ecorobotix

Guide de pulvérisation Ultra-High Precision

Guide d’utilisation technique



Table des matières

1. Introduction 3
   1.1. Avant-propos 4
   1.2. Désherbage 5
   1.3. Pulvérisation en plein 7
   1.4. Pulvérisation de précision 8
   1.5. Ecorobotix Ultra-High Precision (UHP) 9
   1.6. ARA, le pulvérisateur Ultra-High Precision 14
2. Comment intégrer mon UHP dans ma stratégie de désherbage ou soin à la culture ? 15
   2.1. Modes d'application 16
3. Les règles d'OR 19
   3.1. Vérifier le stade de développement de la culture 21
   3.2. Adaptez l'UHP à la densité d'adventices 22
   3.3. Définir le volume cible 23
   3.4. Choisir l'herbicide et son dosage 24
   3.5. Définir la zone de sécurité 25
4. Intégration et préparation du mélange de pulvérisation 27
   4.1. Intégration de l'UHP dans le programme de conduite de culture 28
   4.2. Préparation du mélange de pulvérisation 29
5. Retour d'expérience 30
   5.1. Gebr. de Zeeuw, Pays-Bas 31
   5.2. SCEA La Madrague, France 32
   5.3. Sarl Pavillard, Suisse 33
   5.4. Hannes Besenthal, Allemagne 34
   5.5. VCS AGRONOMY, Royaume-Uni 35
   5.6. S.C.A. PRIMACOOP, France 36

ecorobotix

Guide de la pulvérisation Ultra-High Precision

1. Introduction

1.1. Avant-propos

Pourquoi ce guide ?

Ce guide a pour objectif de présenter la pulvérisation Ultra-High Precision et d'expliquer en quoi cette technologie constitue une avancée majeure pour l'agriculture moderne. Vous y découvrirez les problématiques que l'Ultra-High Precision permet de résoudre, les bénéfices concrets qu'elle apporte dans la gestion des adventices, ainsi que les résultats agronomiques obtenus grâce à ARA.

Il détaille également les cinq règles d'or de l'Ultra-High Precision, essentielles pour garantir une utilisation optimale. Vous y trouverez des recommandations pratiques pour préparer vos missions de pulvérisation, ainsi que des exemples issus du terrain démontrant les avantages techniques et économiques de cette approche.

Qui est Ecorobotix?

Ecorobotix est une entreprise suisse qui s'appuie sur plus de dix ans d'expérience dans l'application de l'intelligence artificielle à l'agriculture. Aujourd'hui, elle s'impose comme le leader mondial de la pulvérisation Ultra-High Precision. Ses solutions permettent aux agriculteurs de réduire leurs coûts, d'améliorer l'efficacité de leurs traitements et d'optimiser leurs rendements.

Grâce à la combinaison unique de l'Ultra-High Precision et de l'intelligence artificielle, chaque goutte de produit est appliquée avec une précision extrême. Cette maîtrise réduit l'impact environnemental tout en renforçant la productivité des cultures.

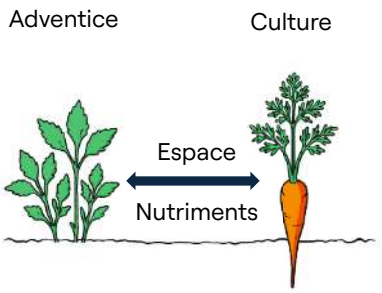
+ 160 000 ha d'oignons désherbés
vec notre technologie Ultra-High Precision dans le monde entre 2021 et 2025.



1.2. Désherbage

Principes

Pourquoi désherber?



Le désherbage est une étape essentielle de l'itinéraire technique, car il permet de maîtriser les mauvaises herbes, ces plantes indésirables qui entrent en concurrence directe avec la culture. Leur présence n'est jamais anodine : elle réduit le rendement, altère la qualité de la récolte et diminue la rentabilité.

Sans intervention, les adventices prélèvent l'eau, la lumière et les nutriments essentiels, en particulier aux premiers stades de croissance, période durant laquelle la culture est la plus vulnérable. Certaines espèces peuvent également favoriser l'apparition de maladies ou compliquer la récolte en ralentissant son déroulement.

Ainsi, le désherbage constitue une opération clé pour assurer le bon développement de la culture et maintenir la performance globale du système de production.

Comment désherber?

L'efficacité du désherbage dépend à la fois de la stratégie retenue et des technologies disponibles sur l'exploitation. Les coûts et les contraintes de mise en œuvre varient selon les méthodes, et aucune approche, utilisée seule, ne permet de maîtriser durablement les adventices.
En réalité, c'est l'association de plusieurs techniques qui garantit un contrôle efficace et durable de la pression en mauvaises herbes.

Manuel	Arracher les mauvaises herbes manuellement ou à l'aide d'outils. Une méthode précise, mais très exigeante en temps et en main-d'œuvre.
Mécanique	Utilisation d'outils qui coupent, arrachent ou enfouissent les adventices. Méthode efficace, mais dont l'efficacité dépend des conditions de sol et du stade de développement des mauvaises herbes.
Chimique	Application de substances qui agissent sur les fonctions vitales des plantes indésirables et provoquent leur dégénérescence. Méthode rapide et efficace, mais soumise à des contraintes environnementales et
Thermique	Destruction des tissus végétaux par la chaleur (flamme, laser, eau chaude ou huile chaude). Cette méthode réduit l'usage de produits chimiques, mais nécessite une consommation énergétique élevée.

Challenges

Les différentes solutions de désherbage offrent des niveaux d'efficacité variables. Chacune a sa place dans l'agriculture moderne, mais elles présentent également des contraintes et des limites qu'il est important de connaître pour planifier efficacement les interventions.

Désherbage manuel



- Coût de main-d'œuvre élevé
- Difficultés de recrutement
- Travail exigeant et chronophage

Désherbage chimique



- Impact environnemental et sanitaire
- Efficacité variable et/ou apparition de résistances
- Contraintes réglementaires croissantes
- Stress phytotoxique sur la culture

Désherbage mécanique



- Fenêtres d'intervention limitées
- Précision moyenne
- Perturbation du sol
- Renouvellement du stock semencier

Désherbage thermique



- Fenêtres d'intervention limitées
- Faible débit de chantier
- Coûts élevés
- Consommation énergétique importante

1.3. Pulvérisation en plein



Avantages

La pulvérisation reste aujourd'hui la méthode la plus utilisée pour lutter contre les adventices en agriculture conventionnelle. Elle permet d'appliquer des produits phytosanitaires de manière rapide et efficace. Elle présente plusieurs atouts majeurs qui expliquent son adoption généralisée.

Efficient	Versatile	Flexible	Economique
Vitesse et efficacité.	Désherbage et soin à la culture.	Moins sensible aux conditions météorologiques.	Faibles coûts de fonctionnement.

Limites

Bien qu'efficace et largement répandue, la pulvérisation présente des limites importantes.

1) Elle reste fortement dépendante des intrants chimiques, dont une part significative se disperse dans l'environnement. Cette dérive contribue à des impacts écologiques et sanitaires, de plus en plus critiqués par l'opinion publique.
2) Sur la culture, le contact avec la matière active peut entraîner un stress phytotoxique, ralentir la croissance et diminuer le rendement ainsi que la qualité de la récolte.
3) Les producteurs doivent également faire face à deux enjeux majeurs : le retrait progressif ou la restriction de nombreuses moléculescréant des impasses techniques, et l'apparition de résistances qui réduisent l'efficacité des produits disponibles.

Malgré ces inconvénients, la pulvérisation reste souvent la solution de référence faute d'alternative économiquement viable. Elle doit désormais être utilisée de manière plus précise et raisonnée.

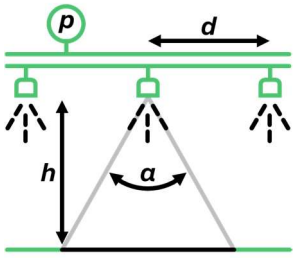
Impact environmental	Contraintes techniques	Stress phytotoxique	Pression sociétale
Consommation élevé et dérive des intrants chimiques.	Retrait progressif de molécules et résistances croissantes	Risques pour la culture, rendement et qualité affectés.	Pratiques de pulvérisation de plus en plus questionnées.

1.4. Pulvérisation de précision



Et s'il était possible de conserver les avantages de la pulvérisation tout en en réduisant les limites

La pulvérisation de précision répond à cette problématique en permettant d'appliquer les produits phytosanitaires uniquement là où ils sont réellement nécessaires. On parle également de pulvérisation localisée ou de *spot spraying*.



Un « spot » correspond à une zone ciblée au sol qui reçoit le produit. Sa taille dépend de plusieurs paramètres : l'angle de pulvérisation **(α)** et la pression **(p)**, la hauteur de la rampe **(h)** et l'espacement entre les buses **(d)**. Dans le sens d'avancement, la longueur du spot est déterminée par le temps d'ouverture des électrovannes et par la vitesse du tracteur.

En pratique, différentes technologies utilisent ce principe pour réaliser une pulvérisation de précision

Certaines reposent sur une cartographie préalable, par exemple à l'aide de drones, qui identifient les zones infestées et génèrent des cartes de traitement ensuite utilisées par le pulvérisateur. Cette approche permet de cibler les applications, mais présente des limites techniques.

D'autres technologies fonctionnent en détection temps réel, grâce à des capteurs optiques qui analysent la végétation et activent les buses selon des seuils prédéfinis. Ces systèmes réduisent l'utilisation de produits phytosanitaires, mais la taille des zones traitées reste importante, ce qui ne permet pas de cibler chaque adventice individuellement. Différents niveaux de précision existent selon les capteurs embarqués, les types de buses et leur espacement.

C'est précisément à ce stade que l'Ultra-High Precision développée par Ecorobotix marque une rupture. Là où les autres technologies traitent encore par zones plus ou moins larges, l'Ultra-High Precision permet de descendre à quelques dizaines de centimètres carrés, rendant possible le ciblage individuel de chaque mauvaise herbe.

1.5. Ecorobotix Ultra-High Precision (UHP)



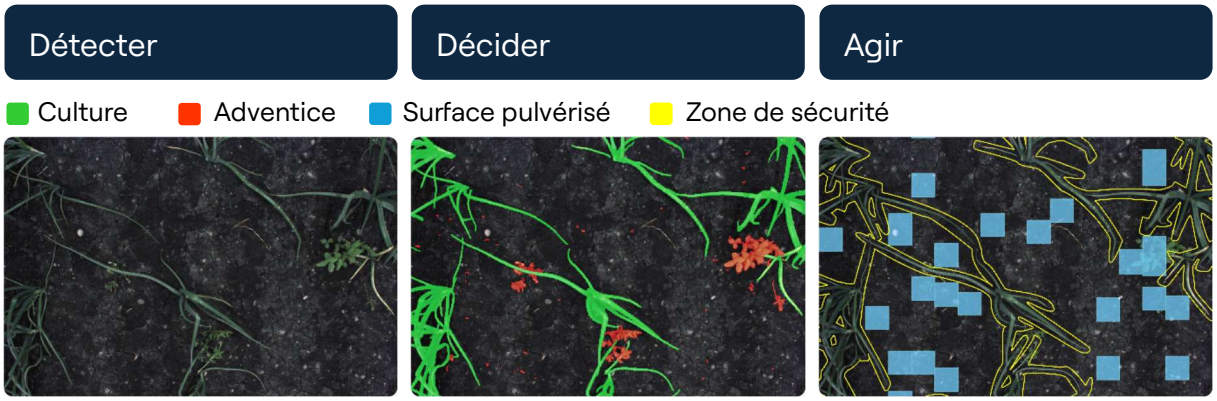
Réduire les produits phytosanitaires, oui, mais en conservant l'efficacité

La pulvérisation de précision permet de diminuer l'usage de produits phytosanitaires, mais sa résolution reste trop limitée pour éviter que la culture ne soit également touchée, créant ainsi un risque de phytotoxicité. Son manque de précision rend également impossible l'utilisation de molécules naturelles, alternatives ou non sélectives, pourtant de plus en plus nécessaires face au retrait progressif de nombreuses substances du marché. Une solution véritablement innovante est donc nécessaire.

Qu'est ce que l'Ultra-High Precision (UHP)?

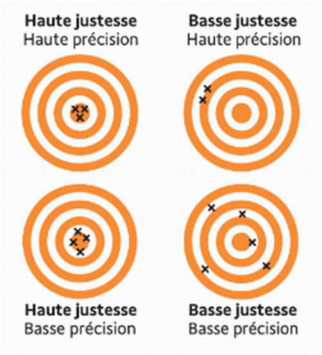
L'Ultra-High Precision apporte cette innovation. Elle permet aux agriculteurs d'appliquer une large gamme de produits phytosanitaires, y compris des herbicides non sélectifs, uniquement là où ils sont nécessaires. Sa justesse inégalée garantit une efficacité optimale tout en protégeant la culture.

Contrairement à la pulvérisation de précision classique, l'Ultra-High Precision réduit drastiquement les volumes appliqués, les coûts d'intrants et de main-d'œuvre, et limite fortement la phytotoxicité. Elle dépose la matière active exactement à l'endroit souhaité, ni plus ni moins.



Comment fonctionne l'Ultra-High Precision?

L'Ultra-High Precision (UHP) repose sur quatre piliers fondamentaux qui garantissent que chaque goutte de produit est appliquée exactement là où elle est nécessaire, ni plus, ni moins.



1) **La justesse :** la capacité à placer le jet exactement au centre de la cible.
2) **La précision :** la capacité à répéter de manière constante un jet correctement centré.
3) **La résolution :** définie par l'espacement des buses et le temps d'ouverture des électrovannes ; elle détermine la taille du spot de pulvérisation.
4) **La capacité de détection :** la capacité à identifier et distinguer de manière fiable chaque adventice.

La pulvérisation Ultra-High Precision se distingue par une capacité de détection avancée, une justesse et une précision de pulvérisation élevées, ainsi qu'une résolution de buse importante.

Ci-dessous, un comparatif met en évidence la différence de champ d'action entre les principales technologies : de la pulvérisation conventionnelle à l'Ultra-High Precision.

Cas d'usage		En plein	Précision faible	Haute précision	Ecorobotix UHP
Pulvérisation	**Justesse et précision de pulvérisation**				
	Pulvérise de manière juste et précise dans les buttes	✗	✗	✓	✓✓
Désherbage	**Réduction des produits phytosanitaires**	✗	✓	✓✓	✓✓✓
	Capacité à protéger la culture avec justesse				
	Contrôler les adventices problématiques	✗	✗	✗	✓
	Utiliser des molécules alternatives non sélectives ou d'origine biologique	✗	✗	✗	✓
	Réduire significativement la phytotoxicité sur la culture	✗	✗	✓	✓✓
	Prise de décision basée sur la taille				✓
Soin à la culture	**Réduction des produits phytosanitaires**	✗	✓	✓✓	✓✓✓
	Prise de décision basée sur la taille	✗	✗	✗	✓
Éclaircissage	**Thinning**	✗	✗	✗	✓

Effets et avantages de l'Ultra-High Precision

Réduction de la phytotoxicité



En appliquant l'herbicide de manière ultra-localisée, la matière active a peu ou pas d'effet sur la culture. La réduction des résidus garantit simultanément une récolte plus respectueuse de la santé du consommateur.

Réduction des produits phytosaniraires



En pulvérisant uniquement là où la chimie est réellement nécessaire, et donc efficace, l'utilisation de produits phytosanitaires peut être réduite jusqu'à 95 %, minimisant ainsi l'impact environnemental et sanitaire.

Gain en efficacité



L'UHP cible directement les mauvaises herbes, de sorte que la juste quantité de produit atteint la plante, réduisant les pertes dues à la dérive ou à l'évaporation et améliorant l'efficacité du contrôle.

Réduction du travail manuel



L'UHP permet l'utilisation d'herbicides non sélectifs et de solutions alternatives, assurant un contrôle efficace même contre les adventices résistantes, tout en évitant le recours au désherbage manuel.

Alternative à la chimie



La pulvérisation UHP permet d'utiliser des produits phytosanitaires non sélectifs d'origine naturelle dans des cultures établies, offrant une alternative lorsqu'aucune molécule de synthèse n'est disponible sur le marché.

Avantage réglementaire



Accès à des certifications exigeantes telles que « Zéro Résidu » et possibilité de bénéficier de subventions environnementales liées à la réduction des intrants. Renforce la valeur de la production tout en améliorant la rentabilité de l'investissement.

Résultats agronomique

Efficacité du traitement

L'UHP assure un contrôle maximal des mauvaises herbes. Dans l'exemple, des amarantes à sept feuilles sont détruites dix jours après le traitement UHP.



Figure 1 – Comparaison d'amarantes à 7 feuilles
Anne et al., 2024, Frontiers

Vigueur de la culture

Les cultures traitées avec l'UHP présentent une vigueur supérieure à celle obtenue avec un traitement conventionnel. Cette différence s'explique par la réduction de la phytotoxicité causée par les produits herbicides, rendue possible grâce à l'application ultra-localisée.

Cette image compare deux parcelles de haricots dans le même champ : à gauche, le traitement UHP ; à droite, le traitement en plein.



Figure 2 – Comparaison de parcelles de haricots

Quantité de récolte

La combinaison d'une meilleure efficacité de traitement et d'une culture moins stressée se traduit par une augmentation mesurable des rendements. Des hausses de rendement allant jusqu'à 15 % ont été observées selon les conditions culturales.

Effet des stratégies de désherbage sur le rendement, essais Ecorobotix, 2025

Carotte, 2025

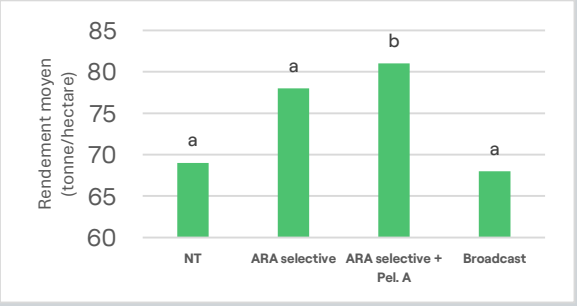


Figure 3 – Rendements comparatifs en carottes, p = 0,0312, test de Tukey, les lettres indiquent les différences statistiques

Onion, 2025

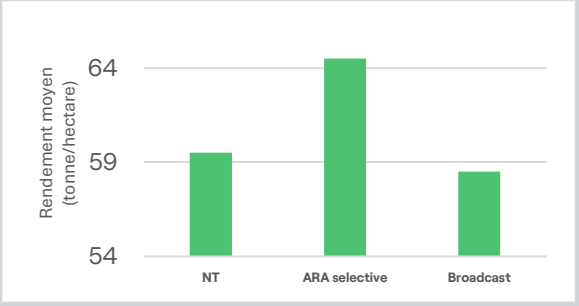


Figure 4 – Rendements comparatifs en oignons, Tendance à l'augmentation du rendement

Légende : **NT** = non traité ; **Pel A** = traitement à l'acide pélargonique avec ARA ; **ARA sélectif** = traitement sélectif avec ARA ; **Broadcast** = traitement sélectif avec pulvérisateur conventionnel

Qualité de récolte

Une combinaison gagnant-gagnant : une qualité supérieure pour le producteur comme pour le consommateur.

La pulvérisation localisée contribue à permettre à chaque plante d'exprimer pleinement son potentiel. En réduisant le stress chimique, les cultures poussent de manière plus homogène, se développent plus rapidement et peuvent présenter une teneur nutritive plus élevée. Le résultat est une culture plus saine, plus uniforme, sans résidus de produits phytosanitaires, et une qualité de récolte supérieure.

Un produit sain, exempt de produits phytosanitaires





Une meilleure homogénéité des calibres

Des calibres plus importants

Precocité

Les traitements UHP conduisent souvent à une récolte plus précoce, permettant aux cultures d'atteindre plus rapidement et plus uniformément leur maturité. Cela se traduit par une mise sur le marché anticipée, offrant aux agriculteurs un avantage concurrentiel et l'opportunité d'obtenir de meilleurs prix.

De plus, la récolte peut avoir lieu dans des conditions optimales, réduisant les pertes au champ et garantissant une meilleure qualité du produit.



Figure 5 – Comparaison de parcelles d'endives

1.6. ARA, le pulvérisateur Ultra-High Precision

L'Ultra-High Precision ne se limite pas au désherbage. La même technologie permet d'appliquer, avec une grande justesse, une large gamme de produits phytosanitaires : non seulement des herbicides, mais aussi des fongicides, des insecticides ou des solutions de biocontrôle. Cette polyvalence garantit que chaque produit agit uniquement là où il est nécessaire, tout en réduisant les volumes utilisés.

Cette précision accrue limite la phytotoxicité, préserve la vigueur des cultures et améliore la performance globale des traitements.Dans un contexte de retrait progressif des molécules et de résistances croissantes, l'Ultra-High Precision offre aux producteurs une flexibilité unique pour sécuriser et renforcer leurs itinéraires techniques tout en réduisant leurs coûts



- 156 buses de pulvérisation de haute précision espacées de 4 cm
- Spot de 6 × 6 cm
- Largeur de travail de 6,20 m
- Jusqu'à 4 ha/heure à une vitesse de 7,2 km/h
- Fonctionne de jour comme de nuit
- Voie réglable de 1,5 à 2 m
- Double cuve frontale : 600 L d'eau et 300 L de mélange

Cibler	Traiter	Protéger
L'identification plante-par-plante garantit une détection fiable.	Traite uniquement ce qui est nécessaire, rien de plus.	Préserve la culture et réduit la phytotoxicité.

ecorobotix

Guide de la pulvérisation Ultra-High Precision

2. Comment intégrer mon UHP dans ma stratégie de désherbage ou soin à la culture ?

2.1. Modes d'application

Désherbage

Le désherbage est une étape clé pour garantir à la fois la qualité de la récolte et de hauts rendements. Avec un pulvérisateur UHP, deux stratégies de désherbage peuvent être mises en place :

Stratégie de maintenance

La stratégie de maintenance consiste à maintenir la parcelle propre dès les premiers stades de croissance de la culture. Elle repose sur plusieurs traitements successifs au cours de la saison afin de contrôler en continu les levées d'adventices.

Cette approche permet de conserver une parcelle saine tout en minimisant la phytotoxicité qui serait induite par un traitement conventionnel.

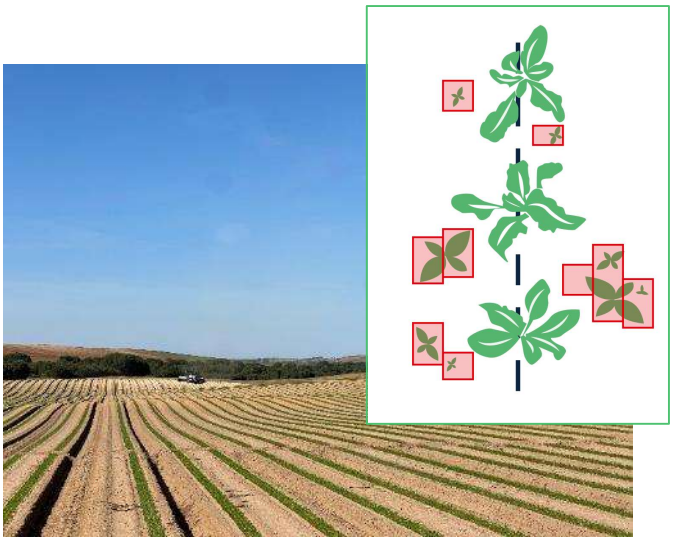


Figure 6 - Traitement de maintenance sur carottes au stade 3 feuilles

Stratégie de rattrapage

La stratégie de rattrapage vise à contrôler les mauvaises herbes qui n'ont pas été éliminées lors d'un premier passage, qu'il soit mécanique ou chimique.

La technologie UHP permet d'intervenir plus tard dans la saison en appliquant un spot-spraying au plus près de la culture tout en la protégeant grâce à une zone de sécurité.

Cette approche rend possible l'utilisation de doses plus élevées ou de produits non sélectifs, garantissant une efficacité élevée même dans une culture déjà bien développée.



Figure 7 - Traitement de rattrapage contre les repousses de pomme de terre dans un champ de carottes.

Soin à la culture

Au-delà du désherbage, l'Ultra-High Precision ouvre de nouvelles perspectives pour le soin à la culture. Elle permet l'application ultra-localisée de produits phytosanitaires sur des plantes sélectionnées, en déposant une large gamme de produits directement sur la culture tout en réduisant la dispersion dans l'environnement.

Fongicides, insecticides, engrais foliaires, biostimulants et biocontrôle

En ciblant uniquement la culture, vous appliquez le produit précisément là où il est nécessaire pour maximiser l'efficacité du traitement.

- Économiser jusqu'à 90 % des produits pulvérisés (selon la taille de la culture)
- Optimiser l'application des engrais et des biostimulants tout en réduisant les coûts d'intrants
- Limiter l'impact environnemental et le lessivage des nutriments dans le sol



Figure 8 - Application d'engrais foliaire uniquement sur les plantes de culture les plus petites

L'avantage d'utiliser ARA pour le soin à la culture réside dans sa capacité à cibler uniquement la plante à traiter, quel que soit son stade de développement ou le problème rencontré. Grâce à la technologie UHP, aucun produit n'est gaspillé en dehors de la cible, ce qui maximise l'efficacité de l'application.

Éclaircissage

Au-delà du désherbage et des applications de soin à la culture, l'Ultra-High Precision ouvre de nouvelles perspectives pour l'éclaircissage. Cette pratique consiste à réduire le nombre de plantes en excès dans un rang semé afin d'obtenir un espacement et une densité optimaux.



Figure 9 - Laitue non éclaircie



Figure 10 - Laitue éclaircie

Objectifs principaux de l'éclaircissage :

1) **Optimiser l'espacement et la densité** : Pour maximiser le rendement commercialisable en favorisant un développement uniforme et une qualité visuelle des produits
2) **Réduire** le **travail manuel**

Les paramètres d'éclaircissage dépendent de plusieurs facteurs, tels que le stade de développement de la culture, la distance de semis, la présence de multi-plants et les objectifs agronomiques.

Ci-dessous, un tableau de recommandations de paramètres :

	Recommandation principale	Alternatives
Espacement optimal	Selon la distance de semis et les objectifs de densité	
Espacement minimal	-20 % de l'espacement optimal convient à la plupart des situations	Un espacement minimal plus faible offre davantage de flexibilité pour optimiser la densité
Zone de sécurité	2 cm de zone de sécurité convient à toutes les situations	< 2 cm de zone de sécurité offre plus de précision mais peut induire une légère phytotoxicité
Élimination des multiplants	**[Désactivé]** convient à toutes les situations	**[Activé]** élimine la majorité des plantes qui se chevauchent
Stade de développement de la culture	Laitue BBCH 10 - 12	Laitue BBCH 12+ selon la distance de semi
	Brassica BBCH 10 - 11	Brassica BBCH 11+ selon la distance de semis
Vitesse	4 km/h convient à toutes les situations	Jusqu'à 5.5 km/h pour des schémas de semis plus larges (ex. espacement de 10cm)

ecorobotix

Guide de la pulvérisation Ultra-High Precision

3. Les règles d’OR

Ce chapitre fournit des recommandations pratiques pour tirer le meilleur parti de votre pulvérisateur UHP. Il rassemble les points clés à prendre en compte, des conseils d'utilisation et des recommandations techniques pour vous aider à intégrer efficacement la technologie Ultra-High Precision dans votre programme de désherbage.

Au-delà des paramètres techniques, l'objectif est de garantir des résultats réguliers au champ, en optimisant l'efficacité des traitements tout en protégeant vos cultures. En suivant ces bonnes pratiques, vous maintiendrez des performances fiables et profiterez pleinement de la précision qui caractérise l'UHP.

Il est donc fortement recommandé de respecter attentivement les principes décrits ci-dessous.



Vérifier le stade de développement de la culture

Assurez-vous que la culture n'est pas trop jeune et que les conditions permettent une détection fiable par la machine.



Adaptez l'UHP à la densité d'adventices

Identifiez le type et la densité de mauvaises herbes présentes dans la percelle afin d'ajuster votre stratégie de traitement en conséquence.



Définir le volume cible

Déterminez la quantité de produit à appliquer par hectare, en fonction du stade de développement et de la sensibilité des adventices.



Choisir l'herbicide et son dosage

Sélectionnez l'herbicide approprié et son dosage selon vos objectifs et les espèces ciblées.



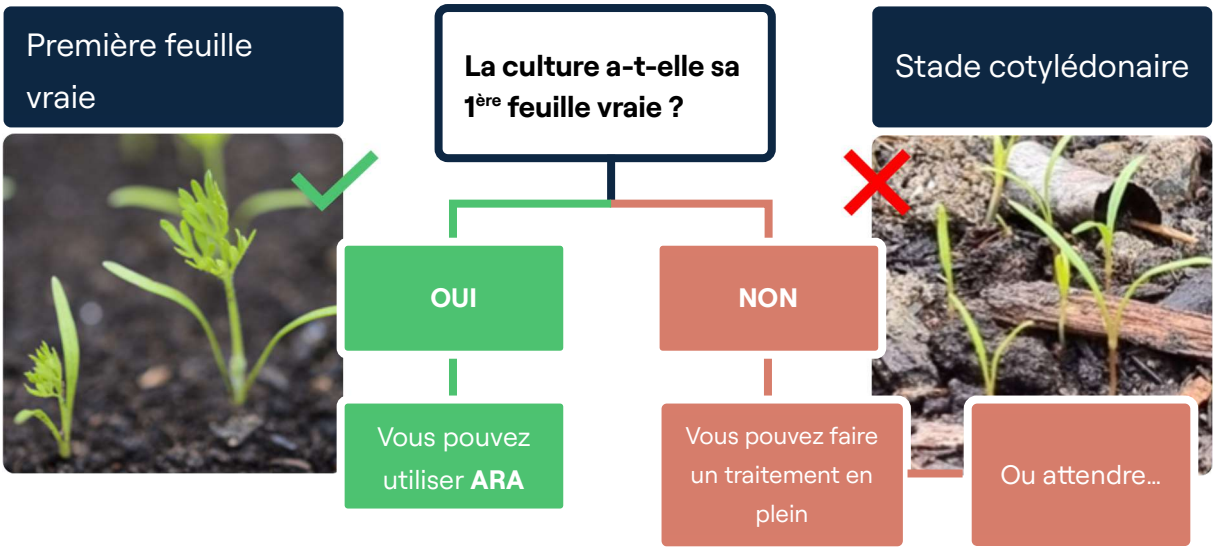
Définir la zone de sécurité

Ajustez la zone de sécurité autour de la culture au minimum nécessaire, en fonction de vos objectids de désherbage.

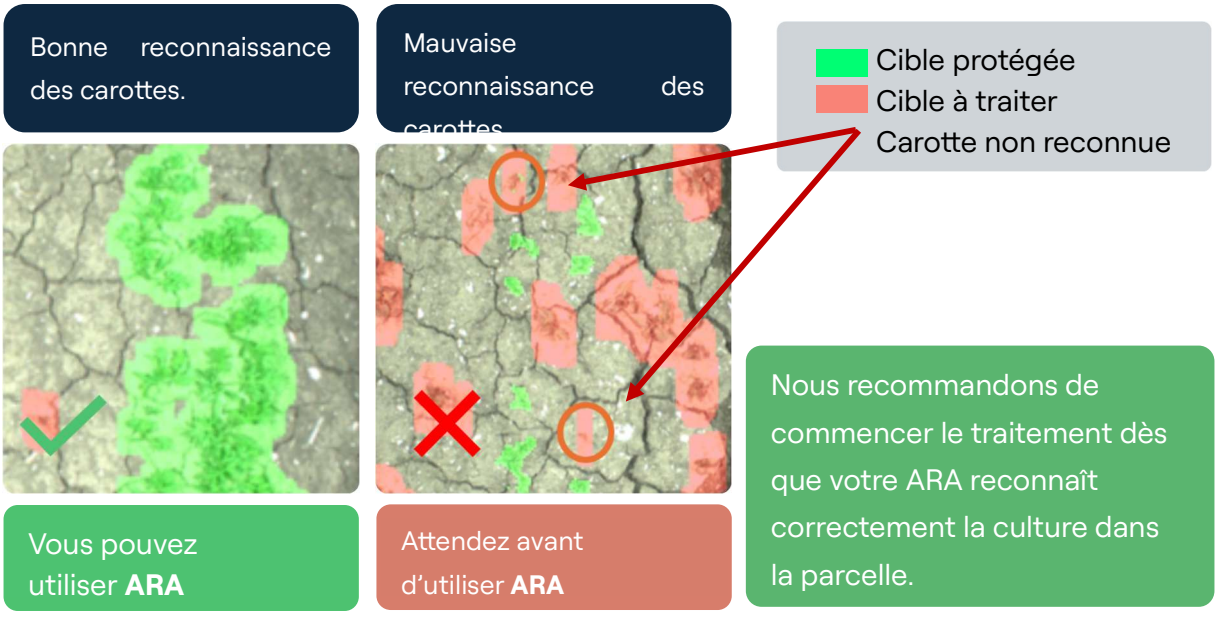
1 Vérifier le stade de développement de la culture

Des opérations de désherbage efficaces commencent par une culture bien protégée. Il est donc essentiel que la culture soit correctement reconnue par la machine. Ecorobotix garantit la reconnaissance de la culture à partir du stade de la première feuille vraie ; un traitement avant ce stade n'est pas recommandé.

La reconnaissance par ARA n'est garantie que pour les cultures commerciales intégrées et validées par Ecorobotix. Une reconnaissance fiable ne peut pas être assurée pour des cultures ou variétés non approuvées.



Même lorsque la détection est confirmée, il reste essentiel de vérifier la reconnaissance de votre culture à l'aide des images générées par ARA. Ces images sont directement accessibles depuis l'interface utilisateur une fois que vous êtes dans la parcelle. Pour visualiser la meilleure détection possible, avec le contour de chaque plante, vous devez définir une zone de sécurité de 0 cm.



2 Adaptez l'UHP à la densité d'adventices

Les avantages d'un pulvérisateur UHP sont maximisés lorsque la pression en adventices est faible. Plus la densité est élevée, plus il devient difficile de protéger efficacement la culture des effets collatéraux liés à l'application de produits phytosanitaires. C'est pourquoi il est recommandé de réaliser un traitement de prélevée afin de limiter la densité d'adventices et de profiter pleinement de la précision de l'UHP.

Il est également conseillé d'intervenir le plus tôt possible en post levée pour maintenir la parcelle propre dès le début du cycle cultural.

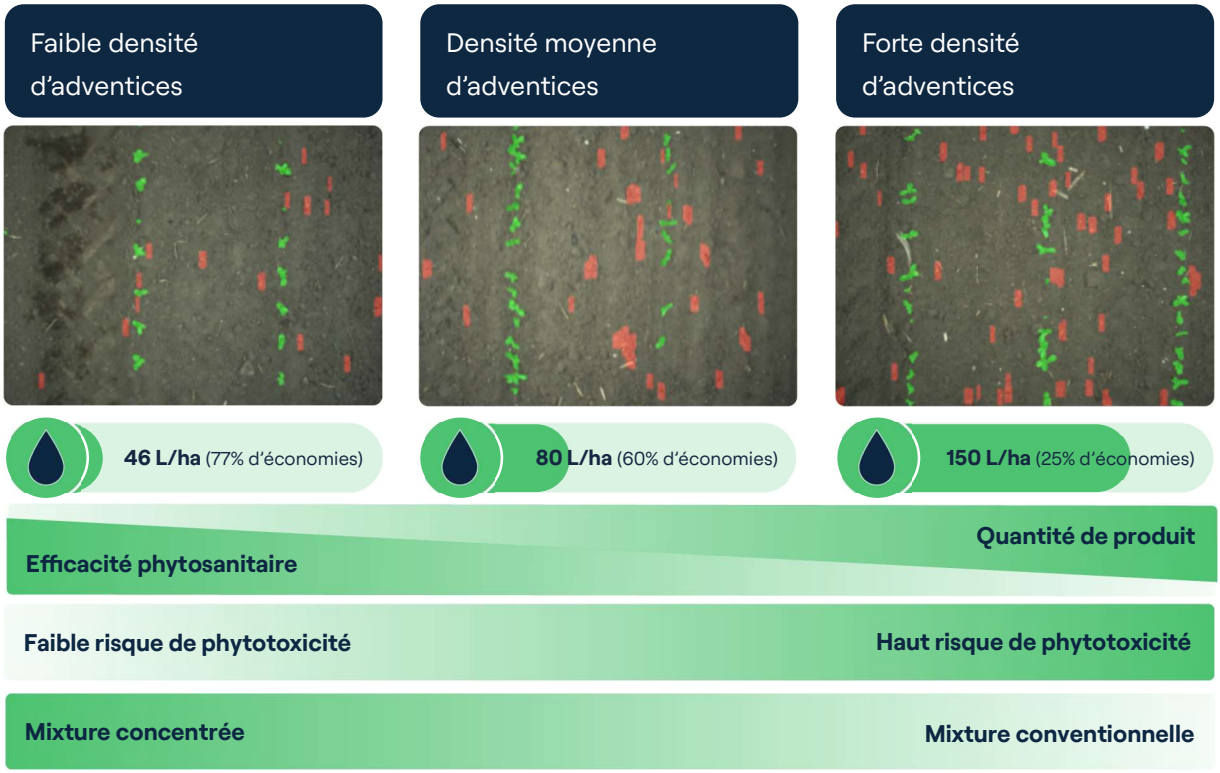
En cas de forte infestation



Si la densité d'adventices est telle que presque toutes les buses sont déclenchées, un traitement en plein peut s'avérer plus économique et plus efficace. Ce traitement permet de réduire la pression en mauvaises herbes et d'optimiser l'utilisation du pulvérisateur UHP lors des passages suivants.

Si le traitement en plein n'est pas possible (par exemple, en l'absence d'un herbicide efficace), il est essentiel de définir une zone de sécurité adaptée pour protéger la culture tout en ciblant les adventices avec la plus grande précision possible.

p**Stratégie de pulvérisation selon la densité d'adventices**

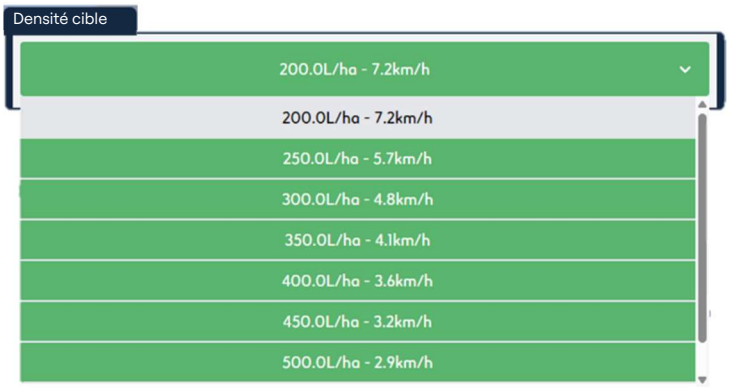


3 Définir le volume cible

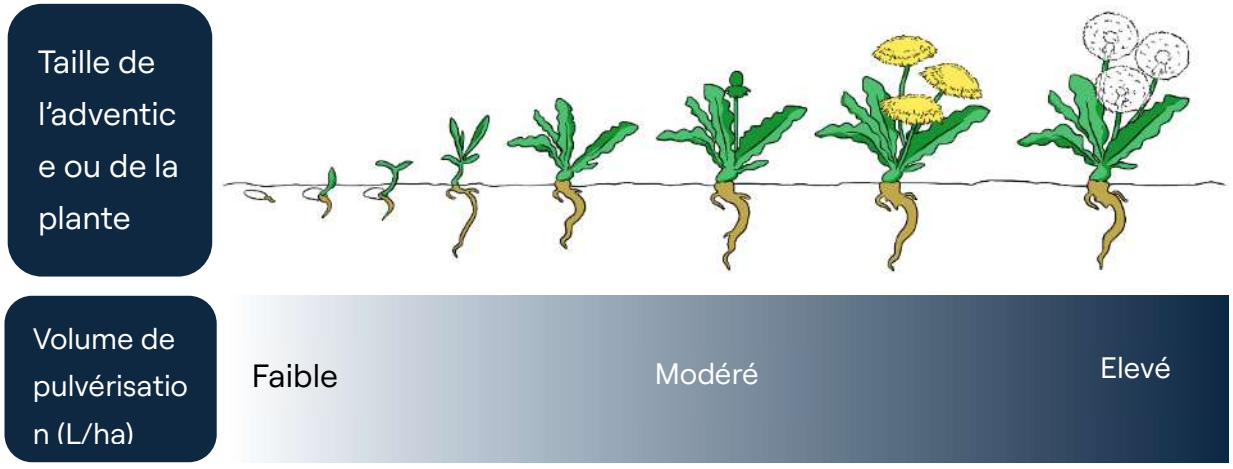
La densité cible joue un rôle déterminant dans la qualité du traitement et doit être adaptée au type de mauvaises herbes présentes dans la parcelle. Avant chaque opération, la machine vous demande de définir ce volume (exprimé en L/ha). Il doit être ajusté en fonction du type et de la taille des adventices observées.

Lorsque les adventices sont jeunes, une faible densité cible, autour de 200 L/ha, est généralement suffisante. Plus la masse foliaire est importante, plus le volume doit être élevé pour garantir une bonne pénétration de la matière active. Certaines mauvaises herbes problématiques (repousses, morelles, amarantes, datura, etc.) nécessitent un niveau de couverture plus élevé, en particulier à des stades avancés.

La densité cible sélectionnée correspond au débit que la machine appliquerait lors d'un traitement en plein. Elle sert de référence pour calculer la consommation réelle et les économies réalisées (voir Préparation du mélange de pulvérisation).



Ajuster la densité cible en fonction de la taille des adventices



4 Choisir l'herbicide et son dosage

Comment choisir le bon herbicide

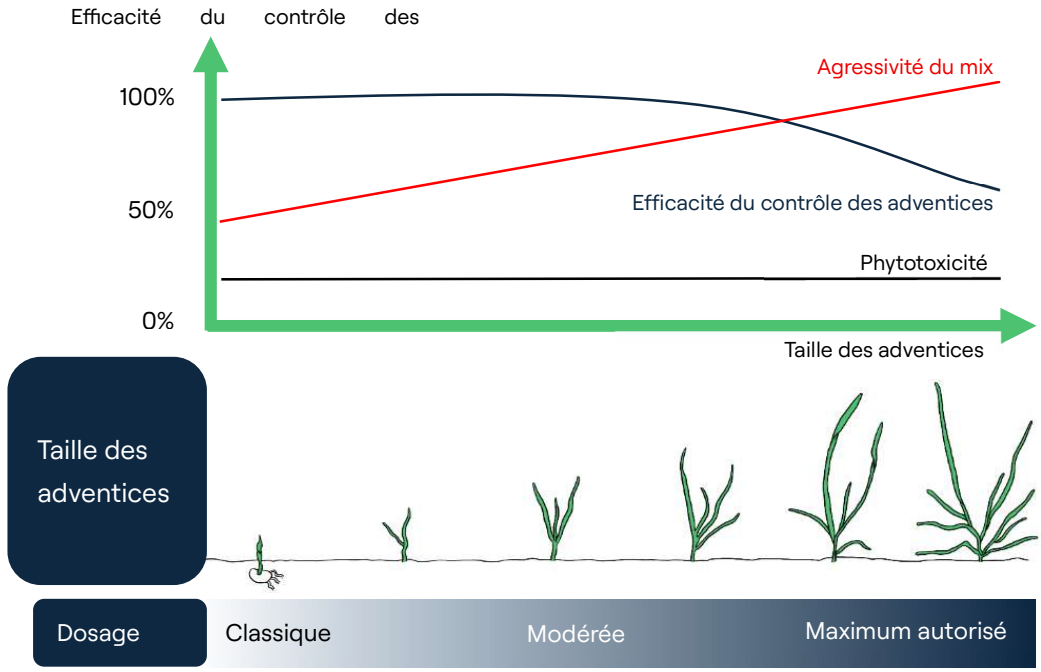
Le choix de l'herbicide dépend des espèces présentes dans la parcelle :

- **Dans la mesure du possible, privilégiez toujours un herbicide sélectif** lorsqu'il est disponible et efficace pour votre culture, car il limite le risque de phytotoxicité en cas de contact avec la culture.
- **À défaut, un herbicide non sélectif peut être utilisé** lorsque les produits sélectifs ne sont plus suffisamment efficaces ou ne sont pas disponibles, mais il présente un risque accru pour la culture et nécessite donc la mise en place d'une zone de sécurité adaptée (voir partie 5 des Règles d'Or).

Ajuster la dose

Une fois l'herbicide choisi, ajustez la dose en fonction du stade de développement et du niveau de résistance des adventices. Une dose appropriée permet de contrôler efficacement les mauvaises herbes en un seul passage, réduisant ainsi le nombre d'interventions, la charge de travail et les coûts de mécanisation.

Référence d'ajustement de dose selon la taille des adventices



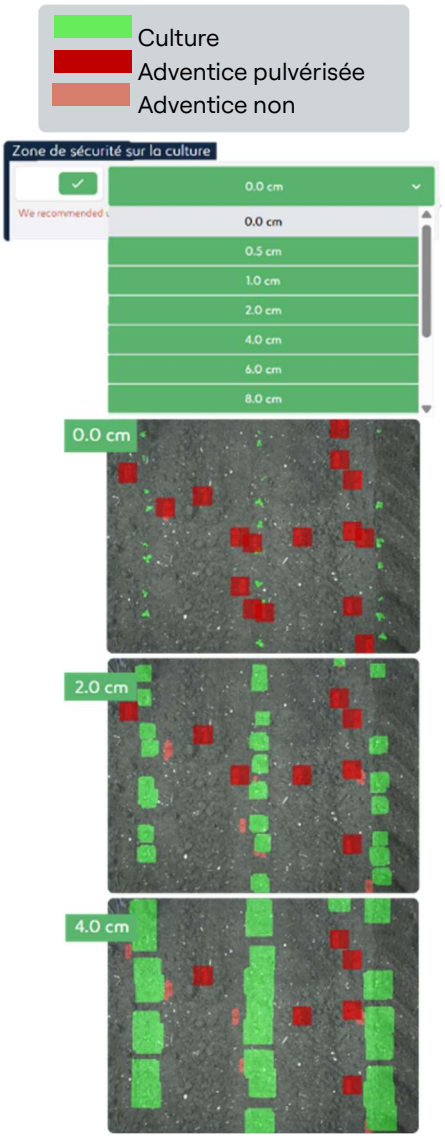
La technologie UHP maintient une efficacité optimale de contrôle des adventices, même sur des mauvaises herbes bien développées, tout en limitant au minimum la phytotoxicité sur la culture.

Assurez-vous que l'herbicide sélectionné et sa dose sont conformes à la réglementation de votre pays.

5 Définir la zone de sécurité

Qu'est-ce qu'une zone de sécurité ?

La zone de sécurité est une extension virtuelle autour de la culture détectée. Sa taille, exprimée en centimètres, peut être ajustée dans l'interface utilisateur. Une fois définie, le pulvérisateur UHP ne pulvérise ni dans cette zone ni sur la culture elle-même.



Avantages et limites

La zone de sécurité protège les cultures des brûlures ou du stress phytotoxique causés par l'application de produits peu sélectifs ou non sélectifs. Cependant, plus la zone de sécurité est large, plus la pulvérisation est éloignée de la culture, ce qui peut réduire l'efficacité du contrôle des adventices dans la ligne.

Que prendre en compte lors du réglage de la zone de sécurité ?

La zone de sécurité doit trouver un équilibre entre la protection de la culture et l'efficacité du contrôle des mauvaises herbes.

Une zone trop large réduit le risque de phytotoxicité mais laisse davantage d'adventices dans la ligne ; une zone trop étroite augmente l'efficacité mais accroît le risque de contact avec la culture.

- **Agressivité et sélectivité du produit :** Plus l'herbicide est peu sélectif ou susceptible de provoquer des dégâts à faibles doses (par ex. glyphosate, glufosinate), plus la zone de sécurité doit être large. À l'inverse, avec un herbicide sélectif bien toléré par la culture, la zone peut être réduite.
- **Écartement des rangs :** Si l'écartement des rangs est faible, il est préférable de réduire la zone de sécurité pour éviter de manquer trop d'adventices proches de la ligne de culture

⚠ Une zone de sécurité réglée à 0 cm ne signifie pas qu'elle est désactivée. Avec ce réglage, le pulvérisateur n'applique jamais de produit directement sur la culture.

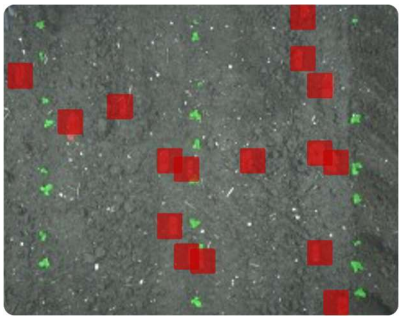
Attention au brouillard de pulvérisation !

Lorsque la densité d'adventices est élevée, l'ouverture simultanée de nombreuses buses peut provoquer la formation de brouillard. Dans ces conditions, protéger la culture devient plus difficile, et la zone de sécurité ne suffit plus à empêcher le produit d'atteindre directement la culture.

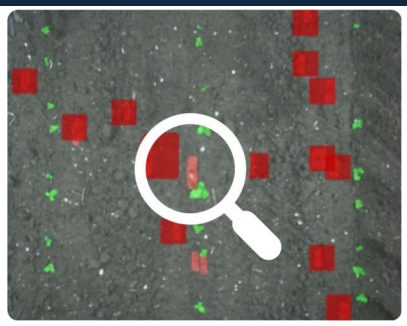
Efficacité du désherbage

Zone de sécurité

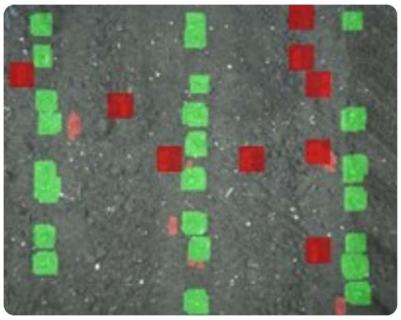
Culture en début de cycle, écartement de rangs de 36 cm



Zone de sécurité désactivée
16/16 adventices ciblées (100 %)
2/23 contact involontaire (8 %)

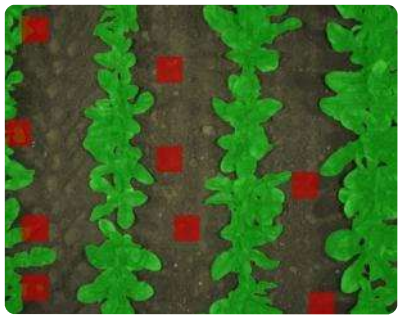


Zone de sécurité de 0 cm
13/16 adventices ciblées (81%)
0/23 Aucune culture pulvérisée (0%)

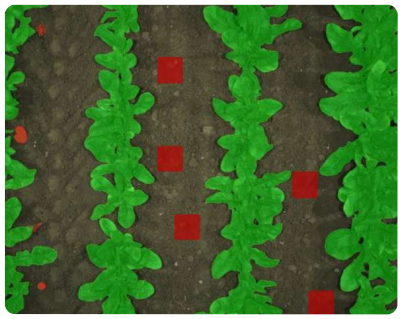


Zone de sécurité de 2 cm
9/16 adventices ciblées (56%)
0/23 Aucune culture pulvérisée (0%)

Culture à un stade avancé, écartement de rangs de 25 cm



Zone de sécurité désactivée
9/9 adventices ciblées (100 %)
4/44 contact involontaire (9 %)

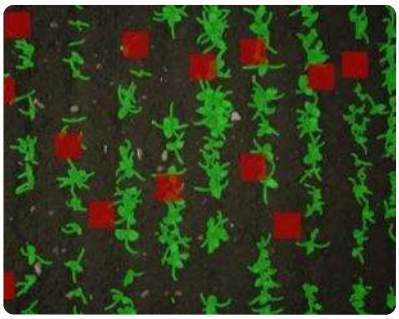


Zone de sécurité de 0 cm
5/9 adventices ciblées (55 %)
0/44 Aucune culture pulvérisée (0%)

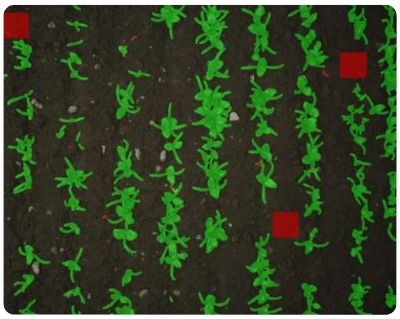


Zone de sécurité de 2 cm
3/9 adventices ciblées (33 %)
0/44 Aucune culture pulvérisée (0%)

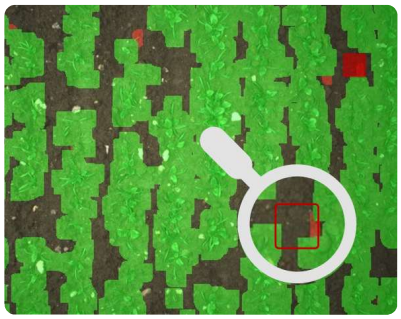
Culture en début de cycle, écartement de rangs de 12,5 cm



Zone de sécurité désactivée
13/13 adventices ciblées (100 %)
15/125 contact involontaire (12%)



Zone de sécurité de 0 cm
3/13 adventices ciblées (23%)
0/125 Aucune culture pulvérisée (0%)



Zone de sécurité de 2 cm
1/13 adventices ciblées (8%)
0/125 Aucune culture pulvérisée (0%)

ecorobotix

Guide de la pulvérisation Ultra-High Precision

4. Intégration et préparation du mélange de pulvérisation

4.1. Intégration de l'UHP dans le programme de conduite de culture

Pour réaliser un désherbage localisé réellement efficace, l'UHP doit être intégrée dans une stratégie globale de gestion des adventices. L'objectif n'est pas de remplacer toutes les autres pratiques, mais de combiner l'UHP avec des solutions complémentaires (traitements de prélevée, désherbage mécanique, herbicides sélectifs en plein, etc.) afin d'optimiser l'efficacité, de réduire les coûts et de limiter la pression en adventices tout au long du cycle de la culture.

Au semis





Un traitement en plein avec un herbicide de prélevée est généralement recommandé pour contrôler les premières levées d'adventices avant l'émergence de la culture. Cette étape réduit la compétition des mauvaises herbes aux stades précoces et

En complément, **des outils mécaniques** peuvent être utilisés. Ils contribuent à réduire le stock semencier superficiel, mais une vigilance s'impose : ces opérations peuvent également stimuler la germination de graines d'adventices enfouies.

Remarque : Si le traitement initial de prélevée s'avère insuffisant, une application conventionnelle de postlevée peut être nécessaire pour maintenir la parcelle propre jusqu'à ce que l'UHP puisse être utilisée efficacement.

Pendant le cycle de la culture





Dans les années particulièrement favorables au développement des adventices, il peut être nécessaire de réaliser un premier traitement herbicide de postlevée en plein afin de réduire rapidement la pression en mauvaises herbes.
Il est essentiel de considérer **l'UHP comme un outil complémentaire** à intégrer dans **une stratégie globale de gestion des adventices**. Combinée à d'autres solutions, telles que les applications de prélevée, le désherbage mécanique ou la pulvérisation conventionnelle en plein, la pulvérisation localisée permet de maximiser l'efficacité des traitements tout en réduisant l'utilisation de produits phytosanitaires.

4.2. Préparation du mélange de pulvérisation

Comment estimer le volume de mélange nécessaire

Pour tout traitement, les paramètres suivants doivent être connus :

- A = Surface à traiter
- Vol = Volume de pulvérisation souhaité
- C = Consommation moyenne par hectare
- D_{ha} = Dose recommandée de matière active par hectare
- V_{res} = Volume résiduel dans le pulvérisateur

Cas pratique

- A = 4 hectares (surface de la parcelle)
- Vol = 250L/ha (volume de pulvérisation)
- C = volume appliqué par hectare
- D_{ha} = 3 L/ha (Dose d'aclonifène)
- V_{res} = 12 L (volume résiduel)

Estimer la consommation moyenne par hectare

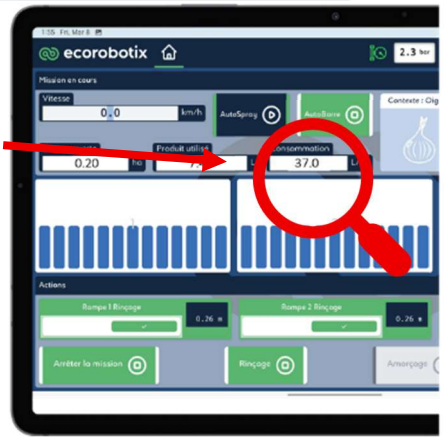
Pour estimer avec précision la consommation moyenne par hectare, il est possible d'effectuer un passage de reconnaissance avec la machine vide, sur une centaine de mètres, dans une zone représentative de l'infestation en adventices de la parcelle.

Il est important d'utiliser les mêmes réglages que ceux prévus pour le traitement à venir (volume de pulvérisation, zone de sécurité, etc.)

Calculer le volume d'eau nécessaire

L'interface utilisateur indique une consommation moyenne C = 37 L/ha après le passage de reconnaissance. Le volume d'eau nécessaire (V_{eau}) se calcule comme suit :

$$V_{eau} = (A * C) + V_{res} = (4\ ha * 37\ L/ha) + 12 = 160\ Litres$$



Ajuster le volume de produit phytosanitaire

Pour déterminer le facteur d'économie (E) en eau et en produits phytosanitaires, divisez la consommation moyenne issue du passage de reconnaissance par le volume de pulvérisation sélectionné dans l'interface utilisateur :

$$E = \frac{C}{Vol} = \frac{37\ L/ha}{250\ L/ha} = 14.8\%$$

Le volume de produits phytosanitaires nécessaire au traitement peut ensuite être calculé :

$$D_{phyto} = D_{ha} * A * E = 3\frac{L}{ha} * 4\ ha\ * 14,8\% = 1.78\ liters$$

Le traitement est donc réalisé avec **160 litres d'eau et 1,78 litre d'aclonifène** pour une surface de pulvérisation de 4 hectares.

Rappel : Le pH de l'eau influence directement l'efficacité du traitement et la longévité de la machine. Pour des résultats optimaux, le pH doit être maintenu entre 5 et 7. Si nécessaire, il peut être ajusté à l'aide d'un adjuvant, comme le sulfate d'ammonium.

ecorobotix

Guide de la pulvérisation Ultra-High Precision

5. Retour d’expérience

5.1. Gebr. de Zeeuw, Pays-Bas



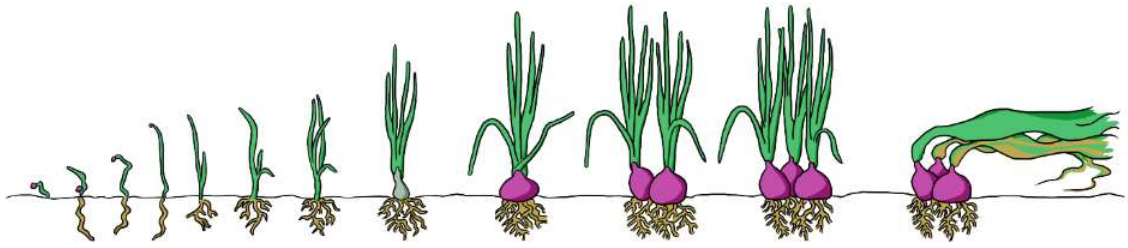


Jaap et Hans de Zeeuw cultivent environ 600 hectares aux Pays-Bas, dans la région du Noordoostpolder. Environ 200 hectares sont consacrés aux pommes de terre, 80 aux oignons et 80 aux carottes.

Les deux frères n'ont pas hésité à investir dans un **ARA** pour éliminer les repousses de pommes de terre dans les parcelles d'oignons et réduire significativement le désherbage manuel, à la fois coûteux et intensif en main-d'œuvre.

« Nous avons initialement investi dans **ARA** pour cibler les repousses de pommes de terre dans les oignons. Aujourd'hui, nous utilisons ARA à la fois pour cibler toutes les adventices dans les oignons et les carottes en postlevée, et pour des applications spécifiques sur les repousses de pommes de terre dans les oignons, les carottes et la chicorée. »
Jaap de Zeeuw, Co-gérant, Gebr. De Zeeuw

Stratégie de rattrapage et de maintenance



Pré-émergence 1 | ARA 1 | ARA 2 | ARA 3

Post émergence 1 | Post émergence 2

Benefices

- Élimination du désherbage manuel
- Économies significatives en produits phytosanitaires
- Amélioration de l'efficacité du contrôle des adventices



Données techniques

- **Mode d'utilisation** : Traitements de rattrapage et de maintenance
- **Molécules principales utilisées** : Isoxaben, Prosulfocarbe, Pendiméthaline, Glyphosate
- **Réglage de la zone de sécurité** : Aucune ou 0 cm en cas d'utilisation d'un produit non sélectif
- **Densité cible :** 200–250–300 L/ha
- **Adventices problématiques :** Repousses de pommes de terre, séneçon commun

5.2. SCEA La Madrague, France



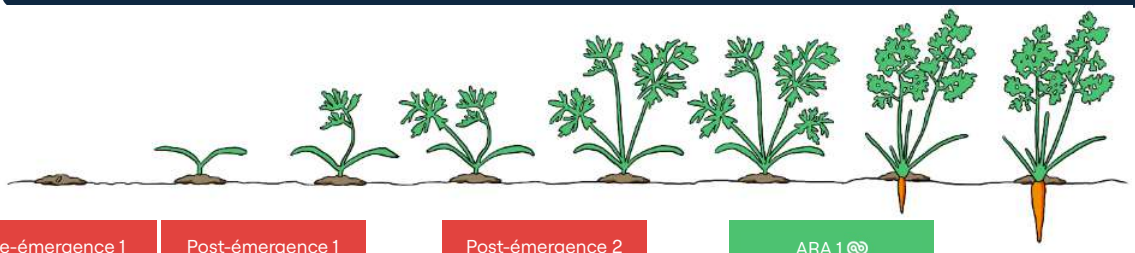


Au cœur du Parc naturel régional des Landes de Gascogne, **le Domaine de la Madrague** cultive 900 hectares de carottes avec des exigences élevées — produire de manière responsable tout en préservant le sol, l'eau, la biodiversité et les équilibres naturels.

Le domaine a intégré **ARA** dans sa stratégie de conduite de culture afin de **mieux cibler les opérations de désherbage**, réduire l'utilisation de produits et améliorer l'efficacité sans impacter la biodiversité.

« Même après plusieurs traitements conventionnels, certaines parcelles restaient encore sales, ce qui rendait la récolte plus difficile et augmentait le tri manuel à l'usine. Nous devions trouver une solution pour compléter le désherbage sans nuire à la culture. »
Antoine Proffit, Directeur de la production végétale

Stratégie de rattrapage



Bénéfices

- Réduction des coûts pour le tri des carottes
- Meilleur contrôle de l'infestation d'adventices des parcelles
- Augmentation de l'efficacité à la récolte
- Amélioration de l'efficacité contre les adventices problématiques



Données techniques

- **Mode d'utilisation:** Traitements de rattrapage
- **Molécule principale utilisée**: Bifenox
- **Réglage de la zone de sécurité**: Aucune
- **Volume de pulvérisation reel moyen**: 35 L/ha
- **Adventice problématique**: Morelle noire
- **Vitesse de travail**: 7.2 km/h
- **Capacité journalière**: ± 20 ha/jour
- **Densité cible**: 200 L/ha
- **Economies sur la bouillie**: 82%

5.3. Sarl Pavillard, Suisse





Située en Suisse romande, dans un village proche du Jura, l'exploitation « Champ du Bois » gère 230 hectares de prairies naturelles et produit à la fois des céréales et de la viande bovine.

La Sarl Pavillard est l'entreprise de travaux agricoles complémentaire qui fournit des prestations de services. Soucieux de garantir une qualité optimale du fourrage, ils ont choisi la technologie **ARA** pour cibler avec précision **les rumex**.

« Les chardons et les rumex n'ont aucune valeur fourragère et entraînent une baisse du rendement ainsi que de la qualité du fourrage. Utiliser ARA pour cibler spécifiquement ces plantes permet de traiter le problème uniquement là où il se trouve, tout en garantissant un haut niveau de sécurité pour l'opérateur. »
Nicolas Pavillard, Gérant, Sarl Pavillard Services Agricoles

Stratégie de rattrapage



Bénéfices

- Augmentation du rendement fourrager par parcelle
- Amélioration de la qualité du fourrage
- Permet une meilleure utilisation des chauffeurs pendant les périodes de moindre activité au champ



Données techniques

- **Mode d'utilisation:** Traitements ciblés contre les rumex et les chardons
- **Molécule principale utilisée**: Metsulfuron-methyl
- **Volume de pulvérisation reel moyen**: 10 L/ha
- **Densité cible**: 400L/ha
- **Vitesse de travail**: 7.2 km/h
- **Capacité journalière**: ± 20 ha/jour

5.4. Hannes Besenthal, Allemagne



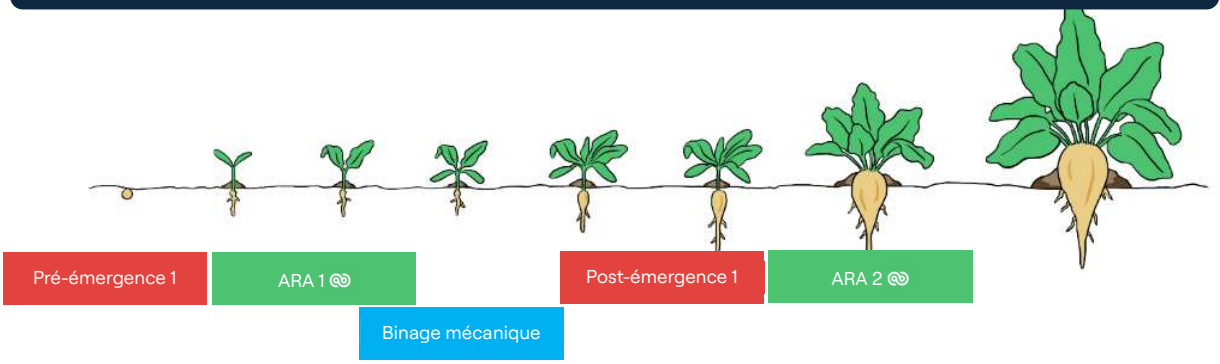


Dans la région de Basse-Saxe (Niedersachsen), Hannes Besenthal gère environ 200 hectares de terres cultivées, dont 50 hectares de pommes de terre, près de 40 hectares de betteraves sucrières et environ 30 hectares d'oignons.

Avec pour objectif principal de réduire le travail manuel et d'augmenter l'efficacité du désherbage, l'exploitation a décidé d'investir dans la technologie ARA en 2023.

« Les avantages d'ARA sont nombreux : moins de travail manuel, beaucoup moins de stress pour les cultures, et la possibilité d'obtenir une parcelle vraiment propre. Chaque intervention nous permet d'économiser entre 60 et 90 % de produits. Les produits phytosanitaires ne sont utilisés que là où ils sont réellement nécessaires, ce qui contribue également à la protection de l'environnement. »
Hannes Besenthal, Agriculteur

Stratégie de rattrapage et de maintenance



Bénéfices

- Réduction visible du stress de la culture lié à la phytotoxicité
- Économies majeures en produits phytosanitaires
- Augmentation des rendements
- Diminution significative de l'infestation dans les parcelles •



Données techniques

- **Mode d'utilisation:** Traitements de rattrapage et de maintenance
- **Réglage de la zone de sécurité**: Aucune
- **Densité cible**: 200 L/ha
- **Adventices problématiques**: Armoise, matricaire, repousses de pommes de terre

5.5. VCS AGRONOMY, Royaume-Uni



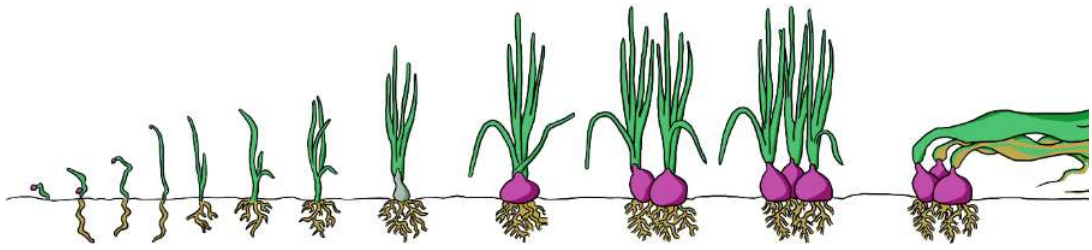


Basé à Brandon, dans l'est de l'Angleterre, VCS Agronomy est un groupement d'agronomes chargé de la gestion d'environ 20 000 hectares de cultures légumières et céréalières.

VCS a intégré **ARA** pour remplacer l'ensemble des traitements de postlevée sur oignons, avec un double objectif : réduire les coûts liés aux herbicides et améliorer la vigueur des cultures.

« Nous avons traité plus de 1 750 hectares d'oignons avec ARA, ce qui nous a permis de réaliser jusqu'à 96 % d'économies sur les intrants chimiques bruts. Bien entendu, cela dépend de la pression en adventices et du stade de développement de la culture, mais nous sommes très satisfaits des résultats. »
Angus Hill, Agronome et Consultant en support agricole

Stratégie de maintenance



Pré-émergence 1	ARA 1	ARA 2	Binage	ARA 2

Bénéfices

- Jusqu'à 96 % d'économies en produits phytosanitaires
- Gains de rendement de 10 à 15 %
- Réduction visible du stress de la culture



Données techniques

- **Mode d'utilisation:** Traitements de maintenance
- **Densité cible:** 300 L/ha
- **Vitesse de travail:** 4.8 km/h
- **Molécule principale utilisée:** Bentazone, fluroxypyr, clopyralid et adjuvants
- **Réglage de la zone de sécurité:** Activé jusqu'au stade 4 feuilles chez l'oignon

5.6. S.C.A. PRIMACOOP, France



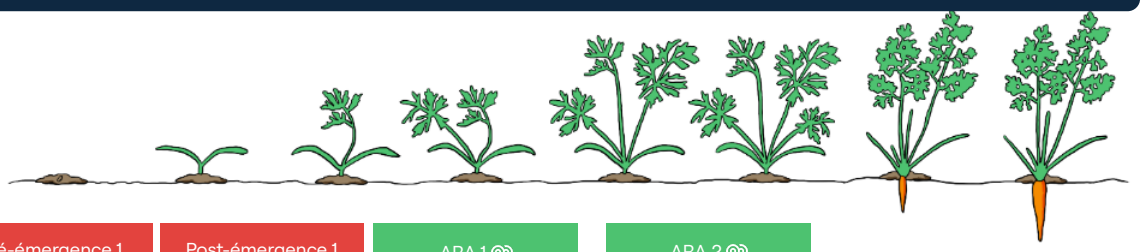


Fondée en 1994, la S.C.A. Primacoop a été créée par un groupe de producteurs d'endives situés au cœur du bassin légumier du nord de la France. Leur objectif était d'associer la réactivité et la qualité d'une production directe à l'efficacité d'une équipe commerciale dédiée.

Chaque année, un total de 32 000 tonnes d'endives sont produites et commercialisées sous la marque « Perle du Nord », qui distribue l'ensemble de la production de la coopérative.

« Nous avons réalisé d'autres essais cette année : même parcelle, même variété, même date de semis et les résultats sont clairs : le cycle de la culture est beaucoup plus avancé lorsqu'elle est traitée avec ARA. L'avantage est de pouvoir récolter plus tôt, dans de meilleures conditions, et de semer immédiatement après le blé dans des conditions optimales »
Laurent Henaut, Technicien endives, S.C.A. Primacoop

Stratégie de maintenance



Pré-émergence 1 | Post-émergence 1 | ARA 1 | ARA 2

Bénéfices

- Gain de maturité et amélioration des conditions de récolte
- Augmentation des rendements de 2 à 3 tonnes par hectare
- Optimisation de la rotation des cultures
- Réduction importante des produits phytosanitaires



Données techniques:

- **Mode d'utilisation:** Traitement de maintenance
- **Molécule principale utilisée**: Rimsulfuron
- **Réglage de la zone de sécurité**: Aucune
- **Dencité cible**: 200 L/ha
- **Vitesse de travail**: 7.2 km/h