

Végéphy – 24^e CONFERENCE DU COLUMA
JOURNEES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLEANS – 3,4 ET 5 DECEMBRE 2019

**METHODOLOGIE DE CHOIX DES ESPECES PRECONISEES POUR UN
ENSEMENCEMENT DES VOIES DE SERVICE AU SEIN DE SNCF RESEAU**

M. EHMIG^{1,4}, A. PETIT¹, C. COUVRECHEF², S. GOUTTEBROZE³, J. DAYDE⁴, M-H. ROBIN⁵, A. BRIN⁶

¹ SNCF Réseau - Direction Générale Industrielle et Ingénierie, Département Développement Durable,
6 avenue François Mitterrand, 93574 La Plaine Saint Denis,

² SNCF Réseau - Direction Générale des Opérations et de la Production, Infrapôle Paris Sud Est, 17
Avenue de la Libération, 77 000 Melun

³ SNCF Réseau - Direction Générale Industrielle et Ingénierie, Département Voies et Abords, 6
avenue François Mitterrand, 93574 La Plaine Saint Denis

⁴ INPT-EI Purpan, Université Fédérale de Toulouse, Laboratoire d'Agro-Physiologie ; 31076 Toulouse
Cedex 03,

⁵ INPT-EI Purpan, Université Fédérale de Toulouse, UMR 1248 AGIR, 31326 Castanet-Tolosan

⁶ INPT-EI Purpan, Université Fédérale de Toulouse, UMR 1201 Dynafor, 31076 Toulouse cedex 3

RESUME

Afin d'empêcher le développement d'espèces végétales indésirables sur certaines voies, SNCF Réseau souhaite mettre en place des couverts végétaux répondant aux contraintes spécifiques ferroviaires. A partir d'un pool de 650 espèces d'intérêt issues de la bibliographie, ce travail consiste à sélectionner une dizaine d'espèces les plus adaptées pour un premier test sur le site du triage ferroviaire de Villeneuve-Saint-Georges (au sud de Paris), en utilisant notamment une approche par les traits fonctionnels. Une première étape de sélection a éliminé les espèces ne répondant pas aux contraintes ferroviaires. Une deuxième étape sur les facteurs écologiques a ensuite permis de choisir les 13 espèces les plus adaptées aux conditions pédoclimatiques du site de Villeneuve-Saint-Georges. Enfin, la dernière étape, relative à la biologie des espèces, permet de recueillir des informations qui seront utiles pour la mise en mélange des 13 espèces sélectionnées.

Mots clés : Couverts végétaux / Trait fonctionnel / Ecologie fonctionnelle / Facteurs écologiques / Stratégie CSR

ABSTRACT

In order to prevent the development of weeds inside railroad, SNCF Réseau wishes sowing ground cover plants that meet the technical constraints of the company. From a pool of 650 interesting species from the bibliography, this work consists of selecting a dozen species most suitable for a first test on the site of Villeneuve-Saint-Georges (south of Paris), using a functional traits approach. A first selection step eliminated the species that did not meet the technical constraints of the company. A second step on the ecological factors then allowed choosing the 13 species most adapted to the pedoclimatic conditions of the site of Villeneuve-Saint-Georges. Finally, the last step, relating to the biology of the species, makes it possible to know the information which will be useful for the mixing of the 13 selected species.

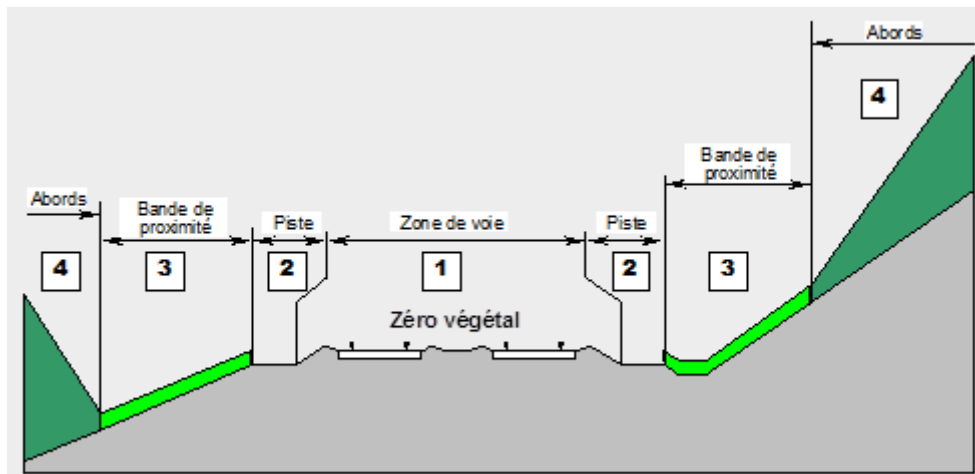
Key-words: Ground cover plants / Plant functional trait / Functional ecology / Ecological factors / CSR strategy

INTRODUCTION

Maitrise de la végétation chez SNCF Réseau

La maîtrise de la végétation dans les emprises ferroviaires, voies ferrées et leurs abords, est indispensable pour des impératifs de sécurité ferroviaire, de sécurité des personnes (personnel et voyageurs), de sécurité incendie, de maintenance et de conservation des infrastructures. SNCF Réseau intervient dans ce domaine en tant que gestionnaire d'infrastructure, et utilise des méthodes chimiques, notamment pour le traitement des voies ferrées et des pistes latérales. Chaque année, des trains désherbeurs traitent chimiquement les voies, pour limiter le développement de cette végétation indésirable. En 2018, l'entreprise a acheté plus de 53 tonnes d'herbicides totaux, dont 45 tonnes de glyphosate (**données interne SNCF**).

Figure 1 : Objectif de maitrise de la végétation sur les voies ferrées et abords de SNCF Réseau
Goal to controlling vegetation in railway and surrounding area at SNCF Réseau



La zone de voies (1) comprend la zone occupée par les rails et les traverses ainsi que les banquettes de ballast en pierre concassée (voir figure 1). L'enjeu majeur pour les voies est la tenue de leur géométrie impactant directement la sécurité des circulations ferroviaires. La présence excessive de végétation peut avoir une incidence directe sur la tenue de la géométrie. De même, les pistes (2), qui longent la zone de voie, doivent être entretenues régulièrement pour assurer une absence de végétation. Les bandes de proximité (3) autorisent quant à elle une végétation herbacée basse, alors que les abords (4) peuvent contenir une végétation herbacée, arbustive et arborée à condition que celle-ci ne soit pas problématique pour l'exploitation ferroviaire.

La nature et l'épaisseur de ballast sur les voies empêchent naturellement le développement de la végétation. Mais cette protection diminue en fonction de l'âge du ballast. Le vieillissement du ballast est dû à différentes causes, qui sont de deux natures : mécanique et environnementale. L'opération de bourrage provoque notamment une fragmentation des grains de ballast sous la traverse et entre les traverses, et à long terme, une diminution de sa granulométrie (**Pardeno, 2012**). Le ballast se désagrège en sable plus ou moins grossier, et la matière organique s'y accumule. Les voies de services, utilisées pour la circulation fret et le garage des trains, sont particulièrement concernées par ce phénomène, car leur renouvellement n'est pas prioritaire. La majorité des 12.000km de voies de service présentent sur l'ensemble du territoire est concernée par le vieillissement de leur ballast. Les conditions étant favorables à la végétation, des espèces pionnières, problématiques pour SNCF Réseau, s'y développent.

Contraintes pour SNCF Réseau

Le questionnement scientifique sous-jacent à la maîtrise de la végétation recherchée par SNCF Réseau relève de la dynamique des communautés floristiques et leurs propriétés fonctionnelles. La dynamique d'une communauté végétale est souvent représentée par le cadre théorique des successions. Celles-ci dépendent des conditions abiotiques (nature du substrat, conditions climatiques...), des interactions biotiques (compétition, facilitation), du régime de perturbations et du pool d'espèces susceptibles d'intégrer la communauté par dispersion (**Walker et Del Moral, 2003**). La composition et la structure du paysage sont des éléments qui déterminent la composition du pool d'espèces, notamment d'un point de vue fonctionnel (**Tscharntke et al, 2012**).

Dans le contexte de l'interdiction probable du glyphosate dans les prochaines années¹ et devant la difficulté d'obtenir 0% de végétation sur les voies, y compris avec nos moyens chimiques actuels, il est apparu nécessaire de faire évoluer ce standard en raison d'un contexte réglementaire et technique qui ne permet plus d'assurer à 100% ce résultat. Plutôt que de trouver un moyen d'éradiquer la végétation, il est proposé sa maîtrise en installant un peuplement végétal choisi qui permettrait de prévenir l'arrivée d'un couvert indésirable. Ces ensemencements doivent garantir la présence d'un couvert végétal uniforme en hauteur et en densité afin de permettre un cheminement aisé sur les pistes et la réalisation des opérations de surveillance de la voie en garantissant la visibilité des installations. Ce couvert doit donc répondre à un grand nombre de contraintes, pédoclimatiques d'une part, mais aussi ferroviaires :

- Une hauteur limitée à 10 cm, pour conserver une bonne visibilité des éléments de la voie,
- Une emprise racinaire limitée, pour ne pas impacter la géométrie de la voie,
- Un nombre de cycle d'entretien, limité à une fauche par an, pour des raisons économiques et organisationnelles,
- Une résistance forte aux contraintes, comme le passage de trains ou le piétinement,
- Une faible appétence, pour éviter la présence d'animaux problématiques dans les emprises,
- Une disponibilité des semences permettant une industrialisation possible.

MATERIEL ET METHODES

Approche fonctionnelle

Pour sélectionner les espèces les plus adaptées aux contraintes énumérées ci-dessus, l'approche choisie est l'approche par traits fonctionnels. L'écologie fonctionnelle suppose qu'un individu peut être représenté par un ensemble de valeurs de traits qui sont des indicateurs de leur fonctionnement comme par exemple la croissance. **Violle et al. (2007)** définissent la notion de « trait » comme : « toute caractéristique morphologique, physiologique ou phénologique mesurable au niveau de l'individu, de la cellule jusqu'à l'individu entier, sans référence à l'environnement ou à tout autre niveau d'organisation (population, communauté, écosystème) ». Un trait fonctionnel est donc une caractéristique d'un individu qui a montré des liens directs ou indirects avec une fonction. L'approche par traits permet donc de classer les espèces par groupes fonctionnels afin de simplifier la diversité et de généraliser leur fonctionnement. Les espèces appartenant au même groupe fonctionnel présentent des réponses similaires aux conditions environnementales. Ces groupes sont en général basés sur les différentes stratégies adaptatives des individus (**Lavorel et Garnier, 2002**). À l'échelle des écosystèmes, les traits fonctionnels sont responsables de la manière dont les organismes répondent aux facteurs biotiques et abiotiques (trait de réponse) et dont les organismes affectent le fonctionnement de l'écosystème (trait d'effet).

¹ Proposition de loi demandant l'interdiction du glyphosate. Assemblée nationale [en ligne]. 09 janvier 2019. [Consulté le 10/09/2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.assemblee-nationale.fr/15/propositions/pion1560.asp>

Cette approche basée sur les traits fonctionnels est largement utilisée en écologie, non seulement pour élucider les mécanismes à l'œuvre dans la constitution et la dynamique des communautés, mais également pour appréhender les propriétés des écosystèmes (**Wilson et al., 1999 ; Violle et al, 2007 ; Lienin et Kleyer, 2012 ; Garnier et Navas, 2011, 2013**). Dans le cas présent, la principale propriété recherchée est la stabilité dans un état désiré par SNCF Réseau (voir les contraintes évoquées plus haut). Dans le cas de notre étude sur l'ensemencement choisi des voies et pistes, il semble donc intéressant d'étudier les traits fonctionnels et les stratégies associées relevant de l'aptitude à s'installer, croître et se maintenir dans cet espace contraint.

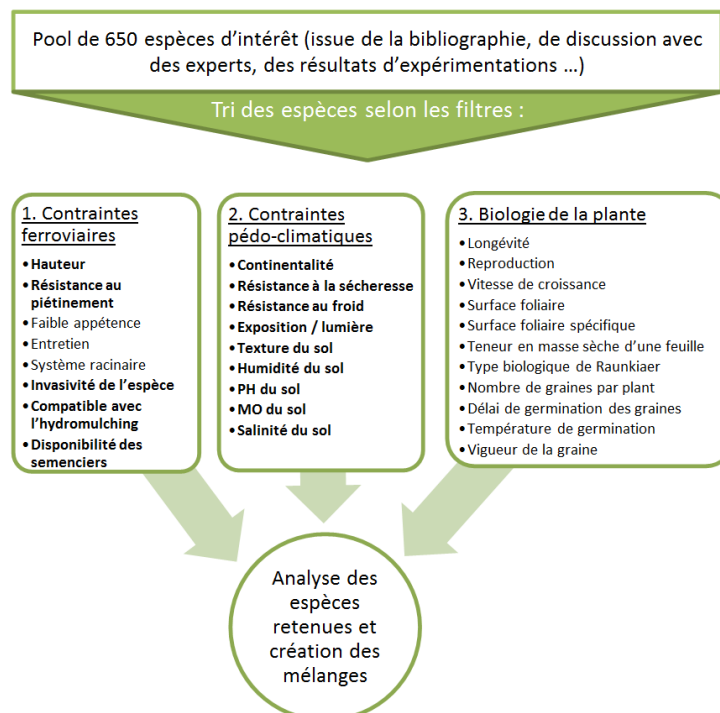
Sélection du pool d'espèces à analyser

Au départ du projet, une base de données d'espèces d'intérêt a été créée, à partir de la bibliographie, mais aussi de discussions avec des experts, des résultats d'expérimentations, des espèces proposées par les semenciers ... De nombreuses expérimentations de couverts végétaux ont déjà été réalisées, que cela soit sur des voies de tramway, sur des toitures végétalisées, dans des cimetières, en arboriculture, dans des parcs et jardins, mais aussi sur les abords de route ou de voies ferrées. L'ensemble des espèces testées dans ces expérimentations ont été ajoutées à notre base de données. De même, les espèces présentes dans les principales prairies françaises, ainsi que les espèces naturellement présentes sur le site à ensemenecer et qui répondent aux différents critères, ont été ajoutées à notre liste d'espèces. Enfin, les catalogues des semences disponibles chez les principaux semenciers ont complété notre liste. Au total, avant analyse des traits fonctionnels, le pool d'espèces d'intérêt comportait plus de 650 espèces.

Sélection des traits fonctionnels

Pour sélectionner les espèces à tester lors de l'expérimentation, il a tout d'abord fallu procéder au choix des traits fonctionnels à analyser. La figure 2 présente l'ensemble des traits fonctionnels utilisés ainsi que la méthodologie employée pour sélectionner les espèces qui seront testées sur le triage de Villeneuve-Saint-Georges, au sud de Paris.

Figure 2 : Méthodologie de sélection des espèces pour l'expérimentation de Villeneuve-Saint-Georges.
Species selection methodology for the Villeneuve-Saint-Georges experiment.



Comme on peut le voir sur la figure 2, les traits sélectionnés ont été séparés en 3 catégories :

- Ceux relatifs aux contraintes ferroviaires : hauteur, tolérance au piétinement, profondeur d'enracinement,...
- Ceux relatifs aux contraintes pédoclimatiques : mais aussi des traits induits par les futures conditions pédoclimatiques : composition du sol, tolérance à la sécheresse, exposition,...
- Ceux relatifs à la biologie de l'espèce : longévité, reproduction, vitesse de croissance...

Ces 3 catégories correspondent à 3 étapes successives de tri, et sont expliquées plus en détail dans les parties ci-dessous.

Une fois la sélection des traits effectuée, il a fallu définir les valeurs seuils à appliquer à chacun. Chez certains traits, qu'ils dépendent des contraintes de l'entreprise ou des contraintes pédoclimatiques, un dépassement des valeurs seuils entraîne l'élimination de l'espèce : ce sont les traits écrits en gras sur la figure 2. Pour chaque espèce, les valeurs de chaque trait ont été obtenues en utilisant deux bases de données :

- TRY – a global database of plant traits (**Kattge, 2011**),
- Baseflor (**Julve, 1998**), pour les valences écologiques de Julve et les types biologiques de Raunkjær (expliqués ci-dessous).

1. Contraintes ferroviaires

Les contraintes pour SNCF Réseau sont de deux natures : le choix des espèces mises en mélange et la capacité d'industrialisation de l'ensemencement à l'ensemble du territoire. Dans le premier cas, une analyse, pour chaque espèce, sur la valeur des traits fonctionnels choisis (hauteur, résistance au piétinement ...) est réalisée. Dans le second cas, il s'agit de vérifier la disponibilité de l'espèce sur le marché (auprès des semenciers), et qu'elle soit sous forme de semence, afin de pouvoir pratiquer de l'ensemencement hydraulique. Dans les deux cas, une analyse terrain a été réalisée auprès des agents de l'entreprise pour que les espèces retenues puissent correspondre au mieux à leurs attentes. Ces contraintes ne sont pas dépendantes du lieu d'expérimentation et sont donc les mêmes pour toute la France. Il s'agit donc de la première étape de sélection des espèces, afin de déterminer si elles pourront un jour être utilisées, et notamment lors de l'industrialisation du processus.

2. Contraintes pédoclimatiques

La deuxième étape de sélection concerne les contraintes pédoclimatiques. Ces contraintes dépendent du lieu d'expérimentation : les traits à étudier restent les mêmes mais les valeurs seuils diffèrent. Cette étape doit être réalisée pour chaque nouveau projet si les conditions pédoclimatiques diffèrent.

Afin de déterminer quelles espèces peuvent être adaptées aux milieux qu'on peut rencontrer sur nos voies de service, on s'intéresse à leur valence écologique. Pour chaque facteur, les valences écologiques diffèrent d'une espèce à une autre. Certaines espèces sont qualifiées d'euryèces, ou généralistes (à large amplitude écologique) alors que d'autres sont dites sténoèces, ou spécialistes (à amplitude écologique étroite). Afin de s'affranchir de l'amplitude écologique, la comparaison entre plusieurs espèces peut donc s'effectuer en prenant en compte l'optimum de fonctionnement de chaque espèce. C'est le choix qu'a fait **Ellenberg (1974 à 1992)**, en créant une série d'indices, appelés « Indices d'Ellenberg », pour qualifier le comportement des plantes vis-à-vis des sept principaux facteurs écologiques : Lumière, Température, Continentalité, Humidité, Réaction (pH) du sol, Niveau trophique du sol, Salinité du sol. L'amplitude de variation de chaque facteur est alors découpée en 9 classes (voire 12 classes pour l'humidité). Cependant, ces travaux ont été réalisés sur 2.000 espèces indicatrices de la flore allemande. Depuis, **Julve (1998)** a réutilisé les principes établis par Ellenberg en étudiant 6.000 espèces indicatrices de la flore française, mais aussi en adaptant et ajoutant des indices. Les valences écologiques proposées par Julve sont : Lumière, Température, Continentalité, Humidité

Atmosphérique, Humidité Edaphique, Réaction du sol, Niveau trophique du sol, Salinité, Texture et Matière Organique du sol. Dans le cadre de notre travail, les données du terrain étant connues, les espèces choisies doivent donc être adaptées à nos conditions écologiques. Il a été choisi d'utiliser les indices de Julve, car la base de données est plus complète et plus adaptée aux espèces végétales françaises que l'on souhaite implanter.

3. Biologie de la plante

La troisième étape consiste en la vérification des informations relatives à la biologie des espèces présélectionnées. Ces informations ne sont pas des critères de sélection des espèces, mais seront utiles lors de la création des mélanges.

Les travaux de **Raunkiaer (1904, 1934)** définissent cinq types biologiques principaux en fonction de la position des organes de survie par rapport au sol, pendant la période défavorable de l'année :

- les phanérophytes pour lesquels les bourgeons végétatifs sont situés à l'extrémité de tiges ligneuses assez loin du sol ;
- les cryptophytes pour lesquels les bourgeons sont situés dans le sol (géophytes) ou sous la surface de l'eau (hélophytes) ;
- les thérophytes passent la saison défavorable sous forme de graines ;
- les chaméphytes dont les bourgeons se trouvent à moins de 25 cm du sol sur des pousses aériennes courtes, rampantes ou érigées mais vivaces ;
- les hémicryptophytes dont les bourgeons sont au ras du sol et protégés du froid par des feuilles persistantes au niveau du sol, par la litière ou par la neige en hiver et l'appareil aérien (herbacé) disparaît en grande partie lors de la mauvaise saison.

Pour notre travail, l'important est de conserver un couvert végétal dense tout au long de l'année, y compris en saison défavorable. Il est donc indispensable durant la création des mélanges de s'intéresser à ces types biologiques, en intégrant dans chaque mélange au moins une espèce qui conserve sa partie aérienne ou passant l'hiver à l'état de rosettes.

Afin d'appréhender le comportement futur d'une espèce, notamment lors de la mise en mélange, on s'est aussi intéressé à leur stratégie fonctionnelle pour acquérir et utiliser les ressources. Il existe un axe de spécialisation des plantes, qui décrit le compromis entre une stratégie d'utilisation des ressources, avec une croissance rapide, ou une stratégie de conservation, caractérisée par une croissance plus lente. **((Wright et al., 2004), (Grime et al., 1997))** ont identifié trois autres types de stratégie fonctionnelle des plantes, toujours basés sur les traits foliaires des végétaux, et qui compose le triangle CSR². Les espèces sont ainsi classées en fonction de leurs aptitudes à faire face au stress (espèces tolérantes au stress : S), aux perturbations (espèces rudérales : R) ou à la compétition (espèces compétitrices : C). Pour déterminer le positionnement des espèces dans ce triangle, la méthode de **Pierce et al (2013)** utilise les traits foliaires suivants :

- La surface foliaire (LA, en mm²), pour l'aptitude à la compétition
- La surface foliaire spécifique (SLA, en mm².mg⁻¹), qui est la surface d'une feuille divisée par sa masse, pour la tolérance aux perturbations,
- La teneur en matière sèche d'une feuille (LDMC, en %), qui est la biomasse sèche d'une feuille divisée par la biomasse fraîche et saturée en eau, pour la résistance au stress.

Afin de déterminer la stratégie de chaque espèce, la méthode de Pierce a été utilisée, en utilisant les 3 traits fonctionnels décrits ci-dessus. Pour cela, Pierce propose un tableau de détermination de la stratégie de chaque espèce lors de l'ajout des données LA, SLA et LDMC.

² CSR Triangulator VascularPlants spreadsheet constructed by Simon Pierce (simon.pierce@unimi.it) from PCA and regression analysis of data for 678 spp. belonging to Bruno Cerabolini (bruno.cerabolini@uninsubria.it) and research group. Copyright © 2012 Simon Pierce, Guido Brusa, Ilda Vagge and Bruno Cerabolini.

Les types biologiques de Raunkiaer et la stratégie CSR sont deux informations qui ont été utilisées lors du choix de mise en mélange des espèces, mais n'ont pas été les seules informations retenues (base de Poacées, présence obligatoire de Fabacées, faible pourcentage de dicotylédones ...). L'ensemble de la méthodologie utilisée pour la mise en mélange ne sera pas expliquée ici en détail.

RESULTATS ET DISCUSSION

Au total, plus de 650 espèces ont été analysées par les indicateurs précédemment cités afin de déterminer si elles pourraient être utilisées lors de nos semis. Sur ces 650 espèces, 105 espèces correspondent aux critères ferroviaires, et pourraient être utilisées lors de l'industrialisation de l'ensemencement partout en France. Après analyse des conditions pédoclimatiques du site de Villeneuve-Saint-Georges, 13 espèces répondant à l'ensemble des contraintes ont été retenues. Le tableau I ci-dessous présente les espèces qui ont été retenues pour ce site.

Tableau I : Liste des espèces retenues. Lumière (L), Température (T), Continentalité (C), Humidité Atmosphérique (HA), Humidité Edaphique (HE), Réaction du sol (R), Niveau trophique du sol (N), Salinité (S), Texture (Tx) et Matière Organique du sol (MO). NC : non connu
List of chosen species. Light (L), Temperature (T), Continentality (C), Atmospheric Humidity (HA), Edaphic Humidity (HE), Soil Reaction (R), Soil Trophic Level (N), Salinity (S), Texture (Tx) and soil organic matter (MO). NC : unknown

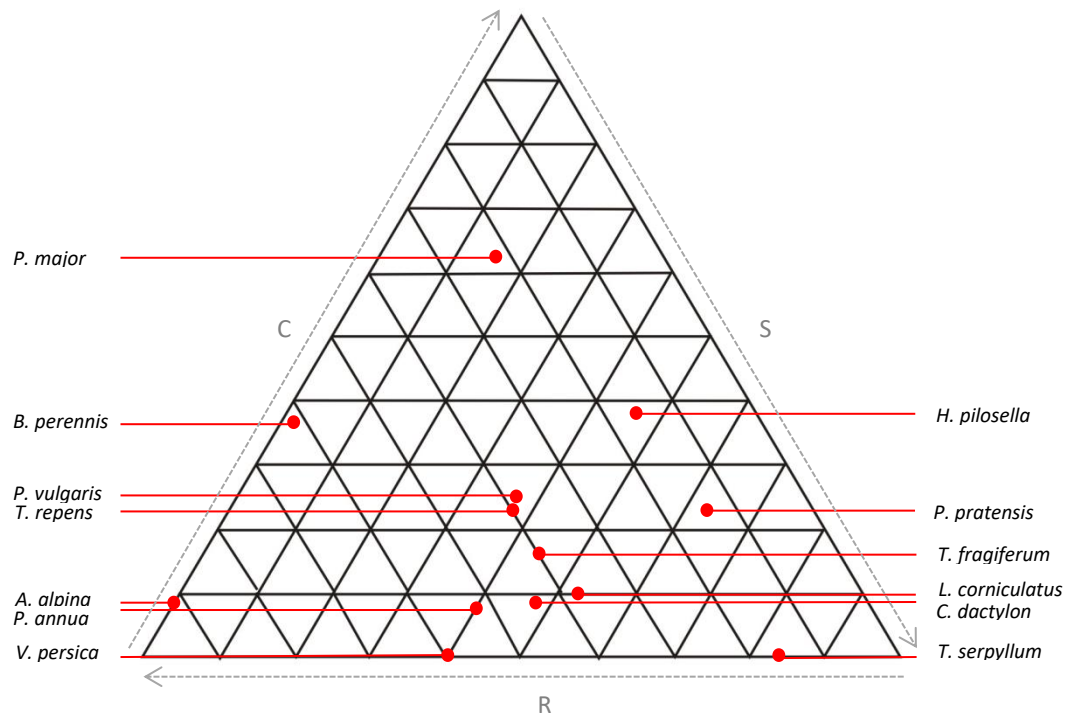
Espèces retenues	Valence écologique (Julve, 1988)										CSR (Pierce, 2013)	Type biologique (Raunkiaer, 1984)
	L	T	C	HA	HE	R	N	S	Tx	MO		
<i>Arabis alpina</i> L.	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	R	Hémicryptophyte
<i>Bellis perennis</i> L.	7	5	5	5	5	5	6	0	3	3	R/CR	Hémicryptophyte
<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers.	8	7	4	7	7	5	5	1	4	8	SR	Géophyte
<i>Lotus corniculatus</i> L.	7	5	5	4	4	7	3	0	3	2	SR	Hémicryptophyte
<i>Hieracium pilosella</i> L.	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	SC	Hémicryptophyte
<i>Plantago major</i> L.	5	5	5	5	5	5	6	0	3	3	C	Hémicryptophyte
<i>Poa annua</i> L.	7	5	5	4	5	5	8	1	3	3	R/SR	Thérophyte
<i>Poa pratensis</i> L.	8	5	5	5	5	5	6	0	3	3	SC	Géophyte
<i>Prunella vulgaris</i> L.	5	5	5	5	5	6	6	0	2	3	CSR	Hémicryptophyte
<i>Thymus serpyllum</i> L.	7	6	5	5	3	4	1	0	5	4	S/SR	Chaméphyte
<i>Trifolium fragiferum</i> L.	7	7	3	8	7	7	7	3	3	8	SR	Hémicryptophyte
<i>Trifolium repens</i> L.	7	5	5	5	5	5	6	1	3	3	CSR	Hémicryptophyte
<i>Veronica persica</i> Poir.	7	5	5	5	5	7	7	0	3	2	SR	Thérophyte

Concernant les valences écologiques, on observe de fortes similarités entre les espèces pour chaque indicateur. Cependant, il s'agit bien ici de l'optimum de fonctionnement de chaque espèce, et qui ne prend pas en compte son amplitude écologique. Une espèce qui possède un optimum plus élevé ou plus faible que les valeurs seuils, mais une large amplitude écologique, pourrait malgré tout être capable de s'installer. Des données sur l'amplitude écologique de chaque espèce pourraient permettre, dans certains cas où les valeurs de l'espèce ne correspondent pas aux valeurs seuils, d'augmenter le nombre d'espèces à tester.

On peut voir dans le triangle CSR ci-dessous (figure 3) que les espèces ont des stratégies très différentes, certaines très compétitrices tandis que d'autres sont plus rudérales. Dans le cadre de la

création d'un couvert végétal, les différentes stratégies CSR sont donc intéressantes à prendre en compte.

Figure 3 : Triangle CSR des 13 espèces retenues
CSR triangle of the 13 chosen species



Les couverts qui seront par la suite implantés sur nos voies devront être composés :

- d'espèces compétitrices, car le milieu est déjà colonisé par des espèces pionnières,
- d'espèces résistantes au stress climatique, à cause des conditions particulières sur le site (exposition au soleil permanente, rayonnements thermiques émis par le rail, faible stockage d'eau dans le sol ...)
- d'espèces résistantes aux perturbations (cheminement des agents, passage de trains, travaux sur les voies, fauchage ...).

Ces stratégies CSR n'ont donc pas été utilisées pour sélectionner les espèces à planter dans le couvert, mais l'ont été pour la création des différents mélanges à planter. Notre choix a été de créer des mélanges généralistes, et donc non basés sur une seule stratégie. Il a été choisi la création de mélanges d'espèces complémentaires, en espérant une couverture minimale du sol, quels que soient les aléas rencontrés. Comme les espèces sont similaires sur le plan fonctionnel, elles devraient avoir une réponse identique vis-à-vis de l'environnement abiotique et pouvoir s'assembler, mais on ne peut cependant pas exclure un risque de compétition entre nos espèces semées. La complexité des interactions (effets synergiques et antagonistes) entre les espèces végétales rend souvent les prédictions imprécises en mélanges d'espèces. La mise en mélange peut avoir un impact sur certains traits, notamment ceux concernant l'acquisition des ressources (hauteur, superficie des feuilles, profondeur des racines ...).

Dans notre cas, l'inconvénient de l'approche par traits fonctionnels est qu'elle ne correspond pas à la réalité qu'on pourra retrouver sur nos terrains. Les valeurs des traits de la bibliographie sont des valeurs obtenues lors de cultures monospécifiques et dans des conditions favorables de croissance.

Les conditions rencontrées sur nos voies peuvent affecter les traits de réponse. C'est pourquoi certaines espèces, comme *T. repens*, ont malgré tout été sélectionnées alors qu'une valeur théorique de leur trait est en dehors des valeurs seuils (dans ce cas, la hauteur).

Dans la base de données des traits fonctionnels utilisée, les espèces végétales n'ont subi aucun stress. Dans notre expérimentation, les couverts végétaux seront fauchés une fois par an. Or, cette fauche peut conduire à un phénomène de nanification de certaines espèces. Lors d'une visite sur un site d'expérimentation, nous avons pu constater le port prostré de *Achillea millefolium* après une fauche. Dans la base de données des traits fonctionnels, ces espèces ont le risque d'être directement éliminées car leur hauteur est trop élevée, sans prendre en compte ce phénomène de nanification.

CONCLUSION

Ce travail a permis l'élaboration d'une base de données de plus de 650 espèces végétales d'intérêt. Suite à plusieurs étapes de tri successives, le nombre d'espèces a été réduit à 13, pour une expérimentation sur les voies de service à Villeneuve-Saint-Georges. A partir de ces 13 espèces, 4 mélanges ont été créés. L'expérimentation, qui a débuté en avril 2019, va permettre d'analyser le comportement des espèces en mélanges, mais aussi individuellement en culture dans des parcelles monospécifiques. Les résultats obtenus permettront de comparer les valeurs théoriques présentes dans les bases de données consultées aux valeurs observées sur le terrain.

Par la suite, et en fonction des résultats obtenus sur ce premier site d'expérimentation, d'autres expérimentations vont être réalisées partout en France. A partir de notre base de données, des résultats des expérimentations, et des données pédoclimatiques locales, un outil d'aide à la décision sera construit afin d'aider les établissements qui souhaitent mettre en place de l'ensemencement choisi sur les voies de service de leur territoire géographique.

BIBLIOGRAPHIE

Bertoni G. et al., 2015 - Caractérisation des pratiques de gestion des prairies de deux terroirs des montagnes de Bigorre par des indices botaniques. *Fourrages*, 221, 25-32.

Garnier E., Navas M.-L., 2011 - A trait-based approach to comparative functional plant ecology: concepts, methods and applications for agroecology. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 365-399.

Garnier E., Navas M.-L., 2013 - Diversité fonctionnelle des plantes. Editions De Boeck, Bruxelles, 353p.

Grime J.P.P. et al., 1997 - Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. *Oikos* 79, 259-281.

Ellenberg H., 1974 - Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobot.*, 9 : 97 p.

Ellenberg H., 1979 - Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas (2ten Aufl.). *Scripta Geobot.*, 9 : 122 p.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D., 1991 - Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobot.*, 18, 248 p.

Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D., 1992 - Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa (2ten Aufl.). *Scripta Geobot.*, 18, 258 p.

Julve P., 1998. Baseflor. Index botanique, écologique et chronologique de la flore de France. Programme Catminat. <<http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>>

Kattge, J., et al., 2011 - TRY – a global database of plant traits. *Global Change Biology*, 17:2905–2935.

Lavorel S., Garnier E., 2002 - Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16, 545-556.

Lienin P., Kleyer M., 2012 - Plant trait responses to the environment and effects on ecosystem properties. *Basic and Applied Ecology*, 13, 301-311.

Paderno C., 2012 - Comportement du ballast sous l'action du bourrage et du trafic ferroviaire. Thèse de doctorat en sciences, sous la direction de A.-G. Dumont, Lausanne, faculté environnement naturel, architectural et construit. 2010, 186 p.

Pierce S., Brusa G., Vagge I., Cerabolini B.E.L., 2013 - Allocating CSR plant functional types: the use of leaf economics and size traits to classify woody and herbaceous vascular plants. *Functional Ecology*, 27, 1002–1010.

Raunkiaer C., 1934 - The use of leaf size in biological plant geography (pp. 368-378) in : The life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon press, Oxford, 632 pp.

Tscharntke T. et al., 2012 - Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 87,661-685.

Walker L.R., del Moral R., 2003 - Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation. *Cambridge University Press*, Cambridge. 429p.

Violle C., Navas M.-L., Vile D., Kazakou E., Fortunel C., Hummel I., Garnier E., 2007 - Let the concept of trait be functional! *Oikos* 116, 882-892.

Wilson P. J., Thompson K.E.N, Hodgson J.G., 1999 - Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*, 143, 155-162.

Wright, I.J. et al., 2004 - The worldwide leaf economics spectrum. *Nature*, 428, 821–7.