

Mémoire
présenté par
LE QUEMENER ANTHONY
Master Sciences et Technologies du Vivant
Mention SAGEP
Spécialité de recherche Agronomie

**Conception d'itinéraires techniques innovants de lutte contre *Cirsium arvense* et
Elytrigia repens en agriculture biologique**

Pour l'obtention du diplôme de Master Sciences et Technologies du Vivant et du diplôme
d'Ingénieur Agronome d'AgroParisTech

Enseignant responsable du stage: Roger-Estrade Jean
Maître de stage: Bouttet Delphine

Soutenu le 30 juin 2010

Partenaires :

La Bergerie
de Villarceaux



Table des matières

Partenaires	2
Remerciements.....	5
Résumé.....	6
Abstract.....	7
I. Introduction	8
1. Problématique et contexte.....	8
1.1 Problème des vivaces en agriculture biologique.....	8
1.2 Présentation du système.....	8
1.2.1 Caractéristiques pédo-climatiques.....	8
1.2.2 Caractéristiques techniques du système.....	10
1.2.3 État de l'enherbement.....	10
1.3 Enjeux et objectifs.....	10
2. Analyse du système.....	12
2.1 Caractérisation de <i>C.arvense</i> et <i>E.repens</i>	12
2.1.1 Outils de caractérisation.....	12
2.1.2 Résultats de la caractérisation.....	12
2.2 Caractérisation des itinéraires techniques appliqués.....	14
2.2.1 Obstacles liés au système de production et au contexte pédo-climatique.....	14
2.2.2 Obstacles liés à la rotation.....	16
2.3 Caractérisation du climat	16
II. Conception des prototypes.....	18
1. Principes de construction des itinéraires.....	18
2. Typologie et hiérarchisation des techniques de lutte contre les vivaces.....	20
III. Évaluation des prototypes	20
1. Méthode d'évaluation.....	20
1.1 Conception du témoin et extrapolation des systèmes.....	20
1.2 Méthodologie d'évaluation.....	22
2. Résultats.....	22
2.1. Détails des prototypes conçus.....	22
2.2 Extrapolation du dispositif.....	32
2.3 Évaluation de l'efficacité des systèmes.....	32
2.4 Évaluation technico-économique.....	34
2.5 Évaluation agro-écologique.....	34
2.6 Correction et finalisation des systèmes.....	36
2.6.1 Effet d'une augmentation des opérations de printemps sur l'efficacité des systèmes.....	36
2.6.2 Effet d'une augmentation de la main d'œuvre sur les résultats des systèmes.....	36
2.6.3 Effet de l'allégement des stratégies de contrôle post-récolte sur la réussite des opérations	38
IV. Conclusion.....	38
V. Discussions.....	40
1. Méthodes d'évaluation employées.....	40
2. Impact des modifications sur l'équilibre du système.....	40
3. Test des opérations culturales proposées.....	42
VI. Annexes.....	44
VII. Bibliographie.....	48

Index des illustrations

Illustration 1: Caractéristiques climatiques sur le dispositif.....	9
Illustration 2: Structure du parcellaire du dispositif.....	9
Illustration 3: Matériels de déchaumage et de désherbage disponibles.....	11
Illustration 4: Caractéristiques physiologiques de <i>Elytrigia repens</i>	13
Illustration 5: Caractéristiques physiologiques de <i>Cirsium arvense</i>	13
Illustration 6: Organisation spatiale des populations de chiendent et de chardon.....	15
Illustration 7: Analyse du système initial.....	17
Illustration 8: Typologie par type de technique.....	21
Illustration 9: Détail de la grille de notation d'efficacité.....	23
Illustration 10: Rotation dans quatre systèmes de lutte contre les vivaces.....	25
Illustration 11: Exemple d'un déchaumeur adapté à l'extraction des rhizomes.....	29
Illustration 12: Extrapolation du système - Résultats.....	31
Illustration 13: Évaluation de l'efficacité des systèmes.....	33
Illustration 14: Évaluation de l'efficacité au cours de la rotation.....	33
Illustration 15: Causes d'échec des opérations de déchaumage.....	35
Illustration 16: Taux d'échec des opérations de chisel et de binage.....	35
Illustration 17: Augmentation des binages de mars-avril et taux d'échecs des opérations	37
Illustration 18: Augmentation de la main d'œuvre et réussite des opérations culturelles.....	37
Illustration 19: Un système possible de lutte contre <i>Cirsium arvense</i> et <i>Elytrigia repens</i>	41
Illustration 20: Outils envisageables d'exportation ou destruction des rhizomes.....	43
Illustration 21: Outils envisageables d'exportation ou destruction des rhizomes.....	43

Index des annexes

Annexe 1: Principaux outils de travail du sol	44
Annexe 2: Principaux outils de désherbage mécanique, AGRO-TRANSFERT.....	44
Annexe 4: Organisation des rhizomes de chiendent dan un couvert de luzerne : 16 juin 2010	45
Annexe 3: Rhizomes de chiendent en surface : 31 mars 2010.....	45
Annexe 5: Méthode de calcul du risque de tassemement.....	46
Annexe 6: Valeurs des indicateurs agro-écologiques pour différents systèmes.....	47

Remerciements

Parce que dire merci est toujours plus agréable que d'écrire merci, mes remerciements seront brefs mais pas pour autant moins sincères.

Je remercie mes tuteurs de stage, Delphine Bouttet et Jean Roger-Estrade pour m'avoir orienté dans la construction de ce rapport.

Je remercie mes collègues d'ARVALIS: Catherine Vacher, Jean François Garnier, Cécile Le gall pour leurs idées et leurs expertises.

Je tiens aussi à remercier Olivier Ranke chef de l'exploitation ainsi que les ouvriers agricoles: Jean Christophe, Franck , Manu et Alexandre pour avoir répondu à mes questions diverses et variées, et pour m'avoir ramené régulièrement de la théorie à la pratique.

Enfin je remercierai tous ceux qui ont participé de près ou de loin à mon travail au cours de ces cinq mois: Philippe Viaux, Baptiste Sanson, Marion Duclaux.

Résumé

La mise en place de stratégies de lutte efficaces contre les populations de vivace, *Cirsium arvense* (chardon des champs) et *Elytrigia repens* (chiendent rampant), dans un système d'agriculture biologique nécessite de mettre en jeu des stratégies de contrôle mais aussi des stratégies de destruction. Les premières vont nécessiter de repenser les modes de conduite des cultures que ce soit en terme de date d'implantation des cultures, de densité de semis ou de structure du couvert. Les secondes vont impliquer d'étudier les techniques d'épuisement des rhizomes, de désintégration mécanique ou d'exportation de ces derniers. C'est en combinant l'intégralité de ces leviers à l'échelle du système que l'on peut espérer gérer de manière efficace les adventices vivaces en système d'agriculture biologique.

L'utilisation de ces différentes stratégies n'est cependant pas sans effet sur la durabilité du système qu'il s'agisse de la durabilité technique (temps de travail), économique (marges et coûts de production) ou agro-environnementale (structure du sol, biodiversité, émission de CO₂). La conception ou la modification d'un système ne peut donc se faire en considérant uniquement l'efficacité de celui-ci sur les populations cibles. C'est ainsi que l'on évalue les systèmes conçus au moyen de différents indicateurs de durabilité permettant de prendre en considération ces éléments.

L'évaluation des systèmes nous a permis de conclure que la durabilité technique est le facteur le plus limitant de la durabilité globale du fait que les techniques de destruction mécaniques sont difficiles à réaliser sur le terrain. Ceci tient par le fait que la précision des interventions requises par une bonne gestion de ces adventices est souvent incompatible avec les créneaux d'intervention disponibles. On note ainsi qu'une bonne gestion des vivaces en inter culture nécessite au moins deux mois. Cependant bien souvent, ces deux mois ne sont pas disponibles soit du fait d'une moisson tardive, soit du fait de la nécessité de semer les couverts obligatoires d'inter culture.

Ce travail a permis de porter aussi une attention particulière dans le choix des outils. En effet, l'efficacité des opérations culturales sur les vivaces est parfois plus conditionnée par le type d'outil utilisé que par le type d'opération choisie. Il est donc nécessaire de produire plus de référence sur l'efficacité de ces outils qui pour certains peuvent aggraver une situation plutôt que de corriger le problème.

L'étude réalisée à bien entendu pour objectif d'être complété. Elle constitue une première approche approfondie de la problématique des vivaces en agriculture biologique et pointe les zones d'ombres au niveau desquelles le besoin en recherche est indispensable au cours des prochaines années.

Abstract

Establishment of effective management strategies against perennials weeds populations of *Cirsium arvense* (Canada thistle) and *Elytrigia repens* (couch grass) in a organic system requires both control strategies destruction strategies. Basis of the first one is cultures choice, in terms of implementation date, planting density or canopy structure. The second one requires study rhizomes depletion , export or disintegration. By combining all of these levers across the system, we can hope to manage effectively these populations.

Use of these strategies is not without effect on the sustainability of the system in term of technical sustainability (working time), economic sustainability (production costs and margins) or agro-environnementale sustainability (soil structure, biodiversity, greenhouse gases). Designs or modifications of a system cannot be done by considering only the effectiveness of it on target populations. It is the reason why we evaluate systems designed by different sustainability indicators to take into account these elements.

Evaluation of systems has allowed concluding that the technical sustainability of systems is the most limiting factor compare to the overall sustainability due to mechanical destruction of perennial weeds which generate a higher workload. The reasons for these difficulties are the delay of the harvest, or necessity to sow a cover crop. Particular attention has been placed on the choice of tools, because the effectiveness depends much more on tools type used than on operation type chosen. This requires a reflection on the type of plow used, the curvature of the teeth, the height of the structure and other characteristics that can make a tool effective and another ineffective under identical conditions.

This work has to be completed. It is a first comprehensive study of perennial weeds in organic system. And it points out what we have to search during the next years.

I. Introduction

1. Problématique et contexte

1.1 Problème des vivaces en agriculture biologique

La thématique de l'enherbement en agriculture biologique est particulièrement sensible du fait de l'absence de traitements herbicides. L'efficacité de la rotation et la pertinence des opérations de désherbage mécanique et de travail du sol sont fondamentales. Bien souvent des erreurs techniques conduisent à des situations où la compétitivité des adventices devient problématique. Les erreurs techniques sont, de plus, davantage pénalisantes que dans des systèmes conventionnels où l'usage de traitements chimiques permet bien souvent de rétablir certaines situations.

Parmi les adventices préoccupantes, il n'est pas étonnant de voir que les vivaces comptent les espèces citées régulièrement par les agriculteurs (enquête désherbage mécanique 2010 : ITAB). Avec en tête de liste, le chardon, le rumex et le chiendent qui demeurent des espèces très compétitives pour les cultures et difficiles à contrôler.

En effet les caractéristiques physiologiques impliquées dans les processus d'expansion de ces espèces rendent indispensable, de manière encore plus stricte qu'avec les annuelles, de raisonner leurs gestions à l'échelle du système de culture dans sa globalité. Ceci se traduit par l'utilisation des différents leviers du système, que ce soit à l'échelle de la rotation en jouant sur le choix des cultures implantées et la succession de celles-ci, ou sur les opérations culturales que ce soit en terme de type d'opération ou en termes de date de conduite de ces opérations.

1.2 Présentation du système

1.2.1 Caractéristiques pédo-climatiques

Le système étudié, à savoir le dispositif expérimental dit de « la Motte », est implanté à la ferme de la Bergerie, dans le Val d'Oise (95). L'essai est mené sur des parcelles de grande taille (de 5.5 ha à 8.6 ha). Il s'agit d'une parcelle de 64 ha subdivisée en 8 parcelles de 120 m de large sur environ 800m de long. Les parcelles sont séparées par des bandes enherbées ou par des haies. Ces bandes enherbées sont implantées en culture pure avec une espèce réputée compétitive et couvrante tout au long de l'année: le dactyle. Les haies consistent en un mélange plurispécifique organisé en trois strates buissonnantes.

Toutes les cultures de la rotation sont présentes chaque année. L'essai ne comporte pas de répétitions et est entièrement en agriculture biologique sans apport de fertilisants exogènes. Ce dernier point ayant pour objectif de rendre le système autonome vis à vis d'intrants organiques parfois couteux (farine de plume, vinaisse).

La rotation est construite de la manière suivante:

- Luzerne /Luzerne
- Blé / Céréale secondaire
- Féverole / Blé
- Céréale+légumineuse / Céréale de fin de rotation

Sur le dispositif, les sols sont de type argilo-limoneux profonds avec une bonne réserve utile.(250 mm en moyenne) L'eau est rarement un facteur limitant du rendement sur le dispositif. Certains sols sont superficiels mais, ceci ne concerne qu'une zone restreinte du dispositif. Les sols sont battants à fortement battants sur deux tiers de la surface du fait d'un taux de matière organique plutôt faible (1,5%).

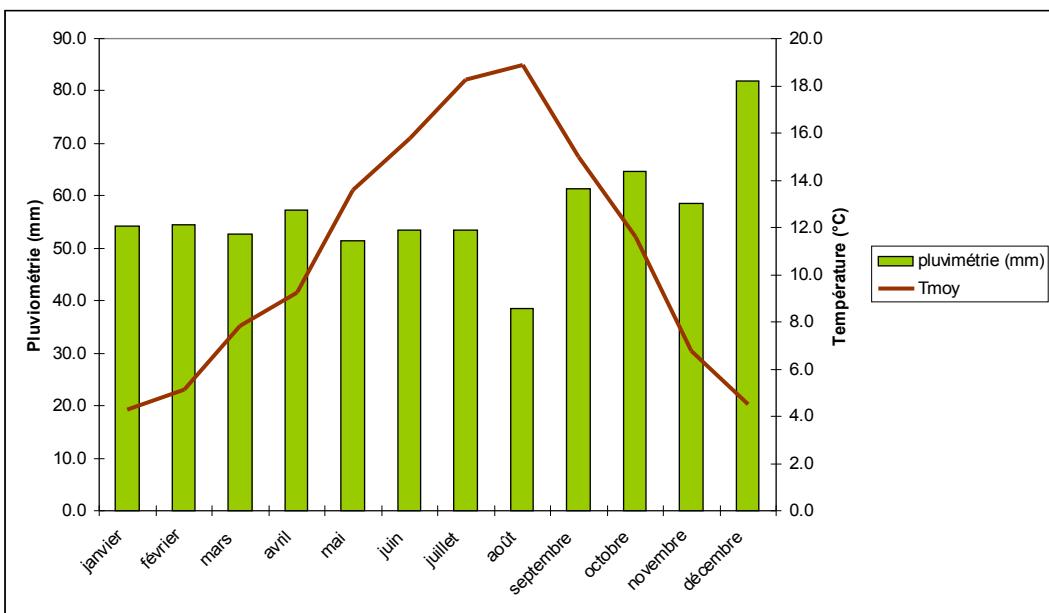


Illustration 1: Caractéristiques climatiques sur le dispositif

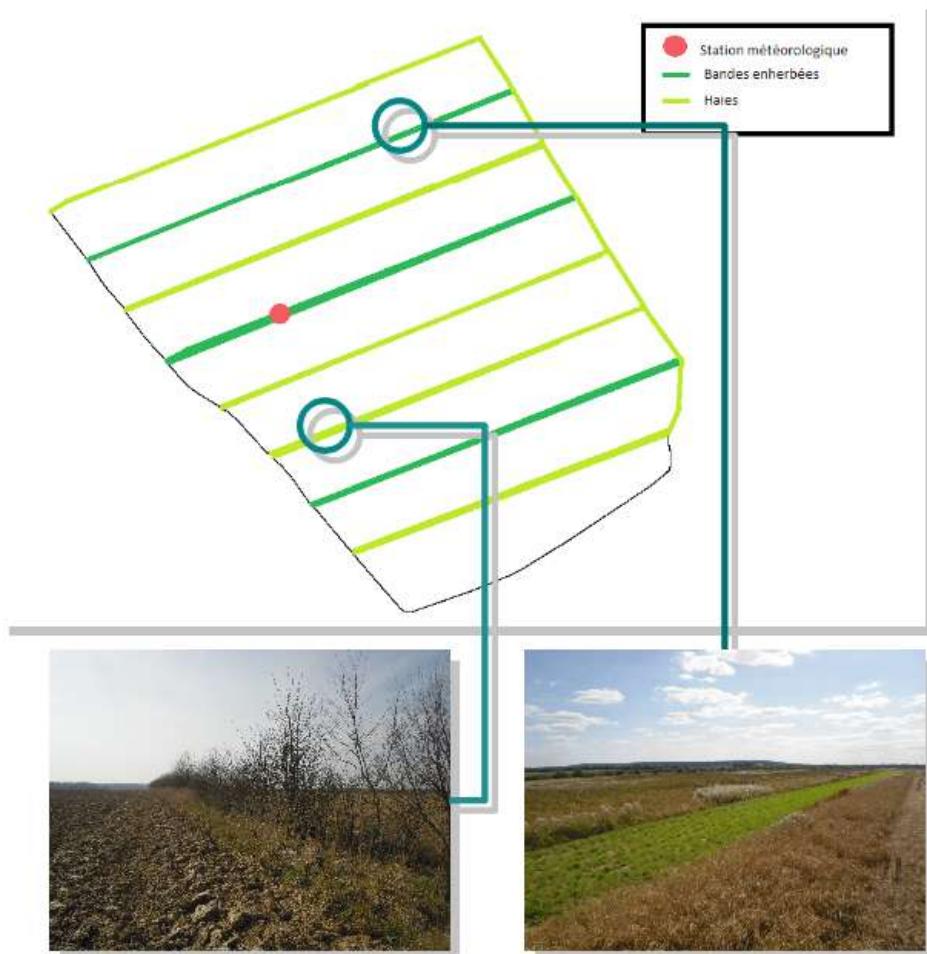


Illustration 2: Structure du parcellaire du dispositif

La pluviométrie moyenne annuelle est de 687 mm avec des précipitations réparties tout au long de l'année. (Données sur 23 ans). 40% des précipitations sont tout de même comprises entre septembre et décembre, 30% dans la période de mai à aout et 32% entre février et avril.

1.2.2 Caractéristiques techniques du système

Il est important lorsque l'on s'intéresse à des thématiques d'enherbement de présenter les pratiques agricoles initiales et le type d'outils utilisés. Sur le système, le labour est utilisé de manière systématique sur une profondeur de 20 à 25 cm. Le déchaumage combine à la fois l'utilisation d'outils à disques comme le cover crop et d'outils à dents de type chisel ou vibroculteur (le détail des différents outils est présenté en annexe 1 et 2). La profondeur de travail est d'en moyenne 5 cm pour éviter de travailler le sol trop profondément et d'amplifier les phénomènes de battance déjà observés. Les outils de déchaumage à dents sont munis de socs à « pattes d'oies ». Dans la culture, un seul outil de désherbage est disponible. Il s'agit d'une herse étrille 12 m. Cependant, son utilisation se fait de plus en plus rare du fait de son inefficacité sur sols battants (mauvaise vibration des dents) et de la difficulté de la passer dans des conditions optimales à la sortie d'hiver (manque de jours disponibles).

Concernant le semis sous couvert de luzerne, que l'on abordera par la suite, il est réalisé initialement sous couvert de blé d'hiver au mois de mars en utilisant un épandeur à engrains et en réalisant un « grattage du sol » à la herse étrille.

1.2.3 État de l'enherbement

Sur ce dispositif, le problème des vivaces est récurrent depuis quelques années. Ceci se traduit par une nette augmentation des populations de *Elytrigia repens* (chiendent rampant) et de *Cirsium arvense* (Chardon des champs) qui restent les espèces les plus problématiques sur le dispositif et c'est d'ailleurs à ces deux espèces que l'on consacrera la suite de cette étude.

A l'heure actuelle, on note ainsi des densités préoccupantes en de nombreux points des parcelles. Par exemple les ronds de chardon peuvent atteindre 20m de diamètre localement avec des densités dans le rond de 5 à 10 pieds par m². Pour le chiendent, on note des densités pouvant aller jusqu'à 60 pieds/m². Ceci limite l'accès à la lumière et aux ressources du milieu pour les cultures et peut aussi poser problème lors des travaux de récolte (tiges vertes de chardon qui bloquent la barre de coupe de la moissonneuse). Ces populations sont d'autant plus préoccupantes que le fonctionnement du système tel qu'il existe à l'heure actuelle ne semble pas adapté à un contrôle efficace et durable de ces dernières. On peut même ajouter que la conduite du système a jusqu'à présent contribué à l'expansion des populations de vivace, notamment celles de chiendent en étendant les zones infestées avec les outils de travail du sol.

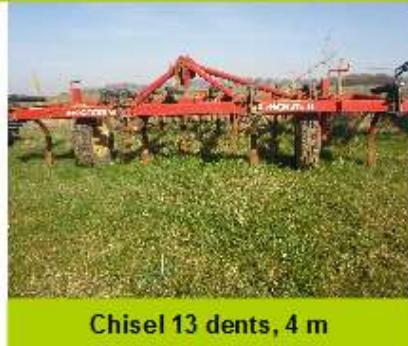
Ce manque d'efficacité tient non seulement à un manque d'outils de culture adaptés à la gestion de ces populations, comme on a pu le voir précédemment en présentant le parc matériel disponible, mais aussi à une difficulté d'utiliser ces outils dans des conditions pédoclimatiques adaptées. En guise d'exemple la herse étrille a peu d'effet sur les vivaces, cet effet est d'autant plus faible que les sols battants (difficultés de pénétration de la croute de battance) et les précipitations à la sortie de l'hiver ne favorisent pas son utilisation dans des conditions optimales.

1.3 Enjeux et objectifs

Compte tenu de ce qui a été présenté précédemment et en accord avec les principes fondamentaux du système, il est donc nécessaire de mettre en place des stratégies de gestion efficaces des populations de *C.arvense* et de *E.repens*. Avec pour enjeux, à court terme de se doter d'outils efficaces de gestion des vivaces afin de maintenir la productivité du système, et à moyen terme de ne pas compromettre l'objectif principal de l'expérimentation qui reste de suivre la capacité d'un système d'agriculture biologique sans élevage et sans apport exogène de fertilité à être productif et rentable.

La prise en compte de ces enjeux nous amène à fixer un double objectif. D'une part il s'agit de rétablir l'équilibre du système actuel afin de le rendre plus robuste quant à la probable dynamique d'extension des

Déchaumeurs



Chisel 13 dents, 4 m



Cultivateur 59 dents, 6 m



Cover crop 5,5 m



Chisel 7 dents, 3 m

Désherbage



Herse étrille 12 m

Illustration 3: Matériels de déchaumage et de désherbage disponibles

adventices vivaces, d'autre part de le faire évoluer afin de ramener ces populations à des niveaux de densité acceptables. Autrement dit des densités n'engendrant pas une baisse de rendement de plus de 5%. Plusieurs auteurs estiment que une densité de chiendent comprise entre 50 et 180 pieds par m² engendre un perte de rendement de 8% à 20% (Cussans, 1970 . Rioux, 1981)

Ceci passe par la refonte des itinéraires techniques et à une échelle supérieure si cela s'avère nécessaire, à la refonte de la structure de la rotation. La question qui se pose à nous est donc de savoir quels éléments du système doivent être modifiés et quels autres qui ne sont pas utilisés doivent être mobilisés pour atteindre ces objectifs.

Partant de cet état des lieux, on pourra traiter la question posée.

2. Analyse du système

2.1 Caractérisation de *C.arvense* et *E.repens*

2.1.1 Outils de caractérisation

Afin de savoir comment mobiliser efficacement les différents leviers du système, il est indispensable d'une part de connaître avec précision les caractéristiques physiologiques misent en jeux dans les processus d'expansion des vivaces étudiées, et d'autre part l'état actuel de ces populations sur le dispositif.

Pour réaliser cette caractérisation on mobilisera ainsi deux éléments:

- Une étude bibliographique afin de connaître le fonctionnement physiologique de ces espèces et ainsi de proposer des solutions permettant de jouer sur un caractère physiologique particulier.
- Des d'observations aux champs afin de connaître l'état physiologique et la répartition spatiale de ces espèces sur les parcelles de l'exploitation, et ainsi de croiser ces observations avec les données bibliographiques. Cette seconde étape nécessite d'obtenir des connaissances sur l'organisation spatiale des rhizomes, la répartition spatiale des populations d'adventices et les stades de développement suivant les cultures.

2.1.2 Résultats de la caractérisation

La synthèse des données bibliographiques disponibles sur *C.arvense* et *E.repens* est représentée en illustration 4 et 5. Elle laisse apparaître trois mécanismes majeurs dans le développement de ces espèces et donc autant de leviers possibles pour proposer des méthodes de lutte efficaces :

- Le sens du flux d'assimilats entre les tiges et les racines
- les mécanismes de dominances apicales.
- L'effet de l'accès aux ressources du milieu sur le développement

Les fonctionnements physiologiques de *E.repens* et *C.arvense* concernant ces trois mécanismes sont détaillés ci-contre. Sont représentés sur ce schéma les compartiments impliqués dans le développement et l'expansion de ces espèces. Chaque compartiment correspond à un organe particulier ou une fonction physiologique particulière. Les flux entre ces différents compartiments sont de couleur vert ou rouge suivant qu'ils alimentent ou épuisent un compartiment. Enfin en jaune est représenté l'impact du milieu sur ces compartiments.

En ce qui concerne les observations de terrain on peut noter plusieurs éléments qui vont être intéressants afin de proposer de nouveaux itinéraires techniques:

➤ Chiendent

- Le système racinaire du chiendent est assez superficiel et la grande majorité des rhizomes se développent dans les 15 premiers centimètres du sol. Ces observations sont valables sur les différentes

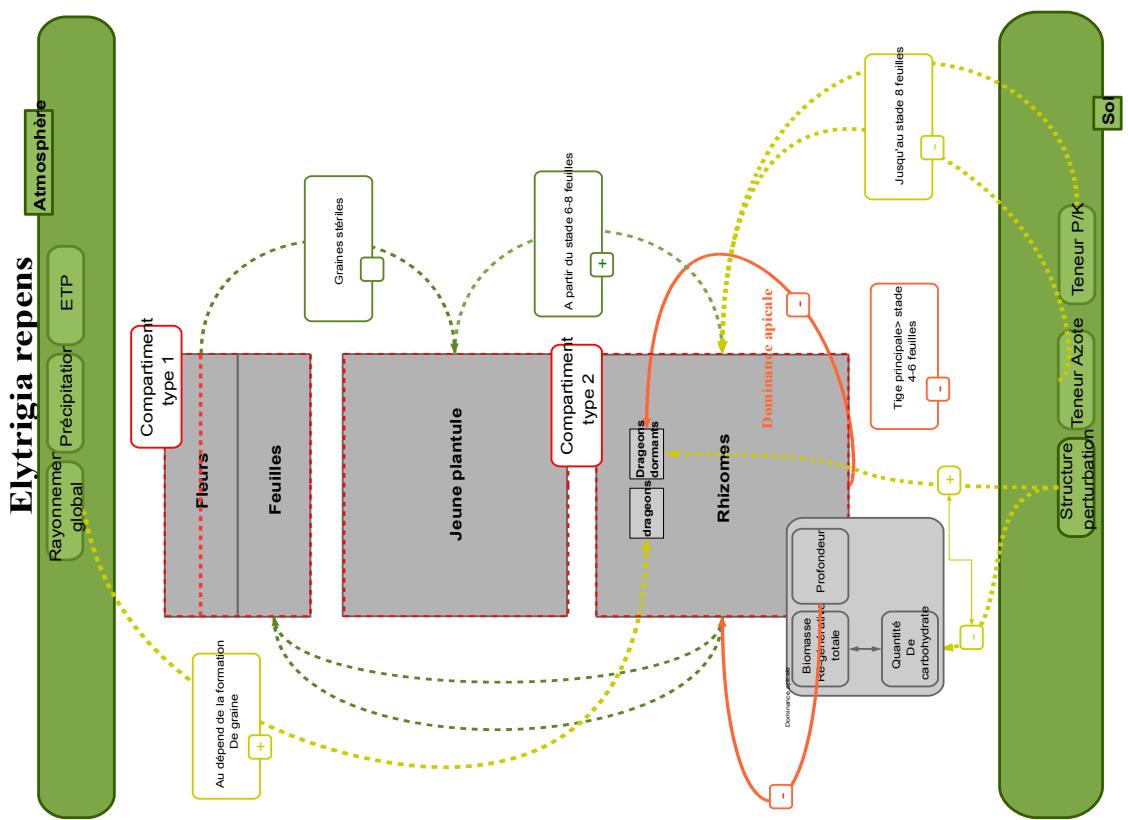


Illustration 4: Caractéristiques physiologiques de *Elytrigia repens*

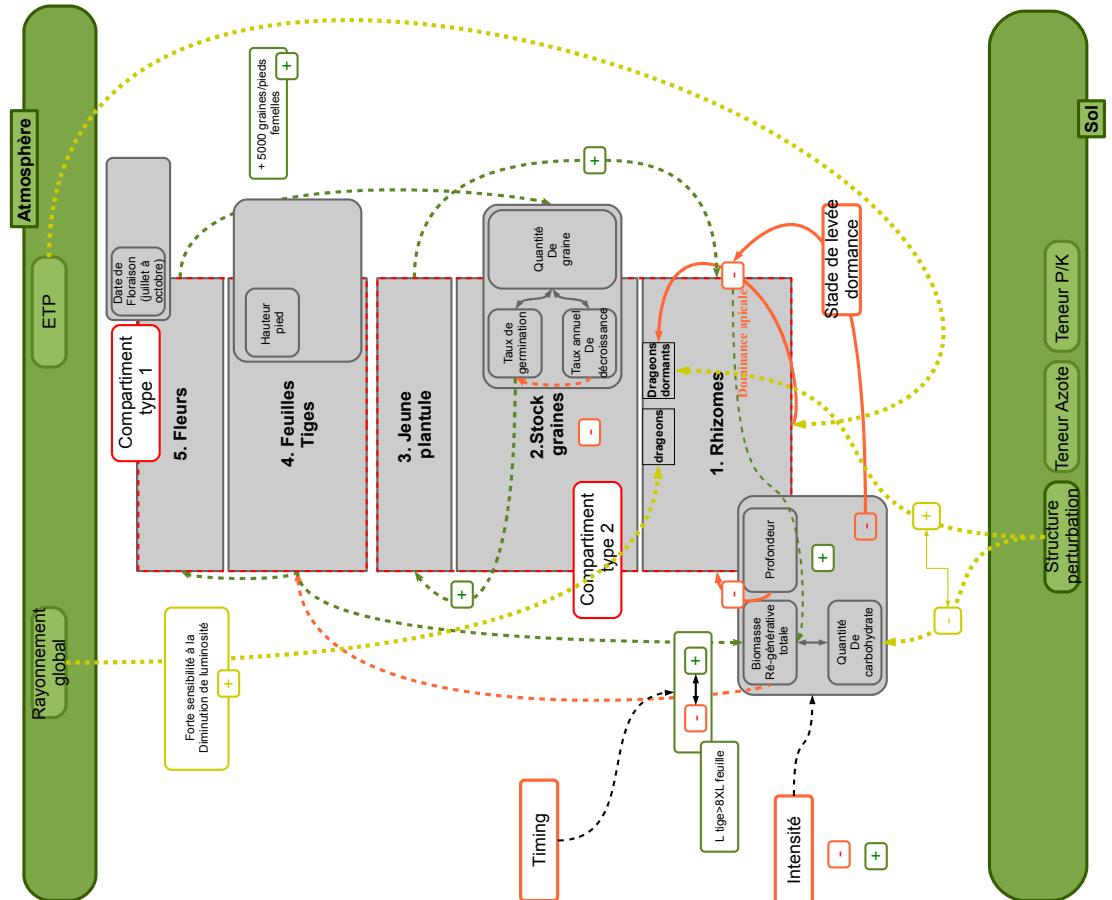


Illustration 5: Caractéristiques physiologiques de *Cirsium arvense*

cultures du système. Des fragments porteurs de bourgeons apicaux sont enfouis plus profondément en fond de labour (20-25 cm) mais parviennent à atteindre la surface. Ces fragments sont d'environ 1 cm à la sortie d'hiver de couleur légèrement blanche ce qui témoigne d'une quantité de réserve faible dans ces fragments.

- Le chiendent se développe très bien sur culture de printemps et sa capacité à passer par-dessus le couvert de luzerne (y compris sur celle de deuxième année) dès début mai le rend difficilement contrôlable. Une culture particulièrement sensible semble être la féverole du fait d'une levée tardive et d'un recouvrement du sol lent pouvant être expliqué par un inter rangs de 40 cm contre 14 cm pour les autres cultures.

➤ Chardon

- Le chardon se développe très vite au printemps/sortie d'hiver du fait de conditions d'humidité favorables. Les levées de pieds semblent se concentrer entre fin mars et début avril sur les cultures d'hiver. Pour les cultures de printemps, les premiers pieds de chardon n'apparaissent qu'à la fin du mois d'avril
- La chardon présente des pieds avec une forte biomasse à la sortie d'hiver et atteignent le stade montaison dès le début mai s'affranchissant de l'étouffement de la luzerne. Sur la luzerne de deuxième année le chardon se développe très difficilement avec des pieds encore au stade 4 feuilles fin mai.
- Sur les autres cultures, le chardon semble peu présent sur les cultures de printemps comme la féverole et est relativement bien contrôlé sur les cultures d'hiver en milieu de cycle. Cette tendance semble s'inverser en fin de cycle des cultures (remplissage du grain) qui deviennent alors peu compétitives du fait d'une couverture foliaire moins importante..
- La racine pivotante du chardon est visible dans la couche labourée, cependant les rhizomes horizontaux sont situés au-delà de cette zone.

Un suivi photographique des populations de chardon et de chiendent sur le dispositif de mars à juin est disponible en annexe 3 et 4 pour illustrer ces observations. L'illustration 6 résume l'organisation des rhizomes de ces deux populations dans un couvert de blé.

2.2 Caractérisation des itinéraires techniques appliqués

Avant même de concevoir de nouveaux itinéraires techniques adaptés à la lutte contre *C. arvense* et *E. repens*, il convient d'identifier au mieux les obstacles techniques ou les faiblesses du système qui ont conduit à la situation observée.

Ceci permettra (i) de mieux identifier les éléments du système de culture qui posent problème et par conséquent sur lesquels il faut apporter des solutions; (ii) de mettre en avant les obstacles techniques inhérents au fonctionnement de l'exploitation et au contexte pédo-climatique qu'il va falloir prendre en compte dans la conception de ces itinéraires.

Cette phase de caractérisation se fait sur la base de l'étude des itinéraires techniques appliqués ces 7 dernières années sur le système (période 2003-2009).

2.2.1 Obstacles liés au système de production et au contexte pédo-climatique

- La moisson tardive (10 jours après les agriculteurs voisins) liée à l'absence de moissonneuse sur l'exploitation handicape la mise en place d'une culture intermédiaire de manière précoce et donc l'implantation de celle-ci dans de bonnes conditions. Ceci engendre un manque de recours à des cultures de couverture pendant les intercultures et un déplacement des stratégies de lutte contre les adventices vers des stratégies de désherbage mécanique.

Ceci entraîne de plus des créneaux d'interventions raccourcis entre la récolte et le début des opérations de semis d'automne. Ceci a pour effet de rendre les opérations de déchaumage plus difficile à réaliser dans des

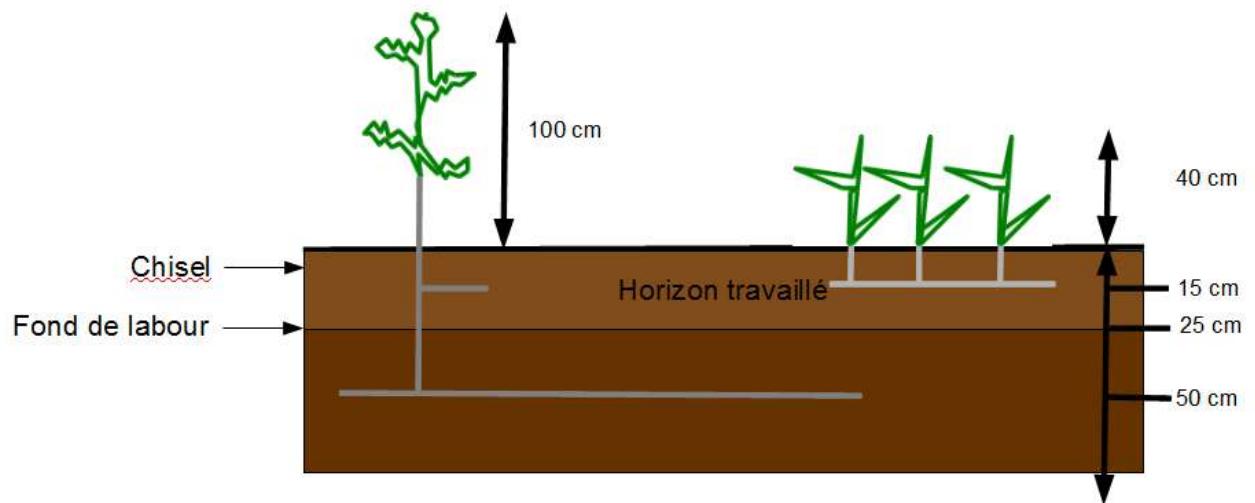


Illustration 6: Organisation spatiale des populations de chiendent et de chardon

conditions optimales à la destruction des rhizomes. (Manque de températures élevées et augmentation des précipitations)

Ces mêmes stratégies de déchaumage semblent cependant être trop orientées vers le bon enfouissement des résidus de culture ce qui n'est pas forcément en accord avec la lutte contre les vivaces (impact des déchaumeurs à disques comme le cover crop) Le cover crop historiquement peu utilisé, est employé depuis deux ans sur près de deux inter culture sur trois. Ceci s'explique par le manque d'efficacité des outils à dents sur les rhizomes de vivace (étalement des rhizomes sur la parcelle). L'usage du cover crop laisse en sortie d'hiver des fragments de rhizome de chiendent de 15 à 20 cm (annexe 4) en surface plus à même de se réimplanter dans des conditions d'humidité du sol suffisantes.

-Les semis d'hiver sont réalisés pour certains après la période optimale de semis que l'on définit dans la région entre le 15 octobre et le 15 novembre du fait des charges importantes de travail durant les derniers mois de l'année.

- Les passages de herse étrille ne sont pas toujours optimisés du fait de créneaux d'interventions trop souvent limités fin février et début mars. La structure des sols très sensible à la battance ne favorise pas non plus l'utilisation de cet outil. Ceci engendre des stratégies de désherbage basées sur au plus un passage de herse étrille qui a probablement un effet de stimulation de la levée des adventices plus que de destruction de ces dernières.

- La gestion des bandes enherbées ne semble pas assurer un très bon contrôle des populations de vivace; cette observation vaut surtout pour les populations de chiendent présentes dans les bandes enherbées malgré la forte concurrence et l'implantation apparemment homogène du dactyle.

Le chardon exploite les faibles trous dans les bandes enherbées. Il est aussi présent dans la raie de charrue du côté où l'on commence les opérations de labour.

2.2.2 Obstacles liés à la rotation

La gestion des adventices par la tête de rotation de deux années de luzerne est souvent aléatoire en raison du faible pourcentage de réussite des semis sous couverts ces dernières années (100% d'échec avec une obligation de ressemencer la luzerne). L'échec de cette technique étant imputable en grande partie à la croûte de battance au printemps qui empêche l'obtention d'un bon contact sol-graine. L'échec du semis sous couvert n'est de plus pas tamponné par la durée de la tête de rotation qui rend toutes difficultés techniques difficilement rattrapables pour le reste de la rotation.

La luzerne ne semble pas assez compétitive pour contrôler le chardon en deux années de culture et son effet sur *E.repens* est plus que limité. Le chiendent est encore visible au-dessus du couvert avant la première fauche de la luzerne de deuxième année. Le semis de céréale sous couvert de luzerne implique l'impossibilité de réaliser des opérations d'interculture après la deuxième année de luzerne. Le coût/bénéfice de cette opération mériterait d'être étudié. En effet, il se peut que le gain d'azote permis par une période de luzerne prolongée soit compensé par la présence de populations de vivace moins fragilisées, possédant un meilleur développement dès la sortie d'hiver suivante. L'ensemble de ces obstacles engendrent à l'échelle du système une mauvaise combinaison entre disponibilité en main d'œuvre sur l'exploitation, climat et stade de développement des adventices.

En illustration 7 sont représentées les interactions entre les différents éléments du système et témoigne de la complexité à prendre en compte lorsque l'on modifie un élément du système.

2.3 Caractérisation du climat

La caractérisation du climat a été faite sur la base des données météorologiques fournies par deux stations météorologiques. La station implantée sur le dispositif pour des données météorologiques à court terme (sept années d'enregistrement) et la station météorologique de Beauvais-Tille pour les données météorologiques à long terme (plus de vingt années d'enregistrement). L'utilisation du logiciel SIMEQ (logiciel de calcul de l'organisation du travail en grande culture conçu par Arvalis) a permis de mettre en avant les créneaux d'interventions disponibles en mettant en regard les charges de travail sur l'exploitation et le contexte pédo-

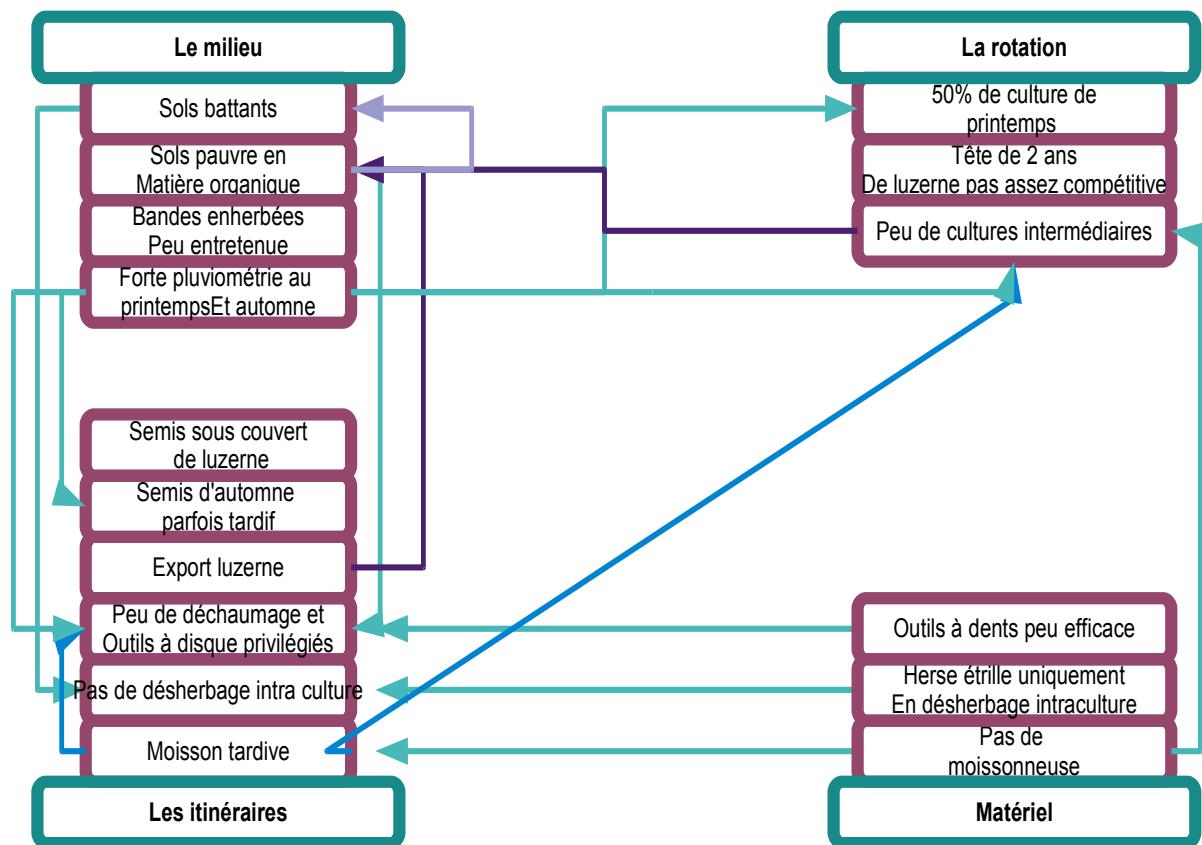


Illustration 7: Analyse du système initial

- Effet du système sur le système
- Effet du milieu/matériel sur le système
- Effet du système sur le milieu
- Effet du milieu sur le milieu

climatique.

II. Conception des prototypes

1. **Principes de construction des itinéraires**

Les itinéraires techniques sont construits de sorte à respecter cinq objectifs:

1. Les modifications apportées au système de culture ne doivent pas modifier à tout prix les objectifs fondamentaux du système tel qu'ils existent à l'heure actuelle. En effet le système actuel est construit sur des bases agronomiques et économiques justifiées qui permettent d'obtenir des performances technico-économiques correctes. La modification de ces principes agronomiques de base ne pourra être faite que si il existe des remises en questions importantes de ceux-ci.

En guise d'exemple, sur deux parcelles du dispositif les sols ont un pH proche de 5,5. Hors les sols acides favorisent des espèces comme le chardon. On pourrait donc envisager de chauler ces sols. L'utilisation de ces amendements ne sera pourtant faite que si il n'existe aucune autre alternative connue.

2. L'intégration des solutions de contrôle et de destruction des populations de vivace devra être réalisée à l'échelle du système dans son ensemble et ne pas se limiter à des solutions uniques et locales. Ceci permet essentiellement de minimiser la risque de ne pas contrôler efficacement les vivaces à l'échelle de la rotation .

Pour cela on s'appuiera sur l'analyse faite sur les itinéraires techniques qui permet d'identifier plusieurs axes de travail prioritaires dans la conception des itinéraires techniques. A chacun de ces axes de travail est rattaché un élément du système .

- Axe 1: Tête de rotation:

- Axe 2: Autres cultures de la rotation

- Axe 2.1: Stratégies de désherbage intra-culture
- Axe 2.2: Espèces implantées

- Axe 3: Travail sur l'inter culture

L'objectif est de pouvoir combiner des techniques agissant sur des axes du système de culture différents afin d'augmenter la probabilité de gérer efficacement les espèces adventices ciblées à l'échelle de la rotation:

3. Favoriser les « cultures sûres » autrement dit celles dont la compétitivité est peu variable d'une année sur l'autre
4. Les itinéraires sélectionnés doivent être construits en priorité sur l'efficacité de gestion des populations de vivaces et secondairement sur les aspects techniques, économiques et agro-écologiques.
5. Enfin un objectif de conception en condition sous optimal: On sélectionnera non pas des itinéraires qui maximisent l'efficacité des opérations sur les populations d'aventice mais ceux qui minimisent le risque d'amplifier le problème si la conduite des opérations est réalisée dans de mauvaises conditions.

Sur ces objectifs de bases sont construit des prototypes qui seront soumis à une étape de pré-évaluation. Cette pré-évaluation a pour but d'identifier à l'aide de différents indicateurs les points faibles des nouveaux systèmes proposés. On pourra alors construire des prototypes secondaires qui intégreront non seulement les objectifs de base mais aussi les contraintes mise en avant lors de l'étape de pré-évaluation. Par ce processus d'évaluation par palier on arrive à la fin à la conception de prototype qui allient à priori efficacité et durabilité.

2. Typologie et hiérarchisation des techniques de lutte contre les vivaces

Cette étape consiste à réaliser un recueil exhaustif des méthodes de lutte développées contre *C.arvense* et *E.repens*. Le recueil de ces données se fera à la fois sur la base de données bibliographiques et sur la base de dires d'agriculteurs (agriculteurs biologiques et conventionnels).

Sur la base de la typologie exhaustive des techniques envisageables, on hiérarchise les différentes techniques culturales identifiées. Les critères retenus pour la hiérarchisation vont être ceux déterminant pour la conception des itinéraires.

Les opérations culturales sont hiérarchisées selon deux critères:

- L'axe du système sur lequel l'opération agit: Axe 1, 2 ou 3 présentés précédemment
- Le mode de gestion des vivaces qu'elles mettent en jeux. On en distingue deux types:

- tout d'abord les méthodes de contrôle qui ne permettent pas d'affecter à long terme les populations de vivace et qui agissent par l'intermédiaire de l'accès aux ressources du milieu: lumière, azote. Ces méthodes de gestion sont en grande partie fondées sur le choix des espèces végétales de culture ou d'inter-culture (hauteur, recouvrement)
- Les méthodes de destruction essentiellement fondées sur le travail mécanique et agissant directement sur les compartiments impliqués dans la propagation des vivaces. Ces méthodes sont plus efficaces sur la diminution de la pression de vivace mais plus gourmandes en temps de travail et plus impactantes sur la structure et la teneur en azote des sols. Elles sont soit fondées sur l'épuisement soit sur l'extraction des rhizomes.

III. Évaluation des prototypes

1. Méthode d'évaluation

1.1 Conception du témoin et extrapolation des systèmes

L'étape préliminaire à l'évaluation des systèmes consiste d'une part à la création d'un système témoin auquel on pourra comparer les itinéraires nouvellement construits; d'autre part l'extrapolation du dispositif expérimental à une dimension d'exploitation agricole.

La conception du système témoin est réalisée de sorte à être représentative des itinéraires techniques moyens appliqués sur le dispositif lors des sept dernières campagnes (Période 2003-2009). Le système témoin est légèrement simplifié par rapport au système réel de sorte à faciliter les interprétations et les comparaisons entre système. L'ensemble des choix de conception de ce système témoin seront présentés par la suite.

Afin d'effectuer une évaluation technico-économique fiable des itinéraires proposés, il a fallu extraire le dispositif expérimental à un contexte d'exploitation agricole. En effet ceci est indispensable pour l'intégration de notions telles que les amortissements techniques et la répartition de la main d'œuvre. Pour cela le système témoin a été testé sur des surfaces croissantes à l'aide du logiciel SIMEQ. On a ainsi sélectionné la surface maximale qu'il était possible de réaliser avec les paramètres entrés pour le système témoin., autrement dit la surface maximale qui dans un contexte technique et pédo-climatique donné permet de réaliser efficacement l'ensemble des opérations du système au moins deux années sur trois. On se refuse donc qu'au moins une opération culturelle ai plus de 33% d'échecs sur 20 années climatiques. (ces chiffres sont issus du service des études économiques d'Arvalis)

Les cultures possédant les charges de travail les plus élevées sont allouées aux surfaces les plus grandes de sorte à se placer dans la situation la plus critique. Le nombre d'UTH dans le système est de deux avec une moyenne de 2200h/UTH/an (en heure de présence et non en heure de traction).

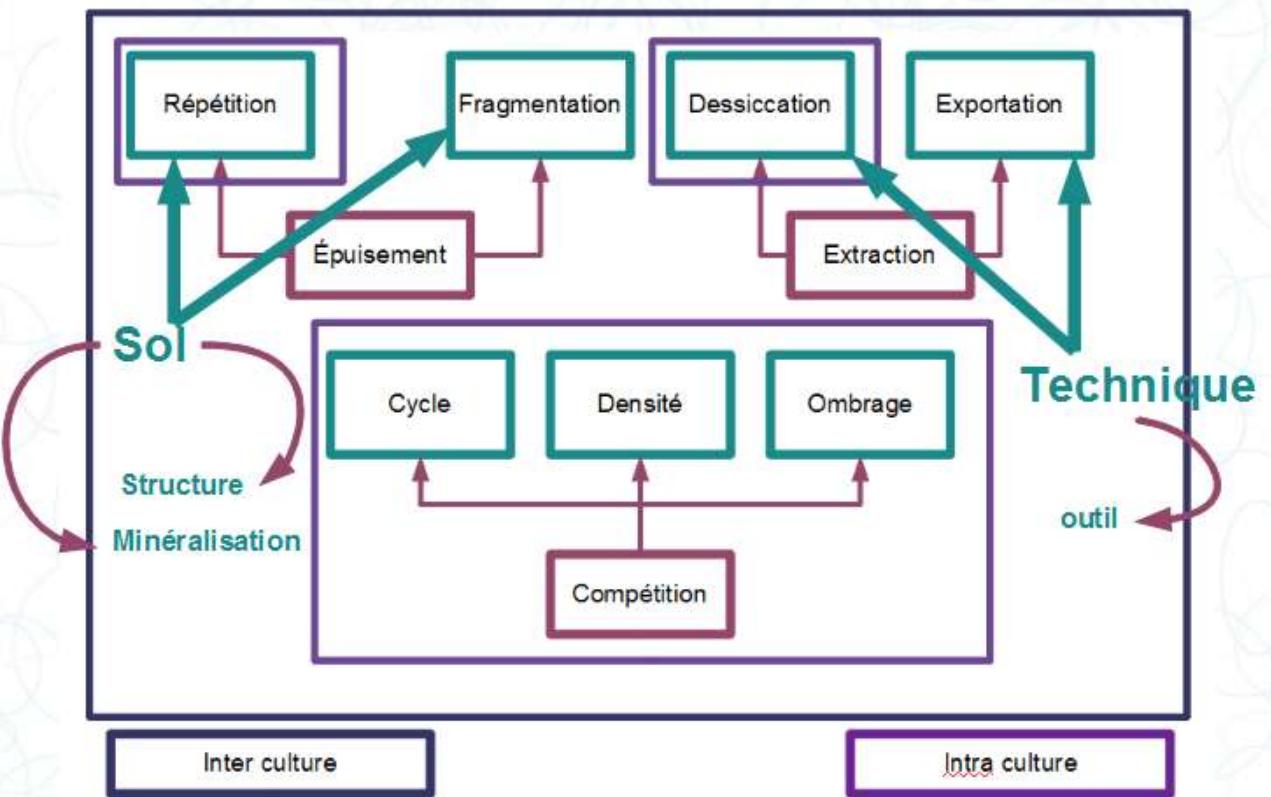


Illustration 8: Typologie par type de technique

1.2 Méthodologie d'évaluation

La méthode utilisée est fondée sur deux types d'évaluation: une évaluation portant sur l'efficacité des systèmes proposés vis à vis des vivaces et une évaluation portant sur la durabilité de ces mêmes systèmes.

L'évaluation de l'efficacité est réalisée sur la base de l'impact des opérations culturales sur les paramètres physiologiques identifiés comme important dans l'expansion des populations de vivace. Cette grille d'efficacité est construite sur la base d'expertises réalisées par les acteurs de terrain, les agriculteurs et les chercheurs. Pour répondre à cet objectif, on conçoit une grille d'évaluation multicritère (illustration 9) permettant de noter chaque éléments du système suivant son efficacité. L'ensemble de cette grille de notation nous permet d'obtenir pour chaque année de la rotation une note d'efficacité sur 17,5, soit pour chaque système une note d'efficacité globale sur 140. A savoir que les systèmes sont notés indépendamment pour le chardon et le chiendent. Ceci implique que les caractéristiques d'un élément du système peuvent avoir des efficacités différentes suivant que l'on considère le chardon ou le chiendent.

Enfin la note maximale pouvant être attribuée pour chaque éléments est fonction du potentiel d'efficacité de celui-ci sur les vivaces. Ce potentiel dépend lui aussi de l'espèce que l'on considère. A titre d'exemple le nombre de point d'efficacité pouvant être obtenus pour la caractéristiques « ombrage » d'une culture est plus élevée pour le chardon que pour le chiendent car on considère que le chardon est plus sensible à la diminution de la quantité de lumière reçue. Le détail de cette grille est présenté ci-contre.

La durabilité des systèmes est quant à elle réalisée sur trois critères de durabilité différents: Compétilis (Arvalis) est utilisé pour la phase d'évaluation économique, il permettra de suivre quatre indicateurs: marges brutes rotationnelles, marges directes rotationnelles, marges nettes rotationnelles et coût de production du blé qui est la culture de référence.

La durabilité agro-écologique est appréhendée par l'intermédiaire de trois indicateurs; un indicateur de pratique agricole, un indicateur de diversité et un indicateur d'organisation de l'espace (inspiré de la méthode IDEA 3). L'indicateur de pratique agricole considère le risque de tassemement qui est calculé en allouant à chaque combinaisons outils/tracteurs un facteur risque de tassemement directement proportionnel à la force exercée par chaque combinaisons sur le sol. Ce facteur outil est mis en regard d'un facteur mois qui alloue à chaque mois un facteur de risque de tassemement corrélé à l'état de la réserve utile du sol. L'indicateur tassemement est donc assez brute mais est suffisant dans le cadre d'une démarche comparative.

L'indicateur de diversité prend en compte le pourcentage de famille et d'espèces dans la rotation. L'organisation de l'espace est abordé via la structure de l'assolement: type de précédent, année avant le retour d'une culture. En annexe 4 est présenté la méthode.

Il est nécessaire de préciser que l'on a à notre disposition des indicateurs agro-écologiques plus performants permettant d'évaluer un système. Cependant le choix de cette méthode d'évaluation se justifie par la nécessité d'utiliser un outil d'évaluation rapide permettant de se faire une première idée des systèmes conçus. Par la suite on pourra soumettre les systèmes retenus à une évaluation plus poussées.

Note : Cette grille d'efficacité est amenée à devenir un outil adaptable à l'évolution des connaissances acquises. La version qui est présenté ci-contre devra donc connaître des changements au cours des mois prochains.

2. Résultats

2.1. Détails des prototypes conçus

A la suite du processus de conception quatre systèmes de culture dont le système témoin ont pu être proposés.

- Système de culture « Témoin » (système simplifié):
 - Tête de rotation:

							Points chiendent	Points chardon
Accès lumière	Période culturelle	Caractéristique Culture	culture pérenne				0.5	1
			culture d'hiver				1	0
			culture printemps				0	0.5
			ombrage	écartement rangs		15	0.2	0.3
					25	-0.2	-0.3	
				port	type	étalé	0.1	0.3
					hauteur	droit	0	0
			Système racinaire	densité		<1m	0	-0.3
				classique		>1m	0.1	0.3
				supérieure		inférieure	-0.3	-0.3
				pivotant		classique	0	0
			alléopathie	possible		supérieure	0.3	0.3
				peu probable		pivotant	0	0
note culture							2	2.5
Intensité d'intervention	interculture	Caractéristique culture intermédiaire	date d'implantation	aucune			0	0
				précoce			1	0.5
				tardif			0.5	0.25
			ombrage	port	type	étalé	0.2	0.2
					hauteur	droit	0	0.125
				système racinaire	<1m	0	0	0
					>1m	0.1	0.1	0
				pivotant		fasciculé	0	0.2
				fasciculé			0.2	0
note culture intermédiaire							1.5	1
Intensité d'intervention	intraculture	intraculture	travail	oui			1	2
				non			-1	-2
			type de travail	coupe			0.5	0.5
				travail du sol	surface		0.2	0.1
					superficiel		1	1
			nb passage intraculture	1			0.25	0.25
				2			0.5	0.5
				3 ou plus			1	1
				moins de 10			0.25	0.25
			ecart entre deux passages	10			1	1
				plus de 10			0.5	0.5
				note d'intensité intraculture			4	5
				ouïe			1	0.5
Intensité d'intervention	interculture	interculture	travail	non			-1	-0.5
				travail du sol	Profond		0.8	1
					surface		0.2	0.1
			nb passage moyen interculture	superficiel			1	0.8
				1			0.25	0.25
				2			0.5	0.5
				3 ou plus			1	1
			mode de destruction	épuisement			0.25	0.25
				dessication (passage précoce)			0.5	0.5
				exportation			0.125	0.125
				moins de 10			0.25	0.125
			ecart entre deux passages	10			1	0.5
				plus de 10			0.5	0.25
				moins de 10			0.5	0.5
				10 à 30			0	0
				plus de 30			-1	-1
note d'intensité interculture							5	4
date d'interventions	intraculture	intraculture	très précoce (mars-début avril)					
			précoce (fin avril-mai)					
			optimal (juin)					
note date d'intervention							5	5

Illustration 9: Détail de la grille de notation d'efficacité

➔ Choix des cultures:

2 ans de luzerne sont implantés en tête de rotation. Le rôle de la luzerne est le même que celui d'une prairie temporaire c'est-à-dire de nettoyer le sol en faisant diminuer le stock semencier présent dans celui si. Elle permet aussi d'assurer un apport d'azote pour les cultures suivantes du fait de l'activité fixatrice d'azote atmosphérique.

Le choix de ne laisser la luzerne que deux ans au lieu de trois ou quatre ce qui à priori assure les résultats les plus satisfaisants est l'aspect financier. En effet laisser trois années de luzerne aurait diminué la part de céréale dans la rotation et ainsi la marge totale à l'échelle d'une rotation. Deux ans semble donc être un bon compromis afin de concilier l'activité « nettoyante et structurante » de la luzerne et l'aspect financier.

➔ Conduites des cultures:

La luzerne est semée sous couvert de la céréale de fin de rotation. Ce semis est réalisé de manière simultanée en mélangeant les graines dans la trémie. Le mode de conduite de la luzerne est fondé sur 1 broyage et 1 fauche en première année, et un broyage et 2 fauches la deuxième année. La dernière coupe est restituée au sol.

➤ Milieu de rotation:

➔ Le choix des cultures:

Les cultures principales sont essentiellement des céréales. Ce sont des cultures exigeantes et salissantes mais qui ont été choisi du fait d'une marge brute potentielle élevée. Deux espèces de céréale sont présentes: le blé et l'avoine.

Une culture secondaire est implantée après le premier blé. Elle est moins exigeante en terme d'azote mais à marge brute plus faible. Il s'agit ici d'une culture de sarrasin. Une légumineuse et un mélange céréalier avant le deuxième blé et avant la culture d'avoine permettent d'assurer un rendement potentiel supérieur sur blé et de maintenir un statut azoté suffisant tout au long de la rotation.

➔ La conduite des cultures:

Aucune opération particulière n'est effectuée en intraculture. Seuls les deux blés sont hersés fin février.

➤ L'inter-culture:

L'inter-culture est fondée sur un à deux déchaumages avec un labour systématique. Étant donnée le recours aléatoire au couvert intermédiaire, on a considéré que cette technique n'était pas utilisée dans le cas du système témoin.

■ Système de culture « OPT1 »: tête de rotation de 3 ans + épuisement + culture intermédiaire »

➤ Tête de rotation:

Dans ce système on va tester la faisabilité d'une tête de rotation de luzerne sur 3 ans. L'intérêt agronomique réside essentiellement dans la lutte contre *C. arvense*. En effet l'hypothèse principale est que la décroissance annuelle de la biomasse des rhizomes de l'espèce n'est pas suffisante pour lutter efficacement contre l'espèce en seulement deux années.

➔ Choix des cultures:

On conserve une culture de luzerne pure.

➔ Conduites des cultures:

Les première et deuxième année de luzerne sont conduites de manière similaire au témoin. En ce qui concerne la troisième année, la luzerne est fauchée précocement de sorte à mettre en place une jachère nue au cours du mois de juillet. Cette dernière consiste en une série de trois déchaumages. On compte sur le déficit hydrique important au mois de juillet pour assurer la dessiccation des rhizomes; essentiellement ceux de chиendent qui sont plus facile à ramener à la surface. Cette dessiccation s'ajoutera à l'épuisement des rhizomes induit par les déchaumages successifs. Le labour systématique est maintenu essentiellement pour son effet sur le chardon; en

	T	OPT1	OPT2	OPT3	ST1
Tête de rotation	Lu	Lu	Lu RG	Lu	Trèfle
	Lu	Lu	Lu RG	Lu	
		Lu			
Corps de rotation	Blé	Blé	Blé	Blé	Blé
Sarrasin	Seigle	Seigle	Seigle	Seigle	Seigle Vesce
Fév ptrs	Fév ptrs	Fév ptrs	Fév ptrs	Avoine ptrs	
Blé	Blé	Blé	Blé	Trèfle	
Pois Triticale	Avoine ptrs	Pois Triticale	Pois Triticale	Blé	
Avoine ptrs		Avoine ptrs	Avoine ptrs	Pois Triticale	Orge ptrs

Illustration 10: Rotation dans quatre systèmes de lutte contre les vivaces

effet la bibliographie ne s'accorde pas quant à l'effet positif du labour sur les populations de chiendent.

➤ Milieu de rotation:

➔ Le choix des cultures:

Le choix d'introduire une année de luzerne supplémentaire nous constraint à supprimer une culture sur le reste de la rotation. Le choix s'est porté sur le mélange pois/triticale, culture pour laquelle l'intérêt agronomique et économique étaient le moins évident. Il est plus compliqué de supprimer une céréale du fait de leur intérêt économique lié au prix de vente ou la féverole qui constitue un pilier de la rotation en terme de gestion de l'azote dans le système. On choisit de plus de remplacer le sarrasin par un seigle d'hiver. Le sarrasin bien que très compétitif en début de cycle s'avère au contraire peu compétitif en fin de cycle c'est à dire au début de l'automne, période clé dans la gestion de *E.repens*. L'intérêt d'une culture comme le seigle réside d'une part dans le fait que la hauteur importante assure un bon ombrage au sol ce qui est préjudiciable au chardon. D'autre part qu'il permet d'introduire une culture d'hiver supplémentaire dans la rotation, ce qui constitue un intérêt du fait que l'on disposera d'un couvert végétal avant l'hiver permettant de ralentir d'avantage le chiendent déjà pénalisé par les travaux du sol en inter culture. Mais aussi une culture démarrant plus rapidement à la sortie d'hiver.

➔ La conduite des cultures:

Les changements au sein des itinéraires techniques restent minime mais on compte cependant beaucoup sur l'efficacité des opérations introduites pour mieux gérer les vivaces dans le système.

Les règles de décision pour les opérations d'étrillage sont modifiées. La herse étrille est passée si on observe des réimplantations de rhizome en surface.

Le binage des deux blés est introduit. Il s'agit d'un binage semi-tardif (fin avril-début mai) répété trois fois. Le retardement de l'opération permettra de se rapprocher le plus près possible du stade floraison des adventices cibles (fin mai-juin) période à laquelle les rhizomes sont le moins pourvus en réserve. L'intensité des opérations permettra de jouer sur les levés de dominance apicale et donc d'épuiser davantage les populations. Le choix de biner les cultures de blés et non les autres qui pour certaines sont moins compétitives tient du fait que l'on espère la marge brute la plus importante sur cette espèce. Ainsi en la binant préférentiellement on limite le risque de perte de rendement et ainsi on augmente la probabilité d'avoir une marge brute supérieure.

L'introduction du binage des blés engendre un inter rang de 25 cm au lieu de 14 cm actuellement. De plus à l'heure actuelle on sème à 220 kg/ha soit 75% de la capacité du semoir. En semant à 25 cm d'inter rang il faudra donc augmenter la densité sur le rang afin d'avoir la même densité au metre carré. Avec la capacité du semoir à disposition on peut monter jusqu'à 200kg/ha en dose de semis.

Aussi important que le choix de l'opération culturale, le choix de l'outil doit aussi se raisonner en fonction des effets sur le système attendu. Deux paramètres vont être primordiales pour le choix de la bineuse:

- le type de socs qui va conditionner l'effet sur les rhizomes de vivace.
- Le dégagement sous bâti de la bineuse qui va définir le stade maximale d'intervention pour ne pas abîmer les cultures.

L'objectif recherché étant l'épuisement des rhizomes, des socs à pattes d'oies devrait permettre d'atteindre l'objectif attendu pour le chiendent, cependant des socs à ailettes seraient à privilégier pour le chardon car ils permettent de travailler l'intégralité de la surface.

On supprime le semis de luzerne sous couvert d'avoine car il empêche tout travail du sol avant la première année de luzerne. L'hypothèse est que la luzerne gagnera en compétitivité si on affaiblit les populations de vivace à l'entrée de la tête de rotation.

➤ L'inter-culture:

Les stratégies de gestion des vivaces en interculture diffèrent suivant la culture suivante. Devant les cultures d'hiver on réalise trois déchaumages à dix jours d'intervalle entre chacun et un passage de herse étrille. La période de dix jours d'intervalle entre deux opérations semble le temps optimal pour que les plantes vivaces aient le temps de ressortir suffisamment pour que l'opération suivante soit efficace. Le passage de herse étrille

devrait permettre d'amener en bout de champs les rhizomes présents en surface sachant que l'on réalise bien une technique d'épuisement et non une technique d'extraction. Ces déchaumages sont réalisés à 5, 10 et 15 cm de sorte à obtenir une levée progressive des bourgeons apicaux. Devant les cultures de printemps on complète cette stratégie en implantant une culture intermédiaire. L'objectif de la culture intermédiaire est d'assurer la présence d'un couvert végétal sur le sol (comme avec une culture d'hiver) après les opérations de déchaumage et ainsi d'empêcher le chiendent déjà fragilisé de reprendre son développement

De la même manière qu'avec la bineuse le choix du type de déchaumeur est primordiale :

- le type de socs qui va conditionné l'effet sur les rhizomes de vivaces.
- Le nombre de dents et l'écartement entre elles
- le dégagement sous bâti important à considérer pour les risques de « bourrage » de l'outil.

Comme pour la bineuse, le but recherché dans cette opération est l'épuisement et non l'extraction. Les outils de déchaumage présentés en introduction pourraient donc suffire à la réussite de cette opération, ce qui serait bien différent pour des opérations d'extraction. On peut tout de même munir les déchaumeurs de socs à ailettes en remplacement des socs à pattes d'oies. Les socs à ailettes du fait de leur largeur plus importante et de l'angle formé entre le corps du soc et les ailettes permettent de travailler horizontalement l'ensemble de la surface et ainsi de scalper les rhizomes qu'ils soient de type rampant ou pivotant.

■ Système « OPT2 »: Tête de rotation associée + épuisement + culture intermédiaire

➤ Tête de rotation

➔ Choix des cultures:

Dans ce système on exploite une seconde hypothèse, elle porte sur le manque de compétitivité de la luzerne vis à vis du chiendent. Le chiendent et la luzerne ont des systèmes racinaires très différents avec un pivot de luzerne qui colonise les parties profondes du sol et le chiendent dont les rhizomes sont présents dans les 15 premiers centimètres du sol. L'idée est donc d'associer la luzerne à une espèce capable de colonisé par son système racinaire ces premiers centimètres. On propose donc une association Luzerne/Ray grass anglais. En ce qui concerne le chardon on devrait garder une bonne compétitivité. Le choix se porte sur le ray grass anglais du fait de sa capacité à couvrir rapidement le sol et de sa tolérance à l'écrasement et à l'arrachage pendant les opérations de fauches de la luzerne.

➔ Conduites des cultures:

L'introduction d'une association nous amène à repenser la conduite de la tête de rotation. Le mélange est semer sur le même rang en mélangeant dans la trémie le Ray gras et la luzerne. La densité choisie pour le semis est de 30% de Ray gras et 70% de luzerne (INRA Lusignan). En effet on privilégie la légumineuse dans le mélange afin d'obtenir des reliquats azotés en fin de tête de rotation suffisants pour le premier blé.

Le reste de la rotation est conduite de manière similaire à OPT1. On réintroduit cependant le mélange pois/triticale en avant dernière culture de la rotation.

■ Système « OPT3 »: Tête de rotation binée + extraction

➤ Tête de rotation

➔ Choix des cultures:

Luzerne en culture pure

➔ Conduite des cultures

Le système OPT3 est l'occasion de tester une tête de rotation travailler. Pour cela on sème la luzerne à 25 cm de sorte à pouvoir travaillé dans de bonnes conditions l'inter rangs. La luzerne est fauchée deux fois avec un binage après chaque fauche. L'intérêt agronomique réside dans la possibilité de travailler le sol à une période où les rhizomes sont le moins pourvus en réserve et à une période où les précipitations sont plus faibles rendant la destruction plus efficace. En effet on allie à la fois le bon timing et une destruction par dessiccation qui reste la

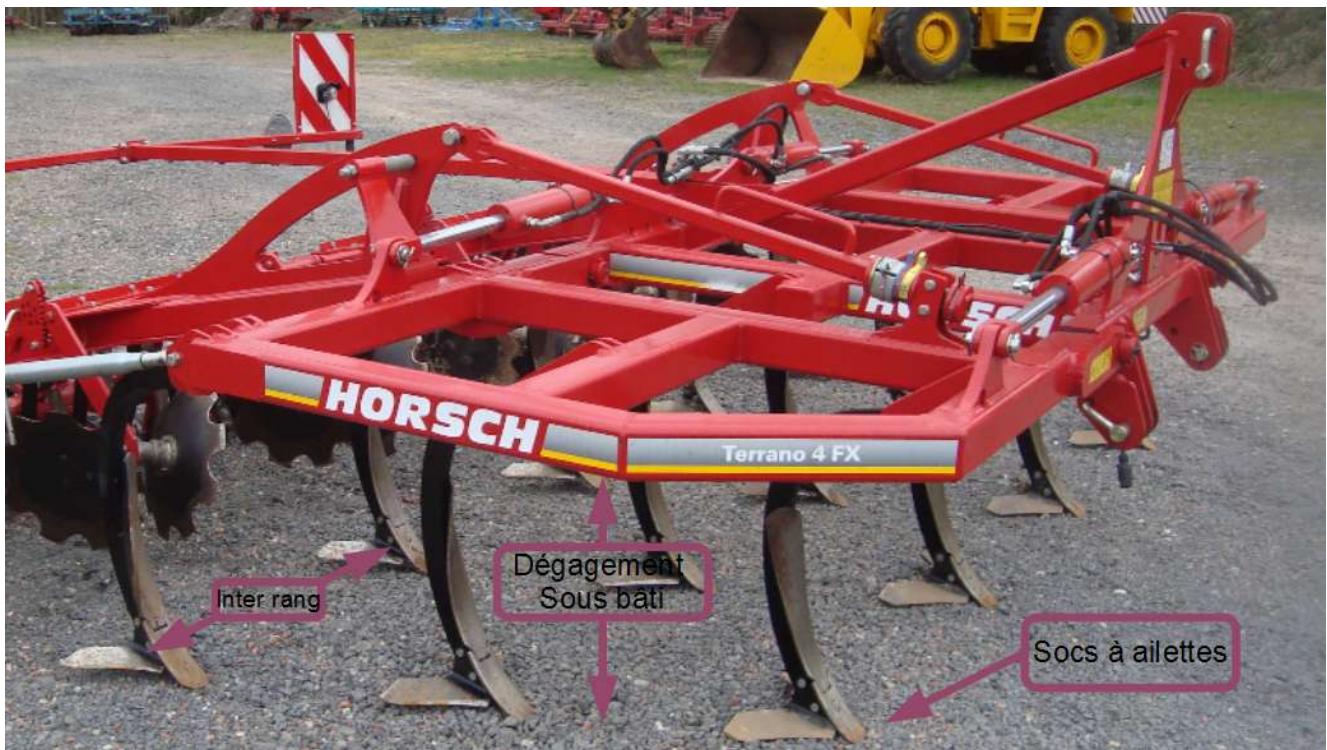


Illustration 11: Exemple d'un déchaumeur adapté à l'extraction des rhizomes

méthode de destruction la plus efficace contre les rhizomes.

➤ Inter culture

Sur le système OPT3, on va remplacer les opérations d'épuisement au profit d'opérations d'extraction que l'on pense moins efficaces mais qui nécessitent moins de passage d'outils. Afin de réaliser ce type d'opération, les déchaumeurs utilisés doivent posséder des dents incurvées en nombre limités, socs à ailettes et un dégagement sous bâti élevé. Ceci permettra d'extraire un maximum de rhizome sans entraîner le «bourrage» de l'outil». En illustration 11 est présenté le type d'outil qui serait adapté (inter rang de 30 cm, dégagement sous bâti de 75 cm). A l'extraction on ajoute une opération d'andainage de sorte à regrouper les rhizomes pour les exporter de la parcelle. L'efficacité de cette technique n'est pas avérée, cependant l'important est de considérer que dans cette technique on réalise seulement deux passages. L'outil réellement utilisé pour l'extraction pourra être adapté par la suite.

Il faut préciser que ce type de technique s'applique surtout au chiendent dont la majorité des rhizomes seront accessibles aux dents du chisel. Pour le chardon possédant des rhizomes beaucoup plus profond, la quantité de rhizome extraite sera limitée.

Le reste de la rotation est conduite de manière identique à OPT2

■ Système « ST1 »: Sans tête de rotation + épuisement + culture intermédiaire + cultures associées

➤ Tête de rotation:

➔ Choix des cultures:

Le système ST1 bouleverse significativement la rotation établie. Pour le construire on s'est basé sur l'hypothèse que les populations de vivace sont favorisées par la présence de cultures pérennes dans la rotation, hypothèse étayable par des résultats bibliographiques. On a donc supprimé la tête de rotation de deux ans de luzerne au profit de deux années de trèfle réparties en début et milieu de rotation. Le choix s'est porté sur le trèfle du fait que c'est une légumineuse et que le rapport prix semences/temps de présence est bien plus faible que pour une culture de luzerne. L'autre argument en défaveur de la luzerne est que le temps d'implantation de la luzerne risque d'être plus long et ainsi la fixation d'azote dans le sol plus faible sur une seule année.

➔ Conduite des cultures:

➤ Milieu de rotation

➔ Choix des cultures:

On conserve les deux blés dans la rotation que l'on place après trèfle. Ceci permet de bénéficier de l'azote fixé par ces cultures.

On supprime la féverole dans la rotation du fait de sa faible compétitivité vis à vis du chiendent. Ceci se fait au profit d'un nouveau mélange d'espèce réputé pour sa compétitivité: seigle/vesce (B. Melander, I.A. Rasmussen ,). La vesce est aussi réputée pour sa difficulté de destruction mais on part du postulat que si on lutte efficacement contre le chiendent en post-récolte, la vesce n'arrivera pas à repartir. Le second mélange Pois/triticale est conservé.

On intègre deux céréales (avoine et orge) après les mélanges. On compte peu sur l'aspect compétitif de ces cultures mais elles permettent d'obtenir de bonne marge dans le contexte de l'exploitation. Elle constitue un bon compromis entre régularité de la compétition et marge brute de la culture.

➔ Conduite des cultures

Les cultures sont conduites classiquement avec binage et hersage des blés.

➤ Inter culture

idem qu'en OPT1 et OPT2, on met en jeu une stratégie d'épuisement.

Taux de réussite des semis d'automne pour deux surfaces d'exploitation: 350 ha et 360 ha

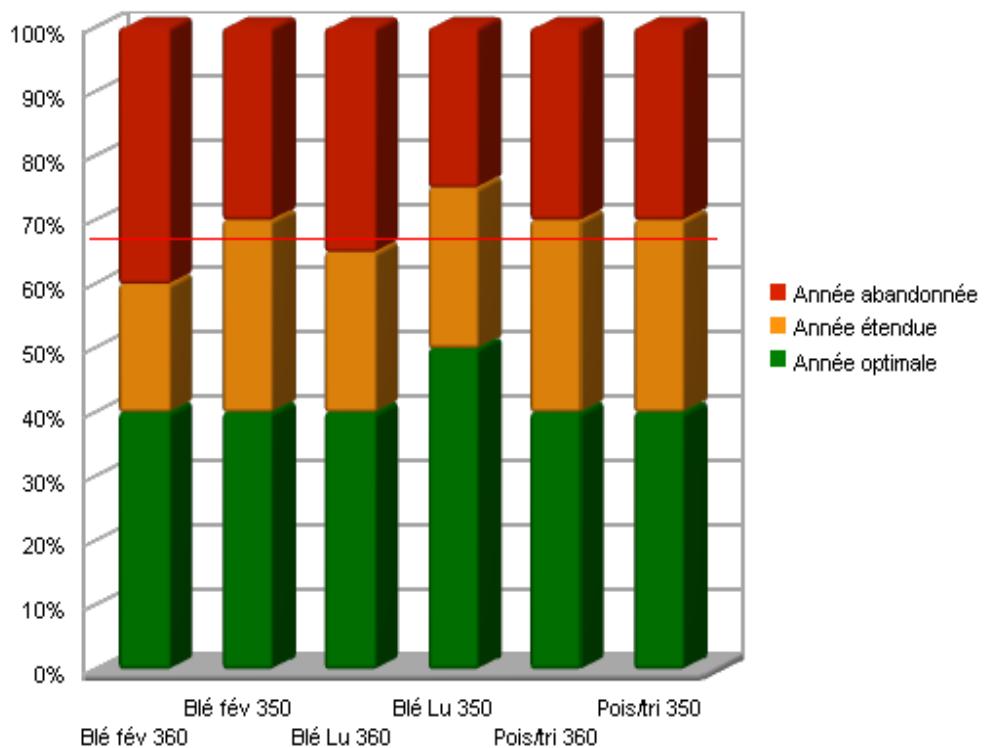


Illustration 12: Extraposition du système - Résultats

2.2 Extraposition du dispositif

Les opérations limitantes de l'extension de la surface sont les semis d'automne. Ci-contre (illustration 12) on remarque que les objectifs de semis du blé de féverole ne sont pas atteint plus d'une année sur trois à 360 ha ce qui n'est pas le cas à 350 ha ou les objectifs ne sont pas atteint 28% du temps. On conservera donc la surface de 350 ha comme surface maximale pouvant être cultivée dans le contexte pédo-climatique et technique de l'exploitation.

A noter que les opérations de désherbage mécanique à la herse étrille sont aussi limitantes. Cependant le taux d'échec de 33% est déjà atteint sur 64 ha si on considère la période optimale de désherbage du 20/02 au 10/03. Un passage tardif est possible mais probablement inutile du fait d'un stade trop avancé des adventices dès la deuxième décennie de mars. Par conséquent l'extrapolation est faite « hors herse étrille ».

2.3 Évaluation de l'efficacité des systèmes

Afin d'évaluer l'efficacité des systèmes qui ont été conçus, il nous faut considérer deux paramètres:

- tout d'abord l'efficacité générale telle qu'elle est présentée dans le graphique ci-dessous et qui traduit le potentiel de contrôle du système tout éléments confondus.
- ensuite la répartition de cette efficacité au cours de la rotation. En effet il s'agit de savoir si la note globale est le résultat d'une compétitivité très élevée d'une culture donnée à un point particulier de la rotation ou d'un ensemble de culture moyennement compétitive mais disposée sur l'ensemble de la rotation.

Le graphique ci-contre présente les notes d'efficacité sur les deux populations de vivace étudiées. On rappel que le nombre maximal de point pouvant être obtenu pour un système donné est de 140. Avant toute chose, on remarque que l'efficacité des systèmes proposés est environ 2 à 2,5 fois supérieure à celle du système témoin. Ceci montre que l'on peut espérer un réel gain d'efficacité grâce aux modifications apportées aux itinéraires techniques. Cependant, le système le plus efficace ayant été conçu permet d'atteindre 50% de l'efficacité maximale, la marge de manœuvre est encore importante et on peut donc espérer améliorer encore d'avantage les systèmes de ce point de vue. Enfin on note que l'efficacité sur le chardon est toujours inférieure à l'efficacité sur le chiendent. Une explication possible est que l'on réalise à aucun moment en inter culture des stratégies de travail du sol profond.

En ce qui concerne l'efficacité absolue de chaque système, on note de plus que non seulement le système OPT1 est le plus efficace des quatre mais aussi qu'il montre un bon contrôle sur les deux populations de vivaces ciblées. Le système OPT3 présente des efficacité moindre du fait que l'interculture est fondée sur des opérations d'extraction et d'exportation des rhizomes qui restent moins efficaces que l'épuisement.

Pour les autres systèmes on remarque que l'efficacité sur le chardon est souvent bien inférieure à celle observée sur le chiendent. Ces différences d'efficacité sont de 12 à 20% pour ces systèmes et que de 5% pour OPT1. On peut donc penser que le système OPT1 sera un système plus équilibré en terme de gestion de ces populations. En observant le graphique ci-dessus, on peut distinguer trois catégories de systèmes de culture. En premier lieu les systèmes ST1 et OPT2. Dans ces systèmes la gestion du chiendent et du chardon est concentrée en milieu et début de rotation. Cette concentration est d'autant plus importante sur le chardon puisqu'entre ces deux périodes les efficacités des itinéraires sont très faibles. Pour le chiendent on maintient un contrôle satisfaisant entre ces deux périodes. La deuxième catégorie est représentée par le système OPT1. Dans ce système il existe un contrôle important et régulier des populations cibles. Seul une baisse de contrôle s'observe en milieu de rotation pour le chardon. La troisième catégorie est représentée par OPT3, dans ce système le contrôle en milieu de rotation est très faible du fait des méthodes employées, cependant la tête de rotation est très efficace avec une efficacité légèrement plus élevée que celle de OPT1.

La dernière partie du travail sur l'efficacité consiste à savoir quel est le facteur le plus limitant de l'efficacité des systèmes de culture. Ainsi, s'agit il d'un effet espèces implantées ou d'un effet conduite de la culture. On remarque ainsi que dans la plus-part des cas, cette faiblesse de compétitivité est due à la conduite de la culture.

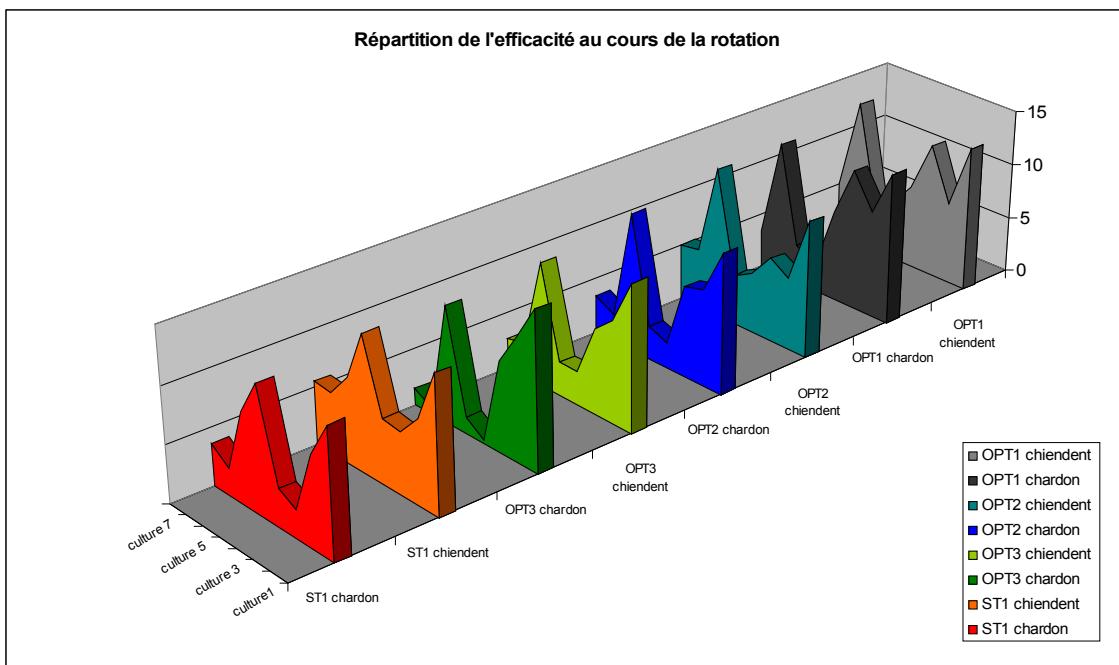


Illustration 13: Évaluation de l'efficacité au cours de la rotation

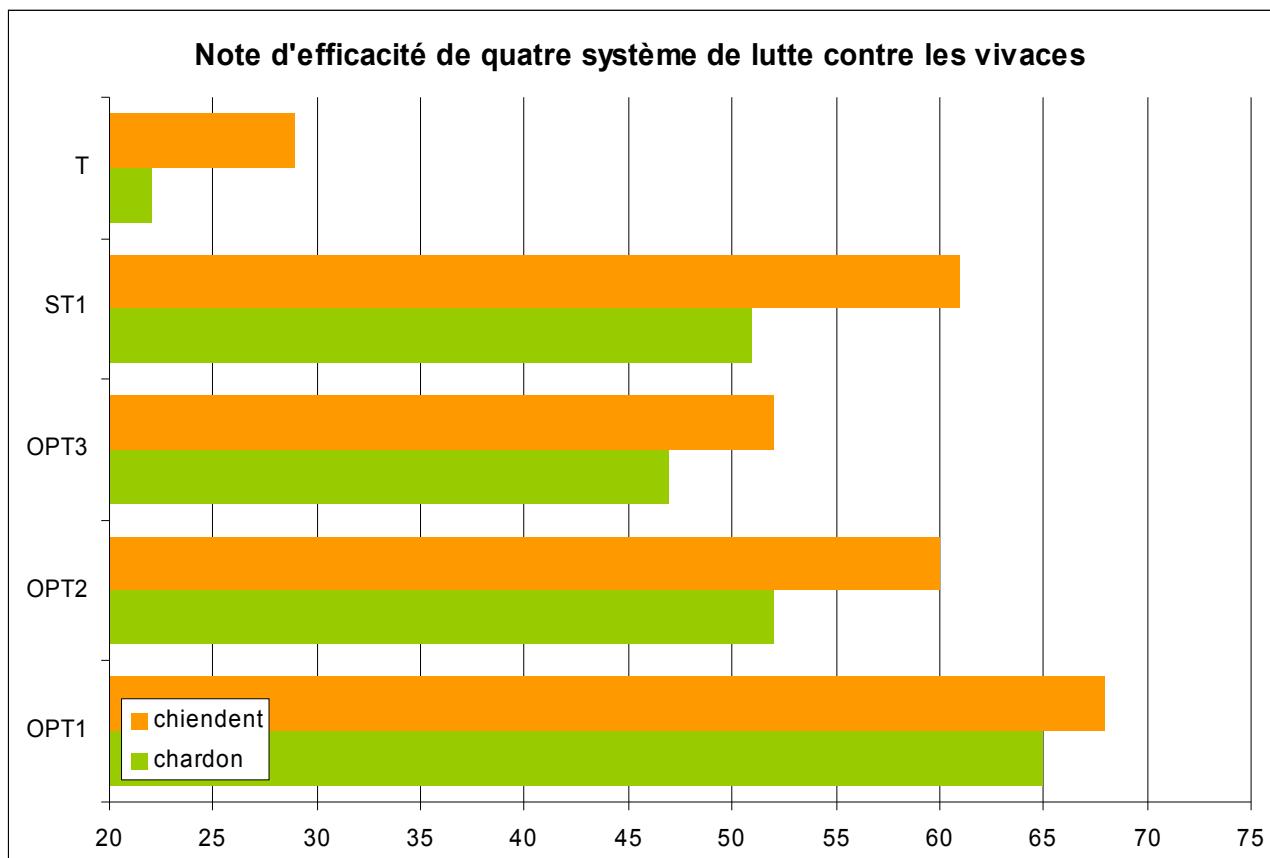


Illustration 14: Évaluation de l'efficacité des systèmes

A titre d'exemple la troisième culture du système ST1 obtient pour le chiendent 85% des points d'efficacité culture avec le mélange seigle/vesce et seulement 24% des points d'efficacité disponible pour les opérations culturales. On peut donc imaginer repenser la conduite de ces cultures dans une phase ultérieure. A noter que ce biais est en partie un biais de construction du système d'évaluation. A savoir que l'on a fait le choix d'alloué beaucoup plus de point efficacité pour les opérations culturales que pour les cultures en partant du postulat que les méthodes de destruction affectent davantage les populations de vivace que les méthodes de contrôle.

2.4 Évaluation technico-économique

La première étape de l'évaluation technique consiste à savoir quelles sont les opérations limitantes des systèmes. Les modélisations montrent que les stratégies de désherbage mécanique poste récolte sont mises à défaut dans trois systèmes sur quatre. Les opérations de déchaumage apparaissant comme facteurs limitants de la réussite des itinéraires. En effet ils représentent de 50% à 60% des échecs totaux selon le système considéré. OPT2, et ST1 présentent des taux d'échecs supérieurs au système OPT1. Ceci s'explique par une interculture supplémentaire étant donné que l'on est sur un système à deux ans de luzerne. La charge de travail est donc d'autant plus forte sur cette période. En ce qui concerne le système ST1 c'est à dire celui sans tête de rotation de deux ans, la surcharge de travail sur la période allant de début aout à fin septembre est essentiellement due aux semis de trèfle supplémentaire à réaliser courant septembre.

En ce qui concerne OPT3, l'ensemble des stratégies d'interculture ont un taux de réussite supérieur à 70%. Ceci engendre cependant comme on l'a vu précédemment une moindre efficacité de ces intercultures.

On peut d'ors et déjà affirmer à cette étape de l'évaluation, qu'il sera difficile de mettre en place des stratégies fondée sur l'épuisement et le semis de culture intermédiaire dans le contexte pédoclimatique et technique de l'exploitation. Et ce, bien que ces stratégies semblent les plus effaces.

Il est intéressant avant d'aller plus loin de comprendre quelles sont les causes d'échecs de ces opérations et ce afin de connaître les leviers que l'on pourra utiliser pour la correction de ces systèmes. En témoigne l'illustration 15, les principales causes d'échec des opérations sont la disponibilité de la main d'œuvre et le climat (le climat reste la cause principale d'échec à l'échelle du système). On remarque aussi que la sécheresse du sol après la moisson constitue une cause d'échec non négligeable, ceci est d'autant plus problématique que ceci retarde l'ensemble des opérations d'inter-culture par la suite.

On peut donc penser qu'une augmentation de la disponibilité de la main d'œuvre durant la période post-récolte permettrait de diminuer significativement le taux d'échecs de ces opérations culturales.

Concernant les opérations de semis d'automne qui étaient limitantes dans le cas du système témoin, on observe un taux d'échec supérieur à 33% sur au moins l'un des semis. Cette remarque vaut pour OPT2 , OPT3 et ST1. Ceci n'est pas étonnant puisque ces systèmes fonctionnent sur quatre semis d'octobre/novembre contre trois pour OPT1 et pour le témoin. Il faut donc labouré/semé environ 45 ha de plus sur 2 mois. Rappelons que l'extrapolation du système a été faite avec le semis d'automne limitant.

Il est intéressant de noter que les stratégies de désherbage mécanique intraculture que ce soit sur luzerne ou sur céréale ont un taux de réussite satisfaisant. Seul 6 à 9% des opérations de binage échouent ce qui est très faible et bien inférieur au seuil de 33% que l'on cible. De manière générale les opérations culturales de printemps atteignent toutes les objectifs fixés. Étant donné que le taux de réussite de ces opérations culturales est plus important, on peut imaginer augmenter le nombre de culture binée.

On notera que l'analyse économique des systèmes n'a pas encore été réalisé dans cette première étude. On s'est cependant assuré que l'ensemble des systèmes proposés ne présentent pas d'aberrations économiques majeures L'étude économique exhaustive sera réalisée dans le cadre d'un travail ultérieur.

2.5 Évaluation agro-écologique

L'évaluation agro-écologique (annexe 6) permet de mettre en avant trois groupes de systèmes de culture:

Tout d'abord les systèmes de culture dans lesquels on observe une baisse de la diversité culturales et une

Pourcentage d'échec des opérations de chisel et de binage

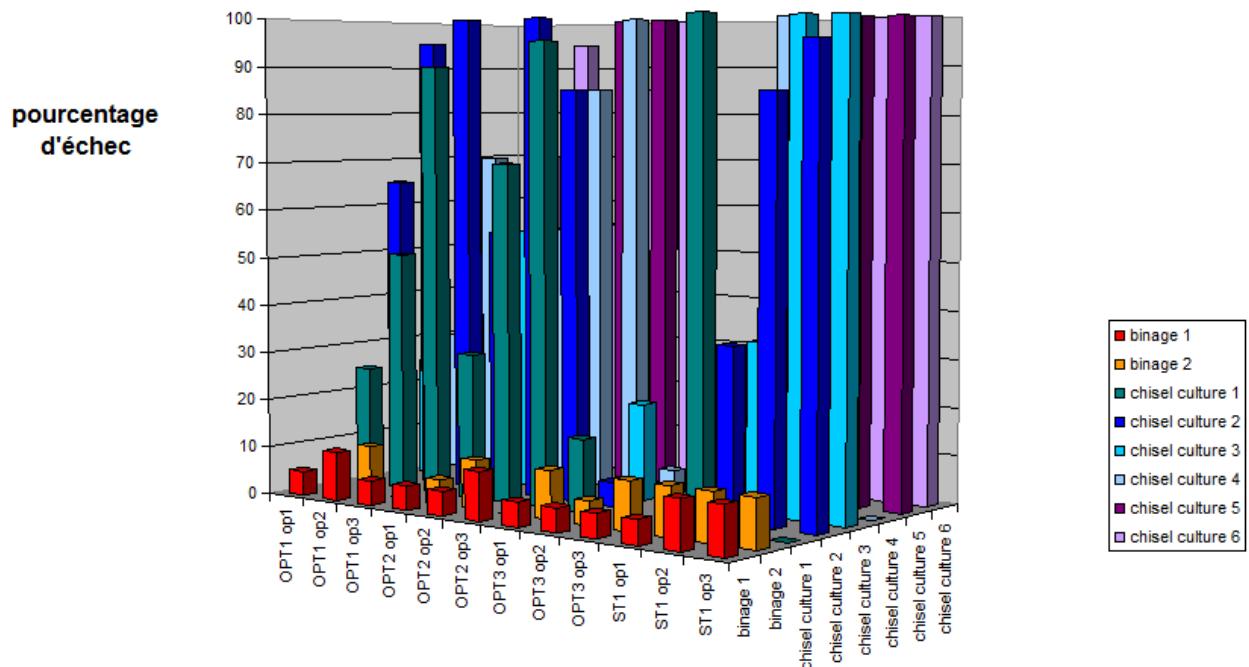


Illustration 15: Taux d'échec des opérations de chisel et de binage

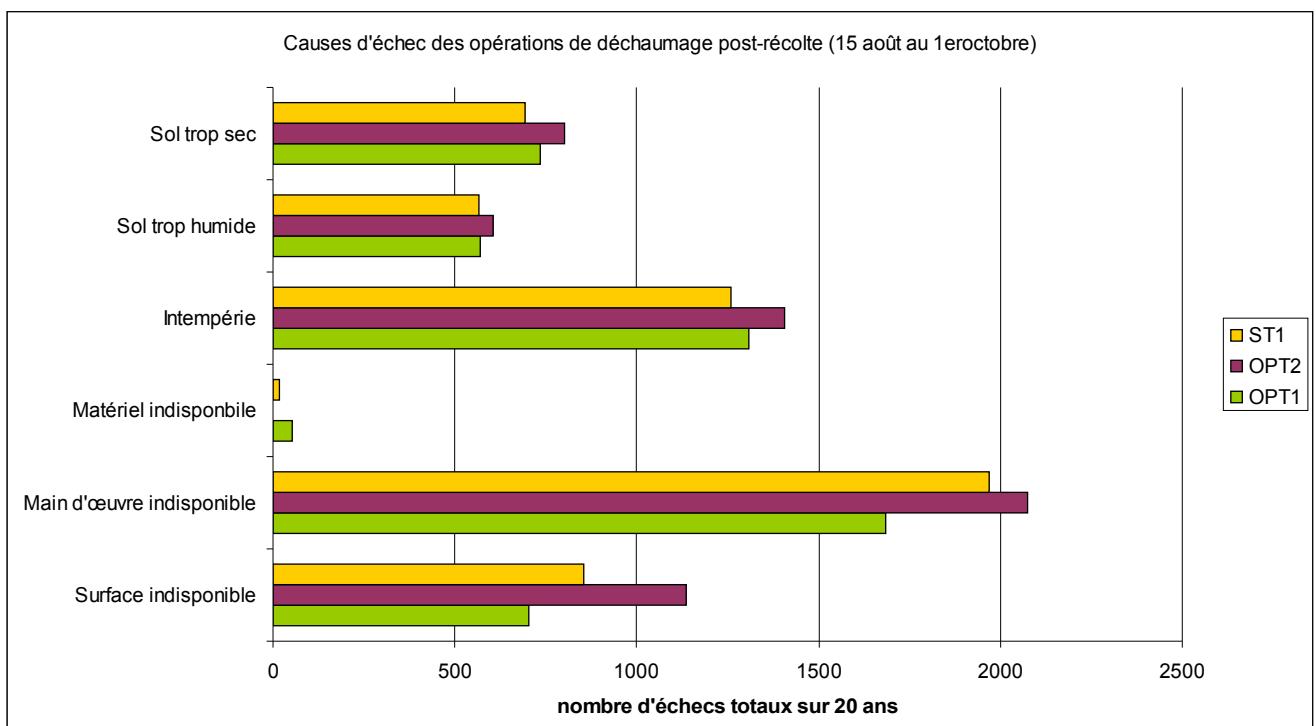


Illustration 16: Causes d'échec des opérations de déchaumage

diminution de la qualité des pratiques agricoles par rapport au témoin. Ceci correspond aux systèmes OPT1 et OPT3. Ceci se caractérise par un risque de tassemement augmenté de 30% sur OPT1 et de 16% sur OPT3. L'augmentation est moins importante sur OPT3 étant donné que l'on met en œuvre des stratégies qui demandent non seulement moins de passage mais aussi des outils moins lourds. Ceci s'explique aussi par des travaux de récolte plus important du fait que la récolte de la luzerne nécessite plus de passage que pour une culture annuelle ou il suffit seulement d'un passage de moissonneuse. Sur les 16% d'augmentation du risque de tassemement

La seconde catégorie fait apparaître un maintien du niveau de diversité avec une légère diminution de la qualité des pratiques agricoles. Il s'agit du système OPT2. Ce système permet d'apprécier réellement les modifications de pratiques agricoles imputables aux opérations de binage et de déchaumage intensif soit environ 12% d'augmentation du risque de tassemement.

Enfin la dernière catégorie montre une augmentation de la diversité culturelle avec un maintien de la qualité des pratiques agricoles. Cette catégorie étant représentée par ST1.

On a donc des systèmes assez hétérogènes en terme de composante agro-écologique. Globalement on peut dire que dans le cas des systèmes OPT1 et OPT3 il existe un risque de déséquilibré le système augmentant ainsi la probabilité de voir apparaître des problèmes de structure du sol, de maladie ou de ravageurs.

2.6 Correction et finalisation des systèmes

2.6.1 Effet d'une augmentation des opérations de printemps sur l'efficacité des systèmes

Lors des simulations techniques, on a observé que les opérations culturales de printemps n'étaient pas limitantes et avaient un taux de réussite élevé (plus de 95%). De plus on a observé lors de l'évaluation de l'efficacité que c'était les opérations culturales et non les espèces implantées qui étaient le plus limitants de l'efficacité. Par conséquent on peut envisager d'introduire de nouvelles opérations culturales de type binage au printemps sur les cultures non travaillées. L'autre intérêt réside dans la possibilité d'alléger les opérations post-récolte en compensant par des opérations de printemps supplémentaires. Dans les paragraphes qui suivent nous allons voir comment se comporte les différents systèmes à ces modifications.

La première solution envisageable est de réaliser le binage systématique des cultures ce qui permettrait par exemple sur OPT1 d'augmenter de plus de 40% l'efficacité du système vis à vis des vivaces. Cependant le binage systématique sur la période allant de fin mars à fin avril engendre sur ce même système 56% d'échecs dans les opérations de binage ce qui est bien supérieur aux objectifs fixés.

Deux solutions sont alors envisageables pour obtenir tout de même une augmentation d'efficacité sur cette période. Biner moins de culture et cibler les cultures les plus sensibles. Dans le cas du système OPT1 on binera préférentiellement la féverole qui est très peu compétitive sur le chiendent, puis l'avoine et en dernier le seigle qui reste la culture la plus compétitive des trois. Les simulations nous permettent de voir que l'on peut biner au maximum une culture sur ces trois. En effet avec un binage, deux binages et trois binages supplémentaires, on est respectivement à 14%, 34% et 56% d'échecs et 14%, 28% et 41% d'augmentation d'efficacité sur les populations de vivace.

Une autre solution est de décaler les dates des opérations de binage. Ainsi on peut envisager sur les cultures de printemps de retarder légèrement les dates de binage du fait d'une végétation moins avancée en fin de printemps. On imagine par cette méthode pouvoir s'assurer une meilleure répartition des charges de travail. Ainsi pour le système OPT1 on arrive à biner la totalité des cultures annuelles de la rotation avec seulement 18% d'échecs sur les opérations de binages. Les autres systèmes réagissant de la même façon à ces modifications, c'est donc la stratégie de binage que l'on retiendra.

2.6.2 Effet d'une augmentation de la main d'œuvre sur les résultats des systèmes

Afin de diminuer le taux d'échec des opérations, un autre levier pouvant être utilisé est celui de l'augmentation

Effet de l'augmentation du nombre de culture biner sur la réussite globale des opérations de binage

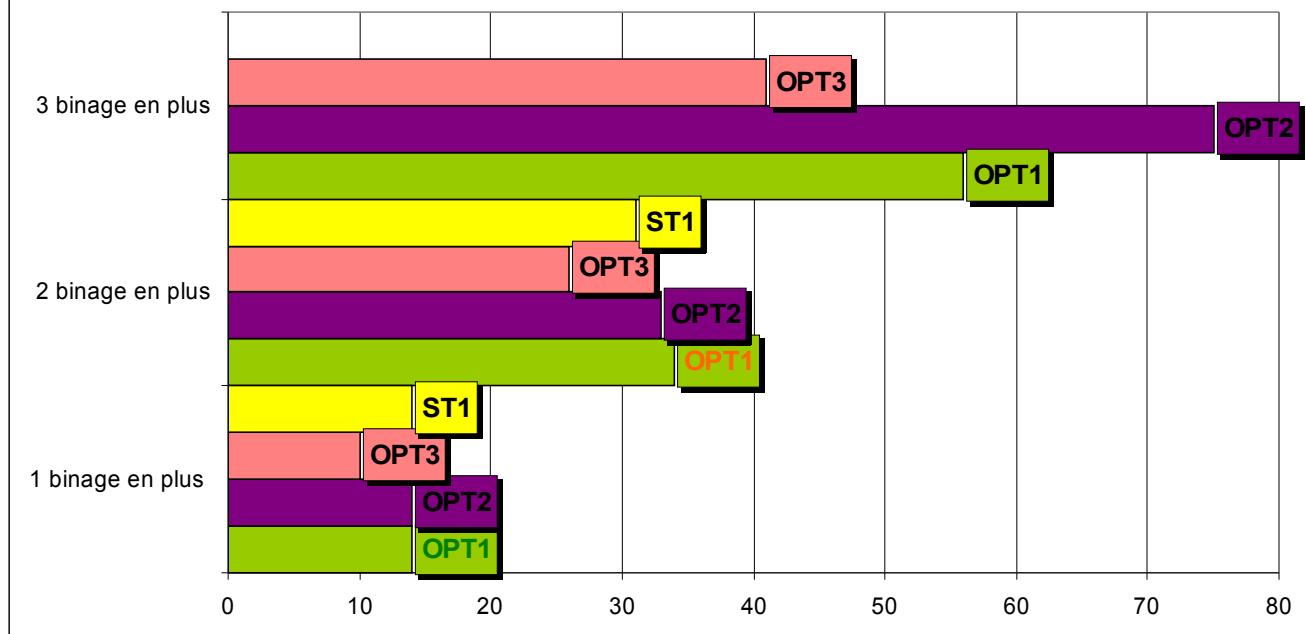


Illustration 17: Augmentation des binages de mars-avril et taux d'échecs des opérations

Diminution du taux d'échec après une augmentation de la main d'œuvre de 10%

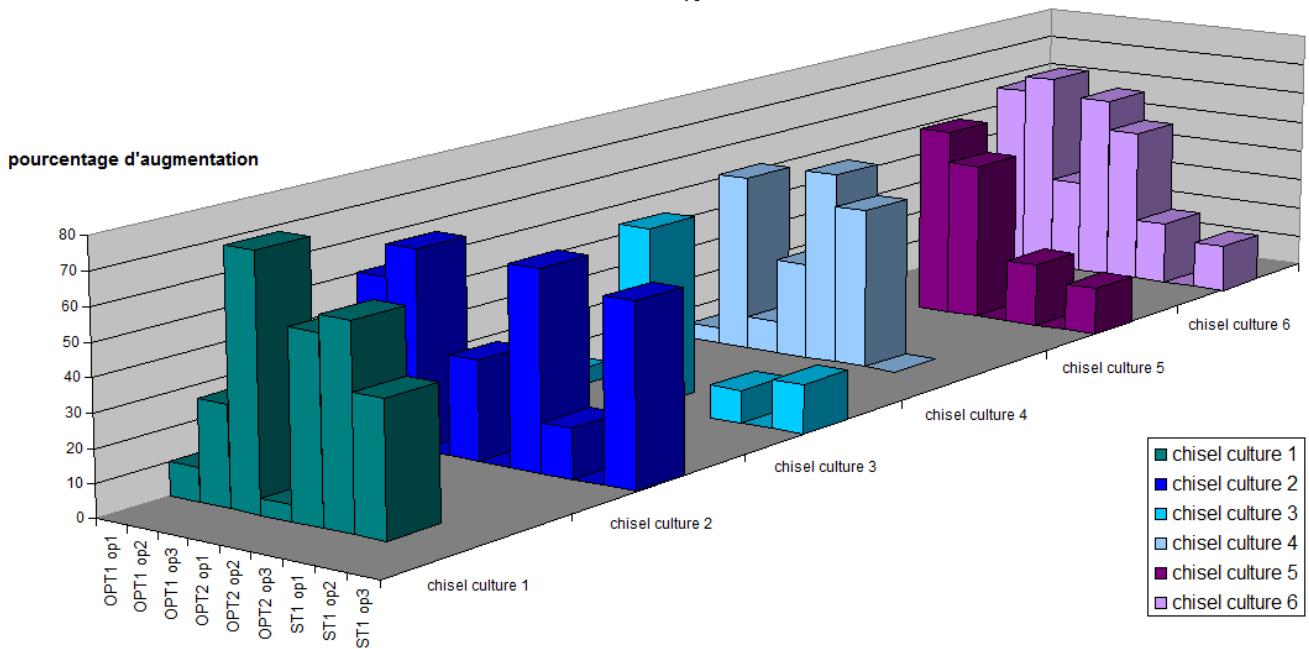


Illustration 18: Augmentation de la main d'œuvre et réussite des opérations culturelles

de la main d'œuvre. Pour cela on augmente la disponibilité de la main d'œuvre de 10% passant ainsi de 2200h/salarié/an à 2420/salarié/an. L'augmentation de 10 % est concentrée sur aout/septembre et les deux dernières semaines de novembre. Sur ces périodes on passe ainsi de 12h/jour à 15h/jour en été et de 9h/jour à 12h/jour fin novembre. L'objectif étant d'augmenter au plus la réussite des opérations post-récoltes et d'assurer l'absorption de la surcharge de travail lors des semis d'automne sur OPT2 et OPT3.

Les trois nouveaux systèmes nommé OPT1+10, OPT2+10 et ST1+10 correspondent chacun aux systèmes initiaux avec une disponibilité de main d'œuvre augmentée de la manière présentée précédemment.

Les résultats obtenus sont très correctes sur OPT1. En effet seulement trois stratégies de gestion des vivaces post-récoltes échouent après l'augmentation de la disponibilité de la main d'œuvre: étrillage d'automne après avoine, semis de moutarde après féverole et deuxième déchaumage après blé de luzerne. Les taux d'échecs sont cependant proches de nos objectifs, respectivement 40%, 40% et 35%.

Sur les systèmes OPT2 l'effet de cette augmentation est moins importante. Quatre stratégies post-récoltes échouent sur OPT2 avec des taux supérieurs à OPT1. Il faudrait donc augmenter davantage la main d'œuvre sur cette période ce qui est pourtant impossible. En effet on considère que 15h par jour est la limite maximale de travail journalier pour un salarié. Il faudra donc trouver un autre levier.

L'augmentation de main d'œuvre permet de réaliser efficacement les semis d'automne en OPT2 et OPT3, systèmes ou les semis avec des taux d'échec supérieurs à 33%.

2.6.3 Effet de l'allégement des stratégies de contrôle post-récolte sur la réussite des opérations

Une autre façon de réduire la charge de travail en post-récolte aurait été de supprimer certaines opérations culturelles non prioritaires comme les semis de culture intermédiaire. En effet si l'on doit choisir de conserver une opération, il vaut mieux que ce soit celle de travail du sol dont l'efficacité est sans commune mesure avec un couvert d'inter culture. On obtient ainsi trois nouveaux systèmes:

- OPT1all: Tête de 3 ans + épuisement
- OPT2all: Tête associée + épuisement
- ST1all: sans tête + épuisement

Bien que ce choix permette d'augmenter la réussite des déchaumages post-récolte avec la réussite en moyenne de deux déchaumage sur les trois préconisés ceci n'est pas suffisant. L'autre solution est d'alléger uniquement les stratégies de contrôle devant les cultures les plus compétitives. Par exemple devant blé ou seigle. On peut par cette méthode conduire l'ensemble des opérations de post récolte avec moins de 33% de taux d'échecs. Ainsi il est tout à fait possible de conduire des stratégies d'épuisement au cours de la rotation sous réserve de les réaliser que sur un certain nombre d'interculture.

On peut raisonner la gestion de ces déchaumages d'une autre manière à savoir considérer le type de sol. Comme on l'avait évoqué en introduction, les parcelles les plus au nord du dispositif sont de type limon argileux fortement battant avec un faible taux de matière organique. Des déchaumages trop importants pourraient engendrer une baisse de la matière du fait de l'augmentation des processus de minéralisation et ainsi aggraver la battance.

IV. Conclusion

A la suite de ce travail on peut proposer une stratégie de gestion des populations de *Cirsium arvense* et de *Elytrigia repens* à l'échelle de la rotation.

Tout d'abord il semble nécessaire de faire évoluer la tête de rotation dont l'efficacité est trop faible notamment sur le chiendent. Le rapport durée de la tête de rotation sur efficacité totale est au bénéfice d'une tête de rotation de deux ans de luzerne avec intégration du binage ce qui permet à la fois d'intervenir avec une intensité suffisante et à une date (mai et juillet) où les populations de vivace sont les plus sensibles aux opérations de destruction mécanique.

En ce qui concerne la conduite des inter-cultures, la stratégie la plus efficace semble celle fondée sur un semis de culture intermédiaire précédé de déchaumages répétés (2 à trois par interculture) et espacés d'au moins 10 jours soit le temps nécessaire aux adventices ciblées pour reformer une partie aérienne et par conséquent de puiser suffisamment de réserve dans les rhizomes. Cependant il est quasiment impossible de conduire cette stratégie sur l'ensemble des inter-culture de la rotation, non seulement du fait que la disponibilité de la main d'œuvre n'est pas suffisante mais aussi du fait de créneaux d'interventions limités par les conditions climatiques entre mi aout et début octobre. Une stratégie d'épuisement seule ne semble donc pas la voie à suivre sachant que on ne peut l'envisager que sur trois ou quatre intercultures au maximum suivant que l'on augmente ou non la disponibilité de la main d'oeuvre sur la période post récolte. On peut donc envisager de mettre en place ces stratégies avant les cultures les plus sensibles (fèverole, avoine) ou bien sur les sols les moins sensibles suivant que l'on cible uniquement l'efficacité sur les populations de vivaces ou bien l'efficacité et le maintien de la fertilité du milieu. Si l'on s'oriente vers cette deuxième solution on raisonnera les intercultures et les binages par types de sol. Sur les autres intercultures le choix se portera sur des méthodes qui nécessitent moins de temps autrement dit des méthodes d'extraction et exportation des rhizomes ou des méthodes d'épuisement par fragmentation plutôt que par répétition.

Enfin l'intégration du binage en inter-culture permettra d'allier à la fois efficacité et fonctionnalité en permettant d'augmenter les créneaux d'interventions et d'agir y compris sur les sols battants. La meilleure combinaison de binage semble résider sur les binages de blé et de seigle courant avril et le binage courant mai des cultures de printemps. On sème de plus l'ensemble des cultures à 25 cm d'écartement de sorte à obtenir un seul réglage sur le système. Il est donc nécessaire de modifiés les densités sur les rangs de sorte à maintenir la densité à l'hectare. Soit +60% de densité intra rang sur céréale et luzerne, et -33% de densité sur fèverole.

En ce qui concerne le choix des cultures dans la rotation, l'effet est moindre par rapport aux opérations culturales. Le plus important étant la date d'implantation. On rétablira le système dans une proportion 2/3 de culture d'hiver au lieu de 1/2 de sorte à pénaliser d'avantage le chiendent en privilégiant des cultures avec un cycle proche de celui-ci.

Si l'on considère le système dans son intégralité, l'ensemble de ces opérations culturales permettent donc d'atteindre les objectifs que l'on s'était fixés. En effet, on agit sur les différents axes du système et on dispose ainsi d'une gestion des vivaces régulière au sein de la rotation, mais aussi sur les différentes caractéristiques physiologiques de ces mêmes populations.

V. Discussions

1. Méthodes d'évaluation employées

Les limites de ce travail tiennent en grande partie des méthodes d'évaluation utilisées. Abordons tout d'abord le cas du logiciel SIMEQ permettant de calculer la répartition des charges de travail à l'échelle de la rotation. Ce logiciel ne nous permet pas dans son fonctionnement actuel de modéliser les itinéraires techniques et leurs conduites avec la même souplesse que dans un contexte d'exploitation agricole. Ce manque de souplesse se traduit par une sur évaluation des taux d'échecs des opérations culturales.

Enfin malgré que l'on est pas encore réaliser au cours de cette étude l'évaluation économique, certaine question devrons être posé. Tout d'abord les itinéraires techniques proposés devraient permettre de diminuer la pression de vivace sur le système, on peut ainsi espérer des gains de rendements. Il s'agit alors de savoir quels gains de rendement pourraient être imputés à la réussite des opérations culturales.

2. Impact des modifications sur l'équilibre du système

Le système de La Motte tel qu'il est construit entraîne la présence sur les parcelles de plus d'une cinquantaine d'espèces d'adventices. On peut donc penser à juste titre que le contrôle de populations majoritaires comme le chardon et le chiendent puisse engendrer le développement soit d'adventice restées peu problématique jusqu'à présent soit d'adventices déjà fortement présentes et qui pourraient bénéficier encore d'avantage de cette

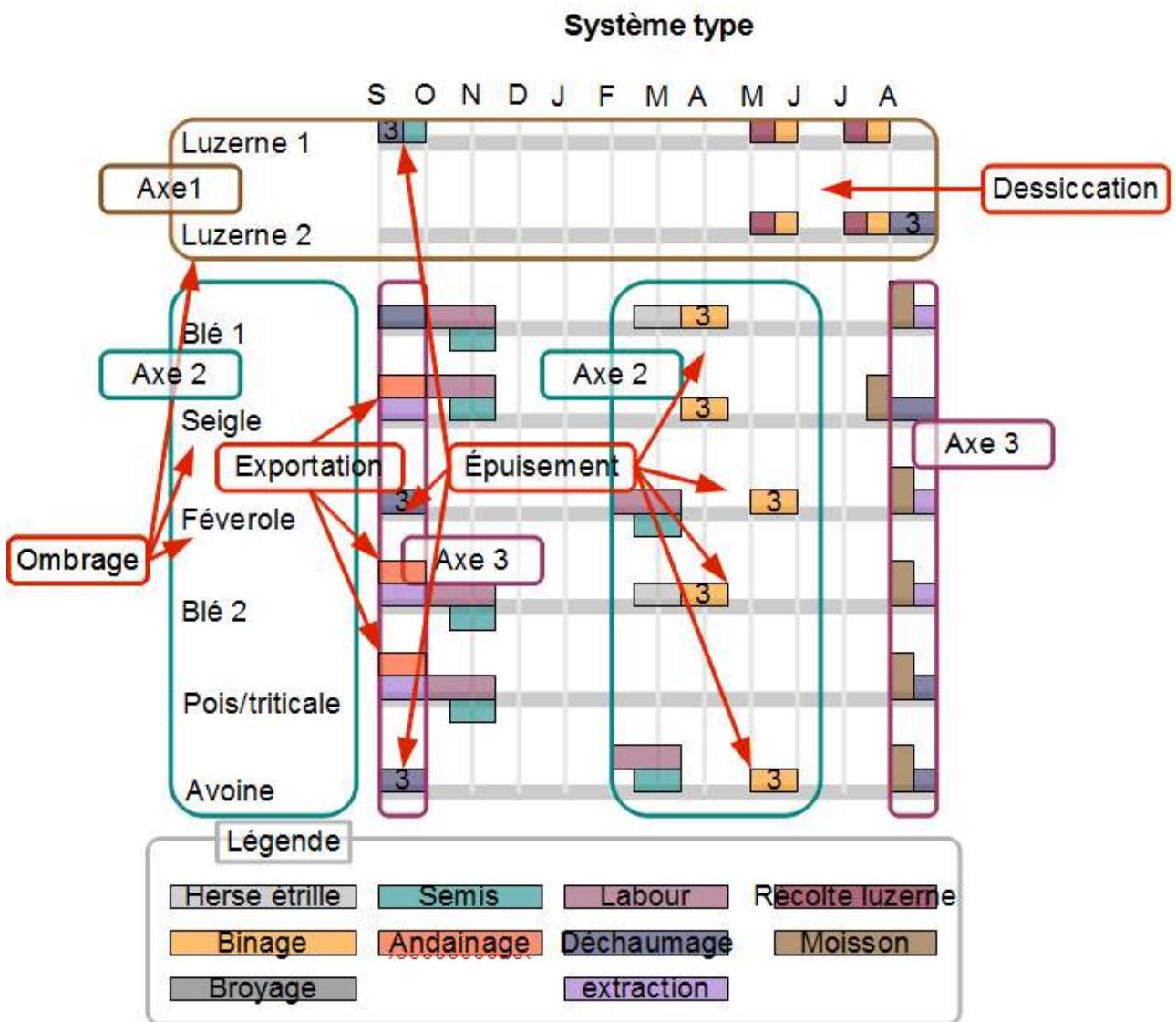


Illustration 21: Un système possible de lutte contre *Cirsium arvense* et *Elytrigia repens*

modification du système. On pense par exemple aux populations de vulpins ou de matricaire difficilement contrôler sur le dispositif. Il faut donc se questionner sur l'impact des opérations proposées sur la flore adventice globale. Deux cas de figure pourrait alors se présenter, soit les opérations culturales proposés permettent de contrôler la majorité des espèces vivaces et ainsi la désertification des niches écologiques occupées par les vivaces sera comblée par les cultures elles mêmes; soit les opérations ne sont efficaces que sur un petit nombre d'adventices en dehors des vivaces et il faudra envisager la mise en place d'opérations culturales supplémentaires pour pallier au développement possible de celles ci.

3. *Test des opérations culturales proposées*

Les données prisent en compte pour la construction des systèmes sont fondées la plupart du temps sur des résultats expérimentaux obtenus dans des conditions pédologiques différentes de celles que l'on possède dans la région. On note par exemple que beaucoup de résultats sont issus d'expérimentation en sol sablo-limoneux alors que dans la région que nous étudions, les sols argilo-limoneux sont majoritaires. Ceci pourrait entraîner une différence d'efficacité sur les opérations culturales mettant en jeu le sol. Par conséquent il est indispensable de tester de manière préliminaire ces résultats en conditions locales. Pour cela il est prévu de mettre en place un protocole expérimental permettant de tester l'efficacité de différentes stratégies de gestion des vivaces en inter culture sur les parcelles de l'exploitation.

Plusieurs types d'outils peuvent présenter une alternative innovantes à ceux utilisés actuellement. Ci-contre, les outils qu'il pourrait être intéressant à tester dans les conditions pédo-climatiques de l'exploitation.

Chisel + andaineuse	Chisel + herse à chaines
Principe	Principe
Après avoir été exposé au sol les rhizomes sont mis en tas sur l'ensemble de la parcelle avec l'andaineuse	La herse à chaines gratte le sol entrainant ainsi les rhizomes en surface en fond de parcelle.
Avantage	Avantage
Pas d'exportation en bout de parcelle et donc moins de risque d'étaler les zones infestées.	Moins sensible à l'irrégularité du sol.
Inconvénient	Inconvénient
Nécessite un troisième passage pour ramasser les andains. Risque d'endommager l'outil si le sol n'est pas régulier.	Rhizomes plus difficiles à dégager de l'outil.

Illustration 19: Outils envisageables d'exportation ou destruction des rhizomes

CMN couch grasse lâller	Chisel + herse étrille
Principe	Principe
L'outil est muni de pales animées d'un mouvement rotatif en sens inverse du sens de travail.	La herse étrille gratte le sol entrainant ainsi les rhizomes en surface en fond de parcelle. Elle est pour cela munie de dents larges (9-10 cm) et réglées de manière agressive (angle de contact entre la dent et le sol proche de 90°)
Avantage	Avantage
Forte fragmentation des rhizomes qui auront du mal à former un nouveau pied. Petits fragments très sensibles à la dessiccation.	Vitesse de travail. Largeur de l'outil.
Inconvénient	Inconvénient
Forte fragmentation du sol faisant craindre une augmentation des phénomènes de balancage. Faible vitesse de travail.	Manque d'efficacité si le sol n'est pas assez régulier.

Illustration 20: Outils envisageables d'exportation ou destruction des rhizomes

VI. Annexes

Outils	<u>Chisel</u>	<u>Cover crop</u>	<u>Vibroculteur</u>
Description	Outil composé de une ou plusieurs rangés de dents munies d'une fixation fixe..	Outil composé de plusieurs axes dont chacun sont munis de disques indépendants concaves et alignés. Ces axes sont disposés en X ou en V	Outil composé d'une ou plusieurs rangés de dents munies d'une fixation flexible en S permettant aux dents de vibrer dans le sens du travail du sol
Point forts	- Utilisable en sol sec - Polyvalence de l'outil par le changement des socs - Possibilité de travail profond	- Bon enfouissement des résidus de récolte	- nécessite peu de puissance de traction
Points faibles	- « bourre » facilement Si présence de rhizome	- Fragmenté les rhizomes - affine d'avantage le sol	- « bourre » très fréquemment si présence de rhizome

Annexe 1: Principaux outils de travail du sol

OUTIL	Houe rotative	Herse étrille	Bineuse
Description	Materiel de désherbage en plein, forme de roues étoilées, fixées sur un bras monté sur ressort, munies de doigts terminés par une cuillère.	Materiel de désherbage en plein, composé de panneaux articulés pour suivre le terrain, munis de longues dents flexibles.	Outil à socs, à dents ou à étoiles pour une intervention dans l'entre-rang, formé par des éléments montés sur parallélogramme.
Principe de fonctionnement	<i>En s'enfonçant dans le sol, les cuillères projettent des mottes et déracinent les adventices.</i>	<i>En vibrant, les dents déracinent et mutilent les adventices.</i>	<i>Les socs sectionnent les adventices présentes dans l'entre-rang et peuvent recouvrir celles présentes sur le rang.</i>
Cultures candidates	Ble, orge, maïs, pois, féverole, betterave, tournesol, colza	Ble, orge, maïs, pois, féverole, tournesol, colza	Betterave, tournesol, maïs, colza, féverole (semis à large écartement)
Points forts	<ul style="list-style-type: none"> Bonne sélectivité à des stades jeunes des cultures sauf en betterave Efficace sur adventices jeunes Possibilité d'intervenir sur sol à peine ressuyé Écroutage et aération des sols battants <ul style="list-style-type: none"> Débit de chantier élevé (6 ha/h en 4.5 m, 8 ha/h en 6 m) Peu de réglages (vitesse) 	<ul style="list-style-type: none"> Selectif de la culture en fonction de son stade Efficace sur adventices jeunes Entretien des prairies Débit de chantier élevé (4 ha/h en 6 m, 8 ha/h en 12 m) Peu d'entretien 	<ul style="list-style-type: none"> Selectif de la culture Efficace sur adventices développées Léger effet sur vivaces Écroutage, aération (érosion) Utilisable sur tous types de sols, exceptés les sols caillouteux Peu coûteux à l'entretien
Points faibles	<ul style="list-style-type: none"> Peu efficace sur adventices développées Nécessite de réaliser une préparation de sol bien nivelée et un semis régulier Peu efficace en présence de résidus de surface Mauvais travail sur sol tassé ou sol soufflé Positionnement délicat des interventions 	<ul style="list-style-type: none"> Peu efficace sur adventices développées Nécessite de réaliser une préparation de sol bien nivelée Peu efficace en présence de résidus de surface Mauvais travail sur sol tassé Réglages parfois délicats (compromis agressivité/selectivité/efficacité) 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite un guidage précis Courbes, dévers – dégâts Travail uniquement dans l'entre-rang, sauf si buttage ou herbicide localisé Faible débit de chantier (2 ha/h en 6 rangs, 4 ha/h en 12 rangs), sauf si autoguidage
Coût / ha (matériel + traction + main d'œuvre)	10 €/ha (outil de 4.5m utilisé sur 200 ha/an)	9 €/ha (outil de 12m utilisé sur 200 ha/an)	18 €/ha (outil de 12 rangs utilisé sur 200 ha/an)
	Pulvérisateur : 9 € /ha (5 passages, 8-12 ha/h) hors coût des produits phytosanitaires, du temps de préparation et impact sur la santé humaine		

Annexe 2: Principaux outils de désherbage mécanique, AGRO-TRANSFERT



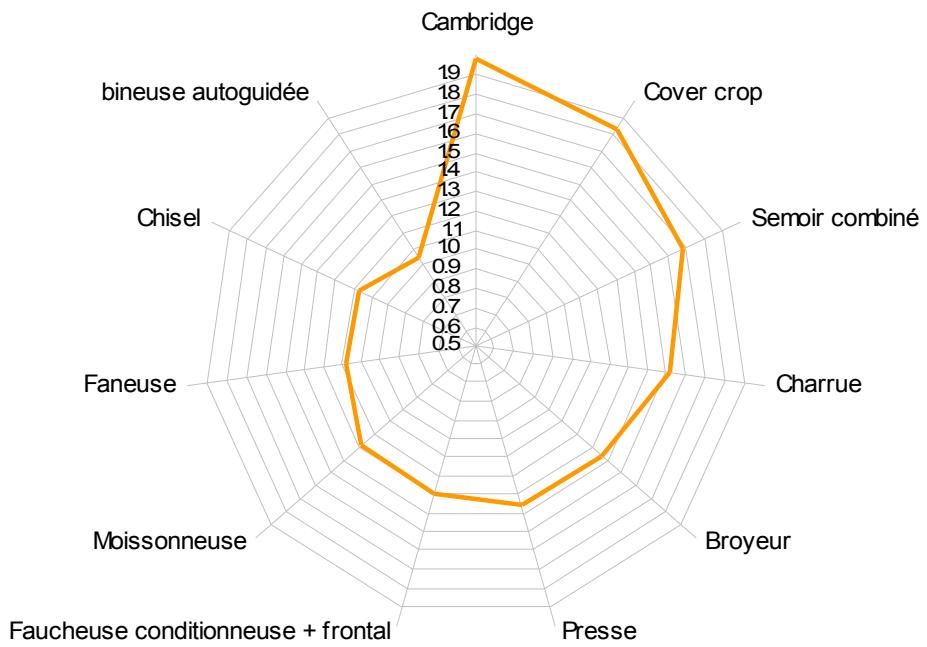
Rhizomes de chiendent

Annexe 4: Organisation des rhizomes de chiendent dan un couvert de luzerne : 16 juin 2010

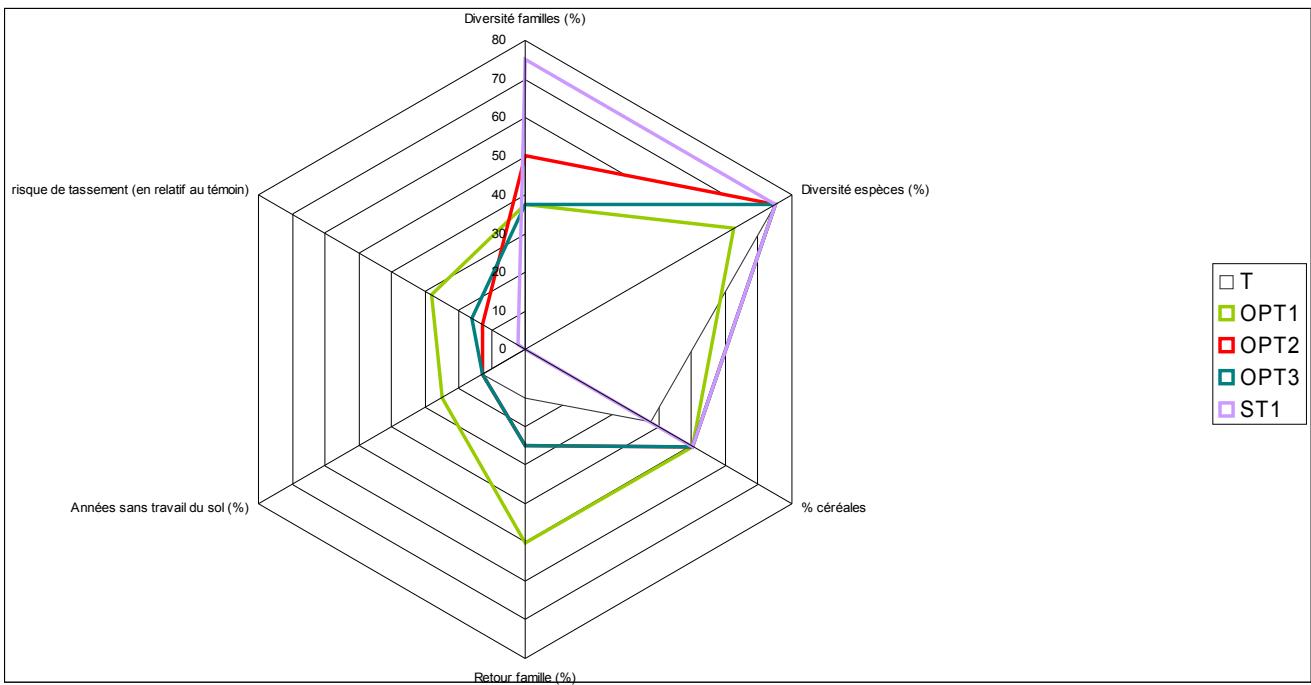


Annexe 3: Rhizomes de chiendent en surface : 31 mars 2010

Facteur combinaison outil/tracteur



Annexe 5: Méthode de calcul du risque de tassemement



Annexe 6: Valeurs des indicateurs agro-écologiques pour différents systèmes

VII. Bibliographie

- Mamarot, J. 1997. Mauvaises herbes des cultures. Édition ACTA, pages 118 et 448.
- Beavers, R. Hammermeister, A. Frick, B. Lynch, D. et Martin, R. 2004. Seeding rate as a method of weed control in organic wheat production.
- Chambre d'agriculture de Bourgogne, 2009. cultures intermédiaires.
- Cormack, William F. 2002. Effect of mowing a legume fertility-building crop on shoot numbers of creeping thistle (*Cirsium arvense* (L.) Scop.). UK Organic Research 2002 Conference, Aberystwyth, 26-28 March 2002.
- Duval, J. 2005. Quackgrass (*Elytrigia repens*) control methods in organic agriculture.
- Friebe, A. Schulz, M. Kück, P. et Schnab, H. 1995. Phytotoxins from shoots extracts and root exudates of *Agropyron repens* Seedlings. Phytochemistry, Volume 38, 5:1157-1159.
- AGRIDEA, 2008. Fiche technique "Chardon des champs".
- Graglia, E. Melander, B. Grøndal, H et Jensen, Rikke K. 2004. Effect of repeated hoeing on growth of *Cirsium arvense*. XII International Conference on Weed Biology, Dijon, France, 30 August - 2 September 2004.
- Graglia, E. et Melander, B. 2003. Mechanical control of *Cirsium arvense* in organic farming. 13. European Weed Research Society Symposium, Bari, Italy, 20-23 June.
- Gruber, S et Claupein, W. 2008. Effects of Conservation Tillage on Canada Thistle (*Cirsium arvense*) in Organic Farming. 16th IFOAM Organic World Congress, 16-20 June 2008.
- Jacobs, J. 2006. Ecology and Management of Canada thistle [*Cirsium arvense* (L.) Scop.].
- Kakriainen-Rouhiainen, S. Väisänen, J. Vanhala, P. et Lötjönen, T. 2004. Terminating ley with mid-summer bare fallow controls *Elymus repens*. 6th EWRS workshop on physical and cultural weed control, Lillehammer, Norway, 8-10 March 2004.
- Lötjönen, T. et Vanhala, P. 2003. Does mechanical weed control take effect on *Sonchus arvensis*? NJF's 22nd congress "Nordic agriculture in global perspective", Turku, Finland, July 1-4, 2003.
- Lötjönen, T. Vanhala, P. Hurme, T. et Salonen, J. 2005. *Sonchus arvensis* – a challenge for organic farming. Organic farming for a new millennium - status and future challenges : NJF-seminar 369, Alnarp, Sweden, June 15-17, 2005.
- Lukashyk, P. Berg, M. et Köpke, U. 2006. Strategies for controlling *Cirsium arvense* in organic crop production. Joint Organic Congress, Odense, Denmark, May 30-31, 2006.
- Melander, B. Nørremark, M et Fløjgaard, E. 2008. Exposure and destruction of *Elymus repens* rhizomes and *Rumex crispus* Rootstocks. EWRS workshop. Perennial weeds - growing problem, Wageningen, The Netherlands, 10-12 November 2008.
- Melander, B. Rasmussen, Ilse A et Bertelsen, I. 2005. Integration of *Elymus repens* control and post-harvest catch crop growing in organic cropping systems. 13th European Weed Research Society Symposium, Bari, Italy, 19 - 23 June 2005.
- Moore, R.J. 1975. The biology of Canadian weeds. *Cirsium arvense* (L.) Scop. Canadian Journal of Plant Science. 55:1033-1048.
- Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, 2004. Méthode de lutte contre le chendent en agriculture biologique.
- Pousset, J. 2003. Agricultures sans herbicides: principes et méthodes, Édition AgriDécision, 4:655-658.

Rasmussen, I.A. Askegaard, M. et Olesen, J.E. 2005. Development of weeds in organic crop rotation experiments. 13th EWRS (European Weed Research Society) Symposium, Bari, Italy, 19.-23. June 2005.

Rasmussen, I.A. Askegaard, M. et Olesen, J.E. , 2007. Perennial weed control and nitrogen leaching in long-term organic crop rotation experiments for cereal production. 7th EWRS workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11-14 March 2007.

Rasmussen, I.A. Askegaard, M. et Olesen, J.E. , 2007. Perennial weeds in organic arable farming – challenges & dilemmas. NJF 23rd Congress 2007 Trends and Perspectives in Agriculture, Copenhagen, Denmark, 26-29 June 2007.

Sørensen, Cand.agro Søren.2003. Simple artificial infection method of *Cirsium arvense* (L.) Scop. with the obligate pathogen *Puccinia punctiformis* and regrowth from root. Nordic Association of Agricultural Scientists 22nd Congress, Turku, Finland, July 1-4 2003.

Thorsted, D. Jørgen, E. Olesen et Weiner, J. 2005. Mechanical control of clover improves nitrogen supply and growth of wheat in winter wheat/white clover intercropping. European Journal of Agronomy Volume 24, Issue 2, February 2006, Pages 149-155.

U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. 2004. Invasive Plants of Asian Origin Established in the US and Their Natural Enemies. 147 pages

Vanhala, P et al. 2003. Effect of crop species and management practices on perennial weeds in organic farming. NJF's 22nd congress "Nordic agriculture in global perspective", Turku, Finland, July 1-4, 2003.

Van Loenen, M. Turbett, Y. Mullins, C. Wilson, M. Fielden, N. Seel, W et Leifert, C. 2002. Low temperature/ short duration steaming as a sustainable method of soil disinfection. UK Organic Research 2002 Conference, Aberystwyth, 26-28 March 2002.