

Challenge Rose



LABORATOIRE
NATIONAL
DE MÉTROLOGIE
ET D'ESSAIS



LA SCIENCE
AU CŒUR
DE L'ENVIRONNEMENT

En 2017, les ministères chargés de l'Agriculture, de la Transition Écologique, de la Recherche ont lancé en partenariat avec l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), un appel à projets de recherche "Challenge Rose".

Il s'agit de susciter la mise au point de solutions technologiques innovantes permettant de contribuer à atteindre les objectifs du plan Ecophyto II : réduire de 50 % l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, garantir une meilleure maîtrise de l'ensemble des risques et diminuer la dépendance de l'agriculture à ces produits.

350

**substances actives
différentes** (herbicides,
fongicides, insecticides...)
utilisées dans
l'Union européenne¹.

4

pays les plus
consommateurs
de produits
phytosanitaires
en Europe :
**Espagne, France,
Italie et Allemagne.**

50 %

**de réduction de l'utilisation
des produits phytosanitaires**
fixé par le plan Ecophyto II,
co-piloté par les ministères
de l'agriculture et de
l'environnement.

1- <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/s/pesticides.html>

> LE CHALLENGE ROSE

Le challenge ROSE (RObotique et capteurs au Service d'Ecophyto), financé par l'ANR et l'AFB, a pour objectif d'encourager le développement de solutions innovantes en matière de désherbage intra-rang afin de réduire, voire supprimer, l'usage des herbicides. Quatre projets lauréats de l'appel à projets lancé par l'ANR en juin 2017 sont mis en compétition au cours du challenge dont l'organisation est confiée au consortium LNE/Irstea. Depuis janvier 2018 et ce pendant 4 ans, les équipes se confrontent chaque année à des épreuves sur le terrain. L'efficacité du désherbage, dans le respect des cultures en place, est l'objet des campagnes d'évaluation annuelles menées par le LNE et Irstea sur le site de l'AgroTechnoPôle, dans l'Allier (03).



Dispositif de semis des cultures et adventives destinées à l'évaluation.

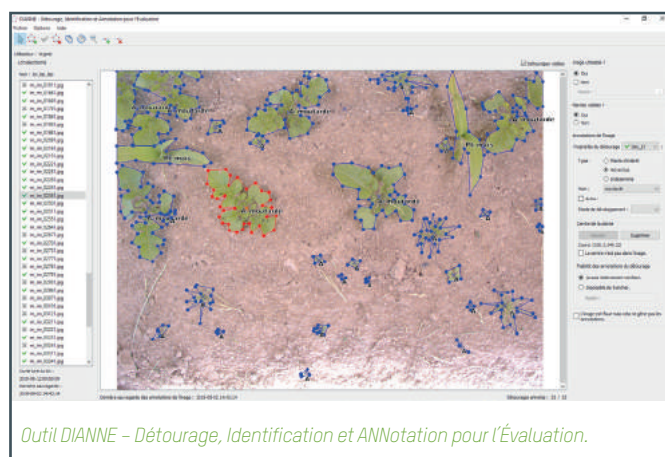
> LE DISPOSITIF OPEROSE

Le dispositif OPEROSE « Organisation oPERationnelle du Challenge ROSE » a pour objectif de mettre en œuvre les actions permettant de comparer objectivement les solutions proposées par les participants au Challenge ROSE.

Quatre phases importantes constituent le dispositif OPEROSE :

- L'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'expérimentation et d'évaluation
- la mise à disposition des outils de comparaison (terrains expérimentaux, données terrains, algorithmes de décision ...);
- la mesure objective des capacités des systèmes à répondre à la chaîne de traitement : détecter - interpréter/décider- agir ;
- l'animation d'une communauté de recherche académique et industrielle pluridisciplinaire.

À l'issue du challenge, outre l'émergence de solutions de désherbage performantes, une méthodologie d'évaluation ainsi qu'une base de données d'images seront partagées et pourront être réutilisées au delà du challenge ROSE par l'ensemble des acteurs développeurs de solutions. La contribution du challenge ROSE à la définition de futurs standards de qualification des technologies de désherbage intra rang à l'échelle internationale constitue aussi un objectif cible.



Outil DIANNE - Détourage, Identification et ANNotation pour l'Évaluation.

FOCUS : qu'est-ce qu'un challenge ?

L'ANR a mis en place l'instrument de financement spécifique Challenge en 2008. Ce dispositif vise à encourager plusieurs équipes à travailler simultanément sur une même problématique en cherchant des solutions nouvelles pour y répondre. Il s'agit de stimuler la créativité, d'inciter les chercheurs à confronter leurs idées et de favoriser l'établissement de standards pour comparer différentes approches. Sur une même question scientifique, plusieurs équipes sont ainsi sélectionnées et financées pour développer des solutions innovantes et les tester à intervalles réguliers lors de campagnes d'expérimentations conjointes, dans un esprit alliant coopération et compétition.



Dispositif de captation de données agroenvironnementales.

Le challenge en chiffres

4

projets de recherche financés pour développer des solutions de désherbage intra-rang

4

campagnes sur le terrain

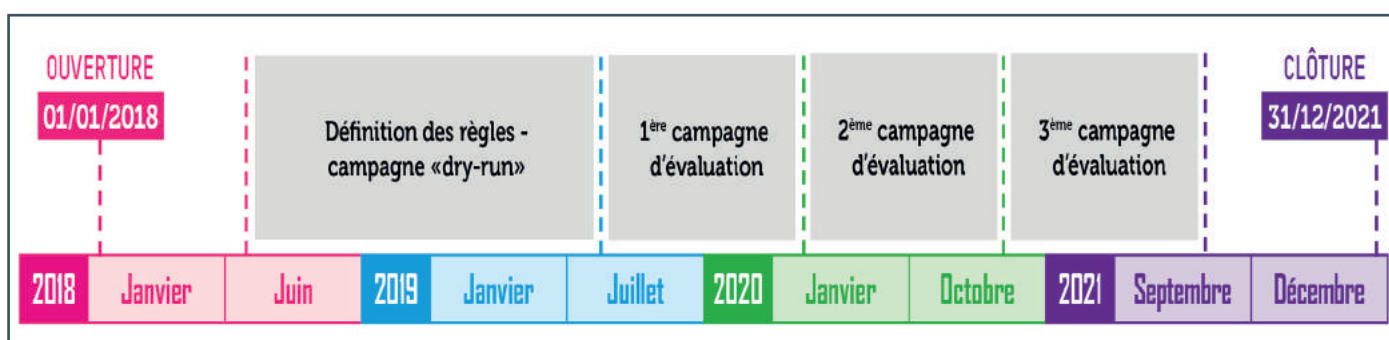
4

hectares dédiés aux expérimentations

2

millions d'euros attribué par l'ANR pour financer le fonctionnement des 4 équipes

> CALENDRIER DES ÉTAPES CLÉS



La première année (2018) a été consacrée à la campagne d'évaluation dite « dry-run » du challenge, pour définir le plan d'évaluation du challenge, en quelque sorte les « règles du jeu » des épreuves d'évaluations. Deux rencontres terrain ont notamment permis aux équipes d'éprouver leur prototype dans les conditions qui seront mises en œuvre au cours des campagnes d'évaluation.

Les critères d'évaluation, fixés par le Challenge ROSE sont les suivants :

- Le niveau atteint de réduction de l'utilisation des herbicides et de l'ensemble des produits phytopharmaceutiques ;
- Les coûts (temps de travail/rendement de chantier/consommation énergétique/charges opérationnelles totales) ;
- L'acceptabilité de la solution par les utilisateurs ;
- L'état sanitaire général de la culture et le maintien du rendement des cultures ;
- L'intégrité de l'environnement ;
- Les risques d'exposition pour l'utilisateur ou les riverains lors de l'utilisation et l'entretien des outils.



Évaluation de la tâche action : mise en place des marqueurs de cultures et adventices et évaluation résultats

> LES 4 ÉQUIPES EN COMPÉTITION

Équipe BIPBIP

Ctifl



ELATEC
concepteur - constructeur



université
de BORDEAUX

ims
BORDEAUX

Bordeaux INP
AQUITAINE



LARRÈRE
AGRICULTURE DURABLE

Le projet BIPBIP propose de développer une solution mécanique pour le désherbage intra-rang de cultures maraîchères et de grandes cultures au stade précoce. Cette solution repose sur un bloc-outil de binage autoguidé par imagerie et télémétrie, couvrant un rang de culture.

Il s'appuie sur un système de vision fournissant les positions des cultures, transmises à un système décisionnel contrôlant un dispositif mécanique réalisant le désherbage proprement dit.



Prototype du consortium BIPBIP en action (Évaluations septembre 2019).

Équipe PEAD



Carbon Bee



xlim

Le projet PEAD vise à développer une solution robotisée autonome pour un binage systématique des cultures, en inter et intra-rangs, avec l'ambition de réduire de 100% l'apport des herbicides liés aux cultures.

Ce projet soulève des verrous scientifiques importants liés, d'une part, à la robustesse et à la précision de détection des plants et des adventices ; et d'autre part, à la régularité d'intervention dans des conditions variables d'observabilité, de variabilité des adventices, de stades de développement, de conditions environnementales et de sol. Ce projet vise également la collecte de données à long

terme pour la construction de cartographies multi-échelle, qui pourraient servir à une meilleure gestion durable de la flore adventice et des évolutions des cultures.



Prototype du consortium PEAD en action (Évaluations septembre 2019).

Équipe ROSEAU



Agroécologie
Dijon
Unité de Recherche

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

irseem
EA 4353

ESIGELEC II

SITIA
APPLIED INNOVATION

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRES D'AGRICULTURE
BRETAGNE

Le projet ROSEAU réunit plusieurs partenaires qui travaillent à la création d'outils réalisant des opérations de désherbage sur le rang en s'appuyant sur des robots et caméras pour distinguer les plantes d'intérêt des mauvaises herbes et optimiser les interventions de désherbage.

Le projet se base sur l'utilisation d'un robot agricole multi-usage conçu par la société Sitia, porteuse du

projet, et intègre des solutions de perception, d'interprétation et d'action développées avec ses partenaires dans l'objectif de fournir une action contrôlée.



Prototype du consortium ROSEAU en action (Évaluations septembre 2019).

Le projet WEEDELEC est porté par un consortium composé de cinq partenaires académiques et professionnels. Celui-ci propose une alternative au désherbage global chimique combinant l'utilisation d'un drone pour détec-

ter les mauvaises herbes, couplé à une solution robotisée terrestre procédant au désherbage par utilisation de l'énergie électrique sous haute tension.



Prototype du consortium WEEDELEC en action (Évaluations septembre 2019).

> LA PAROLE AUX ÉQUIPES

- 1 *Quelle est la solution technique envisagée, et pourquoi celle-là ?*
- 2 *Quels freins/leviers déjà identifiés ?*

- 3 *Qu'est-ce que votre technique pourrait apporter de plus par rapport à ce qui existe déjà commercialement ?*

BIPBIP : Bloc-outil et Imagerie de Précision pour le Binage Intra-rang Précoce

- 1 *La solution BIPBIP consiste en un bloc-outil robotisé dédié au désherbage intra-rang d'une ligne unique de culture. Elle s'appuie :*
 - sur un système de vision et d'intelligence artificielle dédié à l'observation et à la reconnaissance en temps réel des cultures,
 - un système électro-mécanique de binage avec outils interchangeables permettant d'intervenir sur différentes cultures aux stades les plus précoces,
 - un système de commande établissant la stratégie de désherbage afin d'adresser la triple contrainte d'efficacité de désherbage, de respect des cultures et de débit chantier.

“ La solution BIPBIP consiste en un bloc-outil robotisé dédié au désherbage intra-rang d'une ligne unique de culture. ”

- 2 *La principale contrainte réside dans le compromis à assurer entre un débit chantier raisonnable et une précision de travail centimétrique.*

La solution envisagée mise sur une compacité maximale du système de binage, une maîtrise totale de la posture du bloc-outil sur la planche maraîchère et une stratégie de détection visant à identifier précisément l'architecture et la posture des plants de cultures. En outre, les choix réalisés (conception entièrement électromécanique, encombrement mini-



Prototype du consortium BIPBIP en action (Évaluations septembre 2019).

mal, consommation maîtrisée) laissent envisager la possibilité d'embarquer le bloc-outil sur une plateforme autonome permettant de garantir un débit chantier suffisant.

- 3 *La solution envisagée se démarque de l'existant à différents points de vue :*
 - elle s'adresse au désherbage sur le rang de très jeunes plantules (1 à 4 semaines), avec un faible écartement sur le rang (5 à 15 cm),
 - de conception modulaire, le bloc-outil pourra être utilisé seul ou en association à d'autres modules identiques afin de traiter en parallèle les différentes lignes d'une ou plusieurs planches maraîchères
 - le développement n'est pas axé sur le porteur mais sur le bloc-outil lui-même, embarquable sur différents engins. Ce choix, pragmatique, vise à faciliter le déploiement de la solution et son adoption par la profession.

PEAD : Perception Et binage Autonome des cultures en agriculture Durable

1 La solution envisagée par le projet PEAD est un binage robotisé autonome intégrant des techniques innovantes de perception et d'IA (apprentissage), avec le développement d'un outil mécanique adapté pour le binage autonome. Elle s'appuie sur l'optimisation d'une plateforme mécanique (légère, faible tassement, vitesse élevée, sécurisation matériel...) et l'intégration de capteurs et d'algorithmes de détection et de mobilité autonome, tout en maximisant les possibilités d'intervention sur différents stades des cultures semées (intervention nocturne, fenêtres météorologiques plus larges...), et en intervenant sur des cultures variées (tournesol, maïs, betteraves, légumes...). La solution visée permettrait de réduire l'apport de phytosanitaires et de maximiser le confort de l'utilisateur.

La solution envisagée par le projet PEAD est un binage robotisé autonome intégrant des techniques innovantes de perception et d'IA (apprentissage), avec le développement d'un outil mécanique adapté pour le binage autonome.

2 Deux principaux freins/leviers ont été identifiés et sont prévus dans le projet :

■ la complexité et la robustesse de différenciation plant/adventice avec une variabilité importante



Prototype du consortium PEAD en action (Évaluations septembre 2019).

des conditions d'acquisition des données et des stades de développement des cultures.

■ l'intervention à des vitesses élevées (>3km/h) qui nécessite une prise de décision et une action très rapides en considérant les très faibles écarts intra-rangs et la variabilité des cultures.

3 Les solutions commerciales existantes sont principalement de 2 types : des bineuses robotisées mais qui ne s'appliquent que sur des végétaux plantés et pas (ou peu) en intra-rangs, et des outils attelés au tracteur pour biner l'intra-rang. La solution proposée et visée par le projet PEAD couple perception, décision et action pour une intervention autonome sur l'inter-rang et l'intra-rang à des vitesses supérieures à 3km/h, sur des cultures variées et dans des conditions environnementales variables.

WEEDELEC : Robot de désherbage par procédé électrique haute tension

1 La solution de destruction retenue est la destruction par arc haute tension piloté.

Elle n'utilise pas de pesticides et elle est la seule solution qui détruit partie racinaire et partie aérienne de la plante sans impacter les semis. Cette solution a déjà été validée par Irstea dans le cadre du projet Européen patchwork et fait aujourd'hui l'objet d'avancées scientifiques notables qui permettent d'améliorer l'efficacité et l'application d'un signal singulier pour chaque herbe.

Concernant la partie détection, nous utilisons la détection/identification des adventices, par l'imagerie hyper-spectrale et couleur, et des techniques associées de chimiométrie et d'apprentissage profond. Les avancées scientifiques sont constantes en Deep learning et permettent une discrimination précises des herbes.

Elle n'utilise pas de pesticides et elle est la seule solution qui détruit partie racinaire et partie aérienne de la plante sans impacter les semis.

2 Pour la destruction, la mise en œuvre des techniques électroniques et l'aspect sécurité opérateur et robot.



Prototype du consortium WEEDELEC en action (Évaluations septembre 2019).

Pour la partie détection, la diversité de milieu et condition de prise d'image en extérieur.

Le poids des calculs et mémoire à mettre en jeu est un verrou en cours de solution pour utiliser les techniques en embarqué.

3 La Technique Haute tension pilotée est propre et la seule totale (racine et aérienne).

Elle est sélective et précise.

Toutes les autres techniques ne détruisent que la partie aérienne des plantes.

Les techniques de deep learning se démocratisent et font l'objet de nombre de recherches pour les applications grand public (identification, facies etc.) en développement libre et offrent des avancées pour la détection et l'identification des herbes.

ROSEAU : Robotics Sensorimotor loops to weed Autonomously

1 La solution technique est un robot polyvalent et innovant qui travaille le sol en répondant aux enjeux de compétitivité, de protection de l'environnement et d'amélioration de qualité de vie des exploitants en effectuant des tâches pénibles.

C'est un système de solution robotisé modulaire (utilisable en plein champ, maraichage et vignes) et automatisable (planification de mission, localisation GPS et Lidar/Camera). Le robot s'adapte au terrain et aux tâches qui lui sont confiées. Ici, sur le projet ROSEAU, il est utilisé dans un contexte de désherbage en plein champs.

L'objectif du projet pour l'équipe ROSEAU est l'optimisation à tous les niveaux du désherbage :

- Optimisation énergétique et chimique : par l'utilisation au plus près des plantes, d'outils mécaniques inter rang et d'optimisation de pulvérisation par une action chimique localisée, uniquement sur les adventices (« mauvaises herbes »), dans l'intra-rang.
- Optimisation des gestions de passage de robots en fonction de la météo et des poussées d'adventices
- Optimisation par anticipation en simulant une parcelle réelle par une parcelle virtuelle afin de prédire et planifier les actions.

L'identification des plants d'intérêt et des adventices est basée sur des solutions d'apprentissage qui utilisent des données ayant pour source d'acquisition une caméra multispectrale.

“ C'est un système de solution robotisé modulaire (utilisable en plein champ, maraichage et vignes) et automatisable (planification de mission, localisation GPS et Lidar/Camera). ”



Prototype du consortium ROSEAU en action (Évaluations septembre 2019).

2 Aujourd'hui, les actions de désherbage mécaniques et chimiques optimisées fonctionnent mais doivent être industrialisées.

Un des verrous actuels est l'utilisation des algorithmes de perception dans un contexte terrain et en temps réel. Aujourd'hui le temps de traitement ne permet pas une action simultanée entre la perception et l'action de traitement.

Cependant d'ici deux ans nous avons bon espoir d'être capable d'identifier et de traiter les adventices simultanément.

3 Cette innovation robotique est une machine intelligente capable de travailler en autonomie sur une large variété de cultures.

Elle a été pensée par et pour les agriculteurs alliant vitesse de travail élevée (1 m/sec, 15 m/sec) et autonomie énergétique conséquente (12 à 24 h) grâce à sa technologie hybride.

C'est un réel assistant de travaux pénibles, s'adaptant à des conditions difficiles, visant l'amélioration de la qualité de vie des exploitants.

Elle répond également aux problématiques de protection de l'environnement en réduisant considérablement la quantité d'herbicides sur les exploitations grâce à une action localisée.



Évaluation de la tâche action : mise en place des marqueurs de cultures et adventices et évaluation résultats.

LES FINANCEURS

> ANR - Agence nationale de la recherche



L'Agence nationale de la recherche (ANR) est l'agence de financement de la recherche sur projets en France. Établissement public placé sous la tutelle du ministère chargé de la Recherche, l'Agence a pour mission de financer et de promouvoir le développement des recherches fondamentales et finalisées, l'innovation technique et le transfert de technologies, ainsi que les partenariats entre équipes de recherche des secteurs public et privé tant sur le plan national, européen qu'international. L'ANR est aussi le principal opérateur des programmes d'investissements d'avenir (PIA 1, 2 et 3), dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche pour lesquels elle assure la sélection, le financement et le suivi des projets couvrant notamment les actions d'initiatives d'excellence, les infrastructures de recherche et le soutien aux progrès et à la valorisation de la recherche.

L'ANR est certifiée ISO 9001 pour l'ensemble de ses processus liés à la «sélection des projets».

> AFB - Agence Française pour la Biodiversité



L'Agence française pour la biodiversité est un établissement public du ministère de la Transition Écologique et Solidaire. Elle exerce des missions d'appui à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de la connaissance, la préservation, la gestion et la restauration de la biodiversité des milieux terrestres, aquatiques et marins. Elle vient en appui aux acteurs publics mais travaille également en partenariat étroit avec les acteurs socio-économiques. Elle a aussi vocation à aller à la rencontre du public pour mobiliser les citoyens en faveur de la biodiversité.



LES PARTENAIRES

> LNE - Laboratoire national de métrologie et d'essais



Le LNE, laboratoire national de référence, pour l'industrie, en matière de métrologie a pour mission d'accompagner les entreprises dans leur démarche d'innovation et anticiper les besoins nouveaux en matière de mesures et d'essais liés aux évolutions technologiques et aux attentes nouvelles de la société dans les domaines de la sécurité, de la santé, de la qualité et de la protection de l'environnement.

Depuis 2008, le LNE, en tant que tiers de confiance, réalise des évaluations ouvertes dans le domaine de l'intelligence artificielle.



L'AgroTechnoPôle est porté par les acteurs de la recherche, de l'innovation et de l'enseignement

de la région Auvergne-Rhône-Alpes et il s'inscrit dans l'1-Site CAP 20-25. Il s'agit d'une plateforme partenariale de recherche et d'innovation technologique pour l'agriculture au service du monde industriel (constructeurs, équipementiers). Le site de Montoldre constitue le site privilégié d'expérimentations de l'AgroTechnoPôle. Grâce à ses partenaires (laboratoires, sociétés innovantes), l'AgroTechnoPôle porte une offre de services unique en terme de Recherche / Ingénierie / Essais / Formation dans le domaine des agrotechnologies, notamment orientée vers la robotique agricole, la fertilisation et le semis, l'impact des machines sur les sols et l'agriculture numérique.

> Irstea - Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture



Irstea est placé sous la double tutelle des ministères en charge de la Recherche et de l'Agriculture. Il concentre ses recherches sur l'eau, les écotecnologies et l'aménagement des territoires. Sur un modèle de recherche « finalisée », il a pour vocation de répondre aux enjeux environnementaux et sociétaux d'aujourd'hui et de demain. Il est labellisé « Institut Carnot » depuis 2006.

Le centre Irstea de Clermont-Ferrand et plus particulièrement l'Unité de recherche « Technologies et Systèmes d'information pour les Agrosystèmes TSCF » conduit des activités de recherche, d'expertise et d'essai sur 3 thèmes forts : Robotique agricole, Agriculture numérique, Technologies pour l'épandage en s'appuyant principalement sur les sciences pour l'ingénieur et les sciences et technologies de l'information et de la communication.

Le 1^{er} janvier 2020, l'Inra et Irstea seront réunis dans un institut unique, l'INRAE, pour porter une ambition renouvelée en recherche, innovation, expertise et appui aux politiques publiques pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

www.irstea.fr - @irstea

CONTACTS

COORDINATEURS

Irstea - Daniel Boffety
daniel.boffety@irstea.fr

LNE - Virginie Barbosa
virginie.barbosa@lne.fr