

**Mémoire
présenté pour l'obtention du diplôme
d'Ingénieur AgroParisTech**

Dominante d'Approfondissement (3^{ème} année) :
Gestion des interactions Eau-Agriculture face aux Changements globaux (GEAC)

**Traque des adaptations au changement climatique mises en
œuvre par des agriculteurs en grandes cultures en Alsace**

par Tiphaine BEGUIER

Année de soutenance : 2023

**Mémoire présenté le 21/09/2023
Devant le jury :**

Anne SCHAUB

Fabrice VINATIER

Gabrielle RUDI

Jean Stéphane BAILLY

Organisme d'accueil : Chambre
d'Agriculture d'Alsace

Enseignant tuteur :

Jean-Stéphane BAILLY

Maître de stage :

Anne SCHAUB

RÉSUMÉ

Plus que d'autres secteurs économiques, l'agriculture est particulièrement exposée aux risques liés au changement climatique (revenu, niveau de production...). Il est nécessaire que les exploitations agricoles s'adaptent et fassent évoluer leurs pratiques. Ce travail, conduit dans le cadre du projet KLIMACrops, vise à « traquer » les adaptations mises en place en Alsace. L'objectif est d'identifier et de comprendre pourquoi et comment les agriculteurs s'adaptent au changement climatique, et d'analyser et d'évaluer la performance de ces innovations, en vue de proposer des ressources utiles à d'autres agriculteurs.

Une grande diversité de motivations pour la mise en place de ces différentes pratiques a été identifiée chez les agriculteurs, qui cherchent principalement à assurer la rentabilité de leur système. La mise en place de couverts, la réduction du travail du sol, la culture préférentielle de cultures d'hiver ou l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation sont des stratégies d'adaptations jugées performantes par les 20 exploitants grandes cultures rencontrés dans la Hardt et le Kochersberg.

Malgré cette diversité d'adaptations, des schémas décisionnels communs guident le processus d'adaptation : la volonté de répondre à un élément impactant le système existant conduit à une recherche de nouvelles pratiques, testées sur une petite surface puis étendues à toute l'exploitation lorsqu'elles répondent de manière satisfaisante aux attentes de l'exploitant.

Ces adaptations pourront servir de pistes de réflexions à d'autres agriculteurs souhaitant répondre à des impacts du changement climatique et avoir un système plus durable.

Mots clés : Adaptation, Pratiques, Traque, Climat, Leviers agronomiques, Performances

ABSTRACT

Faced with climate change, agriculture is weakened: farms need to adapt and develop their practices. This work, carried out as part of the KLIMACrops project, aims to "track down" the adaptations implemented. The aim is to identify and understand why and how farmers are adapting to climate change, and to analyze and assess the performance of these innovations.

A wide range of motivations for implementing these different practices has been identified among farmers, who are primarily seeking to ensure the profitability of their system. Cover crops, reduced tillage, preferential cultivation of winter cereals and optimizing irrigation efficiency were all considered to be successful adaptation strategies among the 20 farmers we met in the Hardt and Kochersberg regions. Despite this diversity of adaptation, common decision-making patterns guide the adaptation process: the desire to respond to an element impacting the existing system leads to a search for new practices, often tested on a small area and then extended to the whole farm when they satisfactorily meet the farmer's expectations.

These adaptations may serve as inspiration for other farmers wishing to respond to the impacts of climate change and build a more sustainable system.

Key words: Adaptation, Practices, Tracking, Climate, Agronomic levers, Performance

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin au travail réalisé lors de ces six mois de stage.

Tout d'abord, je tiens à remercier tous les exploitants qui ont pris de leur temps durant une période particulièrement chargée, pour répondre à mes questions lors des entretiens. Ces rendez-vous et les informations collectées constituent le cœur du projet que j'ai mené.

Je remercie également les Chambres d'Agriculture Alsace et Grand Est, qui m'ont accueillie pour la réalisation de ce stage. Plus particulièrement au sein de la Chambre Grand Est, je tiens à remercier Anne Schaub qui m'a encadrée tout au long de cette période et qui m'a partagé son expérience, ses conseils, ce qui m'a permis d'avancer sereinement dans mon travail.

Un grand merci à ma collègue Clarine Jean-Baptiste de la FR CUMA, qui m'a accompagnée lors de nombreux entretiens et qui a participé à la construction des résultats de cette étude.

Mes derniers remerciements sont adressés à Jean-Stéphane Bailly, mon référent de stage au sein d'AgroParisTech, pour m'avoir consacré du temps et m'avoir guidé dans l'élaboration de mon mémoire.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ.....	1
ABSTRACT	2
REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES.....	4
TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX.....	5
GLOSSAIRE.....	6
SIGLES ET ACRONYMES.....	7
INTRODUCTION	8
I. Le contexte de l'étude	10
1 L'agriculture alsacienne	10
2 Un territoire non épargné par le changement climatique	12
3 Favoriser les évolutions des systèmes de cultures pour s'adapter au changement climatique : le projet KLIMACrops.....	15
II. Matériel & méthode	18
1 Repérage et sélection des agriculteurs.....	18
2 Prendre connaissance par entretien semi-directif	24
3 Méthodes d'analyse et de restitution	25
III. Résultats	30
1 Panorama des innovations rencontrées vis-à-vis du changement climatique... 30	
2 Une diversité de solutions pour répondre aux impacts du changement climatique nuancée selon les zones d'études ?	37
3 Des adaptations différentes reposant sur un processus commun.....	41
IV. Discussions	43
1 Des adaptations au changement climatique ?.....	43
2 Analyse critique de la méthode d'étude	45
3 Perspectives du projet KLIMACrops :	47
CONCLUSION.....	49
BIBLIOGRAPHIE.....	50
ANNEXES	55

TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

- Figure 1 : Carte des moyennes annuelles des précipitations de 1981-2010 en Alsace
- Figure 2 : Carte des 10 Petites Régions Agricoles d'Alsace
- Figure 3 : Présentation de la structure du projet KLIMACrops autour de 4 chantiers principaux
- Figure 4 : Localisation de la Hardt et du Kochersberg en Alsace
- Figure 5 : Carte de présentation de la zone d'étude du Kochersberg
- Figure 6 : Exemple d'un schéma décisionnel en « arête de poisson » de K10
- Figure 7 : Exemple d'un schéma décisionnel « innovation de rupture » de H08
- Figure 8 : Motivations des agriculteurs pour les sols
- Figure 9 : Intérêt de la mise en place de couverts pour les agriculteurs
- Figure 10 : Étapes clés dans le processus d'innovation rencontrées chez les agriculteurs interrogés
-
- Tableau 1 : Surface des productions en grandes cultures en Alsace
- Tableau 2 : Caractéristiques des exploitations enquêtées
- Tableau 3 : Définition des critères de réussite des adaptations vis-à-vis des attentes exprimées par les agriculteurs
- Tableau 4 : Définition de l'apport de l'adaptation vis-à-vis des objectifs climatiques prioritaires du territoire
- Tableau 5 : Changements climatiques mentionnés par les agriculteurs sur leur exploitation
- Tableau 6 : Impacts, les plus cités, des changements climatiques sur les exploitations
- Tableau 7 : Stratégies d'adaptation au déficit hydrique mises en place par les agriculteurs de la Hardt et du Kochersberg
- Tableau 8 : Choix de matériel d'irrigation performants et innovants d'H05, H04 et H06
- Tableau 9 : Pratiques innovantes associant couverture du sol et TCS d'H09 et H01
- Tableau 10 : Stratégie d'évitement du déficit hydrique par K03 et K07

GLOSSAIRE

Battance : Colmatage, souvent visible à l'œil nu, de la porosité de la partie superficielle du sol. Elle s'oppose à l'infiltration de l'eau, à la circulation de l'air et favorise l'érosion hydrique (Labreuche, 2009).

Lœss : Limons fins calcaires apportés par le vent et déposés sans stratification entre collines et plaine alluviale en Alsace (Party et al., 1999).

Semis direct : Semis réalisé sans travail du sol ni préparation du lit de semence. (CA Gers, 2016)

Système de culture : Ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles cultivées de manière identique. Chaque système se définit par la nature des cultures et leur ordre de succession et par les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, ce qui inclut le choix des variétés. (Sébillote, 1990)

Techniques culturales simplifiées (TCS) : Forment une partie des techniques culturales sans labour, l'autre étant le semis direct. Elles incluent aussi bien une opération de pseudo-labour ou un travail superficiel, qu'une implantation en Strip-Till (Wacker et al., 2018).

SIGLES ET ACRONYMES

APRONA : Association pour la PROtection de la Nappe phréatique de la plaine d'Alsace

CA(A) : Chambre d'Agriculture (Alsace)

CA GE : Chambre d'Agriculture Grand Est

CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrate

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, l'Agriculture et la Forêt

GC : Grandes Cultures

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

IDELE : Institut DE L'Élevage

ITK : Itinéraire Technique

MASA : Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

MO : Matière Organique

PAC : Politique Agricole Commune

PCE : Polyculture-Élevage

PRA : Petite Région Agricole

RU : Réserve Utile

RMT : Réseau Mixte Technologique

SAU : Surface Agricole Utile

SC : Système de Culture

SD : Semis Direct

SEP : Société En Participation

TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

INTRODUCTION

La crise climatique s'impose aujourd'hui comme un enjeu majeur au niveau mondial. La France n'est pas épargnée et des conséquences du changement climatique sont déjà visibles. Le dernier rapport du GIEC insiste sur l'origine anthropique de ces changements et met en avant des risques majeurs pour l'Europe : les vagues de chaleur, les pénuries d'eau, les inondations et les diminutions de rendements agricoles (GIEC Groupe 2, 2022).

Au niveau national, une étude conduite par des chercheurs du CNRS et de Météo France a montré que le réchauffement climatique en France pourrait être 50% plus intense que ce que laissaient entendre les précédentes projections (Escalon, 2022 ; Ribes et al, 2022). Ces études constituent un véritable signal d'alarme et invitent à une adaptation efficace de nos sociétés à ces impacts du changement climatique d'ores et déjà présents sur le territoire.

L'agriculture est un secteur particulièrement impacté ces dernières années en France : les sécheresses météorologiques successives depuis l'été 2021 font souffrir les productions agricoles (Météo France, 2023). Le maïs, 2^{ème} céréale cultivée en France derrière le blé, a connu sa plus faible production depuis 1990 en 2022, avec une baisse de la production de 17% par rapport à la moyenne 5 ans (MASA, 2022).

La variabilité des aléas climatiques, l'accentuation du déficit hydrique estival et l'augmentation des températures moyennes annuelles participent à l'accentuation de la vulnérabilité des exploitations agricoles françaises. Il est nécessaire que ces dernières puissent s'adapter afin de pouvoir continuer à être viables et durables à moyen et long terme.

Si ce sont majoritairement les conséquences climatiques du Sud de la France qui sont relayées et mises en avant, c'est bien tout le territoire national qui est concerné par la question climatique.

Dans le Nord-Est de la France, en Alsace, de nombreux travaux sont entamés pour comprendre les enjeux climatiques locaux et fournir des leviers d'action au changement climatique.

L'Alsace est un territoire agricole à dominante céréalière : sur les 40% de sa surface à usage agricole, plus de la moitié est consacrée aux grandes cultures (Agreste, 2020). De par sa production majoritairement céréalière, l'Alsace fait face au défi des aléas climatiques : « l'or jaune » du territoire, la production de maïs, est très sensible au déficit hydrique estival et aux très fortes chaleurs. Or, la culture du maïs concerne plus de 60% des exploitations alsaciennes et 40% de la SAU d'Alsace (Agreste, 2023).

Si une partie des exploitations grande culture produisant du maïs ont accès à l'irrigation

grâce à la nappe d'Alsace, des restrictions concernant l'usage de l'eau à destination agricole commencent à voir le jour à cause des sécheresses répétées dans le territoire.

Aujourd'hui, il est indispensable d'adapter et de repenser les systèmes de production de l'Alsace afin qu'ils soient plus résilients aux impacts du changement climatique et que l'agriculture alsacienne soit pérenne. C'est dans ce cadre que se place le projet Interreg KLIMACrops, visant à fournir à court terme des leviers d'actions face au changement climatique et à orienter à moyen et long terme les choix stratégiques des exploitations et l'organisation des filières du territoire. D'autres acteurs du monde agricole ont monté des groupes de travail pour réfléchir aux divers défis que l'agriculture alsacienne doit relever et l'enjeu de l'eau et de la disponibilité en eau semble primordial (CA GE, 2022 ; Cellule RIT et al, 2022).

Différents leviers d'actions sont identifiés et proposés pour adapter les pratiques agricoles aux enjeux climatiques tels que la sécheresse, le stress thermique ou encore les fortes pluies, sans oublier les nouvelles opportunités permises par le changement climatique : la mise en place de couverts, la diversification des cultures, la précocité des cultures implantées sont indiquées comme possibles solutions (Amigues et al, 2006 ; Cellule RIT et al., 2022).

Néanmoins, pour qu'une solution soit adoptée et intégrée dans les pratiques des exploitants, elle doit pouvoir être compatible avec les exigences propres des exploitants agricoles. De plus, l'agriculteur est lui-même source d'adaptation, qu'il met en place selon ses propres critères et attentes. Ce mémoire vise à identifier et comprendre les adaptations mises en place par des exploitants grandes cultures alsaciens pour répondre à des impacts du changement climatique.

Nous verrons dans un premier temps le contexte du projet et la nécessité de la traque à l'innovation déployée sur le territoire. Nous expliciterons la méthode. Et nous présenterons ensuite la diversité des adaptations mises en place par les exploitants rencontrés et comment elles répondent à des impacts identifiés du changement climatique. Enfin, nous montrerons dans quelle mesure ce travail peut être utile et utilisable par d'autres exploitants agricoles évoluant dans différents contextes agricoles.

I. LE CONTEXTE DE L'ETUDE

1 L'agriculture alsacienne

1.1 L'Alsace, un territoire structuré par ses reliefs

Au Nord-Est de la France, l'Alsace qui se structure autour du fossé rhénan est marqué par de fortes entités : les Vosges à l'Ouest et le Rhin à l'Est.

Cinq ensembles géomorphologiques se détachent du paysage dont deux dominants : la plaine du Rhin à l'Est marquée par des zones alluvionnaires du Rhin et de l'Ill, et les Vosges à l'ouest surplombant la vallée du Rhin (DRAAF Grand Est, 2016). Ces caractéristiques topographiques font de l'Alsace un territoire avec un contexte pédoclimatique particulier, hétérogène et riche.

Alors que le climat dominant l'Alsace est continental, la plaine du Rhin a un climat semi-continental marqué par des hivers froids et secs et des étés chauds et orageux. Les Vosges sont quant à elles soumises à un climat montagnard.

Il faut noter que les ensembles topographiques induisent un effet climatique particulier : l'effet de foehn, qui est caractérisé par la présence en aval d'un vent chaud et sec entraînant un fort décroissement des précipitations (Figure 1), des Vosges vers la plaine (Météo France, 2018).

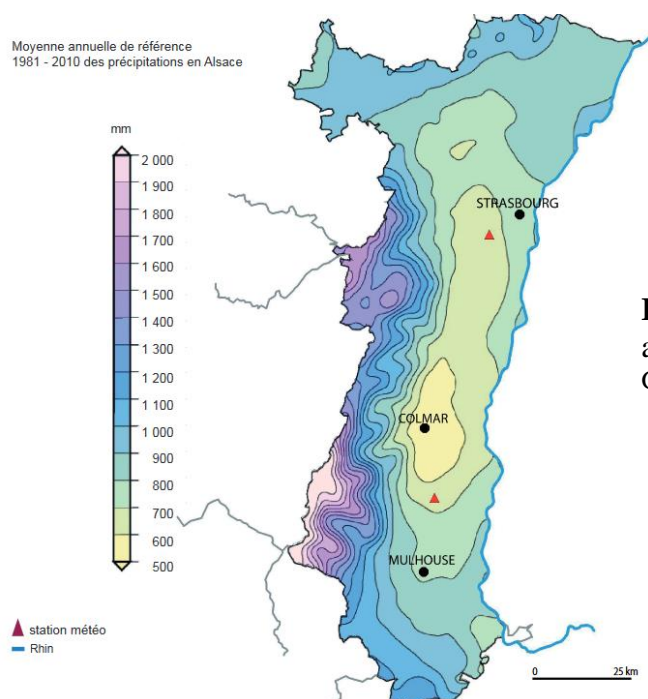


Figure 1 : Carte des précipitations moyennes annuelles de 1981-2010 en Alsace (DRAAF Grand Est, 2016)

Ainsi, les précipitations sont spatialement très hétérogènes (Figure 1) avec la plaine peu ventilée qui reçoit en moyenne 700mm par an tandis que des points culminants des Vosges atteignent les 2000mm par an.

1.2 Un territoire marqué par une diversité de petites régions agricoles

Du fait des particularités topographiques et climatiques, l'agriculture alsacienne s'est construite autour de modèles agricoles diversifiés et complémentaires. Il en résulte 10 Petites Régions Agricoles (Figure 2). Les reliefs vallonnés des collines sous vosgiennes sont marqués

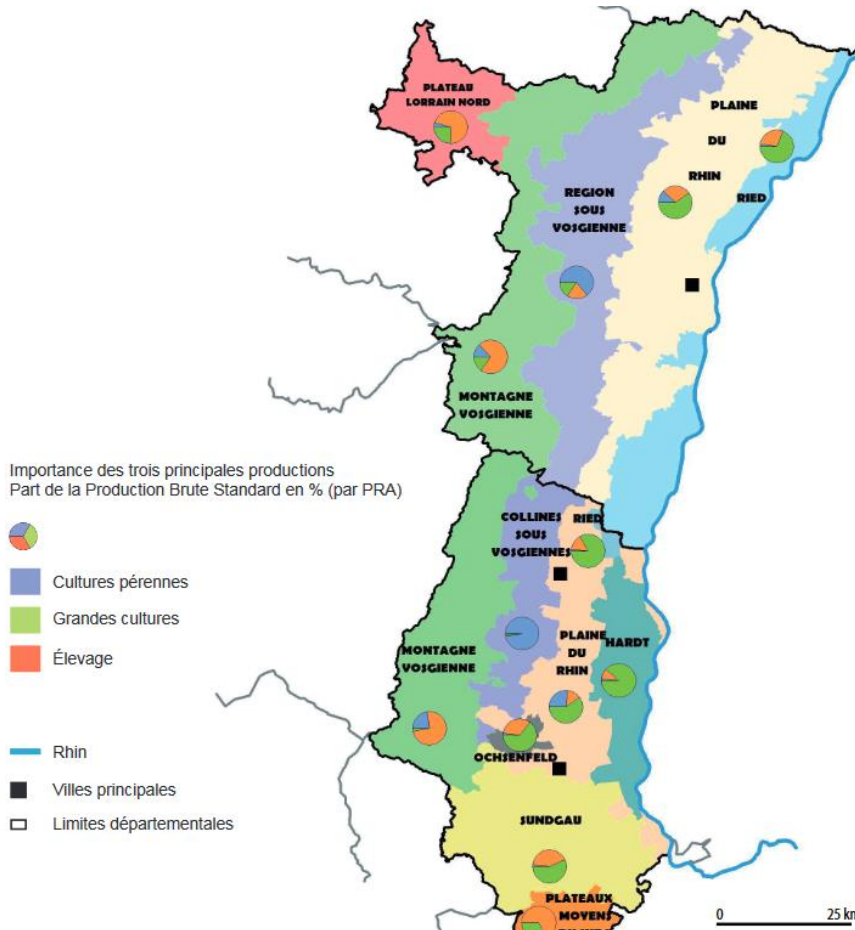


Figure 2 : Carte des 10 Petites Régions Agricoles d'Alsace (DRAAF Grand Est, 2016)

par le vignoble alsacien de grande renommée. L'élevage principalement bovin laitier ou allaitant occupe le Sundgau et les zones de plateau Lorrain Nord et du Jura, avec leurs terres argileuses en fond de vallées.

La plaine est logiquement marquée par les grandes cultures (GC) avec une dominance du maïs. Les terres de loess et limoneuses de la plaine du Rhin constituent un substrat riche et fertile

pour les grandes cultures. Les terres de limons issus de loess, occupant une

partie de la plaine sont en général non irriguées car la Réserve Utile (RU) des sols est grande (>120 mm (Lebreton-Thaler, 2001)) et permet de bons rendements.

Avec des rendements moyens en maïs grain sur la période 2013-2017, de 113 quintaux par hectare dans le département du Haut-Rhin et de 103 quintaux par hectare dans le département du Bas-Rhin (DRAAF Grand Est, 2019), la filière alsacienne bat des records de productivité.

L'omniprésence du maïs est aussi visible dans les sols pauvres et superficiels de la Hardt, grâce à la proximité de la nappe phréatique rhénane. Le développement de l'irrigation dans la Hardt a conduit à l'explosion de la maïsiculture sur ces terres.

L'essor du maïs grain reste relativement récent, depuis les années 1970 et a pu être incité

par un accès facile et non restreint à l'irrigation, les nombreux débouchés locaux mais aussi internationaux avec l'accès au Rhin et les encouragements financiers par les réformes de la Politique Agricole Commune (PAC). De nos jours, les cultures spéciales et emblématiques de l'Alsace (chou, houblon, tabac...) sont délaissées au profit d'une plus grande diversité céréalière avec l'introduction du soja, du tournesol ou le retour du blé et du colza (Tableau 1).

	Blé tendre	Orge et escourgeon d'hiver	Maïs grain et semence	Colza	Tournesol	Soja
Surface (en milliers d'ha)	51,4	5,5	113,1	7,4	1,3	5,3

Tableau 1 : Surface des productions en grandes cultures en Alsace (Agreste, 2023)

Malgré tout, la filière céréale alsacienne dynamique repose sur une agriculture intensive avec une quasi-monoculture de maïs : plus de 70% des surfaces céréalières alsaciennes sont dédiées à la production de maïs grain (FranceAgriMer, 2010).

2 Un territoire non épargné par le changement climatique

2.1 Des premiers constats des évolutions climatiques en Alsace...

Au vu de la situation globale autour du changement climatique et les sonnettes d'alarmes régulièrement tirées par de nombreux experts scientifiques comme le GIEC, des études ont été réalisées à l'échelle nationale pour mieux comprendre les enjeux auxquels se confronte ou aura à se confronter le territoire français.

Des outils climatiques et méthodes d'analyses comme les scénarios développés par le GIEC, permettent de modéliser l'évolution de variables climatiques selon les émissions en gaz à effet de serre.

L'utilisation de cette méthode a permis de modéliser l'évolution du climat sur le territoire alsacien lors de travaux sur le diagnostic territorial d'adaptation au changement climatique de la région Grand Est (CA GE, 2021).

i Évolution historique du climat alsacien

Selon ces travaux, sur ces 50 dernières années on observe une augmentation tendancielle de la température très significative d'environ +0.3°C par décennie. Cette augmentation est trois fois plus forte que celle observée sur l'ensemble du XX^{ème} siècle, ce qui illustre une accélération du processus de réchauffement climatique, notamment depuis le début des années 1980s (CA GE 2021).

À cela s'ajoute une nette augmentation du nombre de jours estivaux (jours où la température maximale dépasse 25°C) avec en moyenne +6 jours estivaux par décennie. Les conséquences directes pour l'agriculture sont des risques de stress thermique et en particulier d'échaudage au printemps et en été.

De plus, la demande en eau par l'atmosphère augmente, ce qui a pour conséquence un durcissement des conditions hydriques pour la végétation et donc pour les plantes cultivées.

Il en résulte que l'évapotranspiration, s'accroît avec +29 mm/décennie pour le Bas Rhin et +24 mm/décennie pour le Haut Rhin par rapport à la période 1959-2015.

Enfin, les analyses de surfaces touchées par la sécheresse des sols depuis 1959 ont mis en avant une augmentation très nette de la surface des sécheresses en Alsace depuis 2011, passant de valeurs de l'ordre de 10-15% dans les années 2000 à près de 20-25% de nos jours. (CA GE, 2021).

ii Projections de l'évolution du climat en Alsace

Pour aller plus loin et pouvoir anticiper et/ou s'adapter au changement climatique sur le territoire, des projections climatiques régionales ont été réalisées grâce aux données climatiques DRIAS 2020, pour un horizon temporel moyen de 2050 et selon un scénario intermédiaire d'émissions limitées RCP 4.5 (CA GE, 2021). La période 1975-2005 étant la période de référence.

En reprenant les mêmes variables climatiques que précédemment, les perspectives climatiques sur le XXI^{ème} siècle en Alsace sont :

- une augmentation des températures moyennes annuelles de +1,5°C par rapport à la référence soit de 11°C à environ 13°C ;
- un accroissement important du nombre de jours estivaux de +25 à 30 jours par rapport à la référence soit de 35 jours à environ 70 jours par an.

D'ici 2050, l'Alsace doit s'attendre à une poursuite de son réchauffement et de son nombre de journées chaudes. A l'inverse, les nombres de jours de gel continuent de diminuer. Enfin, l'assèchement du sol est de plus en plus marqué et cela quelles que soient les saisons.

Des conclusions plus poussées autour de la ressource en eau de la région soulignent un accroissement de la tension sur les ressources superficielles de fin d'été à début d'automne ainsi qu'un assèchement des sols plus prononcé à l'automne qu'au printemps.

Les risques de sécheresse des sols impactent directement les productions végétales et la

disponibilité réduite des ressources superficielles précarise l'alimentation en eau des exploitations. Ces enjeux semblent être prioritaires pour l'Alsace (CA GE, 2021 ; RMT ClimA 2022).

2.2 ...aux conséquences des aléas climatiques sur l'agriculture alsacienne

Ces dernières années ont été particulièrement marquées par des successions d'évènements climatiques extrêmes, plutôt défavorables pour l'agriculture française et alsacienne.

En effet, depuis l'été 2021, la France métropolitaine subit une sécheresse météorologique qui s'est poursuivie au début de 2023. Depuis août 2021, tous les mois sont déficitaires en pluie à l'exception des mois de décembre 2021, juin 2022 et septembre 2022. Cette situation se traduit par un assèchement des sols, sans retour à la normale depuis la sécheresse de l'été 2022 (Météo France, 2023).

En Alsace, le constat est sans équivoque : les sécheresses successives ont un impact direct sur le rendement, avec une baisse d'environ 15% en 2022 pour le maïs (L'Alsace, 2022).

Et si la nappe rhénane permet à certains de pallier le manque d'eau notamment au cours de la période estivale, la variabilité intense des aléas climatiques sur le territoire inquiète.

Les alertes sécheresses renforcées se multiplient et pour la première fois, un arrêté sécheresse de juillet 2023 restreint l'utilisation de l'eau de la nappe à destination de l'irrigation dans le Ried Centre Alsace, un secteur du Haut Rhin particulièrement sensible avec la présence de cours d'eau phréatiques (Préfecture Haut Rhin, 2023).

Dans cette continuité, durant cette fin de printemps 2023, plus de 80% de l'Alsace n'a connu aucune précipitation pendant 40 jours, une situation inédite depuis 1969. Soumis à des conditions sèches pendant 2 mois, les cultures ont souffert et les cultures estivales comme le maïs ont subi un stress hydrique impactant leur croissance végétative et leur développement (CAA, 2023).

Les évolutions du climat en Alsace affectent les exploitations agricoles alsaciennes d'autant plus ces dernières années à cause de cette succession d'évènements climatiques rudes.

Il convient aussi de mentionner les nouvelles opportunités fournies à l'agriculture par le changement climatique, notamment l'offre supérieure de températures permettant des variétés plus productives ou deux récoltes dans l'année.

3 Favoriser les évolutions des systèmes de cultures pour s'adapter au changement climatique : le projet KLIMACrops

3.1 Présentation et objectifs du projet

Pour répondre aux enjeux climatiques auxquels fait face et devra faire face le monde agricole, les acteurs agricoles autour de la plaine du Rhin supérieur se sont mobilisés afin d'organiser des stratégies d'adaptation.

Le projet Interreg KLIMACrops rassemble des partenaires allemands, français et suisses pour travailler en coopération transfrontalière sur les évolutions des systèmes grandes cultures du territoire du Rhin supérieur. L'orientation grande culture a été choisie car il s'agit de la typologie dominante des exploitations de la région avec plus de 60% de la SAU occupée par les grandes cultures, notamment le blé et le maïs (KLIMACrops, 2023).

Ce projet sur 3 ans vise à fournir aux exploitations agricoles, à court terme, des leviers d'adaptation au changement climatique et à orienter, à moyen et long termes, les choix stratégiques des exploitations, l'organisation des filières et la gestion de l'eau. Il a aussi pour objectif d'accompagner les exploitations sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre de leurs activités.

L'objectif est qu'à l'issue du projet, les différents acteurs agricoles et partenaires ayant participé aient une connaissance accrue en matière de stratégies d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de celui-ci. Cela se traduira par la mise à disposition de leviers d'actions, concrets et référencés, possibles, d'une offre de formation et de conseil enrichie, plus à même d'éclairer les exploitants agricoles dans leurs décisions (KLIMACrops, 2023).

3.2 Organisation du travail coopératif

Ce projet, porté par la Chambre d'Agriculture Grand Est (CA GE) et co-financé par l'Union Européenne, est structuré autour de différents chantiers (Figure 3) menés en coopération entre les partenaires.

Les échanges entre agriculteurs et conseillers ainsi qu'entre les différents partenaires doivent permettre un partage et une diffusion des connaissances. Les différents dispositifs expérimentaux mis en place produiront des références et des recommandations sur des pratiques agricoles répondant aux enjeux d'adaptation.

Fournir des leviers d'adaptation au changement climatique et orienter les choix stratégiques des exploitations, l'organisation des filières

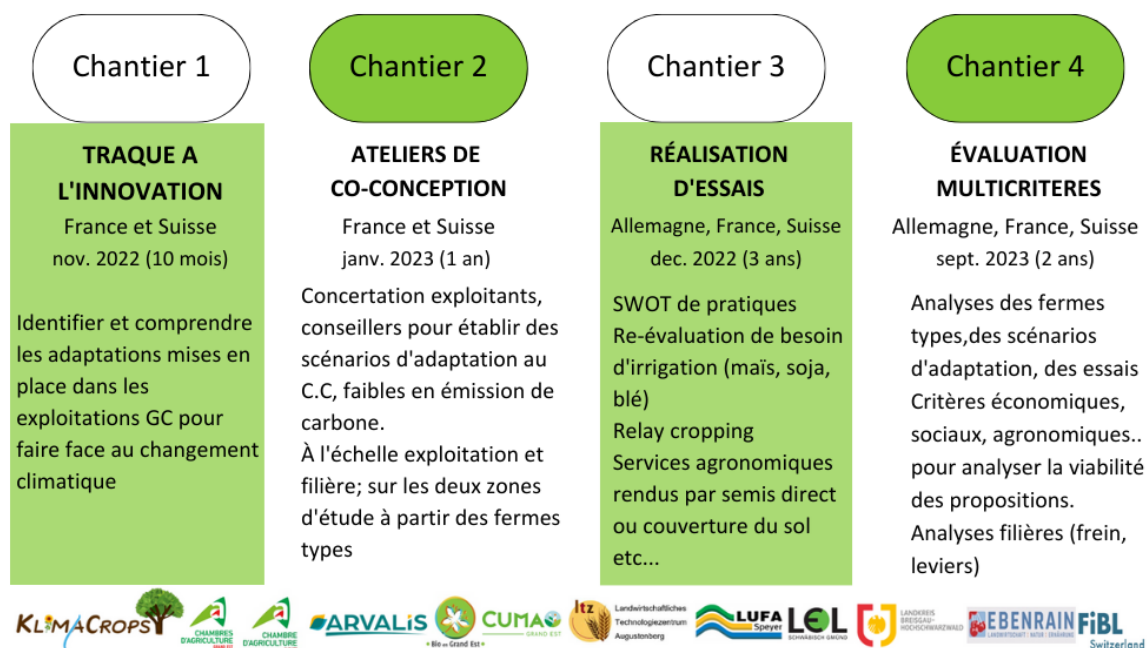


Figure 3 : Présentation de la structure du projet KLIMACrops autour de 4 chantiers principaux (réalisation personnelle)

La traque à l'innovation est le chantier 1 (Figure 3) et fait l'objet de ce stage pour celle réalisée en France. Une autre est en cours de déploiement par les partenaires suisses.

3.3 La traque à l'innovation

i L'apport des traques d'innovations

La traque à l'innovation terrain vise à repérer, étudier et valoriser des innovations d'agriculteurs. En effet, les exploitants agricoles sont source d'innovations, mises en œuvre pour faire évoluer, améliorer leur système et répondre à des enjeux spécifiques. Comme le soulignent Goulet et al. (2008) « *les agriculteurs ajustent en permanence leur action et leur connaissance, ils s'adaptent à des changements et parfois créent des nouveautés techniques et organisationnelles qui peuvent alors être reprises par d'autres* ».

En agriculture, ces innovations sont souvent des innovations de procédés (système de culture, pratiques d'élevage...) menées par un agriculteur seul ou avec d'autres acteurs du territoire (Meynard et al., 2012). Néanmoins l'inventivité de ces agriculteurs est souvent peu visible, restant à une échelle locale sur la ferme ou le voisinage (Meynard et al., 2016).

Le projet KLIMACrops étant dans une démarche de faire évoluer les pratiques agricoles pour qu'elles soient plus adaptées aux contextes locaux et au changement climatique, il est plus que pertinent de réaliser un état des lieux de ce qui se fait d'innovant sur le territoire pour en tirer des enseignements et s'en inspirer (Salembier, 2019).

L'objectif de la traque est « *de repérer des innovations techniques, systémiques ou organisationnelles conçues par des agriculteurs, d'en caractériser les performances économiques et environnementales et d'analyser les conditions d'expressions de ces performances* » (Meynard et al., 2016)

ii Démarche et objectif de la traque à l'innovation du projet KLIMACrops

Nous parlerons de traque aux adaptations plutôt qu'innovations, dans la mesure où c'est sous ces termes que le projet a été présenté aux différents acteurs rencontrés, dans un souci de compréhension et d'efficacité.

La traque déployée au sein du projet est une traque exploratoire visant à repérer, comprendre et analyser des innovations mises en place dans des exploitations grande culture pour faire face au changement climatique. Ce panel d'innovations techniques et/ou organisationnelles sera valorisé en servant de base de réflexion lors des ateliers de co-conception mais aura aussi vocation à être diffusé plus largement pour inspirer d'autres agriculteurs et conseillers.

La traque française a été déployée dans deux zones agricoles de l'Alsace : la plaine irriguée de la Hardt et le Kochersberg, plateau lœssique caractérisé par la polyculture-élevage (PCE) et les grandes cultures.

3.4 Problématique

Dans ce contexte de changement climatique où l'adaptation est soulignée comme nécessaire, la problématique guidant ce stage est « *quelles adaptations au changement climatique sont actuellement expérimentées et/ou adoptées par les agriculteurs grandes cultures de la Hardt et du Kochersberg* ».

Plusieurs sous questions en découlent :

- Quelles sont les motivations des agriculteurs ayant mis en place des adaptations ?
- Quelle diversité de solutions existe-t-il pour une même motivation et quels résultats sont attendus ?
- Existe-t-il des étapes clés communes au processus d'innovation permettant de faciliter le transfert des adaptations à d'autres contextes ?

Les hypothèses faites pour y répondre sont :

- Le changement climatique impacte les exploitations agricoles ce qui pousse les agriculteurs à trouver des solutions pour continuer à être viable ;
- Les agriculteurs testent différentes pratiques pour différentes motivations mais elles ne sont adoptées définitivement que si elles répondent à des attentes socio-économiques (gain de temps, économie en intrants...);
- Les agriculteurs innovent par eux-mêmes selon un schéma décisionnel qui peut être commun.

Pour y répondre, une série d'enquêtes a été réalisée auprès d'agriculteurs ayant mis en place des pratiques pour s'adapter à des impacts du changement climatique. Les adaptations identifiées ont ensuite été analysées au regard des attentes évoquées par l'agriculteur lui-même et selon la réponse qu'elles apportent à un enjeu climatique. Les différentes pratiques pourront ainsi être restituées, expérimentées voire adoptées par d'autres exploitants agricoles ou conseillers.

II. MATERIEL & METHODE

La démarche d'une traque à l'innovation se déroule selon plusieurs étapes (Salembier et Meynard, 2013) qui ont été suivies et appliquées selon les objectifs du projet et de la traque française.

1 Repérage et sélection des agriculteurs

Lors d'une traque, une des premières étapes est de caractériser le système agricole le plus commun au sein des zones d'études afin de le définir comme « norme » et de pouvoir déterminer ce qu'est une pratique innovante dans le secteur.

Ce travail a déjà été réalisé précédemment lors de la définition de la ferme type de la Hardt dans le projet KLIMACrops (Annexe 1), et retravaillé à partir du diagnostic agraire (Legrand, 2020) réalisé dans le Kochersberg (Annexe 2).

1.1 Présentation des zones d'études

Le but de la traque étant d'identifier des pratiques techniques ou organisationnelles nouvelles, « hors norme », le panel d'agriculteurs n'a pas besoin d'être représentatif de l'agriculture alsacienne mais cherche à être le plus diversifié possible.

Pour ce faire deux régions agricoles ont été choisies pour leurs caractéristiques pédoclimatiques

différentes conduisant à des problèmes différents causés par le changement climatique, donc potentiellement à des solutions différentes explorées par les agriculteurs : la Hardt irriguée et le Kochersberg. La description des systèmes agricoles communs « de référence » se trouvant déjà en annexe (1 et 2), elle ne sera pas répétée ici.

Il semble néanmoins important de décrire succinctement les deux zones d'études afin de faciliter la compréhension lors de la lecture de ce rapport.

i La plaine irriguée de la Hardt : un territoire particulièrement spécialisé

La Hardt est une des 10 PRA d'Alsace. Située dans le Haut Rhin à la frontière avec le Rhin (Figure 4), c'est une terrasse plate sèche, dominant légèrement la Plaine et la Bande Rhénane.

D'un point de vue agronomique, les sols sont médiocres, sensibles à la sécheresse climatique et pédologique. Ce sont des sols pauvres, peu profonds et caillouteux : généralement limono-argilo-sableux, peu à moyennement profonds parfois calcaires, et sur alluvions caillouteux du Rhin (DRAAF Alsace, 2013a). La RU ne dépasse pas les 60 mm pour 40 cm de sol (Party et al., 1999).

Le territoire se caractérise par des horizons boisés et une absence de cours d'eau ; trois zones peuvent se distinguer i) La Hardt Nord agricole ii) La Hardt Sud boisée iii) La Hardt de l'Est urbaine.

Au XIX^{ème}, la Hardt est une grande jachère peu productive. C'est le développement de l'irrigation dans les années 1960, qui a permis l'accroissement du secteur agricole dans le territoire. En effet, différentes ressources en eau peuvent être mobilisées.

D'une part, la nappe phréatique rhénane qui s'étend en Alsace couvre la Hardt (Annexe 3). Cette nappe peu profonde, quasi à l'affleurement par endroit est une des plus importantes réserves d'eau souterraine en Europe (APRONA).

D'autre part, la canalisation du Rhin par le canal d'Alsace, afin de produire de l'hydroélectricité,

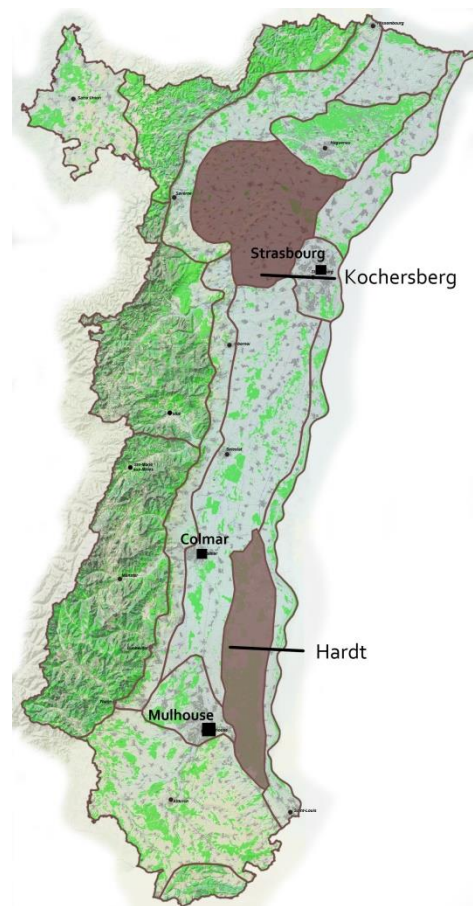


Figure 4 : Localisation de la Hardt et du Kochersberg en Alsace (DRAAF Alsace, 2013a)

rend accessible le détournement de l'eau du Rhin à destination de l'irrigation. Divers canaux se sont développés et sillonnent le territoire pour apporter de l'eau.

De fait, la culture du maïs s'y est fortement développée et concerne aujourd'hui plus de 75% des surfaces en terres labourables (Agreste, 2020). La Hardt compte les plus grandes exploitations céréalières spécialisées du Haut Rhin. La diversification des cultures y est encore faible au sein des quasi-monocultures de maïs, mais est imposée par la PAC.

ii Le plateau lœssique du Kochersberg

Le Kochersberg est un plateau lœssique caractérisé par un système de polyculture-élevage très diversifié. Le sol est riche en limon et profond (souvent plus de 1m), avec une forte RU, supérieure à 170 mm pour 110cm de sol (Lebreton-Thaler, 2001) et plus ou moins hydromorphes. Une partie de ces collines est classée en zones à sensibilité élevée à l'érosion hydrique (DRAAF Alsace, 2014). C'est un territoire marqué par les grandes cultures, les cultures spéciales (tabac, houblon, asperges, pommes...) et l'élevage (volailles, porcs, bovins laitiers et viande). Les exploitations du Kochersberg sont caractérisées par un grand nombre de petites parcelles, plus ou moins éloignées du siège de la ferme (Legrand, 2020).

Au sein du Kochersberg, trois zones peuvent être distinguées (Figure 5):

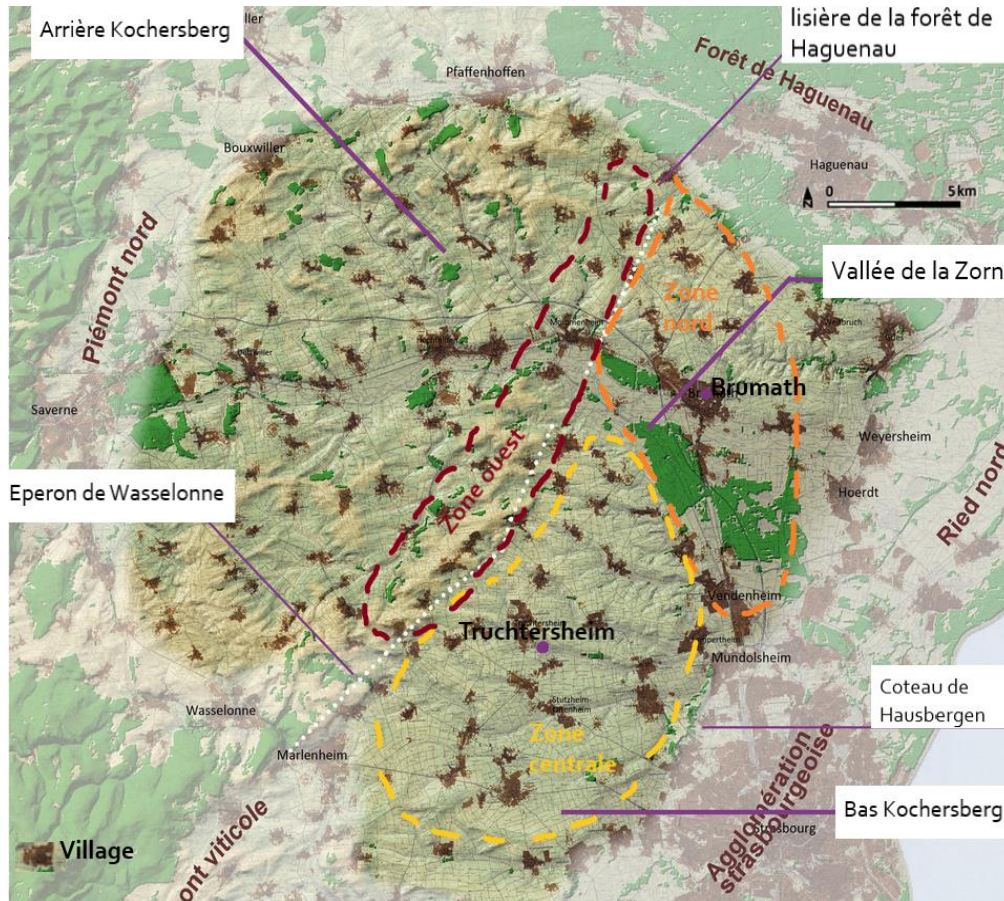


Figure 5 : Présentation de la zone d'étude du Kochersberg (réalisation personnelle, DRAAF Alsace 2013b, Legrand 2020)

- zone centrale à loess peu altérés : avec le bassin versant de la Souffel et des sols limono-argileux profonds. L'agriculture y est principalement céréalière mais il y a aussi la présence de l'élevage notamment porcin (30% de la production alsacienne) ;
- zone nord : avec le bassin versant du Neubaechel et des sols limono-argileux profonds. Les cultures céréalières cohabitent avec la présence de l'élevage et la culture du houblon ;
- zone ouest de l'éperon de Wasselonne : avec un relief marqué et des sols argilo-limoneux. Les cultures céréalières ont une dominance maïs/blé et colza/blé dû aux pentes.

L'arrière Kochersberg, situé à l'ouest du Kochersberg, sera pris en compte dans la zone d'étude. Les caractéristiques agricoles y sont assez similaires avec néanmoins davantage d'élevage bovin et de pâturages. Les sols sont y plus argileux que le Kochersberg avec un potentiel moindre.

1.2 Méthode d'identification

Afin d'identifier les agriculteurs mettant en place des adaptations par rapport au changement climatique, différentes méthodes sont mobilisées.

i Définition du référentiel de travail (Meynard et al., 2016)

D'abord, des critères ont été choisis pour caractériser les adaptations recherchées : ces critères sont larges car la traque est exploratoire, mais permettent de sélectionner les adaptations dites pertinentes pour le projet. Les « filtres » suivants ont guidé la sélection des adaptations et des agriculteurs rencontrés :

- temporel : adaptation testée plusieurs années afin d'avoir une prise de recul possible
- durable : adaptation à ambition agro-écologique, répondant aux enjeux de demain de manière réaliste.

ex : mettre en place un réseau d'irrigation dans une zone non irriguée n'est pas une adaptation que nous considérerons pertinente pour le projet.

- diverse : diversité de contextes de l'adaptation si possible, diversité d'adaptations rencontrées. Le projet fixe un objectif de 20 entretiens, 10 dans chaque zone d'étude.

Une fois le cadre de travail fixé, le repérage et la sélection des exploitants se font.

ii Constitution de l'échantillon

En amont du stage, un questionnaire en ligne a été diffusé aux agriculteurs au sein des réseaux des partenaires du projet (CAA, FR CUMA, coopératives et négoce (CAH, Ets Armbruster, ets Gustave Muller)) afin de construire une base de données d'agriculteurs considérant avoir des pratiques d'adaptation par rapport au changement climatique.

Construit autour de 3 thèmes (typologie de l'exploitation, ressentis du changement climatique, adaptations mises en place), ce questionnaire a permis aux agriculteurs connus par les différents réseaux, de pouvoir donner un aperçu de ce qu'ils peuvent faire pour s'adapter au changement climatique. Une base de données de 42 agriculteurs est alors à disposition.

D'autres bases de données ont aussi été exploitées : différents conseillers de la CAA ont listé des agriculteurs qu'ils connaissaient, qui pouvaient être pertinents pour le projet. Par exemple, une liste d'une quarantaine d'agriculteurs du Kochersberg a été utilisée.

Ces méthodes de repérage ont été complétées par deux autres méthodes :

- la méthode « boule de neige » (Meynard et al., 2012) : de proche en proche par les agriculteurs rencontrés ;
- la revue de presse : recherche d'agriculteurs dans divers médias.

Deux cas de figure se présentent pour sélectionner les agriculteurs repérés :

- une description succincte des adaptations possiblement mises en place par l'agriculteur est disponible. Les critères de sélection peuvent donc être directement appliqués et l'agriculteur est alors sélectionné ou non ;
- l'agriculteur est identifié mais les critères ne peuvent pas encore être appliqués. L'exploitant est alors contacté (mail/téléphone) et à l'issue de l'échange, l'agriculteur sera retenu ou non selon les critères.

Après ces étapes, 33 agriculteurs ont été retenus et 20 sont ensuite rencontrés (refus rencontrés par manque de disponibilité mais objectif du projet atteint) lors d'une enquête d'environ 1h30, idéalement à leur exploitation ou au téléphone. La méthode « boule de neige » et la revue de presse ont permis de repérer 3 agriculteurs chacune.

Caractéristiques	Modalité	Effectif	
		Hardt	Kochersberg
Type de conduite	conventionnel	8	8
	bio	2	2
Type d'exploitation	grandes cultures	10	5
	polyculture-élevage	0	5
Cultures irriguées	oui	10	0
	non	0	10
SAU ¹	25 à 49ha	0	3
	50 à 99ha	6	1
	100ha et plus	4	6
Nombre de cultures ¹	2 à 3	5	4
	4 à 5	3	4
	6 ou plus	2	2
Type de travail du sol	labour	5	1
	TCS + labour	4	3
	TCS	1	6

Tableau 2 : Caractéristiques des exploitations enquêtées

Grâce à ces méthodes, une diversité d'exploitants a pu être enquêtée (localisation en Annexe 4). La surface cultivée est très variable (Tableau 2) allant de 45 ha à 300 ha. Une particularité peut être soulignée, parmi les exploitations du Kochersberg, 5 sont en polyculture-élevage.

Plus de deux-tiers des enquêtés sont engagés dans une logique de techniques culturales simplifiées (TCS), la majorité favorisant les TCS mais pouvant recourir au labour lorsqu'ils y sont contraints.

2 Prendre connaissance par entretien semi-directif

Afin de pouvoir comprendre et décrire les adaptations au changement climatique mises en place, la logique d'action sous-jacente, les motivations des exploitants agricoles et la réussite des adaptations, des entretiens semi-directifs ont été réalisés.

Ce type d'enquête qualitative permet de connaître des faits mais aussi ce que l'enquêté en dit (IDELE, 2012) : la spontanéité pouvant s'exprimer lors des entretiens permet une compréhension de ce qui sous-tend son action (ou son inaction), ses freins, ses motivations...

Les entretiens semi-directifs ont permis de recueillir les données plutôt techniques liées à une adaptation et de pouvoir la coupler avec des données relevant de la sociologie avec des cheminements de pensées, des logiques d'actions spécifiques pour sa mise en place.

2.1 Déroulement des entretiens

Les entretiens ont été menés en s'appuyant sur un guide d'entretien élaboré en amont. Ce dernier s'appuie sur cinq grands axes (détaillés en Annexe 5) et a été testé lors d'un entretien type (IDELE, 2012) afin de vérifier sa cohérence.

La première partie vise à caractériser l'exploitation afin de pouvoir mettre en relation les adaptations avec le contexte agricole dans lesquelles elle s'ancre. Des informations générales sur le type de conduite, l'assolement, la rotation « classique » (Annexe 6), les types de sols sont renseignés.

La deuxième partie est construite autour des impacts du changement climatique ressenti par l'exploitant. C'est une partie importante car elle permet de laisser l'interlocuteur s'exprimer sur un sujet pouvant être perçu comme négatif, compliqué. Lors de la conduite de l'entretien, le niveau ultra local des impacts climatiques à l'échelle de l'exploitation est demandé : c'est l'expérience vécue par l'agriculteur qui est recherchée. Cela permet de comprendre la vision de l'enquêté sur le changement climatique et les impacts concrets qu'il peut avoir sur son exploitation.

La troisième partie constitue le cœur du sujet, puisque l'agriculteur va décrire les adaptations qu'il a mises en place tout en évoquant les motivations qui l'ont poussé à changer. Un point à souligner lors de la conduite de l'entretien est le réseau dans lequel l'agriculteur évolue et vers quels interlocuteurs il se tourne.

Lors de la quatrième partie, sont abordées les questions de réussite de l'adaptation, des attentes et de leur degré de satisfaction pour l'agriculteur. Les éventuelles évolutions de

l'adaptation en fonction du temps ou variantes sont aussi demandées.

Enfin la dernière partie permet d'évoquer les perspectives des adaptations mises en place et d'identifier des limites (contexte agricole spécifique, temps...).

2.2 Transcription des résultats

Tous les entretiens ont été ponctués de prises de notes et ont pu être enregistrés par audio. Un compte rendu a été réalisé pour chaque exploitation en retranscrivant les éléments pertinents pour le projet dans une fiche reprenant le plan du guide d'entretien. Ce compte rendu permet d'avoir les propos de l'agriculteur à disposition sans trop résumer afin de pouvoir comprendre les logiques d'actions dans leur entièreté.

Une grille de dépouillement (Annexe 7), reprenant elle aussi le plan du guide, a aussi été complétée. Elle permet de visualiser rapidement les réponses de chaque agriculteur aux différents thèmes, sous forme de mots clés.

3 Méthodes d'analyse et de restitution

Lors d'une traque d'innovation, il est important de pouvoir évaluer les performances des innovations sur différents critères, à définir selon les objectifs de la traque (Salembier, 2019). Nous verrons d'abord l'analyse au cas par cas développée puis l'analyse transversale.

3.1 Performances des adaptations au cas par cas

Une adaptation est définie comme une action ou un ensemble d'actions réalisées pour atteindre un objectif commun.

i Définition de la réussite des adaptations aux yeux des agriculteurs

Dans un premier temps, la réussite de chaque adaptation évoquée est analysée, en se référant aux attentes de l'agriculteur vis-à-vis de l'adaptation mise en place. En effet, l'intégration d'une adaptation dans une exploitation ne se fait que si l'agriculteur juge qu'elle est performante, qu'elle répond à des objectifs attendus.

Ces performances ont donc été pensées et évaluées à la suite des entretiens et non en amont, elles se réfèrent aux critères de réussite évoqués par l'agriculteur lui-même (Meynard et al., 2016).

Ces motivations propres à chaque agriculteur peuvent être classiquement regroupées en 4 catégories (Lairez et al., 2015 ; Schaub et al., 2016), permettant de juger de l'efficacité de l'adaptation vis-à-vis des attentes de l'exploitant (Tableau 3) :

Réussite	vert	orange	rouge
Agronomique	résultat très satisfaisant	résultat moyennement satisfaisant	pas de changement ou pas significatif
Environnementale	-	-	-
Économique	-	-	-
Sociale	-	-	-

Tableau 3 : Définition des critères de réussite des adaptations vis-à-vis des attentes exprimées par les agriculteurs

Ex : Un agriculteur sème en direct toutes ses cultures et applique des TCS dans l'objectif d'améliorer la structure de son sol pour réduire l'impact de coulées de boues causées par les orages violents.

Cette adaptation sera réussite pour lui si :

- *le rendement des cultures en semis direct diminue de maximum 5% par rapport à un semis avec travail du sol ; (agronomique)*
- *le sol a une meilleure structure : friable, moins de battance, plus de portance ; (agronomique)*
- *le sol accueille plus de biodiversité grâce aux TCS ; (agronomique et environnemental)*
- *la consommation de gasoil est réduite grâce aux TCS, ce qui compense la baisse de rendement ; (économique)*
- *le temps de travail est réduit grâce aux TCS. (social)*

Selon les résultats concrets qu'il obtient en réalisant ses semis directs et TCS, il sera plus ou moins satisfait.

ii Stratégies mobilisées par les agriculteurs par rapports aux objectifs climatiques

Dans un second temps, les adaptations sont analysées par rapport aux objectifs climatiques. Après la revue bibliographique concernant les impacts du changement climatique en Alsace (I.2), 4 problématiques prioritaires d'adaptation au changement climatique ont été identifiées (Tableau 4, les 4 premières lignes). Ces problématiques sont ressorties dans tous les entretiens réalisés avec les agriculteurs, ce qui nous conforte dans leur pertinence comme axe de travail sur le territoire.

Néanmoins, une revue de tous les changements climatiques mentionnées par les agriculteurs a été faite et a permis de faire ressortir une autre problématique prioritaire, non mentionnée

précédemment : la résistance face au vent asséchant, vent dont l'intensité et la durée semblent augmenter durant le printemps selon les agriculteurs.

Ces 5 problématiques correspondent aux objectifs climatiques prioritaires du territoire sur lesquels il serait souhaitable de pouvoir s'adapter.

Afin de pouvoir analyser comment l'adaptation permet de répondre à ces objectifs climatiques, différentes stratégies d'adaptation ont été identifiées (Tableau 4). Nous définissons une stratégie comme un mode d'action générique pour atteindre un objectif.

		Interface Climat - Culture		Interface Climat - Sol		Irrigation
Stratégies identifiées		Évitement	Génétique	Couverture du sol	Réduction travail du sol	Efficienc e de l'irrigation
Objectifs climatiques	Résistance augmentation des jours très chauds	x	x	x		x
	Résistance hausse des T° moyennes annuelles		x	x	x	x
	Résistance précipitations extrêmes			x	x	
	Résistance sécheresse	x	x	x	x	x
	Résistance vent asséchant	x	x	x	x	x

Tableau 4 : Définition de l'apport de l'adaptation vis-à-vis des objectifs climatiques prioritaires du territoire

La formalisation de ces stratégies est inspirée des travaux du Varenne de l'Eau (Cellule RIT, 2022) : des groupes de travail mixtes (agriculteurs, conseillers, experts...) ont défini des stratégies d'adaptation possibles et acceptables pour faire face aux enjeux climatiques.

Une stratégie d'évitement pour résister aux jours très chauds est par exemple d'implanter de l'orge d'hiver à la place du blé d'hiver pour éviter une période de chaleur en juin qui conduirait à de l'échaudage.

Une stratégie génétique pour résister à la sécheresse est par exemple de sélectionner et d'implanter des espèces ou variétés économes en eau durant la période estivale.

Une stratégie de couverture du sol pour résister aux précipitations extrêmes est par exemple de maximiser les couverts après maïs et de laisser les pailles de maïs et les résidus du couvert au sol pour freiner l'eau ruisselant sur une parcelle.

Une stratégie de réduction du travail du sol pour résister à la sécheresse est par exemple

d'utiliser un strip till pour planter du maïs et laisser l'inter-rang couvert sans travailler le sol pour favoriser une bonne structure du sol pouvant mieux infiltrer l'eau et une moindre évaporation.

Une stratégie d'amélioration de l'efficacité de l'irrigation pour résister au vent asséchant est par exemple d'investir dans des rampes d'irrigation et de remplacer les enrouleurs existants pour avoir un matériel d'irrigation avec moins de prise au vent.

Chaque adaptation est analysée afin d'identifier quelles stratégies sont mobilisées lors de sa mise en place. Elles apparaissent sous forme de croix dans le Tableau 4. Une adaptation est donc le résultat d'une combinaison de stratégies. Il est nécessaire de distinguer cette « performance » climatique de la réussite aux yeux des agriculteurs, car les objectifs climatiques ne sont parfois pas identifiés comme objectif premier par les agriculteurs. Ainsi, même si les adaptations contribuent *in fine* à une meilleure résistance au changement climatique, ces attentes climatiques ne sont pas ou peu mentionnées spontanément par l'exploitant.

iii Représentation des données pour faciliter leur appropriation

Pour représenter visuellement les adaptations mises en place et les performances atteintes, un format type « fiche technique » a été choisi.

Une fiche technique est réalisée pour chaque exploitation (Annexe 8): elle comporte les caractéristiques générales de l'exploitation, une description des motivations pour l'adaptation et un visuel explicatif de l'adaptation, associé aux deux tableaux (Tableau 3, Tableau 4) de performances.

Comme ces données visent à être utilisées dans le cadre du projet KLIMACrops et diffusées à des agriculteurs et conseillers, il est nécessaire que le format visuel explicatif de chaque adaptation soit simple et puisse être approprié par tous, tout en fournissant les éléments nécessaires pour pouvoir comprendre l'adaptation et potentiellement la répliquer ou répliquer sa logique.

Deux formats visuels ont été définis :

- un schéma décisionnel reprenant le modèle « en arête de poisson » (Figure 6), très utilisé pour décrire des systèmes de cultures (Schaub et al., 2016). Il est utilisé lorsque l'adaptation concerne une pratique spécifique.

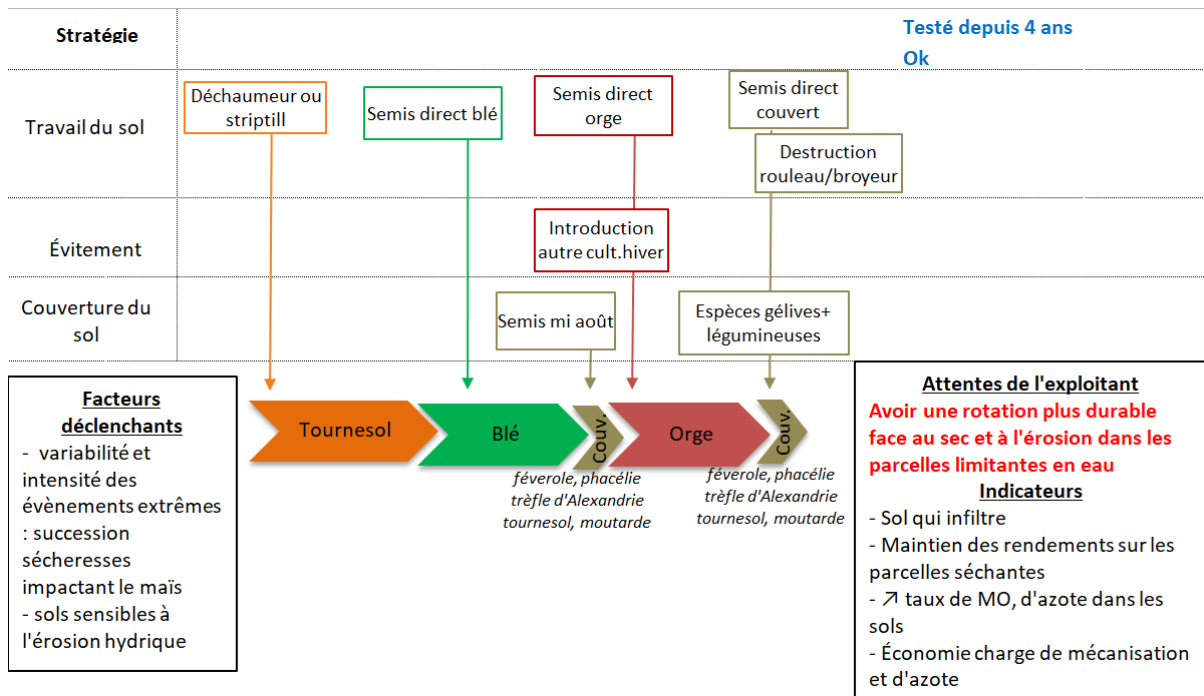


Figure 6 : exemple d'un schéma décisionnel en « arête de poisson » de K10

- un schéma décisionnel en autre format (Figure 7). Il est utilisé lorsqu'une adaptation est une innovation de rupture (Meynard et al., 2012) et que l'entièreté du système d'exploitation a été reconçu ; ou que le schéma précédent ne permet pas d'avoir une explication claire et précise.

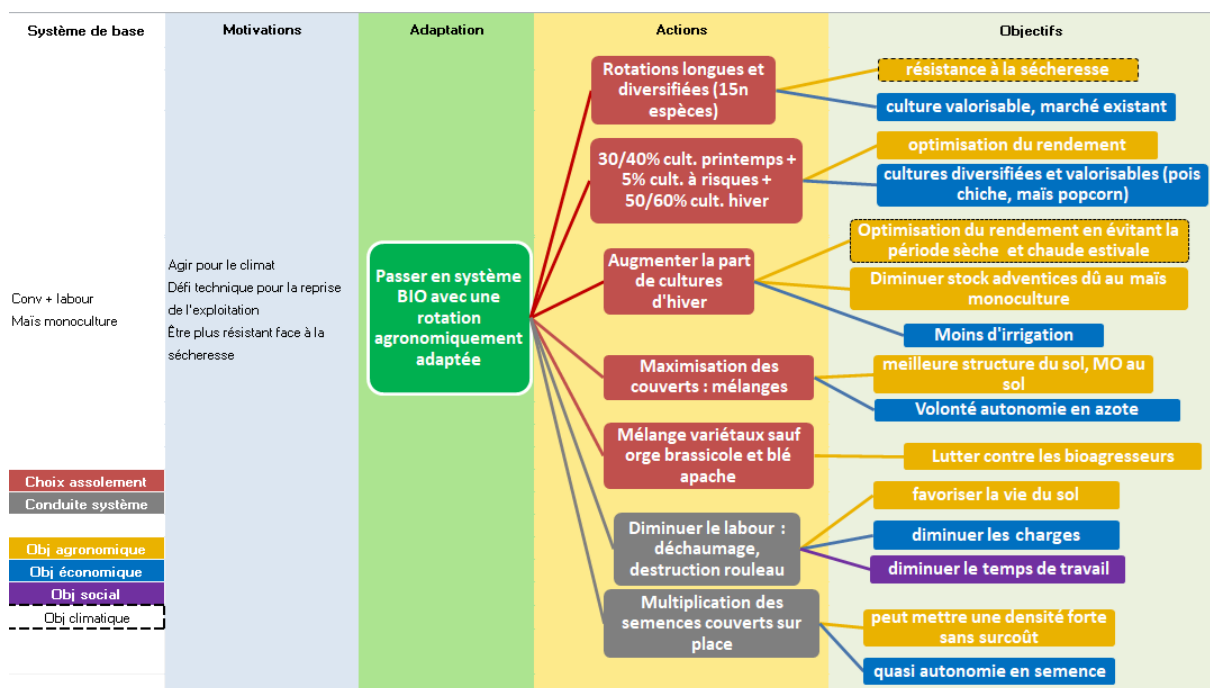


Figure 7 : exemple d'un schéma décisionnel « innovation de rupture » de H08

3.2 Analyse transversale des adaptations

Il est ensuite intéressant d'avoir une analyse transversale des adaptations (Meynard et al., 2016). Cette analyse permet d'identifier des logiques communes, des points de convergence ou divergence entre les adaptations, de définir des conditions de réussite.

Dans un premier temps, il s'agit de faire un état de la diversité des adaptations rencontrées pour un même type de motivation ou attentes et notamment vis-à-vis des enjeux climatiques.

Dans un second temps, les conditions de réussite d'une adaptation ont été analysées et identifiées. En effet, à partir de la déclinaison d'une même adaptation (ou type d'adaptation) dans différents contextes, il est possible de déterminer des conditions pour que cette adaptation soit qualifiée de performante vis-à-vis de l'objectif climatique souhaité. Pour ce faire, plusieurs sources ont été confrontées : les critères et explications évoqués par les agriculteurs, l'expertise de conseillers de la Chambre d'agriculture et les résultats de recherches de bibliographie scientifique sur le sujet.

À noter qu'en raison de la diversité des cas rencontrés, le temps a été limitant pour pouvoir être exhaustif sur ces conditions de réussite. Elles constituent tout de même une base de travail intéressante spécifique aux adaptations rencontrées.

III. RESULTATS

1 Panorama des innovations rencontrées vis-à-vis du changement climatique

1.1 Les ressentis du changement climatique à l'échelle de l'exploitation

i Variables climatiques mises en lien avec des impacts concrets sur l'exploitation

Les agriculteurs enquêtés ont souligné une diversité d'impacts observés sur leur exploitation, lié à des changements climatiques ces dernières années. Pour 70% d'entre eux, ces changements se font particulièrement ressentir depuis au moins 4 ans avec une succession d'années exceptionnelles : « *on ne connaît plus d'années normales* » (K10).

Différents changements du climat sont ressentis et ont été mentionnés (Tableau 5). Ces résultats sont cohérents avec les travaux bibliographiques sur le climat de la région : l'augmentation de la sécheresse en été est observée chez 65% des agriculteurs et l'accroissement des températures est ressenti par 75% des exploitants.

Variables climatiques	événements extrêmes		précipitation		températures		vent
Changements ressentis	↗ orages violents	↘ orages	↗ variabilité	↗ déficit hydrique estival	↗ T° annuelle	↗ T° estivale	↗ vent
Hardt	2/10	2/10	3/10	6/10	9/10	4/10	6/10
Kochersberg	6/10	2/10	5/10	7/10	6/10	7/10	3/10
Total/20	8	4	8	13	15	11	9

Tableau 5 : Changements climatiques mentionnés par les agriculteurs sur leur exploitation

Les phénomènes climatiques localisés comme les orages dépendent de la situation géographique des enquêtés mais 75% des concernés voit une tendance à l'augmentation de violents orages.

Les impacts ressentis sont divers mais ceux les plus cités ont été compilés (Tableau 6).

Changements ressentis	↗ orages	↗ déficit hydrique estival	↗ T° annuelle	↗ T° estivale	↗ vent
Impacts observés	↗ coulées de boues ↗ battance du sol	chute de rendement ↗ irrigation	↗ bioagresseurs ↗ irrigation	↗ échaudage variabilité du rendement	↗ temps de travail dessèchement du sol

Tableau 6 : Impacts, les plus cités, des changements climatiques sur les exploitations

L'impact majoritaire, cité par 100% des agriculteurs, est la baisse plus ou moins importante de rendement, particulièrement sur les cultures estivales comme le maïs. Ces 4 dernières années ont été marquées par 3 années de sécheresse et 1 année particulièrement fraîche. Cette succession de mauvaises années engendre des inquiétudes et une quête de stabilité de ces rendements.

Si presque tous les changements impactent négativement les exploitations, 2 agriculteurs ont souligné que l'augmentation des températures en automne et hiver pouvaient leur être bénéfique pour la croissance des cultures durant ces périodes.

ii Position vis-à-vis du changement climatique

Il convient de souligner que la notion de changement climatique n'est pas évidente pour tous les agriculteurs rencontrés. 20% d'entre eux ont exprimé un doute sur le lien entre les changements ressentis et le changement climatique ou ont eu une position sceptique vis-à-vis de la notion. Seuls 25% d'entre eux ont spontanément évoqué leurs recherches personnelles pour se former sur le changement climatique, grâce aux articles scientifiques et autres supports disponibles en ligne.

Pourtant tous ont mis en place des adaptations au changement climatique sur leur ferme, en réaction à des impacts du changement climatique, permettant une meilleure résistance de l'exploitation à ces changements.

1.2 La diversité d'adaptation pour répondre à des motivations spécifiques

Les agriculteurs rencontrés ont des motivations variées et mettent en œuvre une multiplicité de pratiques pour les poursuivre (Annexe 9). Il est intéressant de présenter la diversité des adaptations rencontrées et leurs objectifs, et de voir dans quelle mesure elles répondent à des enjeux climatiques.

i La stabilité et/ou l'optimisation du rendement

La motivation économique est une priorité, citée par 90% des agriculteurs enquêtés, « *on reste des chefs d'entreprise, il faut que l'exploitation soit viable économiquement* » (K03). Le maintien d'un rendement stable est recherché, notamment avec ces dernières années qui ont entraîné une variabilité importante des rendements en maïs.

Ces diminutions de rendement dues aux sécheresses ont particulièrement impacté le maïs non irrigué, dont le rendement a été divisé par 2 entre 2020 et 2023 dans au moins 3 exploitations du Kochersberg.

Les cultures irriguées sont elles aussi impactées par l'augmentation des périodes de sécheresse et des températures estivales. « *Le coût d'irrigation ne fait qu'augmenter* » (H02) pour maintenir un rendement satisfaisant, et ce dernier tend à diminuer lorsque le stress hydrique et/ou thermique impactent les stades sensibles de développement et remplissage des grains.

Au-delà du rendement évoqué, c'est la rentabilité qui est indispensable aux yeux des agriculteurs. La mise en place d'adaptations au changement climatique entraînant une diminution des charges financières et/ou un maintien d'un rendement, permet de contribuer à cet objectif en maîtrisant le coût de production.

Néanmoins, « *il est nécessaire de ne pas toujours chercher à maximiser mais être prêt à faire un peu moins (de rendement) pour s'adapter* » (K08) et être cohérent à long terme. Selon plusieurs agriculteurs, la mentalité agricole doit évoluer et accepter des rendements potentiellement un peu plus faibles, s'ils permettent d'avoir une exploitation plus résistante au changement climatique au moins à moyen terme.

- La préservation et restauration des sols

Les sols sont un sujet de préoccupation pour 17 des 20 agriculteurs rencontrés. L'amélioration de la fertilité biologique, la recherche d'une meilleure structure du sol pour augmenter la réserve utile (RU) ou lutter contre l'érosion hydrique (Figure 8) sont des motivations communes importantes chez les enquêtés.

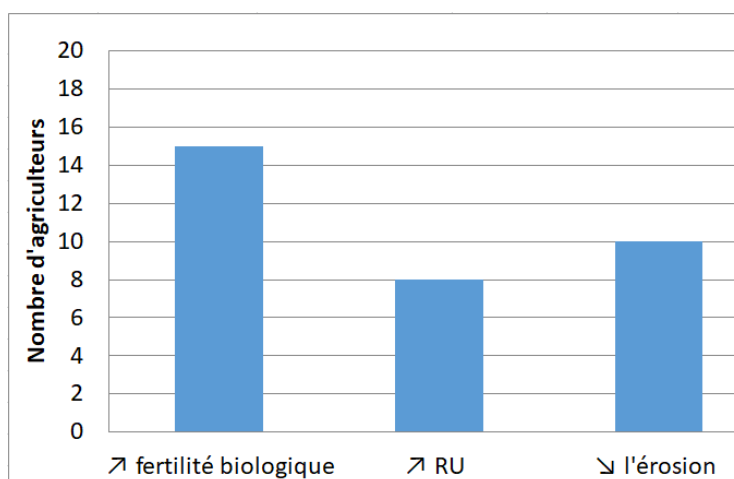


Figure 8: Motivations des agriculteurs pour les

Ces motivations ont poussé les agriculteurs à mettre en place des pratiques favorables à l'adaptation au changement climatique.

- La mise en place de couverts végétaux multi-espèces

Une couverture du sol maximale dans une rotation permet au sol de mieux résister au stress hydrique et thermique, au vent ainsi que de favoriser une bonne structure du sol.

14 agriculteurs ont mis en place des couverts végétaux avec une réflexion particulière sur le type et le choix des espèces selon les objectifs à atteindre (Figure 9). 2 types de couverts sont mis en place : estival après une culture d'hiver (blé) et hivernal après une culture d'été (maïs).

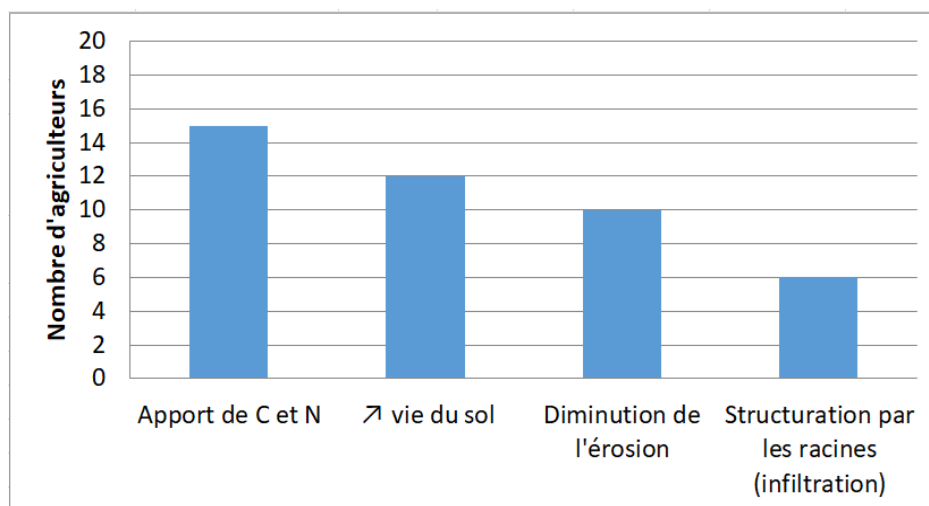


Figure 9: Intérêt de la mise en place de couverts pour les agriculteurs

75% des agriculteurs voient les couverts comme une « double nourriture pour le sol »(H07)

améliorant le potentiel de leurs sols. Une pratique identifiée comme performante selon 9 agriculteurs est de semer en direct un couvert estival de graminées-légumineuses, dans la semaine suivant la moisson d'été. Le mélange apporte de la matière organique (MO) avec la biomasse, restitue de l'azote avec les légumineuses et peut protéger rapidement le sol.

La structuration du sol par les systèmes racinaires des couverts est aussi attendue. Couvrir le sol avec « *une plante vivante plutôt qu'un sol nu* » (H02) est jugé très efficace pour les problèmes de coulées de boues : à moyen terme, les couverts ont un effet sur la structure du sol et peuvent favoriser une meilleure infiltration de l'eau. L'exploitant K08 n'a « *plus aucun soucis d'érosion de sol ou de coulées* » dans ces parcelles en dévers, depuis l'implantation systématique de couverts post blé : les résidus de culture des couverts sont laissés au sol jusqu'au semis du maïs et protègent du ruissellement lors des orages de printemps.

Les résidus sont laissés au sol et 90% des couverts sont détruits mécaniquement.

- La réduction du travail du sol

La mise en place de couverts s'accompagne d'une diminution du travail du sol pour 85% des agriculteurs enquêtés. Cela peut permettre d'être plus résistant aux coulées de boues et à l'augmentation des températures, en favorisant l'infiltration de l'eau et une bonne structure de sol. Il n'y a pas de pratique spécifique jugée particulièrement performante dans la réduction du travail du sol pour sa fertilité ou sa structuration.

Plus généralement, les TCS sont employées sur tout ou une partie de l'exploitation de 70% des agriculteurs.

Leurs performances sont mitigées, certains en sont très satisfaits pour la réduction du temps de travail, la diminution des charges et une bonne structure du sol jugée par un test bêche. D'autres en sont moins convaincus avec « *une gestion des adventices plus difficile sans résultat significatif sur la structure de mon sol* »(K03).

Le semis direct est employé par 45% des exploitants, principalement pour le blé, les couverts et le maïs. C'est une pratique jugée performante lorsque la parcelle est propre, sur des sols sensibles à l'érosion.

Malgré des résultats mitigés, 90% des agriculteurs ont évoqué la réduction du travail du sol comme motivation actuelle ou projet futur. Selon K05, « *s'il n'y a aucun accident climatique, la terre labourée ça se passe bien mais elle n'a pas de résilience. La terre peu travaillée, sans intervention brutale, est plus résiliente s'il y a des à-coups climatiques importants : le sol à un effet éponge* ».

ii Réduction de la dépendance vis-à-vis de l'eau durant la période estivale sèche

Les périodes de sécheresse s'accroissant ces 4 dernières années, 80% des agriculteurs interrogés ont cherché à diminuer leur dépendance vis-à-vis de l'eau pendant la période estivale sèche. Ces besoins en eau entraînent des charges supplémentaires en irrigation et/ou font dépendre la rentabilité de l'exploitation principalement sur le rendement en maïs.

Une adaptation jugée performante par 12 des agriculteurs, est l'augmentation de la proportion de culture d'hiver dans l'assolement. Les exploitants cherchent un évitement des périodes sèches en implantant des cultures dont les besoins en eau coïncident avec la pluie. Les cultures citées blé, orge d'hiver, colza ont des besoins en eau décalés par rapport à la période estivale sèche et atteignent de bons rendements (90q/ha, 70q/ha et 40q/ha en moyenne).

La diversification des successions largement dominées par les cultures de printemps, avec des cultures d'hiver, permet d'être moins dépendant des rendements de la période estivale : « *le maïs n'est plus aussi performant qu'avant* »(H09).

D'autres cultures estivales à moindres besoins en eau que le maïs ont été intégrées avec comme objectif de mieux résister au stress hydrique, donc d'avoir un bon rendement sans surcharge d'irrigation par exemple. L'introduction du tournesol, du soja, du pois chiche, du sorgho est jugée satisfaisante, notamment par les agriculteurs en BIO.

La volonté de garder l'humidité du sol se traduit par les pailles et les résidus de couverts laissés au sol par 70% des enquêtés. L'agriculteur K04 moissonne son blé sans enfouir les résidus, qui viendront ensuite « *garder le sol plus frais et conserver une certaine humidité* ».

Les stratégies d'évitement du déficit, la diminution du maïs au profit de cultures d'hiver et de cultures de printemps à moindre besoin en eau ou la couverture des sols permettent d'améliorer la résistance des exploitations au stress hydrique et thermique.

La diversification résultant de ces changements de pratiques et d'assolement répond aussi à un objectif d'amortissement de la variabilité climatique pour 3 agriculteurs. Le revenu de l'exploitation n'étant plus basé sur une culture principale majoritaire, comme le maïs, il sera plus à même de rester stable malgré des accidents de rendements dus à des aléas climatiques.

1.3 Efficacité des stratégies déployées par les agriculteurs pour répondre aux objectifs climatiques : confrontation avec la littérature

Une revue de littérature a été réalisée pour essayer de confronter les dires d'agriculteurs sur leurs pratiques et pour identifier ce qui est avéré ou pas, notamment au regard des objectifs climatiques. Cette revue est partielle et certaines sources se contredisent, il est parfois difficile de conclure. Néanmoins certains points peuvent être soulignés.

i La couverture du sol

Pour répondre aux objectifs climatiques, une couverture du sol peut être très efficace, comme mentionné par plusieurs agriculteurs : notamment pour diminuer l'évaporation du sol et améliorer l'infiltration de l'eau

Néanmoins, certains exploitants exportent leur paille (blé, maïs) ou enfouissent les résidus des couverts d'intercultures avant le semis de la culture suivante.

Ces pratiques contribuent à diminuer l'efficacité de la couverture du sol : la surface du sol couverte par des éléments sera réduite (IBIS, 2008 ; Tchatipki, 2023).

De plus, concernant le semis de couverts estivaux après une céréale d'hiver (blé, orge), il a été mentionné par plusieurs agriculteurs que la date de semis pouvait être tardive (mi à fin août) afin d'avoir des conditions d'implantation plus propices, avec plus d'humidité.

Selon plusieurs essais terrain, afin d'avoir un couvert bien développé (biomasse aérienne et souterraine), il est plus efficace de semer précocement le couvert (dans la semaine suivant la moisson), même si les conditions sont plus sèches qu'à la fin de l'été (Thomas et Archambeau, 2003 ; CAA, 2017).

ii L'efficacité d'irrigation

Investir dans un matériel d'irrigation plus performant en termes d'efficacité de l'eau a été réalisé par plus de la moitié des exploitants de la Hardt. Selon eux, cela permet de mieux résister au vent, à l'augmentation des températures et au sec soit par une réduction du coût de l'irrigation soit en distribuant de manière plus efficace l'eau. Tout cela en comparaison à un enrouleur.

En effet, en grandes cultures, les économies observées lors du passage de l'enrouleur au pivot se situent autour de 10-25% (Tchatipki, 2023).

D'autres leviers améliorant l'efficacité des matériels d'irrigation n'ont pas été mentionnés par les exploitants rencontrés. Comme par exemple la mise en place d'arroseurs basse pression sur les pivots, qui permettent d'améliorer l'efficacité d'application et de stockage en générant de grosses gouttes, moins sensibles à l'évaporation directe et au vent (Tchatipki, 2023).

La partie ci-avant présente le panorama général des motivations des agriculteurs et les pratiques innovantes employant des stratégies d'action communes qui en ont résulté. Il semble pertinent de se replacer à l'échelle de chaque zone d'étude, pour préciser l'influence éventuelle du contexte agricole dans le choix d'adaptation.

2 Une diversité de solutions pour répondre aux impacts du changement climatique nuancée selon les zones d'études ?

Afin de mettre en évidence l'influence du contexte agricole sur les adaptations mises en place, nous nous intéresserons ici uniquement à l'impact **du déficit hydrique** sur les 2 zones d'études. Cet impact a été mentionné par tous les agriculteurs.

2.1 Un impact du déficit hydrique s'exprimant différemment selon les zones d'études

Le déficit hydrique impacte les agriculteurs toutes zones confondues, mais les impacts sur les exploitations ne sont pas les mêmes pour la Hardt et le Kochersberg.

i Les irrigants de la Hardt

Dans la Hardt, l'impact principal du déficit hydrique estival se traduit par une augmentation des charges financières. 100% des exploitants interrogés de la Hardt constatent une augmentation de leur coût d'irrigation, qu'ils expliquent par la nécessité de pallier le déficit hydrique estival sur le maïs et « *une saison d'irrigation qui débute plus tôt vers mi-juin au lieu de mi-juillet* »(H01) : le blé en fin de cycle est arrosé de plus en plus fréquemment, lors des périodes de hautes températures, pour assurer un bon rendement.

80% d'entre eux ont mis en place une adaptation visant à avoir une meilleure gestion de l'eau d'irrigation et/ou économiser de l'eau.

ii Les céréaliers du Kochersberg

Si 30% des agriculteurs de la Hardt citent des variations de rendement en maïs dues au déficit hydrique, ce chiffre monte à 100% chez les agriculteurs du Kochersberg. Le maïs réalisant son cycle au cours de la période estivale, les périodes successives de déficit hydrique estivales causent « *des chutes de rendement en maïs* »(K07). « *Ces trois dernières années ont été catastrophique (en rendement de maïs), l'eau est le facteur limitant* »(K03), et certains se posent des questions sur « *l'avenir du maïs dans le système sans irrigation* »(K08). 100% d'entre eux ont mis en place des adaptations visant à stabiliser un revenu viable et/ou conserver l'eau dans le sol.

2.2 S'adapter aux impacts du déficit hydrique : des stratégies préférentielles selon la Hardt et le Kochersberg

Pour répondre à ces motivations et s'adapter aux impacts du déficit hydrique, les agriculteurs des 2 zones ont des stratégies d'adaptation différentes (Tableau 7).

Impact climatique		Déficit hydrique				
Stratégies d'adaptation		Évitement	Génétique	Couverture du sol	Réduction travail du sol	Efficiences de l'irrigation
Nombre d'agriculteurs	Hardt	2	2	4	4	5
	Kochersberg	8	4	6	5	x

Tableau 7 : Stratégies d'adaptation au déficit hydrique mises en place par les agriculteurs de la Hardt et du Kochersberg

i **Changer de pratiques pour optimiser l'eau dans la Hardt**

Les agriculteurs de la Hardt axent leurs adaptations sur l'efficacité de leur irrigation pour répondre à l'augmentation de leurs charges :

- en investissant dans un matériel d'irrigation plus efficace que l'existant (Tableau 8) : 60% ont investi dans une rampe ou un pivot électrique. Ce type de matériel « permet une répartition plus homogène des gouttes et est moins sensible au vent »(H05).

Principaux points communs	Pratique innovante	Changement dans la conduite d'exploitation	Points positifs agriculteurs (selon agriculteurs avec le même type de pratiques)	Points positifs déficit hydrique	Remarques agriculteurs (selon agriculteurs avec le même type de pratiques)
-couverture irrigation >70% de la SAU -remplacement enrouleur ou matériel cassé	Investissement rampe électrique (H05)	-réglage aspersion en fonction du sol	-gain de temps et d'énergie (H03) -moins de prise au vent (H01) -meilleur apport à la plante(H10)	-eau distribuée localement + moins sensible vent	- dose d'irrigation précise grâce au pilotage (H03)
	Investissement pivot de précision (H04, H06)	-définir zones de modulation -réglages aspersion en fonction des zones	-éviter recouvrement (H04) -économie en eau (H04) -pilotage irrigation en fonction potentiel de sol et cultures (H06)	-eau mieux valorisée sur sol superficiel : petits apports réguliers	-nécessité accompagnement (H04) -efficace sur tronçon (H04) -modulation intra-parcellaire par zone assez grande (H06)

Tableau 8 : Choix de matériel d'irrigation performants et innovants d'H05, H04 et H06

H04 et H06 sont précurseurs en Alsace dans leur pilotage de l'irrigation avec l'inclusion d'un

pivot de précision dans leur matériel d'irrigation. Les deux exploitants pratiquent la modulation intra-parcellaire avec pour objectif d'apporter la bonne dose d'irrigation selon la culture, le potentiel de sol...

- en associant TCS et une couverture du sol plus régulière (Tableau 9) pour garder l'humidité du sol voire « *augmenter la RU* »(H03), et réduire les charges de mécanisation.

Cultures	Principales étapes classiques communes	Pratique innovante	Changement dans la conduite d'exploitation	Points positifs agriculteurs (selon agriculteurs avec le même type de pratiques)	Points positifs déficit hydrique	Remarques agriculteurs (selon agriculteurs avec le même type de pratiques)
Blé ->Maïs	-semis blé novembre -récolte blé mi- juillet - 1/2 déchaumages à 10-15cm	Couvert estival multi-espèces à forte biomasse (H09)	-variété précoce de de blé -récolte début juillet - pailles laissées au sol - semis à la volée couvert multi-espèces -broyage (avril-mai)+ déchaumage	-> vie du sol + restitution azote(H09) -structure du sol (H07) - > temps de travail	- > infiltration de l'eau -humidité retenue par le paillage - > évaporation	-associer légumineuses pour reliquats d'azote (H09) -surveiller le développement d'adventices
Maïs -> Maïs	- semis maïs mi-mai - récolte maïs mi-octobre	SD maïs sous couvert hivernal (H01)	- 1 déchaumage post maïs -semis à la volée couvert multi-espèces peu gélives (phacélie, pois, trèfle) - semis direct maïs dans le couvert -destruction rouleau (mai-juin)	-> fertilité sol (MO) -> consommation gasoil -> évaporation du sol		- Difficulté semer le couvert max 5j après récolte maïs (H02) -Choisir espèces faciles à détruire au rouleau (H01)

Tableau 9 : Pratiques innovantes associant couverture du sol et TCS d'H09 et H01

Ces pratiques (Tableau 9) permettent d'assurer une bonne couverture du sol et de réduire la perturbation de la structure du sol, voire de l'améliorer si la couverture est ininterrompue ou maximale en termes de biomasse.

ii Stabiliser les rendements et assurer un revenu viable dans le Kochersberg

Sans accès à l'eau pour l'irrigation, les agriculteurs interrogés du Kochersberg cherchent un revenu stable et viable pour leur exploitation, qui passe par un coût de production faible. Cela passe par deux stratégies d'adaptation :

- l'évitement du déficit hydrique de la période estivale pour maintenir un rendement satisfaisant ;
- la réduction des charges de l'exploitation.

Éviter la période de déficit hydrique revient à optimiser la mise en culture pendant la période hivernale. 80% des enquêtés du Kochersberg ont augmenté la part de cultures d’hiver (Tableau 10) dans leur assolement en diminuant leur sole maïs : cela leur permet aussi de diversifier leur source de revenu et de réduire leur dépendance au rendement en maïs, dont les rendements sont très variables depuis 4 ans. La diversification des cultures est aussi une adaptation recherchée par les agriculteurs : la mise en place de cultures estivales avec moins de besoin en eau, couplée avec l’augmentation des cultures d’hiver (Tableau 10) tend à sécuriser des rendements corrects (90q/ha de blé, 40q/ha de colza, 20 à 25 q/ha de tournesol, 80q/ha de sorgho) et donc un revenu viable malgré le déficit hydrique estival.

Principaux points communs	Pratique innovante	Changement dans la conduite d'exploitation	Points positifs agriculteurs <i>(selon agriculteurs avec le même type de pratiques)</i>	Points positifs déficit hydrique	Remarques agriculteurs <i>(selon agriculteurs avec le même type de pratiques)</i>
- historiquement dominance maïs	↗ cult. hiver + cult. été économe en eau (K03)	-blé cult. principale - introduction orge - ↘ maïs à 15% SAU sur sols loess profonds - introduction tournesol, sorgho	-filières déjà présentes donc cult. Valorisables -orge ne s'échaude pas (K04) -meilleure résistance tournesol	- moins de besoin en eau pendant la période estivale	-difficulté implantation cult. estivale avec le sec (K03) -problème limace en année humide sur tournesol (K10)
	↗ cult hiver + ↗ maïs (K07)	- blé cult. principale - introduction colza - ↘ maïs uniquement sur sols loess profond - contrat luzerne avec éleveur	-bon rendement du colza (K06) -diversification revenu	-optimisation des cultures d'hiver	-échaudage du blé (K05)

Tableau 10 : Stratégie d’évitement du déficit hydrique par K03 et K07

Ces adaptations résultent d’une réflexion agronomique approfondie sur les potentiels de sols et les cultures. Le maïs reste la culture avec la marge la plus grande pour le secteur, même si le rendement est variable avec les années, la culture reste implantée dans les sols les plus fertiles, mais abandonnée sur les autres types de sol.

Concernant la réduction de charges de l’exploitation. 90% des agriculteurs du Kochersberg interrogés pratiquent des TCS, 60% d’entre eux ont commencé depuis les 5 dernières années par soucis d’économies (financière, temps) et contre l’érosion. Les autres pratiquent les TCS historiquement, compte tenu de leurs sols sensibles à l’érosion.

Les TCS sont jugées performantes pour leur économie en gasoil et 70% des agriculteurs sont dans une Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole (CUMA). Les CUMA jouent un rôle important, elles permettent de diminuer ces charges de mécanisation en répartissant les coûts et de rendre accessible du matériel agricole innovant (semoir direct, rolo FACA...).

Enfin, l'abandon de cultures coûteuses en intrants, comme la betterave et le maïs, participe à cet effort de diminution des charges des exploitations.

3 Des adaptations différentes reposant sur un processus commun

3.1 Des étapes clés dans le processus de mise en place d'adaptation

Malgré la diversité des adaptations rencontrées, des étapes communes dans les réflexions et la mise en application d'adaptation peuvent être soulignées. Ces « étapes clés » ont été décrites par les agriculteurs interrogés (Figure 10), afin de comprendre comment le processus d'adaptation débute, évolue et peut se conclure par l'adoption définitive d'une innovation.

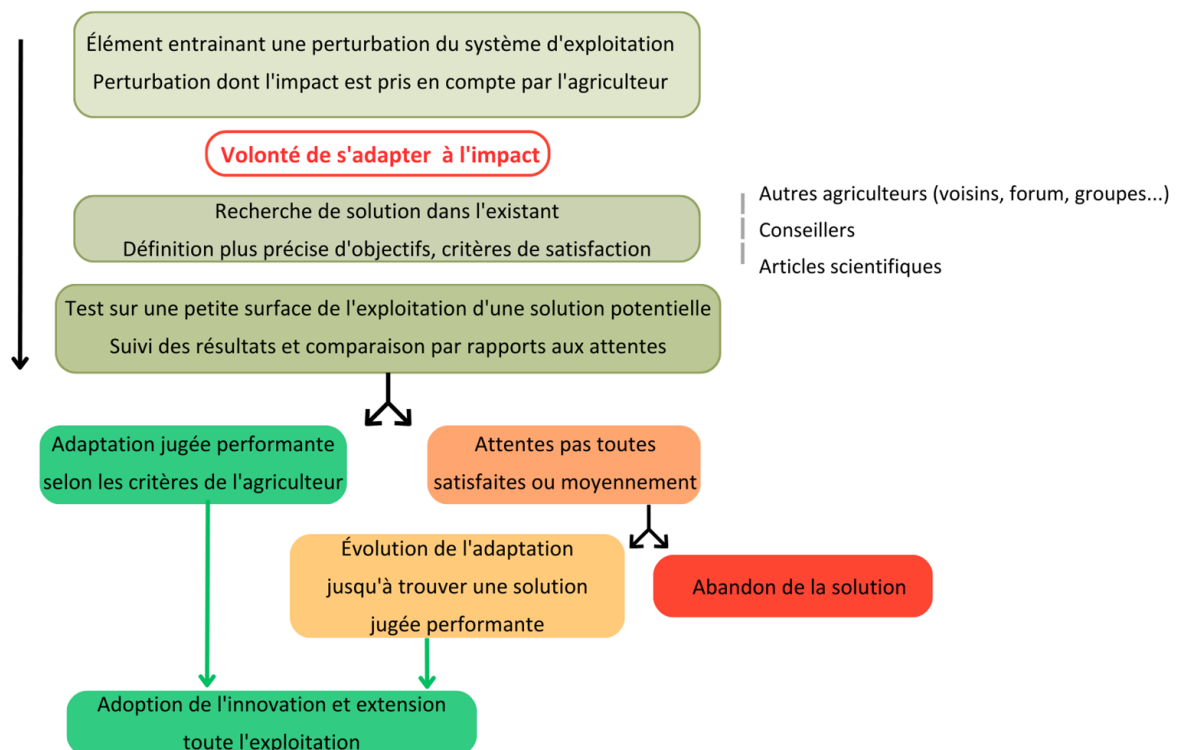


Figure 10: Etapes clés dans le processus d'innovation rencontrées chez les agriculteurs interrogés

Soulignée par plusieurs des agriculteurs enquêtés, un changement dans l'attitude (IDELE, 2005) des exploitants agricoles est nécessaire dans la mise en place d'adaptation au

changement climatique. Une remise en question du modèle dans lequel est l'exploitant doit s'opérer afin de pouvoir effectuer des modifications. « *Il est très important de ne pas chercher à faire les mêmes rendements, à court terme cela fonctionne, mais pas à long terme. Il faut être prêt à faire moins de rendement mais à avoir un gain (non rentable) sur la résistance du sol face aux aléas par exemple* » (K08 en évoquant son passage au système BIO avec TCS reposant sur une maximisation de ses prairies).

Cette évolution des mentalités peut aussi permettre de favoriser l'évolution de pratiques innovantes malgré des échecs : pour atteindre son objectif de garder l'humidité au sol, H01 teste depuis 5 ans différentes espèces dans son couvert jusqu'à trouver le mélange idéal pour ses sols.

L'adoption définitive d'une innovation se réalise idéalement lorsque tous les objectifs sont atteints, néanmoins 60% des agriculteurs rencontrés évoquent des évolutions à venir et/ou des marges de progrès pour leurs adaptations. A part la condition de rendement/revenu viable, la non atteinte d'un objectif n'est pas rédhibitoire, tant qu'une marge de progrès est possible (matériel, conditions climatiques, semences...).

3.2 Un processus ralenti par des freins identifiés par les agriculteurs

Cette marge de progrès peut être affaiblie par différents freins évoqués par les agriculteurs. Freins qui peuvent aussi être des obstacles initiaux dans la mise en place d'une innovation.

Dans plus de la moitié des entretiens, le manque d'accompagnement technique a été mentionné, que ce soit par les conseillers de la chambre ou d'autres organismes d'appui. Ce manque ralentit les prises de décisions ou les évolutions des pratiques car l'agriculteur doit consacrer plus de temps pour chercher et trouver l'information.

Les filières ont aussi été identifiées comme frein important à l'adaptation et au changement de pratiques : « *le sorgho serait une culture intéressante à mettre en place, mais il n'y a que peu de recherches (génétiques, tests terrains...) pour sa mise en place dans des contextes pédoclimatiques type Alsace* » (H08). Plusieurs problèmes peuvent être distingués.

D'abord, il y a le manque de dynamisme de la recherche sur des nouvelles cultures à implanter en Alsace, cela entraîne un progrès génétique moindre et donc une faible augmentation des rendements possibles pour ces cultures par rapport au blé ou au maïs.

D'autre part, les débouchés pour des cultures plus adaptées au changement climatique, comme le pois chiche (H02), sont peu nombreux dans le territoire : les coopératives et les négoce n'ont pas les équipements nécessaires pour acheter ces nouvelles cultures. Cela n'incite

pas les agriculteurs à diversifier leurs cultures, puisque les nouvelles ne seront que peu valorisables sur le marché.

Enfin, le prix de vente des nouvelles cultures est un élément bloquant. Certaines cultures comme l'épeautre sont peu valorisables malgré leur intérêt agronomique (rusticité) par rapport au blé. L'exploitant K03 souligne « *le financier est très limitant, nous n'avons aucun poids sur les prix de ventes. Il est donc dur de prendre beaucoup de risques* (pour cultiver des cultures peu implantées sur le territoire) ».

L'influence des marchés agricoles nationaux à mondiaux est vue comme un levier d'action qui n'est pas encore actionné.

Des freins techniques communs ont aussi pu être relevés :

- la difficulté à semer un couvert estival rapidement après la moisson du blé, par manque de temps ;
- la variabilité de la réussite de la mise en place des couverts, liée au contexte climatique favorable ou non ;
- la difficulté à semer soigneusement des graines de différentes tailles lors du semis de couvert multi-espèces ;
- l'absence d'appui technique pour les pivots de précision
- l'hétérogénéité des sols au sein d'une même exploitation, mettant en difficulté l'extension d'une adaptation à toute l'exploitation (surtout mentionnée dans la Hardt) ;
- le parcellaire éclaté et petit, limitant les types de matériel possible, la disponibilité de l'agriculteur... (surtout mentionné dans le Kochersberg)

Il serait intéressant de pouvoir travailler sur ces freins dans le cadre du projet KLIMACrops, afin de pouvoir apporter des réponses concrètes aux besoins des agriculteurs et des solutions viables par rapport au changement climatique.

IV. DISCUSSIONS

1 Des adaptations au changement climatique ?

1.1 L'adaptation au changement climatique, une notion pas toujours évidente

Parmi toutes les innovations entrevues et les exploitants rencontrés, la notion d'adaptation au changement climatique n'a pas été un concept simple à aborder par les agriculteurs. « *Je ne sais pas si on peut parler d'adaptation au changement climatique* »(K05), « (en parlant de l'innovation réalisée) *mais dire que c'est pour le changement climatique, je ne*

sais pas trop » (H10) : ce genre de propos a été relevé assez régulièrement au cours des entretiens.

Malgré une adaptation à des impacts climatiques concrets et identifiés, rattacher leur changement de pratiques au changement climatique semble parfois trop poussé.

Pourtant, les leviers d'adaptation au changement climatique identifiés dans la bibliographie ont tous été retrouvés sur le terrain : une couverture maximale des sols, une adaptation des cultures aux types de sols et aux conditions climatiques, une réduction du travail du sol ou encore une meilleure gestion de l'irrigation. L'action des agriculteurs pour s'adapter aux conditions climatiques est principalement rattachée à une volonté de conserver et/ou retrouver une stabilité des revenus.

Seuls 6 agriculteurs ont insisté spontanément sur leur action vis-à-vis du changement climatique, notamment en évoquant la montée des impacts du changement climatique sur leur exploitation mais aussi le ressenti de la pression sociale sur eux.

Parmi eux, 3 (H02, H06 et K01) évoquent une anticipation des changements climatiques par leur changement de pratiques. Les nouvelles pratiques reposent sur des innovations de rupture avec un changement du système existant : transition au BIO (H02), transition en Agriculture Biologique de Conservation (ABC) (K01), modulation intra-parcellaire de l'irrigation (H06).

1.2 La ressource en eau : un élément essentiel dans la mise en place d'adaptation ?

Un point intéressant peut être abordé ici. Au cours des entretiens et de l'identification des différentes adaptations, il a été remarqué une autre différence notable entre les adaptations du Kochersberg et celles de la Hardt.

En effet, les adaptations mises en place dans le Kochersberg se rapprochent plus du système de référence que celles de la Hardt. La notion de « prise de risques » a été évoquée à plus de reprises par les agriculteurs du Kochersberg, en indiquant que chaque changement de pratiques était soigneusement réfléchi avant d'être mis en place. Dans la Hardt, c'est la notion « d'investissement » qui domine pour évoquer les nouvelles pratiques.

Si aucune explication vérifiable ne permet d'expliquer ces différences, il est intéressant d'émettre une hypothèse sur l'influence de l'accès à l'eau.

La Hardt est irriguée et la source d'eau est vue comme pérenne (car plus grande nappe phréatique d'Europe), la question d'accès à l'eau ne se pose pas. Nous pouvons émettre l'hypothèse que la sécurité apportée par l'irrigation peut permettre aux agriculteurs d'envisager

des pratiques qui sortent de la norme, car même en cas d'échec, la rentabilité de leur exploitation est assurée.

Le Kochersberg ne dispose d'aucune source d'eau pérenne, et est dépendant des précipitations. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'en absence de rendement sécurisé, les agriculteurs ont plus de difficulté à mettre en place des pratiques hors-normes dont les performances ne sont pas prouvées à 100% pour leur contexte agricole, car en cas d'échec la rentabilité de leur exploitation peut être remise en cause.

Certains agriculteurs du Kochersberg envisagent de développer l'irrigation sur leur exploitation, en acheminant l'eau de la nappe d'Alsace jusqu'à leurs parcelles. Aucun projet de retenues d'eau n'a été mentionné : la nappe d'Alsace est vue comme la ressource en eau pérenne sur laquelle miser à court voire moyen terme. La rentabilité de l'irrigation dans le Kochersberg est plus incertaine que dans la Hardt, compte tenu des SAU plus petites et des parcellaires éclatés : ce sujet sera très certainement approfondi dans les années à venir pour répondre aux demandes de certains agriculteurs.

2 Analyse critique de la méthode d'étude

2.1 Choix des exploitants enquêtés

Afin d'avoir un échantillon d'innovations diversifié, une sélection de 20 agriculteurs a été réalisée. Compte tenu de la contrainte en temps, s'entretenir avec 20 agriculteurs a été un choix réaliste et faisable, surtout vu que la période des entretiens coïncidait avec la période de printemps, particulièrement chronophage pour les exploitants.

Néanmoins, il serait intéressant d'augmenter ce nombre afin d'identifier plus de pratiques innovantes notamment celles qui ne sont pas perçues comme innovantes ou comme adaptation au changement climatique par les exploitants. Par exemple, deux tiers des agriculteurs interrogés pratiquent des TCS, ce qui n'est pas du tout représentatif des modes de travail en Alsace puisque une vaste majorité pratique le labour.

Cet échantillonnage a pu être biaisé par les bases de données utilisées, certaines se basant sur des dires de conseillers travaillant avec des types d'exploitation préférentiels.

Élargir les zones d'études pour la constitution de l'échantillon serait également pertinent. En effet, avec la contrainte du zonage, certains agriculteurs rencontrés sont encore au début de leurs réflexions sur l'adaptation au changement climatique et peuvent manquer de recul sur ce qu'ils ont mis en place. Ainsi enquêter plus d'agriculteurs en dehors de ces zones d'études aurait probablement permis d'identifier plus d'exemples d'adaptations au changement

climatique et de mieux comprendre les schémas décisionnels sur lesquelles elles reposent.

Il convient tout de même de rappeler que la définition des zones d'études permet de pouvoir ancrer un contexte agricole et donc de pouvoir identifier la diversité des pratiques innovantes qui peuvent en découler.

2.2 Contenu des entretiens

Les enquêtes ont été réalisées en s'appuyant sur la méthode des entretiens semi-directifs, de fait il n'a pas été possible d'obtenir le même type ou la même quantité d'information pour toutes les exploitations enquêtées.

Les entretiens engendrant des questions et réponses différentes, certains agriculteurs ont peut-être fourni des réponses incomplètes ou partielles sur leurs motivations ou sur les changements effectués sur leur exploitation. Un biais est donc présent dans les motivations et les critères de réussite mis en avant, notamment quand ils sont basés sur le nombre d'occurrences.

Il aurait été possible de réduire ce biais en définissant plus précisément en amont des motivations/critères agriculteurs « attendus » afin de pouvoir relancer sur ces motivations systématiquement.

De plus, obtenir des données exactes ou précises lors des entretiens a été un exercice assez compliqué. Les évolutions des adaptations et leurs résultats concrets ont été particulièrement complexes et leurs analyses sont parfois basées sur des approximations de dates, de fourchettes de rendement atteint ou de taux de MO par exemple.

Associer un questionnaire pour chaque type d'innovation (couverture du sol, TCS, gestion irrigation etc...) et présenté pour chaque évolution de pratiques aurait pu permettre d'avoir des renseignements plus précis, chiffrés.

Néanmoins les entretiens auraient été particulièrement lourd, nécessitant que l'agriculteur s'y prépare (résultats pour chaque année de test, quantification des résultats type « diminution de la consommation de carburant »...) ce qui aurait augmenté le nombre de refus.

Les entretiens semi-directifs et la méthode de conduite liée ont constitué une bonne alternative en tenant compte de ce qui était idéal et faisable dans le temps accordé.

2.3 Les analyses multi-sourcées

Au cours de l'étude, les réussites et les performances des pratiques innovantes des exploitants ont été analysées, au moins partiellement. Ce travail permet de comprendre pourquoi les agriculteurs ont fait évoluer leurs pratiques et les attentes qu'ils en ont.

Les dires d'agriculteurs ont été confrontés et/ou complétés avec la littérature et l'expertise existante afin d'établir des conditions de réussite. Cependant différentes limites ont été identifiées au cours de cette étude.

D'abord les exploitants utilisent des références différentes pour comparer ou évaluer leurs pratiques et ces dernières n'ont pas toujours été identifiées. Or, la pertinence de ces références est à discuter : selon ses caractéristiques (parcelles, sols, conditions climatiques, années de test...), les références existantes peuvent constituer de mauvais outils de comparaison. Les performances qui en découlent, selon les agriculteurs, peuvent donc être biaisées.

Ensuite, les dires d'agriculteurs peuvent être en contradiction avec les différentes sources mobilisées. Par exemple, de nombreux agriculteurs indiquent avoir un bon couvert estival en le semant mi-août pour profiter de l'humidité au sol, alors que d'autres essais techniques ou scientifiques indiquent la réussite de la mise en place d'un couvert estival lorsqu'il est semé au maximum 5 jours après la moisson d'été (soit début à mi-juillet). La question de la hiérarchisation des sources mobilisées se pose, comment sélectionner et conclure sur des conditions de réussites ?

Enfin, certains dires d'agriculteurs ont mis en avant des « trous de connaissances », où une explication de la réussite d'une adaptation est fournie mais aucune autre source ne permet d'approfondir le phénomène expliqué. Il est alors difficile de pouvoir généraliser des conditions de réussite, la réussite de la pratique pouvant reposer sur des caractéristiques spécifiques du contexte agricole de l'exploitation.

Il serait aussi intéressant de pouvoir compléter cette analyse multi-sourcée afin d'identifier d'éventuels effets collatéraux de la mise en place des adaptations.

3 Perspectives du projet KLIMACrops :

Les adaptations identifiées après la traque peuvent constituer une force pour inciter d'autres exploitants à se pencher sur ces solutions. En effet, les adaptations présentées sont issues de l'expérimentation terrain chez des agriculteurs qui ont jugé de leurs performances. S'ils acceptent de perdre leur anonymat, ils pourraient être des « agriculteurs leader » et leur retour d'expérience pourrait faciliter l'appropriation des adaptations par d'autres.

Dans tous les cas, les résultats de cette traque et leur diffusion fournissent des repères pour ceux qui souhaiteraient déployer ces innovations dans leur situation.

Le travail de la traque sera repris dans les ateliers du projet de co-conception, entre agriculteurs, coopératives, négoce, et conseillers, et pourra structurer les échanges. La prise en main des innovations par les différents acteurs peut permettre d'identifier les possibilités de mise en œuvre, de repérer l'intérêt et de maîtriser l'usage (Everett, 2003).

La diffusion des connaissances se fera aussi par des échanges transfrontaliers avec les partenaires du projet. Les acteurs allemands participant sont présents en tant qu'observateurs dans les ateliers de co-conception, et une traque similaire est en cours en Suisse. Des visites croisées sont prévues cet hiver chez des agriculteurs traqués en France et en Suisse afin de compléter les connaissances avec une vision terrain.

La poursuite du projet KLIMACrops permettra d'élargir les connaissances sur les adaptations au changement climatique. Deux axes pourront être particulièrement intéressants en complément de la traque réalisée :

- la mise en place d'un réseau d'expérimentation de pratiques d'adaptation au changement climatique et la production de connaissances techniques sur le sujet. Ces connaissances pourront combler les « trous de connaissances » identifiés au cours de la traque, et compléter des conditions de réussites pour certaines pratiques innovantes ;
- l'évaluation multicritère de systèmes de culture et assolements adaptés au changement climatique en Alsace suite aux ateliers de co-conception. L'évaluation permettra de fournir des données chiffrées selon les pratiques innovantes mises en place au sein d'une exploitation agricole type (de la Hardt et du Kochersberg).

CONCLUSION

Faire face aux impacts du changement climatique passe aujourd'hui nécessairement par une évolution des pratiques agricoles et une sensibilisation des exploitants aux enjeux climatiques. Ce travail a permis de montrer que les innovations mises en place peuvent à la fois répondre à différentes attentes spécifiques des agriculteurs et aux enjeux climatiques, tant qu'elles sont considérées performantes aux yeux des exploitants.

Aujourd'hui, la priorité dans l'action climatique en Alsace semble être l'adaptation à la sécheresse. Cette dernière affectant l'ensemble des exploitations agricoles en réduisant les revenus et en entraînant une variabilité importante des rendements agricoles, spécialement sur la culture du maïs. Une grande diversité de pratiques a pu être décrite et a pu être articulée autour de plusieurs stratégies d'adaptation communes.

La maximisation des périodes de couverture des sols, la réduction du travail du sol et l'optimisation de l'irrigation sont vues comme efficaces pour réduire des charges tout en apportant un gain agronomique (fertilité biologique, infiltration de l'eau, résistance aux événements climatiques extrêmes). Et favoriser les cultures d'hiver dans l'assolement est vu comme le moyen d'action le plus efficace pour maintenir et stabiliser les rendements, et ainsi les revenus, notamment vis-à-vis des périodes de sécheresse.

La traque a permis d'identifier des moteurs d'évolution des pratiques, qui sont beaucoup plus diversifiées que « l'adaptation au changement climatique ». Diminuer la consommation de carburant, améliorer la structure des sols ou la fertilité biologique sont autant de motivations qui poussent les agriculteurs à tester et adopter des pratiques rendant leur système plus durable. Néanmoins de nombreux freins à l'innovation persistent et le manque d'ambition climatique peut restreindre les performances climatiques des adaptations, au profit d'un objectif de rentabilité par exemple.

Les fiches techniques réalisées pour chaque adaptation constituent une base de données pour l'appropriation de ces adaptations par d'autres souhaitant modifier leurs pratiques. De nombreux agriculteurs rencontrés font encore évoluer leurs adaptations ou envisagent d'autres adaptations dans les années à venir. Il serait intéressant d'avoir un suivi ces changements pour pouvoir compléter les différentes fiches techniques ou diffuser d'autres nouvelles pratiques au sein du territoire.

BIBLIOGRAPHIE

Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2003. *SAGE Ill-Nappe Rhin. Un schéma d'aménagement et de gestion des eaux pour : l'III de Mulhouse à sa confluence avec le Rhin la nappe phréatique d'Alsace ;les cours d'eau situés entre l'III et le Rhin ;les cours d'eau du Piémont oriental du Sundgau.* [En ligne]. Disponible sur : <https://cdi.eau-rhin-meuse.fr/Record.htm?idlist=6&record=19273824124910910069>

Agreste, 2020. *Statistique agricole.* [En ligne]. Disponible sur : https://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memento2019_cle486374.pdf

Agreste, 2023. *Memento 2022.* [En ligne]. Disponible sur : <https://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/memento2022-2.pdf>

Amigues J.P. et al., 2006. *Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau.* Expertise scientifique collective, Rapport, INRA (France). p241-342.

APRONA. s.d. *La nappe rhénane.* [En ligne]. Disponible sur : <https://www.aprona.net/FR/nappe/description.html>. Consulté le 20/03/2023.

CAA, 2017. *Identification et sélection de pratiques agricoles performantes, adoptée au climat et à la petite faune alsacienne.* Projet Life Alister.

CAA, 2023. *Mais effet du stress hydrique.* Flash Grandes Cultures Alsace n°20.

CA GE, 2021. *Diagnostic Territorial d'adaptation au changement climatique région Grand Est.* Varenne agricole de l'Eau et de l'adaptation au changement climatique. 60p.

CA GE, 2022. *Programme Air-Climat-Sol-Energie (ACSE)* [En ligne]. Disponible sur : <https://grandest.chambre-agriculture.fr/agro-environnement/energie-methanisation/acse-air-climat-sol-energie/>

CA Gers, 2016. Fiche Technique : Le Semis Direct. [En ligne]. Disponible sur : https://gers.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/067_Inst-Gers/documents/grandescultures/Techniques_culturelles_innovantes/fiche_techniques_culturelles/Semis_direct.pdf

Cellule Recherche-Innovation-Transfert (RIT), RMT ClimA, 2022. *Quels leviers d'adaptation au changement climatique ? Gérer les stress hydrique et thermique*. Varenne agricole de l'Eau et de l'adaptation au Changement Climatique.

DRAAF Alsace, 2014. *Une Agriculture Alsacienne aux Multiples Visages*. Agreste Alsace – Dossier n°3 ,82p.

DRAAF Alsace, 2013a. *Atlas des paysages d'Alsace - Repères géographiques de la Hardt*. [En ligne]. Disponible sur : <http://www.paysages.alsace.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?article66>. Consulté le 15/03/2023.

DRAAF Alsace, 2013b. *Atlas des paysages d'Alsace – Le Kochersberg*. [En ligne]. Disponible sur : http://www.paysages.alsace.developpement-durable.gouv.fr/spip.php?page=document&id_document=700. Consulté le 15/03/2023.

DRAAF Grand Est, 2016. *Atlas « une agriculture alsacienne aux multiples visages »*. [En ligne]. Disponible sur : <https://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/atlas-une-agriculture-alsacienne-aux-multiples-visages-a566.html>. Consulté le 03/08/2023.

DRAAF Grand Est, 2019. *2018 : Un été satisfaisant, un automne décevant*. [En ligne]. Disponible sur : https://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/2019-01-bilan2018_cle038d41.pdf. Consulté le 10/08/2023.

Escalón S., 2022. *Le réchauffement climatique en France s'annonce pire que prévu*. Dans : *CNRS Le journal* [En ligne]. Disponible sur : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/le-rechauffement-climatique-en-france-sannonce-pire-que-prevu>. Consulté le 01/08/2023.

Everett M. Rogers, 2003. *Diffusion of innovations*. Toronto, Free Press, 551 p.

FranceAgriMer, 2010. *Alsace (Chiffres-clés 2009/10 Perspectives 2010/11)*. [En ligne] Disponible sur : <https://www.franceagrimer.fr/content/download/2824/15205/file/Alsace-0410.pdf>. Consulté le 24/03/2023.

GIEC, Groupe 2, 2022. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Chapter 13 : Europe*. GIEC, 111p.

Goulet F., Pervanchon F., Conneau C., Cerf M., 2008. *Les agriculteurs innovent par eux-mêmes dans leurs systèmes de culture*. In R. Reau et T. Doré (Eds), *Systèmes de culture innovants et durables : quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer ?* Educagri, Dijon 53-69

IBIS, 2008. Cultures intermédiaires. [En ligne]. Disponible sur : https://hautsdefrance.chambresagriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Hauts-de-France/cultureintermediaires_OK.pdf. Consulté le 15/08/2023.

IDELE, 2005. *Concevoir et animer une action de conseil collectif*. IDELE Collection méthodes et outils, p34-40.

IDELE, 2012. *Les enquêtes qualitatives en agriculture – De la conception à l'analyse des résultats*. IDELE Collection méthodes et outils, 95p.

KLIMACrops – Interreg, 2023. Interreg. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.interreg-rhin-sup.eu/projet/klimacrops-strategies-dadaptation-des-grandes-cultures-au-changement-climatique-et-leur-contribution-a-son-attenuation-sur-le-territoire-du-rhin-superieur/>. Consulté le 13/03/2023.

Lairez J., Feschet P. et al., 2015. *Agriculture et développement durable, Guide pour l'évaluation multicritère*. Dijon/Versailles : Educagri éditions/Éditions Quae

L'Alsace, 2022. *Une récolte du maïs très hétérogène en Alsace*. L'Alsace. [En ligne]. Disponible sur : <https://www.lalsace.fr/economie/2022/09/27/une-recolte-du-mais-tres-heterogene-en-alsace>. Consulté le 07/08/2023.

Lebreton-Thaler A., 2001. *Guide des sols d'Alsace : Collines de Brumath, du Kochersberg et de l'arrière Kochersberg*. Région Alsace, p 47-60.

Party, J.P., Sauter J., Burtin M.L. et Koler R., 1999. *Guide des sols d'Alsace : Petite région naturelle Plaine Sud Alsace*. Région Alsace, p11-19.

Labreuche J., 2009. *La battance - Le sol battu par la pluie*. p.2

Legrand M., 2020. *Diagnostic agricole du Kochersberg, région agricole aux portes de Strasbourg*. Mémoire de fin d'étude – demande de la DDT du Bas Rhin 200p.

Météo France, 2018. *L'effet de foehn*. Dans : Météo-France [En ligne]. Disponible sur : <http://tempetes.meteofrance.fr/L-effet-de-foehn.html>

Météo France, 2023. *Changement climatique, eau et sécheresses* | Météo-France. Dans : Météo-France [En ligne]. Disponible sur : <https://meteofrance.com/changement-climatique/observer/changement-climatique-eau-et-secheresses>

Meynard J.M., Dedieu B, Bos A., 2012. *Re-design and co-design of farming systems. An overview of methods and practices*. In: Darnhofer I, Gibon D, Dedieu B (eds) *Farming systems research into the 21st century: the new dynamic*. Springer, Paris, pp 407–432. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4503-2_18

Meynard J.M., Petit M.S., Reau R., Salembier C., 2016. « Traque d'innovations dans les exploitations : Quelques réflexions méthodologiques ». In : *La route du RMT SdCi – Colloque National*, Paris.

MASA, 2022. *Sécheresse : 4e réunion du comité de suivi de la situation de sécheresse dans le monde agricole*. France [En ligne]. Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/secheresse-4e-reunion-du-comite-de-suivi-de-la-situation-de-secheresse-dans-le-monde-agricole>

Préfecture du Haut Rhin, 2023. Arrêté SEEEN-BRIOD-2023-002 du 10/07/2023 portant limitation provisoire de certains usages de l'eau au sein du secteur 5 de la zone d'alerte « Ried Centre Alsace ». Recueil des actes administratifs n°59-2023, 14p. [En ligne] Disponible sur : <https://www.haut-rhin.gouv.fr/Actualites/Espace-presse/Communiques-de-presse-2023/Secheresse-Nouvelles-mesures-de-limitation-provisoire-de-certains-usages-de-l-eau-dans-le-Haut-Rhin>

Ribes A., Boé J., Qasmi S., Dubuisson B., Douville H., et Terray L., 2022. *An updated assesment of past and future warming over France based on a regional observational constraint*. *Earth System Dynamics*, (13), p. 1387-1415.

Salembier C., Meynard J.M., 2013. *Evaluation de systèmes de culture innovants conçus par des agriculteurs : un exemple dans la Pampa Argentine*. Innovations Agronomiques 31, 27-44

Salembier C., 2019. *Stimuler la conception distribuée de systèmes agro-écologiques par l'étude de pratiques innovantes en ferme*. Thèse de doctorat. AgroParisTech, Université Paris Saclay, 225p

Schaub A., et al., 2016. *Décrire un système de culture expérimenté, pour aider à son pilotage, faciliter son analyse et communiquer*. Guide méthodologique du réseau expérimental du Réseau Mixte Technologique "Système de culture innovants"

Sébillote M., 1990. *Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes*. In : Les Systèmes de Cultures, Paris, INRA : 165-166.

Tchatipki F., 2023. *Synthèse bibliographique des solutions permettant d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau en production végétale et en production animale*. Rapport pour la CA GE, 60p.

Thomas F. et Archambeaud M., 2003. *Les couverts végétaux, gestion pratique de l'interculture*. Agriproduction 300p. Editions France Agricole.

Wacker, L., Duphil M., et Vezian, R., 2018. *Techniques culturales simplifiées : Dictionnaire d'agroécologie*. [En ligne]. Disponible sur : <https://dicoagroecologie.fr/dictionnaire/techniques-culturales-simplifiees/>

ANNEXES

ANNEXE 1 : Ferme type de la Hardt

ANNEXE 2 : Ferme type du Kochersberg

ANNEXE 3 : Localisation de la nappe d'Alsace sur le territoire

ANNEXE 4 : Localisation des agriculteurs enquêtés

ANNEXE 5 : Guide entretien

ANNEXE 6 : Rotation retenue par agriculteur

ANNEXE 7 : Extrait de la grille de dépouillement des entretiens

ANNEXE 8 : Exemple de fiches techniques réalisées

ANNEXE 9 : Pratiques mises en œuvre par les agriculteurs pour répondre à un objectif précis

Caractéristiques générales



Cas-type Alsace « Dominante Maïs Irriguée »
SAU = 105 ha
1.2 UTH



100%

Type de sol (% de SAU) :

Sol : sols superficiels caillouteux, hétérogènes
(irrigation pilotée en fonction des sols les plus superficiels :
RU = 50 mm, RFU = 30 mm)

Totalité de la sole irrigable



Assolement et rotations

LOT 1, sur 45 ha :



Rotation : MG – MG - BTH



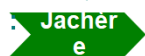
LOT 2, sur 55 ha :



Rotation : MG (10 ha) - MG (10 ha) - MG (10 ha) - MG (10 ha) – S (10 ha) ou MG (5 ha)



LOT 3, sur 5 ha



Rotation : J (5 ha) - J (5 ha) - J (5 ha)



Labour devant chaque culture

Toutes les cultures sont irriguées (sauf année très humide pour blé tendre - 2016)

1 apport starter + 2 apports d'urée / maïs
3 apports d'ammonitrate / blé tendre

1 binage sur 40% de la surface de maïs

Remarque post-atelier :
15 ha blé et 10 ha soja (proposé à l'atelier et validé par les agris)
OU 20 ha blé et 5 ha soja ? (chiffres actuels de

Lot 1 : ITK Maïs irrigué précédent blé

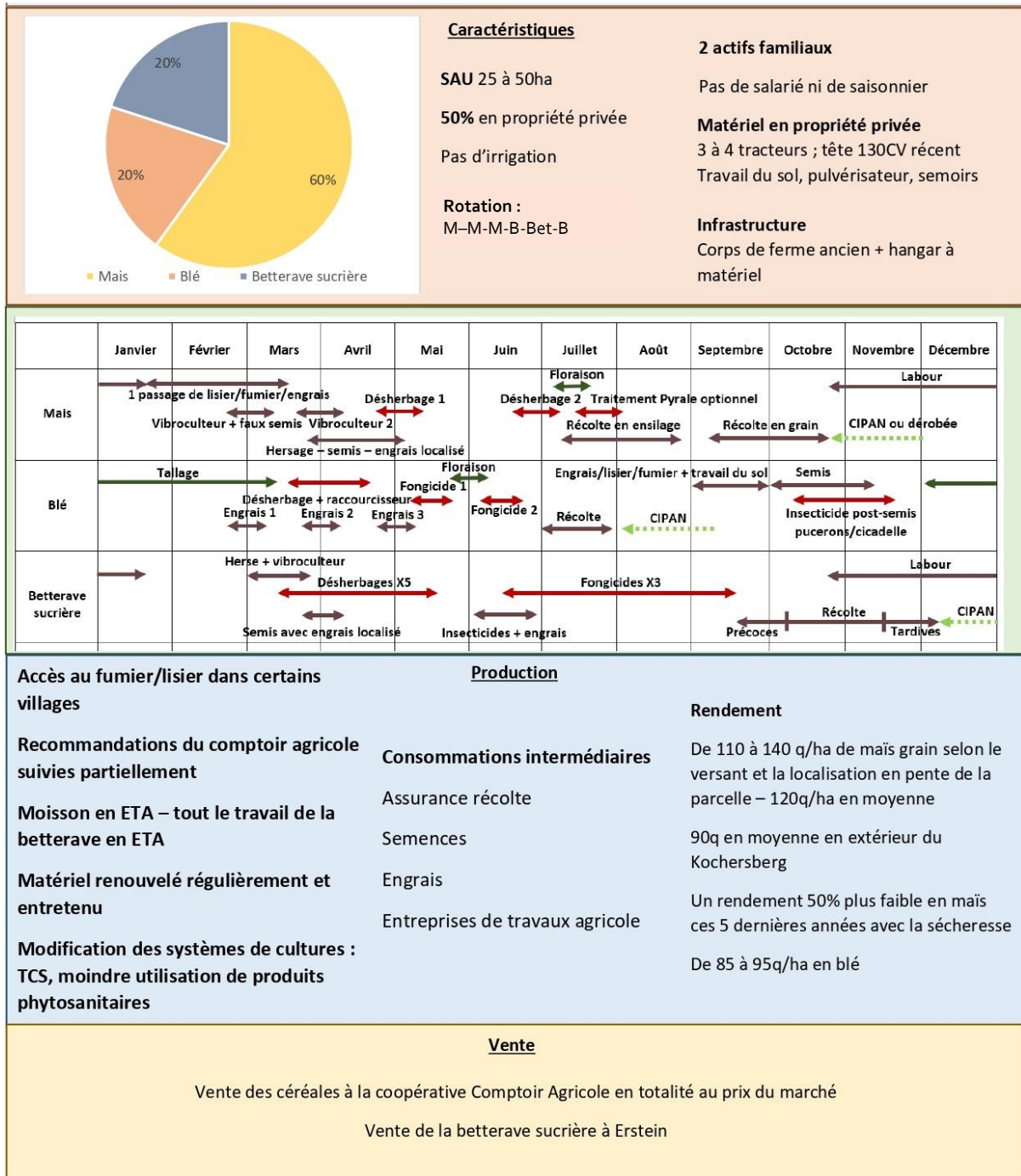
Date	↑ Opération Culturelle	P/R	Psci	Cc	Intrants/Produits
<input type="checkbox"/> 01/09/2020	Déchaumage_E/I	R	1	Interculture	ACHILLES (10.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 30/11/2020	Broyage des résidus	R	1	Interculture	
<input type="checkbox"/> 02/12/2020	Labour	R	1	Interculture	
<input type="checkbox"/> 15/03/2021	Fertilisation minér...	R	1	Interculture	Engrais Binaire 0 - 25 - 25 (0) (240.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 05/04/2021	Travail superficiel ...	R	1	Interculture	
<input type="checkbox"/> 06/04/2021	Travail superficiel ...	R	1	Interculture	
<input type="checkbox"/> 15/04/2021	Traitement phytos...	R	1	Mais	ISARD (0.800 L/HA) + ADENGO XTRA (0.330 L/HA)
<input type="checkbox"/> 15/04/2021	Semis monograine	R	0.33	Mais	Mais (générique) (30.600 kg/ha) + BELEM 0.8 MG (10.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 15/04/2021	Fertilisation minér...	R	1	Mais	Di Ammonium Phosphate 18-46 (100.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 15/04/2021	Semis monograine	R	0.67	Mais	Mais (générique) (30.600 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 15/05/2021	Traitement phytos...	R	1	Mais	CAMIX (2.000 l/ha) + PANTANI (0.500 L/HA)
<input type="checkbox"/> 15/05/2021	Traitement phytos...	R	0.3	Mais	BANVEL 4 S (0.400 l/ha)
<input type="checkbox"/> 25/05/2021	Fertilisation minér...	R	1	Mais	Urée (220.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 05/06/2021	Traitement phytos...	R	0.3	Mais	BANVEL 4 S (0.200 L/HA)
<input type="checkbox"/> 15/06/2021	Fertilisation minér...	R	1	Mais	Urée (260.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 15/06/2021	Traitement phytos...	R	0.3	Mais	PEARL (0.300 L/ha)
<input type="checkbox"/> 15/06/2021	Binage	R	0.4	Mais	
<input type="checkbox"/> 25/06/2021	Trichogrammes	R	0.2	Mais	Trichogrammes (1.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 28/07/2021	Irrigation maïs	R	7.5	Mais	Eau Irrigation (30.000 mm)
<input type="checkbox"/> 15/10/2021	Transport 150 CV	R	0.5	Mais	
<input type="checkbox"/> 15/10/2021	Récolte maïs_E/E	R	1	Mais	Sortie : Maïs grain (13.5 t/ha) + Séchage maïs 26% (13.5 autre)
<input type="checkbox"/> 15/10/2021	Transport 120 CV	R	0.5	Mais	

Lot 1 : ITK Blé tendre irrigué

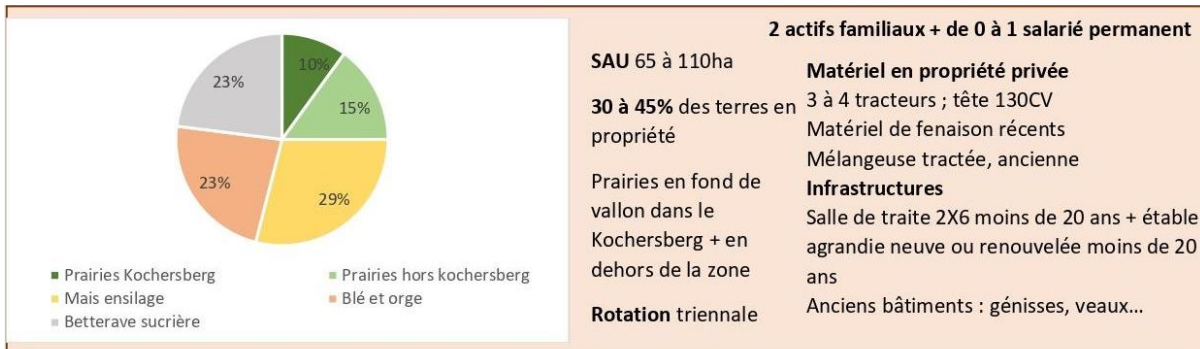
Date	↑ Opération Culturelle	P/R	Psci	Cc	Intrants/Produits
<input type="checkbox"/> 02/10/2020	Labour	R	1	Interculture	
<input type="checkbox"/> 25/10/2020	Semis classique + ...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	Blé Tendre (générique) (180.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 05/03/2021	Fertilisation minér...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	Nitrovert (185.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 15/03/2021	Traitement phytos...	R	0.5	Blé Tendre d'Hiver	ALLIE EXPRESS (0.040 kg/ha) + HUSSAR PRO (1.000 l/ha)
<input type="checkbox"/> 05/04/2021	Fertilisation minér...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	Ammonitrate 27% (370.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 05/05/2021	Fertilisation minér...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	Ammonitrate 27% (185.000 kg/ha)
<input type="checkbox"/> 05/05/2021	Traitement phytos...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	KARDIX (0.900 L/HA)
<input type="checkbox"/> 05/05/2021	Traitement phytos...	R	1	Blé Tendre d'Hiver	PROSARO (1.000 L/HA)
<input type="checkbox"/> 10/05/2021	Irrigation blé	R	4	Blé Tendre d'Hiver	Eau Irrigation (30.000 mm)
<input type="checkbox"/> 15/07/2021	Récolte blé_E/E	R	1	Blé Tendre d'Hiver	Sortie : Blé Tendre d'Hiver Grain (8 t/ha)
<input type="checkbox"/> 15/07/2021	Transport 120 CV	R	0.5	Blé Tendre d'Hiver	
<input type="checkbox"/> 15/07/2021	Transport 150 CV	R	0.5	Blé Tendre d'Hiver	

ANNEXE 2 : Ferme type du Kochersberg (Legrand, 2020)

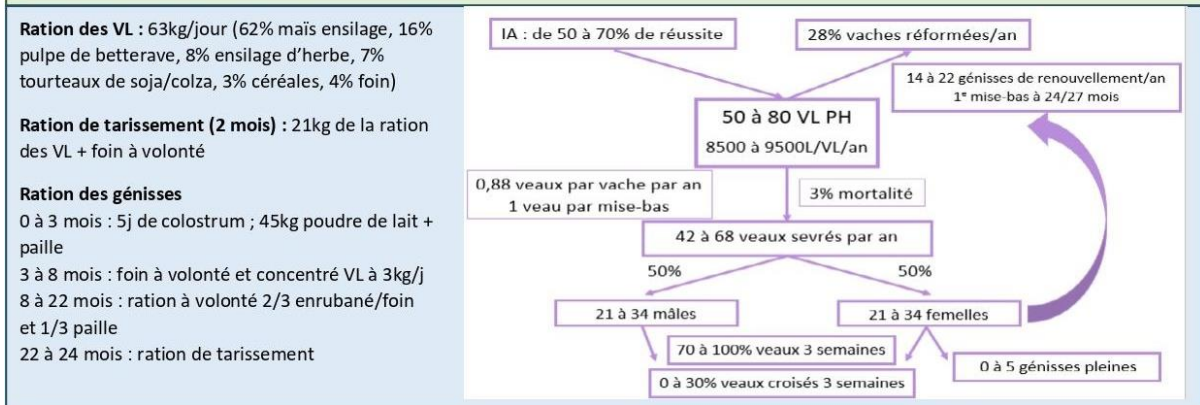
- Ferme –type : Grandes Cultures



- Ferme-type : PCE



	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Maïs	1 passage de lisier/fumier/engrais		Vibroculteur + faux semis		Vibroculteur 2	Désherbage 1		Désherbage 2	Traitement Pyrale optionnel	Récolte en grain	CIPAN ou dérobée	Labour
Blé	Tallage	Désherbage + raccourcisseur		Engrais 1	Engrais 2	Engrais 3	Floraison	Engrais/lisier/fumier	travail du sol	Semis	Insecticide post-semis pucerons/cicadelle	
Betterave sucrière	Herse + vibroculteur		Dés herbages X5		Semis avec engrais localisé		Fongicides X3			Précoces	Tardives	Labour
Prairie fauchées	Fumure de fond (lisier, engrais) impossible si zones de captage				Coupe en foin 6TMS/ha	Coupe en regain 2TMS/ha				Coupe en regain 1TMS/ha		
Prairies ensilées (K)	Fumure de fond (lisier, engrais) impossible si zones de captage		Coupe en ensilage 4TMS/ha		Coupe en ensilage 4TMS/ha	Coupe en foin 1,5TMS/ha		Coupe en regain 1TMS/ha				



Vente

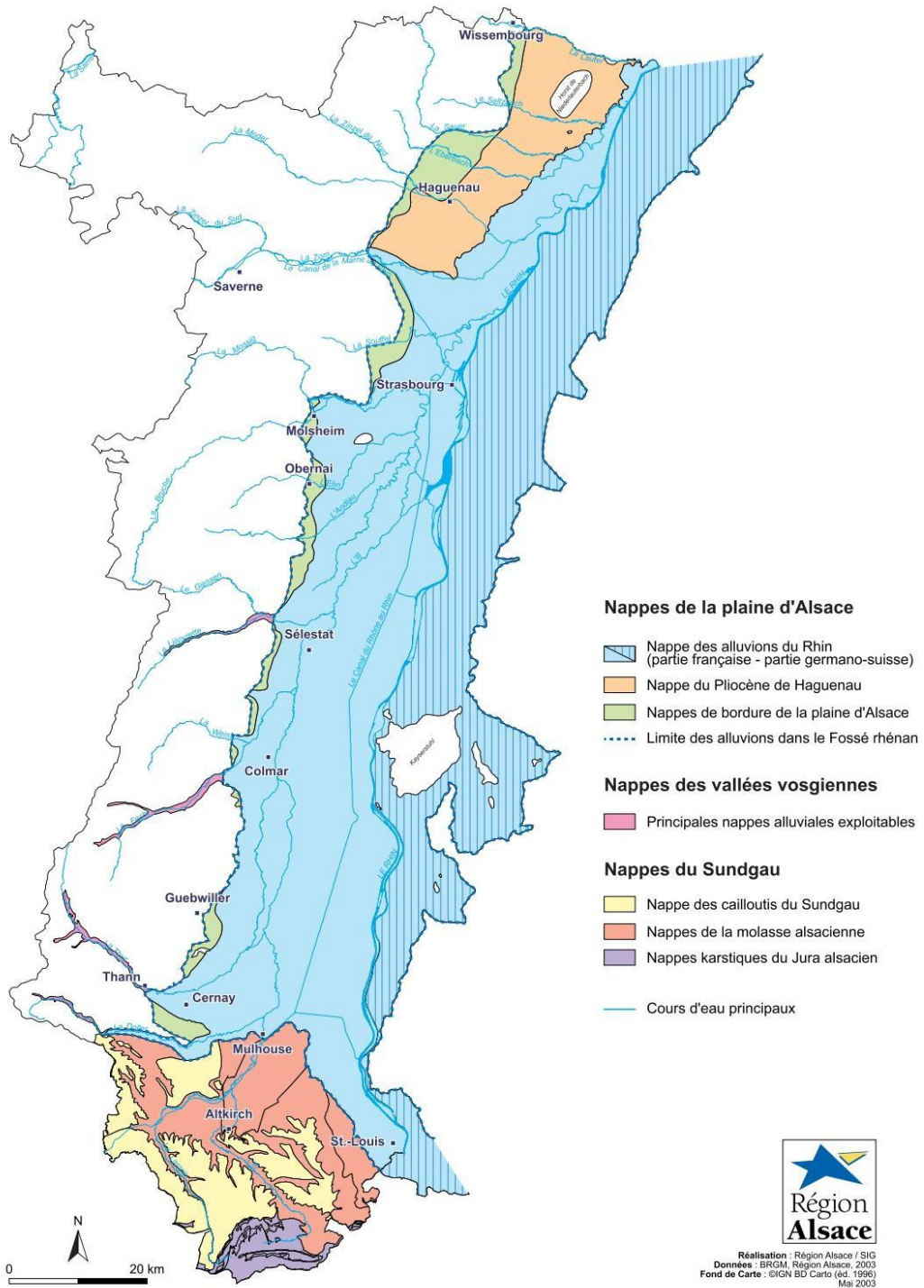
Vente des surplus de blé au Comptoir Agricole – Vente de la betterave sucrière à la sucrerie d'Erstein et rachat des pulpes avec une quantité « de droit » car producteur de betterave sucrière + un accès favorisé à de la pulpe supplémentaire

Vente du lait à la coopérative laitière d'achat/transformation/conditionnement/vente Alsace Lait. Prix du litre moyen Alsace Lait = 0,39ct€/L avec des variations selon la qualité du lait et les variations interannuelles : entre 35 et 45ct€/L

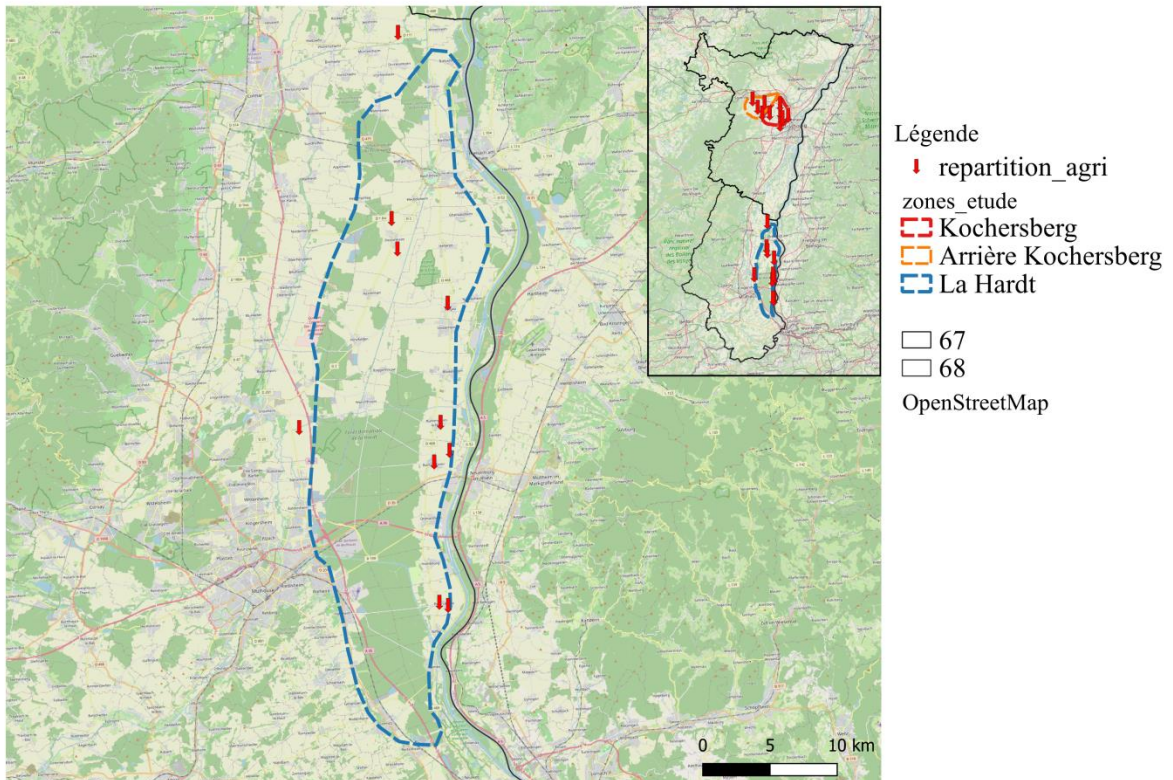
ANNEXE 3 : Localisation de la nappe phréatique d'Alsace sur le territoire
(Agence de l'Eau Rhin- Meuse, 2003)

SAGE ILL-NAPPE-RHIN

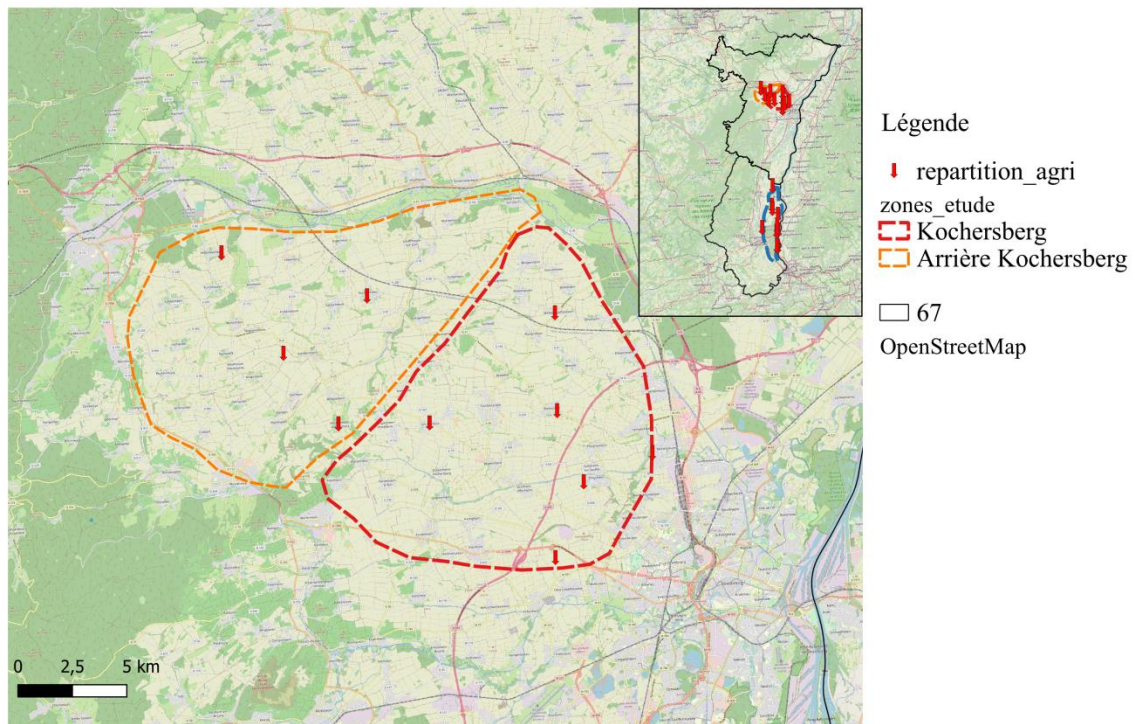
Principales formations aquifères du Fossé rhénan



ANNEXE 4 : Localisation des agriculteurs enquêtés



Cartographie de la localisation des agriculteurs enquêtés dans la Hardt



Cartographie de la localisation des agriculteurs enquêtés dans le Kochersberg

ANNEXE 5 : Guide entretien

Intitulé	Traque à l'innovation des adaptations des agriculteurs grandes cultures face au changement climatique
Coordination	AS – Anne Schaub, CA GE TB – Tiphaine Beguier, CA Alsace
Autres référents	CJB – Clarine Jean-Baptiste, FR CUMA Grand Est JD – Jonathan Dahmani, CA Alsace
Date de début	2023-03-13
Date de fin (durée en mois)	2023-09-11 (6 mois)
Documents de référence	...
Type de document	Guide d'entretien
Rédaction	Tiphaine Beguier
Version	v 03
Dernière mise à jour	2023-04-26
Révision	

Ce document présente le guide d'entretien qui sert de base pour l'enquête auprès des acteurs.

En vert : des mots-clés utiles pour des questions de relance

Présentation du projet et des objectifs de la traque

Je suis Tiphaine Béguier, stagiaire à la CA. Je réalise mon stage dans le cadre du projet KlimaCrops, qui porte sur les évolutions des systèmes de grandes cultures afin qu'ils soient adaptés aux contextes locaux et contribuant à l'atténuation du changement climatique.

Je travaille particulièrement sur un des objectifs de ce projet, qui est d'identifier et de comprendre les adaptations mises en place dans les exploitations grandes cultures afin de faire face aux impacts du changement climatique.

Je vous ai contacté car vous avez répondu à l'enquête en ligne et votre profil est très intéressant. **OU**. Nous nous sommes déjà parlé au téléphone et les adaptations dont vous m'avez parlé m'ont parues très intéressantes.

Au cours de cet entretien, je souhaite pouvoir comprendre les causes et les conséquences des adaptations que vous avez mises en place sur les grandes cultures.

Nous allons d'abord aborder une description générale de votre exploitation, puis nous discuterons de vos adaptations.

Je souhaite enregistrer l'entretien pour pouvoir vérifier les informations en cas de doute, il sera supprimé dès la fin de l'étude et tous les propos tenus seront anonymes.

I. Présentation du contexte agricole

Généralités sur l'exploitant.e et son exploitation

Pouvez-vous rapidement me décrire votre exploitation ?

Quels sont vos types de sols ? Représentent-ils une contrainte/atout sur votre exploitation ?

Aujourd'hui quelles sont vos cultures et leur rendement ? Présentent-elles des contraintes ?

*Est-ce que vous faites partie d'une association agricole particulière (GIEE, dvpt agri..) ?
Quelles sont les raisons ? Et des liens avec des conseillers agri ?*

Dates, caractéristiques (sol, accès eau, infrastructures), SAU, cultures rendement, rotation, commercialisation, entraide (agri, coop..), freq observation culture

II. Perception du changement climatique et impacts

*Avez-vous observé des changements climatiques à votre échelle ? Lesquels ?
Depuis quand ? à quelle fréquence ? Est-ce que ce sont des impacts positifs ? négatifs ?*

Températures, saisons, jours chaud/gel, évènements extrêmes (orages, sécheresses)

Rendements, politiques publiques/incitations,

III. Présentation des innovations

1) Origine, nature et connaissances fonctionnelles

Qu'avez-vous mis en place, comment cela fonctionne-t-il/ s'organise-t-il ?

Pouvez-vous me raconter comment vous avez mis ça en place ?

Dans quel type de sol la pratique est-elle mise en place ?

Quelle surface est engagée avec cette pratique ?

Quels sont les objectifs agronomiques de cette pratique ? économiques ? organisationnels ?

Est-ce que cette adaptation a conduit à l'achat/vente de matériel ?

Objectifs, caractéristiques techniques, caractéristiques pratiques (temps, organisation),
financement, provenance nouveau matériel

2) Stratégies d'évolutions et cheminement de pensées

Quelle était la situation avant l'adaptation ?

Quelles ont été les motivations pour le changement de pratiques ? Comment est venue l'idée ?

La/les pratiques ont-elles fonctionnées du premier coup ? Quelles ont été les étapes ?

Est-ce que cette adaptation a des variantes (f(condition climatique par ex)) ?

Exploitation si pas de changement, chemin de décision, origine de l'idée (ressources, conseils, tout seul...), étapes clés, déclencheurs, actions, temps pour être fonctionnel, pourquoi garder ou pas ?

Impacts de ces innovations

1) Résultats observés et interprétés et satisfaction

Quelles observations/résultats obtenez-vous ? Comment les interprétez-vous ?

L'adaptation répond-elle à vos attentes ? comment ?

Selon vous, quels sont les atouts et les contraintes de cette adaptation

Impacts positifs/négatifs, quantification, freins possibles, réponse à l'objectif

Selon vous, quelles sont les conditions de réalisation de cette adaptation (critères meo)?

Jugement personnel d'efficacité, Agriculteur leader, dans groupe de travail

IV. Avenir de l'innovation et perspective

Allez-vous continuer cette adaptation ? la modifier l'an prochain ?

Selon vous, dans quelles conditions cette adaptation pourrait fonctionner ailleurs ? (conditions limites) Dans quelle mesure serait-elle répliquable ?(modifiable ?)

Conseilleriez-vous cette adaptation à d'autres ? (dans quelles conditions)

Une ferme adaptée pour vous c'est quoi finalement ?

Ouverture

- 1) Selon lui, comment diffuser (sources d'informations, supports utilisés par l'agriculteurs.rices),

Comment raconteriez-vous vos adaptations, idées à d'autres agriculteurs ?

Qu'est ce qui est important ?

- 2) Autres contacts

Remerciements et rappel de l'utilisation des données obtenues

Est-ce possible de vous recontacter si nous avons besoin de précisions ?

Seriez-vous d'accord pour que des informations soient diffusées ?

Souhaitez-vous recevoir les résultats de ce travail ?

ANNEXE 6 : Rotation retenue par agriculteur

Agriculteur	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
H01	Luzerne	Luzerne	Luzerne	Blé	Colza	Blé	Maïs G	Maïs G		
H02										
H03	Maïs G	Maïs G	Soja	Blé						
H04	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Soja						
H05	Maïs G	Maïs G	Soja	Orge						
H06										
H07	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Orge & Soja					
H08	Luzerne	Luzerne	Maïs G	Blé	triticale-pois	soja	Blé	Seigle	Pois chiche	triticale
H09	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Soja	Blé					
H10	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Maïs G	Soja				
K01	Prairie	Prairie	Maïs E	Maïs E	feverole-triticale	pois hiver-orge				
K02										
K03										
K04	Maïs G	Blé	Betterave	Soja	Blé					
K05	Maïs G	Blé	Colza	Blé	Maïs G					
K06	Maïs G	Blé	Colza	Blé	Maïs G					
K07	Maïs G	Maïs G	Blé	Colza	Blé					
K08	Luzerne	Luzerne	Luzerne	Blé	Maïs E	Triticale/orge	prairie			
K09	Luzerne	Luzerne	Luzerne	Luzerne	Blé	Colza	Blé	Maïs G		
K10	Tournesol	Blé	Orge							

ANNEXE 7 : Extrait de la grille de dépouillement des entretiens

Agriculteur	Type exploitation	SAU (ha)	SAU irriguée	Type de conduite	Type de sols	Travail du sol	Assolement	Rendement moyen (qt/ha)	Changement de variables climatiques	Impacts CC	Prise en compte CC /	Motivation changement
H01	GCI	90	75%	Conventionnel	Ried brun, 30/40cm avant couche calcaire Plaine de l'III Ried Noir en zone inondable sans I	Labour	maïs 55% blé 35% colza 3% betterave 7% luzerne	maïs - 145 blé - 75 à 90 colza - 25 à 35 betteraves - x luzerne -x	Depuis 5/6 ans ↗ vent ↗ T° annuelle Pluies irrégulières	Assèchement en surface Automne doux : ↗ pucerons transmettant la jaunisse Augmentation du nb de tours d'eau Croûte de battance après évènement pluie extrême	Adaptation	Economie financière (irrigation) Impact CC puceron blé Anticipation règle eau Impact CC vent asséchant
H02	GCI	85	90%	BIO	Plaine du Rhin léger limoneux-sableux	Labour	soja 20% maïs 13% tournesol semence 10% sarrasin 3% céréales d'hiver	x céréales anciennes - 25	↗ T° annuelle Pluies irrégulières	Baisse rendement maïs Augmentation du nombre de tours d'eau	Adaptation	Attente grand public Qualité de produits sains Economie d'eau Résilience sécheresse
H03	GCI	189	100%	Conventionnel	Hardt caillouteux, sableux, superficiel, hétérogène "bon" 80 cm de terre avant bande cailloux "mauvais" 15/20 cm de	labour + TCS	maïs 83% tournesol semence 8% blé 5% soja 4%	maïs - 140 tournesol sem - 10 à 15 qt blé - 90 soja - 35 qt	Depuis 5-8 ans ↗ vent Déficit hydrique en été ↗ T° annuelle ↘ orages	↗ irrigation parfois dès fev/mars Automne doux : ↗ ravageurs Arrêt de l'ovin par manque de fourrage dispo	Effet bonus après coup identifié	Déficit technique suite PAC et couvert Qualité de travail

Agriculteur	Etape clé	Attentes	Lever d'action	Adaptation	Critères satisfaction	Appartenance groupe
H01		Maitrise des bioagresseurs Meilleure alimentation en eau	Evitement + contrôle génétique Optimisation de l'irrigation	date de semis +variété Matériel irrigation + apport ITK SD sous couverts + TCS	Rendement économie financière Structure du sol "sol avec de la vie"	JA CUMA
H02	Dialogue ferme voisine	Produire de la qualité respectueux envers l'environnement Baisse des volumes d'irrigation	Optimisation irrigation Diminution labour Evitement	Changement de système en BIO	Rendement Autonomie intrants Economie eau Temps de travail Valorisation financière produits	Asso avec partenaires
H03	Dialogue agriculteur en ACS	Gain structure du sol Fertilité biologique accrue	Couverture du sol Optimisation irrigation TCS	SD sous couverts + TCS	Rendement Structure du sol - RU Fertilité biologique + autonomie en intrants Temps de travail	JA

ANNEXE 8 : Exemple de fiches techniques réalisées

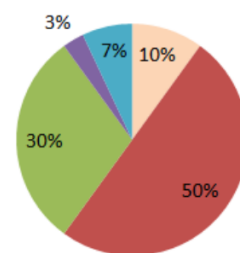
Projet KLIMACrops- Adaptations au changement climatique

H01

Caractéristiques de l'exploitation

SAU 90 ha
 2 actifs
 Conventiel + labour,
 Irrigation sur 75% de la SAU
 Type de sol :
 Ried brun, Ried Noir, Plaine de l'III

Rendements moyens (q/ha)
 maïs - 145
 blé - 75 à 90
 colza - 25 à 35



■ luzerne ■ maïs ■ blé ■ colza ■ betteraves

Description de l'adaptation A1 à l'augmentation des températures

Testé depuis 5 ans
 Adopté

Stratégies

Efficience de l'irrigation

Irrigation la nuit quand possible

Apport de 30/35mm au lieu de 25mm

Achat rampe élec

Facteurs déclenchants

↗ températures estivales
 Plantes affaiblies l'été (jaunes, début de verse..)



Attentes de l'exploitant

Avoir un meilleur apport d'eau à la plante

Indicateurs :

- Maintien du rendement lors de fortes chaleurs
- Réduction du temps de travail

Explications d' H01 : La rampe permet une répartition plus homogène de l'eau. L'irrigation la nuit permet une meilleure valorisation de l'eau par la plante : températures plus fraîches, moins d'évaporation.

Réussite	résultat	Commentaires
Agronomique	Meilleur rendement Plante visuellement en meilleure santé	Adaptation efficace
Économique		
Environnementale		
Sociale	Gain de temps avec la rampe plutôt que l'enrouleur	

Avis de H01 : Cette augmentation de dose d'apport d'eau me permet aussi d'espacer mes tours d'eau. Ils sont maintenant de 7-8j au lieu de 4-5j.

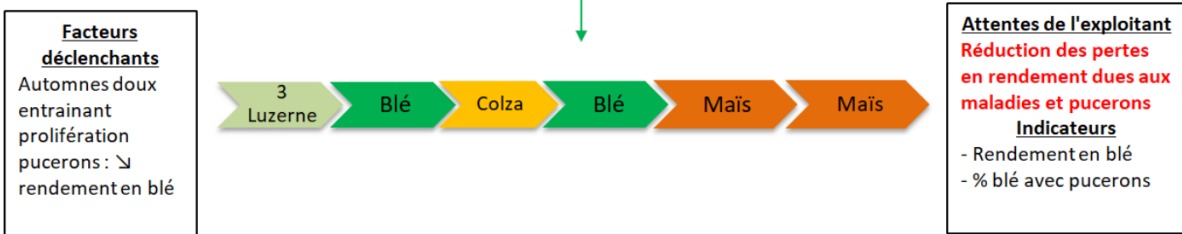
Projet KLIMACrops- Adaptations au changement climatique

H01

Description de l'adaptations A2 au développement de la JNO

Stratégies	Testé depuis 5 ans Adopté
------------	------------------------------

Évitement	Décalage date de semis : 05/10 -> 05/11
-----------	--



Explications d'H01 : Date de semis retardée pour éviter les vols des pucerons en automne qui se font pour des températures > 12°C.

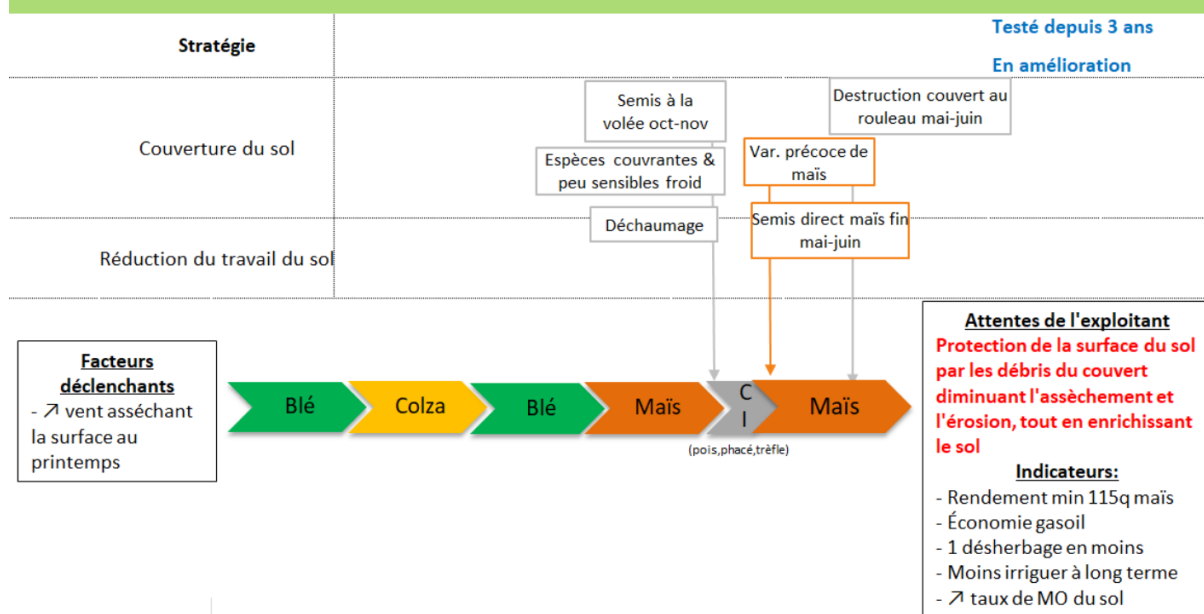
Réussite	résultat	Commentaires
Agronomique	Maintien du rendement en blé autour de 80 q/h	Rendement satisfaisant atteint
Économique		
Environnementale	Pas besoin d'insecticide	Disparition de la JNO depuis cette adaptation
Sociale		

Avis de H01 : Excellent résultat, plus de problème depuis ce changement. Le semis du blé se fait bien en condition humide donc pas de problème en novembre.

Projet KLIMACrops- Adaptations au changement climatique

H01

Description de l'adaptation A3 au vent asséchant au printemps



Explications d'H01 : La couverture du sol pendant l'hiver et printemps permet de limiter l'évaporation du sol. Les espèces choisies fournissent un couvert à forte biomasse pour maximiser la couverture du sol et l'enrichir en MO après destruction. Le SD minimise l'assèchement du sol avant le semis et permet une réduction des charges qui pallie le rendement plus faible atteint en maïs par semis direct.

Réussite	résultat	Commentaires
Agronomique	Rendement entre 75 et 100q Le trèfle n'a pas bien levé Pas de résultat significatif sur la MO ou la fertilité du sol	Difficulté à semer le couvert rapidement après la récolte du maïs Pas le semoir adéquat pour les graines de différentes tailles
Économique	Moins de charge en TCS 1 désherbage de moins Pas de résultat significatif sur les quantités irriguées	Diminution des charges pas encore suffisante
Environnementale		
Sociale		

Avis de H01 : Un semis plus précoce du couvert post maïs serait plus efficace. Je vais continuer à tester différentes espèces pour trouver un couvert idéal pour mon exploitation.

Malgré une diminution du rendement de maïs de 20q/ha, l'équilibre des marges peut être atteint dès 115q/ha en réduisant les charges dues au labour, au prestataire pour le désherbage voire une diminution d'irrigation.

Projet KLIMACrops- Adaptations au changement climatique

H01

Stratégies des adaptations vis à vis des objectifs climatiques

A1	Stratégies identifiées	Interface Climat - Culture		Interface Climat - Sol		Irrigation
		éviterment	Génétique	Couverture du sol	Réduction travail du sol	Efficience de l'irrigation
Objectifs climatiques	Résistance augmentation des jours très chauds					
	Résistance hausse des T° moyennes annuelles					x
	Résistance précipitations extrêmes					
	Résistance sécheresse					x
	Résistance vent asséchant					x

A2	Stratégies identifiées	Interface Climat - Culture		Interface Climat - Sol		Irrigation
		éviterment	Génétique	Couverture du sol	Réduction travail du sol	Efficience de l'irrigation
Objectifs climatiques	Résistance augmentation des jours très chauds					
	Résistance hausse des T° moyennes annuelles	x	x			
	Résistance précipitations extrêmes					
	Résistance sécheresse					
	Résistance vent asséchant					

A3	Stratégies identifiées	Interface Climat - Culture		Interface Climat - Sol		Irrigation
		éviterment	Génétique	Couverture du sol	Réduction travail du sol	Efficience de l'irrigation
Objectifs climatiques	Résistance augmentation des jours très chauds			x		
	Résistance hausse des T° moyennes annuelles			x		
	Résistance précipitations extrêmes			x	x	
	Résistance sécheresse			x	x	
	Résistance vent asséchant			x	x	

**ANNEXE 9 : Pratiques mises en œuvre par les agriculteurs
pour répondre à un objectif précis**

			Pratiques mises en place														
			Nombre d'agriculteurs ayant spécifié la motivation	augmenter part cult. hiver	cult. faible besoin en eau	maximiser les prairies	variétés résistantes aux maladies	précocité des variétés	décaler date de semis	couvert hivernal	couvert estival	couvert multi-espèces	laisser un paillage au sol	semis direct	TCS	investissement équipement irrigation	
Critères satisfaction / Motivations	Maintien de la production agricole	Alimentation des animaux	4 (20%)	3		2											
		Rendement	18 (90%)	12	7	1	4	4	2					2		2	
	Renforcement des SE	Fertilité biologique	12 (60%)							9	13	12	1	6		12	1
		Structure du sol	14 (70%)	2						8	10	2			4	11	1
		Economie d'eau	6 (30%)							2	3			4		3	2
		Baisse intrant - atténuation	4 (20%)				1							1			
	Diminution des charges financières	Economie intrant	8 (40%)			2	1		1	1	2	4	3			7	1
		Economie d'énergie	8 (40%)	2	2												4
		Economie N	9 (45%)			2					1	7					
	Qualité de vie	Temps de travail	7 (35%)			1										5	1