



**HAL**  
open science

# Évaluation multicritère d'un système à très bas intrants phytosanitaires en maraîchage conventionnel de plein champ de la moitié nord de la France visant le 0 résidu

Clara Strach

## ► To cite this version:

Clara Strach. Évaluation multicritère d'un système à très bas intrants phytosanitaires en maraîchage conventionnel de plein champ de la moitié nord de la France visant le 0 résidu. Sciences du Vivant [q-bio]. 2021. dumas-03571979

**HAL Id: dumas-03571979**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03571979v1>**

Submitted on 14 Feb 2022

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

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



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

**AGROCAMPUS OUEST**

CFR Angers  CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2020-2021 Spécialité : Ingénieur agronome Spécialisation: Sciences et Ingénierie du Végétal Option : Agrosystèmes : conception et évaluation</p>	<p><b>Mémoire de fin d'études</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input type="checkbox"/> de master d'AGROCAMPUS OUEST (École nationale supérieure des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de L'institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)</p> <p><input type="checkbox"/> de Montpellier SupAgro (étudiant arrivé en M2)</p> <p><input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)</p>
---	--

**Évaluation multicritère d'un système à très bas intrants phytosanitaires en maraîchage conventionnel de plein champ de la moitié nord de la France visant le 0 résidu**

Par : Clara STRACH



**Soutenu à Rennes le 15/09/2021**

**Devant le jury composé de :**

Président : Matthieu CAROF

Maître de stage : Maët LE LAN

Enseignant référent : Christine BISSUEL

Rapporteur : Vincent FALOYA

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation  
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»  
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



## Remerciements

Je tiens à remercier la Station Expérimentale d'Auray pour son accueil chaleureux tout au long de mon stage. Merci tout d'abord à ma maître de stage Maët Le Lan pour son aide précieuse du début jusqu'à la fin du stage, pour son énergie qui force l'admiration et pour les échanges fructueux que nous avons pu avoir au sujet des exploitations maraîchères. Merci aussi à mes collègues qui ont su égayer mon stage et ceci quelque soit la météo bretonne ! Merci Marie pour ta bienveillance et tes précieux conseils, Charlotte pour ta joie inégalée et ton soutien, Martine pour ta gentillesse et ton dynamisme, Christophe pour ta bonne humeur et tes partages d'expérience, Jean-Philippe pour ton savoir et l'inspiration que tu suscites en tant que conseiller technique. Merci également à toi Maureen, qui était dans mes bottes un an plus tôt et qui a toujours été là pour partager ton expérience, m'écouter et me rassurer !

Je tenais par ailleurs à remercier Esther Ansart de la MSA des Portes de Bretagne pour la formation dispensée sur le logiciel SeiRich, Marie Coquet-Rougier pour ses éclaircissements au sujet du réseau DEPHY et Vianney Estorgues pour les discussions intéressantes que nous avons eu au sujet de l'expérimentation systémique.

Je remercie également Christine Bissuel qui a été mon enseignante référente pendant ce stage.

Et enfin merci à ma famille qui depuis 25 ans déjà me voit évoluer, me soutient de la plus belle des manières dans tous mes projets et à qui je dois énormément. Merci aussi à mes amis de classe prépa et d'école pour tous les bons moments passés et à venir ☺. Que vous soyez à deux pas de chez moi comme à l'autre bout du monde, sachez que vous contribuez à mon épanouissement quotidien !

## Table des matières

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>Partie 1 - Etude bibliographique.....</b>	<b>1</b>
<b>I – Comprendre l’enjeu de la réduction des produits phytosanitaires à travers l’exemple du maraîchage .....</b>	<b>1</b>
A)    Qu’est-ce que le maraîchage ? .....	1
i.    Une caractérisation compliquée .....	1
ii.   Un secteur complexe avec des productions et des modes de distribution variés... 2	2
iii.  Un secteur fortement dépendant de la main d’œuvre agricole .....	2
B)    Evolution de la perception des produits phytosanitaires .....	3
i.    Comment réduire l’utilisation des produits phytosanitaires en agriculture ? .....	3
1.    Organiser la réduction aux échelles européenne et nationale .....	3
2.    Quelles sont les alternatives disponibles aux produits phytosanitaires ? .....	3
ii.   Etat des lieux des usages phytosanitaires en maraîchage .....	4
<b>II - Pourquoi choisir une approche systémique pour concevoir de nouveaux modèles maraîchers ? .....</b>	<b>4</b>
A)    Pourquoi choisir une approche systémique ? .....	4
i.    Définitions .....	4
ii.   Quels sont les avantages de l'approche systémique par rapport à l'approche analytique ? .....	5
iii.  Quelles sont les limites de l'approche systémique ? .....	5
B)    Comment combiner différents leviers de protection pour concevoir de nouveaux systèmes de culture ? Exemple du projet SYST'M-0R .....	6
<b>III - Comment évaluer de nouveaux systèmes maraîchers et les valoriser auprès des maraîchers ? .....</b>	<b>6</b>
A)    Comment évaluer une expérimentation « système » en maraîchage ? .....	6
i.    L'évaluation de l'expérimentation systémique est multicritère .....	6
ii.   Quels indicateurs suivre ? .....	7
iii.  Comment analyser les indicateurs ? .....	7
B)    Comment transmettre les connaissances issues de l'expérimentation « système » aux producteurs ? .....	8
i.    La transmission des savoirs est un processus lent et complexe.....	8
ii.   Considérer les conseillers techniques comme premiers maillons du changement	8
iii.  Miser sur l'implication des agriculteurs et de leurs réseaux .....	8

<b>Partie 2 - Le porteur du projet SYST'M-0R : la Station Expérimentale d'Auray .....</b>	<b>9</b>
<b>I - Localisation et thématiques travaillées.....</b>	<b>9</b>
<b>II - Equipe de la Station.....</b>	<b>9</b>
<b>III - Caractéristiques pédoclimatiques .....</b>	<b>9</b>
<b>Partie 3 - Matériel et méthodes .....</b>	<b>10</b>
<b>I - Caractéristiques du projet SYST'M-0R.....</b>	<b>10</b>
A) Objectifs.....	10
B) Partenaires.....	10
C) Espèces cultivées et assolement.....	11
D) Rotation culturale.....	11
E) Co-conception des systèmes de cultures à l'occasion du COPIL.....	11
i. Une gestion basée sur des Règles De Décision (RDD).....	11
ii. Définition des systèmes de culture.....	11
1. Système de référence.....	11
2. Système à très bas intrants phytosanitaires .....	12
iii. Dimensionnement et répétitions.....	12
<b>II - L'itinéraire technique de l'essai .....</b>	<b>12</b>
A) Variétés et densités .....	12
B) Matériel utilisé .....	13
C) Irrigation .....	13
D) Fertilisation .....	13
E) Traitements phytosanitaires .....	13
F) Paillage.....	14
<b>III – Vie du projet .....</b>	<b>14</b>
A) Conduite des cultures.....	14
B) Les leviers actionnés à l'échelle du système à très bas intrants .....	14
i. Un levier majeur : le suivi hebdomadaire des cultures.....	14
ii. Les leviers activés pour la gestion des adventices.....	14
C) Notation des écarts entre les itinéraires techniques prévus et réalisés.....	15
<b>IV – Caractérisation d'indicateurs suivis par système de culture.....</b>	<b>15</b>
A) Présentation de l'outil SYSTERRE® pour la traçabilité et le calcul de plusieurs indicateurs .....	15
B) Critères et indicateurs étudiés .....	15
i. Utilisation des produits phytosanitaires .....	15

1.	Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires (IFT).....	15
2.	Quantité de résidus phytosanitaires.....	16
ii.	Faisabilité technique : temps de travail hors récolte .....	16
<b>V – Traitement économique des indicateurs pour comparer la performance économique</b>	.....	<b>16</b>
A)	Calcul du chiffre d'affaires à partir des rendements .....	16
B)	Calcul du coût de la main d'œuvre hors récolte.....	17
C)	Calcul de la différence du coût en intrants entre les systèmes de culture.....	17
<b>Partie 4 - Résultats et interprétations.....</b>		<b>17</b>
<b>I - Indice de Fréquence des Traitements Phytosanitaires (IFT).....</b>		<b>17</b>
<b>II - Temps de travaux.....</b>		<b>18</b>
<b>III – Comparaison de la performance économique .....</b>		<b>19</b>
A)	Calcul du chiffre d'affaires .....	19
i.	Pas d'effet « année » sur le chiffre d'affaire des systèmes de culture .....	19
ii.	Un nombre réduit de légumes responsable du chiffre d'affaires .....	20
iii.	Les cultures réussies varient d'une saison culturale à l'autre.....	20
B)	Calcul du coût de la main d'œuvre .....	20
C)	Calcul de la différence du coût en intrants entre les systèmes de culture.....	21
D)	Bilan économique .....	21
<b>Partie 5 – Discussion .....</b>		<b>21</b>
<b>I - Discussion autour de l'expérimentation "système" .....</b>		<b>21</b>
<b>II - S'approcher davantage de la réalité des producteurs : Discussion autour des indicateurs et de l'analyse économique.....</b>		<b>22</b>
<b>Conclusion.....</b>		<b>22</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>		<b>23</b>

## Liste des abréviations

- AMAP : Association pour le Maintien d'une Agriculture Paysanne
- BSV : Bulletin de Santé du Végétal
- CAMN : Coopérative d'Approvisionnement des Maraîchers Nantais
- CMR : Cancérigène Mutagène et Reprotoxique
- COPIL : COmité de PILOtage
- CRAB : Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne
- CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole
- DEPHY : Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en PHYtosanitaires
- DH : Dose Homologuée
- EPI : Equipement de Protection Individuel
- FDS : Fiches de Données de Sécurité
- GT : Groupe de Travail
- IFT : Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires
- INRAE : Institut de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
- INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité
- ITK : Itinéraire Technique
- MIN : Marché d'Intérêt National
- MSA : Mutualité Sociale Agricole
- NT : Non Traité
- OTEX : Orientation Technico-Economique des eXploitations agricoles
- RDD : Règle De Décision
- SAU : Surface Agricole Utile
- SBI : Système à très Bas Intrants phytosanitaires
- SDR : Système De Référence
- UTA : Unité de Travail Annuel

## Liste des figures

Figure 1: Choix stratégiques impactant le travail en maraîchage.....	2
Figure 2 : Désherbage inter-rangs au robot.....	3
Figure 3 : Répartition géographique des projets DEPHY EXPE Légumes-Maraîchage.....	3
Figure 4 : Stratégie de lutte contre les bioagresseurs telluriques .....	4
Figure 5 : Les différentes étapes de l'expérimentation systémique .....	4
Figure 6 : Système de référence du projet SYST'M-0R .....	6
Figure 7 : Système à très bas intrants phytosanitaires du projet SYST'M-0R.....	6
Figure 8 : Rôles des acteurs impliqués dans la co-conception de systèmes expérimentaux .....	6
Figure 9 : Photographies satellite et par drone de la Station Expérimentale .....	9
Figure 10 : Stations météorologiques présentes sur la Station Expérimentale d'Auray.....	9
Figure 11 : Interfaces de suivi des données météorologiques sur l'application SENCROP .....	9
Figure 12 : Pluviométries mensuelles et températures moyennes à Auray entre 2000 et 2020	10
Figure 13 : Profil altimétrique de l'essai SYST'M-0R et localisation sur la Station Expérimentale .....	10
Figure 14 : Proportion de chaque culture dans l'assolement .....	11
Figure 15 : Carte mentale des leviers alternatifs actionnables dans le SBI.....	12
Figure 16 : Localisation et schéma légendés de l'essai SYST'M-0R pour la saison 2021-2022 .....	12
Figure 17 : Observation hebdomadaire des cultures d'échalote du SDR et du SBI.....	14
Figure 18 : Culture de pommes de terre primeur avant et après passage de la bineuse 2 rangs .....	15
Figure 19 : Actions réalisées sur le logiciel SYSTERRE® .....	15
Figure 20 : Capture d'écran du tableau Excel calculant le chiffre d'affaires par récolte .....	17
Figure 21 : IFT hors biocontrôle par système de culture sur les 3 saisons culturales .....	17
Figure 22 : Réduction moyenne de l'IFT hors biocontrôle du SBI par rapport au SDR.....	17
Figure 23 : Part moyenne de chaque légume dans l'IFT hors biocontrôle sur les 3 saisons culturales.....	18
Figure 24 : Evolution du temps de travail (hors récolte) par système sur les 3 saisons culturales.....	18
Figure 25 : Répartition moyenne du temps de travail à l'année sur les 3 saisons culturales...	18
Figure 26 : Répartition moyenne du temps de travail par type d'intervention sur les 3 saisons culturales.....	19
Figure 27 : Chiffre d'affaires annuel par système de culture .....	19
Figure 28 : Répartition moyenne du chiffre d'affaires par légume sur 2019-2020 et 2020-2021 .....	20
Figure 29 : Écart des chiffres d'affaires par légume sur les 3 saisons culturales .....	20
Figure 30 : Coût de la main d'œuvre hors-récolte par système sur les 3 saisons culturales....	20
Figure 31 : Coût moyen des intrants différant entre les systèmes sur les 3 saisons culturales	21
Figure 32 : Coûts moyens des intrants différant entre les deux systèmes par catégorie sur les 3 saisons culturales .....	21
Figure 33 : Solde « produit-charges » par système sur les 3 saisons culturales .....	21
Figure 34 : Schéma-bilan de l'évaluation multicritère du SBI après 3 saisons culturales.....	22

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Surfaces allouées par région à différents secteurs agricoles en 2019.....	2
Tableau 2 : Chiffres liés à l'emploi et aux exploitations agricoles.....	2
Tableau 3 : Vue d'ensemble des leviers alternatifs aux produits phytosanitaires .....	3
Tableau 4 : Correspondance entre critères évalués et indicateurs.....	7
Tableau 5 : Les partenaires du projet SYST'M-0R .....	10
Tableau 6 : Nombre d'itinéraires techniques (ITK) testés et analysés dans l'essai .....	11
Tableau 7 : Matériel agricole utilisé sur l'essai SYST'M-0R .....	13
Tableau 8 : Liste des pièges installés sur l'essai SYST'M-0R et des ravageurs ciblés.....	14
Tableau 9 : Liste annuelle des cultures ayant une analyse résiduelle .....	16

## Introduction

La réduction des produits phytosanitaires, substances appartenant à la famille des pesticides et utilisées pour protéger les végétaux et les produits de culture (Anses, 2021a), est une problématique majeure pour le monde agricole actuel. En effet, il est avéré depuis plusieurs années que certains produits ont des effets nocifs sur la santé humaine. Une attention particulière est portée aux produits classés « Cancérigène Mutagène et Reprotoxique » (CMR) qui présentent un effet nocif potentiel ou démontré sur la santé humaine et qui sont fréquemment utilisés en agriculture : en 2018, près de 20% des produits phytopharmaceutiques vendus étaient classés CMR (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021a). En plus de l'impact sur la santé, des effets sur l'environnement sont également observés et concernent aussi bien la qualité de l'eau potable, des eaux souterraines et superficielles que la biodiversité (IGAS *et al.*, 2017).

Ces effets ainsi que la place croissante des produits phytosanitaires dans le débat public poussent aujourd'hui les décideurs et les agriculteurs à vouloir substituer l'utilisation de ces produits. En maraîchage, les producteurs ont régulièrement recours aux produits phytosanitaires c'est pourquoi la recherche d'alternatives est nécessaire. La diminution des produits phytosanitaires apparaît comme un véritable défi dans ce secteur sachant qu'il existe près de 70 espèces légumières cultivées en France (Péron, 2021) cibles de nombreux bioagresseurs.

Des projets d'expérimentation maraîchère comme le projet SYST'M-0R mené à la Station Expérimentale d'Auray se multiplient pour apporter des solutions répondant à la fois aux préoccupations sociétales et aux attentes des producteurs. Le projet SYST'M-0R compare un système de culture où les produits phytosanitaires sont utilisés en ultime recours avec un système représentatif des pratiques maraîchères conventionnelles pratiquées dans la moitié Nord de la France. SYST'M-0R est une expérimentation « système » où les itinéraires techniques font office de traitements expérimentaux (Havard *et al.*, 2017).

A travers l'exemple du système de culture à très bas intrants phytosanitaires testé dans le projet SYST'M-0R, nous nous demanderons **quelles sont les conséquences d'une utilisation des produits phytosanitaires en ultime recours dans les systèmes maraîchers**. Après une étude bibliographique et une présentation du porteur du projet SYST'M-0R, nous nous intéresserons aux caractéristiques de l'essai et aux indicateurs suivis dans le cadre de ce stage. Les résultats relatifs à ces indicateurs seront ensuite présentés puis discutés.

## Partie 1 - Etude bibliographique

### I – Comprendre l'enjeu de la réduction des produits phytosanitaires à travers l'exemple du maraîchage

#### A) Qu'est-ce que le maraîchage ?

##### i. Une caractérisation compliquée

Bien que ce secteur agricole soit connu de tous, il n'existe pas de définition universelle du maraîchage. D'après (Sédillot, 2013), le maraîchage désigne des « parcelles de plein air ou sous abris bas toujours consacrées à des légumes au fil des campagnes ». Définir le maraîchage est très complexe car ce type d'agriculture regroupe une grande diversité d'exploitations qui se distinguent par leur taille, leurs pratiques et leur matériel. Certains maraîchers cultivent uniquement sous serres, d'autres uniquement en plein champ et d'autres ont recours aux deux types de conduite sur leur exploitation.

Tableau 1 : Surfaces allouées par région à différents secteurs agricoles en 2019

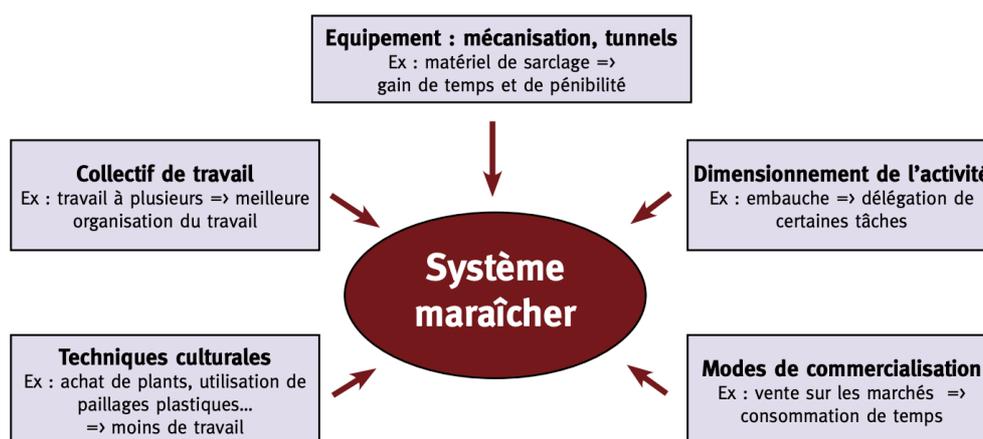
(FranceAgriMer 2020)

SURFACES 2019 (en hectares)	SURFACES TOTALES	SURFACES AGRICOLES	SURFACES AGRICOLES DES EXPLOITATIONS	FRUITS	LÉGUMES	POMMES DE TERRE	JARDINS FAMILIAUX
Île-de-France	1 196 474	577 011	560 879	1 038	4 307	5 084	5 410
Centre-Val de Loire	3 953 586	2 393 313	2 310 057	3 302	13 239	13 653	10 260
Bourgogne-Franche-Comté	4 806 063	2 557 011	2 407 106	1 550	1 696	850	17 870
Normandie	3 007 346	2 078 200	1 965 000	8 675	7 715	19 200	6 700
Hauts-de-France	3 196 862	2 179 558	2 131 503	2 895	55 700	123 856	15 320
Grand Est	5 772 052	3 059 653	3 008 664	3 691	6 087	21 030	12 490
Pays de la Loire	3 240 376	2 215 715	2 080 675	8 608	11 275	1 259	11 685
Bretagne	2 750 667	1 696 976	1 625 990	2 684	34 952	12 174	11 660
Nouvelle-Aquitaine	8 483 818	4 203 742	3 916 137	41 297	44 309	5 173	18 153
Occitanie	7 335 850	3 492 842	3 143 855	37 958	16 276	1 098	11 555
Auvergne-Rhône-Alpes	7 113 565	3 104 999	2 869 167	32 117	8 987	2 719	15 002
Provence-Alpes-Côte d'Azur	3 180 353	774 314	581 122	31 601	11 251	1 037	3 064
Corse	871 675	304 381	191 061	7 057	445	21	450
France hexagonale	54 908 687	28 637 715	26 791 216	182 473	216 239	207 154	139 619

Tableau 2 : Chiffres liés à l'emploi et aux exploitations agricoles

(FranceAgriMer 2020)

UTA (unités de travail annuel) 2017	694 590
Emploi salarié	249 430
• dont maraichage	18 850
• dont fruits et autres cultures permanentes	24 560
Non salarié	455 160
• dont maraichage	6 530
• dont fruits et autres cultures permanentes	13 210
Nombre total d'exploitations 2017	428 530
• dont maraichage	5 534
• dont fruits et autres cultures permanentes	16 770



(Chambres d'agriculture de Bretagne, 2011)

Figure 1: Choix stratégiques impactant le travail en maraichage

La diversité des exploitations maraîchères s'explique également par les objectifs du maraîcher qui choisit de cultiver une gamme variée (maraîchage diversifié) ou restreinte (maraîchage spécialisé) de légumes. Nous nous intéresserons ici aux exploitations maraîchères diversifiées qui cultivent une grande gamme de légumes de saison, vendent principalement leur production en vente directe et/ou en circuit court et ne possèdent pas de serres chauffées (ARDEAR Provence-Alpes Côte d'Azur, 2016).

Il est difficile de recueillir des chiffres représentatifs du maraîchage en France car la plupart s'adresse à la filière légumière qui regroupe les exploitations maraîchères, les exploitations de légume industrie et les exploitations de grandes cultures intégrant des légumes dans leurs rotations culturales. Selon FranceAgriMer, 216 239 hectares étaient consacrés en 2019 à la production légumière en France métropolitaine soit moins d'1% de la Surface Agricole Utile (SAU) totale (Tableau 1). Une autre limite à l'exploitation des données est le regroupement du maraîchage et de l'horticulture dans la même Orientation Technico-Economique des exploitations (OTEX). En 2010, seulement 29 540 hectares étaient dédiés au maraîchage et à l'horticulture (Sédillot, 2013) et en 2017, la France métropolitaine dénombrait 5534 exploitations maraîchères soit un peu plus d'1% des exploitations agricoles françaises (FranceAgriMer, 2020) (Tableau 2).

## ii. Un secteur complexe avec des productions et des modes de distribution variés

Le maraîchage est un secteur marqué par la diversité des productions et des circuits de commercialisation. Ce développement de gamme est lié aux attentes des consommateurs mais aussi à l'attrait de certains maraîchers pour de nouvelles productions. Les maraîchers sont aujourd'hui en lien étroit avec leurs clients, en particulier lorsqu'ils font de la vente directe (marché, vente à la ferme) ou ont recours à d'autres formes de circuit court (AMAP, magasin de producteurs ou spécialisés). Les exploitations maraîchères ne dépendent généralement pas d'un seul circuit de distribution ce qui complexifie leur organisation.

De plus, les légumes frais sont vendus tels quels au consommateur et sont soumis à un cahier des charges strict portant sur les qualités visuelles (calibrage, couleur, déformations, propreté, etc), gustatives et sanitaires. Le producteur doit ainsi raisonner sa production en fonction de ces règles de commercialisation pour limiter les pertes, ce qui peut s'avérer compliqué selon les modes de distribution qu'il utilise.

## iii. Un secteur fortement dépendant de la main d'œuvre agricole

Une autre caractéristique du maraîchage est la quantité de travail importante et inégalement répartie sur l'année. La quantité de travail est vécue différemment selon les objectifs personnels et professionnels du producteur, ses revenus, la pénibilité des tâches et son organisation dans le travail (Chambres d'agriculture de Bretagne, 2011) (Figure 1). En maraîchage, le parc matériel est généralement limité et peu spécialisé car il doit servir à une grande diversité de cultures. La saisonnalité de la production et l'absence de matériel spécialisé obligent les maraîchers à recourir à une main d'œuvre importante et saisonnière. Les salariés saisonniers représentent ainsi 40% des UTA des exploitations maraîchères (FranceAgriMer, 2020). Cependant, le secteur fait aujourd'hui face à un manque de main d'œuvre qualifiée (Le Télégramme, 2020) car il apparaît peu attractif pour les jeunes qui gardent une image pénible des travaux agricoles et sont peu informés sur les métiers de l'agriculture (Férat, 2006).



Figure 2 : Désherbage inter-rangs au robot

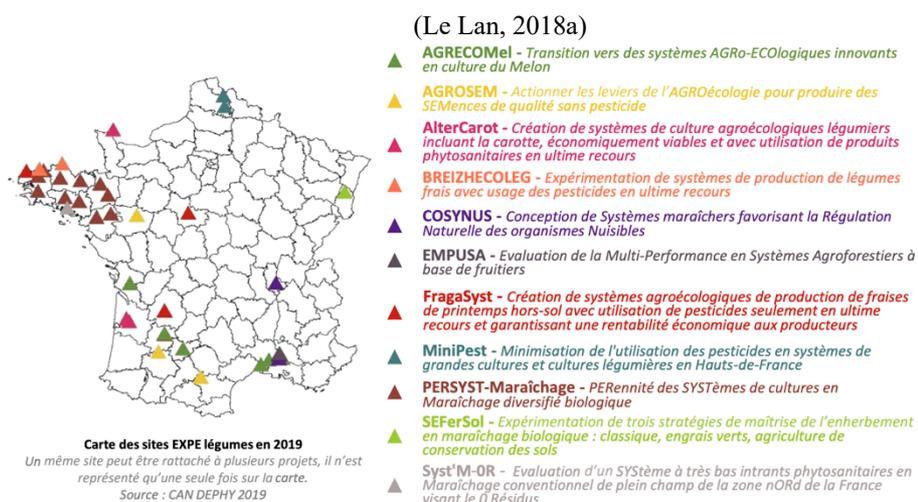


Figure 3 : Répartition géographique des projets DEPHY EXPE Légumes-Maraîchage

(Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2019)

Tableau 3 : Vue d'ensemble des leviers alternatifs aux produits phytosanitaires

D'après (Launais et al., 2014)

Type de levier alternatif	Description	Type(s) d'action possibles sur le bio-agresseur	Exemple(s) de levier
<b>Protection physique</b>	"Utilisation de moyens thermiques, mécaniques ou pneumatiques"	Réduction de l'inoculum, atténuation	Désherbage mécanique, pose de paillages
<b>Contrôle génétique</b>	Choix de plantes avec des caractéristiques intéressantes dans la lutte contre un bioagresseur	Atténuation	Sélection de variétés résistantes ou tolérantes à un bio-agresseur
<b>Contrôle culturel</b>	Adaptation de l'ITK pour limiter la quantité de bioagresseurs	Evitement, réduction de l'inoculum	Modification des densités ou des dates de semis
<b>Protection par biocontrôle</b>	Utilisation de « mécanismes qui régissent les relations entre espèces »	Réduction de l'inoculum	Utilisation de phéromones pour créer de la confusion sexuelle

La pénibilité a pourtant bien évolué depuis la révolution verte agricole. A partir des années 1960, de nombreux produits phytosanitaires ont été développés pour protéger les cultures et réduire la pénibilité. L'utilisation de fongicides a limité les pertes de récolte et l'application d'herbicides a réduit les désherbages manuels jusque-là très fréquents en maraîchage. Les nouvelles technologies se sont aussi invitées dans les exploitations avec l'utilisation ponctuelle de robots réduisant significativement le temps de désherbage manuel dans les inter-rangs (Le Lan, 2018a) (Figure 2). Les produits phytosanitaires restent cependant un levier majeur.

## B) Evolution de la perception des produits phytosanitaires

- i. Comment réduire l'utilisation des produits phytosanitaires en agriculture ?
  1. Organiser la réduction aux échelles européenne et nationale

Pour parvenir à une utilisation des pesticides « compatible avec le développement durable », l'Union Européenne a appliqué en 2009 la Directive/2009/128 CE qui oblige chaque Etat membre à avoir un plan de réduction des produits phytosanitaires sur son territoire (Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne, 2009). C'est dans ce cadre et à la suite du Grenelle de l'Environnement de 2008 qu'a été créé le plan national Ecophyto qui « vise à réduire le recours, les risques et les impacts » des produits phytosanitaires et qui fixe des objectifs de réduction des produits tous les 10 ans (Chambres d'agriculture, 2021). Le second volet du plan Ecophyto débuté en 2015 vise ainsi une réduction de 50% de l'usage de ces produits d'ici 2025. Pour mener à bien cet objectif, le plan Ecophyto a déployé dès 2010 le dispositif DEPHY (Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en PHYtosanitaires) qui regroupe des initiatives de réduction des produits phytosanitaires sous forme d'expérimentations (DEPHY EXPE) ou d'accompagnements des producteurs désireux de réduire leur utilisation (DEPHY FERME).

Le réseau DEPHY comptabilise 3000 exploitations engagées dans le réseau DEPHY FERME et 41 porteurs de projets dans le réseau DEPHY EXPE répartis sur 170 sites expérimentaux (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021b). Ce dispositif s'appliquant à l'ensemble des filières végétales, il existe un réseau DEPHY « Légumes-Maraîchage » qui mobilise environ 400 producteurs dans DEPHY FERME et 11 projets expérimentaux dans DEPHY EXPE cités dans la figure 3 (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2019). En intégrant différents acteurs du monde agricole, DEPHY entend créer et transmettre des alternatives aux produits phytosanitaires.

### 2. Quelles sont les alternatives disponibles aux produits phytosanitaires ?

Dans le rapport d'expertise « Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux » datant de 2005, Aubertot *et al.* indiquent qu'une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires doit passer par une diversification des moyens de lutte. Ils définissent ainsi quatre méthodes de lutte non chimiques contre les bio-agresseurs décrits dans le tableau 3: la protection physique, le contrôle génétique, le contrôle cultural et la protection par biocontrôle. Ces leviers sont à combiner entre eux pour une lutte efficace contre les agressions biotiques et sont rattachés à un ou plusieurs type(s) d'action sur le bioagresseur en question : l'évitement, l'atténuation ou la réduction de l'inoculum (Estorgues, 2017).

1. La stratégie d'évitement consiste à éviter d'installer une culture sensible à un bio-agresseur à une période où ce dernier est généralement présent

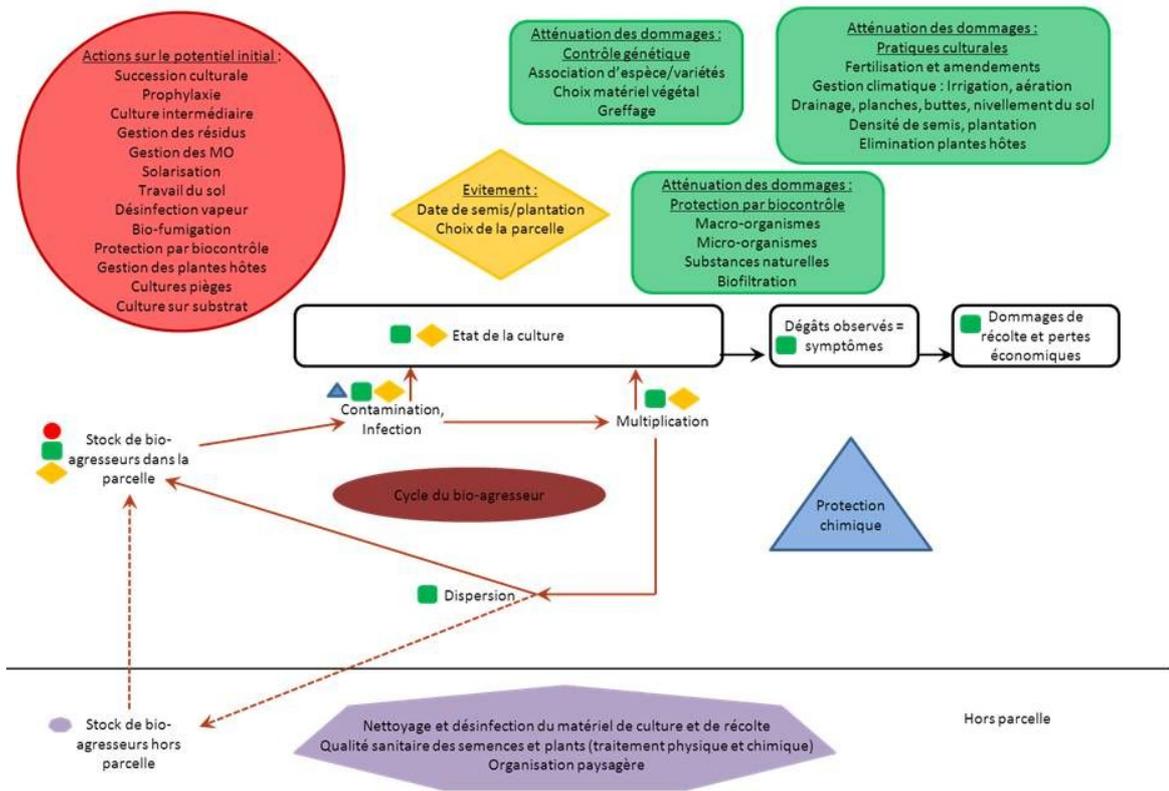


Figure 4 : Stratégie de lutte contre les bioagresseurs telluriques

(Launais *et al.*, 2014)

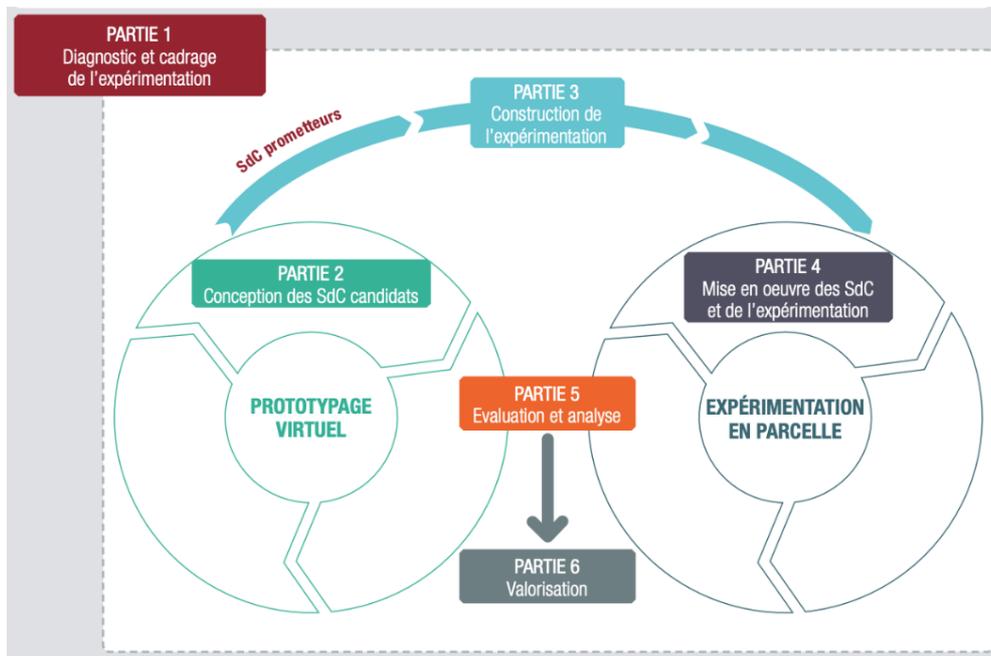


Figure 5 : Les différentes étapes de l'expérimentation systémique

(Havard *et al.*, 2017)

2. La stratégie d'atténuation consiste à agir sur l'état d'une culture pour rendre cette dernière plus compétitive face à un bioagresseur.
3. La stratégie de réduction de l'inoculum consiste à agir sur le cycle de vie d'un bioagresseur afin de diminuer sa présence sur la parcelle.

Un exemple de stratégie de lutte contre les bioagresseurs telluriques est apporté en figure 4. En maraîchage, le recours à ces leviers alternatifs se développe bien que l'utilisation de produits phytosanitaires reste d'actualité comme dans d'autres secteurs agricoles.

## ii. Etat des lieux des usages phytosanitaires en maraîchage

Le secteur légumier et horticole, qui couvre 0.8% de la SAU, représente aujourd'hui 4.7% des achats nationaux en produits phytosanitaires (Butault *et al.*, 2010). Malgré cette part importante d'achats, l'efficacité et la rentabilité attendues avec l'utilisation de produits phytosanitaires ne sont pas toujours constatées en maraîchage. En effet, les familles de légumes cultivés sont nombreuses et les problèmes liés aux bioagresseurs rencontrés sont tout aussi variés. Les maraîchers ne disposent pas de solution adaptée pour chaque problème : d'une part à cause des coûts d'achat conséquents que cela impliquerait pour les faibles surfaces cultivées, d'autre part à cause de la faible disponibilité des substances actives en culture légumière (Estorgues *et al.*, 2017).

Comme dans les autres filières agricoles, l'application de substances actives en maraîchage est soumise aux usages phytosanitaires. Les usages phytosanitaires sont des libellés associant un type de traitement phytosanitaire à un groupe de bioagresseurs cibles et à un ensemble de cultures éligibles au traitement (Anses, 2021b). Ils sont regroupés dans un catalogue des usages dont la gamme se réduit d'année en année. L'utilisation fréquente des mêmes substances actives engendre parfois des résistances pour certains bioagresseurs (Launais *et al.*, 2014).

La faible disponibilité de substances actives efficaces en maraîchage expliquerait le développement précoce de méthodes alternatives de protection comme l'utilisation de filets anti-insectes, de variétés résistantes, de greffages ou d'auxiliaires de cultures (Eckert *et al.*, 2017a). L'enjeu actuel, porté notamment dans les projets DEPHY, est de combiner un grand nombre de ces techniques alternatives. L'approche « système » s'impose dans ces projets qui ne raisonnent plus uniquement à l'échelle de la plante ou de l'exploitation mais bien à l'échelle du système de culture. Mais quels intérêts présentent cette approche qui fût mise de côté pendant longtemps ?

## II - Pourquoi choisir une approche systémique pour concevoir de nouveaux modèles maraîchers ?

### A) Pourquoi choisir une approche systémique ?

#### i. Définitions

Même si davantage de projets expérimentaux ont aujourd'hui recours à l'expérimentation « système », cette dernière est relativement récente car elle est apparue dans les années 1980. D'après Havard *et al.* en 2017, "l'expérimentation de système(s) de culture, ou expérimentation système, consiste à concevoir, mettre en œuvre expérimentalement, mettre au point et évaluer un (ou des) système(s) de culture cohérent(s)" (Figure 5). Un système de culture fait référence à une « succession culturale sur une partie de l'exploitation où les conditions pédo-climatiques et les pratiques culturales associées sont sensiblement identiques » (Eckert, 2014).



ii. Quels sont les avantages de l'approche systémique par rapport à l'approche analytique ?

A l'inverse de l'approche analytique qui compare différentes modalités d'un nombre restreint de techniques, l'approche systémique évalue des combinaisons de techniques selon des objectifs fixés en amont de l'expérimentation. D'après (Havard *et al.*, 2017), l'expérimentation systémique est une grande source d'informations car en raisonnant à l'échelle du système de culture, les interactions complexes entre les différents éléments du système (itinéraire technique, climat, culture,..) sont prises en compte. L'expérimentation « système » rapproche l'expérimentateur du quotidien de l'agriculteur car les combinaisons de techniques imposent une organisation de travail assimilable à ce qui est fait sur une exploitation. L'expérimentation « système » repose sur des règles de décision qui font le lien entre objectifs et actions à mettre en place dans une situation donnée. Ces règles de décision (RDD) sont écrites en amont et génèrent au cours de l'essai des connaissances standardisées sur les combinaisons de techniques testées.

Bien que différentes, les approches systémique et analytique se révèlent complémentaires : certains questionnements soulevés lors d'une expérimentation « système » sur un itinéraire technique peuvent par exemple être résolus par des expérimentations analytiques qui étudieront l'effet d'une ou de quelques techniques sur le système de culture d'intérêt (Havard *et al.*, 2017). Réciproquement, l'expérimentation analytique se trouve rapidement limitée dans la recherche de solutions agronomiques adaptées au changement climatique. Lorsque la variable d'étude est un processus naturel incertain, il est parfois judicieux d'utiliser une approche systémique qui étudiera plusieurs leviers simultanément (rusticité variétale, pose de filets climatiques, mise en œuvre de techniques limitant l'évapotranspiration, etc) plutôt que d'apporter une solution unique à un problème évolutif (Meynard *et al.*, 2012).

iii. Quelles sont les limites de l'approche systémique ?

Même si elle comporte de nombreux points forts, l'approche systémique n'est pas généralisée car elle n'est pas totalement acceptée par l'ensemble de la communauté scientifique. Pour certains experts, l'expérimentation « système » est fortement dépendante du contexte d'étude, ce qui dégrade la fiabilité des connaissances générées (Cardona *et al.*, 2018). De plus, l'exploitation des données issues des expérimentations « système » n'est pas assez aboutie selon certains scientifiques, en opposition aux expérimentations analytiques qui analysent les traitements un à un « toutes conditions étant égales par ailleurs ». De même, une seule technique aura un impact limité sur le système de culture global c'est pourquoi il faut davantage raisonner sur les combinaisons de techniques et leur compatibilité à l'échelle du système (Estorgues *et al.*, 2017). La conception de systèmes de culture expérimentaux implique alors un travail de réflexion plus lourd qu'en expérimentation analytique.

L'approche systémique crée des connaissances méthodologiques grâce aux règles de décisions utilisées lors de la phase d'expérimentation. Cependant, ces savoirs sont moins facilement valorisables auprès de certains acteurs du monde agricole car ils ne font pas office de solutions ou de références techniques directement transposables chez les producteurs. Ces connaissances ont donc besoin d'une remise en forme pour être mieux comprises et intégrées par les agriculteurs et à terme transposées à d'autres systèmes de cultures (Cardona *et al.*, 2018). Malgré plusieurs limites, adopter une approche « système » apparaît pertinent dans un contexte de transition agro-écologique. Des plans nationaux de réduction des produits phytosanitaires comme Ecophyto valorisent ainsi l'approche systémique en mettant en avant des combinaisons de leviers non chimiques comme alternatives, éléments qui impliquent de raisonner à l'échelle du système de culture (Launais *et al.*, 2014).



Figure 6 (à gauche) : Système de référence du projet SYST'M-0R



Figure 7 (à droite): Système à très bas intrants phytosanitaires du projet SYST'M-0R

(Crédits personnels)

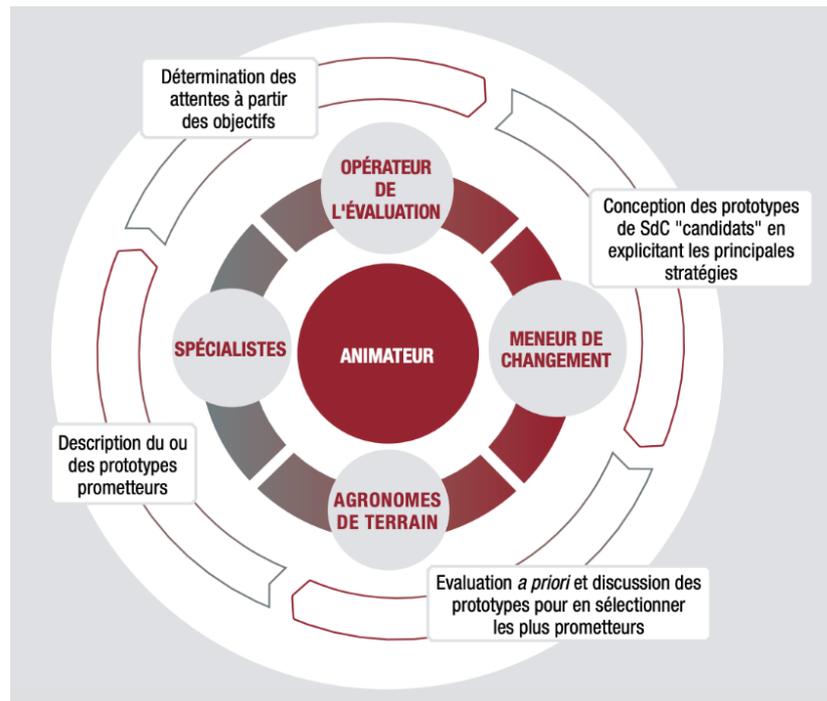


Figure 8 : Rôles des acteurs impliqués dans la co-conception de systèmes expérimentaux

(Havard et al. 2017)

## B) Comment combiner différents leviers de protection pour concevoir de nouveaux systèmes de culture ? Exemple du projet SYST'M-0R

Dans le cadre du plan national Ecophyto, de nombreux projets expérimentaux conçoivent, mettent en place et évaluent des systèmes de culture dits économes en produits phytosanitaires. C'est le cas du projet SYST'M-0R mené à la Station Expérimentale d'Auray, qui étudie un système maraîcher de plein champ à très bas intrants phytosanitaires (Figures 6 et 7). SYST'M-0R est le seul projet du réseau DEPHY EXPE s'intéressant à la réduction des produits phytosanitaires en maraîchage de plein champ. L'objectif visé par le projet est une réduction de 50 à 100% de l'Indice de Fréquence de Traitement (IFT) sur une douzaine de légumes (Le Lan, 2018b).

Dans ces types de projet, les systèmes de culture sont dits économes en produits phytosanitaires car la protection face aux bioagresseurs repose sur une combinaison des leviers vus précédemment. Le levier chimique n'est pas exclu des stratégies de protection mais n'est pas prioritaire. Dans le cadre du projet SYST'M-0R, la lutte chimique est d'autant plus restreinte que les produits phytosanitaires utilisés ne doivent pas être classés CMR et sont utilisés en ultime recours, c'est-à-dire après que tous les leviers non chimiques aient été actionnés et se soient révélés insuffisants.

Combiner différents leviers de protection à l'échelle du système de culture est complexe car certaines associations peuvent être antagonistes dans leurs effets ou inapplicables sur le plan technique. Or, l'objectif de l'association de leviers est de conserver voire d'améliorer le niveau de protection face aux bioagresseurs. Une connaissance fine des moyens de lutte et de leurs champs respectifs de faisabilité et d'efficacité est donc nécessaire pour concevoir des combinaisons intéressantes. C'est dans cette perspective que les systèmes de culture testés dans SYST'M-0R ont été co-conçus par des expérimentateurs, des conseillers techniques et des chercheurs spécialisés en maraîchage qui ont apporté des connaissances différentes mais complémentaires sur les moyens de lutte et l'approche systémique (Figure 8).

Après l'identification des combinaisons intéressantes, le travail de conception se poursuit par l'écriture de règles de décisions qui permettent d'actionner une combinaison de leviers en réponse à une situation sanitaire rencontrée. Lors de la mise en place de l'essai, la conduite du ou des système(s) sera piloté par ces règles de décision. Les règles de décision seront évaluées a posteriori (Havard *et al.*, 2017).

## III - Comment évaluer de nouveaux systèmes maraîchers et les valoriser auprès des maraîchers ?

### A) Comment évaluer une expérimentation « système » en maraîchage ?

#### i. L'évaluation de l'expérimentation systémique est multicritère

D'après Havard *et al.*, l'évaluation consiste à « porter un jugement sur un résultat et donc connaître la valeur d'un résultat qui ne peut être mesuré ». L'évaluation peut aussi bien reposer sur des mesures que sur des indicateurs. Dans le cadre d'une expérimentation « système », l'évaluation des systèmes de culture est complexe car la masse d'informations collectées au cours de l'essai est importante que ce soit au niveau des bioagresseurs, des règles de décisions mises en place ou des rendements obtenus (Eckert *et al.*, 2017b)

Tableau 4 : Correspondance entre critères évalués et indicateurs

Critère(s) évalué(s) pour un système de culture	Type d'indicateurs	Exemples d'indicateur (à renseigner pour chaque culture)
Faible dépendance aux produits phytosanitaires et absence de résidus à la récolte	Environnemental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité de résidus pour chaque produit phytosanitaire utilisé</li> <li>- IFT total et IFT biocontrôle</li> <li>- Part des produits classés CMR</li> </ul>
Production suffisante et qualités satisfaisantes	Agronomique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendement</li> <li>- Indicateurs spécifiques au cahier des charges (calibre, poids moyen, etc)</li> </ul>
Production rémunératrice	Economique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chiffre d'affaires</li> <li>- Charges en intrants</li> </ul>
Faisabilité	Technique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps de travail alloué à chaque culture</li> <li>- Répartition des temps de travaux sur l'année</li> </ul>

Le système de culture est par définition complexe car il est à la fois soumis à des conditions climatiques fluctuantes, des caractéristiques physico-chimiques variées et à un itinéraire technique répondant à des objectifs agronomiques et économiques. Le maraîchage ajoute un degré de difficulté supplémentaire car la gamme d'espèces cultivées est large (Havard *et al.*, 2017). Du fait de sa complexité, un système de culture maraîcher ne peut être évalué sur un seul critère. L'évaluation privilégiée est multicritère et repose sur un ensemble de mesures et d'indicateurs renseignant les critères choisis.

## ii. Quels indicateurs suivre ?

Par définition, un indicateur est une donnée simple, facile à obtenir, reproductible, peu coûteuse et qui apporte de l'information sur des variables complexes ou difficiles d'accès (Gras *et al.*, 1989). Pour évaluer un système maraîcher expérimental, les indicateurs sont choisis en fonction des objectifs assignés à l'essai et des contraintes liées à l'activité maraîchère (Havard *et al.*, 2017). Le tableau 4 donne des exemples d'indicateurs pouvant être utilisés pour évaluer des systèmes maraîchers économes en produits phytosanitaires. Ces indicateurs sont déterminés lors de la conception du système et doivent être variés car ils renseignent plusieurs critères.

L'importance accordée à chaque critère dans l'évaluation peut varier selon les systèmes de cultures et les indicateurs peuvent révéler des antagonismes entre certains critères : en maraîchage par exemple, la main d'œuvre est importante et nécessaire sur une courte période de l'année où se succèdent les plantations, l'entretien et les récoltes. Les coûts de production sont élevés et la main d'œuvre n'est pas toujours disponible. Dans ce contexte, les critères de réduction des produits phytosanitaires et de temps de travail peuvent s'opposer. La réduction des pesticides ne doit effectivement pas engendrer une augmentation conséquente des temps de travaux car cela ne serait pas possible en dehors du cadre expérimental (Launais *et al.*, 2014).

## iii. Comment analyser les indicateurs ?

L'analyse des indicateurs consiste à comparer les valeurs des indicateurs mesurés avec des valeurs de référence. Or les références n'existent pas toujours comme c'est le cas en maraîchage où les IFT de référence pour chaque légume cultivé sont rarement disponibles. Dans ces situations, les expérimentateurs font une comparaison relative entre les valeurs des indicateurs du système de culture d'intérêt et celles d'un système de culture dit « de référence » conduit simultanément.

L'évaluation d'une multitude d'indicateurs reliés à plusieurs critères est complexe mais peut être simplifiée en utilisant des outils d'évaluation synthétique. L'outil d'évaluation multicritère SYSTERRE® est un logiciel répandu en systèmes de grandes cultures et de plus en plus utilisé en maraîchage qui agrège une vingtaine d'indicateurs économiques, techniques et environnementaux reconnus par la communauté scientifique. L'utilisation d'outils comme SYSTERRE® simplifie la collecte des indicateurs et leur analyse en sortie de logiciel (Arvalis, 2021).

Les critères renseignés par les indicateurs sont ensuite mis en lien avec les objectifs initiaux du système de culture. Si certains critères ne répondent pas aux objectifs, le système de culture pourra être modifié et donner lieu à de nouvelles expérimentations. Il arrive aussi que certains objectifs définis en amont de l'expérimentation soient finalement trop ambitieux, dans ce cas les attentes sont revues à la baisse pour les prochains essais (Havard *et al.*, 2017). Que le système de culture testé réponde ou non à l'ensemble des objectifs, le processus d'expérimentation génère des connaissances nombreuses qui doivent être valorisées auprès des acteurs de la filière.



## B) Comment transmettre les connaissances issues de l'expérimentation « système » aux producteurs ?

### i. La transmission des savoirs est un processus lent et complexe

La finalité de l'expérimentation n'est pas de transposer les systèmes de culture tels quels chez les producteurs car chacun possède des moyens et des objectifs différents. L'expérimentation « système » a plutôt pour vocation de transmettre des combinaisons de techniques nouvelles qui répondent aux attentes des agriculteurs. Diffuser ce type de connaissances est complexe mais peut être facilité par la transmission des règles de décision qui pilotent l'expérimentation. Les règles de décision écrites en amont de l'expérimentation sont intéressantes car elles posent un cadre compris par tous les acteurs de l'essai ce qui limite l'effet pilote. Leur écriture est une étape délicate car elle nécessite la réflexion simultanée de l'ensemble des acteurs et les règles de décision doivent être à la fois précises et directement applicables chez des agriculteurs évoluant dans des contextes variés. La rigueur de l'écriture est importante car ce type de savoir « méthodologique » est moins bien intégré par les agriculteurs que des références techniques « prêtes à l'emploi » (Compagnone *et al.*, 2018). Néanmoins si elles sont bien réalisées et utilisées de manière coordonnée, les règles de décision deviennent un réel outil standardisé d'aide à la décision pour les producteurs.

Reste à voir s'il n'y a pas d'ancrage historique fort de certaines pratiques qui limiterait l'instauration de nouvelles techniques. D'après Reboul, les systèmes de culture sont des « produits sociaux » qui, au-delà des contraintes agronomiques liées au milieu, sont également soumis à l'héritage familial et aux relations de voisinage. Dans ce contexte, les nouveaux savoirs sont accueillis différemment selon les exploitations. Ils sont parfois directement acceptés ou à l'inverse remis en cause, ce qui ralentit le processus de transmission. L'appui d'acteurs comme les conseillers techniques permet cependant de lever certains a priori.

### ii. Considérer les conseillers techniques comme premiers maillons du changement

Les conseillers techniques jouent un rôle essentiel dans la transmission des connaissances issues de l'expérimentation. Ils sont dans un premier temps témoins de la création des savoirs lors des ateliers de co-conception et de suivi des expérimentations. Lors de ces réunions, ils s'enrichissent des connaissances et des expériences des autres acteurs impliqués (expérimentateurs, autres conseillers, chercheurs ou agriculteurs) ce qui peut modifier leur perception de certaines techniques et les faire davantage raisonner à l'échelle « système » (Havard *et al.*, 2017). Pendant et à la fin du projet expérimental, le conseiller technique récolte des résultats scientifiques qu'il va pouvoir diffuser à son réseau de collègues et aux agriculteurs qu'il accompagne. La communication de ces résultats se fait de manière formelle (rédaction de bulletins techniques, organisation de visites du site expérimental, montages vidéo) ou informelle (discussions lors des visites habituelles chez les producteurs et autres acteurs de la filière). La diversité des supports de communication est importante car elle permet de véhiculer les nouveaux savoirs auprès d'un public plus large comme les pouvoirs publics ou les étudiants (Pillet, 2014).

### iii. Miser sur l'implication des agriculteurs et de leurs réseaux

Après avoir pris connaissance des savoirs transmis par les conseillers, l'agriculteur va pouvoir adapter ces connaissances issues de l'expérimentation aux conditions climatiques, agronomiques et matérielles présentes sur son exploitation. D'après Compagnone *et al.*, les savoirs « contextualisés » ont davantage de crédibilité aux yeux du monde paysan.

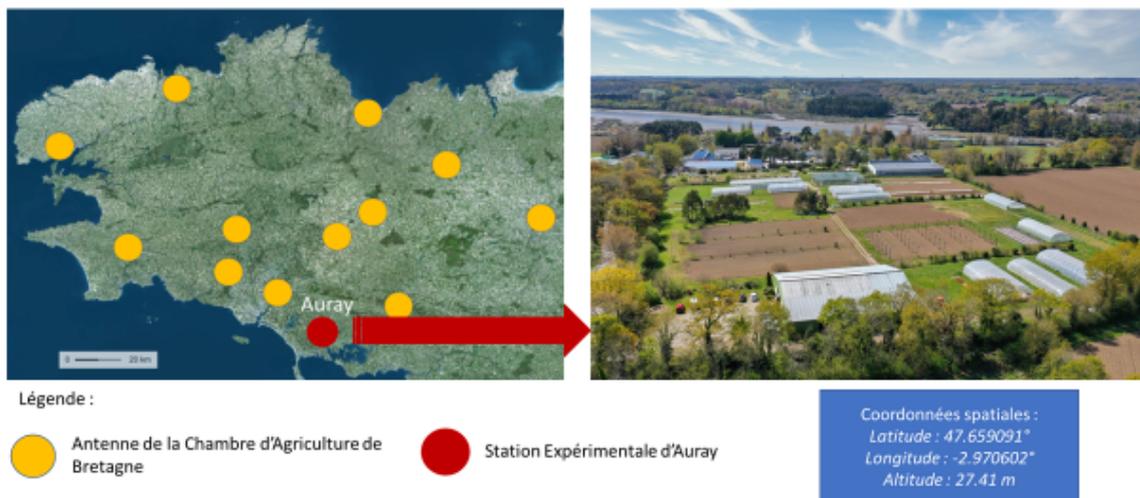


Figure 9 : Photographies satellite et par drone de la Station Expérimentale  
(Crédits : Géoportail et Lemon Prod)

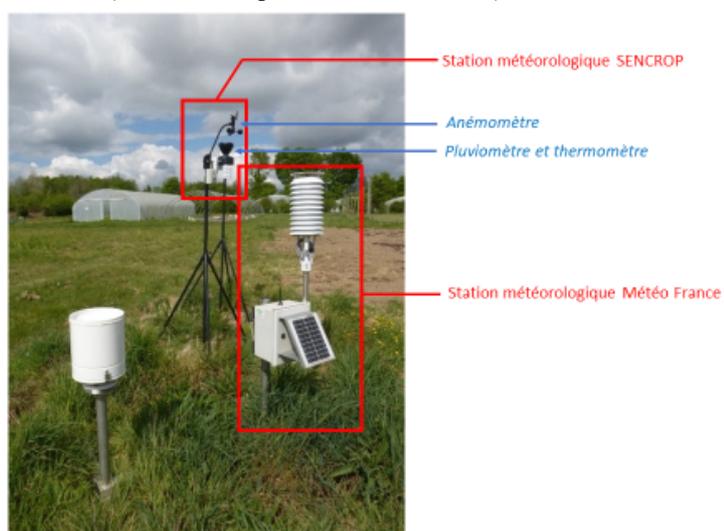


Figure 10 : Stations météorologiques présentes sur la Station Expérimentale d'Auray

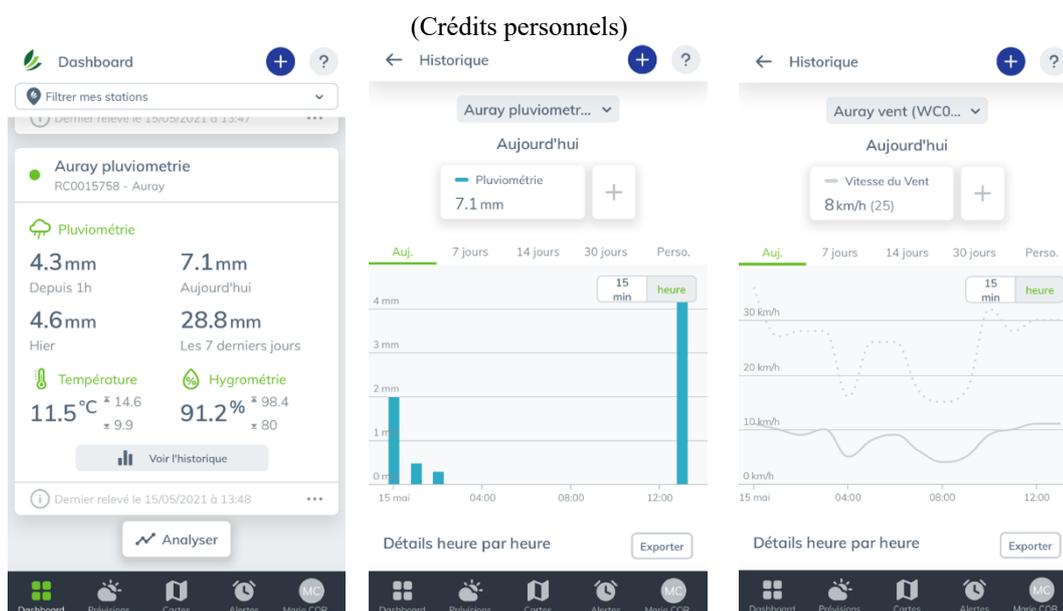


Figure 11 : Interfaces de suivi des données météorologiques sur l'application SENCROP

L'agriculteur impliqué dans des structures agricoles comme les syndicats, les Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole (CUMA) ou les groupements de travail devient alors un excellent vecteur de connaissances nouvelles. Grâce à son cercle social développé dans ces structures, il pourra transmettre les connaissances issues de l'expérimentation et enrichies de sa propre expérience. Une autre manière de voir l'agriculteur comme producteur et vecteur de connaissances est son implication directe dans la recherche. De nos jours, les agriculteurs sont davantage intégrés dans les ateliers de co-conception d'expérimentation. Dans ces ateliers, l'approche systémique favorise le dialogue entre les expérimentateurs et les agriculteurs car le raisonnement à l'échelle des systèmes de culture est très courant chez les producteurs. En expérimentation « système », les problématiques de faisabilité technique et de prises de décision se rapprochent aussi des obstacles rencontrés par les agriculteurs (Havard *et al.*, 2017). Le dialogue est alors bénéfique aux deux acteurs qui transmettent chacun leur vécu et accèdent à une perception différente et à des connaissances nouvelles. L'impact de cette recherche participative est aujourd'hui peu documenté mais gagnerait à être approfondi pour accélérer le processus de transition agro-écologique.

## Partie 2 - Le porteur du projet SYST'M-0R : la Station Expérimentale d'Auray

### I - Localisation et thématiques travaillées

L'essai SYST'M-0R est conduit à la Station Expérimentale d'Auray dans le Morbihan (56) (Figure 9). La Station s'étend sur une surface de 6 ha comprenant 3 ha en Agriculture Biologique et mène des projets d'expérimentation en maraîchage sur différentes thématiques telles que la pénibilité, la robotique et la protection alternative des cultures. Elle est la référence nationale dans l'étude des matériaux biodégradables car c'est une thématique travaillée depuis plus de 20 ans sur le site.

### II - Equipe de la Station

La Station Expérimentale d'Auray est rattachée à l'équipe Légumes du service Agronomie de la Chambre d'agriculture de Bretagne (CRAB), établissement public employant 650 salariés (Chambres d'agriculture de Bretagne, 2021). Une équipe de 8 personnes travaille sur site. Maët le Lan est responsable de la station, pilote du projet SYST'M-0R et encadrante de ce stage. Elle est épaulée par une technicienne (Marie Cordonnier), un ouvrier spécialisé (Christophe Girard), une ouvrière agricole (Charlotte Lefort), une assistante administrative (Martine Coheleach) et une chargée de mission (Maureen Gicquel). Un conseiller en maraîchage (Jean-Philippe Calmet) est basé sur le site et apporte si besoin son expertise sur la gestion des cultures en place. La Station est présidée par Jean-René Menier qui est également président du Groupe de Travail (GT) « Agronomie et productions végétales ».

### III - Caractéristiques pédoclimatiques

La ville d'Auray est au cœur du golfe du Morbihan et bénéficie d'un climat tempéré océanique. La Station Expérimentale dispose de deux stations météorologiques. La première est une station Météo France relevant chaque jour la pluviométrie, la température moyenne, minimale et maximale et l'hygrométrie (Figure 10). La seconde est une station météorologique connectée SENCROP qui, en plus d'enregistrer les données des variables précédentes, donne des prévisions de pluviométrie et de somme des degrés jours. Ces prévisions sont consultables sur l'application SENCROP qui est régulièrement utilisée par l'équipe de la Station (Figure 11).

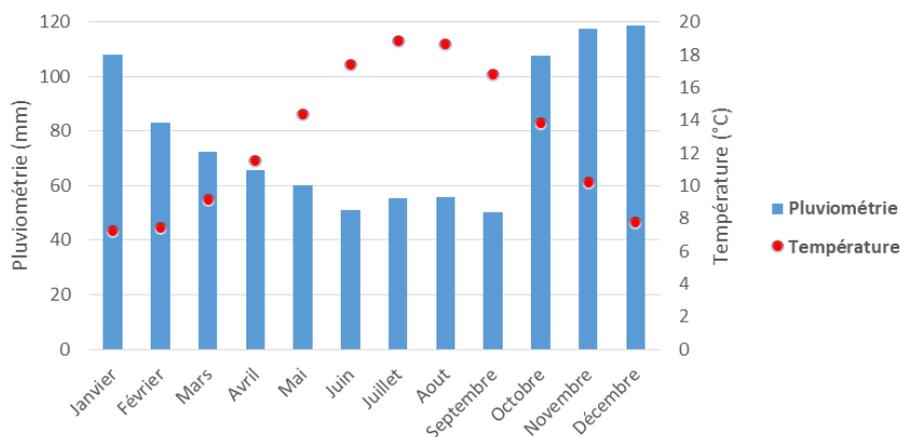


Figure 12 : Pluviométries mensuelles et températures moyennes à Auray entre 2000 et 2020 (d'après données Météo France)

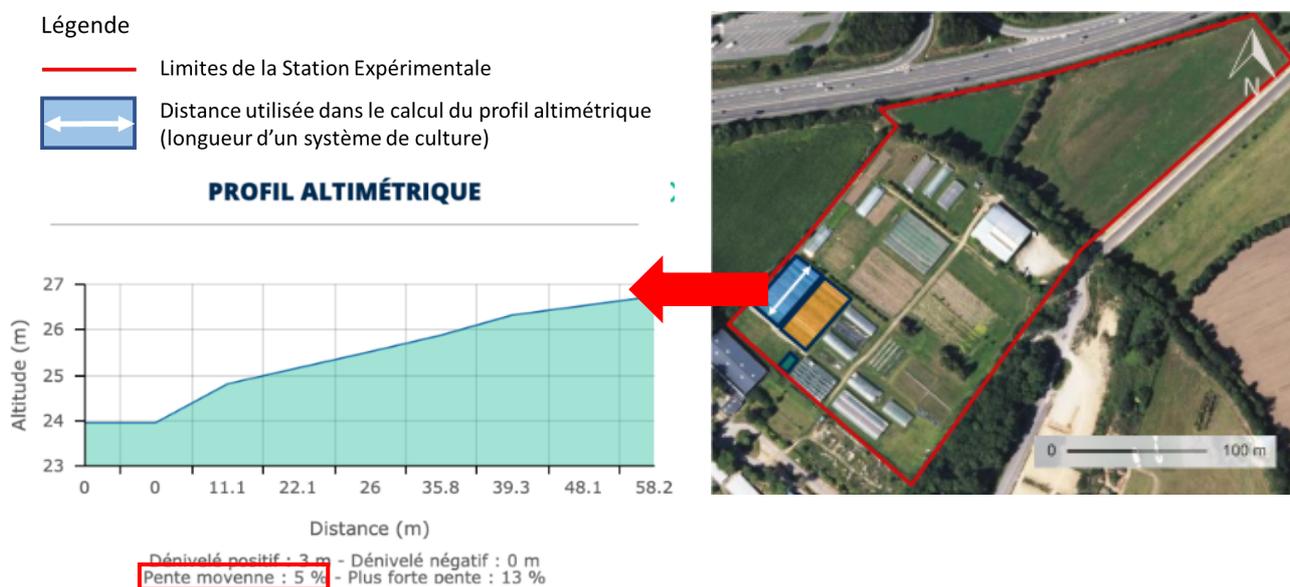


Figure 13 : Profil altimétrique de l'essai SYST'M-0R et localisation sur la Station Expérimentale

(d'après Géoportail)

Tableau 5 : Les partenaires du projet SYST'M-0R

Type de partenaire	Noms des partenaires
Commanditaire	Ecophyto DEPHY
Porteur du projet	Station Expérimentale d'Auray – CRAB
Partenaires techniques	Chambres d'Agriculture de Normandie, d'Ile-de-France, du Centre-Val de Loire, des Hauts de France et des Pays de Loire
Partenaires scientifiques	INRAE d'Alenya
Autres	MSA des Portes de Bretagne

La pluviométrie annuelle moyenne enregistrée sur la station d'Auray ces 20 dernières années est de 945 mm, une valeur intermédiaire en Bretagne : La pluviométrie annuelle de Rennes est de 694 mm contre 1210 mm à Brest (Raffin, 2020). Les données de la figure 12 sont issues des enregistrements de la station météorologique Météo France entre les années 2000 et 2020. D'après ces données, la période d'octobre à janvier est la période la plus pluvieuse à Auray, avec des précipitations mensuelles supérieures à 100 mm. De novembre à mars, les températures moyennes ne dépassent pas les 10°C. La saison la plus chaude s'étalonne de mai à septembre avec des températures moyennes supérieures à 14°C et un pic moyen supérieur à 18.5°C en juillet et en août. A cette période, les précipitations mensuelles n'excèdent pas 60 mm ce qui rend l'irrigation nécessaire pour certaines cultures.

L'essai SYST'M-0R est localisé sur deux parcelles légèrement en pente (5% d'après le profil altimétrique calculé par Géoportail et disponible à la figure 13) et bordées partiellement de haies, ce qui favorise l'accueil d'auxiliaires de cultures. Sur ces parcelles, le sol est peu profond, de texture limono-argilo-sableuse et hydromorphe, ce qui peut poser problème pour la gestion des cultures durant l'hiver. D'après l'analyse de sol réalisée sur les parcelles de l'essai et disponible à l'annexe I, le sol a un pH légèrement acide de 6,2 mais est propice à la culture de légumes de plein champ grâce à des teneurs satisfaisantes en phosphore, potassium et magnésium. La teneur en matière organique est moyenne avec 3,8 %. Concernant l'environnement biotique de l'essai, les maladies telluriques comme le mildiou terrestre et la verticilliose sont fréquemment observées.

## Partie 3 - Matériel et méthodes

### I - Caractéristiques du projet SYST'M-0R

#### A) Objectifs

SYST'M-0R est un projet d'expérimentation « système » créé et porté par la Station Expérimentale d'Auray depuis 2018 et qui vise à « l'évaluation d'un SYSTème à très bas intrants phytosanitaires en Maraîchage conventionnel de plein champ de la zone nORd de la France visant le 0 résidu » (Le Lan, 2018b). C'est un projet DEPHY EXPE rattaché au plan ECOPHYTO qui teste sur 6 ans une rotation de 13 légumes majoritairement cultivés dans la moitié Nord de la France et dans laquelle les produits phytosanitaires sont utilisés en ultime recours. SYST'M-0R souhaite répondre à trois objectifs majeurs : la réduction de l'IFT entre -50 et -100% selon les cultures et les années, la production de légumes exempts de résidus issus des produits phytosanitaires et la non-utilisation de produits phytosanitaires classés CMR. Le projet a pour finalité d'évaluer les conséquences de telles pratiques sur les systèmes de culture.

#### B) Partenaires

Le projet SYST'M-0R implique une diversité importante de partenaires rassemblés dans le tableau 5. Le projet a été initié par la Station Expérimentale d'Auray qui a défini les objectifs, l'assolement et la rotation culturale. Ces éléments ont ensuite été discutés entre les partenaires lors d'un atelier de co-conception de 3 jours en mars 2018. Les partenaires techniques composés de conseillers et d'expérimentateurs en maraîchage ont essayé de définir les pratiques d'un maraîcher conventionnel de la moitié Nord de la France : il a été établi que le maraîcher référence dans le projet SYST'M-0R travaillait une gamme diversifiée de légumes de plein champ sur une surface de 2 à 50 ha et vendait sa production en circuits courts. A partir de cette définition, les membres du COPIL ont conçu ensemble les règles de décision définissant les itinéraires techniques de l'essai. Les premières cultures ont été mises en place en avril 2018 et les dernières récoltes sont prévues pour le début de l'année 2023.

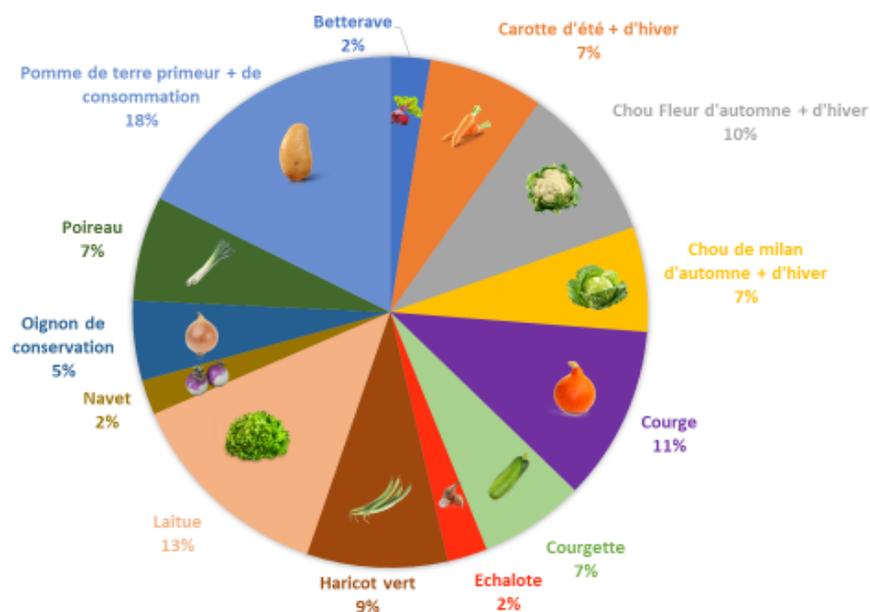


Figure 14 : Proportion de chaque culture dans l'assolement

Tableau 6 : Nombre d'itinéraires techniques (ITK) testés et analysés dans l'essai

(d'après « Dossier finalisé SYST'M-0R)

	Nombre d'ITK par an	Nombre d'ITK sur la rotation
Système de référence	35	175
Système à très bas intrants	30 à 35	150 à 175
Total d'ITK testés et analysés	65 à 70	325 à 350

X 5 avec les répétitions annuelles

### C) Espèces cultivées et assolement

Les espèces de légumes cultivées dans l'essai sont au nombre de 13 : betterave, carotte, chou-fleur, chou de Milan, courge, courgette, échalote, haricot vert, laitue, navet, oignon, poireau et pommes de terre. La part de chaque culture dans l'assolement se veut représentative des pratiques des maraîchers de la zone Nord de la France. La proportion des cultures dans l'assolement est illustrée dans la figure 14 et les surfaces associées à chaque culture sont regroupées dans l'annexe II. Comme le montre l'assolement culturel de la figure 14, la pomme de terre, le chou et la laitue sont les légumes occupant les surfaces les plus importantes. Au total, l'essai comprend 24 cultures par système de culture sur une saison culturale.

### D) Rotation culturale

La rotation culturale pratiquée sur l'essai SYST'M-0R dure 5 ans et est illustrée à l'annexe III. Avec les différentes règles de décision potentiellement activables, ce sont au total près de 70 itinéraires techniques différents qui sont testés chaque année et 350 avec les 5 saisons culturales (Tableau 6). Une fois par an, les partenaires du projet SYST'M-0R se réunissent lors d'un comité de pilotage et reprennent quelques règles de décision qui n'ont pas été correctement appliquées car pas assez bien formulées lors de leur conception. Les règles de décision liées à l'utilisation de produits phytosanitaires peuvent aussi être revues suite à des modifications réglementaires phytosanitaires (interdiction ou dérogation d'utilisation).

### E) Co-conception des systèmes de cultures à l'occasion du COPIL

#### i. Une gestion basée sur des Règles De Décision (RDD)

La conduite des deux systèmes de culture est régie par les règles de décision définies pour chaque culture lors des ateliers de co-conception du projet. Le livret regroupant l'ensemble des règles de décision est un outil indispensable au pilote de projet en amont et pendant la culture. Dans le cadre du projet SYST'M-0R, chaque règle de décision actionne un moyen de lutte face à un bioagresseur précis. La règle de décision indique la pression observable en bioagresseur justifiant la mise en œuvre d'un levier de lutte et la fenêtre temporelle d'application du levier. Les tableaux des règles de décision des deux systèmes pour la première série de haricot sont donnés en exemple dans les annexes IV et V. Si le levier actionné par une règle de décision est un produit phytosanitaire ou de biocontrôle, la quantité de produit à appliquer est renseignée. Face aux situations sanitaires diverses rencontrées chaque année, les règles de décision activées varient d'une campagne culturale à l'autre.

#### ii. Définition des systèmes de culture

Le projet SYST'M-0R repose sur la comparaison de deux systèmes de culture qui seront nommés par la suite « système de référence » (SDR) et « système à très bas intrants » (SBI). Les systèmes de culture ont été élaborés lors des ateliers de co-conception avec les partenaires techniques. Ils possèdent la même rotation de cultures principales et le même assolement mais reposent sur des leviers de lutte contre les bioagresseurs très différents.

#### 1. Système de référence

Le SDR se veut représentatif des pratiques maraîchères conventionnelles de la moitié Nord de la France. Les variétés choisies sont celles qui sont les plus utilisées chez les producteurs d'après les conseillers techniques. Les leviers de lutte contre les bioagresseurs utilisés dans le système de référence découlent également de l'expertise du comité de pilotage.

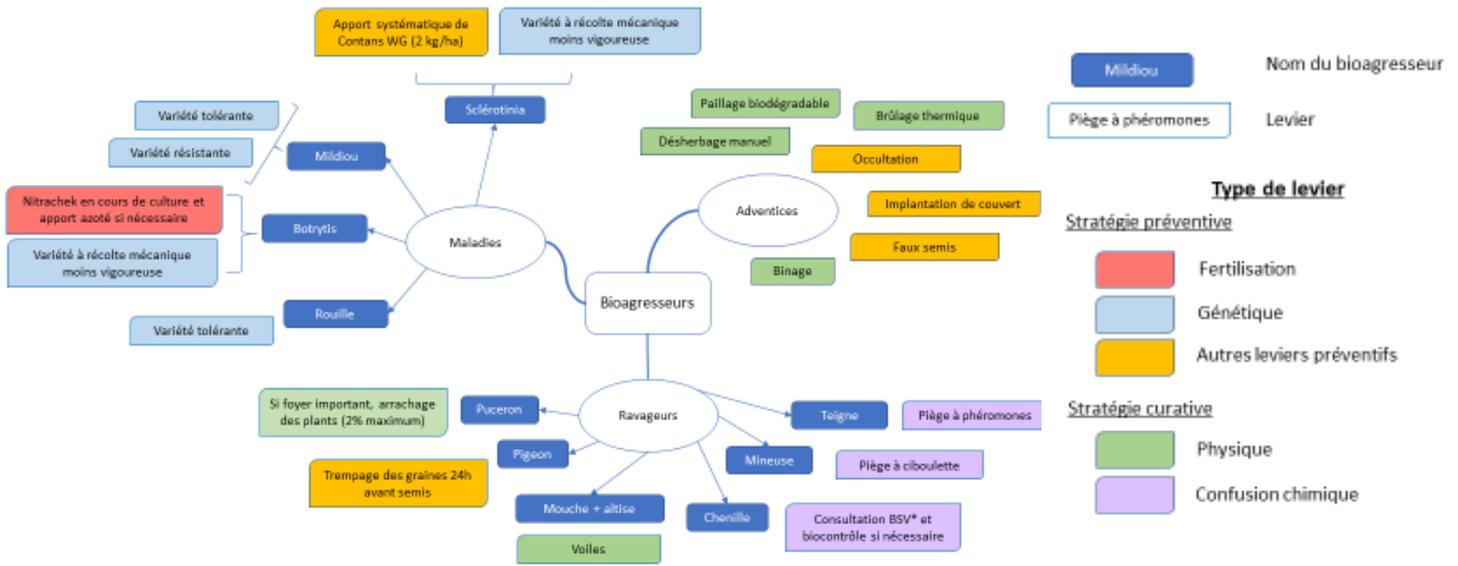


Figure 15 : Carte mentale des leviers alternatifs actionnables dans le SBI

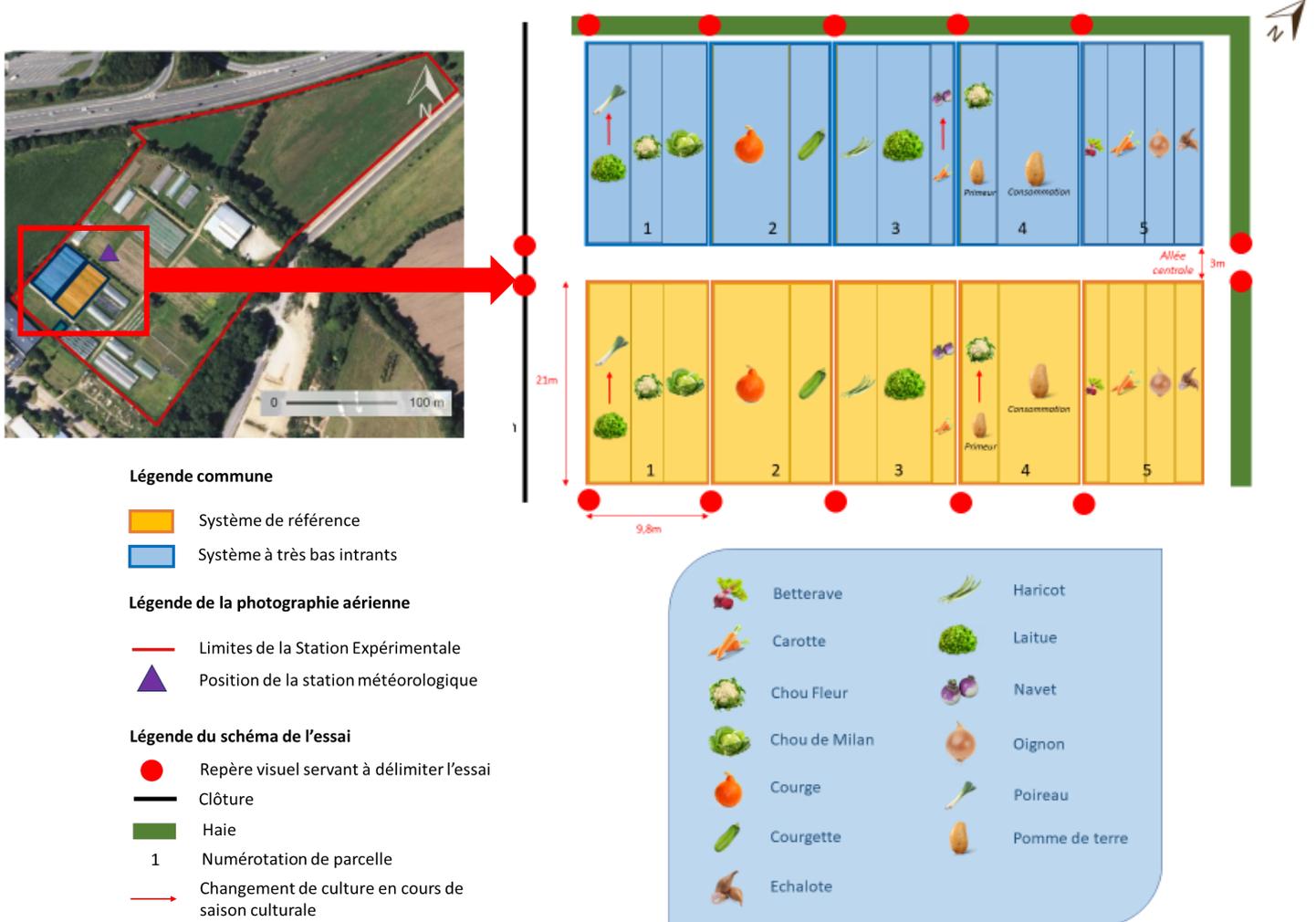


Figure 16 : Localisation et schéma légendés de l'essai SYST'M-0R pour la saison 2021-2022

Ces leviers sont majoritairement d'ordre chimique ou physique comme le montre le schéma décisionnel disponible en Annexe VI. Pour les leviers chimiques, la fréquence des traitements et les doses appliquées se basent sur l'observation des conseillers techniques chez leurs producteurs et non sur les préconisations faites habituellement. En effet, il peut exister un décalage entre la préconisation du conseiller et l'action du producteur pour diverses raisons : problème dans la gestion des tâches sur l'exploitation ou inadéquation du climat le jour prévu du traitement. Cet écart entre théorie et pratique est important à prendre en compte pour être le plus représentatif des pratiques maraîchères.

## 2. Système à très bas intrants phytosanitaires

Comme l'illustre le schéma décisionnel en Annexe VII, le système à très bas intrants (SBI) repose sur une diversification des leviers de protection de culture et une interdiction d'un grand nombre de produits phytosanitaires. Alors que la lutte chimique représente 82% des règles de décision dans le SDR, elle n'en représente que 9% dans le SBI. Cette conduite à l'échelle du système constitue une prise de risque importante peu rencontrée chez les maraîchers conventionnels actuels. La lutte physique, le contrôle cultural, la génétique et le biocontrôle se substituent à la lutte chimique. Chaque type de protection des cultures repose sur plusieurs leviers ciblant différentes catégories de bioagresseurs (maladie, adventice, ravageur) et listés sur la figure 15. Le levier portant sur le maintien de la biodiversité n'est pas utilisé ici car les deux systèmes sont trop proches spatialement : leur environnement biotique est supposé identique.

### iii. Dimensionnement et répétitions

L'essai est réparti sur 2500 m<sup>2</sup> dont 1000 m<sup>2</sup> alloués à chaque système de culture. Les systèmes sont séparés par une allée centrale de 3 m de largeur, leur disposition est schématisée sur la figure 16. Chaque système de culture est divisé en 5 parcelles de 21 m de long sur 9,8 m de large pour une surface d'environ 200 m<sup>2</sup>. Les systèmes de culture et leurs parcelles sont re-délimités chaque année à l'aide d'un décimètre et de piquets. Des cercles colorés alignés avec les piquets sont disposés dans les haies et servent de repère visuel lors du passage des engins agricoles. La disposition des cultures dans les parcelles a également été pensée pour faciliter le passage des outils agricoles et la pose des éventuels paillages. L'essai SYST'M-0R repose sur 5 répétitions temporelles sur une période de 5 ans. Il n'y a pas de répétition spatiale des parcelles mais toutes les cultures sont présentes dans chaque répétition temporelle.

## II - L'itinéraire technique de l'essai

### A) Variétés et densités

L'ensemble des variétés et des densités de semis et de plantation est renseigné à l'annexe II. Dans le système de référence, les variétés sont celles que les membres du COPIL rencontrent le plus fréquemment chez les maraîchers avec qui ils travaillent. Les semences et les plants de ce système de culture sont traités. Pour le SBI, les variétés cultivées ont été préférentiellement choisies pour leurs propriétés de tolérance ou de résistance à certaines maladies. Ces propriétés sont répertoriées dans l'annexe II. Le choix des variétés s'est fait après lecture du « Guide variétal Légumes » publié chaque année par la CRAB. Les plants et semences du système à très bas intrants sont achetés non traités quand cela est possible. Pour quelques exceptions comme le chou de Milan du système de référence ou la laitue, c'est le producteur de plants qui choisit la variété à cultiver : dans ces cas de figure, le créneau de livraison des plants importe plus que la variété à cultiver.

Tableau 7 : Matériel agricole utilisé sur l'essai SYSTM-0R

Catégorie	Nom du matériel	Caractéristiques
Polyvalent	Tracteur	68 ch
	Pulvérisateur à dos	électrique
Travail du sol	Canadien	<i>Préparation du lit de semence ; 2.00 à 2.50 m</i>
	Herse rotative	<i>Préparation du lit de semence ; 2.50 m, avec rouleau cage</i>
	Rotobêche	2.51 à 3.00 m
	Rotavator	<i>Préparation du lit de semence ; 3.00 m, à lames coudées, avec rouleau cage</i>
	Cultirateur	<i>Préparation du sol avant l'installation de planches ; 3.00 m, à lames droites, avec rouleau cage</i>
	Vibroculteur	<i>Travail superficiel ; 3.01 à 3.50 m, 4 rangées de dents</i>
Semis	Semoir à main	
	Rouleau à main	
Plantation	Dérouleuse à paillage	3.01 à 3.50 m
Plantation, désherbage, récolte	Toutilo	40 ch
Buttage	Butteuse	à dents, 2 rangs, écart 75 cm
Désherbage	Herse étrille	3.00 m, à dents
	Bineuse 4 rangs	3.00 m, à dents, 4 rangs, écart 30 cm
	Bineuse 2 rangs	
	Brûleur thermique	
	Robot Oz	
	Binette	
	Houe maraîchère	
Post-récolte	Broyeur de résidus	1.91 à 2.20 m
	Ecimeuse	
Récolte	Lame souleveuse	

Les densités de plantation et de semis sont les mêmes dans les deux systèmes de culture excepté pour les cultures de carotte et de haricot. La densité est 20% plus élevée dans les cultures de carotte du SBI afin d'anticiper les pertes liées au désherbage thermique, un levier physique de lutte contre les adventices pouvant légèrement endommager la culture.

## B) Matériel utilisé

Une vingtaine d'outils listés dans le tableau 7 est utilisé sur l'essai SYST'M-0R et permet d'implanter et d'entretenir les cultures. Les dimensions des parcelles ont été choisies pour faciliter le passage de ces outils. L'approche « système » de l'essai impose de regrouper certaines actions techniques dans le temps pour faciliter la conduite des systèmes de culture. L'irrigation, le passage d'un même outil agricole, les amendements et la fertilisation sont regroupées au maximum quand cela est possible. Les bords de parcelles et l'allée centrale de l'essai sont régulièrement nettoyés avec un gyrobroyeur ce qui limite l'implantation des adventices et leur propagation dans les parcelles expérimentales.

## C) Irrigation

L'essai est principalement irrigué par aspersion. L'irrigation par aspersion est gérée par bloc de cultures ce qui limite le déplacement des rampes et permet d'irriguer un maximum de légumes. Seules les cultures de courges et courgettes sont irriguées avec des gaines suintantes pour limiter les risques de certaines maladies fongiques comme le mildiou. L'eau d'irrigation est pompée dans une réserve collinaire de la Station. L'observation régulière de l'état des cultures et le suivi des prévisions pluviométriques grâce à la station météorologique connectée SENCROP permettent de savoir quand irriguer.

## D) Fertilisation

Les deux systèmes de culture suivent le programme de fertilisation disponible aux annexes VIII et IX. Chaque culture reçoit le même apport de compost à sa mise en place. Initialement à 10T/ha pour un seul bloc entre 2018 et 2020, l'apport de compost est désormais de 30T/ha et par bloc depuis 2021 après que le COPIL ait jugé la dose apportée insuffisante. Les cultures gourmandes en azote reçoivent en plus du compost un engrais complet 16-6-21. Pour les cultures sensibles à l'azote à des stades de développement clés (carotte, navet, choux), une mesure de la quantité d'azote minéral disponible dans le sol ou reliquat est réalisée en cours de culture et peut justifier un apport supplémentaire.

## E) Traitements phytosanitaires

Les produits phytosanitaires utilisés pour la saison culturale 2021-2022 sont répertoriés dans l'annexe X. Le stock de produits disponibles sur la Station Expérimentale est mis à jour chaque année en début de saison culturale avec une vérification des nouvelles interdictions ou dérogations. Les produits sont utilisés en très faible quantité sur les parcelles c'est pourquoi il est nécessaire d'utiliser une balance de précision et des seringues jetables de 2 à 5 mL pour le dosage des quantités avant application. L'ouvrier spécialisé réalise les traitements phytosanitaires à l'aide d'un Equipement de Protection Individuel (EPI) phytosanitaire et d'un pulvérisateur à dos électrique.



Figure 17 : Observation hebdomadaire des cultures d'échalote du SDR (à gauche) et du SBI (à droite)

(Crédits personnels)

Tableau 8 : Liste des pièges installés sur l'essai SYST'M-0R et des ravageurs ciblés

(Crédits personnels)

Ravageur ciblé	Type de piège		Nombre de pièges et localisation	Unité d'observation	Période d'activité du piège
<b>Mouche de la carotte</b> <i>Psila rosae</i>	Plaque jaune engluée		2 en bordure de parcelle	Nombre de mouches par piège	Avril - Juillet
<b>Mouche du chou</b> <i>Delia radicum</i>	Bandelette de feutrine		10 sur les collets de chou	Nombre d'œufs par feutrine	Juin - Février
<b>Teigne du poireau</b> <i>Acrolepiopsis assectella</i>	Piège delta à phéromones		1 en bordure de parcelle	Nombre de teignes par piège	Juillet - Février
<b>Mouche mineuse du poireau</b> <i>Phytomyza gymnostoma</i>	Pot de ciboulette		2 en dehors de la parcelle	Nombre de piqûres par feuille	Juillet - Février

## F) Paillage

Les cultures paillées systématiquement dans les 2 systèmes sont la courgette, l'échalote, la première série de laitue et le potimarron. Les paillages sont installés avec une dérouleuse mécanique entre les étapes de fertilisation des parcelles et de plantation ou de semis. Le paillage utilisé dans le SDR est systématiquement un paillage plastique en polyéthylène de 35 µm d'épaisseur et est retiré en fin de culture. Dans le SBI, le paillage est biodégradable et épais de 14 µm. Il est enfoui lors de la destruction des résidus de culture.

## III – Vie du projet

### A) Conduite des cultures

Chaque semaine, je réalise un tour d'observation des ravageurs et des maladies avec Maët Le Lan sur lequel se base l'activation des règles de décision par système de culture. Les observations sont notées sur des fiches spécifiques à chaque culture, dont un exemple est donné à l'annexe XI. Je prends également des photographies des cultures en place comme celles de la figure 17 pour suivre l'évolution de la culture et de la pression sanitaire.

Une réunion d'équipe s'ensuit et réunit généralement Maët Le Lan, Marie Cordonnier, Christophe Girard et moi-même. Je fais un rappel des règles de décision prévisionnelles et réalisées de la semaine précédente. Vérifier l'application des règles de décision est important pour valider leur faisabilité technique. Ces problèmes d'application (conditions météorologiques inadaptées, oubli, problème de gestion des tâches sur la station) doivent être identifiés car ils peuvent aussi être rencontrés chez un producteur. Nous feuilletons ensuite le livret des RDD pour chaque culture dans chaque système et je liste les nouvelles règles de décision à actionner pour la semaine dans un tableau prévisionnel dont un exemple est donné en annexe XII. Ce tableau est à disposition de l'équipe qui coche et date l'application des règles de décision au fur-et-à-mesure de la semaine. Pour le suivi de certains ravageurs ailés, des pièges sont installés sur l'essai (Tableau 8). Je les relève chaque semaine lors du tour d'observation.

### B) Les leviers actionnés à l'échelle du système à très bas intrants

#### i. Un levier majeur : le suivi hebdomadaire des cultures

Dans le cas du SBI, l'observation hebdomadaire des cultures est plus fine car elle constitue un levier en tant que tel lors des périodes critiques de développement des cultures ou de certains bioagresseurs. Cette observation passe notamment par le suivi de la disponibilité en azote dans le sol afin de gérer certains bioagresseurs. Pour les séries de haricot par exemple, une mesure des nitrates dans le sol avec un appareil Nitracheck est réalisée en cours de culture pour décider si un apport d'engrais est nécessaire. Une fertilisation raisonnée permet de gérer le risque de botrytis sur ces cultures. Pour les cultures de carottes d'été et d'hiver, l'observation de la levée des adventices après semis permet d'anticiper le désherbage par brûlage thermique.

#### ii. Les leviers activés pour la gestion des adventices

Comme présenté dans la carte mentale de la figure 15, de nombreux leviers alternatifs sont déployés pour lutter contre les adventices dans SBI. La lutte physique est très utilisée dans ce système que ce soit en amont, pendant ou après la mise en place des cultures. Des faux-semis avant le semis ou la plantation sont réalisés dès que possible pour diminuer le stock d'aventices présentes dans le sol.



Figure 18 : Culture de pommes de terre primeur avant et après passage de la bineuse 2 rangs

(Crédits personnels)

1. Sélection du système de culture et de la campagne culturale

3. Sélection de l'opération culturale à dupliquer/modifier

2. Sélection de la parcelle à compléter

4. Choix de la date et du type d'opération culturale

6. Ajout des produits et de la dose appliquée

5. Saisie du temps de travail en Ha/h

Exemple de fenêtre après saisie d'un traitement phytosanitaire

**Interventions - Système de référence / 2020 - 2021 / Ss-p. 5002 (Pomme de Terre Consommation, 0,0138462 ha) - SYSTERRE**

Date	Opération Culturale	P/R	PSQ	Cc	Produits
19/03/2020	5. Fertilisation organique	R	1		Pomme de Terr Urb. - Compost de déchets verts (10.000 t/ha)
02/04/2020	1. Canadien	R	1		Pomme de Terr
02/04/2020	1. Rotavator	R	1		Pomme de Terr
06/04/2020	1. Rotavator	R	1		Pomme de Terr
07/04/2020	2. Plantation	R	1		Pomme de Terr CHARLOTTE (4.800 kg/ha)
27/04/2020	4. Binage classique 2 rangs	R	1		Pomme de Terr
05/05/2020	4. Buttage	R	1		Pomme de Terr
05/05/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr CHALLENGE 600 (2.000 L/ha) + SENCORAL SC (0.300 kg/ha)
13/05/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr ACROBAT M DG (2.000 kg/ha)
22/05/2020	4. Buttage	R	1		Pomme de Terr
28/05/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr SUCCESS 4 (0.075 t/ha)
09/06/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr SUCCESS 4 (0.075 t/ha)
09/06/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr REVUS (0.600 kg/ha)
10/06/2020	5. Fertilisation minérale	R	1		Pomme de Terr Ammonitrate 33.5% (150.000 kg/ha)
18/06/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr ACROBAT M DG (2.000 kg/ha)
02/07/2020	5. Traitement phytosanitaire	R	1		Pomme de Terr REVUS (0.600 kg/ha)
29/07/2020	1. Gyrodroyeur	R	1		Pomme de Terr
15/10/2020	1. Rotobèche	R	1		ic
15/10/2020	1. Vibroculteur	R	1		ic
15/10/2020	2. Semis manuel	R	1		Avoine (générique) (100.000 kg/ha)

**Données Opération Culturale**

Opération culturale: 4. Buttage

Débit de chantier (ha/h): 0,083

Matériel(s): 1. Tracteur 68 cv, 2. Butteuse

Main d'oeuvre: Salarié

**Exemple de fenêtre après saisie d'un traitement phytosanitaire**

Intrant	Quantité	Unité	Détails
SENCORAL SC Herbicide	0,3	L/ha	
CHALLENGE 600 Herbicide	2	L/ha	

Figure 19 : Actions réalisées sur le logiciel SYSTERRE®

Une fois les cultures bien implantées, des binages comme ceux de la figure 18 sont faits pour désherber les adventices restantes. Après les récoltes, les résidus de culture sont broyés et laissés sur place. S'il n'y a plus de nouvelle culture, un couvert végétal est implanté pour ne jamais laisser le sol à nu. Les périodes d'implantation des couverts sont notées sur le schéma de rotation culturale du SBI disponible à l'annexe III.

### C) Notation des écarts entre les itinéraires techniques prévus et réalisés

Pour chaque culture et série si elle en comporte, une comparaison entre les itinéraires prévus et réalisés et une évaluation de cet écart est faite par le pilote. L'évaluation de l'écart (pas d'écart, écart mineur, écart majeur) découle du ressenti du pilote et des commentaires qu'il a pu noter tout au long de la culture.

## IV – Caractérisation d'indicateurs suivis par système de culture

### A) Présentation de l'outil SYSTERRE® pour la traçabilité et le calcul de plusieurs indicateurs

L'évaluation d'une multitude d'indicateurs reliés à plusieurs critères est complexe mais peut être simplifiée en utilisant des outils d'évaluation synthétique comme SYSTERRE® dont un aperçu est présenté à la figure 19. C'est un logiciel répandu en systèmes de grandes cultures et de plus en plus utilisé en maraîchage qui agrège différents indicateurs économiques, techniques et environnementaux reconnus par la communauté scientifique. Tous ces indicateurs potentiellement calculables par SYSTERRE® ne seront pas développés ici car certains sont plus adaptés aux systèmes de grandes cultures qu'aux systèmes légumiers. Les intrants utilisés, les opérations culturales réalisées et les temps de travaux mesurés sont rassemblés et saisis sur le logiciel et servent de base au calcul des indicateurs. Les intrants phytosanitaires sont répertoriés dans une base de données mise à jour par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation qui indique pour chaque produit le nom commercial et la dose homologuée. Il suffit pour l'utilisateur du logiciel de retrouver le produit phytosanitaire dans la base de données et d'indiquer la dose appliquée sur l'essai.

### B) Critères et indicateurs étudiés

Les indicateurs présentés ci-contre renseignent trois critères : l'utilisation des produits phytosanitaires, la faisabilité technique et la performance économique. Les indicateurs s'appuient sur les données des trois premières campagnes culturales du projet : 2018-2019, 2019-2020 et 2020-2021. L'année 2021-2022 n'est pas prise en compte car elle ne se terminera qu'en mars 2022 avec les dernières récoltes de légumes d'hiver.

#### i. Utilisation des produits phytosanitaires

##### 1. Indice de Fréquence de Traitements phytosanitaires (IFT)

A partir de l'enregistrement des applications phytosanitaires, SYSTERRE® calcule pour chaque culture l'IFT total et l'IFT hors biocontrôle. Les IFT n'ont pas d'unité et sont calculés à partir de la formule ci-dessous. Les graines traitées de l'essai ont un IFT initial de 1.

$$\text{IFT} = \frac{\text{Dose appliquée}}{\text{Dose homologuée}} * \frac{\text{Surface traitée}}{\text{Surface totale}}$$

Tableau 9 : Liste annuelle des cultures ayant une analyse résiduelle

<b>Année de l'analyse résiduelle</b>	<b>Cultures analysées</b>
2020	Betterave, Carotte hiver, Chou de Milan hiver, Haricot, Laitue
2019	Betterave, Carotte hiver, Chou-Fleur automne, Haricot, Laitue
2018	<i>Analyses non réalisées car absence de partenariat avec un laboratoire</i>

## 2. Quantité de résidus phytosanitaires

Pour répondre à l'objectif de production de légumes « zéro résidus », des tests résiduels pour différentes substances actives sont réalisées chaque année sur 5 cultures. Les tests annuels ne sont pas réalisés sur l'ensemble de la gamme légumière en raison de leurs coûts élevés mais seulement sur 5 cultures. Les cultures déjà analysées sont listées dans le tableau 9. Les échantillons destinés à l'analyse sont prélevés à la récolte dans chaque système de culture et pèsent environ 1 kg. Ils sont congelés pour être ensuite envoyés en lot au laboratoire d'analyse de contaminants GIRPA à Beaucozé (49). L'envoi est réalisé au mois de janvier, en fin de campagne culturale. Les substances actives recherchées au laboratoire d'analyses sont les mêmes pour toutes les cultures. Le laboratoire d'analyses renvoie les teneurs détectées pour chaque substance active et liste les substances dont la teneur est supérieure à la limite de quantification. Un exemple de fiche d'analyse résiduelle est disponible à l'annexe XIII.

### ii. Faisabilité technique : temps de travail hors récolte

En dehors de l'irrigation et de la récolte, chaque action réalisée sur chaque système de culture est chronométrée. Pour les actions nécessitant deux personnes (plantation, buttage et récolte), les opérations sont réalisées conjointement sur la même parcelle afin d'homogénéiser le temps de travail et la manière de faire. Cela permet d'atténuer l'effet pilote. L'enregistrement des temps de travaux doit être rigoureux car l'essai porte sur des parcelles de petite taille (de 25 à 138 m<sup>2</sup>) et car une conversion du temps à l'hectare est nécessaire par la suite. Une saisie imprécise engendrerait des temps de travaux à l'hectare très éloignés de la réalité. Les temps de travaux associés au passage des outils agricoles ne prennent pas en compte les temps d'attelage et de dételage des outils qui varient de 5 à 7 minutes. Ces temps sont exclus car ils ne sont pas représentatifs des pratiques d'un maraîcher qui attèle un outil pour des surfaces plus grandes que des parcelles expérimentales. Par soucis de représentativité, les temps de récolte ne sont pas non plus enregistrés.

Pour être ajoutés sur SYSTERRE®, les temps de travaux doivent être convertis en Ha/h bien que cette unité soit peu parlante pour les maraîchers qui utilisent plutôt l'h/Ha. Après une première conversion de la surface en hectare, la conversion finale se fait à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Débit de travail (Ha/h)} = 60 \times \frac{\text{Surface (Ha)}}{\text{Temps de travail (min)}}$$

Un tableur Excel de conversion des temps de travaux créé par l'équipe de la Station est disponible pour chaque culture de l'essai afin de faciliter la saisie des données sur SYSTERRE®. Le logiciel calcule ensuite le temps de travail mensuel par mode de conduite. Il est donc possible de connaître la répartition annuelle du temps de travail par mode de conduite et par système de culture.

## V – Traitement économique des indicateurs pour comparer la performance économique

### A) Calcul du chiffre d'affaires à partir des rendements

Le chiffre d'affaires est le produit du rendement et du prix de vente. Des référentiels de prix hebdomadaires sont récupérés par culture pour la période 2018-2021 sur le site internet du Réseau des Nouvelles des Marchés développé par FranceAgriMer et accessible via le lien <https://rnm.franceagrimer.fr/prix>. Ce site répertorie les prix des produits alimentaires vendus dans les Marchés d'Intérêt National (MIN) français.

Année	Date récolte	Culture	Modalité	Quantité moy_essai (kg/m <sup>2</sup> ou pièce/m <sup>2</sup> )	Quantité convertie (kg ou pièce/h)	Date MIN	Prix moyen HT MIN (€/kg ou €/pièce)	Réf MIN	Chiffre d'affaires (€/ha)
2018-2019	18/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.16	1621.6931	14/06/2018	1.96	France : fruits et légumes bio - grossistes (cours Grossistes), courgette verte France biologique	3178.5185
2018-2019	20/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.16	1574.6032	14/06/2018	1.96		3086.2222
2018-2019	22/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.45	4461.6402	21/06/2018	1.63		7272.4735
2018-2019	25/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.32	3166.6667	21/06/2018	1.63		5161.6667
2018-2019	27/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.25	2502.6455	21/06/2018	1.63		4079.3122
2018-2019	29/06/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.40	3952.381	28/06/2018	1.52		6007.619
2018-2019	02/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.38	3849.2063	28/06/2018	1.52		5850.7937
2018-2019	04/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.34	3383.5979	28/06/2018	1.52		5143.0688
2018-2019	06/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.33	3284.3915	05/07/2018	1.43		4696.6799
2018-2019	09/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.57	5724.8677	05/07/2018	1.43		8186.5608
2018-2019	11/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.27	2705.0265	05/07/2018	1.43		3868.1878
2018-2019	13/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.16	1551.5873	12/07/2018	1.3		2017.0635
2018-2019	16/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.42	4234.127	12/07/2018	1.3		5504.3651
2018-2019	18/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.13	1288.3598	12/07/2018	1.3		1674.8677
2018-2019	20/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.21	2054.2328	19/07/2018	1.27		2608.8757
2018-2019	23/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.30	2976.1905	19/07/2018	1.27		3779.7619
2018-2019	25/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.31	3136.2434	19/07/2018	1.27		3983.0291
2018-2019	27/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.38	3781.746	26/07/2018	1.24		4689.3651
2018-2019	30/07/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.32	3234.127	26/07/2018	1.24		4010.3175
2018-2019	01/08/2018	Courgette S1	Bas intrants	0.16	1578.0423	26/07/2018	1.24		1956.7725

Figure 20 : Capture d'écran du tableau Excel calculant le chiffre d'affaires par récolte

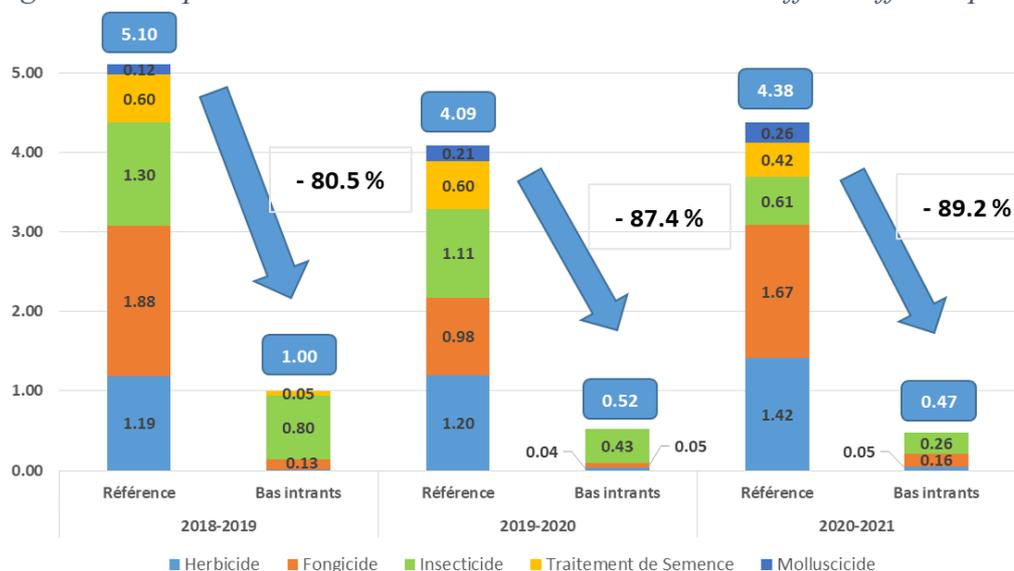


Figure 21 : IFT hors biocontrôle par système de culture sur les 3 saisons culturales

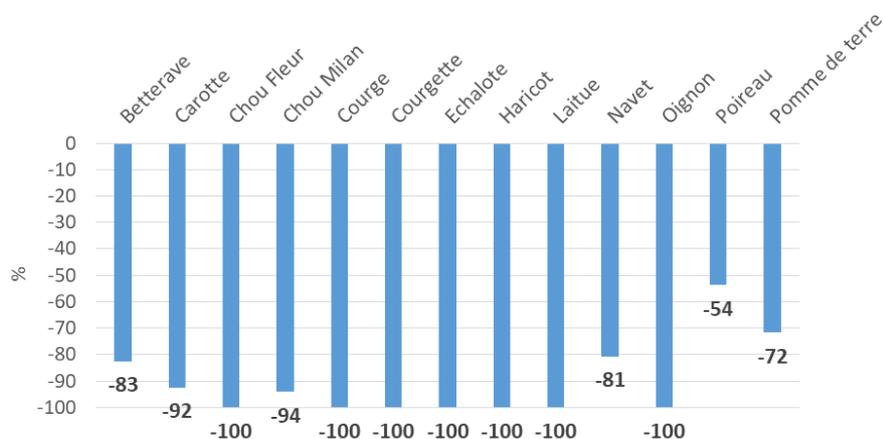


Figure 22 : Réduction moyenne de l'IFT hors biocontrôle du SBI par rapport au SDR

Soit une culture parmi les 24 mises en place dans chaque système de culture. Le rendement obtenu à chaque récolte de cette culture est initialement exprimé en unité de récolte (botte, pièce ou kg) par m<sup>2</sup> de système de culture et est intégré dans un tableau Excel dont un extrait est disponible à la figure 20. Le rendement est converti à l'hectare puis est multiplié par le prix des MIN dont la date coïncide avec la date de récolte afin d'obtenir un chiffre d'affaire par récolte. S'il y a plusieurs récoltes par plant, les chiffres d'affaires par récolte sont additionnés. Le chiffre résultant est ensuite pondéré selon la surface occupée par la culture dans le système afin d'être exprimé en €/ha de système de culture. La somme des chiffres d'affaires pondérés des 24 cultures permet d'obtenir le chiffre d'affaires par système de culture.

#### B) Calcul du coût de la main d'œuvre hors récolte

Le coût de la main d'œuvre hors récolte est calculé en multipliant les temps de travaux hors récolte enregistrés sur SYSTERRE® par le coût horaire de la main d'œuvre. Le coût horaire de la main d'œuvre est ici fixé à 14,55€ et correspond au SMIC horaire brut au 1<sup>er</sup> janvier 2021 auquel s'ajoute 42% de charges patronales (Emploi et nous, 2019).

#### C) Calcul de la différence du coût en intrants entre les systèmes de culture

Dans sa définition large, un intrant est un produit nécessaire au fonctionnement de l'exploitation agricole mais acheté à l'extérieur de l'exploitation. Les intrants qui nous intéressent ici sont ceux qui diffèrent entre les deux systèmes de culture car ils reflètent l'application des règles de décision spécifiques à chaque système. Les intrants identifiés et participant au calcul sont les produits phytosanitaires, les semences et les plants, les filets et les paillages, le carburant consommé ainsi que les outils agricoles utilisés exclusivement dans un des deux systèmes.

Pour calculer la différence du coût en intrants, un tableau des intrants différenciant les deux systèmes de culture est établi et renseigne la quantité utilisée de chaque intrant pour 1 hectare de système de culture. Les prix des intrants sont récupérés si possible dans les factures d'achat archivées. Si ces éléments ne sont pas disponibles, pour du matériel agricole ancien par exemple, des hypothèses sont faites à partir des prix d'achat disponibles à la Coopérative d'Approvisionnement des Maraîchers Nantais (CAMN) où une partie des intrants de la Station est achetée. Les coûts en carburant sont calculés à partir de la consommation en carburant renvoyée par SYSTERRE® et en fixant le prix du Gazole Non Routier à 0.60€/L. L'ensemble des dépenses par système de culture est sommé pour ensuite obtenir la différence de coût.

## Partie 4 - Résultats et interprétations

### I - Indice de Fréquence des Traitements Phytosanitaires (IFT)

L'objectif de réduction de l'IFT (hors produit de biocontrôle) de -50 à -100% à l'échelle du système de culture et fixé lors de la création du projet est atteint sur les 3 premières saisons culturales comme le montre la figure 21. Hors biocontrôle, l'IFT est réduit de 80 à 89% selon les années dans le SBI par rapport au SDR. Dans le SBI, 7 des 13 légumes cultivés ont même une réduction de 100% de l'IFT hors biocontrôle par rapport au SDR sur les 3 saisons culturales (Figure 22).

D'après la figure 21, la diminution de l'IFT hors biocontrôle s'explique surtout par une forte réduction des herbicides qui ont été remplacés par une gestion mécanique des adventices dans le SBI. Cette gestion mécanique repose sur des faux-semis et des binages dès que le temps et que le stade des cultures le permettent, du désherbage thermique et du désherbage manuel.

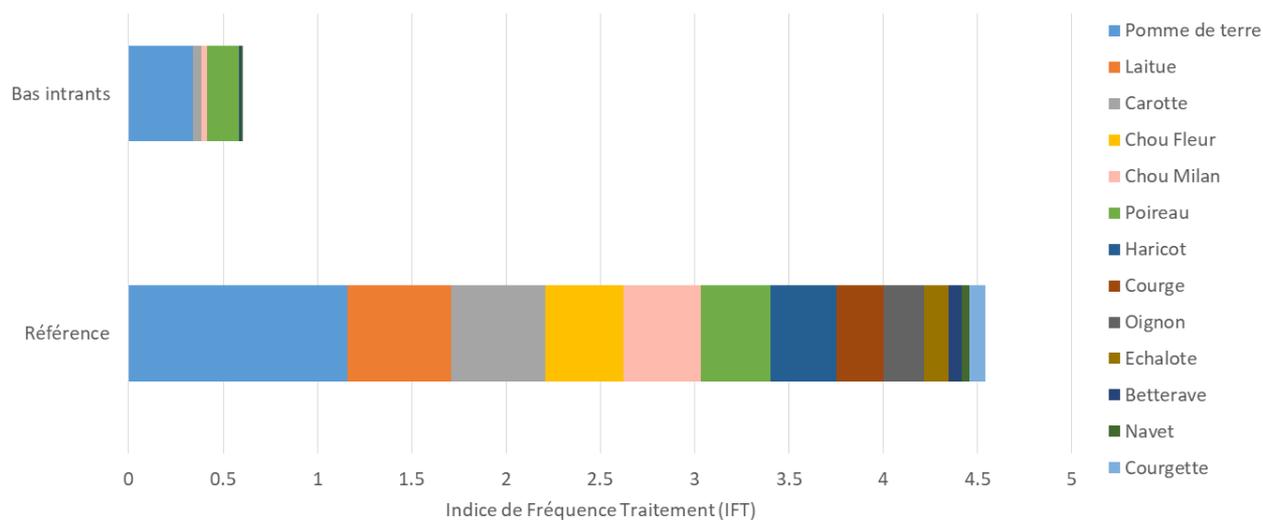


Figure 23 : Part moyenne de chaque légume dans l'IFT hors biocontrôle sur les 3 saisons culturales

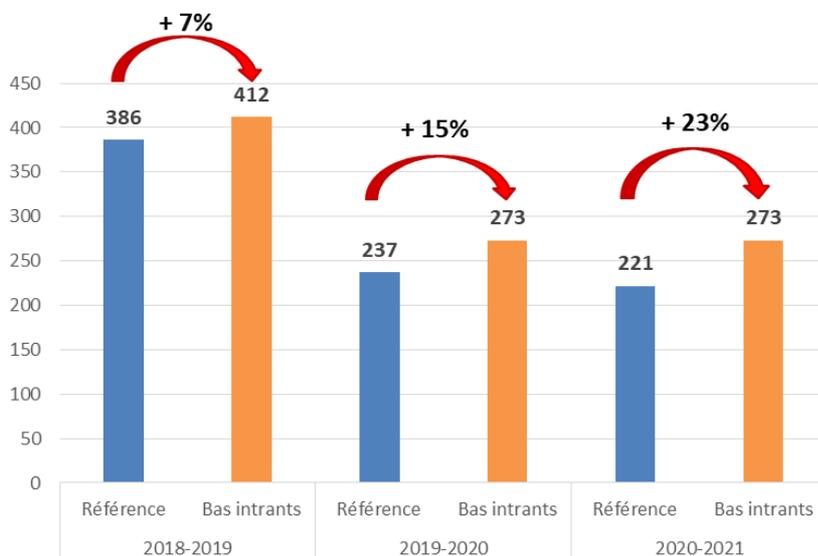


Figure 24 : Evolution du temps de travail (hors récolte) par système sur les 3 saisons culturales

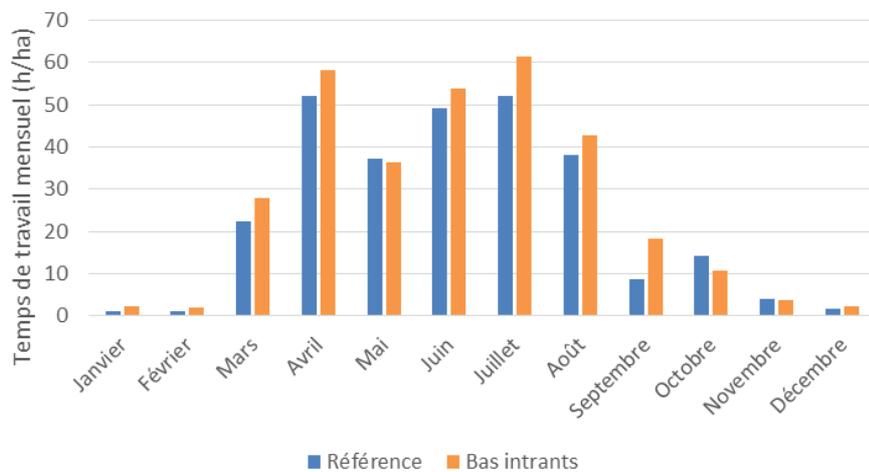


Figure 25 : Répartition moyenne du temps de travail à l'année sur les 3 saisons culturales

La réduction est également due à la substitution de certains produits de synthèse par des produits de biocontrôle qui ne sont pas comptabilisés dans le calcul de cet IFT : 100% des molluscicides de synthèse ont été remplacés par un unique molluscicide de biocontrôle et 92% des fongicides de synthèse ont été substitués en moyenne par du biocontrôle sur les 3 saisons culturales.

La figure 23 présente la contribution moyenne de chaque légume à l'IFT hors biocontrôle sur les 3 saisons et pour chaque système de culture. Dans le système à très bas intrants, seuls 5 légumes participent en moyenne à l'IFT hors biocontrôle. A l'inverse, tous les légumes cultivés dans le SDR contribuent à l'IFT hors biocontrôle du système car ce système de culture privilégie l'utilisation de plants et de semences traités quand cela est possible et car un traitement herbicide est appliqué systématiquement sur 11 légumes juste après la plantation ou le semis.

La pomme de terre est la production contribuant le plus à l'IFT hors biocontrôle des deux systèmes de culture et ceci quelque soit la saison culturale. La contribution à l'IFT est élevée car la surface cultivée en pomme de terre est l'une des plus importantes à l'échelle du système de culture (17% de la surface développée dans chaque système) et car les attaques de mildiou et de doryphore survenues chaque année ont été suffisamment importantes pour déclencher des traitements. Ces attaques expliquent par ailleurs pourquoi l'IFT est plus difficilement réductible dans le SBI : Comme vu précédemment sur la figure 22, l'objectif de -50% est bien atteint en moyenne sur les 3 saisons culturales mais la pomme de terre est la seconde production avec la plus petite réduction d'IFT. De la même manière, le poireau est le premier légume contribuant à l'IFT hors biocontrôle du SBI et dont la réduction moyenne d'IFT par rapport au SDR est la plus faible. Sur ce légume, la présence récurrente de bioagresseurs (mineuse du poireau, teigne et thrips) à des seuils suffisamment élevés engendre l'application d'insecticides de synthèse.

## II - Temps de travaux

Quelque soit le système de culture, les temps de travaux annuels observés en 2018-2019 sont plus élevés qu'en 2019-2020 et 2020-2021 (Figure 24) : Dans le SDR, le temps de travail de 2018-2019 est 68% plus élevé que le temps de travail moyen observé sur 2019-2020 et 2020-2021. Dans le SBI, ce temps de travail est 50% plus important. Comme pour les chiffres d'affaires annuels, la saison 2018-2019 se distingue des saisons 2019-2020 et 2020-2021.

La première saison culturale était une saison de mise en route du projet durant laquelle certains temps de travaux ont été surestimés. Par exemple, les règles de décision déclenchant un désherbage manuel ne spécifiaient pas de temps limite alloué à cette action, ce qui a poussé à désherber plus que nécessaire et à fixer une limite de temps pour les saisons suivantes.

Pour les 3 saisons culturales, les temps de travaux annuels sont supérieurs dans le SBI et cet écart entre les deux systèmes varie fortement, entre 7 et 23% (Figure 24). Les écarts de 15% et de 23% obtenus en 2019-2020 et 2020-2021 sont très importants et posent question quant à leur acceptation par un maraîcher désireux de réduire fortement ses traitements phytosanitaires mais ayant déjà une forte charge de travail.

La figure 25 indique la répartition moyenne du temps de travail à l'année pour les 3 saisons culturales. La répartition est similaire entre les deux systèmes de culture avec une période creuse de novembre à février et une période d'avril à août où la charge de travail est plus conséquente. Les mois de mars, de septembre et d'octobre constituent dans chaque système des mois de transition entre ces deux périodes.

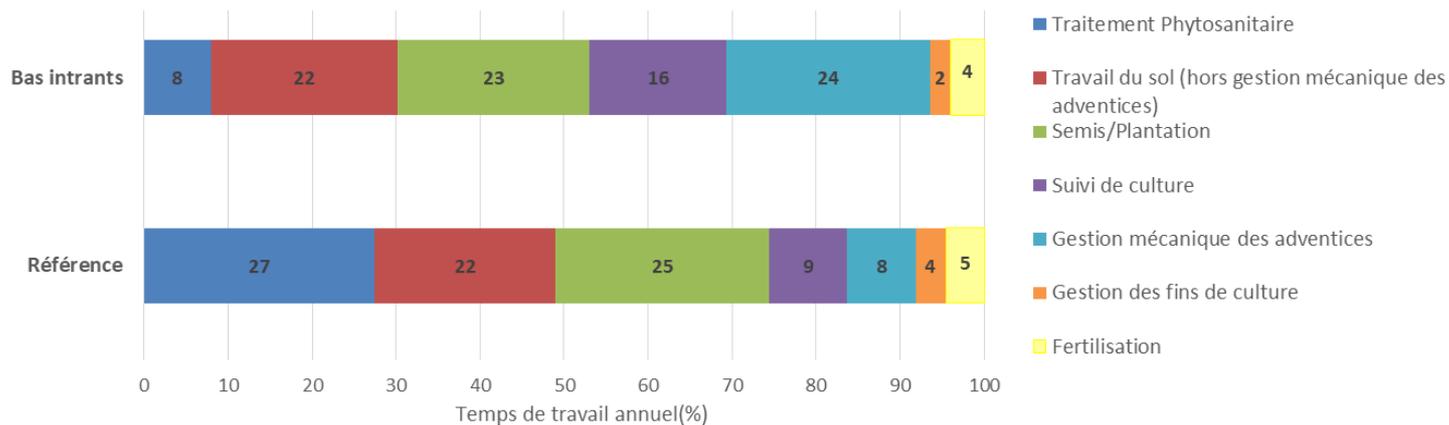


Figure 26 : Répartition moyenne du temps de travail par type d'intervention sur les 3 saisons culturales

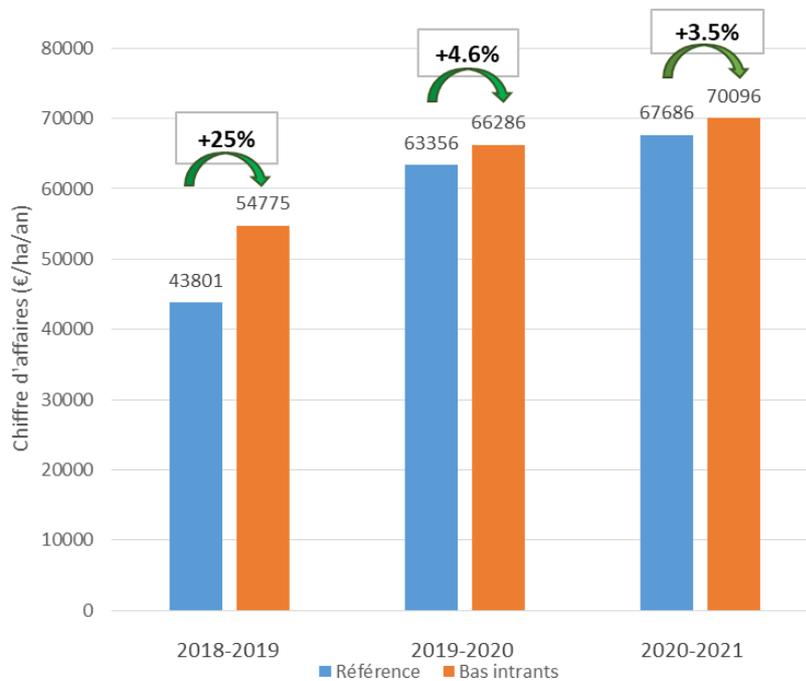


Figure 27 : Chiffre d'affaires annuel par système de culture

La période chargée est due à l'implantation progressive des cultures débutant en mars et se terminant en août avec un pic de cultures en place en juillet (18 cultures sur les 24 comptabilisées à l'année) ainsi qu'à la gestion des bioagresseurs. Nous constatons que l'excès de charge de travail dans le SBI est réparti de manière équilibrée sur 6 mois de l'année mais que ces mois se situent surtout en période chargée. La question d'employer une personne supplémentaire sur l'exploitation pendant la période chargée se pose si un maraîcher opte pour un système de culture à très bas intrants similaire à celui de l'essai.

Une autre différence entre les systèmes est la répartition du temps de travail par type d'opération culturale présentée dans la figure 26. Parmi les 7 catégories de travaux identifiées, 4 ont un poids similaire dans le temps de travail annuel des deux systèmes car elles sont nécessaires à la mise en place et à la destruction des cultures gérées de manière équivalente dans les deux systèmes : Ce sont les interventions de travail du sol pour l'implantation des cultures, de semis et de plantation, de fertilisation et de gestion des résidus de cultures.

Les temps alloués aux traitements phytosanitaires, à la gestion mécanique des adventices et au suivi de culture n'ont pas le même poids dans les deux systèmes car ils dépendent de stratégies de lutte contre les bioagresseurs propres à chaque système. En effet, les traitements phytosanitaires sont le premier poste en temps de travail alloué dans le SDR et représentent 27% du temps de travail annuel en moyenne sur les 3 saisons. A l'inverse, ils ne sont que le cinquième poste du SBI avec une moyenne de 8%. Dans le SBI, c'est la gestion mécanique des adventices (binage, passage de doigts Kress, désherbage manuel et désherbage thermique) qui nécessite le plus de temps (24% du temps de travail annuel moyen) alors que ce poste est en cinquième place dans le SDR avec 8%. Le suivi de culture est l'autre poste différenciant entre les systèmes : Sa part dans le temps de travail annuel est quasiment doublée dans le SBI avec 16% contre 9% dans le SDR. C'est un levier clé du SBI qui pèse fortement dans l'écart de temps de travail entre les deux systèmes (26 heures supplémentaires dans le SBI sur une saison culturale).

### **III – Comparaison de la performance économique**

#### **A) Calcul du chiffre d'affaires**

Les chiffres d'affaires présentés par la suite ont été obtenus en supposant que la totalité des légumes commercialisables récoltés était vendue. Cette situation, bien que théorique et surestimée, nous permet d'apprécier le potentiel des deux systèmes de culture. Dans cette partie, nous comparerons d'abord les chiffres d'affaires des deux systèmes sur les 3 saisons culturales, nous regarderons ensuite quelles productions réussissent le mieux dans chaque système et quelle est la contribution de chaque légume dans le chiffre d'affaires.

##### **i. Pas d'effet « année » sur le chiffre d'affaire des systèmes de culture**

Quelque soit la saison culturale, le chiffre d'affaires du SBI est plus élevé que celui du SDR (Figure 27) : +25% (+10 900€/ha) en 2018-2019, +4.6% (+2900€/ha) en 2019-2020 et +3.5% (+2400€/ha) en 2020-2021. Pour 2018-2019, le chiffre d'affaires obtenu dans chaque système de culture est cependant moins élevé que celui des 2 autres saisons culturales car l'implantation des cultures ne s'est pas faite dans des conditions optimales : La réponse tardive de l'appel à projet a décalé les dates l'implantation des premières cultures et les conditions de travail du sol compliquées à la suite d'un hiver humide ont rendu la parcelle longtemps impraticable et ont impacté la levée des cultures semées. De plus, la maîtrise des traitements phytosanitaires dans ces conditions humides n'était pas optimale ce qui a provoqué des cas de phytotoxicité sur plusieurs cultures (navet, betterave, carotte). Tous ces éléments ont participé à la baisse des rendements ce qui a engendré un chiffre d'affaires moindre dans les deux systèmes.

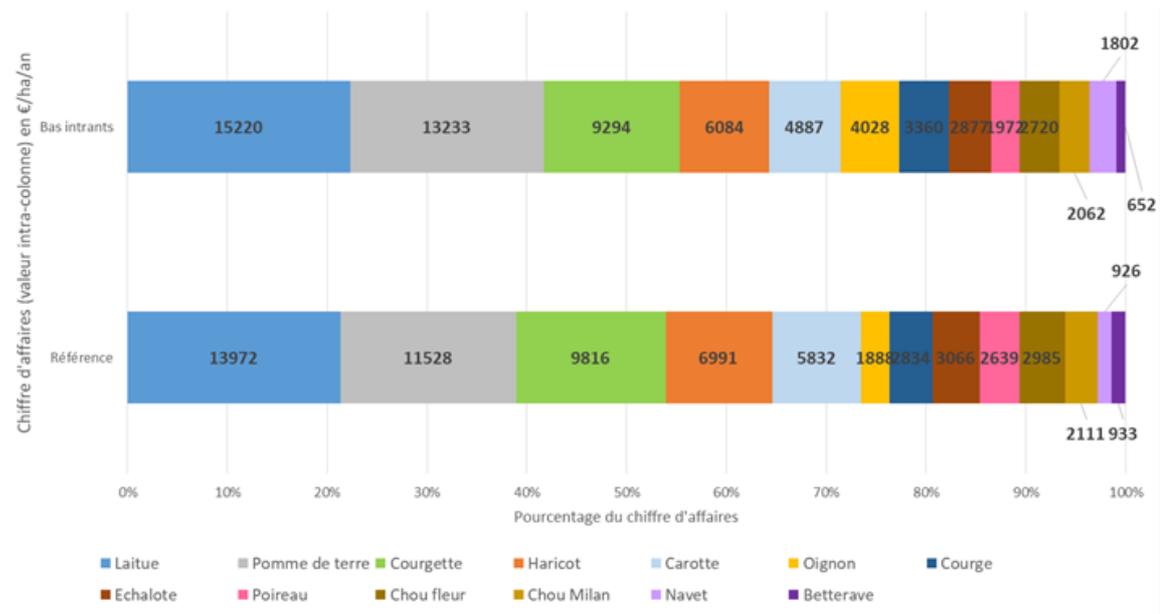


Figure 28 : Répartition moyenne du chiffre d'affaires par légume sur 2019-2020 et 2020-2021

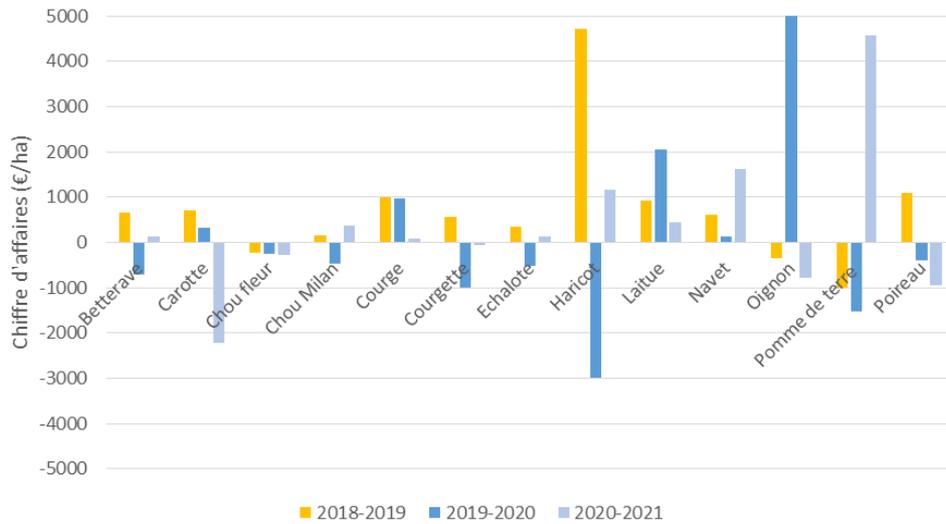


Figure 29 : Écart des chiffres d'affaires par légume sur les 3 saisons culturales

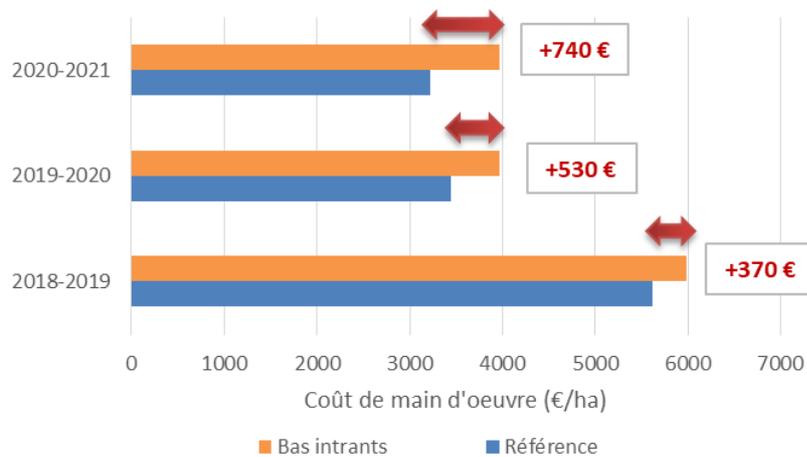


Figure 30 : Coût de la main d'œuvre hors-récolte par système sur les 3 saisons culturales

## ii. Un nombre réduit de légumes responsable du chiffre d'affaires

Les chiffres d'affaires des saisons culturales 2019-2020 et 2020-2021 sont du même ordre de grandeur. En regardant la contribution de chaque légume au chiffre d'affaires moyen pour ces 2 saisons (Figure 28), nous constatons que la répartition du chiffre d'affaires par légume est similaire entre les systèmes de culture. 5 légumes participent majoritairement au chiffre d'affaires des deux systèmes : La laitue, la pomme de terre, la courgette, le haricot et la carotte. La réalisation du chiffre d'affaires annuel dépend de la réussite de ces productions car elles constituent à elles seules 73% du chiffre d'affaires du système de référence et 71% du chiffre d'affaires du SBI. Les 7 légumes restants ont une part similaire et minime dans les deux systèmes de culture. Leur réussite impacte moins le chiffre d'affaires mais leur présence est importante pour diversifier la gamme de production lors des ventes.

## iii. Les cultures réussies varient d'une saison culturale à l'autre

Même si le chiffre d'affaires est supérieur dans le SBI chaque année, ce surplus est toujours dû à des cultures différentes. Les données représentées dans la figure 29 sont issues de la soustraction du chiffre d'affaire du SBI par celui du SDR. Cette soustraction sera par la suite appelée « écart des chiffres d'affaires ». Sur ce graphique, nous constatons que la courge, la laitue et le navet sont les 3 seuls légumes dont le chiffre d'affaires est supérieur en SBI sur les 3 saisons culturales. A l'inverse, le chou-fleur est le seul légume dont le chiffre d'affaires est supérieur en SDR sur toutes les saisons. Pour les 9 légumes restants, la meilleure réussite des cultures dans le SBI par rapport au SDR varie selon les années.

Ces chiffres d'affaires peuvent être très variables, à l'image du haricot et de l'oignon qui sont les légumes avec les écarts des chiffres d'affaires les plus importants sur les 3 saisons culturales : L'écart des chiffres d'affaires du haricot passe de +4700€/ha en 2018-2019 à -2900€/ha en 2019-2020 puis à +1200€/ha en 2020-2021. Pour l'oignon, l'écart élevé des chiffres d'affaires en 2019-2020 (+5100€/ha) est dû à la destruction de la culture dans le SDR où les adventices ont proliféré et « étouffé » la culture malgré l'application de plusieurs herbicides. Ainsi, même si la réussite des cultures varie fortement d'une année à l'autre, les cultures moins bonnes sont compensées par les cultures réussies à l'échelle du système ce qui permet d'obtenir un chiffre d'affaires stable en 2019-2020 et 2020-2021.

## B) Calcul du coût de la main d'œuvre

Le coût de la main d'œuvre hors récolte découle des temps de travaux annuels c'est pourquoi les pourcentages d'écart entre les 2 systèmes visibles sur la figure 30 sont les mêmes (7% de coût de main d'œuvre supplémentaire dans le système à très bas intrants en 2018-2019, 15% en 2019-2020 et 23% en 2020-2021). Les coûts de main d'œuvre sont plus élevés pour les deux systèmes de cultures en 2018-2019 du fait des temps de travaux supérieurs observés pour cette saison. Pour les 3 saisons culturales, le coût supplémentaire dans le SBI est en moyenne de 550€/ha. Bien qu'existant, ce coût est trop faible et étalé sur l'année (comme vu dans l'analyse des temps de travaux) pour envisager l'embauche d'une personne supplémentaire sur l'exploitation comme suggéré précédemment.

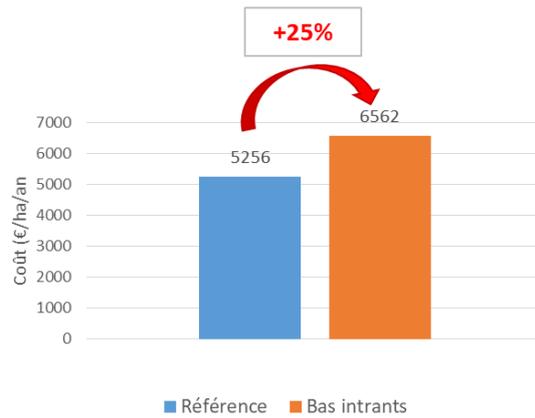


Figure 31 : Coût moyen des intrants différent entre les systèmes sur les 3 saisons culturales

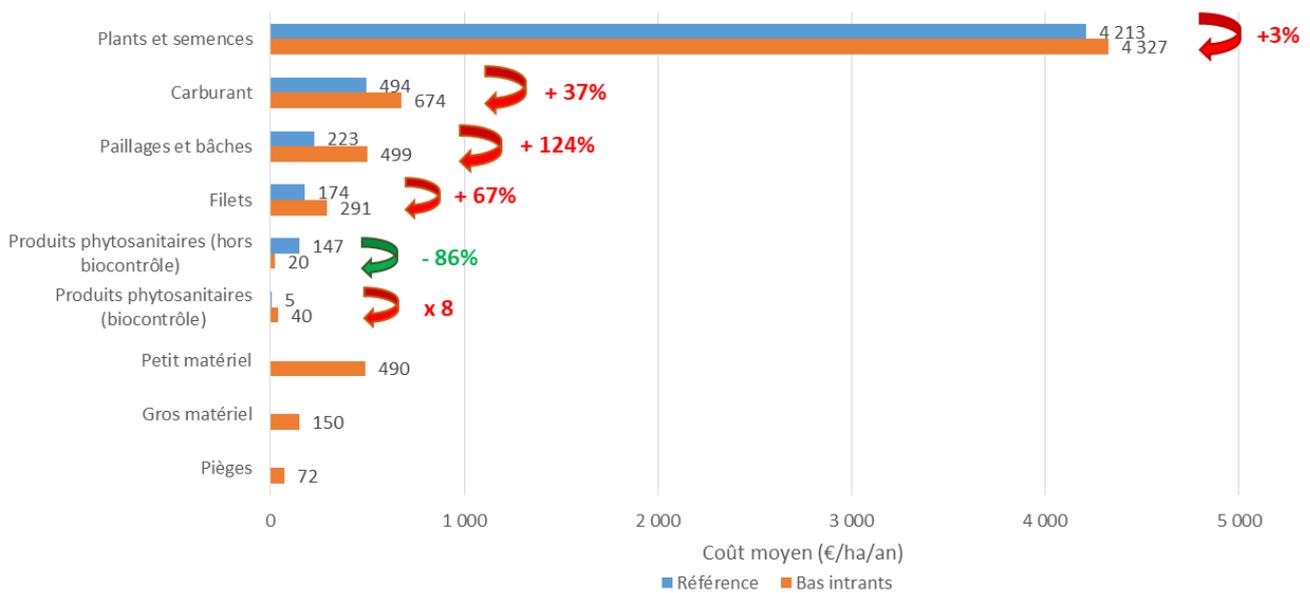


Figure 32 : Coûts moyens des intrants différent entre les deux systèmes par catégorie sur les 3 saisons culturales

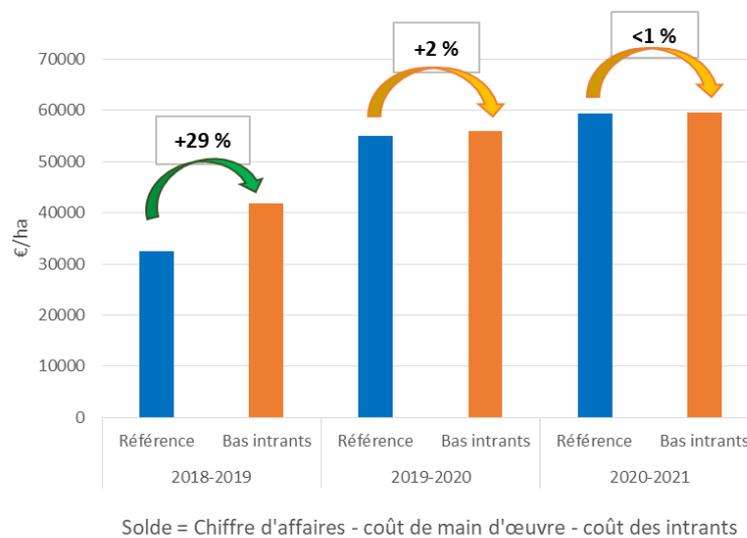


Figure 33 : Solde « produit-charges » par système sur les 3 saisons culturales

### C) Calcul de la différence du coût en intrants entre les systèmes de culture

Le coût des intrants qui diffèrent entre les deux systèmes de culture est en moyenne 25% plus élevé dans le SBI (Figure 31). Seuls les coûts de plants et de semences, de produits phytosanitaires (hors biocontrôle et biocontrôle) et de carburant changent d'une année à l'autre dans chaque système. Les plants et les semences, le carburant, les paillages et les bâches sont les intrants différenciant les deux systèmes les plus coûteux dans chaque système, le coût lié aux plants et aux semences étant toutefois majoritaire (Figure 32). Un autre poste de dépense important mais uniquement présent dans le SBI concerne le matériel lié aux leviers de réduction des produits phytosanitaires (désherbeur thermique manuel et doigts Kress). Les pièges sont également seulement présents dans le SBI mais représentent un coût supplémentaire minime. Sur les 3 saisons culturales, les coûts liés aux plants et semences, au carburant, aux paillages, aux bâches, aux filets et aux produits de biocontrôle sont supérieurs dans le SBI. Le coût lié aux paillages et aux bâches augmente de 250€/ha dans le SBI car les paillages biodégradables sont plus coûteux que les paillages plastiques classiques et sont plus fréquemment utilisés pour éviter les adventices. De la même manière, les filets sont davantage utilisés en SBI pour gérer certains ravageurs. Le coût lié aux produits phytosanitaires est le seul coût diminuant fortement dans le SBI. Par rapport au SDR, ce coût diminue de 86% hors produit de biocontrôle et de 60% tous produits phytosanitaires confondus. Concernant les plants et les semences, la différence de coût de 3% entre les deux systèmes est due à l'utilisation de variétés différentes pour certaines cultures, aux re-semis éventuels, au traitement ou non des plants et des semences contre certaines maladies et à la différence de densité de plantation pour quelques cultures.

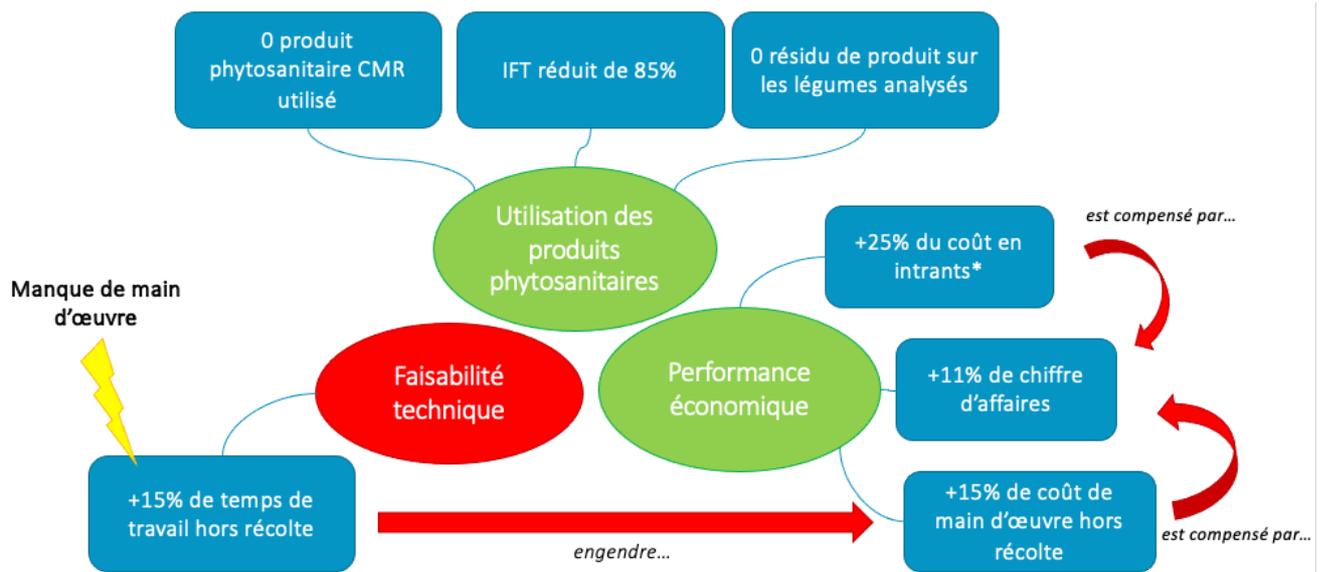
### D) Bilan économique

Nous avons précédemment calculé le chiffre d'affaires, le coût de main d'œuvre hors récolte et le coût en intrants différenciant les deux systèmes pour chaque système de culture sur les 3 saisons culturales. Pour lier ces trois indicateurs ensemble, un solde "produit-charges" est calculé en soustrayant le chiffre d'affaires par les deux coûts. D'après la figure 33, le solde "produit-charges" des deux systèmes de culture est moins élevé en 2018-2019 par rapport aux deux autres saisons car les chiffres d'affaires des systèmes étaient inférieurs pour cette saison culturale. Le solde de chaque système de culture augmente au cours des saisons culturales en adéquation avec l'accroissement des chiffres d'affaires (+ de 40% de progression du solde entre 2018-2019 et 2020-2021 quelque soit le système de culture). Les systèmes de cultures ont des soldes équivalents pour les saisons culturales 2019-2020 et 2020-2021 car les coûts de main d'œuvre augmentent dans le SBI et le chiffre d'affaires des deux systèmes de culture sont du même ordre de grandeur. D'un point de vue économique, le SBI est au moins aussi performant que le SDR sur les 3 saisons culturales. L'accroissement du chiffre d'affaires au cours des saisons culturales dans le SBI permet de compenser les coûts en intrants et en main d'œuvre plus élevés par rapport au SDR.

## Partie 5 – Discussion

### I – Discussion autour de l'expérimentation « système »

Le projet SYST'M-0R repose sur une expérimentation « système » composée de répétitions temporelles mais ne comprend pas de répétitions spatiales pour des raisons de surface, de coûts et de charges de travail. L'absence de répétitions spatiales des systèmes de culture limite l'analyse statistique des résultats. Cependant, les répétitions temporelles de SYST'M-0R ont l'avantage d'intégrer l'ensemble des cultures de la rotation à chaque saison culturale ce qui permet de tester la robustesse des règles de décision face aux variations climatiques et biotiques.



### Légende

 Indicateur

Appréciation du critère comparé au système de référence

 Bonne

 Moyenne

 Problématique

\* : Intrants différant entre les deux systèmes de culture

Figure 34 : Schéma-bilan de l'évaluation multicritère du SBI après 3 saisons culturales

## II – S’approcher davantage de la réalité des producteurs : Discussion autour des indicateurs et de l’analyse économique

Les temps associés à la récolte n’ont pas été intégrés au temps de travail global car ils ne sont pas représentatifs des pratiques des producteurs. Les temps de récolte sont surestimés en expérimentation à cause des prélèvements de récolte nécessaires à différentes mesures et à cause de l’observation des légumes non commercialisables. Il aurait cependant été intéressant d’avoir ces temps pour accéder au temps de travail global et voir si les temps de travaux supplémentaires constatés en SBI représentent une part importante du temps global.

L’analyse économique réalisée peut être discutée sur plusieurs aspects. Tout d’abord, l’hypothèse que la totalité des légumes commercialisables récoltés est vendue est contestable car il existe des pertes au stockage et parce que le producteur ne trouve pas toujours des débouchés pour écouler des récoltes importantes. Il aurait été pertinent d’estimer un pourcentage de perte au stockage par légume et d’appliquer ces pourcentages aux rendements avant le calcul du chiffre d’affaires. De même, l’expérimentation crée un biais dans la période de récolte de certaines cultures ce qui peut surestimer les rendements par rapport aux rendements des maraîchers. En effet, les petites parcelles expérimentales, rapidement récoltables, poussent à récolter les cultures nécessitant plusieurs récoltes plus longtemps qu’en réalité. Un producteur avec des surfaces plus élevées préférera détruire la culture peu après le déclin des rendements si le ratio rendement/temps de récolte n’est plus intéressant.

L’exclusion des intrants communs aux deux systèmes dans le calcul du coût en intrants rend l’analyse économique incomplète et empêche le calcul de la marge brute, un indicateur économique pertinent pour comparer les systèmes. Le coût des intrants communs est difficile à chiffrer, en particulier pour le matériel agricole qui dépend fortement de la taille de l’exploitation maraîchère car des outils manuels dans une petite exploitation peuvent être remplacés par des outils tractés dans une plus grande. Ces différences nécessiteraient de faire plusieurs hypothèses selon la taille d’exploitation et de mener plusieurs analyses économiques, ce qui a été initié dans ce stage mais pas terminé par manque de temps. Ces analyses devraient cependant être poursuivies dans les prochaines années du projet. Concernant le calcul du coût des intrants différant entre les systèmes, les prix des intrants utilisés sont ceux payés à l’unité (au m<sup>2</sup>, au plant, au kg ou au L) et ne prennent pas en compte les pertes d’intrants liés au conditionnement. Pour le calcul du coût des produits phytosanitaires par exemple, le prix d’un traitement dépend juste de la quantité appliquée et n’est pas impacté par le conditionnement. Or d’après l’étude bibliographique, les conditionnements des produits phytosanitaires sont trop importants pour les quantités utilisées en maraîchage. Le coût est donc sous-estimé par rapport au coût réel que payera un producteur pour un produit qu’il n’utilisera pas complètement.

### Conclusion

Le bilan à mi-parcours du projet est ambivalent et résumé sur la figure 34. D’une part, l’utilisation des produits phytosanitaires est fortement réduite et la performance économique est satisfaisante par rapport à un système représentatif des pratiques maraîchères conventionnelles et ceci malgré des coûts supplémentaires. D’autre part, la diversification des moyens de gestion des bioagresseurs entraîne une augmentation du temps de travail qui, sans adaptation (de main d’œuvre ou de redistribution des tâches en interne ou à une entreprise extérieure), impactera le quotidien des exploitations souhaitant mettre en œuvre ce type de système. Au-delà des résultats qu’il apporte, le projet SYST’M-0R est aussi un moyen de gérer différemment les bioagresseurs dans les systèmes de culture maraîchers grâce à des règles de décision standardisées spécifiques des cultures et des bioagresseurs. L’ensemble des règles de



décision rédigées en début de projet pourrait constituer à terme un outil d'aide à la décision pour les maraîchers désireux de réduire drastiquement leur utilisation des produits phytosanitaires. La transformation de ce recueil de règles en un format plus accessible et pratique (sous forme d'application numérique par exemple) serait envisageable pour une prise en main optimale de l'outil par les producteurs.

## Références bibliographiques

ANSES, 2021a. Evaluation des produits phytopharmaceutiques, comment ça marche ? *Anses* [en ligne]. 8 mars 2021. [Consulté le 22 avril 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.anses.fr/fr/content/evaluation-des-produits-phytopharmaceutiques-comment-%C3%A7a-marche>

ANSES, 2021b. Les usages. *E-Phy* [en ligne]. 2021. [Consulté le 22 avril 2021]. Consulté à l'adresse: <https://ephy.anses.fr/produits-substances-usages/notion-d%E2%80%99usage>

ARDEAR PROVENCE-ALPES CÔTE D'AZUR, 2016. *Quelle qualité de vie pour les maraîcher-ères diversifiées en PACA ?* [en ligne]. [Consulté le 10 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjSoZSOo87vAhWvCmMBHba1DmQQFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Ftraitvienne.jimdo.com%2Fapp%2Fdownload%2F12092868312%2FSynth%25C3%25A8se%2Bétude%2BARDEAR%2BMara%25C3%25AEchage%2BVF.pdf%3Ft%3D1603882759&usg=AOvVaw1HUIlwhz9MYe-L-uzWOD3z>

ARVALIS, 2021. Systerre®, évaluer des systèmes de culture. *Arvalis-infos.fr* [en ligne]. 2021. [Consulté le 18 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.arvalis-infos.fr/systerre--@/view-277-arvoad.html>

CARDONA, Aurélie, LEFÈVRE, Amélie et SIMON, Sylvaine, 2018. Les stations expérimentales comme lieux de production des savoirs agronomiques semi-confinés. *Revue d'anthropologie des connaissances*. 18 juin 2018. Vol. Vol. 12, N°2, no. 2, p. 139-170. DOI 10.3917/rac.039.0139.

CHAMBRES D'AGRICULTURE, 2021. Ecophyto. [en ligne]. 2021. [Consulté le 21 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://chambres-agriculture.fr/agriculteur-et-politiques/ecophyto/>

CHAMBRES D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2011. *Créer une activité de maraîchage en circuits courts* [en ligne]. [Consulté le 17 mars 2021]. Consulté à l'adresse: [http://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/18695/\\$File/Guide-circuits-courts-Creer-activit%C3%A9-maraichage2011-09.pdf?OpenElement](http://www.synagri.com/ca1/PJ.nsf/TECHPJPARCLEF/18695/$File/Guide-circuits-courts-Creer-activit%C3%A9-maraichage2011-09.pdf?OpenElement)

CHAMBRES D'AGRICULTURE DE BRETAGNE, 2021. Présentation des Chambres d'agriculture de Bretagne. *Portail des Chambres d'agriculture de Bretagne* [en ligne]. 2021. [Consulté le 15 juin 2021]. Consulté à l'adresse: <http://www.synagri.com/synagri/presentation-00000260>

COMPAGNONE, Claude, LAMINE, Claire et DUPRÉ, Lucie, 2018. La production et la circulation des connaissances en agriculture interrogées par l'agro-écologie. De l'ancien et du nouveau. *Revue d'anthropologie des connaissances*. février 2018. Vol. 12, no. 2, p. 111-138. DOI 10.3917/rac.039.0111.

ECKERT, C, ROUGIER, M, CHARTIER, N et HOUDIN, A, 2017a. DEPHY EXPE et FERME Légumes : Quels résultats EXPE pour les réseaux FERME ? *Innovations Agronomiques*. 2017. Vol. 51-65, no. 61, p. 2.



ECKERT, Cathy, 2014. ECOPHYTO – DEPHY FERME Légumes : Mise en oeuvre et premiers résultats. *Journée RED PACA* [en ligne]. Avignon. 2014. [Consulté le 4 mars 2021]. Consulté à l'adresse:

[https://ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites\\_doc/PPT%20RED%20PACA%2027%20nov%202014.pdf](https://ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/PPT%20RED%20PACA%2027%20nov%202014.pdf)

ECKERT, Cathy, PENGUILLY, Damien, MUNIER JOLAIN, Nicolas, DUBUC, Morgane, JOLYS, Ophélie et AGROSYST TEAM, 2017b. Agrosyst : Capitalisation des données et calcul d'indicateurs utilisables pour l'évaluation des systèmes légumiers. *Rencontres GIS PIClég* [en ligne]. Marseille. 16 novembre 2017. [Consulté le 8 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.picleg.fr/content/download/3808/36379/version/1/file/Agrosyst.pdf>

EMPLOI ET NOUS, 2019. Cotisations sociales salariales et patronales. *Emploi et nous* [en ligne]. 2019. [Consulté le 10 juillet 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.emploiennous.fr/informations/conseils-recrutement/cotisations-sociales-salariales-et-patronales/>

ESTORGUES, Vianney, LECUYER, Guillaume, ALLAINGUILLAUME, Jeanne et FALOYA, Vincent, 2017. DEXiPM – Field Vegetables : un modèle d'analyse ex ante de la durabilité des systèmes légumiers. *Innovations Agronomiques*. 2017. Vol. 61, p. 91-98. DOI 10.15454/1.5174014474358271E12.

FÉRAT, Françoise, 2006. *L'enseignement agricole : une chance pour l'avenir des jeunes et des territoires* [en ligne]. Commission des affaires culturelles. [Consulté le 17 mars 2021]. Consulté à l'adresse: [https://www.senat.fr/rap/r06-027/r06-027\\_mono.html#fn41](https://www.senat.fr/rap/r06-027/r06-027_mono.html#fn41)

FRANCEAGRIMER, 2020. *Les chiffres-clés de la filière Fruits & Légumes frais et transformés en 2019* [en ligne]. FranceAgriMer. [Consulté le 15 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/63689/document/chiffres%20cl%C3%A9s%20FL%202018.pdf?version=1>

GRAS, R., BENOIT, M., DEFFONTAINES, J.P., DURU, Michel M., LAFAGE, M., LANGLET, A. et OSTY, P.L., 1989. *Le fait technique en agronomie. Activité agricole, concepts et méthodes d'étude* [en ligne]. L'Harmattan. [Consulté le 26 mars 2021]. Collection Alternatives Rurales. Consulté à l'adresse: <https://hal.inrae.fr/hal-02858540>

HAVARD, Morgane, ALAPHILIPPE, Aude, DEYTIEUX, Violaine, ESTORGUES, Vianney, LABEYRIE, Baptiste, LAFOND, David, MEYNARD, Jean Marc, PETIT, Marie Sophie, PLÉNET, Daniel, PICAULT, Sébastien, TCHAMITCHIAN, Marc et FALOYA, Vincent, 2017. *Guide de l'expérimentateur système : concevoir, conduire et valoriser une expérimentation système pour les cultures assolées et pérennes* [en ligne]. [Consulté le 5 mars 2021]. ISBN 978-2-7380-1400-9. Consulté à l'adresse: <https://hal.inrae.fr/hal-02791737>

IGAS, CGEDD et CGAAER, 2017. *Utilisation de produits phytopharmaceutiques* [en ligne]. IGAS N°2017-124R. IGAS. [Consulté le 21 avril 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.igas.gouv.fr/IMG/pdf/2017-124R-Tome2-Annexes.pdf>

LAUNAI, M., BZDRENGA, L., ESTORGUES, V., FALOYA, V., JEANNEQUIN, B., LHEUREUX, S., NIVET, L., SCHERRER, B., SINOIR, N., SZILVASI, S., TAUSSIG, C., TERRENTROY, A., TROTTIN-CAUDAL, Y. et VILLENEUVE, F., 2014b. *Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques* [en ligne]. Ministère chargé de l'Agriculture, Onema, GIS PIClég. [Consulté le 8 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://agriculture.gouv.fr/telecharger/36379?token=e8c201ef5d390372be1d4242f83dbd7b090643218529a3441520df57bee398bc>

LE LAN, Maët, 2018a. Vers une réduction de la pénibilité et du temps de désherbage manuel en



maraîchage AB. *SIVAL* [en ligne]. Angers. 17 janvier 2018. [Consulté le 10 avril 2021]. Consulté à l'adresse: [https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Pays\\_de\\_la\\_Loire/022\\_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Agriculture-biologique/Evenements/2018\\_pole\\_bio\\_vers\\_reduction\\_penibilite\\_temps\\_desherbage\\_manuel\\_maraichage\\_AB.pdf](https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/022_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Agriculture-biologique/Evenements/2018_pole_bio_vers_reduction_penibilite_temps_desherbage_manuel_maraichage_AB.pdf)

LE LAN, Maët, 2018b. *Dossier finalisé : SYST'M-0R*. CRAB.

LE TÉLÉGRAMME, 2020. Les métiers agricoles manquent de main-d'œuvre. *Le Télégramme* [en ligne]. 3 novembre 2020. [Consulté le 17 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.letelegramme.fr/cotes-darmor/guingamp/les-metiers-agricoles-manquent-de-main-d-oeuvre-03-11-2020-12650917.php>

MEYNARD, Jean Marc, DEDIEU, Benoît et BOS, A.P. (Bram), 2012. Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices. In: [en ligne]. p. 405-429. ISBN 978-94-007-4502-5. Consulté à l'adresse: [https://www6.inrae.fr/experimentations-systeme/content/download/3486/35130/version/1/file/Farming+systems+Ch18\\_Meynard\\_Design.pdf](https://www6.inrae.fr/experimentations-systeme/content/download/3486/35130/version/1/file/Farming+systems+Ch18_Meynard_Design.pdf)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2019. *Le réseau DEPHY en LÉGUMES-MARAÎCHAGE* [en ligne]. [Consulté le 20 mars 2021]. Consulté à l'adresse: [https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2020-01/Fiche\\_reseau\\_L%C3%A9gumes\\_FERMEEEXPE\\_vf.pdf](https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2020-01/Fiche_reseau_L%C3%A9gumes_FERMEEEXPE_vf.pdf)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2021a. Ventes de produits phytopharmaceutiques pour l'année 2019. [en ligne]. 1 février 2021. [Consulté le 20 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://agriculture.gouv.fr/ventes-de-produits-phytopharmaceutiques-pour-lannee-2019>

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2021b. Les fermes Dephy : partout en France, des systèmes de production performants et économes en pesticides. [en ligne]. 2021. [Consulté le 12 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://agriculture.gouv.fr/les-fermes-dephy-partout-en-france-des-systemes-de-production-performants-et-economes-en-0>

PARLEMENT EUROPÉEN ET CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE, 2009. *Directive instaurant un cadre d'action communautaire pour parvenir à une utilisation des pesticides compatible avec le développement durable* [en ligne]. , Directive 2009/128/CE. 21 octobre 2009. Directive 2009/128/CE. [Consulté le 15 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0128&from=FR>

PÉRON, J.Y., 2021. Légumes : espèces cultivées en France et en Europe. *Encyclopædia Universalis* [en ligne]. 2021. [Consulté le 7 avril 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.universalis.fr/media/TA071872/>

PILLET, Emeric, 2014. *Réseau DEPHY-FERME : Synthèse des premiers résultats à l'échelle nationale* [en ligne]. APCA. [Consulté le 20 avril 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www6.bordeaux-aquitaine.inrae.fr/sante-agroecologie-vignoble/content/download/4958/44684/version/1/file/2014-reseau+dephy.pdf>

RAFFIN, Oriane, 2020. Pleut-il vraiment plus en Bretagne qu'ailleurs ? *Ça m'intéresse* [en ligne]. 13 octobre 2020. [Consulté le 10 mai 2021]. Consulté à l'adresse: <https://www.caminteresse.fr/environnement/pleut-il-vraiment-plus-en-bretagne-quailleurs-1119050/>



REBOUL, Claude, 1985. Spécificités des savoirs agricoles et des modes de transmission. *Formation Emploi*. 1985. Vol. 12, no. 1, p. 8-10. DOI 10.3406/forem.1985.2041.

SÉDILLOT, Béatrice, 2013. *Structure des exploitations fruitières et légumières* [en ligne]. Agreste. [Consulté le 3 mars 2021]. Consulté à l'adresse: <http://37.235.92.116/IMG/pdf/dossier16.pdf>



## Liste des annexes

Annexe I : Analyse de sol réalisée sur une parcelle de l'essai SYST'M-0R

Annexe II : Variétés utilisées dans l'essai SYST'M-0R et propriétés

Annexe III : Schéma de la rotation culturale par parcelle et par an du système à très bas intrants

Annexe IV: Tableau des règles de décision pour la série 1 de haricot (système de référence)

Annexe V : Tableau des règles de décision pour la série 1 de haricot (système à très bas intrants)

Annexe VI : Schéma décisionnel du système de référence

Annexe VII : Schéma décisionnel du système à très bas intrants

Annexe VIII : Fiche des règles de décision « système » du système de référence

Annexe IX : Fiche des règles de décision « système » du système à très bas intrants

Annexe X : Liste des produits phytosanitaires utilisés sur l'essai SYST'M-0R

Annexe XI : Fiche d'observation des bioagresseurs sur la culture de haricot

Annexe XII : Exemple de fiche des travaux prévisionnels

Annexe XIII : Résultats d'analyse résiduelle d'une série de haricot du système à très bas intrants



# Annexe I : Analyse de sol réalisée sur une parcelle de l'essai SYST'M-0R



**STATION EXPE BRETAGNE SUD**

56400 AURAY

**Informations Client**

ORGANISME : [REDACTED]

Parcelle : [REDACTED]

Commune : AURAY

Type de sol : [REDACTED]

Coordonnées : E : 2.9715788, N : 47.6586582

Référence : [REDACTED] Date de prélèvement : 24/03/2021

**Informations Laboratoire**

Dossier : LAB21-9588-1 Numéro Labo. T-04752-21

Date de réception : 25/03/2021

Date début analyses : 26/03/2021

Date fin analyses : 14/04/2021

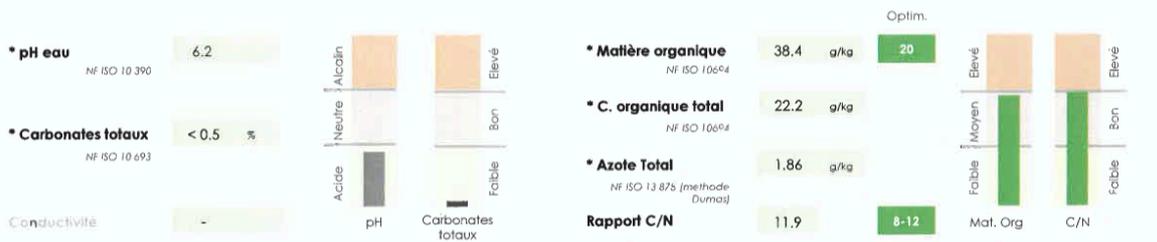
Date d'édition : 14/04/2021

SADEF est éditée de toute responsabilité quant à l'exactitude des informations fournies par le client.

## Texture et granulométrie



## Etat Calcique et Matière Organique



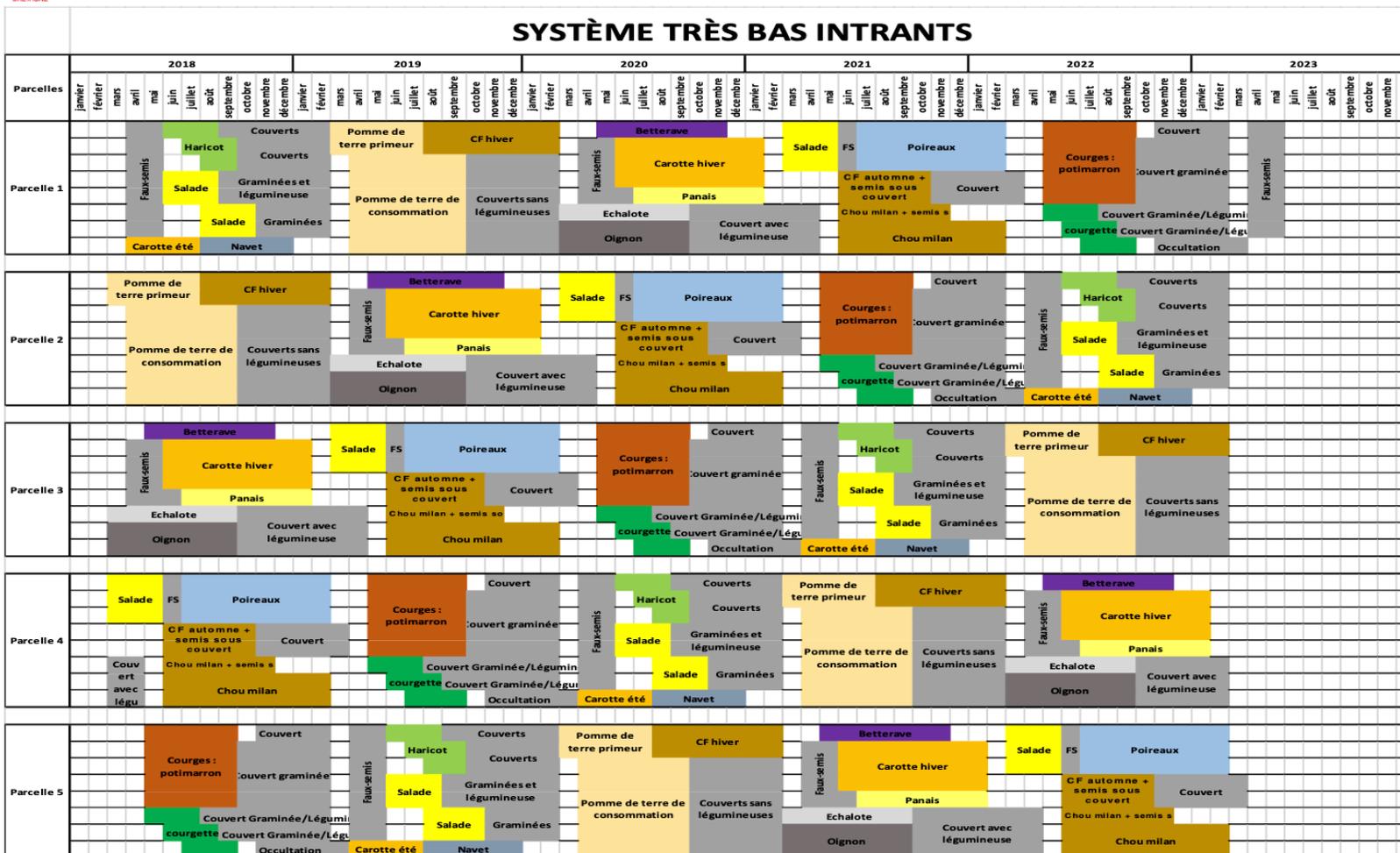
Annexe II : Variétés utilisées dans l'essai SYSTM-0R et propriétés

Culture	Surface (m²)	Densité		Système de référence		Système à très bas intrants		
		graines/m²	plants/m²	Variété	Semencier	Variété	Semencier	Particularité
Betterave <i>Beta vulgaris</i>	28.57	80		Red ace F1	Bejo	Red ace F1 NT	Bejo	
Carotte Eté <i>Daucus carota</i>	25.00	202 (SdR)		Napoli F1	Bejo	Napoli F1 NT	Bejo	
		250 (SBI)						
Carotte Hiver	57.14	143 (SdR)		Nerac F1	Bejo	Nerac F1 NT	Bejo	Sensibilité mildiou
		179 (SBI)						
Chou Fleur Automne <i>Brassica oleracea var. botrytis</i>	50.00		2	Anique	Enza Zaden	Anique	Enza Zaden	
Chou Fleur Hiver	61.54		2	Clémen	Syngenta	Clémen	Syngenta	Faible sensibilité maladies
Chou de Milan Automne <i>Brassica oleracea var. sabauda</i>	25.00		3	Mila	Bejo	Firensa ou Ottawa	Enza Zaden / Syngenta	
Chou de Milan Hiver	50.00		3	Kamchatka	Syngenta	Ontario ou Supervoy	Syngenta / Vilmorin	
Courge <i>Cucurbita</i>	125.00		1	Orange Summer F1	Enza Zaden	Orange Summer F1 NT	Enza Zaden	
Courgette (S1) <i>Cucurbita pepo</i>	25.00		2	Cronos F1	Syngenta	Cronos F1	Syngenta	Résistance intermédiaire oïdium
Courgette (S2 et S3)	25.00	2		Milos F1 ou Mirza F1	Syngenta / Clause	Milos F1 NT ou Mirza F1	Syngenta / Clause	Milos et Mirza : tolérance oïdium, pas de sensibilité cladosporiose
Echalote <i>Allium cepa var. aggregatum</i>	29.00			Longor	Agri-Obtention	Melkior	Agri-Obtention	Résistance mildiou Faible sensibilité botrytis squamosa
Haricot (S1, S2 et S3) <i>Phaseolus vulgaris</i>	99.99	33 (SdR)		Pongo	Gautier Semences	Venice NT	Graines Voltz	Variété à récolte mécanique moins vigoureuse, moindre risque botrytis et sclérotinia
		21 (SBI)						
Laitue (S1) <i>Lactuca sativa</i>	75.00		14	Ozeka	Enza Zaden	Olana	Enza Zaden	Bonne tolérance nécrose et montaison
Laitue (S2 et S3)	75.00		12	Ozeka	Enza Zaden	Olana	Enza Zaden	Bonne tolérance nécrose et montaison
Navet <i>Brassica rapa subsp. rapa</i>	25.00	107		Armand	Clause	Armand NT	Clause	
Oignon de conservation <i>Allium cepa</i>	57.00		14	Barito	Seminis	Santero	Vilmorin	Résistance mildiou
Poireau automne <i>Allium ampeloprasum</i>	45.00		14	Belton F1	Nunhems	Belton F1	Nunhems	Tolérance rouille
Poireau hiver	30.00		14	Vitaton F1	Nunhems	Vitaton F1	Nunhems	Tolérance rouille
Pomme de terre primeur <i>Solanum tuberosum</i>	61.54		7	Sirtema		Lady Christ'l		Faible sensibilité gale commune Sensibilité taupin
Pomme de terre consommation	138.46		5	Charlotte		Allians		Tolérance mildiou

Annexe III : Schéma de la rotation culturale par parcelle et par an du système à très bas intrants



# Projet Syst'M-OR



Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto



Annexe IV: Tableau des règles de décision pour la série 1 de haricot (système de référence)

<b>HARICOT - Série 1</b>	<b>SYSTÈME REFERENCE</b>
--------------------------	--------------------------

<b>Itinéraire technique</b>
-----------------------------

**Variété** Pongo (Gautier semences)  
**Date semis** Mi-juin  
**Densité** Semis en ligne 20gr/ml, 60cm entre rangs  
**Fertilisation** 60 uN en 16-6-21 systématique en post-levée

<b>Gestion des bioagresseurs</b>
----------------------------------

Cible	Bioagresseur	Objectif	RDD	Nom du produit	Dose
Gestion des adventices	Adventices	Pas de gêne à la récolte	Post-semis	MERCANTOR GOLD + CENTIUM 36 CS	1.2 l/ha + 0.1 l/ha
			1ère feuille trifoliée	CORUM + adjuvant	0.6 - 0.8 l/ha
Gestion des maladies	Botrytis	Pas de plants affaiblis 5% max sur gousse à la récolte	Si temps sec : impasse Si temps humide : SWITCH début floraison	SWITCH	DH
	Fusariose	Pas de plants affaiblis 5% max sur gousse à la récolte	Impasse	/	/
	Sclérotinia	Pas de plants affaiblis 5% max sur gousse à la récolte	Si dégâts sur culture précédente (dont laitue), avant semis : CONTANS WG Dans tous les cas géré avec le Botrytis (SWITCH)	CONTANS WG	0.5 DH soit 2 kg/ha
Gestion des ravageurs	Pucerons	Pas de plants affaiblis Absence sur gousse à la récolte	Premiers pucerons observés	KARATE K	DH

Annexe V : Tableau des règles de décision pour la série 1 de haricot (système à très bas intrants)

<b>HARICOT - Série 1</b>	<b>SYSTÈME BAS INTRANTS</b>
--------------------------	-----------------------------

**Itinéraire technique**

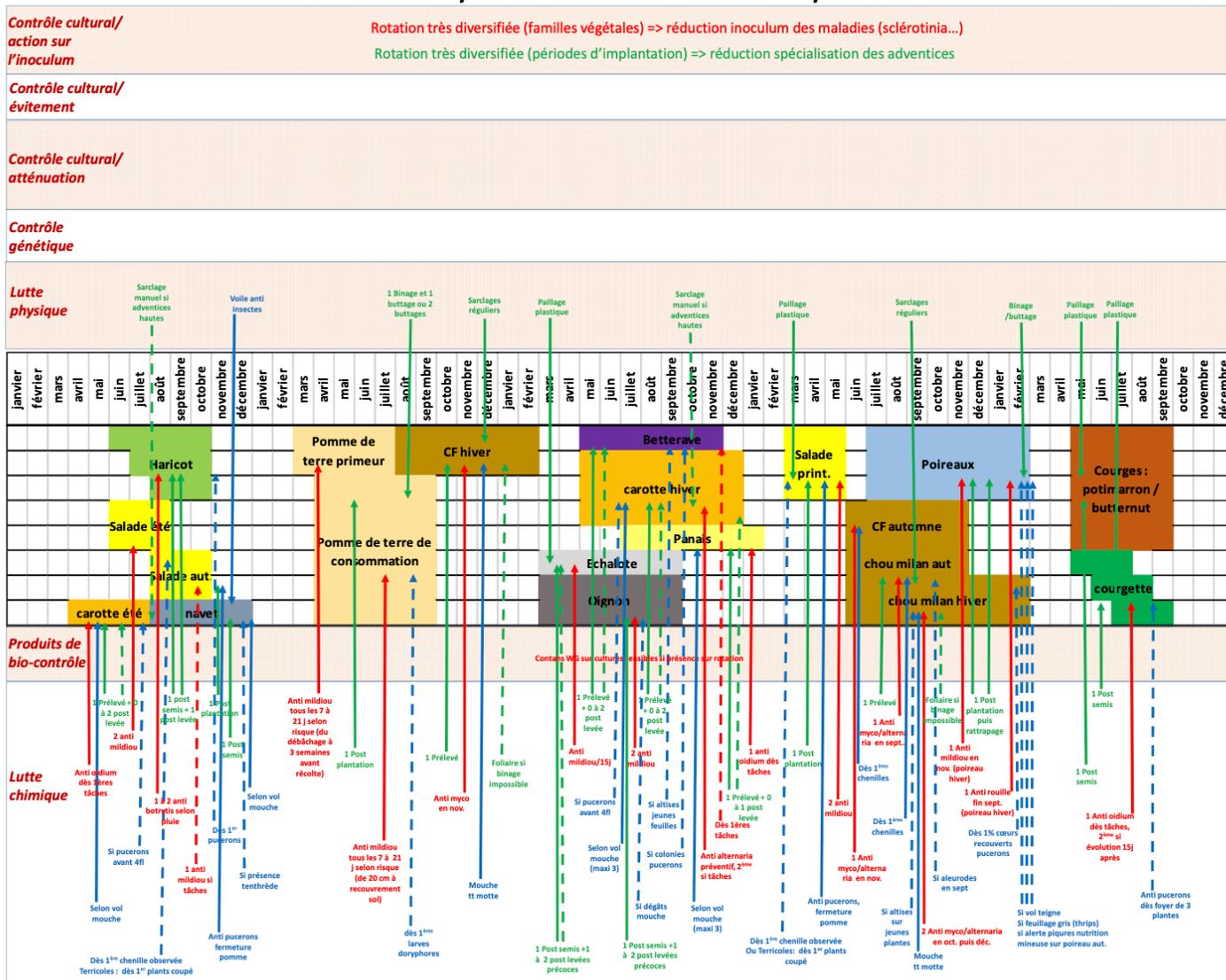
**Variété** Venice (Voltz)  
**Date semis** Mi-juin  
**Densité** Semis en ligne 15gr/ml, 70cm entre rangs  
**Fertilisation** Nitracheck : si moins de 60 uN apport de 30 uN de 16-6-21 en post-levée, si plus de 60 uN rien

**Gestion des bioagresseurs**

Cible	Bioagresseur	Objectif	RDD	Nom du produit	Dose
Gestion des adventices	Adventices	Objectifs système	Binage (RDD système)	/	/
			Désherbage manuel si montée à graines	/	/
Gestion des maladies	Botrytis	5% max sur gousse à la récolte	Variété à récolte mécanique moins vigoureuse, moindre risque botrytis	/	/
			Levier fertilisation Nitracheck : si moins de 60 uN apport de 30 uN de 16-6-21 en post-levée, si plus de 60 uN rien	/	/
			Si feuillage mouillé au moins 3 jours en début de floraison Sinon impasse	SWITCH	DH
	Fusariose	Pas de plants affaiblis	Impasse	/	/
	Sclérotinia	Absence sur gosses, pas de plants affaiblis 5% max sur gousse à la récolte	Variété à récolte mécanique moins vigoureuse, moindre risque sclérotinia	/	/
Si sclérotinia à la récolte quelque soit le créneau alors CONTANS après récolte			CONTANS	2 kg/ha	
Gestion des ravageurs	Pucerons	Pas de plants affaiblis Absence sur gousse à la récolte	Impasse	/	/

Annexe VI : Schéma décisionnel du système de référence

Schéma décisionnel du système de référence de Syst'M-OR 2018-2022



**Site expérimental**  
 Station Expérimentale en Maraichage de Bretagne Sud  
 Route du Bono 56400 AURAY  
 02 97 46 30 80  
 maet.lélan@bretagne.chambagri.fr

**Porteur du projet**  
 • Chambre Régionale d'Agriculture de Bretagne

**Autres partenaires techniques et scientifiques**  
 • Pôle Légumes Région Nord  
 • Chambre d'agriculture de Seine Maritime  
 • Chambre d'agriculture d'Île de France  
 • Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher  
 • Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire  
 • Chambre d'agriculture de Vendée  
 • INRA Domaine Expérimental Alénya Roussillon

**Attentes du pilote**

**Adventices :** Pas de montées à graines, pas de concurrence à la récolte, pas de concurrence avec les cultures.  
**Ravageurs et maladies :** maxi 5% de pertes de produits commerciaux

**Légendes :**  
 Gestion adventices  
 Gestion ravageurs  
 Gestion maladies  
 Règle systématique →  
 Règle conditionnelle - - ->

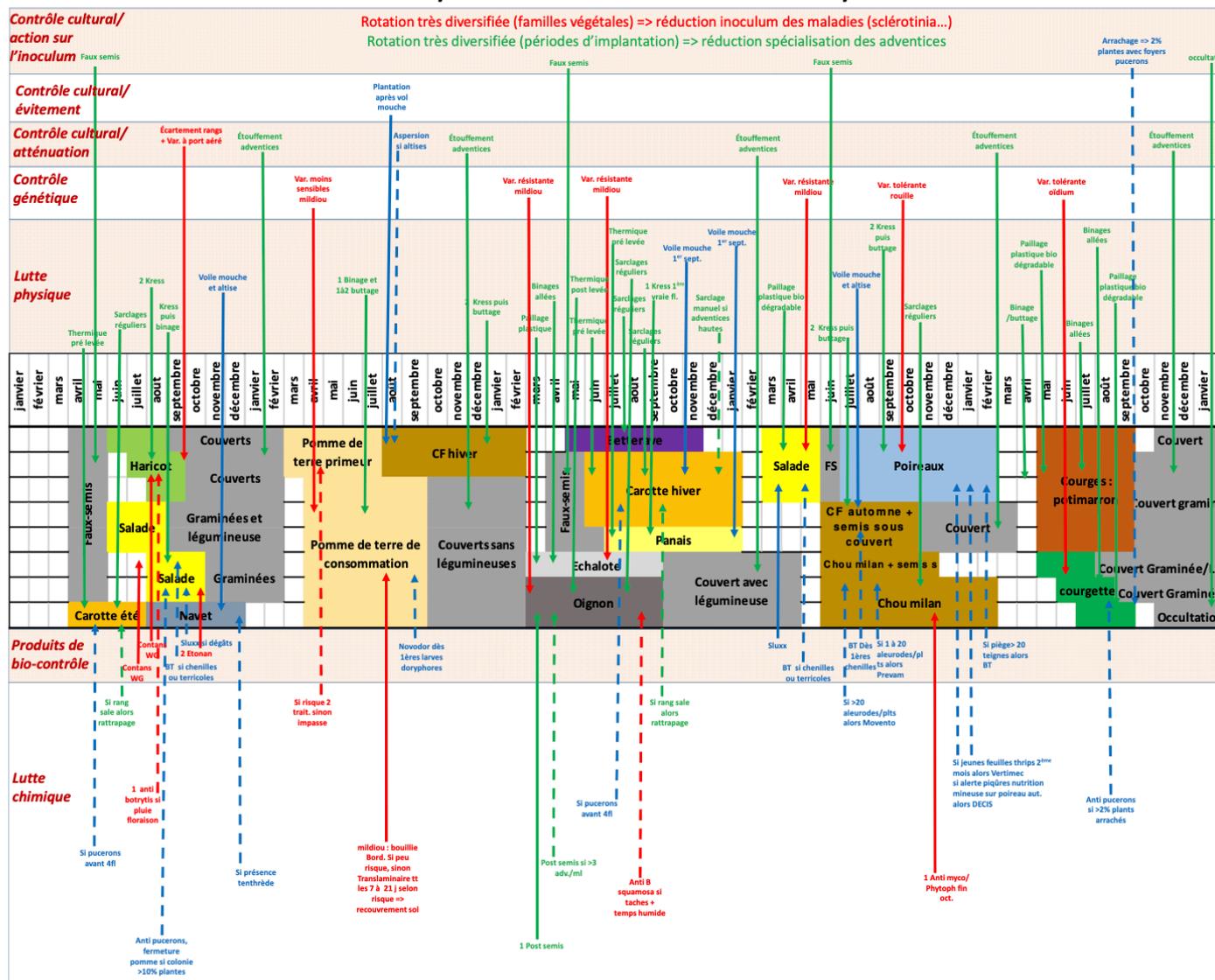
Version 1 - août 2018

ÉCOPHYTO  
 AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence Française pour la Biodiversité, par les crédits issus de la recherche pour polliniers diffusés attribués au financement du plan Ecophyto

Annexe VII : Schéma décisionnel du système à très bas intrants

# Schéma décisionnel du système **très bas intrants** de Syst'M-OR 2018-2022



**Site expérimental**  
 Station Expérimentale en Maraîchage de Bretagne Sud  
 Route du Bono 56400 ALURAY  
 02 97 46 30 80  
 maet.lelan@bretagne.chambagri.fr

**Porteur du projet**  
 • Chambre Régionale d'agriculture de Bretagne

**Autres partenaires techniques et scientifiques**  
 • Pôle Légumes Région Nord  
 • Chambre d'agriculture de Seine Maritime  
 • Chambre d'agriculture d'Île de France  
 • Chambre d'agriculture du Loir-et-Cher  
 • Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire  
 • Chambre d'agriculture de Vendée  
 • INRA Domaine Expérimental Alénya Roussillon

**Attentes du pilote**  
 Adventices : Pas de montées à graines, pas de gêne à la récolte, pas de concurrence avec les cultures.  
 Ravageurs et maladies : maxi 5% de pertes de produits commerciaux

**Légendes :**  
 Gestion adventices  
 Gestion ravageurs  
 Gestion maladies  
 Règle systématique (→)  
 Règle conditionnelle (---→)



Annexe VIII : Fiche des règles de décision « système » du système de référence

<b>FICHE SYSTÈME</b>	<b>SYSTÈME REFERENCE</b>
----------------------	--------------------------

**Itinéraire technique**

**Caractéristiques**

Graines traitées

Paillage polyéthylène

**Fertilisation**

Bloc	Culture		Apport à la mise en place	Apport supplémentaire en cours de culture
1	PDT conso	30 t/ha compost	50 uN à la plantation en engrais complet	PDT conso : tout début tubérisation 50 uN ammonitrate si début feuillage pâle CF : courant août au plus tard mi-septembre 50 uN en ammo
	PDT primeur puis CF hiver		50 uN à la plantation en engrais complet CF : 50 uN à la plantation en complet	
2	Carotte été puis navet	30 t/ha compost		Apporter 80-(reliquat+20) uN au stade 2FV en complet Navet : Reliquat courant septembre, si <50 uN apport de 50 uN
	Laitue 3		Nitrachek, si < à 50 uN apport de 30 à 40 uN (ammo)	
	Laitue 2		Nitrachek, si < à 50 uN apport de 30 à 40 uN (ammo)	
	Haricot 3			
	Haricot 2			
3	Haricot 1			
	Courgette 3	30 t/ha compost	80 uN en complet	
	Courgette 2		80 uN en complet	
	Courgette 1		80 uN en complet	
Courges	80 uN en complet			
4	CM hiver	30 t/ha compost	50 uN en complet	Reliquat fin août début septembre, si <60uN apport jusqu'à 60 uN (mini 30 uN)
	CM automne		50 uN en complet	Reliquat fin août début septembre, si <60uN apport jusqu'à 60 uN (mini 30 uN)
	CF automne		50 uN en complet	Reliquat fin août début septembre, si <60uN apport jusqu'à 60 uN (mini 30 uN)
	Laitue 1 puis Poireau		Laitue : 80 uN en complet Poireau : 50 uN en complet	P : Reliquat fin août début septembre, si <60uN apport jusqu'à 60 uN (mini 30 uN)
5	Oignon	30 t/ha compost	100 uN à la plantation	Rien au semis, Nitrachek fin-juillet-début août et apport de 50uN - reliquat Ammonitrate si besoin en juillet (50-60 uN)
	Echalote		50-60uN à la plantation	
	Carotte hiver			
	Betterave		50-60 uN au semis avec un complet	

**Gestion des bioagresseurs**

Cible	Bioagresseur	Objectif	RDD	Nom du produit	Dose
Gestion adventices	Adventices	1. Temps de travail 2. Pas de gêne à la récolte / Pas de concurrence 3. Pas de montée à graines	Binage dès levée des adventices et dès que le temps le permet sur toutes les cultures de même écartement	/	/

Annexe IX : Fiche des règles de décision « système » du système à très bas intrants

<b>FICHE SYSTÈME</b>	<b>SYSTÈME BAS INTRANTS</b>
----------------------	-----------------------------

**Itinéraire technique**

<b>Caractéristiques</b>	Graines non traitées quand possible	Paillage biodégradable
<b>Fertilisation</b>	Idem Système de Référence	

**Gestion des bioagresseurs**

Cible	Bioagresseur	Objectif	RDD	Nom du produit	Dose
Gestion adventices	Adventices	1. Pas de montée à graines 2. Temps de travail 3. Pas de gêne à la récolte / Pas de concurrence	Faux-semis dès que possible Ne pas reprendre le sol après faux-semis	/	/
			Binage dès que la culture supporte le passage et que le temps le permet sur toutes les cultures de même écartement	/	/
			Paillage biodégradable sur cultures paillées		
			Gyrobroyage de la culture dès fin des récoltes	/	/
			Semis d'un couvert quand pas de culture à suivre en groupant les cultures (3 semis dans la saison, jusqu'à 3 semaines, pas choquant) Avant 15 septembre : mélange phacélie-avoine (5 kg/ha-20 kg/ha), sinon avoine pure (40 kg/ha)	/	/
Gestion maladies	Sclérotinia		Apport en début de saison sur bloc Carotte hiver/betterave/Oignon/Echalote en systématique Puis 2nd apport si dégâts dans la culture (voir fiches cultures)	CONTANS	2 kg/ha

Annexe X : Liste des produits phytosanitaires utilisés sur l'essai SYST'M-0

Type de produit	Nom commercial	Substance(s) active(s)
Biocontrôle Insecticide	DIPEL DF	Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki
	PREV-AM	huile essentielle d'orange
Biocontrôle Molluscicide	SLUXX HP	phosphate ferrique hydraté
Biocontrôle Fongicide	ARMICARB	hydrogénocarbonate de potassium
	CONTANS WG	coniothyrium minitans
Fongicide	ACROBAT M DG	diméthomorphe ; mancozèbe
	DITHANE	mancozèbe
	INFINITO	propamocarbe ; fluopicolide
	ORTIVA	azoxystrobine
	ORTIVA TOP	azoxystrobine ; difénoconazole
	RANMAN TOP	cyazofamide
	REVUS	mandipropamid
	SCORE	difénoconazole
	SIGNUM	boscalide ; pyraclostrobine
	SUPER BOUILLIE MACCLESFIELD 80	sulfate de cuivre
	SWITCH	cyprodinil ; fludioxonil
	RHAPSODY	Bacillus subtilis souche QST 713
	PHYSALIS	tébuconazole ; trifloxystrobine
	Herbicide	BASAGRAN SG
BUTISANS S		metazachlor
CENTIUM 36 CS		clomazone
CHALLENGE 600		aclonifen
CORUM		imazamox ; bentazone
DEFI		prosulfocarb
KERB FLO		propyzamide
LENTAGRAN		pyridate
MERCANTOR GOLD		S-métolachlore
PROWL 400		pendiméthaline
SENCORAL SC		métribuzine
STARANE 200		fluroxypyr-méptyl
STRATOS ULTRA		cycloxydime
TARGET WG		métamitron
TRAMAT		éthofumesate
BETTAPHAM		phenmédiaphame
CENTURION R		cléthodime
CENT 7		isoxabène
Insecticide	ALTACOR	chlórántraniliprole
	CORAGEN	chlórántraniliprole
	DECIS PROTECH	deltaméthrin
	KARATE 0,4 GR	lambda-cyhalothrine
	KARATE K	lambda-cyhalothrine ; pirimicarbe
	KARATE ZEON	lambda-cyhalothrine
	SUCCESS 4	spinosad
	VERTIMEC	abamectine
	MOVENTO	spirotétramate
Molluscicide	METAREX	metaldéhyde

Annexe XI : Fiche d'observation des bioagresseurs sur la culture de haricot

**Système de référence**

Culture : Haricots

Date semis :

Date de l'observation :  
(Fréquence 1 passage/semaine)

Stade de la culture :

Surface observée : la plante

N° plante observée	Maladies observées			Problème physiologique observé
	Botrytis	Sclérotinia	Autres :	
Unité d'observation	En % sur feuille et sur tige (sur gousse vu à la récolte)	En % à la parcelle		
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

N° plante observée	Ravageurs		Auxiliaires					
	Pucerons	Autre :	Aphidius	Aphidoletes	Chrysope	Coccinelle	Syrphe	Autre :
Unité d'observation	Nombre/feuille		En nombre/feuille					
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Adventices		
Zone observée : Surface 1 m <sup>2</sup> /zone	Recouvrement	Hauteur des adventices
	En %	En cm
Allée ou inter-rang		
Planche (ou trou de plantation) ou rang		

<b><u>Consignes de la semaine (à confronter aux RDD)</u></b>	<b><u>Efficacité des RDD mises en place les semaines précédentes :</u></b>

Annexe XII : Exemple de fiche des travaux prévisionnels

ESSAI SYST'M-OR

**PREVISIONNEL TRAVAUX**

Semaine n° : 26

	<b>Système Référence</b>	<b>Réalisé ?</b>	<b>Système Bas Intrants</b>	<b>Réalisé ?</b>
<b>Bloc 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ poireau } plantation</li> <li>          } prowl 400+cent</li> <li>          } nettoyer ciboulette ✓</li> <li>          } piège delta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 01/07</li> <li>7 ✓ 02/07</li> <li>✓</li> <li>x</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ poireau : plantation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 01/07</li> </ul>
<b>Bloc 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ courgette } S1 : récolte</li> <li>              } S2 : centium 36 CS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>CS ✓</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ courgette S1 : récolte</li> <li>◦ haricot S2 } mtrachek</li> <li>              } semis</li> <li>◦ carotte été : binage système</li> <li>◦ haricot S1 : binage</li> <li>◦ laitue S2 } enlever filet</li> <li>              } rhapsody (82/ha)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>✓ 01/07</li> <li>✓ 01/07</li> <li>✓</li> <li>✓</li> <li>✓ 02/07</li> <li>✓</li> </ul>
<b>Bloc 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ carotte été : évaluer nombre de graminées/m<sup>2</sup></li> <li>◦ haricot S2 : } semis</li> <li>                  } mercantor gold</li> <li>                  } + centium 36 CS</li> <li>◦ laitue S2 : enlever filet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>x</li> <li>✓ 01/07</li> <li>✓ 02/07</li> <li>✓</li> </ul>		
<b>Bloc 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ PDT conso : ramman top</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 02/07</li> </ul>		
<b>Bloc 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ betterave : tramat + target</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 02/07</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ betterave : binage</li> <li>◦ signon : binage allés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓</li> <li>✓</li> </ul>

## Annexe XIII : Résultats d'analyse résiduelle d'une série de haricot du système à très bas intrants



GIRPA  
9, avenue du Bois l'Abbé  
49070 BEAUCOUZE

S.A.S. au capital de 1 000€  
RCS Angers 891739526 - locataire / gérant  
N° Siret: 891 739 526 00012  
N° Intracommunautaire: en cours de demande

Tel : 02 41 48 75 70  
Fax : 02 41 48 71 40  
girpa@girpa.fr

### Informations externes de l'échantillon :

Référence client : Haricot 3 SBI

Matrice : haricot

Date de prélèvement : 15/10/2020

Informations complémentaires :  
DEPHY

### Informations internes :

C

C

C

Date de réception : 22/01/2021

Etat à réception : conforme

### Destinataire :

Chambre d'Agriculture  
Bretagne Sud - Station  
Expérimentale  
Route De Bono  
56400 Auray

## RAPPORT D'ESSAIS A-DEPH56/21-00563

Substance active supérieure à la limite de  
quantification

Teneur

LMR

LQ

Méthode

Date d'analyse

LQ : limite de quantification

### Commentaires :

Aucun des résidus phytosanitaires recherchés n'a été retrouvé au-delà de la limite de quantification.

Les résidus phytosanitaires analysés suivent les définitions des résidus exigées par le règlement (CE) n°396/2005 en vigueur sauf celles mentionnées par un " o " .

le 26/01/2021

## RAPPORT D'ESSAIS A-DEPH56/21-00563

### L'ensemble des substances actives suivantes ont été recherchées :

Substance active	LQ	Analyse	Méth	Substance active	LQ	Analyse	Méth	Substance active	LQ	Analyse	Méth	Substance active	LQ	Analyse	Méth									
THPI	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	3-hydroxy-carbofurane	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	diphenylamine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fluxapyroxad	0,010	mg/kg	25/01/21	M1					
1-naphthylacétamide et acide 1-naphthylacétique selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	benfuracarb	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	dithianon 1	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	folpet selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	folpet	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
acide 1-naphthylacétique	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carbosulfane	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	duron	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	phthalimide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fonofos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
1-naphthylacétamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	furathiocarbe	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	emamectine benzoate B1a (emamectine)	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	forchlorfenuron	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	formétate selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
2,4-D *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carboxine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	endosulfan alpha	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fosthiazate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	haloxyfop *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
abamectine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carboxine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	endosulfan bêta	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	haloxyfop méthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	haloxyfop-2-éthoxyéthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
avermectine B1a	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carboxine sulfoxyde	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	endosulfan bêta	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	heptachlore selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	heptachlore	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
avermectine B1b	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	oxycarboxine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	endosulfan sulfate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	heptachlore-époxyde cis	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	heptachlore-époxyde trans	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
[delta-8,9]-avermectine B1a	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carfentrazone-éthyle selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	éthoxazole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	heptenophos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	hexaconazole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
acéphate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	carfentrazone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	époixiconazole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	hexythiazox	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	imazalil	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
acétamipride	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	carfentrazone-éthyle	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	éthion	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	imazoxazole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	imidaclopride	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
acbenzolar-S-méthyle *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorantraniliprole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	éthiofomesate *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	indoxacarbe selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	ioxynil	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
acifénfen	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorfenvinphos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	éthoprophos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	iprodione	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	iprovalicarbe	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
acrinathrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlordanon *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	éthirimol	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isofenphos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isofétamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
acéquinocyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chloréthopos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	étofenprox	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxabène	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxadifén-éthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
alachlore	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorothalonil 1	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	étoxadone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1
aldicarbe selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorprophame	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	famoxadone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
aldicarbe	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	chlorpyrifos	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fénamidone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite kresoxim-méthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
aldicarbe sulfone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorpyrifos-méthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénarimol	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
aldicarbe sulfoxyde	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	chlorthai-diméthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénazaquine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
aldrine et dieldrine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cléthodim selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénbuconazole selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
aldrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cléthodim	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénhexamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
dieldrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cléthodim sulfone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénitrothion	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
ametoctradin	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	cléthodim sulfoxide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénoxycarb	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
amisulbrom	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	sethoxydim	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénpropathrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
asulam	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	clofentézine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fénpropidine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
atrazine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	clomazone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fénpropimorphe selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
azadiachrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	clopyralid	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénpyrazamine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
azinphos-méthyl	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	clothianidine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fénpyroximate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
azoxystrobin	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	cyazotamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fénthion selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bénalaxil selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyoxodime *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénthion	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bénfuriline	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyfluméthofène	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénthion-oxon	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bénflaxacor	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyfluthrine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénthion-sulfone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bentazone *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyoxonil	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénthion-oxon-sulfoxyde	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
6-hydroxybentazone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyperméthrine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fénvalérate selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
8-hydroxybentazone	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyproconazole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fipronil selon régl.	0,005	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bénthiavaliaric selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyprodinil	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	fipronil	0,005	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
6-benzyladénine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	cyprosulfamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	fipronil sulfone (MB46136)	0,005	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bifénazate selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	cyromazine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	flazasulfuron	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bifénazate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	dazomet *	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	flonicamide selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bifénazate-diazène	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	deltaméthrine	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	flonicamide	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bifenétrine selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*	desméthiphame	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	florfenoximate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
biterantol selon régl.	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	diallate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	florfenoximate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole métabolite dicétonitrile	0,010	mg/kg	25/01/21	M1*
bixafen	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	diazinon	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	florfenoximate	0,010	mg/kg	25/01/21	M1	isoxaflutole	0,010	mg/kg	25/01/21	M1					

  agriculture • alimentation • environnement	Diplôme : Ingénieur agronome Spécialité : Sciences et Ingénierie du Végétal Spécialisation / option : Agrosystèmes : conception et évaluation Enseignant référent : Christine BISSUEL
Auteur(s) : Clara STRACH Date de naissance* : 10/11/1996	Organisme d'accueil : Station Expérimentale d'Auray Adresse : Route du Bono – 56 400 AURAY
Nb pages : 26                      Annexe(s) : XIII	Maître de stage : Maët LE LAN
Année de soutenance : 2020-2021	
Titre français : Evaluation multicritère d'un système à très bas intrants phytosanitaires en maraîchage conventionnel de plein champ de la moitié nord de la France visant le 0 résidu	
Titre anglais : Multicriteria assessment of a vegetable cropping system receiving low phytosanitary inputs in the context of Northern France	
<p><u>Résumé</u> : L'utilisation des produits phytosanitaires est aujourd'hui questionnée en agriculture à cause des impacts avérés de certains produits sur la santé humaine et l'environnement. Depuis 2010, le plan national ECOPHYTO coordonne des projets de réduction des produits phytosanitaires au sein du réseau DEPHY. Parmi ces projets, le projet SYST'M-0R mené à la Station Expérimentale d'Auray de 2018 à 2023 pilote un système de culture à très bas intrants phytosanitaires en maraîchage de plein champ et étudie les conséquences d'une utilisation des produits phytosanitaires en ultime recours. Le système à très bas intrants, conçu avec des partenaires techniques et scientifiques et basé sur différents leviers de gestion des bioagresseurs, est comparé sur cinq saisons culturales à un système représentatif des pratiques maraîchères conventionnelles de la moitié nord de la France. Divers indicateurs sont suivis dans les deux systèmes de culture et renseignent des critères techniques, économiques et environnementaux. Une analyse de ces indicateurs ainsi qu'une simulation du chiffre d'affaires, du coût en intrants différant entre les systèmes et du coût de main d'œuvre hors récolte est réalisée par système sur les trois premières saisons culturales. L'objectif de réduction des produits phytosanitaires est atteint car l'IFT hors biocontrôle diminue d'au moins 80% dans le système à très bas intrants et la production analysée ne présente pas de résidu de produit phytosanitaire. Le chiffre d'affaires est 11% plus élevé dans le système à très bas intrants et compense un coût en intrants supérieur. Cependant, le temps de travail et le coût de main d'œuvre hors récolte augmentent de 15% dans le système à très bas intrants ce qui questionne la conduite de ce système face à une pénurie actuelle de main d'œuvre et des temps de travaux déjà élevés en maraîchage.</p>	
<p><u>Abstract</u> : Use of plant protection products is currently questioned in agriculture because of the impacts of many substances on human health and on the environment. Since 2010, the ECOPHYTO national program has coordinated many projects to reduce the use through the DEPHY network. One of these projects called SYST'M-0R was carried out at the Auray Experimental Station from 2018 to 2023. SYST'M-0R studies a vegetable cropping system receiving very low phytosanitary inputs in order to assess the consequences of using plant protection products as a last resort. The very low inputs system was designed in cooperation with technical and scientific partners and is based on various pest management means. It was compared over five growing seasons to a cropping system managed by conventional market gardeners practices observed in the Northern part of France. Various indicators were monitored in the two cropping systems and provide data for technical, economic and environmental criteria. An analysis of these indicators as well as a simulation of turnovers, costs of the inputs differing between systems and costs of labor excluding harvesting were carried out over the first three cropping seasons. During these three cropping seasons, the plant protection reduction goal has been achieved in the very low inputs system as the frequency treatment indicator excluding biocontrol applications decreased by 80% and as analyses conducted on several vegetables didn't detect any plant protection residue. The turnover was 11% higher in the very low inputs system which balances the higher inputs cost. However, the working time and the labor cost excluding harvesting increased by 15%. These mid-term results question the management of the very low input systems regarding the current labor shortage and the already high working time spent in market gardening.</p>	
<u>Mots-clés</u> : évaluation multicritère, maraîchage, expérimentation systémique, réduction phytosanitaire, gestion des bioagresseurs	
<u>Key Words</u> : multicriteria assessment, market gardening, cropping system experiment, pesticides reduction, pest management	