



HAL
open science

CAPABLE: maîtrise du chardon (*Cirsium arvense*) et du rumex (*Rumex crispus* & *Rumex obtusifolius*) en grandes cultures biologiques

Enguerrand Burel, Laurence Fontaine, Fanny Vuillemin, Cécile Roques, Coraline Dessienne, Régis Helias, Vincent Lecomte, Anne-Laure de Cordoue, Alain Rodriguez, Chloé Salembier, et al.

► To cite this version:

Enguerrand Burel, Laurence Fontaine, Fanny Vuillemin, Cécile Roques, Coraline Dessienne, et al.. CAPABLE: maîtrise du chardon (*Cirsium arvense*) et du rumex (*Rumex crispus* & *Rumex obtusifolius*) en grandes cultures biologiques. *Innovations Agronomiques*, 2024, 94, pp.186-211. 10.17180/ciag-2024-vol94-art13 . hal-04595906

HAL Id: hal-04595906

<https://hal.inrae.fr/hal-04595906v1>

Submitted on 31 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



CAPABLE : maîtrise du chardon (*Cirsium arvense*) et du rumex (*Rumex crispus* & *Rumex obtusifolius*) en grandes cultures biologiques

Enguerrand BUREL¹, Laurence FONTAINE¹, Fanny VUILLEMIN², Cécile ROQUES³, Coraline DESSIENNE³, Régis HELIAS⁴, Vincent LECOMTE², Anne-Laure DE CORDOUE³, Alain RODRIGUEZ⁵, Chloé SALEMBIER⁶, Jean-Marc MEYNARD⁶, Elena KAZAKOU⁷, Ingrid BARRIER⁸, Maëva COLOMBET⁹, Aloïs ARTAUX¹⁰, Solène MURE¹¹, Cécile BURTIN¹², Hélène LEVIEIL¹³, Julien HALSKA¹³, Thierry QUIRIN¹⁴, Pierre THEVENON¹⁵, Claire CROS¹⁶, Jean-Baptiste FEVRIER¹⁶, Aïcha RONCEUX¹⁶, Elise FAVRELIERE¹⁷

¹ ITAB, Institut Technique de l'Agriculture et de l'Alimentation Biologique, 149, rue de Bercy. 75595 PARIS cedex 12, France

² Terres Inovia, Institut technique de la filière des huiles et protéines végétales et de la filière chanvre, 6 chemin de la côte vieille 31450 Baziège, France

³ ARVALIS Institut du végétal, Station Expérimentale 91720 Boigneville France

⁴ ARVALIS Institut du végétal, 3 Chemin de Bellevue, 81600 Montans, France

⁵ ACTA, Association de coordination technique agricole, 6 chemin de la côte vieille 31450 Baziège, France

⁶ Université Paris-Saclay, AgroParisTech, INRAE, Unité Mixte de Recherche SADAPT (Science Action Développement – Activités Produits Territoires, 22 Place de l'agronomie, 91123 Palaiseau, France

⁷ Montpellier SupAgro, CNRS Centre National de la Recherche Scientifique, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175) Montpellier, France

⁸ Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne, 130 avenue Marcel Unal, 82017 Montauban, France

⁹ Chambre d'Agriculture du Tarn, 96 rue des Agriculteurs, 81000 Albi, France

¹⁰ Chambre d'Agriculture Pays de Loire, 9 rue André Brouard, 49105 Angers, France

¹¹ EPLEFPA Chartres-La-Saussaye, lycée d'enseignement général et technologique agricole, La Saussaye, 28630 Sours, France.

¹² CREABio, Centre Régional de Recherche et de l'Expérimentation en Agriculture Biologique, Route de Tarbes, 32000 Auch, France

¹³ Biobourgogne, Association de développement et de promotion de l'agrobiologie en Bourgogne, 19 avenue Pierre Larousse, 89000 Auxere, France

¹⁴ Chambre d'Agriculture de Vienne, 2133 Rte de Chauvigny, 86550 Mignaloux-Beauvoir, France

¹⁵ FRAB, Fédération Régional d'Agriculture Biologique, Nouvelle Aquitaine, 322 Boulevard Jean Jacques Bosc, 33130 Bègles, France.

¹⁶ AgroTransfert Ressources et Territoires, 2 chaussée Brunehaut, 80200 Estrées-Mons, France

¹⁷ ESA, Ecole Supérieure des Agricultures, 55 Rue Rabelais, 49007 Angers, France

Correspondance : enguerrand.burel@itab.asso.fr

Résumé

Le projet CAPABLE avait pour objectif d'identifier les leviers de gestion du chardon vivace et des rumex (parelle crépue et à feuilles obtuses). Pour répondre à cet objectif, divers travaux ont été menés, alliant la recherche de solutions auprès des praticiens, des essais sur chardon et rumex et le calage d'un outil d'aide à la décision sur la gestion du chardon. Grace aux résultats obtenus, plusieurs leviers de gestion ont été identifiés notamment des solutions innovantes (ex binage des céréales, outils adaptés...) qu'il



sera nécessaire d'évaluer dans des travaux ultérieurs. Le projet a été aussi l'occasion de relever les difficultés méthodologiques inhérentes aux travaux dédiés aux adventices vivaces.

Mots-clés : *Cirsium arvense*, *Rumex obtusifolius*, *Rumex crispus*, flore adventice, agriculture biologique, innovation, outil d'aide à la décision

Abstract: Controlling *Cirsium arvense*, *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius* in organic farming

The aim of the CAPABLE project was to identify management practices of *Cirsium arvense*, *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius*. To meet this objective, various tasks were carried out, combining designing of solutions with practitioners, trials and the development of management decision-making tool (only for *Cirsium arvense*). Thanks to the results obtained, several practices have been identified, including innovative solutions that will need to be evaluated in further work. The project also provided an opportunity to highlight the methodological difficulties inherent in work dedicated to perennial weeds.

Keywords: *Cirsium arvense*, *Rumex obtusifolius*, *Rumex crispus*, weed, organic farming, innovation, decision-making tool

1. Introduction et présentation du travail du projet CAPABLE

Le chardon des champs (*Cirsium arvense*) et le rumex (*Rumex obtusifolius* et *Rumex crispus*) sont des adventices vivaces particulièrement problématiques pour les systèmes cultivés et sont considérées parmi les adventices les plus difficiles à gérer. En Agriculture Biologique (AB), la gestion de ces adventices est d'autant plus complexe qu'elle se base principalement sur une approche préventive plutôt que curative. Leur impact sur le développement des cultures principales peut induire des pertes importantes de rendement, avec en conséquence un recul des revenus des agriculteurs.

Seule une combinaison de pratiques peut s'avérer efficace pour gérer ces adventices et les épuiser sur le long terme, tout en limitant leur capacité de régénération. Le projet CAPABLE visait donc à identifier des stratégies et des leviers innovants pour la gestion du chardon et des rumex combinant les outils mécaniques, la lutte par compétition/allélopathie, la gestion de l'interculture et l'alternance de cultures. Les objectifs du projet étaient donc :

- D'identifier et de construire des stratégies de gestion, puis de les caractériser et de déterminer les conditions de réalisation optimales.
- Transférer aux producteurs des éléments opérationnels et les principales clefs de la réussite de gestion du chardon et du rumex pour qu'ils puissent les traduire dans les contextes de production

Dans le projet CAPABLE, plusieurs méthodes de production de connaissances ont été combinées : traque aux pratiques innovantes en ferme, tests au champ à l'échelle de réseaux de parcelles, expérimentations en conditions contrôlées et ateliers de co-conception. Il s'est agi à la fois d'évaluer des stratégies existantes, d'en concevoir de nouvelles, d'étudier pour cela les conditions de développement des chardons et rumex, et d'élaborer des outils d'aide à la décision.

Les travaux réalisés se sont déroulés dans des conditions de l'agriculture biologique, ainsi les connaissances produites sont transférables à tout système visant une réduction ou une impasse sur l'utilisation d'herbicide.

Le projet s'est déroulé en trois axes de travail complémentaires comme présentés dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Le premier axe tendait à caractériser la perception des agriculteurs vis à vis du risque lié à la présence du chardon et du rumex, mais aussi d'identifier et caractériser les stratégies de gestion considérées comme efficaces ou contre-productives par les praticiens (axes 1.1 et 1.2). Des pistes de recherche ont été identifiées lors de ce travail, et ont pu alimenter l'axe 2.2 qui visait à mieux comprendre la biologie du rumex en lien avec les pratiques agricoles susceptibles d'avoir une



action positive ou négative sur sa présence dans les parcelles. Dans cet axe, les experts du projet ont aussi été mobilisés pour coconstruire le protocole et orienter les thématiques travaillées. En complément de ces travaux, des essais en plein champ ont été mis en place pour tester des stratégies combinant plusieurs leviers d'action. Pour interpréter plus largement les résultats de ces essais, une analyse multicritère a été menée avec Systerre® (ARVALIS), ce qui a permis de compléter les résultats au regard de critères socio-économiques et environnementaux.

Grace à l'expertise des partenaires du projet, aux résultats obtenus et à l'analyse des logiques d'action de praticiens innovants, l'outil d'aide à la décision ODERA Vivaces (Outil d'Évaluation du Risque en Adventices Vivaces), développé par Agrotransfert,-Ressources-et-Territoires(Favrelière *et al* 2016), a été paramétré sur le chardon dans plusieurs régions françaises. En complément de cet outil, différents ateliers de co-conception ont été menés sur les thématiques de la gestion du chardon ou du rumex afin d'aboutir à des systèmes permettant un meilleur contrôle de ces adventices (Action 1.3). Ces ateliers se sont appuyés sur les résultats du projet, complétés par un travail bibliographique.

Articulation entre les actions du projet CAPABLE

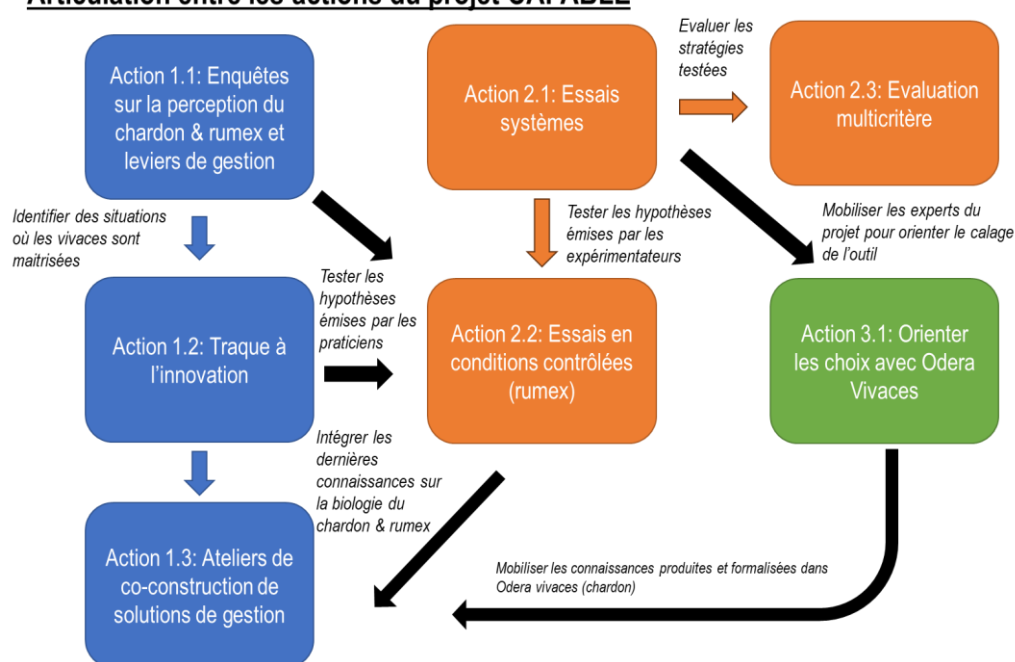


Figure 1 : Schéma des actions réalisées dans le projet CAPABLE et les flèches représentent l'articulation entre les actions.

2. Un état des lieux des pratiques de gestion du chardon et du rumex

2.1 Les méthodes mobilisées

Deux méthodes ont été combinées : une enquête en ligne et une traque aux innovations.

L'enquête en ligne visait à éclairer les principales pratiques des agriculteurs pour gérer le rumex, ainsi que les difficultés qu'ils rencontrent. L'enquête a été réalisée à l'échelle de la France entière, de Février à Décembre 2019. Le travail a suivi 4 étapes : 1) conception d'un questionnaire, à destination de tous les agriculteurs en AB en grande culture et polyculture élevage, 2) diffusion du questionnaire, par les partenaires du projet CAPABLE dans leurs réseaux respectifs – 263 réponses au total, 3) nettoyage des données collectées (ex. exclusion des réponses en viticulture) et mise en forme des variables, 4) analyse statistique descriptive des données, à l'aide des logiciels R et Excel.

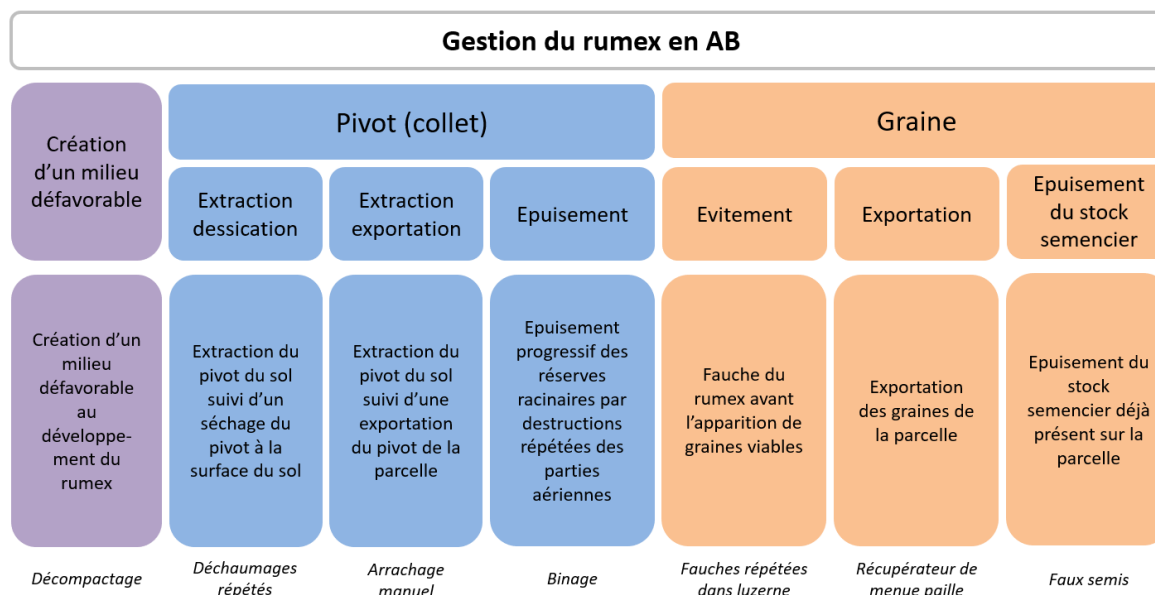


Figure 2 : Structuration de la base de données utilisée pour catégoriser les pratiques découvertes au cours de la traque.

Une traque aux innovations visait à explorer et produire des connaissances sur des pratiques développées par des agriculteurs, encore méconnues, pour gérer le rumex en AB (Vancleenputte, 2019 ; Vancleenputte *et al.*, 2019). En s'inspirant de travaux antérieurs (Salembier et Meynard, 2013 ; Feike *et al.*, 2010 ; Lamé *et al.*, 2015 ; Salembier *et al.*, 2021), la démarche de traque aux innovations a été adaptée aux questions du projet Capable et s'est organisée autour de quatre étapes. 1) Définition de ce qui était recherché, *i.e.* ce qui était considéré comme innovant et devait faire l'objet d'une traque. Les partenaires avaient décidé d'orienter la traque sur des pratiques inconnues dans la bibliographie et par les partenaires du projet, et jugées efficaces pour gérer les rumex par ceux qui les mettent en œuvre. 2) Repérage des agriculteurs qui déployaient ces innovations, à la fois en prenant appui sur les résultats de l'enquête en ligne, et en explorant, de proche en proche, les réseaux des partenaires du projet. 3) Caractérisation des pratiques au travers d'entretiens compréhensifs avec les 11 agriculteurs identifiés, en région Bourgogne Franche Comté. 4) Analyses agronomiques des pratiques, autour de 3 volets :

- Mise en récit de l'entretien pour rendre compte des liens qu'a tissé l'agriculteur au cours de l'entretien, pour faire connaître ce qu'il a fait, comment il l'a fait, pour quelles raisons et dans quelles situations. L'écriture du récit permet de contextualiser les pratiques, de mettre en évidence les combinaisons de pratiques dans le temps et les logiques agronomiques sous-jacentes, du point de vue de l'agriculteur.
- Analyse des conditions favorables-défavorables au rumex, valorisant les observations des agriculteurs et formulation d'hypothèses sur la biologie du rumex, méconnue dans la littérature. Et confrontation des pratiques et observations d'agriculteurs à la littérature scientifique, grise et à l'expertise pour formuler des hypothèses plausibles de fonctionnement de certaines pratiques, ou pour révéler de nouveaux trous de connaissances. Parfois, les agriculteurs indiquaient des pratiques « à éviter », lesquelles ont également été analysées.
- Analyse croisée des entretiens : quels sont les facteurs favorables et défavorables au rumex ? Quelles stratégies de gestion ? Quelles pratiques jugées efficaces et à éviter ? Ces informations ont été centralisées dans une base de données et les stratégies de gestion ont été distinguées à partir des mécanismes connus pour gérer le rumex (Favrelière et Ronceux, 2020). Cette base de données a permis des analyses croisées de 3 types : rendre compte de la diversité des conditions d'application d'une même pratique, ainsi que de rendre compte de la diversité des pratiques rencontrées pour une stratégie de gestion (ex. épuiser les racines).



Les sorties de ce travail ont été synthétisées dans un recueil reprenant d'une part un court descriptif de la méthode et des résultats de la première enquête et d'autre part les récits obtenus lors de la traque à l'innovation (Burel *et al.*, 2022).

2.2 Décrire la perception des praticiens sur le risque et les méthodes de gestion du rumex et du chardon

Une enquête en ligne menée de 2018 à 2019 a permis de mettre en évidence que chardon et rumex sont considérés comme aussi problématiques l'un que l'autre pour l'ensemble des producteurs qui ont répondu à l'enquête : 60 % des enquêtés considèrent ces adventices comme étant problématiques (Vancleenputte, 2019). Néanmoins, il semblerait que les agriculteurs aient tendance à accepter un peu plus le chardon au fil du temps, au contraire du rumex qui apparaît comme un problème émergent (Figure 3). Les agriculteurs qui considèrent ne pas avoir de rumex se font plus rares sur les exploitations converties à l'AB depuis plus longtemps. L'enquête ne permet évidemment pas de distinguer si ce constat est réellement dû à une augmentation de la présence du rumex en AB ou à une sensibilisation de plus en plus importante des agriculteurs à la problématique. Dans tous les cas, même des années après la conversion en AB, gestion du chardon ou du rumex apparaissent comme des problématiques importantes pour approximativement 50 % des répondants.

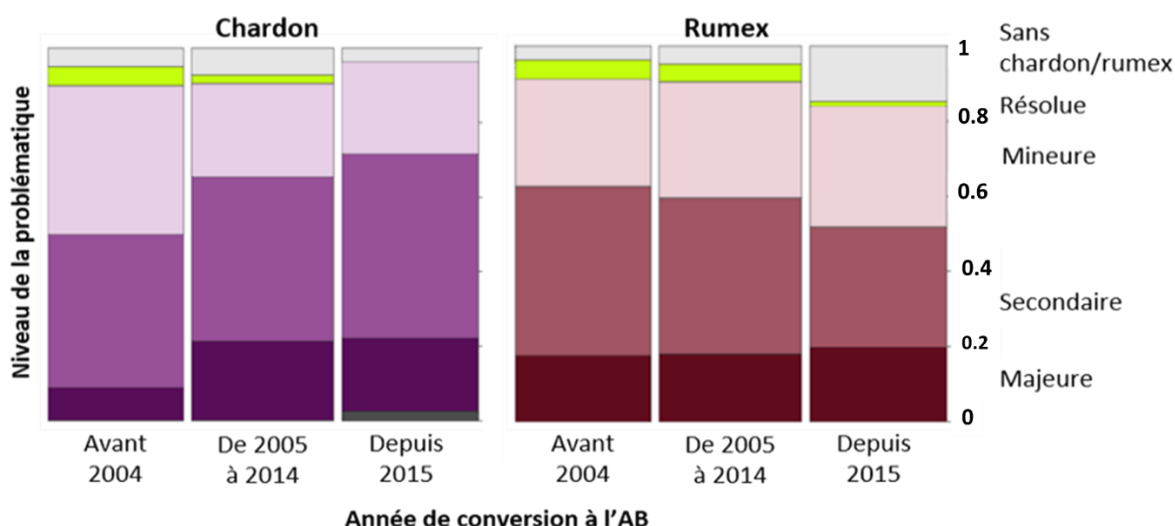


Figure 3 : Répartition des réponses aux enquêtes sur chardon et rumex en fonction de la période de conversion et du niveau de problématique perçue (226 répondants pour le chardon ; 219 répondants pour le rumex). (Vancleenputte, 2019)

La seule différence notable entre les systèmes en grande culture et les systèmes en polyculture-élevage est qu'il est plus fréquent que les agriculteurs ne voient pas de présence du chardon et du rumex dans les systèmes avec ruminants. Parmi les systèmes ruminants, 12 % sont considérés sans chardon contre 1 % parmi les systèmes sans élevage. Cela se retrouve également sur la perception de la problématique rumex : 7 % des agriculteurs ayant un système ruminant jugent le rumex comme un problème majeur, contre 23 % des systèmes sans élevage. Pour le rumex, 11 % des agriculteurs des systèmes sans élevage considèrent ne pas avoir de rumex, contre 3 % des systèmes avec ruminants.

La mise en parallèle des pratiques utilisées par les producteurs et le degré de satisfaction suggèrent également une grande similitude sur les pratiques mises en œuvre pour les deux types de vivaces (Figure 4). Il y a tout de même une différence de pratiques concernant l'utilisation de luzernière et de l'écimage en végétation, qui sont plus fréquemment utilisés pour gérer le chardon. Le désherbage manuel est quant à lui plus souvent associé au rumex. Le chaulage est parfois pratiqué pour la gestion du rumex même s'il est peu probable que cette pratique soit uniquement associée à la gestion du rumex.



En regardant cette fois le lien entre efficacité de gestion perçue et la fréquence des pratiques, il apparaît que plusieurs pratiques sont reliées (Figure 5). Pour le cas du chardon, la luzerne est reconnue comme un levier important, ce qui est cohérent avec les connaissances actuelles sur le chardon (Favrelière *et al.*, 2020). D'autres outils sont aussi associés à une satisfaction supérieure sur le degré de maîtrise comme le travail profond sans retournement, le passage d'outil à disques et la mise en place de couverts intermédiaires. *A contrario*, le labour, le travail du sol superficiel et l'utilisation d'outils à dent sont associés à des satisfactions moindres. Pour le rumex, seuls les outils à dents et l'utilisation de couverts sont reliés à une efficacité jugée positive. Contrairement au chardon, les outils à disques sont associés à des satisfactions plus faibles. Il y a néanmoins une convergence de satisfaction pour l'utilisation de couverts végétaux autant pour le rumex que le chardon. En revanche, dans ces enquêtes, il y a un antagonisme sur le type d'outil avec des outils à dent à privilégier pour le rumex et les outils à disque pour le chardon pour maximiser le degré de satisfaction. Ces résultats d'enquêtes ne préjugent pas de l'efficacité réelle de ces pratiques, mais permettent d'identifier des pistes de travail, autant pour la recherche que pour identifier d'éventuelles incohérences entre perceptions des agriculteurs et l'efficacité documentée de certaines pratiques.

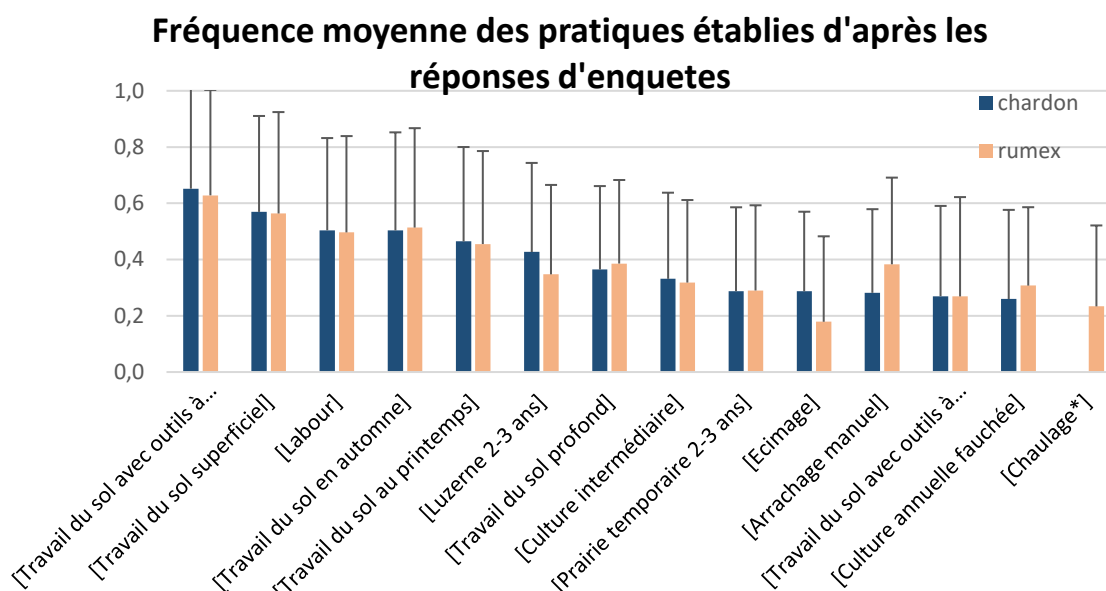


Figure 4 : Fréquence d'intervention pour chaque levier de maîtrise des vivaces. La note de fréquence est estimée d'après les réponses du questionnaire où quatre réponses étaient possibles : jamais (note 0), parfois (note 1/3), souvent (note 2/3), systématiquement (note 1). Les barres d'erreur correspondent à l'écart type. * demandé uniquement pour le rumex

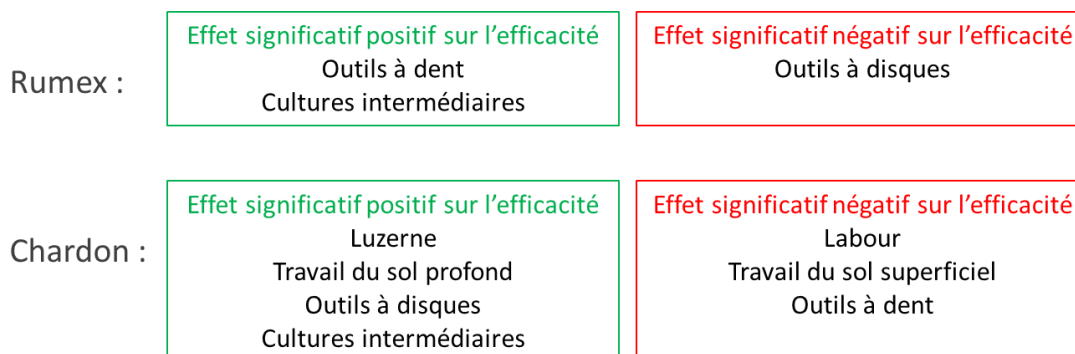


Figure 5 : Pratiques étant significativement reliées à une efficacité perçue par les agriculteurs (significativité établie via régressions ordinales). Tiré de la soutenance de Mémoire de fin d'étude de Gautier Vancleenputte (2019).



2.3 Traque aux pratiques innovantes de gestion du rumex

Trois principaux résultats émergent de la traque aux innovations :

2.3.1. *Des connaissances sur des pratiques d'intérêt et à éviter, jusqu'alors méconnues.*

Plusieurs pratiques ont été révélées par la traque, comme par exemple « semer le blé pour permettre le binage et la concurrence », alors que cette culture est généralement semée sur des rangs équidistants (ne permettant pas le binage). Un agriculteur sème par exemple son blé en alternant deux rangs proches et deux rangs éloignés de 25 cm de manière à pouvoir passer un outil de désherbage dans l'inter-rang. Ces binages sont, de son point de vue, particulièrement efficaces au printemps contre les jeunes rumex issus de graines de l'année. Entre les rangs proches, le couvert végétal plus dense est concurrentiel contre les adventices. D'autres agriculteurs rencontrés profitent des cultures d'été sarclées comme le tournesol, le maïs ou le soja pour effectuer un travail de désherbage mécanique dans l'inter-rang en plus des désherbages mécaniques au printemps. Autre exemple, « récolter les menues pailles » à l'aide d'un équipement adapté – comme le fait un agriculteur depuis quatre ans. N'ayant pas le temps pour le ramassage manuel, cet agriculteur moissonne avec du rumex s'il y en a, et le récupérateur lui permet d'extraire du champ les pailles et les petites graines d'adventices. Par ailleurs, des agriculteurs ont évoqué des pratiques à éviter comme « déchaumer avec des outils à disques ». Un agriculteur explique par exemple avoir multiplié la présence de rumex dans son champ en utilisant un outil à disque, alors qu'il intervenait au préalable avec un outil à dents avec pattes d'oie Lemken Smaragd. Un autre observe qu'il est préférable de ne pas faire suivre le déchaumeur d'un rouleau, ce qui, « revient à planter les pivots arrachés ». Suite à cette observation, l'agriculteur a adapté son outil en remplaçant le rouleau par une triple herse, qui permet de laisser les pivots de rumex en surface, ce qui est propice à leur dessiccation.

2.3.2. *Des pistes de recherche à explorer sur la biologie du rumex*

Les observations faites par les agriculteurs sur l'évolution des populations de rumex sur leurs parcelles ont permis de mettre au jour des conditions du milieu qui apparaissent, selon eux, favorables à leur développement, et méconnues dans la littérature. Par exemple, selon 8 des 11 agriculteurs rencontrés, les prairies temporaires de luzerne, trèfle violet, ou trèfle blanc nain créent un milieu favorable au rumex et stimulent son développement. Deux hypothèses sont émises par les agriculteurs : des graines de rumex seraient présentes dans les graines de légumineuses semées au champ (graines de même taille), et/ou la luzerne et les trèfles stimuleraient la germination des graines de rumex présentes dans le sol. A ce jour, il n'existe aucun travail de recherche sur les interactions entre légumineuses et rumex. Pour combler ce manque l'hypothèse a été testée dans des essais en conditions contrôlées.

3.2.3. *Des comparaisons entre pratiques utiles pour l'action*

La base de données permet l'analyse croisée des entretiens sous différents angles. Un premier concerne les manières dont des pratiques peuvent être combinées. Par exemple, un agriculteur souhaitant réduire au minimum le rumex sur son exploitation a investi dans différents matériels et consacre de la main d'œuvre (observation, arrachage manuel...) pour combiner : des déchaumages répétés (extraction-dessiccation du pivot), l'arrachage manuel et systématique des rumex tout au long de l'année (extraction-exportation du pivot et des graines), il broie sa luzerne plusieurs fois par an à 5 cm de hauteur (évitement des graines), et effectue des faux semis (épuisement du stock semencier). Un second concerne des pratiques variées pouvant être mises en œuvre pour favoriser un même mécanisme de gestion des adventices. Par exemple, l'extraction du pivot du sol et son exportation de la parcelle peuvent être réalisés par : arrachage manuel, ou passage d'outils à dents équipées de pattes d'oie suivi d'une extraction des pivots laissés en surface.

En plus d'être différentes dans leurs réalisations, ces pratiques diffèrent dans leur période d'exécution : mai à juin pour l'arrachage manuel, et après moisson ou après les labours d'hiver (mars-avril) pour les passages d'outils à dents équipées de pattes d'oie suivi des ramassages. Aussi, pour créer un milieu



défavorable au développement du rumex, les agriculteurs peuvent jouer sur : les amendements, l'implantation de cultures d'été permettant les désherbages mécaniques au printemps, la réduction des durées de culture de luzerne, etc. iii) Enfin, une même pratique peut être adaptée à diverses conditions de mises en œuvre (conditions d'humidité, profondeurs de travail du sol, le nombre de répétitions des passages, etc.). Dans la gestion du rumex, les déchaumages à l'aide d'outil à disques se sont révélés contre productifs car ils fractionnent les pivots, et c'est la raison pour laquelle la majorité des agriculteurs rencontrés utilisent des déchaumeurs à dents. Pour autant, un agriculteur chez qui la renouée empêche le passage d'outils à dents, a adapté ses pratiques en effectuant un premier passage très superficiel d'outil à disques, suivi de plusieurs passages d'outil à dents équipées de patte d'oies entre 5 cm et 15 cm de profondeur pour scalper les racines. Dans ce cas précis, l'approche par pratique dans l'analyse croisée apporte des solutions à une problématique dans différentes conditions du milieu.

3. Vers une meilleure connaissance de la biologie du rumex et de sa réponse aux pratiques

3.1 Méthodes et hypothèses de travail

Des essais en conditions contrôlées ont été menés sur *Rumex crispus* afin de compléter un manque de connaissances sur sa biologie et les méthodes de lutte potentielles. Ces travaux visaient à mieux comprendre les conditions de développement de *Rumex crispus* via une approche fonctionnelle, afin de mettre au point des techniques de lutte efficaces via les pratiques agricoles en fonction des spécificités de trois stades clés : la germination, le développement des plantules et la régénération racinaire au stade adulte. L'idée était d'évaluer la sensibilité des traits de vie de ce rumex pendant ces stades face aux facteurs du milieu.

3.2 Les essais sur les capacités de germination du rumex

Le Tableau 1 résume l'ensemble des expériences de germination de *Rumex crispus*, avec les traitements testés

Tableau 1: Récapitulatif des expériences de germination de *Rumex crispus*. L'eau n'était pas limitante dans les différents tests présentés

	Effets de la température et de la photopériode			Effet de la profondeur de levée	Effet des interactions
Thèmes	Influence du travail du sol et du désherbage thermique			Influence du travail du sol	Influence des couverts
Hypothèses	Effet positif de l'amplitude thermique	Effet positif de la durée de photopériode	Synergie entre photopériode et traitement thermique	Baisse des germinations avec l'enfouissement	Baisse des germinations avec la densité de couvert
Méthodes	Sous obscurité constante 1 témoin à température constante (22 °C) 3 traitements de température (15-30 °C, 10-35 °C ou 5-40 °C)	4 traitements à température constante (22 °C) + 1 témoin à l'obscurité et 3 traitements de photopériode (8 h, 12 h ou 16 h de jour)	4 traitements photopériode (8 ou 16h de jour) x 2 températures entre le jour et la nuit (15-30 ou 10-35 °C)	5 profondeurs de levée (0, 1, 3, 4 ou 5 cm) x 5 populations x 3 répétitions	5 variétés de trèfle et 3 variétés de luzerne x 3 densités de légumineuses par rapport au rumex (5/3, 8/3, 12/3) + Témoin rumex seul + Témoins légumineuses seules



Plusieurs facteurs influant potentiellement sur la germination ont été identifiés dans la bibliographie ou dans les enquêtes menées dans le projet. Ils ont donc été retenus pour les essais sur la biologie du rumex.

- La température et la lumière influencent les capacités de germination des rumex : *Rumex crispus* et *Rumex obtusifolius* (Zaller, 2004)
- La germination de *Rumex crispus* est également favorisée par le travail du sol, qui remonte les graines à la surface (Le Deunff, 1980)
- La germination est favorisée par de fortes amplitudes thermiques, voire par des chocs thermiques, même à l'obscurité (Meneghini *et al.*, 1968 ; Le Deunff, 1980 ; Takaki *et al.*, 1985)
- La photopériode car les graines sont très photosensibles et germent facilement en présence de lumière (Le Deunff et Chaussat, 1968 ; Le Deunff, 1980).
- Il existerait un effet combiné de la fluctuation des températures et de la durée de photopériode (Vincent et Cavers, 1978 ; Le Deunff, 1980)

Un autre objectif aura été de déterminer dans quelle mesure la germination de *Rumex crispus* est affectée par la profondeur d'enfouissement. En effet, l'enfouissement des semences de rumex induit leur entrée en dormance comme le montre Zaller en 2004. L'hypothèse testée est que la germination est fortement diminuée à partir d'une profondeur d'enfouissement de 1,0 cm environ (Weaver et Cavers, 1979) et que la germination n'a plus lieu à partir de 2,5 cm de profondeur (Vacher, 2008). Cinq profondeurs ont été testées : 0 cm (surface), 1 cm, 3 cm, 4 cm et 5 cm. Dans cet essai, pour éviter un biais d'inclusion lié à une certaine hétérogénéité inter-populationnelle dans les capacités de germination, plusieurs populations de différentes origines ont été recueillies (5 populations venant d'Occitanie, Bourgogne-Franche-Comté et Ile-de-France).

Enfin, d'après les agriculteurs interrogés dans l'axe 1, la levée des rumex avec des légumineuses est possiblement défavorable aux rumex. Ainsi une autre question travaillée était de voir dans quelle mesure il existe une interaction avec des légumineuses sur la germination de *Rumex crispus*. La bibliographie tend à montrer que la germination des rumex et par la suite leur développement semblent défavorisés par la compétition avec des légumineuses si celles-ci se développent vite (Pye *et al.*, 2011 ; Alshallash, 2018). Une expérimentation de germination en présence de différentes espèces et variétés de trèfle et de luzerne (*Medicago sativa* variété Luzelle, Melissa et Greenmed ; *Trifolium incarnatum* variété Cegalo ; *Trifolium alexandrinum* L. variété Sacromonte, *Trifolium pratense* variété Formica ; *Trifolium repens* variété Merida & Pipolina) a donc été mise en place.

3.3 Identifier le stade clef pour la gestion du rumex

Une autre hypothèse émise dans les enquêtes de l'axe 1 du projet serait que les plantules de rumex se développent rapidement et qu'une gestion rapide et efficace est nécessaire avant que le plant soit trop difficile à gérer. La phénologie du rumex a donc été étudiée afin de déterminer quels sont les stades optima d'intervention avec la herse étrille. D'après les agriculteurs enquêtés, le désherbage mécanique perdrait son efficacité à partir des stades trois ou quatre feuilles, quelles que soient les populations de rumex.

3.4 Essai sur la compréhension des capacités de régénération du rumex selon l'âge et la fragmentation

Dans la lutte contre le rumex, il est important de connaître l'effet du type de fragmentation et de l'enfouissement sur la capacité de régénération racinaire (Pye *et al.*, 2011). Ainsi les hypothèses émises sur l'impact des interventions sur la régénération du rumex ont été évaluées. La régénération favorisée par la fragmentation de l'appareil racinaire (Zaller, 2004 ; Pye *et al.*, 2011) serait essentiellement assurée par la partie racinaire supérieure : collet et tiges souterraines, ces dernières comprenant des bourgeons racinaires (Pye, 2008 ; Pye *et al.*, 2011 ; Alshallash, 2018).



Le taux de régénération et le développement de la plantule sont a priori affectés par la profondeur d'enfouissement (Pino *et al.*, 1995 ; Pye *et al.*, 2011) et les conditions de régénération et les caractéristiques de la racine (profondeur, coupe racinaire, âge et masse du pivot) (Dobinson, 1976). Pour tester la régénération racinaire de rumex, 125 pivots de *Rumex crispus* ont été récupérés à partir d'individus présents dans une parcelle d'avoine et de pois à Sèges, près de la commune de Boudou dans le Tarn-et-Garonne. Une distinction a été faite entre les jeunes et les vieux pivots. La capacité de régénération a été testée pour 3 profondeurs, 1 cm, 10 cm et 25 cm.

3.5 Les résultats obtenus

Les conditions optimales de germination du rumex ont également pu être déterminées en laboratoire. Le couple photopériode et amplitude a un effet sur le taux de germination : les photopériodes courtes avec une faible amplitude thermique sont plus favorables à la germination (8 h de lumière et amplitude thermique de 15-30 °C). La profondeur d'enfouissement de la graine a également un fort impact sur la germination. Une graine posée en surface a un faible taux de germination *a contrario* d'une graine disposée

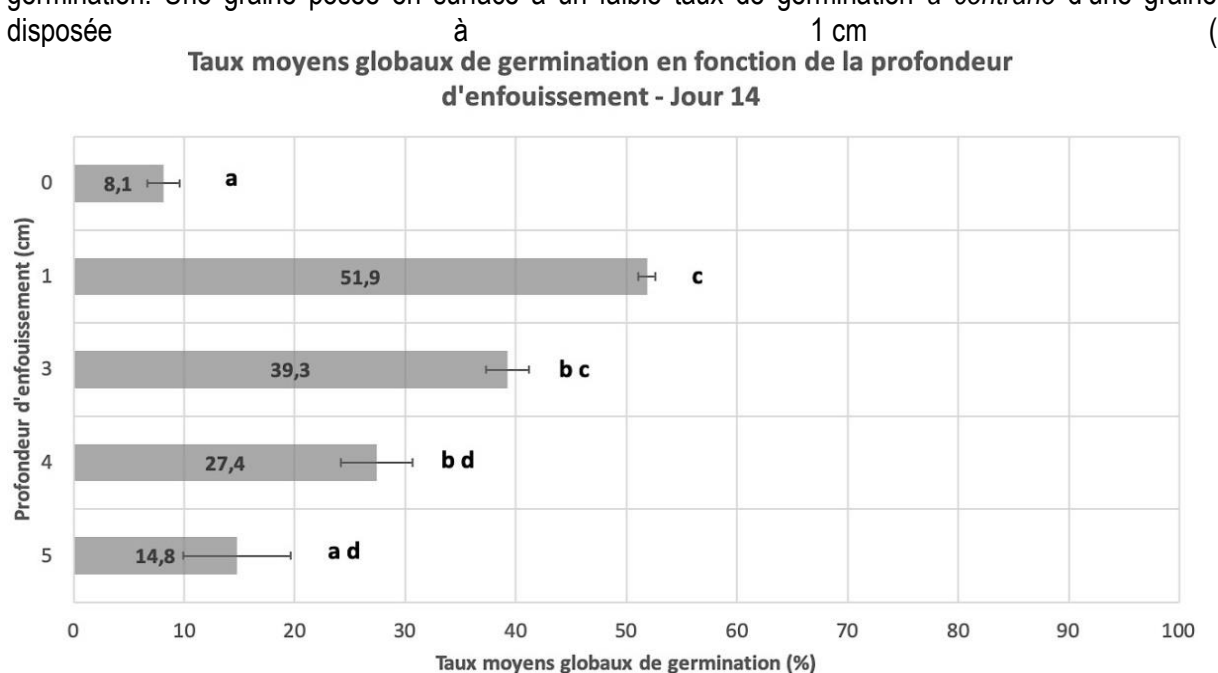


Figure 6). La faculté germinative décroît selon la profondeur d'enfouissement avec un effet de la taille de la graine sur le taux et la durée de germination. Les graines les plus petites de rumex ont plus de difficultés à germer.

L'étude de la phénologie et notamment de la croissance des racines et des parties aériennes a montré qu'après le stade de 3 feuilles la plantule a une surface racinaire et aérienne qui augmente très fortement. Cette augmentation se constate dans une moindre mesure sur les rapports des surfaces et biomasses foliaires/racinaires. Cela valide le stade 3 feuilles comme stade limite pour une destruction optimale des plantules.

Les essais ont également montré que, sans fragmentation, le taux de régénération du rumex est très proche de 100 % sans influence de l'âge du rumex (Figure 7). En revanche, après fragmentation le taux de régénération est impacté : la partie supérieure a un taux de régénération proche du plant entier sans fragmentation mais la partie inférieure a beaucoup plus de difficulté à repartir. Il est même très probable que les rares fragments qui se régénèrent correspondent à des situations de l'essai où l'emplacement du collet a été mal qualifié.

L'expérience de germination en présence de différentes espèces et variétés de trèfle et de luzerne (*Medicago sativa* variétés Luzelle, Melissa et Greenmed ; *Trifolium incarnatum* variété cegalo ; *Trifolium*



alexandrium L. variété Sacromonte, *Trifolium pratense* variété Formica ; *Trifolium repens* variétés Merida et Pipolina) n'a pas montré de baisse significative des levées de rumex, ni d'effet sur la masse sèche produite ensuite. Les populations de rumex sont effectivement considérées plus denses au sein de prairies de trèfles et de luzerne (fiche CasdarDM, 2012, résultats d'enquête de CAPABLE). Or, certains auteurs comme Pye (2008) et Alshallash (2018) évoquent une baisse des germinations et un plus faible développement des plantules de rumex en présence de ces légumineuses. Cette contradiction est peut-être due au protocole (stade de la légumineuse trop peu avancée) ou à un biais d'interprétation. En effet, le rumex pourrait être plus facilement visible dans des cultures pluriannuelles de légumineuses que dans des cultures annuelles. Le protocole en lui-même ne permet pas de conclure sur l'effet d'une prairie temporaire bien implantée. Les tests en conditions contrôlées montrent que les amplitudes thermiques plus faibles sont favorables à la germination du rumex, conditions que pourrait permettre un couvert végétal bien développé. Il est donc difficile de statuer sur l'effet de la présence d'un couvert de légumineuses.

Taux moyens globaux de germination en fonction de la profondeur d'enfouissement - Jour 14

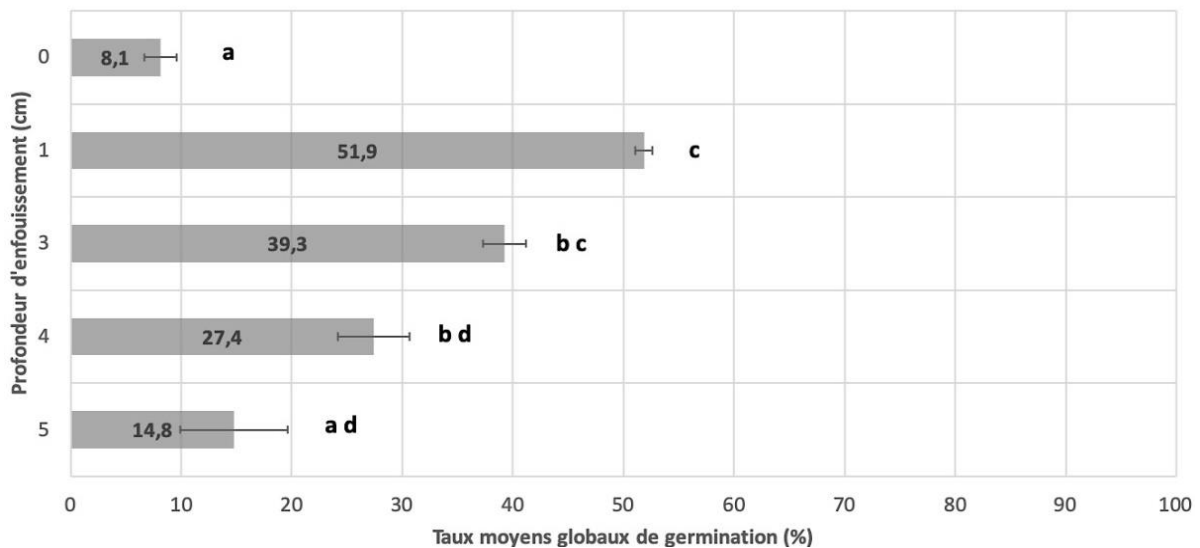


Figure 6 : Germination à 14 jours selon profondeur d'enfouissement de graines de rumex. Les lettres correspondent aux regroupements statistiquement cohérents. Les barres d'erreurs représentent la variation entre les populations de rumex testées. Figure issue du mémoire de fin d'étude de Clément Dusserre (2019).

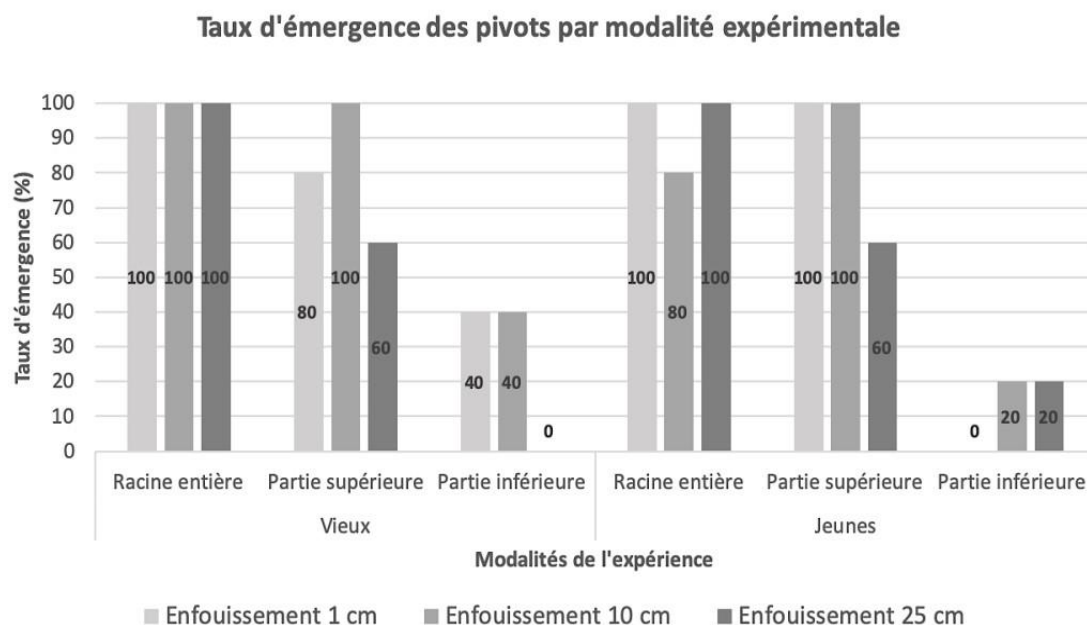


Figure 7 : Effet de la fragmentation du plant de rumex sur sa capacité à se régénérer. Figure issue du mémoire de fin d'étude de Clément Dusserre (2019).

4. Evaluation de stratégies de gestion du chardon et du rumex

4.1 Stratégies de gestion testées et modalités d'évaluation

Chaque partenaire expérimentateur a testé *a minima* 2 stratégies de gestion du chardon ou du rumex sur des parcelles de grande surface dédiées. Les protocoles étant différents pour les deux types d'adventices, les essais n'ont été suivis que sur une des deux adventices.

Les stratégies évaluées sur rumex étaient au nombre de 4 ; elles étaient à mettre en place sur les taches et/ou les bandes de rumex. Malgré l'absence de répétition intra-parcelle, la multiplication des sites a permis d'augmenter la puissance du dispositif et de faire des calculs statistiques en regroupant les stratégies (ce sont des répétitions à l'échelle d'un réseau). Les stratégies évaluées sont (Roques *et al.*, 2022) :

- **Scalper (stratégie 1)** : Intervention à l'interculture à commencer dès l'été : plusieurs passages successifs avec un outil permettant de scalper les rumex (outil type patte d'oie ou déchaumeur à ailettes).
- **Scalper et extraire (stratégie 2)** : Intervention à l'interculture à commencer dès l'été : un premier passage pour scalper les rumex (outil de type patte d'oie ou déchaumeur à ailettes) puis plusieurs passages pour remuer et extraire les rumex (outil de type vibroculteur).
- **Extraction / Dessication (stratégie 3)** : Intervention à l'interculture à commencer dès l'été : passage d'une charrue déchaumeuse (travail à 15 cm) puis passage d'outil à dents droites au plus tard 2 jours après pour extraire les rumex
- **Bac à sable** : stratégie innovante définie avec l'agriculteur. Les stratégies testées dans cette 4^{ème} modalité n'ont pas eu pour vocation à être intégrées dans le regroupement des essais mais ont eu pour but d'identifier des pistes de gestion innovantes et alternatives

Les parcelles choisies devaient avoir une infestation suffisante en rumex (5-10 pl/m²) et leur rotation devait autoriser une culture se récoltant au début de l'été lors de la campagne 2018. Chaque essai contenait *a minima* les stratégies n°1 et n°2. Chacune était située sur une zone significativement infestée en rumex mais pas nécessairement contiguës. La dimension minimale de l'essai devait correspondre à deux largeurs d'outils sur 50 m de long minimum, centrées sur la zone d'infestation.



Les différentes mesures et observations ont été réalisées dans une zone fixe, au cœur du foyer d'infestation. La zone de suivi devait mesurer 32 m² ou 130 m² et être redécoupée en 32 cellules (de 1 m² ou 4 m² chacun). Pour chaque cellule (de 1 m² ou 4 m²), il a été noté le nombre de pousses de rumex présentes et les stades minimum, maximum et le stade le plus fréquent. Les suivis ont été réalisés à différentes dates : aux états initiaux et finaux, à la floraison de la culture avec une note intermédiaire 1 fois par an. En sus de ce suivi, plusieurs données de caractérisation du site devaient être collectées : description précise des outils utilisés, la caractérisation du sol de la parcelle : type de sol, profondeur, fonctionnement hydrique (risque d'hydromorphie, vitesse de ressuyage...), pH, taux de matière organique, l'historique de la parcelle : succession culturale, travail du sol et désherbage mécanique, apports de fumure (risque d'apport de graine), depuis quand les rumex sont présents.

Pour les essais orientés gestion du chardon, 3 stratégies ont été testées (Vuillemin *et al.*, 2022) :

- La **stratégie 1** visait la mise en œuvre d'un travail du sol le plus fréquent possible pour épuiser le chardon : plusieurs déchaumages en été, interventions au printemps avant semis de la culture d'été...
- La **stratégie 2** combinait à la fois des travaux du sol répétés d'été et la mise en place d'une culture étouffante.
- La **stratégie 3** misait sur une couverture maximale du sol avec des couverts étouffants en interculture.

Chaque site a expérimenté la stratégie 1 et l'une des deux autres au choix. Les essais ont tous démarré par une culture récoltée en juillet et se sont terminés par une culture d'hiver récoltée également en juillet.

Comme pour le rumex, les zones suivies devaient suivre les contraintes matérielles en termes de largeurs d'outil mais au minimum 2 largeurs d'outil et cette fois avec au moins 2 zones de comptage. Les deux zones de comptages servaient à regarder s'il y avait une différence entre le centre du rond de chardon et sa périphérie. Les zones fixes de comptage du chardon étaient des quadrats de 8 m² (2 x 4 cadres) pour des mailles de 1 m² maximum (plus fin sur un site). Les 2 bandes ont été mises en place sur au moins 2 ronds de chardon différents. Le reste du suivi et des informations recueillies étaient identiques aux essais rumex.

Aucun des résultats sur les essais systèmes n'a été significatif au seuil alpha de 5 %, à part un cas d'essai chardon. Plusieurs raisons expliquent ces résultats ; l'une des plus évidentes est la forte fréquence d'écarts aux protocoles dus à la variabilité du climat entre les années d'essai et la complexité de mise en œuvre du travail du sol et des couverts.

En particulier sur chardon, les 3 déchaumages prévus n'ont pas toujours été réalisés, notamment à cause de l'impossibilité d'intervenir sur un sol trop sec pour les essais situés dans le sud-ouest. Enfin, l'année de démarrage différente suivant les essais a joué sur l'hétérogénéité du réseau. Néanmoins, à défaut d'avoir des résultats statistiquement significatifs, des tendances se sont dégagées et l'expérience des expérimentateurs a été précieuse pour interpréter les résultats obtenus.

4.2 Les enseignements tirés de l'expérimentation-système

Premier constat, sur les essais rumex, tous les sites où la densité initiale de rumex était comprise entre 2 et 10 pl/m² ont tiré bénéfice d'un travail du sol en interculture. La réduction de la densité de rumex atteint 70 % dans certains cas, grâce à l'alternance d'intercultures courtes et longues et à un travail du sol répété.

Alterner les cultures d'hiver et de printemps, voire intégrer une culture d'été, a semblé exercer une action à différentes périodes du cycle de vie du rumex. L'introduction d'une culture de printemps permet une intervention avant le semis, en début de printemps avant que le rumex ne reconstitue les réserves de sa racine, épuisées en sortie d'hiver. La culture d'été offre l'occasion d'intervenir lorsque les hampes florales apparaissent, avant la maturité des graines. Enfin, la récolte de la culture d'hiver affaiblit les réserves par



les passages répétés en été dans la mesure où ceux-ci peuvent être réalisés (difficulté d'intervention en cas de sécheresse).

En culture, la herse étrille se montre peu efficace sur des rumex développés. Dans un essai où les jeunes rumex ont été supprimés, la population de rumex adultes, bien que faible ($< 0,3$ rumex/m²), est restée constante et arrive donc aux stades floraison et grenaison. En présence de rumex de plus de 6 feuilles, il serait donc plus prudent d'opter pour un outil plus agressif (par exemple deux passages de bineuse).

L'intérêt des couverts en interculture n'a pas pu être mis en évidence dans ces essais. Seuls trois sites ont pu les implanter et leur développement a été très peu satisfaisant. Néanmoins en Bourgogne, dans l'essai où l'infestation était la plus forte, c'est avec un travail du sol combiné à l'implantation d'un couvert que la réduction de la densité de rumex a été la plus importante, comparée à un travail du sol seul. (Roques *et al.*, 2022)

Pour le chardon, la stratégie de l'utilisation des couverts n'a pas pu être analysée non plus (uniquement 2 essais mis en place). Néanmoins il ressort des expérimentations qu'un couvert réussi pourrait contenir le chardon à condition qu'il soit complété d'un travail du sol (stratégie validée pour un seul essai uniquement). En effet, la couverture du sol seule ne suffit pas à contrôler les chardons. Autrement la stratégie la plus efficace pour la gestion du chardon semble être la combinaison du recours au labour plus fréquent avec l'implantation de cultures couvrantes d'hiver dans le but de faire des déchaumages répétés durant l'été après la récolte de la culture d'hiver. La stratégie 1 a permis une réduction du chardon supérieure ou égale à 79 % par rapport à l'état initial dans 2/3 des essais, contre 1/4 des essais pour la stratégie 2. Cependant la variabilité des essais et des réponses du chardon interroge sur la transposabilité de ces résultats sur les stratégies 2 et 3. En effet, malgré des résultats qui tendent en moyenne vers une régression du chardon il a pu y avoir sur certains essais une augmentation du nombre de repousses de chardon. Il est très probable que les conditions de réalisation des pratiques soient l'élément clef pour maîtriser le chardon. Concernant le labour il est néanmoins recommandé de modérer son utilisation puisque son efficacité à court terme peut masquer des difficultés de gestion à plus long terme : en effet le chardon peut repartir plus profond ce qui limitera l'efficacité de futures interventions. (Vuillemin *et al.*, 2022)

Les outils les plus efficaces dans les deux cas sont ceux qui permettent un bon recouvrement des interventions (outils travaillant 100 % de la surface, dents équipées d'ailettes par exemple). Dans le cas du rumex, pour maximiser l'effet d'expiration, les outils à dents semblent à privilégier. Enfin, quel que soit l'outil, le choix d'une fenêtre de passage en conditions sèches est très important pour éviter le redémarrage des fragments ou des plants extraits. Par ailleurs, certaines zones géographiques doivent plutôt miser sur des passages au printemps : en effet les fenêtres d'interculture post récolte sont limitées par la sécheresse qui rend compliqué le passage d'outils d'une part à cause du sol trop dur pour rentrer les outils et d'autre part parce que dans ces circonstances le chardon et le rumex se développent peu.



4.3 Évaluation multicritère des stratégies de gestion du chardon et du rumex

Pour compléter l'évaluation de l'efficacité des pratiques, une analyse multicritère a été effectuée dans deux cas-types (

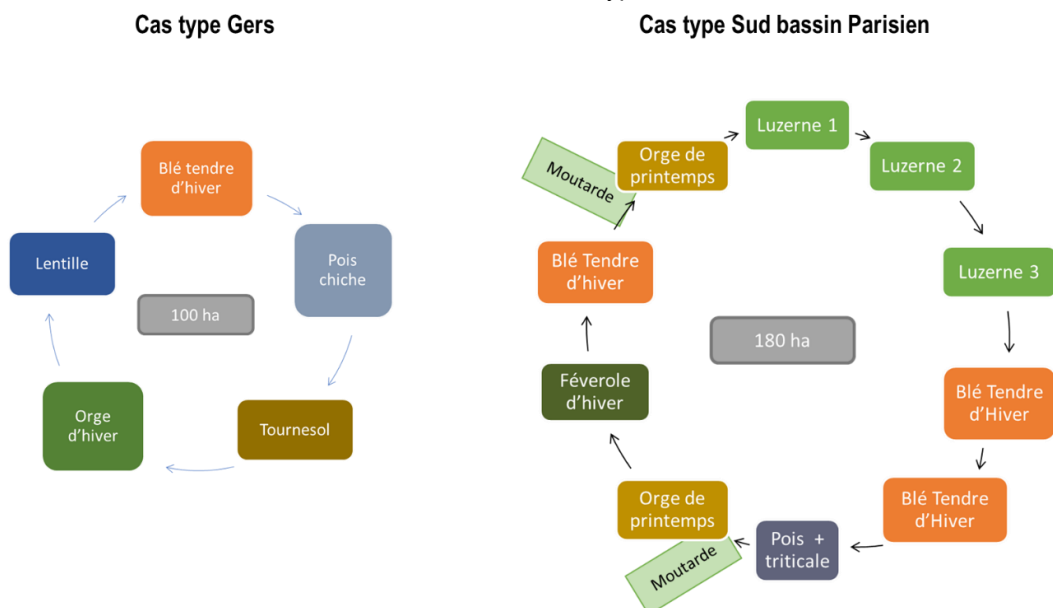


Figure 8) contrastés du Gers (SAU¹ 100 ha, 1 Unité de Travailleur Humain (UTH) familiale +0.3 UTH occasionnelle, sol argilo-calcaire superficiel) et du Sud Bassin Parisien (SAU 180 ha, 1 UTH familiale +0,3 UTH salariée, sol limon moyen à bon potentiel). Les cas-types de référence ont été modifiés pour intégrer un changement de pratiques en adéquation avec les stratégies évaluées dans les essais (stratégies 1 et 2). Les changements se sont traduits de la manière suivante :

- Stratégie 1 de gestion du chardon : repositionnement des cultures pour augmenter les fenêtres d'intervention pour le travail du sol + augmentation du nombre de passages en interculture. Aucun couvert en interculture pour maximiser les fenêtres d'intervention.
- Stratégie 2 de gestion du chardon : substitution de cultures de printemps de la rotation par une association d'hiver étouffante (triticales/pois) + augmentation du nombre de passages en interculture. Aucun couvert en interculture pour maximiser les fenêtres d'intervention.
- Stratégie 1 de gestion du rumex : la modification principale est la modification du type d'outil utilisé : les outils à dents superficielles sont privilégiés (vibroculteur, déchaumage à disques)
- Stratégie 2 de gestion du rumex : la modification principale est également la modification du type d'outil utilisé : les outils à dents superficielles sont privilégiés (vibroculteur, déchaumage à disques) mais avec une alternance des fenêtres hiver/printemps/été plus accentuée et des interventions plus tardives (semis décalé dans la mesure du possible).

L'évaluation des pratiques a été réalisée à l'échelle de l'exploitation grâce aux calculs d'indicateurs organisationnels (temps au champ), économiques (marge nette) et environnementaux (émissions de GES) par l'outil SYSTERRE®. L'impact du changement de pratiques pour la gestion du chardon et du rumex est très faible sur la quantité et la répartition du temps passé au champ (de +0,4 h/ha à -0,1 h/ha). Globalement, les marges nettes des exploitations varient négativement de manière modérée pour le rumex (-13 €/ha dans le pire des cas). Les écarts sur la marge nette lié à l'adaptation du système sont

¹ Surface Agricole Utile : notion normalisée dans la statistique agricole européenne. Elle comprend les terres arables (y compris prairies temporaires, jachères, cultures sous abri, jardins familiaux...), les surfaces toujours en herbe productives et les cultures permanentes (vignes, vergers...). (Définition INSEE)

plus importants pour le chardon : -4 €/ha (Bassin Parisien) à -37 €/ha (Gers) pour la stratégie 1 et -57 €/ha (Bassin Parisien) et +60 €/ha (Gers) pour la stratégie 2.

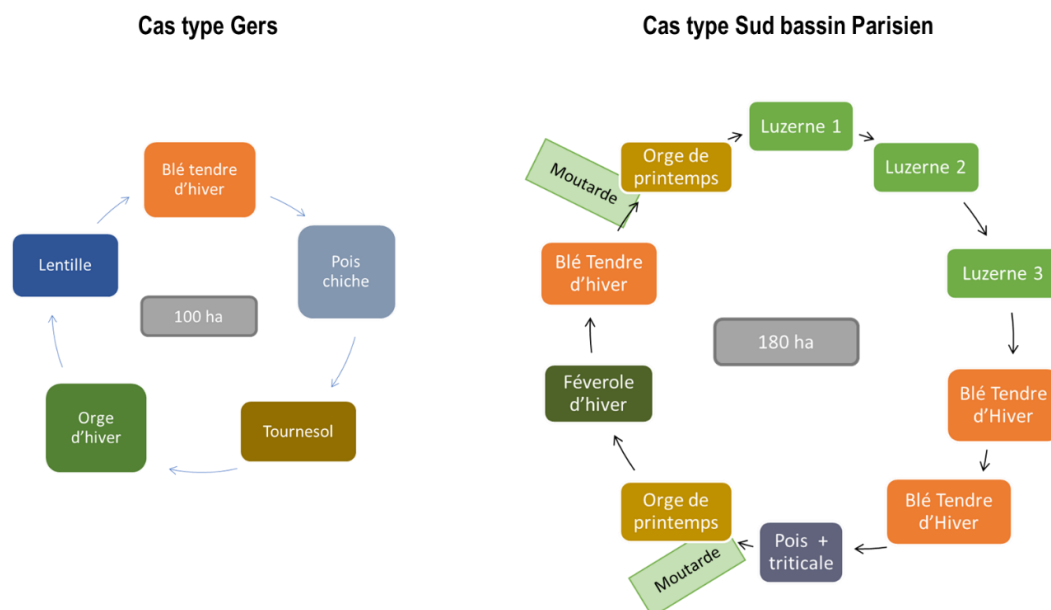


Figure 8 : Rotations des cas types retenus pour l'analyse pluricritères avec SYSTERRE®

L'impact sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) est globalement limité. Elles baissent faiblement pour trois des quatre situations étudiées pour le rumex (baisse des émissions liées au carburant ou la fertilisation). De même, une baisse est observée pour les stratégies chardon appliquées au cas-type Sud Bassin Parisien. Les émissions de GES évoluent plus fortement à la hausse pour la gestion du chardon dans le Gers : +61 à +198 kg_{eq}CO₂/ha (soit +8 % à +25 %). Cette hausse est majoritairement liée à l'utilisation plus importante de fertilisants dans la rotation à cause des cultures qui ont été remplacées dans la rotation. Cet impact peut donc être contenu en réduisant ou en faisant l'impasse sur la fertilisation de ces cultures. En effet dans certains cas, l'impasse de la fertilisation est envisageable notamment dans des cas de forte pression adventices ou en cas d'absence de rentabilité de la pratique comme cela a pu être observé dans certaines contextes de production (CREABio 2013).

L'adaptation des pratiques et des rotations sur les cas types pour la gestion du chardon et du rumex a un impact globalement modéré, et pas nécessairement négatif, sur les indicateurs socio-économiques et environnementaux. Les variations de performances sont très différentes selon le cas-type étudié et le levier appliqué (changement d'assolement et gestion de l'interculture). Par ailleurs, certains impacts peuvent être partiellement compensés à court terme comme l'impact environnemental par l'ajustement de la fertilisation qui pèse de manière importante sur les émissions de GES.

5. Vers un outil opérationnel pour orienter les choix de gestion du chardon et du rumex

5.1 L'outil OdERA Vivaces et son paramétrage

OdERA Vivaces est un Outil d'Évaluation du Risque en Adventices Vivaces. Il permet d'attribuer une note de risque de développement du chardon en fonction de l'itinéraire technique de l'agriculteur à l'échelle du système de culture ou bien d'une parcelle donnée. Il est utilisé pour évaluer l'efficacité d'un changement de pratiques culturales et de comparer différentes stratégies. Cet outil est à destination des agriculteurs et des conseillers. Sa construction s'appuie sur la synthèse bibliographique et les connaissances acquises par les partenaires des projets AgriBio (2013-2017), VivLéBio (2017-2019). Il a été construit pour les Hauts-de-France avec l'expertise de chercheurs, d'experts, de conseillers agricoles et avec



l'appui des données issues d'enquêtes auprès de 55 parcelles d'agriculteurs locaux pour être informatisé dans le cadre de VivLéBio en 2017.

Le calcul du risque chardon se base sur 5 critères, pour lesquels il existe plusieurs modalités de réponses. Pour calculer le score de risque, une valeur est attribuée à chaque modalité et chaque critère est pondéré par un facteur d'impact de la pratique sur la réduction du chardon. Les critères liés aux pratiques les plus efficaces possèdent ainsi la pondération la plus élevée. Lorsque l'utilisateur a donné une modalité de réponse à tous les critères, la valeur de la modalité est multipliée par le poids du critère, et les scores ainsi obtenus pour chaque critère sont additionnés pour former le « score total ». Le score total est ensuite transformé en une note de risque comprise entre 1 et 10, 1 correspondant à une probabilité de diminution du chardon sur la parcelle et la note 10 le risque maximal de prolifération du chardon.

L'outil a d'abord été construit pour une utilisation en région Hauts de France. Le travail a visé, entre autres, à adapter cet outil à de nouvelles régions tout en améliorant le paramétrage grâce au partenariat du projet CAPABLE. Des experts des régions Ile de France, Centre-Val-de-Loire et ex-Midi-Pyrénées ont pu être réunis pour réfléchir à l'adaptation de l'outil à leur région. Les discussions des experts ont également mis en relief des améliorations possibles du modèle pour la région Hauts-de-France, pour laquelle le paramétrage a donc été amélioré. Il est apparu que les régions Centre-Val-de-Loire et Ile-de-France comportaient les mêmes types de systèmes de culture et les mêmes conditions pédoclimatiques, il a donc été décidé de ne faire qu'un seul paramétrage commun à ces 2 régions. Les experts ont discuté des points suivants

- La pertinence de chaque critère dans leur région
- Des conditions d'efficacité de chaque critère, ou conditions de prise en compte de la pratique dans l'évaluation
- De la pondération de chaque critère dans la note finale
- De nouveaux critères à intégrer à l'évaluation du risque

Ces éléments ont permis d'orienter les questionnaires qui ont été émis en ligne pour le paramétrage de l'outil. À cet égard, 2 enquêtes ont été co-rédigées avec les experts partenaires. La première était destinée aux régions Centre, Ile-de-France et Hauts-de-France et la seconde à l'ex-Midi-Pyrénées. Il a ensuite été demandé aux partenaires de diffuser l'enquête auprès de leurs réseaux de producteurs, par mail et sur les réseaux sociaux.

L'enquête portait sur une parcelle à la fois, pour laquelle les renseignements suivants étaient recueillis :

- Année de conversion et durée de la rotation ;
- Renseignements des critères validés par les experts, en nombre d'années où la pratique est réalisée (sauf pour les cultures pluriannuelles) ;
- Évolution du chardon sur la parcelle à l'échelle de la rotation ;
- Autres : caractéristiques hydriques de la parcelle, autres vivaces présentes.

Le nombre minimum de parcelles nécessaire au paramétrage a été fixé à 30. Cet objectif a été respecté pour les régions Centre et Hauts-de-France, mais pas pour les régions Ile-de-France et Midi-Pyrénées. La région Ile-de-France devant être paramétrée de la même façon que la région Centre, le jeu de données pour ce paramétrage était de 56 parcelles, ce qui est suffisant. En revanche, pour la région Midi-Pyrénées, l'adaptation de l'outil a été réalisée à partir des 28 réponses recueillies. Le jeu de données n'était en revanche pas suffisant pour conduire une validation indépendante de l'outil.

5.2 Les résultats après paramétrage

Huit leviers ont été identifiés par les groupes d'experts mobilisés pour caler l'outil pour la gestion du chardon :

1. Les cultures pluriannuelles



2. Les cultures concurrentielles
3. Les déchaumages répétés d'été
4. Le travail du sol au printemps
5. Le labour
6. Les cultures sarclées
7. Le désherbage manuel (uniquement régions centre/Ile de France & Hauts-de-France)
8. L'écimage

Parmi ces techniques, deux ne sont pas apparues corrélées significativement avec les fréquences dans les rotations et l'évolution du chardon : l'écimage et les cultures concurrentielles. Pour le premier cela s'explique par une reproduction du chardon majoritairement végétative. Pour la concurrence des cultures il semble que son effet soit très aléatoire. Ces deux critères ont donc été écartés de l'outil.

La culture pluriannuelle n'est pas apparue aussi efficace dans les enquêtes que dans la bibliographie avec 70 % des parcelles dans les Hauts de France où la pression du chardon est en augmentation malgré une culture fauchée (50 % pour une tendance à la stabilisation). En régions Centre et Ile de France, le levier de culture pluriannuelle est apparu plus efficace, avec 60 % des parcelles où le chardon est stable. Dans le Sud-Ouest, le levier apparaît efficace, avec seulement 2 parcelles sur 14 qui ont vu la pression du chardon augmenter avec les couverts pluriannuels.

Les déchaumages répétés sont aussi apparus comme un levier important de gestion sauf dans le sud ouest où les conditions ne permettent pas toujours une bonne efficacité. Cela montre bien qu'un levier, même efficace, n'est pas valable de la même manière suivant les contextes pédoclimatiques. Les résultats sur l'utilisation du labour tendent à montrer son efficacité sur la gestion du chardon. Il n'y a néanmoins pas de différences significatives entre les différentes fréquences d'utilisation, ce qui suggère qu'un labour ponctuel est suffisant et permet d'éviter les effets potentiellement négatifs de son utilisation trop fréquente.

Le désherbage manuel n'est que très peu effectué dans le sud ouest et il n'aura pas été possible de renseigner l'outil dans ce contexte. Néanmoins, dans les deux autres régions enquêtées, il apparaît comme un levier très efficace, avec un lien significatif entre stabilisation et fréquence de passage (passage jusqu'à plus d'une fois tous les deux ans). Malgré la pénibilité de l'intervention, cela reste un levier de maîtrise très important.

La fréquence de travail du sol au printemps est positivement corrélée à la stabilité dans le sud ouest mais pas dans les autres régions. L'effet du travail du sol au printemps apparaît efficace d'après les avis d'experts et les références bibliographiques sur le sujet. Pour ce qui concerne l'effet significatif du travail du sol dans le sud ouest, on peut penser que celui-ci est d'autant plus efficace que les conditions séchantes sont plus fréquentes au printemps dans le sud de la France.

Ces divers constats ont permis le calage de l'outil dans ces nouvelles régions, et ont permis d'appliquer des pondérations aux scores d'efficacité. L'évaluation de l'outil montre des résultats plutôt satisfaisants pour les Hauts-de-France et l'Ile-de-France, mais en retrait en Midi-Pyrénées (Figure 9). Ces derniers ne reflètent pas nécessairement un mauvais calage de l'outil, les réponses aux enquêtes étant peu élevées. Au final l'outil nécessitera encore d'être travaillé pour être opérationnel. Pour cela, il sera nécessaire de mener des enquêtes supplémentaires pour consolider les résultats, et évaluer l'outil de manière indépendante. L'intérêt d'avoir un jeu de données indépendant est d'autant plus important que le fort développement du chardon observé en 2021, année de l'enquête qui a servi au calage d'ODERA vivaces, a certainement eu un impact non négligeable sur les réponses obtenues. Néanmoins ces premiers résultats sont très prometteurs et justifient de mener des travaux complémentaires.

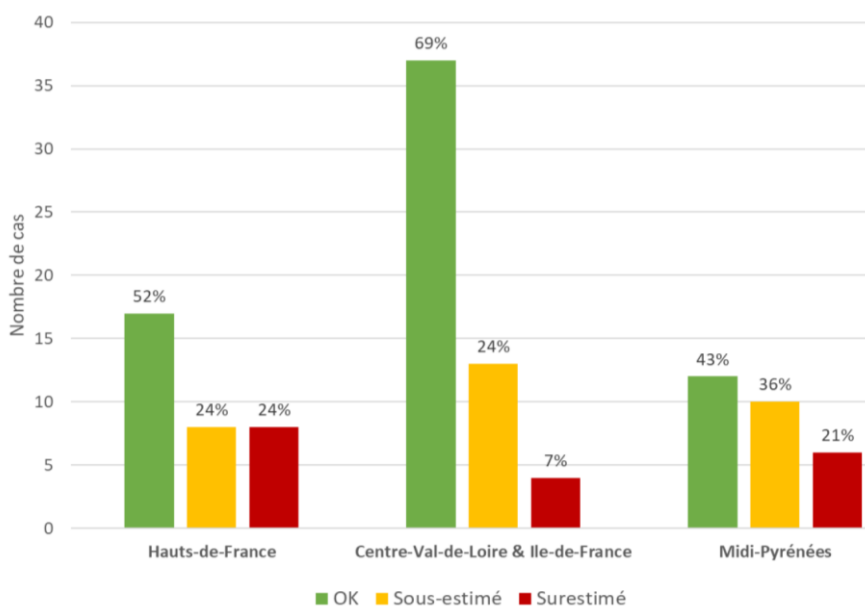


Figure 9 : Évaluation d'ODERA selon les réponses des enquêtes après paramétrage. Le nombre de cas représente le nombre de résultats d'enquêtes qui ont été comparées avec les résultats obtenus avec ODERA vivaces. Les situations « OK » (histogramme de gauche) correspondent aux situations où ODERA Vivace a permis de prédire l'évolution du chardon constatée par les praticiens de la base de données de calibration. En jaune (histogramme du milieu) sont représentées les situations où l'évolution a été sous-estimée et en rouge (histogrammes de droite) les situations où elle a été surestimée.

6. Des ateliers de co-conception pour la construction de stratégies de gestion du rumex et du chardon

6.1 La méthode

Dans ces travaux, il s'agissait de capitaliser les connaissances acquises et les savoirs des praticiens pour améliorer la maîtrise du chardon et du rumex en co-construisant des solutions de gestion. Ces ateliers débouchent sur des propositions de stratégies de maîtrise du chardon et du rumex localement adaptées, mais aussi sur un listing des leviers mobilisables. Initialement, il était prévu 3 ateliers sur la durée du projet permettant ainsi d'alimenter les réflexions des autres tâches sur les essais en condition contrôlées et *in situ*, mais le projet ayant rencontré divers soucis organisationnels, les ateliers ont été menés tardivement. Les intérêts d'une telle démarche sont néanmoins multiples. Ils sont détaillés dans le guide aux ateliers de co-conception développé dans le cadre du Réseau Mixte Technologique Systèmes de Culture Innovants (Reau *et al.*, 2021).

Orienté vers le partage entre acteurs régionaux, l'atelier a visé à capter les savoirs scientifiques et empiriques des participants pour comprendre les logiques d'actions de maîtriser chardon et rumex. Pour cela, il avait été proposé aux partenaires menant des ateliers de faire le tour des pratiques des agriculteurs présents, de présenter les dernières connaissances sur la biologie de l'adventice, et des techniques de gestion connues (incluant les résultats du projet). Les discussions mises en place devaient aboutir à des listes régionalisées de leviers de gestion (connus et innovants) en mettant l'accent sur les logiques agronomiques sous-jacentes. Pour mettre en application ces leviers de gestion, et construire une stratégie globale à explorer il a aussi été proposé soit d'opter pour des discussions autour de l'adaptation de rotation(s) existante(s) soit de construire des prototypes de rotations. Afin d'accompagner les animateurs à la création de leurs ateliers, un guide a été créé, regroupant des outils d'aide à la construction de la journée avec également des supports de présentations reprenant les éléments bibliographiques sur le chardon et le rumex.

Les 3 ateliers ont bien été menés dans trois zones géographiques différentes : 2 dédiés au rumex (animés par Bio Bourgogne et les chambres du Tarn (81) et Tarn-et-Garonne (82)) et un autre sur chardon (animé par le lycée de La Saussaye) (Figure 10). Les partenaires ont néanmoins souligné plusieurs soucis méthodologiques qui ont conforté la mise en place d'un unique atelier par région. En effet, ces ateliers nécessitent un temps de préparation conséquent, et il est difficile de rassembler des agriculteurs même sur des périodes plus favorables en termes de disponibilité. A cela, s'ajoute que les ateliers se sont déroulés en pleine période COVID ce qui a complexifié encore leur réalisation. Les résultats des échanges ont aussi été difficiles à retranscrire : malgré la richesse des échanges, la valorisation s'est avérée complexe de par les très nombreux éléments de discussions qui ont été amenés. En revanche, les échanges ont permis d'apporter de nombreux éléments de réflexion, que ce soit sur des leviers de gestion peu abordés dans les autres tâches du projet et des pistes de recherches complémentaires.

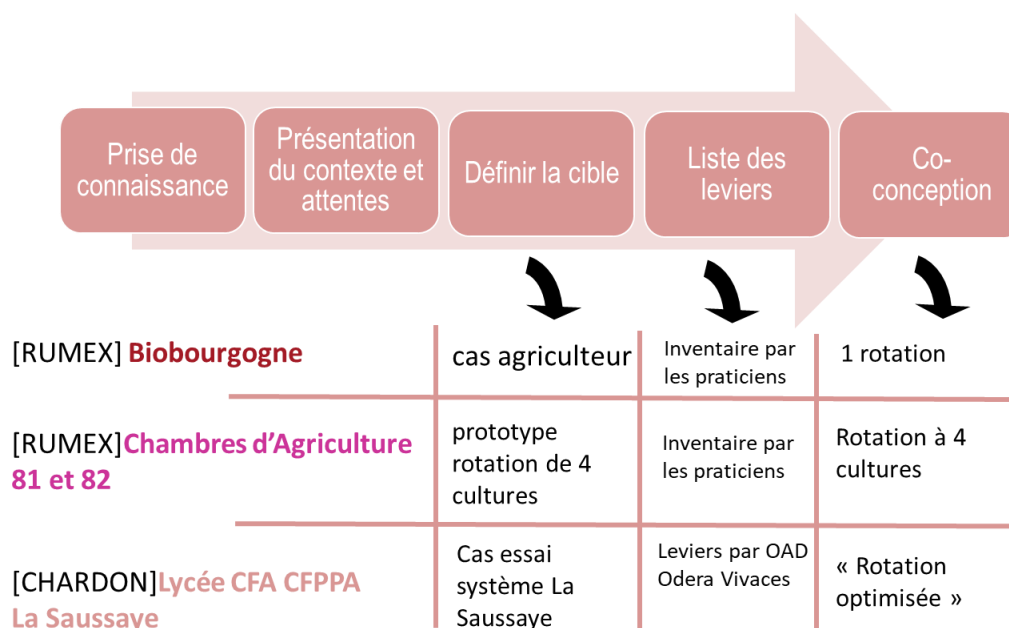


Figure 10 : Schéma résumant les étapes des ateliers de co-conception.

6.2 Synthèse des ateliers sur chardon et rumex

Le travail de ces ateliers a abouti à une liste de leviers mobilisables pour construire des systèmes/rotations permettant de contenir le rumex (Tableau 2). Plusieurs leviers ont été identifiés en commun entre les deux groupes : c'est le cas du maintien de la couverture du sol, le choix d'espèce concurrentielles/allélopathique, et les conditions d'interventions pour le passage d'outils. Ce sont des leviers génériques qui sont en effet généralisables à toutes les situations, avec quelques adaptations locales comme dans le sud-ouest où les déchaumages sont plus efficaces aux printemps. Dans une certaine mesure, la maîtrise du milieu de développement du rumex a été relevée dans les deux ateliers avec d'un côté, l'ajustement de la fertilisation et de l'autre, l'ajustement des propriétés du sol (limiter le tassement, changement de pH, etc.). À noter que le choix de cultures peu exigeantes est relié à la stratégie de réduction de la fertilisation. Un aspect qui n'a pas été travaillé lors du projet est apparu lors des discussions via la qualité du triage des semences. Autres leviers abordés dans l'atelier de Bio Bourgogne : la possibilité de faucher/andainer, levier intéressant à investiguer pour la maîtrise du rumex.

Le projet CAPABLE étant orienté grandes cultures, les techniques de production en lien avec les systèmes avec élevage n'ont pas été travaillées. De même que l'export de biomasse vers un méthaniseur pourrait être une solution. En effet, la biomasse de rumex et les graines pourraient perdre en viabilité après méthanisation. Au-delà de la liste des leviers retenus lors des ateliers, des pistes de stratégies



innovantes ont été identifiées comme la valorisation du rumex pour l'alimentation humaine/animale, l'utilisation de robots/drone pour la gestion et le recours à la lutte biologique.

	Biobourgogne	Chambres d'agriculture du 81 et 82
Concurrence	Maintient de la couverture du sol	Maintenir la couverture du sol
	Choix d'espèces allélopathiques/compétitives	Choix d'espèces allélopathiques/compétitives
	Rotation : durée/diversification	Choisir espèce de même famille
	Cultures associées	Eviter les cultures de printemps et certains couverts
		Choisir des cultures peu exigeantes
Désherbage	Arrachage manuel	Arrachage manuel
	Choix d'une période optimale d'intervention	Choix de la période de passage (printemps)
	Pâturage	Choix du bon outil/combinaison d'outils
	Andainage	Charrue déchaumeuse avant semis de blé
	Fenêtre de désherbage dans la rotation	Intervenir dès que possible
	Jachère travaillée	
Prévention	Modifier la fertilité	Adapter la stratégie de fertilisation
	Nettoyage des outils	Facilité de triage de la culture principale
	Assurer la qualité des semences	Qualité de semences
	Méthanisation/compostage	

Tableau 2 : Tableau regroupant les leviers mobilisables pour la gestion du rumex et retenus dans les ateliers de co-conception.

Les rotations construites dans les ateliers ont abouti à des stratégies différentes : dans le cas de la rotation de l'atelier de Bio Bourgogne, une rotation longue a été proposée intégrant une grande diversité de cultures avec une luzerne de deux ans. Dans le sud-ouest de la France, l'atelier a abouti à deux rotations courtes de 4 ans, l'une avec irrigation et l'autre en sec. Il a été proposé de maintenir au mieux la couverture du sol comme pour la rotation longue, en optant pour l'implantation d'un couvert dans la céréale. Les cultures sarclées (soja, maïs, tournesol) et l'aménagement de fenêtres d'interventions restent parmi les éléments clefs de construction de l'ensemble des rotations. Les cultures sarclées étant incluses 2 fois dans les rotations du sud-ouest.

L'atelier mené sur chardon (atelier co-organisé par le Lycée de la Saussaye et Agro-transfert) a quant à lui abouti à optimiser les pratiques : en effet, la rotation initiale était déjà bien notée par ODERA Vivaces, le but était d'ajouter de nouveaux critères de gestion spécifiques au chardon. Parmi les modifications qui ont été proposées sur la rotation modèle de 10 ans.

- Une tête de rotation « nettoyante » avec une luzernière implantée pour 3 ans
- Substitution de cultures semées en plein par des cultures sarclées (7 cultures sur 11 ans contre 4 cultures sur 10 ans dans le modèle)
- L'utilisation de repousses de colza à la place de l'implantation d'un couvert
- Des cultures plus étouffantes
- Des fenêtres pour des déchaumages répétés en fin de rotation plutôt que réparties sur les rotations.



7. Conclusion et perspectives

Le projet a permis des avancées sur de nombreux points aboutissant à la formalisation des connaissances scientifiques et empiriques autour de la gestion du rumex et du chardon. Avoir travaillé sur deux adventices à la fois aura permis de bénéficier des réflexions de tous les partenaires du projet et d'avoir aussi mis en évidence par comparaison des différences notables entre les deux vivaces, notamment en termes d'enjeux : le chardon a tendance à être considéré de moins en moins prépondérante par les agriculteurs au fil du temps, au contraire du rumex. Par ailleurs, il a été constaté par les partenaires expérimentateurs qu'il y a un antagonisme entre gestion du chardon et du rumex : en effet il a parfois été observé que sur les essais chardon le rumex ait augmenté et inversement.

Les connaissances sur la biologie du rumex ont été améliorées grâce aux tests en conditions contrôlées qui ont permis de valider, d'invalider et objectiver les connaissances issues de la bibliographie et les constats agriculteurs. Sur ce dernier point, la mise en parallèle des différentes enquêtes qui ont été menées montre qu'il y a un besoin de creuser certaines pistes de recherche sur des leviers de gestion innovant tel que le binage des céréales. Sur les connaissances actuelles des leviers de gestion mobilisables, la plus-value du projet a été de mettre en évidence des *a priori* des producteurs qui ne sont pas nécessairement véridiques, pouvant conduire à de mauvaises décisions pour leurs itinéraires techniques.

Les résultats en deçà des attentes sur les essais systèmes (et en dehors des soucis méthodologiques rencontrés) tendent à montrer l'absence de stratégie ayant un effet radical sur les populations de vivaces. Néanmoins, l'évolution régressive du chardon dans les essais qui ont été menés est rassurante. Ceci n'est pas le cas du rumex, ce qui pourrait expliquer la différence de perception en termes d'enjeux de gestion par les producteurs lors des enquêtes.

En perspective, il semble nécessaire de poursuivre les travaux sur le rumex et le chardon avec plusieurs points de vigilance :

- Proposer des essais système (un certain pas de temps est obligatoire pour voir des effets) mais anticiper les risques sur les mises en place d'essais système (notamment que les partenaires soient eux-mêmes responsables des interventions ; un strict minimum de durée des essais 3 à 4 ans)
- La prise en compte du reste de la flore (risque d'antagonisme des pratiques)
- Une bonne connaissance de l'historique de développement des vivaces ou débiter le suivi sur l'implantation de vivaces sur une parcelle historiquement saine
- Poursuivre les travaux en lien avec les capacités de régénération des vivaces in situ
- Une réflexion sur les indicateurs de suivi des vivaces

En effet, a posteriori il aura manqué des éléments complémentaires pour réellement statuer sur l'évolution du chardon. Le projet CAPABLE s'est concentré sur le nombre de repousses mais un indicateur de biomasse pourrait être aussi pertinent. Des approches par allométrie, si elles sont fonctionnelles, pourraient permettre d'accéder à cette information. Sur les protocoles, il n'avait pas été prévu une analyse de la méthodologie utilisée mais la représentativité de la zone de suivi pourrait être interrogée au vu de l'hétérogénéité observée dans certaines zones de suivi. Sur ce point, un travail a malgré tout été mené sur les données du site de la Hourre et sur le suivi du chardon (Gers) montrant que l'aire minimale pour caractériser la zone est proche d'1 m² (statistiques inférentielles basées sur tirage aléatoire). Néanmoins, sur d'autres essais la variance entre cadres de suivi était plus élevée, il n'est donc pas à exclure qu'il faille dans certains cas une surface de suivi plus importante que celles utilisées lors du projet.

Le calage de l'outil ODERA Vivaces dans de nouvelles régions a quant à lui montré des résultats prometteurs. Afin d'aboutir à un outil utilisable plus largement que dans les Hauts de France, il sera nécessaire à l'avenir d'aller au bout de la démarche en validant l'outil avec des jeux de données indépendants.



Enfin les partenaires du projet ont souligné en séminaire de fin de projet qu'il manque encore un grand nombre de connaissances sur la biologie des deux adventices. En particulier dans les lacunes relevées :

- Pas de recul sur la pratique de fertilisation et le risque de développement des vivaces
- Etudier les génotypes et voir l'impact sur la biologie du rumex & chardon
- Les connaissances sur les cycles de stockage/déstockage de sucre dans le chardon en particulier voir s'il y a une différence entre régions.

Ces connaissances, en particulier sur les conditions de stockage/déstockage chez le chardon, permettraient de mieux piloter les pratiques (suivi des taux de sucre des repousses ?). Des outils de télédétection pourraient aussi être mobilisés pour faciliter et pousser le suivi des vivaces. Sur le premier point, il y a néanmoins une réponse dans la bibliographie pour le chardon : une méta analyse publiée en 2018 montre l'absence d'effet de la fertilisation sur le risque de développement du chardon (Davis *et al.*, 2018).

Éthique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

ORCID des auteurs

Prénom	Nom	ORCID
Laurence	Fontaine	https://orcid.org/0009-0000-1175-0403
Enguerrand	Burel	https://orcid.org/0000-0003-1966-7844
Chloé	Salembier	https://orcid.org/0000-0001-6027-9822
Elena	Kazakou	https://orcid.org/0000-0001-7188-8367
Vincent	Lecomte	https://orcid.org/0000-0002-6844-0761

Contributions des auteurs

Tous les auteurs cités ont directement été impliqués dans le projet. Cet article a été rédigé par Enguerrand Burel et relu par les co-auteurs.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir pas de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.



Remerciements

Ce travail a été permis par le soutien financier de l'OFB et du ministère de l'agriculture et de l'alimentation. Par ailleurs, le projet CAPABLE n'aurait pas pu aboutir sans la forte implication des partenaires du projet qui ont su être force de propositions ce qui a permis de surmonter les difficultés rencontrées pendant le projet. Enfin, un remerciement particulier pour tous les agriculteurs qui ont pris de leur temps pour partager avec nous leurs connaissances ou tester les stratégies évaluées dans le projet.

Déclaration de soutien financier

Le projet CAPABLE a été financé également avec l'appui financier de l'Office Français pour la Biodiversité (OFB), par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au plan Écophyto II+

Références bibliographiques

Alshallash K. S., 2018. Emergence and root fragments regeneration of *Rumex* species. *Annals of Agricultural Sciences* 63, 2, 129-134.

Burel E., Burtin C., Sicard H., Fontaine L., Salembier C., 2022. Traque aux pratiques innovantes, recueils des récits d'agriculteurs. ITAB

CREABio 2013. Synthèse des essais fertilisation organique de printemps sur blé biologique – Période 2008 à 2012. CREABio www.creabio.org

Davis S, Mangold J, Menalled F, Orloff N, Miller Z, Lehnhoff E, 2018. A Meta-analysis of Canada Thistle (*Cirsium arvense*) Management. *Weed Sci.* doi: 10.1017/wsc.2018.6

Dobinson, J, 1976. The life histories and reproductive strategies of three species of *Rumex* L. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in Botany. Christchurch: University of Canterbury. 263 p.

Dusserre C., 2019. Comprendre les conditions de développement de *Rumex crispus* via une approche fonctionnelle, en vue de sa gestion en agriculture biologique. Mémoire de fin d'études

Favrelière E., Ronceux A., Pernel J., Rodriguez A., Développement d'un outil d'aide à la décision pour la gestion du chardon des champs (*cirsium arvense*) en systèmes de cultures biologiques. Présentation au COLUMA, 7 décembre 2016

Favrelière E., Ronceux A., Pernel J., Meynard J.M., 2020. Non-chemical control of a perennial weed, *Cirsium arvense*, in arable cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 40, 31. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00635-2>.

Feike T, Chen Q, Graeff-Hönninger S, Pfenning J, Claupein W, 2010. Farmer-developed vegetables intercropping systems in southern Hebei, China. *Renew Agric Food Syst* 25:272–280. <https://doi.org/10.1017/S1742170510000293>

Lamé A, Jeuffroy MH, Pelzer E, Meynard JM, 2015. Les agriculteurs sources d'innovations : exemple des associations pluri-spécifiques dans le grand Ouest de la France. *Agron Environ Sociétés* 5: 47–54. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Le Deunff Y., 1980. Quelques observations sur la germination et la dormance des semences de *Rumex crispus* L. In : VIème Colloque sur l'écologie, la biologie et la systématique des mauvaises herbes. Montpellier : s.n. 1980. p. 73-82.

Le Deunff Y., Chaussat R., 1968. Étude de la dormance secondaire des semences chez *Rumex crispus* L. In : *Annales de physiologie végétale*. 1968. Vol. 10, n° 4, p. 227-236.

Meneghini M., Vicente M., Noronha A. B., 1968. Effect of temperature on dark germination of *Rumex obtusifolius* L. seeds. A tentative physico-chemical model. *Arquivos de Instituto Biológico* 35, 1, 33-38.



- Pino J., Hagggar R. J., Sans F. X., Masalles R. M. et Hamilton R. N., 1995. Clonal growth and fragment regeneration of *Rumex obtusifolius* L. *Weed Research* 35, 3, 141-148. DOI 10.1111/j.1365-3180.1995.tb02027.x.
- Pye A., 2008. Ecological Studies of *Rumex crispus* L.: Propagation, Competition and Demography. Doctoral Thesis. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. 43 p.
- Pye A., Andersson L. et Fogelfors H., 2011. Intense fragmentation and deep burial reduce emergence of *Rumex crispus* L. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 61, 5, 431-437. DOI 10.1080/09064710.2010.501764.
- Reau R, Cerf M, Cros c, Ferrané C, Geloën M, Lefevre V, Pasquier C., Petit M.S., Schaub A., 2021. Guide atelier de conception de systèmes de culture, RMT-IDEAS <https://ideas-agrifood.hub.inrae.fr/plateforme-d-appui/nos-outils/guide-atelier-de-conception-de-systemes-de-culture>
- Rodot F, 2018. Traque aux pratiques innovantes de gestion des vivaces dans les Hauts de France. AgroParisTech. <http://www.agro-transfert-rt.org/projets/vivlebio/agriculture-biologique/methode-traque/> Accessed 18 April 2021.
- Roques C., Dessienne C., Burel E., 2022. La gestion du rumex en AB à l'épreuve du champ. *Perspectives Agricoles* n° 500
- Salembier C., Elverdin J.H., Meynard J.M., 2016. Tracking on-farm innovations to unearth alternatives to the dominant soybean-based system in the Argentinean Pampa. *Agron Sustain Dev* 36: 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0343-9>
- Salembier C., Segrestin B., Weil B, Jeuffroy M.H., Cadoux S., Cros C., Favrelière E., Fontaine L., Gimaret M., Noilhan C., Petit A., Petit M.S., Porhiel J.Y, Sicard H, Reau R., Ronceux A., Meynard J.M. 2021. A theoretical framework for tracking farmers' innovations to support farming system design. *Agronomy for Sustainable Development* 41, article number 61
- Salembier C., Meynard J.-M., 2013. Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs : un exemple dans la Pampa Argentine. *Innovations Agronomiques* 31, 27-44. [ffhal-02648781f](https://doi.org/10.1007/s13593-013-0264-8)
- Takaki M., Heeringa G. H., Cone J. W., Kendrick R. E., 1985. Analysis of the Effect of Light and Temperature on the Fluence Response Curves for Germination of *Rumex obtusifolius*. *Plant Physiology* 77, 3, 731-734. DOI 10.1104/pp.77.3.731.
- Vacher C., 2008. Les rumex : Brève revue bibliographique. 2008. Arvalis-Institut du végétal (document interne). 6p.
- Vancleenputte G., 2019. Gestion des rumex (*R. obtusifolius* et *R. crispus*) en grandes cultures biologiques : enseignements d'expériences d'agriculteurs. Mémoire de fin d'études
- Vancleenputte G., Salembier C., Fontaine L., Sicard H., 2019. Gestion des rumex (*R. Crispus* et *R. Obtusifolius*) en grandes cultures biologiques : enseignements d'expériences d'agriculteurs. *Végéphyll*, 24^{ème} conférence du Columa, Orléans
- Vincent E. M., Cavers P. B., 1978. The effects of wetting and drying on the subsequent germination of *Rumex crispus*. *Canadian Journal of Botany* 56, 18, 2207-2217. DOI 10.1139/b78-265.
- Vuillemin F., Dessienne C., Burel E., 2022. La gestion du chardon en AB à l'épreuve du champ. *Perspectives Agricoles* n° 500, Juin 2022.
- Weaver, S. E. et Cavers, P. B., 1979. Dynamics of Seed Populations of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius* (Polygonaceae) in Disturbed and Undisturbed Soil. In : *Journal of Applied Ecology*. 1979. Vol. 16, n° 3, p. 909-917. DOI 10.2307/2402864.



Zaller J.G., 2004. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review. *Weed Research* 44, 6, 414-432. DOI 10.1111/j.1365-3180.2004.00416.x.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.