récepteurs GPS/GNSS (Global Navigation Satellite System),
- gestion de débit et de tronçons,
- correction CenterPoint® RTX, précision de 3,8cm et initialisation < 5 min (Europe).

Méthodes

Deux types de tests ont été réalisés.

Figure 5 : zone de test avec du colorant bleu.

Test area with blue dye



Le premier consiste à vérifier la bonne prise en compte des coupures de traitement par le GPS en cas de défaillance de l'opérateur. Pour cela, des ZNT fictives sont créées et chargées sur le GPS à bord du train désherbeur. Le train désherbeur applique ensuite en conditions réelles un colorant bleu permettant de repérer visuellement sur site les coupures de traitement. Les coordonnées GPS des coupures sur site ont été relevées et comparées à celles implémentées dans le GPS.

Le deuxième test consiste en une comparaison des surfaces traitées avec et sans système d'anti-recouvrement du GPS dans un endroit complexe du réseau ferroviaire : une tête de faisceau de triage (endroit de convergence de plusieurs voies). Cette comparaison est réalisée grâce à une requête spatiale sous SIG (Système d'Information Géographique) permettant

ainsi de comparer les surfaces traitées en 2012 avec la traçabilité GPS sans système d'anti-recouvrement avec les surfaces traitées en 2013 avec le système d'anti-recouvrement. Ce recouvrement est lié au chevauchement des jets lors du passage sur les voies contiguës. Ces traitements sont souvent réalisés sur plusieurs jours ne permettant pas ainsi aux opérateurs de pouvoir repérer l'endroit où les traitements ont déjà été réalisés et fermer les jets de pulvérisation.

RÉSULTATS

Test 1 : prise en compte des coupures de traitement

L'objectif du test est de vérifier les coupures de traitement au droit des ZNT. Une partie des résultats est présentée ci-après. Afin de faciliter la lecture de ces résultats, il n'est présenté que les moyennes

et les écarts types des valeurs de décalage à l'entrée et à la sortie de la ZNT pour le TDGR. Les tests ont été réalisés à plusieurs vitesses et dans les deux sens de circulation.

Tableau I : Moyennes et écarts types des valeurs de décalage de coupure à l'entrée de la ZNT et de reprise de traitement à la sortie de la ZNT

Average and standard deviations of the cut-off values

Vitesse (km/h)	Moyenne « Entrée » (m)	Ecart type « Entrée »	Moyenne « Sortie » (m)	Ecart type « Sortie »
5	0,35	0,43	0,77	0,42
10	0,57	0,41	0,74	0,44
20	1,03	0,87	1,33	0,5
30	0,55	0,45	0,47	0,54
60	1,35	0,98	0,72	0,69
70	1,25	0,84	1,03	0,9

Deuxième type de test

Le deuxième type de test est réalisé dans une tête de faisceau de triage.

Figure 6 : photo aérienne de la tête de faisceau de triage utilisée pour le deuxième test.

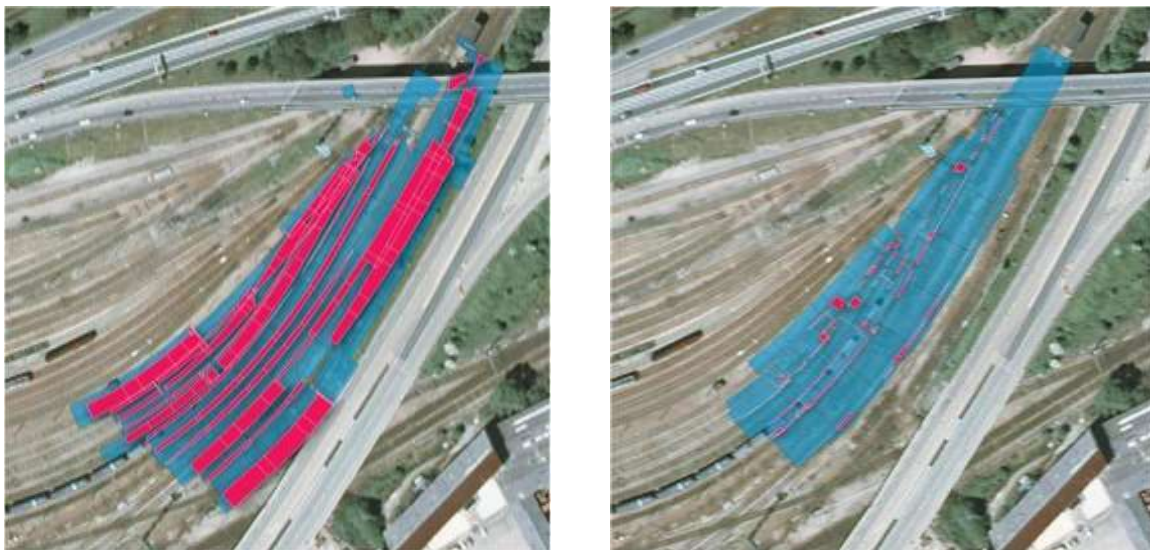
Photo of the area used in second test



Le résultat du traitement d'une tête de faisceau de triage en 2012 sans système d'anti-recouvrement a donné une surface traitée de 12 500 m² dont 7 200 m² ayant reçu un traitement deux fois (zone de recouvrement). En 2013 avec le système d'anti-recouvrement, le résultat de la surface traitée de la même tête de faisceau de triage a donné une surface de 6 500 m² dont 500 m² ayant reçu un traitement deux fois. Dans le premier cas, la surface recouverte est supérieure à 57% alors que dans le second cas, cette même surface est inférieure à 8%.

Figure 7 : Résultat du traitement en 2012 (à gauche) et en 2013 (à droite), en bleu les surfaces totales traitées et en rose, les surfaces de recouvrement.

Treatment in 2012 (left) and 2013 (right). In pink, the area covered twice. In blue total treated area.



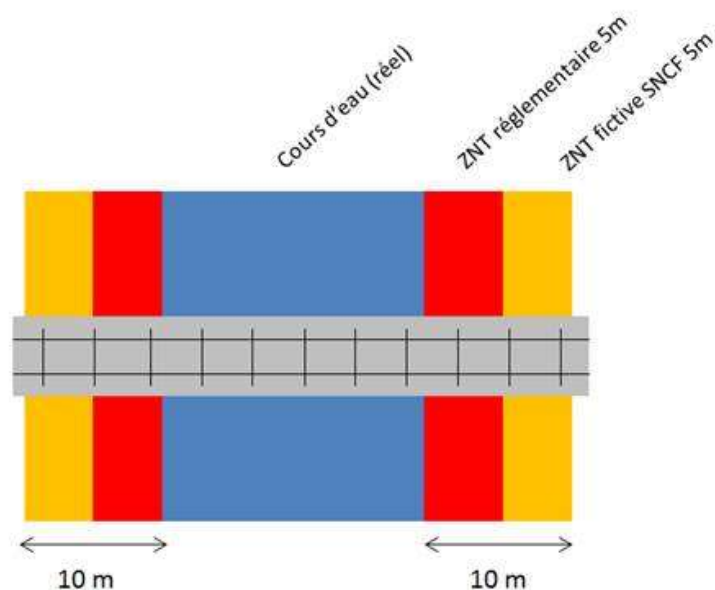
DISCUSSION

Les résultats du test de coupure (test n°1) permettent de montrer qu'il y a un décalage constaté entre la ZNT et la coupure effective des jets sur le terrain. La moyenne de cet écart est inférieure à 2m pour l'ensemble des vitesses. L'écart-type faible montre que la dispersion autour de la moyenne est faible, donc que les valeurs de décalage sont semblables et très proches. Aucune valeur aberrante n'est constatée.

Afin que cet écart ne soit pas préjudiciable à la protection de l'environnement, SNCF ajoute une ZNT fictive de 5 m systématiquement à chaque ZNT réglementaire. Les produits utilisés par SNCF ont tous une ZNT de 5m. Cette ZNT fictive est directement incorporée au logiciel SIGMA.

Figure 8 : schéma de principe d'ajout des ZNT fictives (en jaune)

Scheme of additional no spraying area



Le test du système d'anti-recouvrement (test n°2) montre des résultats très intéressants : une diminution de près de 50% des recouvrements et donc de 50% de l'utilisation d'intrants localement. Le risque de pollution est donc largement diminué. Dans la littérature, un article de Barthe *et Al* (2015) sur les GPS embarqués sur machines agricoles donne une économie de 5% de la solution épanchée qui varie en fonction du parcellaire. Effectivement plus le parcellaire est complexe (petite surface avec beaucoup d'obstacles) plus l'économie sera grande.

Figure 10 : exemple de zone de convergence de voies

Area with numerous tracks



Les zones ferroviaires de tête de faisceau font partie des zones les plus complexes à traiter. Effectivement de nombreuses voies convergent vers le même point avec de multiples aiguillages. La présence de végétation nuit fortement à la manipulation des appareils. Au-delà de la simple nuisance, les ligneux peuvent bloquer le fonctionnement de ces appareils complexes et ainsi amener à un déraillement.

Le traitement de ces zones est un facteur de stress pour l'opérateur. Ici, « le manque » est vite problématique et le surdosage est une mauvaise pratique. Au-delà de l'économie d'intrants, le GPS apporte lors du traitement une certaine «sérénité » aux opérateurs qu'il pourrait être intéressant de mesurer.

CONCLUSION

A l'instar de l'agriculture de précision, l'utilisation du GPS professionnel a permis un saut technologique pour le désherbage des voies ferrées. Cependant le prototype de TDGR équipé d'un GPS montre quelques limites à l'usage d'une technologie agricole : les trains nationaux, pouvant parcourir plusieurs centaines de km par jour, ont besoin de charger de nombreuses données pour une journée de traitement. La capacité de stockage du GPS s'avère limitée. Pour pallier à ce problème, SNCF étudie une possibilité de découpage cartographique du réseau compatible avec le parcours des trains désherbeurs ou la possibilité d'augmentation de l'espace de stockage en lien avec le fournisseur des GPS.

En complément, les jeux de données récoltés pendant les campagnes de traitement ont permis à SNCF de mettre au point un outil cartographique qui permet de suivre la production. Cet outil permet une représentation simple et sous forme de carte de différents indicateurs pertinents tel que le suivi des noms de produits. L'utilisation des GPS est donc le premier pas de l'utilisation du « Data Management » pour la gestion de la végétation sur le réseau ferré national.

BIBLIOGRAPHIE

Barthe N., Munoz L., Gavaland A., 2014. Les GPS embarqués sur les machines agricoles. INRA.

Corset M., 1925. Désherbage des voies ferrées.

Plet M., Couderc B., Hego G., 1974. Les nouveaux matériels de désherbage des voies. Revue générale des chemins de fer.

Porcheron M., Chavaudret G., 1986. Le désherbage des voies : évolution des traitements et des matériels. Revue générale des chemins de fer.