



Rapport d'activité du programme AgroHoublon

2020-2022

Véronique Stangret, EPL 67

Kevin Aprile, PADV

09 juin 2023



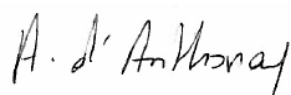
Avec le soutien de FranceAgriMer

La Fondation Brasseries Kronenbourg est très heureuse de partager ce rapport d'activité avec la communauté des houblonniers français, fruit du projet agro-houblon qu'elle a initié en 2019, en collaboration avec le Lycée Agricole d'Obernai, l'Association des Producteurs de Houblon d'Alsace (APHA), l'Association Pour une Agriculture Du Vivant (PADV) et avec la participation du Comptoir Agricole.

Pendant quatre ans, sept puis neuf houblonniers alsaciens volontaires ont été soutenus et suivis afin de mettre en place des essais portant sur de nouvelles pratiques culturales agroécologiques spécifiques au houblon, accompagnées d'analyses de sol, de l'activité biologique et des équilibres chimiques.

Aujourd'hui, se trouvent ainsi rassemblées dans ce document un ensemble de connaissances inédites qui, nous l'espérons, permettront d'accompagner la filière du houblon à être mieux préparée aux défis climatiques. En outre, la rédaction de cet état de l'art a reçu une subvention de France Agrimer.

La Fondation Brasseries Kronenbourg tient particulièrement à remercier Véronique Stangret, Freddy Merkling, Philippe Ott, Maxime Ott, Aurélie Iyapah, Kevin Aprile, Florian Coll, Franck Charnay, Eric Charton, et les houblonniers alsaciens sans lesquels ce projet n'aurait jamais abouti. Gageons que leur engagement essaime parmi les planteurs et ouvre la voie à un renouveau de la filière française.



Agnès d'Anthonay
Présidente de la Fondation Brasseries Kronenbourg

Table des matières

INTRODUCTION	4
ETAT DE L'ART DE LA FILIERE DE LA CULTURE DU HOUBLON EN ALSACE	5
1. Historique.....	5
2. Filière.....	6
2.1. Le marché.....	6
2.2. Les acteurs	6
Les producteurs.....	6
Les organismes de collecte et de commercialisation	7
Les clients.....	7
Le suivi technique	7
2.3. Le développement du bio	8
3. Les aspects variétaux :	9
3.1. Caractéristiques aromatiques des variétés chez le houblon	9
3.2. Caractéristiques agronomiques des variétés de houblon	11
4. Typologie des exploitations	12
5. Itinéraire technique culturale	12
Conditions optimales d'implantation d'une houblonnière	12
5.1. La plantation	13
5.2. La taille	14
5.3. La mise en place des fils	14
5.4. La mise au fil.....	15
5.5. Fertilisation et amendements.....	16
5.6. Le buttage	16
5.7. Le défanage.....	17
Défanage manuel	17
Défanage chimique	17
Défanage thermique	17
5.8. Les traitements	18
5.9. La récolte.....	19
5.10. Le séchage.....	20
6. Problématiques et perspectives	21
6.1. Objectifs poursuivis dans la culture du houblon en Alsace	21
Quelle vision à court, moyen et long terme ?.....	21
Objectifs qualitatifs ? Objectifs de rendement ?	21

Développement de la culture sur le territoire ? Quelles perspectives ?	21
6.2. L'agroécologie pour répondre à ces objectifs.....	21
6.3. Pourquoi l'agroécologie ?	23
6.3. Sur quels leviers de l'itinéraire technique jouer pour la transition agroécologique ?	23
FORMATION	24
ETAT des LIEUX des HOUBLONNIERES pour PILOTER un système AGROECOLOGIQUE	26
1. Analyses des sols.....	27
Analyses des équilibres chimiques par la méthode Kinsey-Albrecht.....	27
La méthode du Tea Bag Index pour comprendre le fonctionnement biologique du sol.....	34
La nématofaune du sol pour étudier la biodiversité du sol et son fonctionnement	36
Chromatographie des sols	40
2. Suivi des plantes.....	41
Analyse de sève.....	41
SUIVI DES SYSTEMES AGROECOLOGIQUES TESTES DANS AGROHOUBLON	45
1. Suivi des couverts mis en place.....	45
2. Suivi des zones en non travail du sol	49
2.1. Suivi de la croissance du houblon en non travail du sol	50
2.2. Suivi des rendements.....	54
2.3. Suivi des bio-agresseurs.....	54
3. Suivi du pâturage du houblon par le mouton	58
2.4. Suivi de la qualité fourragère du houblon	61
2.5. Suivi de la santé du foie du mouton.....	61
SUIVI DES PRATIQUES DES HOUBLONNIERS PAR L'INDICE DE REGENERATION	64
Quelques exemples de résultats de calcul de l'IR en lien avec les pratiques agricoles.....	65
CONCLUSION.....	68

INTRODUCTION

Le projet AgroHoublon a pour objectif de créer les conditions techniques et économiques favorables au lancement, au déploiement et à la pérennisation d'une filière alsacienne de houblon agroécologique.

En effet, ce projet affirme ses ambitions sur le plan environnemental pour répondre aux attentes sociétales, en particulier la fertilité des sols, la réduction des intrants, le développement de techniques alternatives et l'amélioration de la performance énergétique, toutes résultantes démontrées des pratiques agroécologiques.

Objectifs agronomiques du projet :

- Emmener un groupe de houblonniers en conventionnel et en agriculture biologique dans la transition agroécologique en organisant des formations et des événements autour de cette thématique et en les accompagnant sur la mise en place de pratiques sur leurs exploitations.
- Accumuler des références agronomiques autour des pratiques agroécologiques afin de les diffuser et attirer d'autres houblonniers dans la démarche et ainsi sécuriser la production en anticipant les problématiques futures (qualité de l'eau, sécheresse, perte de fertilité des sols, réduction des molécules disponibles...)

Grâce à la mise en place d'un groupe de travail composé de houblonniers alsaciens, le programme Agrohoublon a permis de créer un collectif autour de la transition agroécologique dans les houblonnières. Les groupes sont des communautés d'innovation où s'inventent ensemble des solutions appropriées aux problématiques concrètes auxquelles sont confrontées les professionnels. Le groupe est l'unité de base du développement agricole. Il permet aux agriculteurs :

- d'échanger sur leurs pratiques en se réassurant entre pairs
- de faire émerger des projets collectifs en mutualisant les risques liés aux innovations
- d'animer les territoires et les filières.

Aujourd'hui, les Groupements d'intérêt économique et écologique (GIEE), mis en place par la Loi d'avenir sur l'agriculture, font reconnaître la qualité des projets collectifs d'agriculteurs et facilitent leur financement. Le programme AgroHoublon fonctionne à l'instar d'un GIEE mais avec un financement de l'entreprise Kronenbourg et de sa fondation.

Le présent document présente l'état de l'art du houblon alsacien et les principales formations mises en place grâce au programme AgroHoublon. Ces dernières ont permis de mettre en œuvre différentes actions dans les houblonnières. Les principaux résultats de ces actions sont présentés et analysés dans un second temps. Ils sont centrés sur un diagnostic des sols prélevés dans les houblonnières intégrées dans le projet. Un retour d'expérience des pratiques agroécologiques (couverts végétaux, non travail du sol, pâturage ovin, ...) est également présenté dans cette synthèse. Enfin, l'indice de régénération, développé par l'association Pour une Agriculture Du Vivant, a été adapté et appliqué aux parcelles de houblon. Il permet d'évaluer le niveau agroécologique global d'une ferme ou d'un atelier, de manière systémique, à travers une note sur 100. Les premiers calculs sont présentés en dernière partie du document.



1. Historique

L'histoire du houblon est intimement liée au développement du brassage de la bière. Ses origines sont nombreuses et il est difficile de connaître son histoire précise.

L'espèce *Humulus* est utilisée pour le brassage de la bière et est cultivée à travers le monde.

Il existe 5 principales variétés botaniques sauvages de l'espèce *lupulus* à travers le monde

- Cordifolus : Est de l'Asie / Japon
- Lupulus : Europe, Asie, Afrique et plus tard introduit en Amérique du Nord
- Pubescens : Centre Ouest des États Unis
- Unisneomexicanus : Nord-Ouest de l'Amérique
- Lupuldoides : Est et Nord de l'Amérique du Nord

Historiquement, le houblon est utilisé à titre médicinal, pour ses bienfaits sur la santé (essentiellement antimicrobiennes). Ce n'est qu'en 1070 que l'abbesse Ste Hildegarde fit mention des propriétés conservatrices et aromatisantes du houblon dans les boissons dans lesquels on l'ajoutait. On assista alors à l'utilisation du houblon dans la bière. Si la production de houblon débute en Bavière, elle s'intensifie au cours des siècles dans différents pays européens pour arriver au XVIIIème siècle en Amérique.

En France, c'est au XIVème et au XVème siècle que les premières houblonnières apparaissent en Normandie, puis en Flandre.

Il fallut attendre la fin du XVIIIème siècle (1796) pour que l'Alsace, à son tour, développe sa production. On compte 4 000 ha au début du XXème siècle et le houblon connaît son heure de gloire entre 1927 et 1929. Les surfaces diminuent brutalement en 1929 sous le coup d'une surproduction mondiale ; elles s'équilibrent alors entre 1 300 et 1 400 hectares. Au moment de la Seconde Guerre Mondiale, l'occupant allemand limite la surface à 500 hectares pour ne pas concurrencer les régions de production allemandes. Peu avant la guerre, à l'initiative des 363 planteurs (houblonniers), la coopérative CopHoudal est créée.

Après 1945, les surfaces augmentent à nouveau, et ce jusqu'en 1958. Puis elles baissent régulièrement. Plusieurs raisons à cela. En premier lieu, la production devient moins rémunératrice. Elle demande en outre une main d'œuvre importante. Enfin, la concurrence de nouvelles cultures, comme le tabac, incite les producteurs à se reconverter. Après un « creux » à 421 hectares en 1987, la production redevient intéressante. Un nouveau marché très rémunérateur -et contractuel- contribue au développement de la filière soutenue par ailleurs par la Région Alsace et l'Etat. Sur le terrain, le travail se rationalise, grâce entre autres à la mécanisation. Les surfaces progressent alors jusqu'en 2004¹.

En 2003, le géant américain Anheuser-Bush signe un contrat, avec la CopHoudal et les houblonniers alsaciens pour acheter environ 60% de la production de houblon. La production de houblon se développe alors pour atteindre une surface de production d'environ 700ha.

¹ <http://www.asperges-lux.fr/histoire-du-houblon.php>

En 2007, Anheuser-Bush est racheté par InBev. Puis peu de temps après, en 2008, le contrat initialement signé avec les Alsaciens est dénoncé. Cela, couplé à une crise économique, entraîne alors une importante chute de la filière houblon en Alsace (1/3 des planteurs en moins) jusqu'à atteindre 380 ha en production après la crise.

Suite à cela, la CopHoudal s'est rapprochée du Comptoir Agricole pour relancer la filière sur le territoire alsacien.

À l'heure actuelle, la politique autour du houblon en Alsace vise à développer la surface de production pour retrouver une surface équivalente à celle avant la crise de 2007 et permettre le renouvellement des générations.

2. Filière

2.1. Le marché

Depuis plusieurs dizaines d'années, la production de houblon se limite essentiellement à deux bassins de production en France :

- Le Nord avec environs 36ha
- L'Alsace avec environ 465 ha

38ha de houblon sont produits en dehors de ces deux bassins de production sur tout le territoire français.

La surface de production française est environ de 540 ha en 2021.

À l'échelle nationale, la filière du houblon est en plein renouveau. De nombreux nouveaux producteurs s'installent sur l'ensemble du territoire national. Ce développement est à mettre en lien avec l'explosion des microbrasseries et la nouvelle dynamique qui vise à produire des bières avec des matières premières locales et fortement houblonnées.

Sur le marché international, la production française est vraiment minime. Les principaux producteurs mondiaux sont l'Allemagne et les USA, qui à eux deux, produisent presque 75% de la production mondiale (40 000 ha en production). Le reste de la production mondiale se divise en une multitude de pays producteurs, principalement en Europe. Pour se démarquer sur le marché mondial, les producteurs alsaciens développent avec leur coopérative des variétés avec des aspects aromatiques très développés.

2.2. Les acteurs

La filière houblon en France est en plein renouveau. Il y a encore quelques années, seulement deux acteurs étaient présents : le Comptoir agricole (anciennement CopHoudal) qui commercialise 95% du houblon français, et la CoopHouNord qui gère le reste de la production.

Cependant, la culture de houblon suit une nouvelle dynamique avec l'installation d'un grand nombre de néo-houblonniers sur tout le territoire français, et l'organisation de nouveaux pôles de production 100% en agriculture biologique.

Les producteurs

Ces nouveaux producteurs se sont, dans un premier temps, regroupés en association avec Houblon de France, association francilienne, qui accompagne les houblonniers dans leurs projets d'installation, mais

également dans la découverte de la production de houblon. Les nouveaux producteurs avec des projets plus conséquents se regroupent maintenant par bassin de production : Houblon de Normandie, HOPEN (start-up qui accompagne les houblonniers dans le Sud-Ouest), La Bière de Provence (groupement de houblonniers et brasseurs pour une production locale dans le Sud-Est).

Afin d'organiser et répondre aux nouveaux enjeux de la filière, l'AGPH (Association Générale des Producteurs de Houblon de France) regroupe l'ensemble des associations de producteurs locales. C'est à ce titre que les houblonniers alsaciens sont regroupés sous l'association APHA (Association des Producteurs de Houblon Alsaciens) présidée par Jean-Paul Ulrich.

Les organismes de collecte et de commercialisation

Les deux structures historiques du houblon en France (Comptoir Agricole et CoopHouNord) collectent et commercialisent la grande majorité du houblon produit. À titre d'exemple, la quasi-totalité du houblon produit en Alsace est collectée par le Comptoir Agricole. Certains néo-houblonniers signent des contrats avec le Comptoir Agricole pour la production de variétés alsaciennes protégées.

HOPEN basé dans le sud-ouest de la France s'occupe de la commercialisation des houblons produits par ses clients.

Les néo-houblonniers, produisant parfois sur des surfaces moins importantes, font de la commercialisation en direct avec les brasseurs locaux, afin de valoriser au mieux leur houblon.

Les clients

La quasi-totalité de la production de houblon en France est à destination de la filière brassicole. Pour cela, plusieurs produits sont disponibles : le houblon en cône, l'extrait de houblon ou bien le houblon en pellet, utilisation majoritaire par les brasseurs. La transformation du houblon conventionnelle en pellets, pour la production alsacienne, a lieu en Allemagne dans une usine de pelletisation. La problématique liée à la contamination croisée des pellets de houblon en AB lors de la pelletisation a incité le Comptoir Agricole à investir dans une unité de pelletisation dans ses locaux à Brumath à destination du houblon bio. Pour les autres bassins de productions, de petites unités de pelletisation mobiles sont en action.

La commercialisation du houblon vendu par le Comptoir Agricole est environ de 30% à destination de la France et de 70% à l'export.

Le suivi technique

En Alsace le suivi technique est historiquement assuré par le Comptoir Agricole et en Hauts-de-France par la CoopHouNord.

L'entreprise HOPEN assure un suivi technique et un accompagnement de ses clients dans l'élaboration de leur projet et la conduite de la culture de houblon dans le Sud-Ouest.

Dans les autres régions nouvellement productrices, le suivi technique est plus délicat, et les Chambres d'Agriculture régionales commencent à se former pour accompagner les producteurs.



L'organisation de la filière et la création de l'AGPH ont permis de créer l'ITH, Institut Technique du Houblon, qui aura pour vocation d'accompagner l'ensemble des adhérents à l'AGPH dans le suivi technique de la culture, mais également d'élaborer un plan de recherche variétale à l'échelle nationale.

Ci-dessous (Figure 1) le schéma récapitule l'organisation des acteurs du houblon en Alsace :

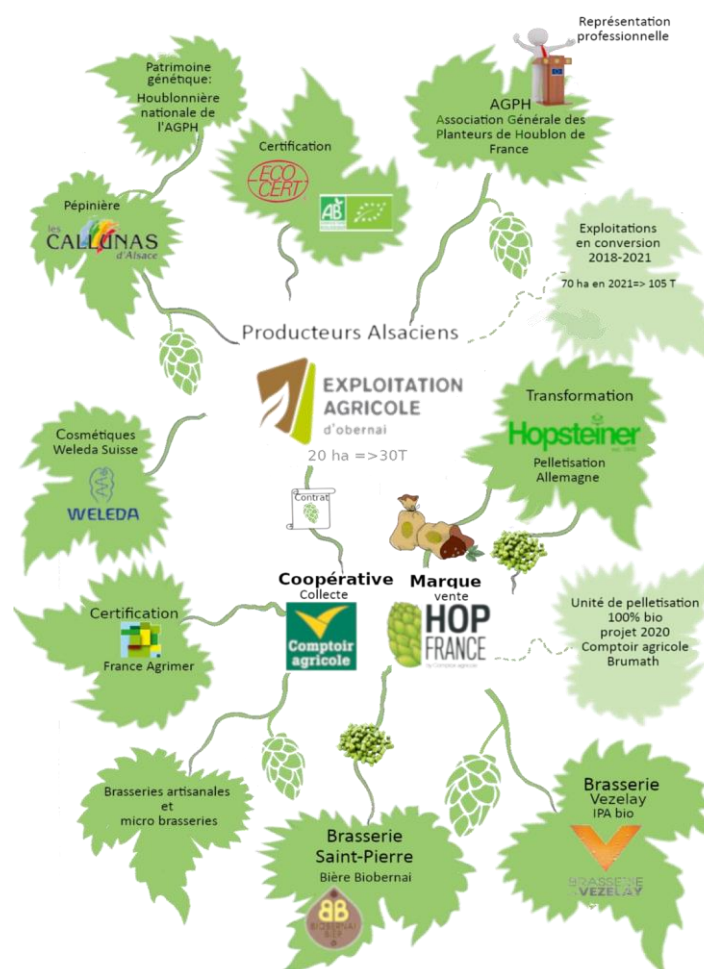


Figure 1 : Organisation de la filière houblon en Alsace (Source : EPL d'Obernai)

2.3. Le développement du bio

Depuis quelques années, les besoins en houblon bio en France sont grandissants. La grande majorité des bières biologiques produites en France utilisait soit du houblon bio importé soit du houblon conventionnel.

Le lycée agricole d'Obernai a été durant de nombreuses années, le seul producteur de houblon bio certifié en France et reste actuellement le premier producteur de houblon biologique en surface et volume de production. Une dynamique sur la production de houblon en AB est en cours chez les houblonniers alsaciens.

3. Les aspects variétaux :

Le choix des variétés de houblon cultivées se fait principalement par rapport à leur intérêt brassicole. Chaque variété développe des caractéristiques amérisantes et/ou aromatiques qui seront exploitées lors du brassage. C'est donc souvent en lien avec l'acheteur que le choix des variétés se fait.

Cependant, chaque variété a des caractéristiques agronomiques qui lui sont propres (précocité, résistance aux maladies et ravageurs, tolérance au stress hydrique ...). Ces caractéristiques agronomiques vont influencer la capacité de production de la variété (qualité et quantité) en fonction des conditions pédoclimatiques et environnementales auxquelles elle est soumise.

Le choix de la variété se fera donc principalement dans un intérêt brassicole tout en veillant à conserver un potentiel agronomique satisfaisant.

Le développement de nouvelles variétés est essentiel pour toujours mieux s'adapter à l'environnement de production, mais également pour répondre aux besoins du consommateur.

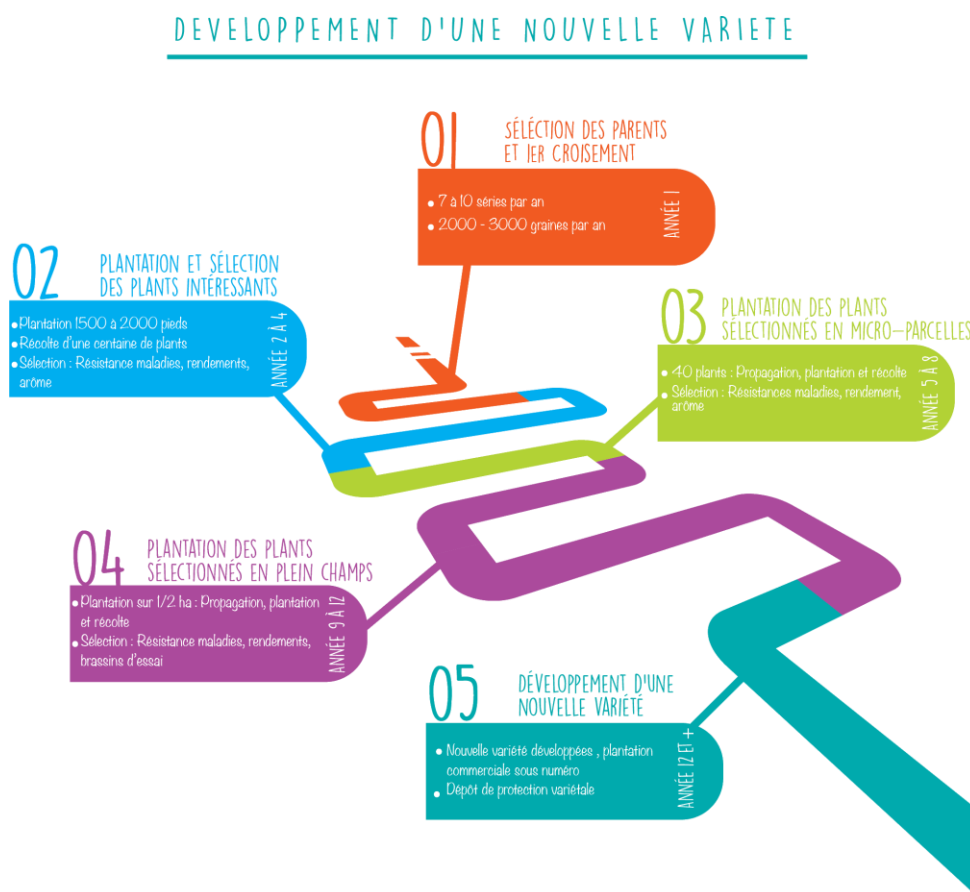


Figure 2 : les étapes d'élaboration d'une nouvelle variété, telle qu'elle est mise en œuvre par le Comptoir Agricole.

3.1. Caractéristiques aromatiques des variétés chez le houblon

Un cône de houblon séché contient 8 à 10% d'humidité, 40 à 50% de cellulose, jusqu'à 15% de protéine, 8 à 10 % de substances minérales, 2% de pectines, jusqu'à 2% de lipides, 2 à 5% de polyphénols, 0 à 10 % acide bêta, 0 à 22% d'acide alpha, et 0.5 à 4 % d'huiles essentielles.

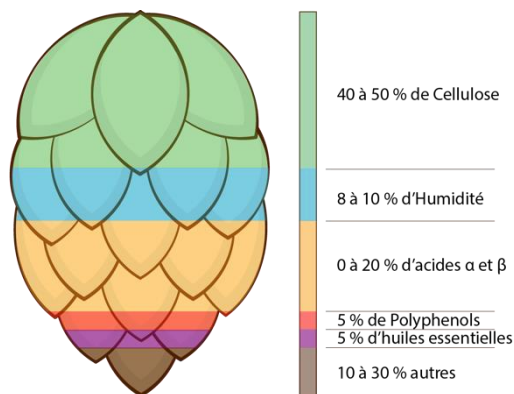
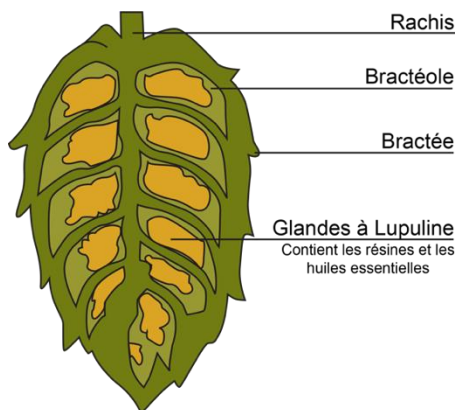


Figure 3 : Coupe d'un cône de houblon

Figure 4 : Composition moyenne d'un cône de houblon (Sources KOMIFO)

L'intérêt brassicole du houblon provient des glandes à lupuline que l'on retrouve dans les cônes (Figure 3). La lupuline, poudre jaune collante et odorante, produite par le houblon contient les résines (acides α et β) ainsi que les huiles essentielles.

En fonction de ces différentes caractéristiques, les houblons peuvent être classés dans deux catégories :

- Houblon aromatisant : avec une concentration en acide iso- α relativement faible (3-8%)
- Houblon amérissant : avec une concentration en acide iso- α plus élevé (8-15%).

Depuis plusieurs années, la consommation de bière est en pleine évolution. Les consommateurs cherchent de nouvelles saveurs et de nouvelles expériences.



Afin de faciliter la communication avec les consommateurs et avoir des termes aromatiques en commun, l'Université des Sciences appliquées de Hochschule RheinMain a développé une roue aromatique, équivalente à celles qui existent dans le domaine du vin (Figure 5). Cette roue a été développée par des panélistes qui ont déterminé une terminologie des arômes simple à identifier. Une deuxième roue a également été développée par la même université, mais qui cette fois s'adresse plus aux professionnels avec une terminologie des perceptions sensibles de la bière.

Figure 5 : Roue des arômes développée par la Hochschule Rheinmain Universität et traduite par le CFPPA d'Obernai

3.2. Caractéristiques agronomiques des variétés de houblon

Le choix d'une variété en fonction de ses caractéristiques agronomiques reste limité.

Les points essentiels à prendre en compte sont la résistance aux maladies (mildiou principalement), mais également leur facilité de conduite et leur comportement au fil.

La résistance aux maladies est un aspect primordial dans une production de houblon en agriculture biologique. En effet, les moyens de lutte contre ces maladies sont très limités dans ce système de production (peu ou pas de produit disponible). Une résistance naturelle de la variété sera un plus dans l'objectif d'une production de qualité.

Le document suivant (Figure 6), extrait du guide technique 2014 du Comptoir Agricole, présente les caractéristiques agronomiques des différentes variétés cultivées en Alsace.

Les caractéristiques des produits

	Strisselspalt	Tradition	Fuggel/ Savinski golding	Aramis	Triskel	Bouclier (P08/6)	P08/3	Nugget	Columbus	Brewers Gold
Groupe	Aromatique	Aromatique	Aromatique	Aromatique	Aromatique	Aromatique	Aromatique	Super- Riche	Super- Riche	Riche
Maturité	½ Tardif	Précoce	Précoce	Tardif	½ Tardif	½ Tardif	½ Précoce	Tardif	Tardif	Tardif
Distance plantation	1,1 – 1,3 m	1 -1,2 m	1m	1,1-1,3 m	1,1 – 1,3 m	1,2 m	1 – 1,2 m	1,1 – 1,3 m	1 -1,3 m	1,2- 1,3m
Conduite	Inclinée	Droite	Droite	Légèrement incliné	Légèrement incliné	Incliné	Légèrement incliné	Légèrement incliné	Droite	Légèrement incliné
Résistance vis-à-vis des bioagresseurs										
Mildiou	++	+++	+	-	++	---	-	++	---	++
Oidium	++	+++	-	--	+++	--	+	++	--	++
Pucerons	0	0	0	0	0	0	0	-	--	---
Acariens	0	--	--	0	0	0	0	--	--	-
Croissance	Variété rustique. Fort développement végétatif.	Développement moyen. Souche peu vigoureuse. Démarriage de la végétation tardive au printemps.	Aime printemps et été humides et frais. Démarriage de végétation rapide au printemps.	Démarrage de la végétation tardive au printemps. Lianes raides au printemps : mise au fil délicate.	Nécessite une plantation soignée profonde. Souche peu vigoureuse. Houblon irrégulier.	La vigueur excessive doit être maîtrisée par une taille tardive. Les premières années les apports d'azote doivent être limités.	Vigueur moyenne. Peu de feuillage.	Variété rustique.	Houblon sensible à la pourriture des souches.	Variété rustique.
Forme des cônes et Rameaux latéraux	Cônes allongés et groupés. Rameaux latéraux longs.	Rameaux latéraux moyens. Cônes moyens.	Cônes individuels. Rameaux latéraux courts.	Rameaux latéraux horizontaux. Cônes denses et fermes.	Cônes allongés et groupés. Rameaux latéraux longs.	Rameaux latéraux très longs. Cônes allongés.	Cônes moyens allongés. Rameaux latéraux longs.	Cônes moyens allongés. Rameaux latéraux longs.	Cônes compacts et denses. Rameaux latéraux en vrille.	Petits cônes pointus. Rameaux latéraux longs.
Conseils spécifiques			Taille plus tardive	Mise au fil délicate	Taille peu sévère et ébroussage léger	Maîtriser la vigueur			Séchage difficile	

Légende : 0 sensibilité moyenne, ++ très résistant, -- très sensible

Figure 6 : Extrait du guide technique 2014- Comptoir Agricole (Source : https://issuu.com/comptoir-agricole/docs/guide_technique_2014/192)

4. Typologie des exploitations

La typologie des exploitations produisant du houblon en Alsace est multiple par l'importance de la production de houblon dans la SAU (Surface Agricole Utile) mais également par le système d'exploitation lui-même.

La surface de houblon par exploitation s'étend d'environ 5 ha à plus de 20 ha pour d'autres.

Une majorité des planteurs de houblon ont des productions en Grandes Cultures. Certains sont également viticulteurs et/ou maraîchers. Certaines exploitations ont également un atelier élevage en parallèle de la production de houblon.

Le nombre de variétés de houblon produites sur chaque exploitation peut varier entre quelques variétés (3 ou 4) à plus d'une dizaine. Ce choix n'est pas de la seule volonté du producteur, mais dépend également des besoins pressentis par le Comptoir Agricole sur certaines variétés et des marchés (national et international).

La production de houblon en AB est en augmentation en Alsace, en lien avec le besoin dans le milieu brassicole : 4 producteurs sur les 42 houblonniers alsaciens sont soit certifiés en agriculture biologique soit en conversion.

5. Itinéraire technique culturale

Il existe de nombreuses techniques culturales dans la culture du houblon. La présentation des différentes étapes ci-dessous reprend une liste non exhaustive des pratiques les plus communes sur le territoire alsacien. Dans le reste du document, la conduite du houblon présentée ici est appelée « **conduite traditionnelle** »

Conditions optimales d'implantation d'une houblonnière

La hauteur des houblonnières alsaciennes varie entre 7 et 8 mètres (Figure 7). Cette hauteur d'échafaudage est liée aux variétés cultivées en Alsace. L'écartement entre plants varie entre 1 à 1,4 mètre.

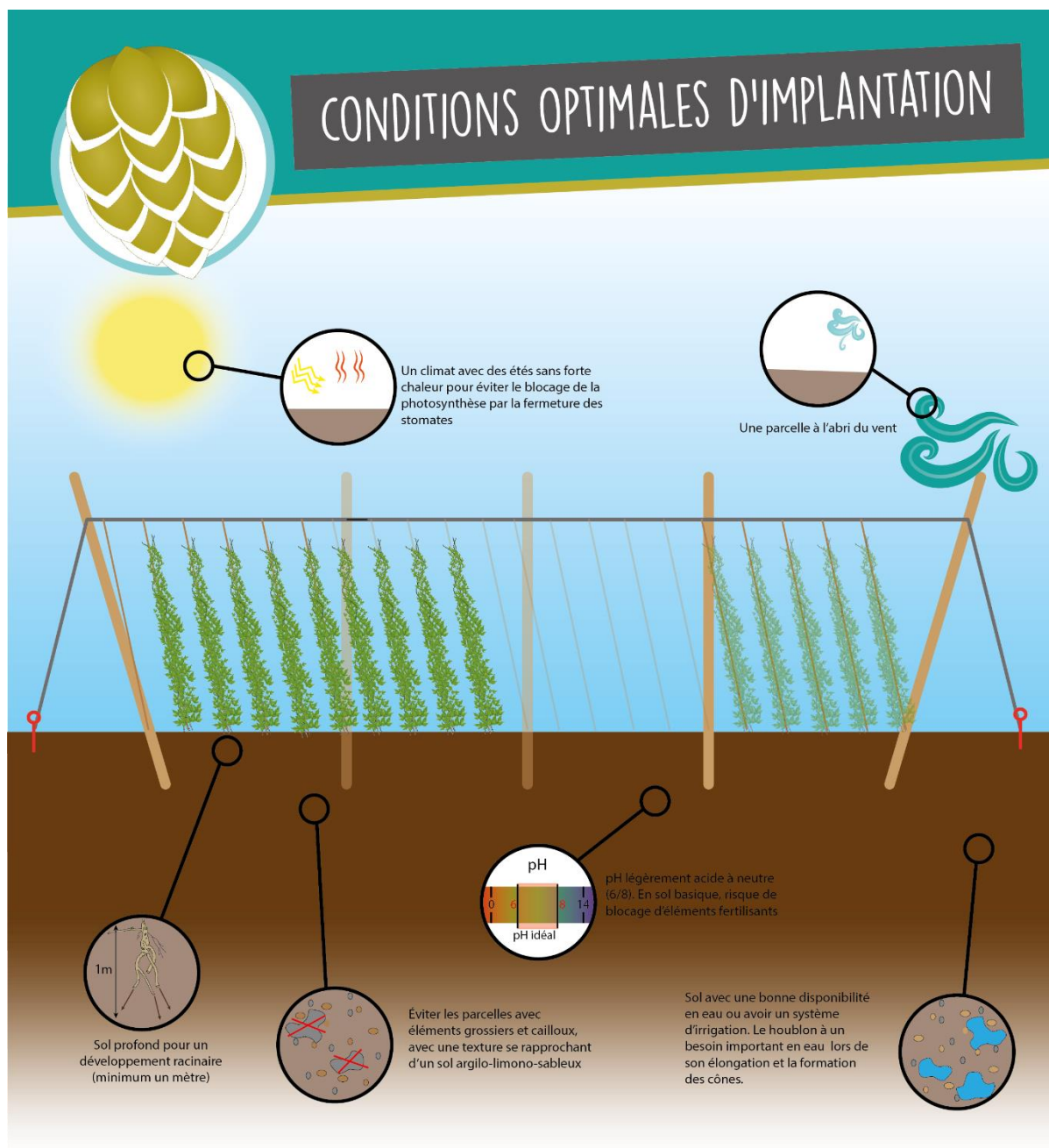


Figure 7 : Schéma d'une houblonnière (Sources KOMIFO)

En fonction des houblonnières, et de leur situation géographique, l'écartement entre rangs (entre lignes) varie de 2,7 à 3,2 mètres.

5.1. La plantation

La qualité de la plantation de la houblonnière est déterminante pour obtenir de bons rendements.

En Alsace, la majorité des producteurs utilisent des plants provenant de l'entreprise Callunas d'Alsace, qui travaille en prestation pour le Comptoir Agricole, et qui multiplie les plants durant toute l'année. Certains houblonniers utilisent des rhizomes comme moyen de multiplication des pieds de houblon dans



la houblonnière, mais l'utilisation de plants en pot est un gage de qualité pour la future production.

L'achat des plants est un budget non négligeable dans la mise en place d'une houblonnière. Il est donc important de maîtriser les risques à l'implantation pour limiter les pertes et donc les coûts d'investissements.

En amont de la plantation, il est important de travailler le sol afin qu'il soit propre et meuble. La densité de plants/ha varie en fonction du système de houblonnière choisi. En Alsace, la moyenne est de 3000 plants/ha.

Il est important que l'ensemble de la plantation soit homogène afin de permettre un développement des plants régulier dans la houblonnière, ce qui facilitera le travail tout au long de la production.

La profondeur de plantation recommandée est environ de 30 à 40 cm. Le plant est placé au fond du sillon et est recouvert partiellement après plantation. Le sillon sera fermé naturellement par la suite avec les précipitations. Il est important de ne pas refermer complètement le sillon de plantation afin de laisser le plant se développer et d'avoir un plateau de taille au niveau 0 de la parcelle. Une autre technique de plantation à la tarière peut être envisagée, mais le temps de main-d'œuvre est plus élevé. Cette technique est privilégiée pour les lignes sous les poteaux, où la réalisation d'un sillon est impossible. Elle est également utilisée pour remplacer les plants de houblon manquants sur une ligne en pleine production.

Une plantation est bien réussie et des plants de bonne qualité permettent d'assurer une petite récolte dès la première année, et presque une pleine production dès la deuxième année. Il faut toutefois noter que les périodes de sécheresse étant de plus en plus longues, la réussite d'une plantation est de plus en plus compliquée. De nombreux houblonniers sont contraints d'irriguer leur plantation pour s'assurer un démarrage correct du plant de houblon.

5.2. La taille

La taille printanière consiste à éliminer l'ensemble des premières pousses du houblon. Les objectifs de cette taille sont multiples :

- Elle permet de gérer la croissance des tiges de houblon afin que la fin de l'élongation de la liane soit en haut, peu avant le solstice d'été. Cela permet d'augmenter / améliorer la production.
- Elle permet la destruction / la non-prolifération d'une partie de l'inoculum de certaines maladies (le mildiou principalement) présent à l'intérieur des souches.

Temps de travail : 1 à 5 heures / ha

5.3. La mise en place des fils

Le houblon est une plante grimpante qui a besoin d'un support pour se développer. Pour cela, on utilise un fil tuteur, que l'on tend entre le haut de l'échafaudage et le plant de houblon.

La mise en place des fils est une intervention qui demande beaucoup de main-d'œuvre et de temps de travail. Comme les fils sont arrachés en même temps que les lianes de houblon lors de la récolte, ils devront être réinstallés chaque année.

Il existe différents types de fils utilisés pour le tuteurage du houblon, mais en Alsace on utilise principalement du fil de fer ou du fil de coco. L'utilisation de la fibre de coco est de plus en plus répandue, mais bien que son



utilisation soit plus durable que d'autres fils (malgré l'impact de son importation), elle reste onéreuse. En Europe, on privilégie pour le tuteurage du houblon, l'utilisation d'un mince fil de fer qui coûte moins cher. Le fil de fer a également l'avantage de ne pas se courber sous le poids du houblon et facilite donc le passage des machines pour les travaux estivaux (Figure 8).

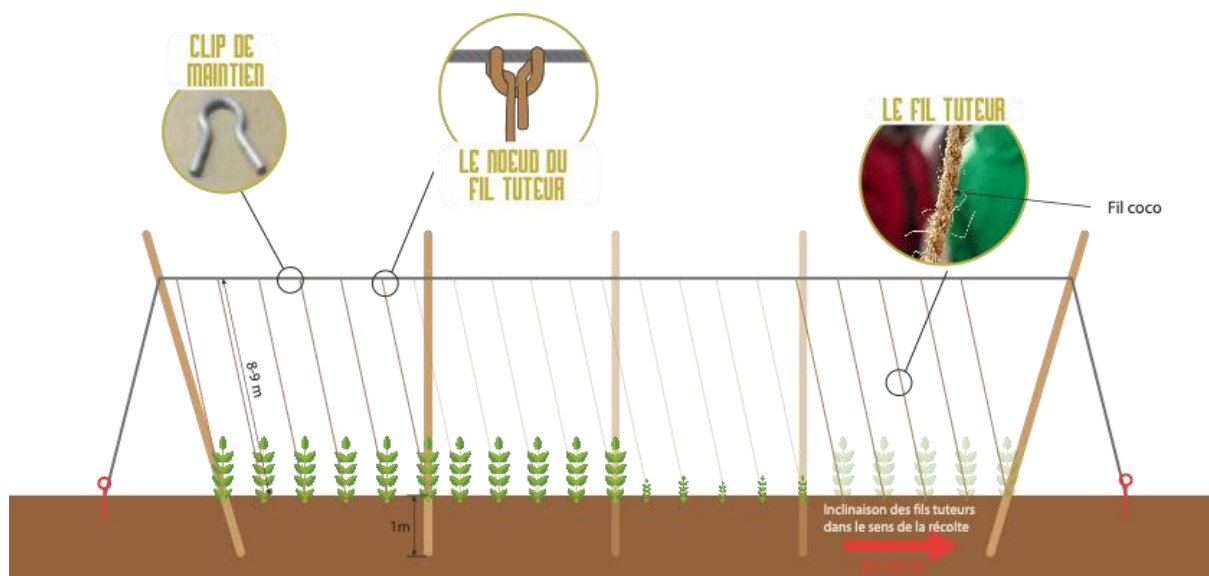


Figure 8 : Mise en place des fils dans une houblonnière (Sources KOMIFO)

Temps de travail estimé : 10 à 30 heures / ha

5.4. La mise au fil

La qualité de la mise au fil du houblon est déterminante pour le rendement futur de la houblonnière. Si cette étape est mal effectuée, elle peut engendrer une perte de 50 à 70% de rendement.

La mise au fil consiste à enrouler la liane de houblon, d'une hauteur de 50 à 80 cm, autour du fil tuteur dans le sens horaire. Si le palissage des lianes est effectué dans le sens contraire, cela entraînera un retard de développement significatif des plants, qui devront se dérouler dans un premier temps puis être tuteurés à nouveau.



Sur le système alsacien, on utilise un fil par souche sur lequel on vient enrouler entre 3 à 5 lianes (en fonction de la variété et des pratiques culturales) du centre de la souche et de même vigueur. Les autres lianes en surplus à la base des plants doivent être taillées. Cette opération est réalisée à la main. L'objectif final est d'avoir deux lianes en haut du fil en fin de campagne.



D'autres systèmes de tuteurage existent en fonction des schémas de houblonnière, du climat, des variétés cultivées. On peut retrouver des systèmes à deux ou quatre fils par pied. Quel que soit le choix de tuteurage, il est important d'observer une bonne aération de la houblonnière afin d'éviter le risque de propagation des ravageurs et maladies.

Après quelques jours / semaines, un deuxième passage sera nécessaire pour remettre, les lianes qui seraient tombées, sur le fil.

Temps de travail : environ 30 heures / ha (variations importantes en fonction des variétés)

5.5. Fertilisation et amendements

En agriculture conventionnelle, une fertilisation azotée est réalisée. La quantité dépend principalement des objectifs de rendement que se fixent les houblonniers. Les engrais les plus couramment utilisés sont l'ammonitrate 33,5 et l'urée. Cette fertilisation se fait le plus souvent au redémarrage de la végétation, en avril et mai. Que ce soit en agriculture biologique ou en conventionnelle, des amendements organiques sont réalisés régulièrement.



En agriculture biologique, la fertilisation est l'un des aspects les plus problématiques avec la gestion des ravageurs et maladies.

La politique mise en place dans les houblonnières en AB est de nourrir le sol, ce qui permettra ensuite à la plante de puiser les éléments minéraux dont elle a besoin dans le sol pour se développer. Il faut, comme pour toutes les cultures, éviter les fertilisations trop rapides en matière azotée afin d'atténuer les infestations précoces de maladies fongiques qui profitent d'une fertilisation azotée excessive.

Temps de travail : 2 à 5 heures / ha

5.6. Le buttage

L'étape du buttage consiste à recouvrir la ligne de houblon d'une butte d'environ 15-20 cm de terre fine et meuble.

Le principe du buttage est de limiter le développement de surgeons en bas des lianes de houblon. Ces surgeons recouverts par la butte se transformeront en rhizome. Ainsi, on limite le développement de nouvelles tiges qui pourraient être porteuses de maladies (principalement mildiou et oïdium) et on limite ainsi le niveau d'infestation.



De plus, la butte étant composée de terre fine, elle permet un bon développement des racines estivales (racines annuelles horizontales) essentielles dans le développement et la croissance du plant de houblon.

Elle permet également de conserver l'humidité dans le sol sur la ligne des plants et d'apporter les éléments nutritifs directement aux racines.

Le buttage, s'il est réalisé au moment opportun, permet également de lutter contre les adventices sur le rang en recouvrant les plantules non désirées qui pourraient concurrencer le plant de houblon dans la recherche d'éléments minéraux.

Un premier buttage est réalisé après la mise au fil du houblon puis un deuxième buttage est fait mi-mai avec un outil type « chisel », qui permettra d'enfouir les amendements organiques (fumiers, composts ...) apportés sur la parcelle.

Après le semis des engrais verts, un troisième buttage pourra être envisagé.

Les buttes seront ensuite détruites durant l'hiver (débuttage) pour permettre la taille du vieux bois.

Temps de travail : 1 à 3 heures / ha (en fonction du nombre de buttages / an)

5.7. Le défanage

Le défanage est une technique qui consiste à retirer les feuilles du bas des tiges de houblon. Cette technique est une bonne méthode de lutte prophylactique contre certains ravageurs et maladies fongiques du houblon.

La défoliation permet dans un premier temps de lutter contre les acariens du houblon qui profitent du feuillage dense pour accroître leur population. C'est également un moyen de lutte contre le mildiou et l'oïdium.

Cela permet également d'aérer la houblonnière et d'éliminer une partie de l'humidité présente, facteur déterminant dans l'apparition de certaines maladies fongiques.

Enfin, le défanage du bas des tiges permettra une récolte plus facile des lianes.

Il existe trois grandes catégories de pratiques : le défanage manuel, le défanage chimique, le défanage thermique.

Défanage manuel

Il nécessite une main-d'œuvre importante qui, équipée de gants, va arracher les feuilles des bas des tiges de houblon d'un mouvement sec vers le bas. L'effeuillage manuel permet un résultat plus propre que le défanage thermique.

Défanage chimique

Il s'agit de l'application de désherbants chimiques qui se caractérise par un mode d'action de contact (ex : SPOTLIGHT PLUS).

Pour un désherbage chimique efficace, 1 ou 2 passages seront nécessaires en fonction des produits et de la réglementation en vigueur. Pour limiter les risques sur la culture du houblon, les produits phytopharmaceutiques doivent être utilisés sur des lianes bien lignifiées.

Défanage thermique

Le défanage thermique crée un choc thermique (environ 1000 à 1400°C) à l'aide d'un brûleur à gaz pendant 1 à 2 secondes sur les feuilles. Ce choc thermique va entraîner, sous l'effet de la chaleur, la coagulation des protéines présentes dans la paroi pectocellulosique qui vont se fixer sur les fibres de cellulose et ainsi rendre la paroi extrêmement solide et hermétique. Dans le même temps, la chaleur va entraîner la dilatation de la vacuole (réserve d'eau de la cellule) qui va se dilater dans un espace hermétique ce qui va entraîner l'éclatement de la cellule végétale (Figure 9).



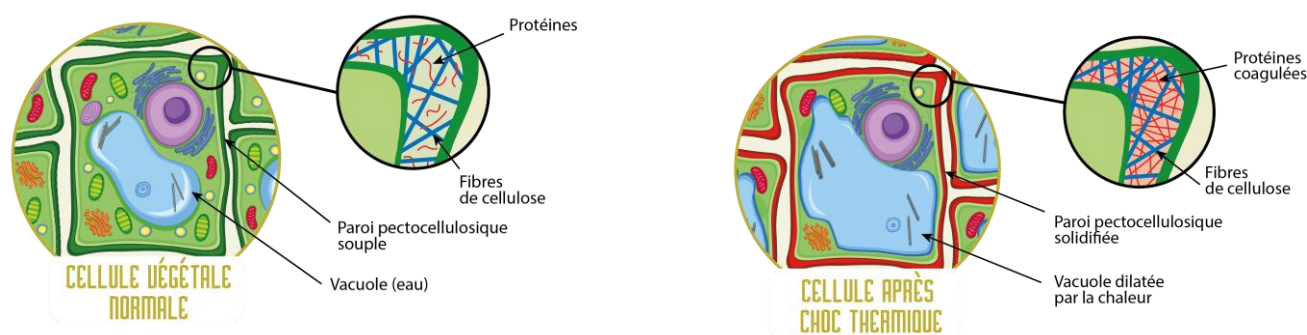


Figure 9 : Evolution d'une cellule végétale après défanage thermique

Temps de travail défanage chimique et thermique : 1 à 5 heures / ha

Temps de travail défanage manuel : 10 à 20 heures / ha

5.8. Les traitements

Les traitements phytopharmaceutiques dans la production de houblon conventionnelle sont courants mais avec un nombre de produits disponibles limité. En agriculture biologique, les solutions phytosanitaires pour la gestion des maladies et des ravageurs sont encore moins nombreuses. C'est pourquoi, un ensemble de techniques prophylactiques peuvent être mises en œuvre : taille, défanage, gestion des pousses spiciformes, nettoyage de l'échafaudage après récolte, nettoyage de la houblonnière après récolte ... Concernant les traitements préventifs, les poudres de roche et de petit lait sont utilisées pour lutter contre les maladies et ravageurs dans la houblonnière.



De façon générale, en agriculture biologique, la surveillance et l'observation sont les meilleurs moyens de luttés préventifs. Le schéma ci-dessous (Figure 10) présente les périodes à risque en fonction des maladies et ravageurs.

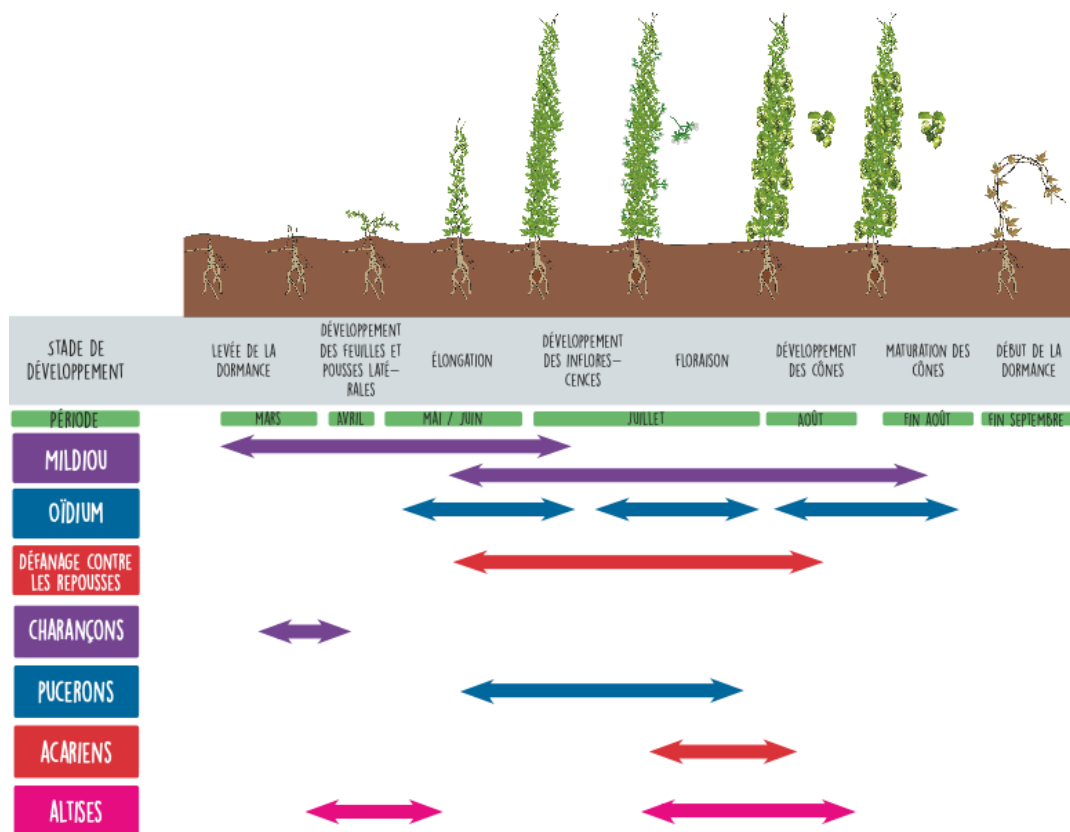


Figure 10 : Période de risques des maladies et ravageurs du houblon (Sources : Comptoir agricole ; Reprise graphique : KOMIFO)

Temps de travail : 1 à 5 heures / ha

5.9. La récolte

En France, la période de récolte s'étale entre mi-août et fin septembre. Cette période peut évoluer en fonction du climat, des conditions pédoclimatiques, de la variété, de la pression des ravageurs et maladies, du matériel et de la main-d'œuvre disponible.

Plus la récolte est tardive, plus les cônes se remplissent et le rendement devient important jusqu'à la production optimum. Au-delà de ce point optimum, le houblon passe en sur maturité ce qui entraîne une dégradation de la qualité des cônes (oxydation du cône qui diminue sa capacité de conservation et sa qualité brassicole).



La concentration en acide alpha varie en fonction de la variété. La concentration en acide bêta reste stable durant la période de récolte tandis que celle en huile essentielle augmente tout au long de la période.

Afin de déterminer la période de récolte optimum, les houblonniers se basent souvent sur le taux d'humidité des cônes. Le taux d'humidité idéal dans les cônes est de 80 %.

En Alsace, le rendement en houblon varie entre 1,5 à 2,5 tonnes / ha en fonction des pratiques culturales et du système de production (agriculture biologique ou conventionnelle).

5.10. Le séchage

C'est l'étape la plus importante de la production de houblon, car si elle est mal maîtrisée, elle est susceptible de remettre en cause le travail qualitatif d'une année de culture.

Après la récolte, le houblon est rapidement séché (quelques heures) afin d'éviter une oxydation des cônes qui diminue fortement la qualité de la récolte. C'est pourquoi chaque houblonnier dispose d'un séchoir sur son exploitation. En amont du séchage, les tiges de houblon passent dans une cueilleuse qui va permettre de trier les cônes de houblon des lianes et des feuilles. Les résidus (lianes + feuilles) sont broyés, puis compostés ou épandus sur les parcelles.



Le principe du séchage est de retirer une grande partie de l'eau présente dans les cônes. Le taux d'humidité, qui avoisine 80% après récolte, doit être ramené à un taux compris entre 8 et 11%. Au-dessus de ce taux, les cônes risquent de s'oxyder et de voir leur qualité brassicole diminuée. En dessous de 6% d'humidité, il y a une perte conséquente des qualités aromatiques du houblon, mais également un risque accru de voir les glandes à lupuline tomber des cônes de houblon.

La température de séchage doit-être comprise entre 40 et 60°C afin de ne pas endommager le cône de houblon qui est une matière fragile. La durée de séchage dépend de la température appliquée, du taux d'humidité présent dans les cônes, mais aussi du séchoir utilisé. Après séchage, le houblon doit être conservé à une température de 3°C pour limiter l'oxydation des cônes.

Rendement journalier de récolte + séchage : 1 à 3 tonnes de houblon / jour soit 1 à 2 ha / jour (varie en fonction du dimensionnement de la cueilleuse et du séchoir).

6. Problématiques et perspectives

Les problématiques liées à la production du houblon et les perspectives d'avenir, que pourraient solutionner en partie la mise en œuvre de pratiques agroécologiques, ont été énoncées, par les houblonniers participants au projet, le 03/03/2020 lors d'un atelier de travail. Voici les différents éléments issus du travail en atelier :

6.1. Objectifs poursuivis dans la culture du houblon en Alsace

Quelle vision à court, moyen et long terme ?

- Volonté de maîtriser les ravageurs / les maladies
- Gagner de l'argent => produire pour plus de rentabilité
- Donner une image dynamique et positive de la filière
- Avoir une filière viable => un revenu correct / garder un sol vivant
- Investir dans l'outil de production / outil génétique
- Expérimenter les processus biologiques
- Développer une identité / image forte du houblon alsacien

Objectifs qualitatifs ? Objectifs de rendement ?

- Garder les rendements et la qualité, mais dans une perspective d'amélioration.
- Développer les gammes de houblons amérissants alsaciens pour répondre à des besoins locaux / France.

Développement de la culture sur le territoire ? Quelles perspectives ?

- Augmenter les surfaces et le nombre de planteurs
- Pouvoir renouveler les générations
- Répondre aux demandes des brasseries
- Développer la consommation en France et au niveau local pour faire face à la concurrence des autres pays producteurs avec des coûts de production plus faibles.

6.2. L'agroécologie pour répondre à ces objectifs

La production en agroécologie est un moyen de répondre aux objectifs du groupe de travail. Elle permet de gagner en résilience face aux ravageurs et maladies lorsque le système agroécologique est arrivé à un équilibre. Elle permet également d'améliorer la fertilité des sols par des processus biologique à nouveau installés. Elle donne à la filière alsacienne une image dynamique et innovante. Elle peut attirer les jeunes générations de houblonniers comme c'est le cas dans les nouveaux territoires de production de houblon. Enfin, le houblon agroécologique intéresse les brasseries, en particulier l'entreprise Kronenbourg à l'origine du programme AgroHoublon.



Qu'est-ce que l'agroécologie ?

(Sources : Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, <https://agriculture.gouv.fr/quest-ce-que-lagroecologie>)

L'agroécologie est une façon de concevoir des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes. Elle les amplifie tout en visant à diminuer les pressions sur l'environnement (ex : réduire les émissions de gaz à effet de serre, limiter le recours aux produits phytosanitaires) et à **préserver les ressources naturelles**. Il s'agit d'utiliser au maximum la nature comme facteur de production en maintenant ses capacités de renouvellement.

L'agroécologie réintroduit de la diversité dans les systèmes de production agricole et restaure une mosaïque paysagère diversifiée (ex : diversification des cultures et allongement des rotations, implantation d'infrastructures agroécologiques...) et le rôle de la biodiversité comme facteur de production est renforcé, voire restauré.

L'agronomie est au centre des systèmes de production agroécologiques. De solides connaissances dans ce domaine sont indispensables, tant pour les agriculteurs que pour leurs conseillers.

Chaque évolution vers un système de production agroécologique doit être raisonnée au cas par cas, en fonction notamment du territoire (conditions pédo-climatiques, tissu socio-économique), mais aussi des objectifs de l'exploitant (qualité de vie).

L'agriculteur adapte les techniques à ses parcelles, en particulier à travers une série d'expérimentations dans ses propres champs. Ces démarches d'expérimentations peuvent être conduites individuellement ou collectivement, avec d'autres agriculteurs et/ou conseillers, en s'appuyant notamment sur l'expertise des acteurs sur leur milieu.

Enfin, l'agroécologie dépasse les simples gains d'efficacité des diverses pratiques d'un système de production, telles que le réglage fin des pulvérisateurs de produits phytosanitaires ou le raisonnement des apports d'intrants. L'agroécologie révisé les systèmes de production en profondeur : nous sommes dans le domaine de la reconception des systèmes de production.

Et l'agriculture régénératrice ?

(Sources : L'agriculture régénératrice : summum de l'agroécologie ou greenwashing ? M.Duru, JP. Sarthou et O. Therond, Cah. Agric. 2022, 31, 17)

L'agriculture régénératrice (AR) repose sur un récit fondateur initié dans les pays anglo-saxons. Elle est présentée comme un moyen alternatif de produire de la nourriture en réduisant les impacts environnementaux et/ou sociaux par rapport à l'agriculture conventionnelle. Elle met tout particulièrement en avant la protection du sol (« sols toujours couverts par des plantes vivantes ou leurs résidus ») pour « réparer ou agrader (améliorer) la terre » et contribuer à améliorer la biodiversité, la qualité de l'eau et de l'air. Une ambition est de mettre en place des pratiques agricoles basées sur une approche écologique et holistique de la production, dépassant la vision actuelle du développement durable, notamment pour atténuer le changement climatique. Le récit de l'AR, basé sur la santé du sol, a reçu une attention marquée depuis les années 2000, d'abord dans le monde économique (grandes entreprises alimentaires multinationales, distributeurs, agriculteurs) et la société civile (consommateurs), et plus récemment dans la recherche académique (Giller et al., 2021).

L'AR est une forme d'agriculture qui se réfère à l'agroécologie. Cette dernière, initiée plutôt par des chercheurs aux USA, a été amplement reprise et développée en Amérique du Sud et en Europe pour y adjoindre des dimensions sociales (Wezel et al., 2009). L'agroécologie dans sa dimension ambitieuse, basée sur la biodiversité (Duru et al., 2015), a surtout été mobilisée par de petits groupes d'agriculteurs et encouragée par des politiques publiques, mais n'est pas vraiment parvenue à enrôler les grands acteurs économiques et la société civile. Ces acteurs, ayant besoin de faire reconnaître les formes d'agriculture pratiquées sur le terrain, perçoivent donc positivement l'arrivée de l'AR car elle permettrait d'identifier, plus clairement que l'agroécologie, une forme d'agriculture bien définie.

6.3. Pourquoi l'agroécologie ?

- Notion de survie
- Pouvoir se démarquer sur le marché national et international
- Prise de conscience de la limite d'un système (problème de maîtrise des maladies / ravageurs) ; nécessité de revenir aux fondamentaux : le sol
- Répondre à une demande sociétale
- Savoir s'adapter aux modifications climatiques
- S'adapter à la pénurie des énergies fossiles (mise en place d'une culture plus autonome en énergie)

6.3. Sur quels leviers de l'itinéraire technique jouer pour la transition agroécologique ?

- Améliorer le fonctionnement du sol en implantant des couverts et en limitant voire en arrêtant le travail du sol (l'arrêt du travail du sol pose la question du travail indirect du sol par la taille et la butage)
- Limiter l'usage des herbicides en favorisant le défanage thermique et en faisant pâturer des moutons dans les houblonnières

Suite aux réflexions du groupe de travail, un programme de formation est mis en place afin de proposer un ensemble d'actions à mettre en œuvre dans les houblonnières des membres du groupe AgroHoublon pour commencer la transition agroécologique.

FORMATION

Le programme de formation mis en place par AgroHoublon vise à mieux comprendre la relation SOL-PLANTES en amont des actions réalisées. Ces formations ont permis d'établir les paramètres à mesurer dans une houblonnière pour concevoir et piloter des systèmes en transition agroécologique.

FORMATION 2019 :

- Décembre 2019 : 1 journée Konrad Schreiber, Agronome à l'Institut de l'Agriculture Durable, spécialiste des sols vivants, co-fondateur de Ver de terre Production et de La Vache Heureuse. Thème : **Introduction aux sols vivants et à l'optimisation de la photosynthèse par les leviers de l'agroécologie**

FORMATION 2020

- Mars 2020 : 1 journée, Alain Canet, Agronome et agroforestier, ancien directeur de l'AFAP (Association Française d'Agroforesterie). Thème : **Introduction à l'Agroforesterie.**
- Mai 2020 : 3 x 3h, Hervé Coves, expert en agroécologie, spécialiste du milieu naturel du houblon. Thème : **En quoi la ripisylve, milieu naturel du houblon, peut-elle influencer les pratiques d'une houblonnière agroécologique ?**

FORMATION 2021

- Janvier 2021 : 2 jours. Marie-Thérèse, Agricultrice - Formatrice Responsable formation et analyses de produits vivants et Alfred Gassler, pionnier de l'agriculture de conservation des sols, pratique le système de semis direct sous couvert végétal sur sa propre exploitation depuis 1999. Thème : **Santé des sols pour la santé des plantes**
- Février 2021 :

1 journée, Jérôme Courgey, viticulteur et animateur du groupe Arbres et paysages en Champagne. Thème :

- **Les couverts végétaux (espèces et variétés, date de semis et semis utilisés)**
- **Retour d'expérience en viticulture**
- **La gestion d'un couvert végétal permanent (outil de destruction ou de gestion, zéro herbicides, zéro travail du sol et autofertilité)**
- **Réussir son implantation**
- **Mise à disposition d'outil pour vous aider à réfléchir à vos projets / Réflexion sur la mise en œuvre d'un couvert végétal permanent dans l'itinéraire technique cultural du houblon**

1 journée, Michel Roesch, exploitant agricole alsacien, pionnier de l'agriculture biologique de conservation en France.

Thème :

- **Présentation des concepts de l'Agriculture de conservation**
 - **Lever les freins au changement de pratiques**
 - **Les outils à sa disposition*Gestion d'un couvert permanent**
 - **Et au-delà du couvert, ce que l'on peut mettre facilement en œuvre dans la culture du houblon**
- **Décembre 2021 : 2,5 jours. Alfred Gassler. Thème : Les analyses comme base de réflexion et de Gestion pour améliorer la performance de son système de production. Accompagnement personnalisé des houblonniers du groupe Agrohoublon**

FORMATION 2022 :

- **Janvier 2022 : 2 jours. Patrick Goater, phytothérapeute agricole, fondateur de Purin d'ortie et compagnie. Thème : Utiliser et produire des extraits de plantes en agriculture. Réduire des doses de cuivre et de soufre dans la lutte contre le mildiou et l'oïdium. Réduction des insecticides dans la lutte contre les ravageurs. Fertilisation foliaire dans la prévention des carences.**

Ces formations ont été complétées par 2 voyages d'étude en Allemagne et l'Ouest de la France.

VOYAGE d'ETUDE :

- **Juillet 2021 : VOYAGE d'ETUDE dans le Tett nang (Allemagne). Thème : Les pratiques agroécologiques transfrontalières dans la culture du houblon.**

3 demi-journées animés par :

Johannes Bentele, Houblonnier / Conférencier. Il travaille depuis près de 20 ans sur la mise en œuvre de pratiques agroécologiques dans la culture du houblon. Son exploitation a été l'une des premières à produire du houblon bio en Allemagne, il y a maintenant 40 ans. Sa très grande expérience sur la production du houblon avec des pratiques adaptées à l'agriculture biologique mais également en lien très étroit avec l'agroécologie, est un véritable atout pour la filière Houblon en Alsace.

Dr. Florian Weihrauch, experts des maladies et ravageurs de la culture du houblon, Directeur du centre de recherche sur le houblon de Hüll en Allemagne.

L'entreprise Wanner, spécialiste du matériel de pulvérisation. Elle travaille sur l'amélioration des pulvérisateurs pour répondre aux enjeux environnementaux.

- **Juillet 2022 : VOYAGE d'ETUDE dans l'Ouest de la France. Thème : Les pratiques agroécologiques inter-régionales dans la culture du houblon.**

4 demi-journées :

Johann Laskowski, responsable de la structure Houblons de France et houblonnier en AB et Agroécologie. Il travaille depuis plus de 5 ans sur une vision systémique de son exploitation en particulier sur sa culture du Houblon.



Antoine Flourey, botaniste et houblonnier en Bretagne. Il expérimente depuis plusieurs années la production de houblon en intégrant la biodiversité naturelle de la ripisylve et en introduisant l'animal (mouton) dans les houblonnières.

Guillaume Salaun, maraîcher et houblonnier en Bretagne. Les pratiques agroécologiques dans les houblonnières demandent du nouveau matériel (semis de couverts en direct, roulage, défanage thermique, ...) soit en création ou en adaptation de taille. Guillaume Salaun, agriculteur expérimenté et accoutumé à l'adaptation du matériel en maraîchage, a créé du matériel spécifique au houblon en agriculture biologique.

Charlotte YGER, de l'association Houblon de Normandie. Elle partage la vision systémique des travaux de l'association à différentes échelles : houblonnière, entre houblonniers et sur le territoire avec les brasseurs.

Suite à ces formations, un plan d'action a été établi. Les campagnes 2021 et 2022 ont permis d'effectuer un état des lieux des houblonnières des agriculteurs engagés dans le programme AgroHoublon sur les volets travaillés lors des formations, c'est-à-dire l'état de santé des sols et des plantes par un monitoring d'analyses (de sol et de sève). Elle a aussi permis d'acquérir des données sur différents compartiments de l'agroécosystème afin de suivre son évolution suite à la mise en place de pratiques agroécologiques.

ETAT des LIEUX des HOUBLONNIERES pour PILOTER un système AGROECOLOGIQUE

Au fur et à mesure que les sols et les cultures s'adaptent aux pratiques agrobiologiques, ils passent successivement par des niveaux de santé et de productivité de plus en plus élevés. La progression vers un meilleur fonctionnement remet en place les capacités naturelles et biologiques du système symbiotique plante-sol. Au cours de ce processus, les plantes montrent une immunité améliorée face aux pathogènes du sol et de l'air, une meilleure résistance par rapport aux insectes, et une plus grande production de lipides (Figure 11).

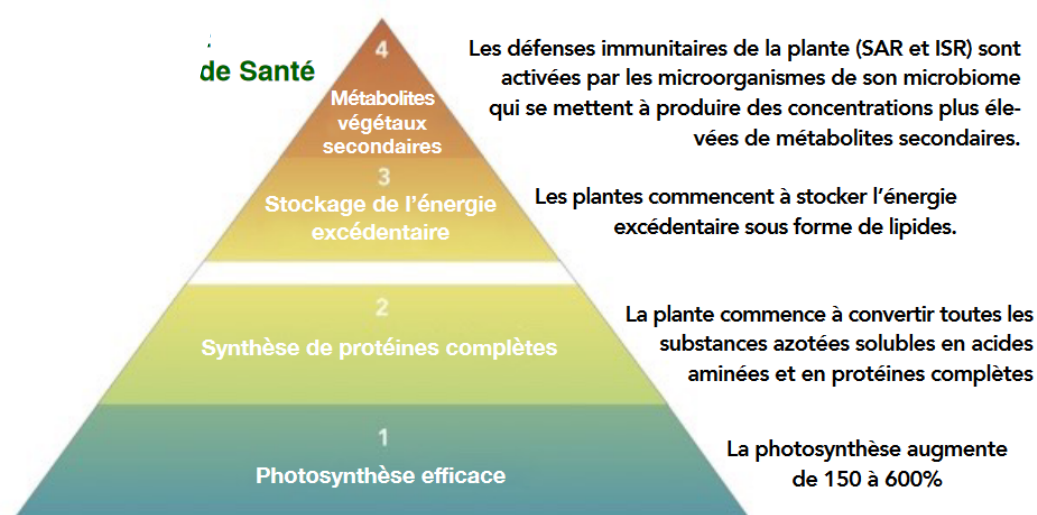


Figure 11 : Pyramide de Santé des plantes par John Kempf²

² John Kempf, The plant health pyramid - *Advancing Eco Agriculture*, 2019 (traduit par Marie-Thérèse Gassler)

Pour optimiser cette photosynthèse, il s'agit de travailler sur les équilibres chimiques et l'activité biologique des sols. Les formations effectuées dans le programme AgroHoublon ont permis d'identifier les analyses à effectuer afin de dresser un état des lieux des sols des houblonnières et d'identifier les leviers d'action agroécologiques à mettre en œuvre dans les parcelles pour atteindre un équilibre SOL-PLANTES. L'objectif est de favoriser un bon fonctionnement du sol. Un sol sain produira des plantes saines et ces dernières nourriront à nouveau le sol. A certains stades de leur développement, des plantes saines avec un niveau d'énergie élevé, peuvent, via des exsudats racinaires, apporter au sol jusqu'à 70 % du produit de leur photosynthèse. Ces exsudats riches en glucides sont le carburant qui alimente la communauté microbienne du sol et contribuent à la formation rapide de matière organique. Ce processus qu'on appelle induction carbonée, est le moyen le plus rapide et le plus efficace pour séquestrer du carbone et enrichir le sol en matière organique stable².

1. Analyses des sols

Deux focus ont été réalisés. Un premier, analyse l'équilibre chimique du sol par les analyses Kinsey. Cet équilibre permettra une photosynthèse active. Un second consiste à observer l'activité biologique du sol découlant notamment du retour au sol des exsudats racinaires des plantes, mais aussi de l'historique des apports en matière organique des sols (Tea Bag Index et Chromatographie).

Analyses des équilibres chimiques par la méthode Kinsey-Albrecht

La méthode d'analyse des sols Kinsey-Albrecht est différente des méthodes habituelles puisqu'elle ne se base pas sur la quantité d'éléments contenus dans le sol, mais sur leur équilibre. Elle a été développée au milieu du XXème siècle par le chercheur américain William Albrecht. Ce dernier s'est intéressé à l'équilibre chimique des sols et s'est rendu compte qu'il existait des ratios optimums. Neil Kinsey, s'est alors inspiré de ses travaux pour développer une méthode d'analyse. 7 analyses ont été réalisées pour un état des lieux en 2021, 10 en 2022.

EQUILIBRE Ca Mg

William Albrecht s'est intéressé à l'équilibre chimique des sols et s'est rendu compte qu'il existait des ratios optimums. Son élève, Neil Kinsey, s'est alors inspiré de ses travaux pour développer une méthode d'analyse. Pour arriver à un équilibre idéal, la CEC doit contenir 68 % de calcium, 12 % de magnésium, 3 % de potassium, 1 % de sodium et 16 % d'autres cations (Figure 12).

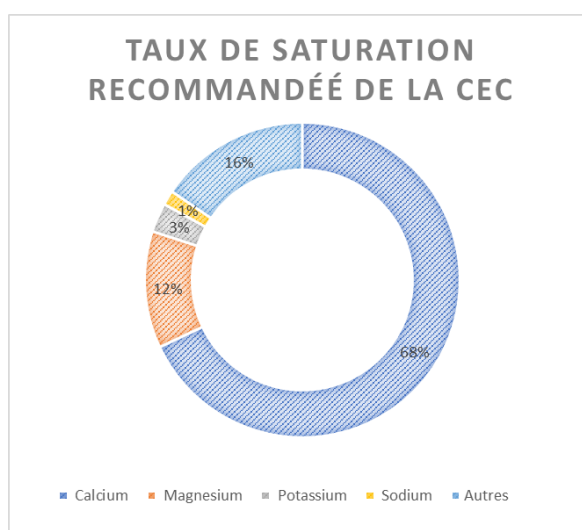


Figure 12 : Taux de saturation de la CEC recherchée

Une analyse Kinsey a été réalisée sur plusieurs houblonnières de chaque membre du groupe d'agriculteur (Figure 13).

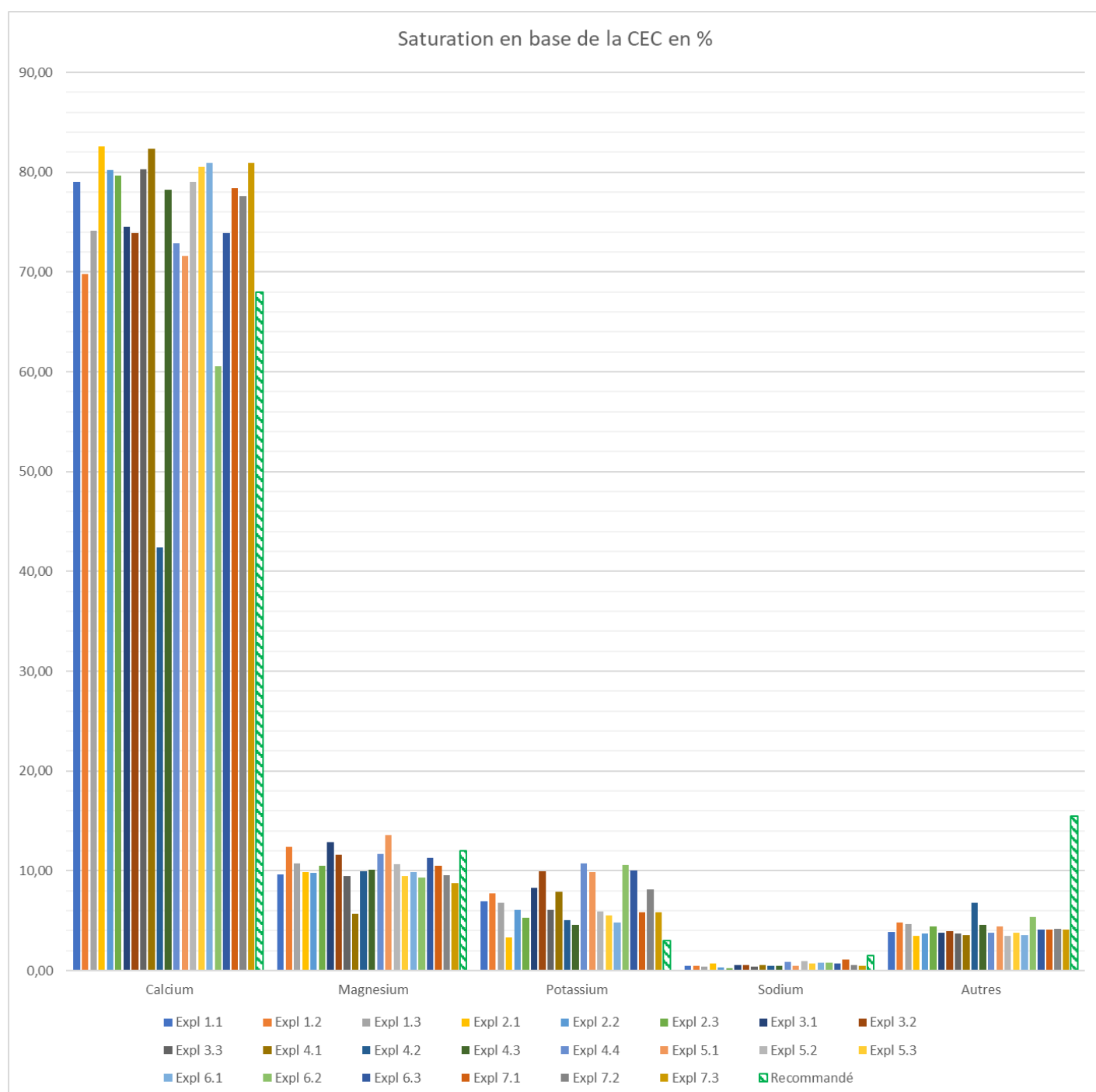


Figure 13 : Résultats d'analyse de la saturation de la CEC

La majorité des houblonnières analysées présentent des teneurs en calcium supérieures à 68%. Ce phénomène est lié à la nature de la roche mère calcaire (Calcosol). Le sol pauvre en calcium est un Calcisol, se distinguant des précédents par les faibles quantités de CaCO_3 dans la roche mère. Ce paramètre est naturellement un point fort des houblonnières alsaciennes.

A l'inverse, seuls 3 sols présentent des teneurs en magnésium supérieures au seuil recommandé. Dans ce cas, la roche mère ne fournit pas cet élément au sol. De ce fait, il faut agir sur les teneurs de cet élément pour corriger le problème.

Le ratio calcium et magnésium est important, car il peut faire flocculer ou rapprocher les feuillets d'argile (ce qui influe notamment sur la quantité d'eau retenue dans le sol). Ce ratio Ca/Mg devrait être de 68/12 dans les sols à CEC > 9 et de 60/20 dans les sols plus légers à CEC < 9.

La situation calco-magnésienne des houblonnières analysées permet d'établir le graphique suivant :

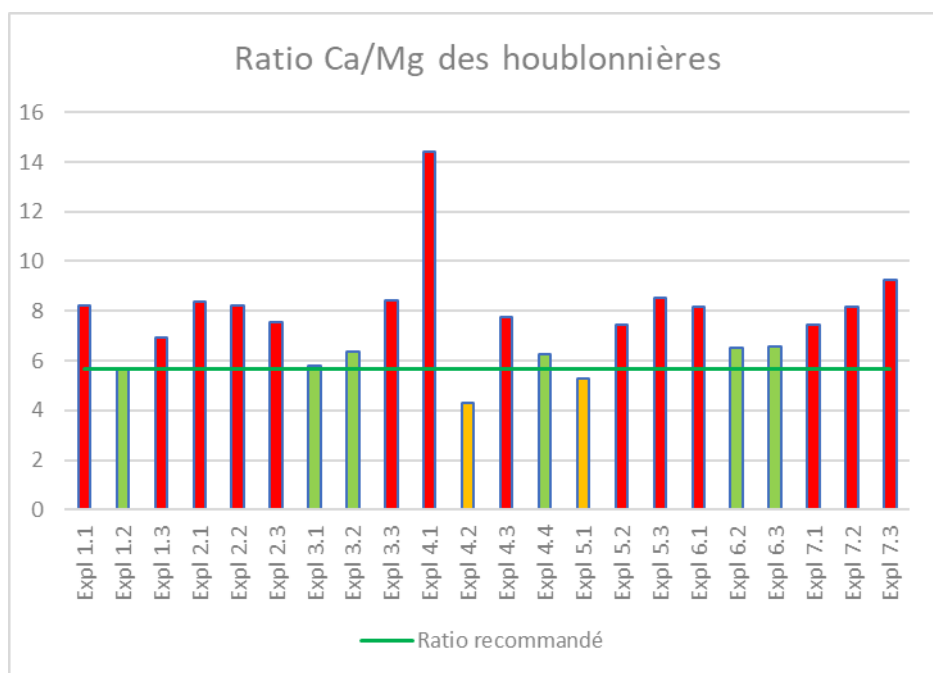


Figure 14 : Ratio Ca/Mg des houblonnières comparé à la valeur recommandée

Le sol a pour rôle d'apporter les nutriments nécessaires à la plante pour son bon développement et doit par conséquent être bien équilibrée. La figure 14 met en avant un déséquilibre de presque toutes les houblonnières. Dans 14 cas sur 22 (indiqués en rouge sur la figure 14), la quantité de calcium est trop importante par rapport à la quantité de magnésium. Un apport de Kieserite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) pourrait être une solution pour corriger cette situation. Deux sols présentent un ratio trop faible ; dans ce cas, un apport de Dolomie ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) permettrait de rééquilibrer la Ca/Mg. Dans le cadre du programme Agrohoublon, les houblonniers ont démarré la correction de leur sol par les apports nécessaires de ces poudres de roche pour rééquilibrer le ratio Ca/Mg.

EXCES Phosphore et de Potasse

Les teneurs en potasse sont excédentaires. L'historique des épandages de l'élément K est très important du fait de la forte disponibilité de cet élément sur le territoire haut-rhinois dans les anciennes mines. Les parcelles sont globalement pauvres en sodium. Un apport de sel de roche tel qu'utilisé en élevage peut être considéré.

Un deuxième point de vigilance concerne les excès de phosphore dans les sols agricoles. Ce dernier contribue aux déséquilibres. Seule une des houblonnières nécessiterait un complément de phosphore. Les autres analyses présentent des teneurs excédentaires en P. Cet excès entraîne des difficultés pour les parcelles en agriculture biologique. En effet, les apports d'éléments sont généralement effectués au sol par des composts ou fumier, amendement disponible pour les houblonniers et autorisé dans le cahier des charges AB. Ces apports permettent un apport très varié d'éléments. Son dosage est généralement réfléchi en fonction des quantités d'azote nécessaire à la culture. En apportant cet azote organique, des quantités importantes de phosphore sont également apportées. Cette pratique aboutit dans le sol des houblonnières étudiées à un

excès de P et remet en question le bon fonctionnement du sol dans une logique de santé des plantes. Par ailleurs, cet excès engraisse le sol. Le P est peu disponible pour la culture. La même analyse peut être faite pour l'élément K avec les apports minéraux historiquement réalisés.

Une des solutions pourrait être le déstockage de ces 2 éléments grâce à l'activité biologique des sols et notamment le développement des mycorhizes dans les sols. Ces champignons sont capables d'extraire ces éléments que la plante ne peut chercher. Cette solution n'est pas à prendre en compte seule. Elle nécessite également un panel d'actions annexes telle que la réduction du travail du sol et la mise en place de végétaux permettant de fournir des sucres au sol³.

CARENCE globale en Oligo-éléments

Les analyses Kinsey effectuées montrent des manques globaux en oligo-éléments entraînant de ce fait un mauvais fonctionnement de la plante. C'est particulièrement le cas pour le Bore, Fer, Manganèse, Molybdène et Zinc. Ces mêmes résultats ont été observés sur le houblon par des analyses de sève, présentées plus loin dans cette synthèse.

Les fonctions de ces oligo-éléments⁴ sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Bore	Fer	Manganèse	Molybdène	Zinc
Cofacteur dans la synthèse de la chlorophylle Agit sur la synthèse des acides nucléiques Agit en synergie avec Ca et Si Essentiel dans le transfert des sucres A un rôle dans les structures des parois cellulaires	Essentiel dans la synthèse de la chlorophylle Composant des cytochromes , activation de certaines enzymes Transports d'électrons Acteur important des réactions d'oxydo-réduction de la cellule	Co-facteur enzymatique de : • Reproduction • Formation de la chlorophylle , • Formation des protéines • Actif dans la formation d'acides aminés • Nécessaire pour l'étape de la dissociation de l'eau de la photosynthèse	Essentiel dans la relation symbiotique avec les bactéries fixatrices d'azote (légumineuse du couvert) Enzyme spécifique de la nitrate-réductase	Co-facteur enzymatique
Rôle important pour la fertilité des plantes et leur maturité	Rôle important dans la croissance et la photosynthèse des végétaux	Rôle important dans la croissance, la photosynthèse et la maturité des végétaux	Rôle important pour l'activité biologique du sol	Rôle important dans la croissance et la fertilité des plantes

Les situations de chaque houblonnière sont indiquées sur les analyses et reprennent cas par cas les observations et les préconisations. Les apports au sol sont à privilégier car moins coûteux que des apports foliaires. L'efficacité de la fertilisation foliaire est également plus dépendante des conditions d'application. Ces deux actions ont été mises en œuvre dans les houblonnières. En 2021, les houblonniers ont testé la fertilisation foliaire et réalisé les apports au sol nécessaires.

³ Rivaton D. Étude des champignons mycorhiziens arbusculaires des sols en systèmes de grandes cultures biologiques sans élevage : application à la nutrition phosphatée. Sciences du Vivant. 2016.

⁴ MENGEL K & KIRBY EA. Principles of plant nutrition; 1987; IPI, Bern

Le fractionnement de la matière organique pour analyser la fertilité des sols, tant physique, chimique que biologique

Le statut organique d'un sol, paramètre essentiel de sa fertilité, est à ce jour apprécié le plus souvent de manière globale et statique par la teneur totale en carbone organique, complétée éventuellement par le rapport carbone / azote. Or, les matières organiques (MO) des sols constituent un compartiment hétérogène, un mélange de composés carbonés aux origines diverses (végétales, animales, microbiennes) et aux fonctions tout aussi diversifiées (stimulation de l'activité biologique, nutrition minérale de la plante après minéralisation, stabilité structurale à court et long terme etc...). Depuis plusieurs décennies, la Recherche Agronomique française et étrangère s'est intéressée à la problématique et a développé de nombreuses méthodes, plus ou moins transposables en routine, permettant d'apprécier les différentes qualités et fonctionnalités des matières organiques des sols.⁵

L'objectif de la méthode retenue dans le programme AgroHoublon, est de séparer des matières organiques jeunes, peu transformées et impliquées dans les dynamiques rapides de la MO (minéralisation, réserves de nutriments...), de matières organiques plus évoluées, associées aux éléments minéraux et impliquées dans les fonctions structurantes et les dynamiques lentes de la MO (plusieurs dizaines d'années à plusieurs millénaires).

Les séparations de MO se font en fonction de la taille de la particule, d'où le terme de fractionnement granulométrique. Deux types de fractions sont étudiés, la fraction de taille supérieure à 50 µm, dite fraction libre ou MO libre, ou encore MO particulaire, la fraction dite liée ou « MO liée » aux limons et argiles, de taille inférieure à 50 µm.

Chaque fraction a des fonctions biologiques et physico-chimiques qui lui sont plus spécifiques⁶ :

- **La matière organique libre** constitue le support de l'activité biologique du sol qui tend à fractionner et transformer ce compartiment en matière organique plus fine. Ce compartiment revêt un rôle important de réserve dans les sols sablonneux. Il est **pourvoyeur d'énergie** dans le sol avec un C/N élevé. Si le C/N est supérieur à 25, l'azote aura tendance à être immobilisé dans les premiers mois de culture, entre 20-25, la disponibilité de l'azote dépendra d'autres facteurs comme la taille du compartiment biomasse microbienne, inférieur à 20, l'azote sera disponible pour la plante. La MO libre participe donc largement à la **fertilité** du sol en « nourrissant » la biomasse microbienne (et par extension la faune du sol) qui y puise les éléments énergétiques et nutritifs indispensables à son développement. En retour, la microflore et la faune du sol vont contribuer à l'entretien des structures du sol et à son fonctionnement.
- **La matière organique liée** présente un temps de renouvellement lent (> 50 ans) et constitue, en ce sens, l'humus stable du sol. Ses fonctions sont essentiellement **structurantes**. Elle joue également un rôle important dans les propriétés d'échange du sol. Sa dégradation très lente contribue largement à la minéralisation brute d'azote car son rapport C/N est faible. Cependant, cet azote reste peu disponible pour les cultures.

A l'origine, la teneur et la répartition des MO sont principalement dépendantes de la texture du sol. Plus un sol est argileux, plus la quantité et la proportion de matière organique liée est importante.

Cependant, pour un même type de sol, des différences du ratio MO libre/MO liée (Figure 15) sont reliées à des gestions différenciées des sols, en termes de cultures, travail du sol et/ou de gestion des restitutions

⁵ SALDUCCI X. Qualité des matières organiques des sols : une nouvelle génération d'analyses de routine, 2007

⁶ SALDUCCI X. 8èmes journées de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER « Fertilisation raisonnée et analyse de terre : quoi de neuf en 2007 », 2007

organiques. Ces modifications conduiront à une différenciation des propriétés tant du point de vue physique, chimique ou biologique.

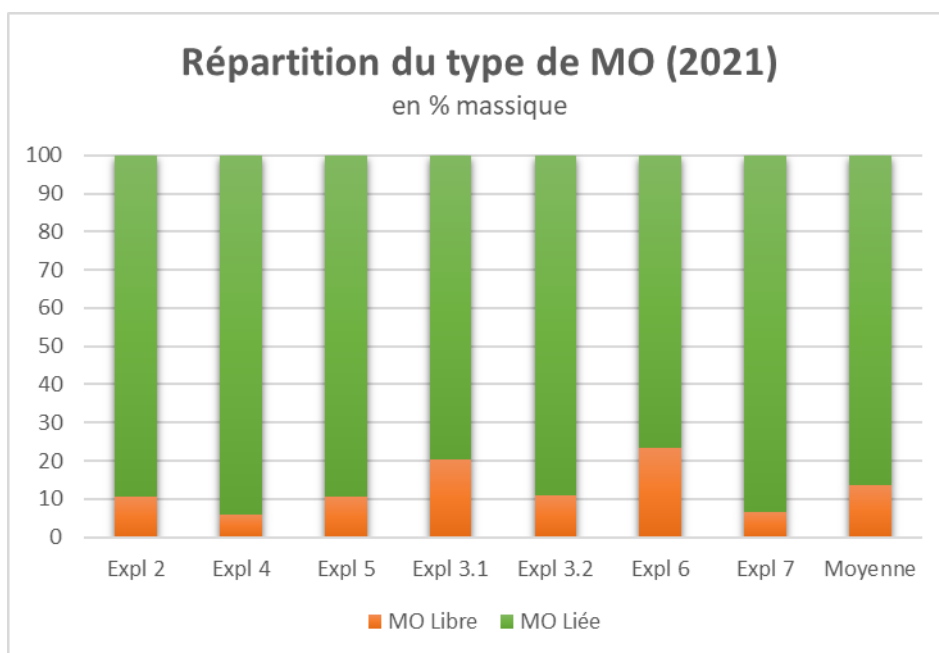


Figure 15 : Répartition du type de matière organique dans les houblonnières du groupe AgroHoublon

Les rapports C/N des différentes fractions (Figure 16) sont liés à l'origine des MO ainsi qu'à leur degré d'évolution biochimique (« humification »). Ainsi, le rapport C/N de la MO libre peut varier de 10 à plus de 100, en fonction de l'origine des restitutions organiques et de leur ancienneté dans le sol. Ce rapport C/N doit normalement diminuer tout au long de leur cycle de vie dans le sol. De même, le rapport C/N de la MO libre est nécessairement plus élevé que celui de la MO liée. Le contraire doit provoquer une interrogation sur la nature des matières premières apportées au sol et le fonctionnement du cycle de la MO ou sur l'origine pédologique des humus. Il faut ajouter que si le C/N de la MO libre varie rapidement en fonction de la nature et de la fréquence des apports de matières organiques, le C/N de la MO liée est plus stable et moins dépendant des modifications récentes du sol.

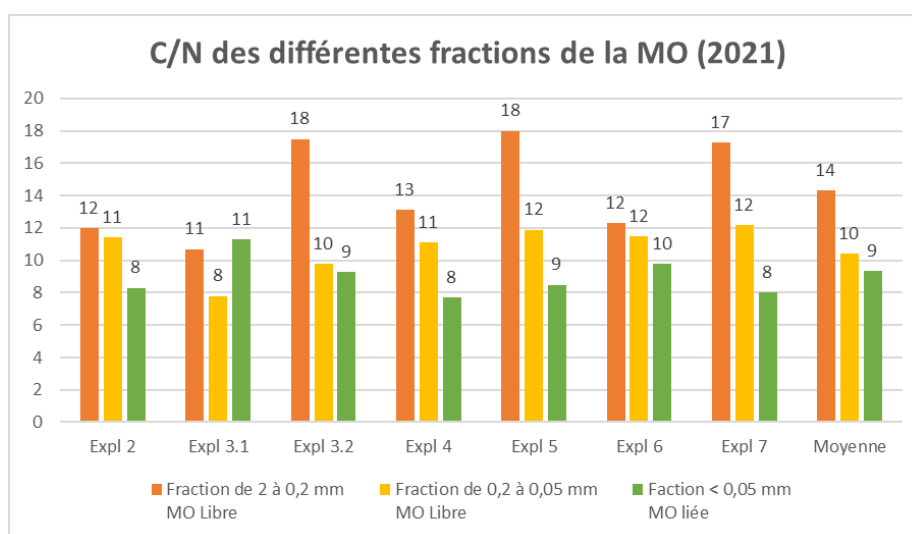


Figure 16 : C/N des différentes fractions de la matière organique sur les houblonnières du groupe AgroHoublon

Les résultats d'analyse des valeurs de C/N permet le diagnostic suivant ⁷:

- Les sols des houblonnières du groupe se retrouvent tous dans la même catégorie, à savoir, des sols avec des matières organiques liées qui évoluent et minéralisent bien ($8 < C/N < 10$).

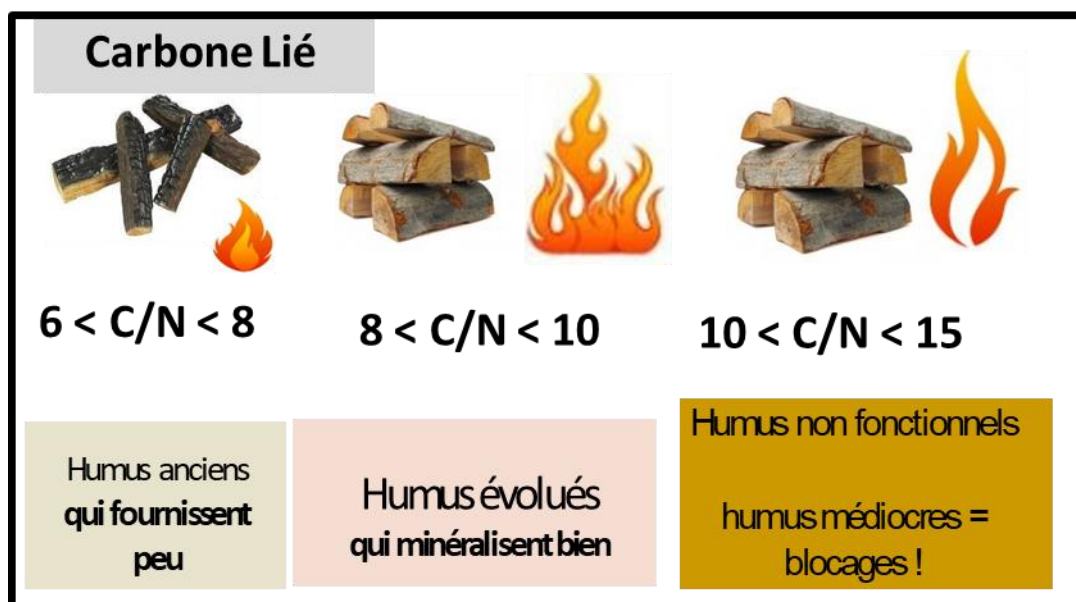


Figure 17 : Interprétation du ratio C/N du carbone lié pour le fonctionnement du sol⁷

Ces matières organiques constituent un humus stable du sol et essentiellement structurant et d'échange par la capacité d'échange cationique humique (Figure 17). Sa dégradation reste très lente mais elle contribue à la minéralisation de l'azote. Ceci s'explique par un retour régulier de fumiers d'origine diverse et de composts.

- Les résultats d'analyse de la matière organique labile sont plus hétérogènes. Cinq sols sur huit se trouvent dans l'intervalle souhaité ($10 < C/N < 15$). Dans ce cas, cette matière organique libre joue un rôle fertilisant important, un rôle nourricier pour la biologie du sol qui y puise les éléments énergétiques et nutritifs indispensables à son développement (Figure 18). Les trois autres sols présentent un C/N trop élevé ($C/N > 15$). Le « moteur SOL » tourne moins bien, l'énergie rapide manque au sol.

⁷ Barbot C. et al. Des indicateurs microbiologiques dans l'analyse de terre de routine, CASDAR Microbioterre, 2022



Figure 18 : Interprétation du ratio C/N du carbone libre pour le fonctionnement du sol

Le fractionnement granulométrique de la MO du sol permet une meilleure visualisation des composantes et donc de la qualité de la MO du sol. Le conseil portera sur la gestion de la MO : quantité et qualité des produits organiques à apporter, enherbement et engrais verts etc... Dans les trois sols cités précédemment, il faudrait injecter de l'énergie biologiquement disponible dans le système, à savoir des sucres rapides. **Les exsudats racinaires font partie de ces sucres rapides. Les engrais verts à forte biomasse et le maintien de la végétation dans l'inter-rang, voire sur le rang, sur une grande partie de l'année contribuent à améliorer le ratio C/N.**

La méthode du Tea Bag Index pour comprendre le fonctionnement biologique du sol

L'objectif de cette méthode est de mesurer l'activité biologique des sols à travers la dégradation des matières organiques (ici des sachets de thé) contenues dans un emballage normé perméable aux organismes décomposeurs que l'on va enterrer au sein d'une parcelle pendant trois mois (Figure 19). Deux variétés de thé sont utilisées, du thé Rooibos (MO plutôt stable se décomposant lentement) et du thé vert (MO labile à décomposition rapide), afin d'étudier simultanément la dégradation de ces deux formes de MO⁸.

⁸ Keuskamp J.A., et al., Tea Bag Index : a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems, Methods in Ecology and Evolution, 2013

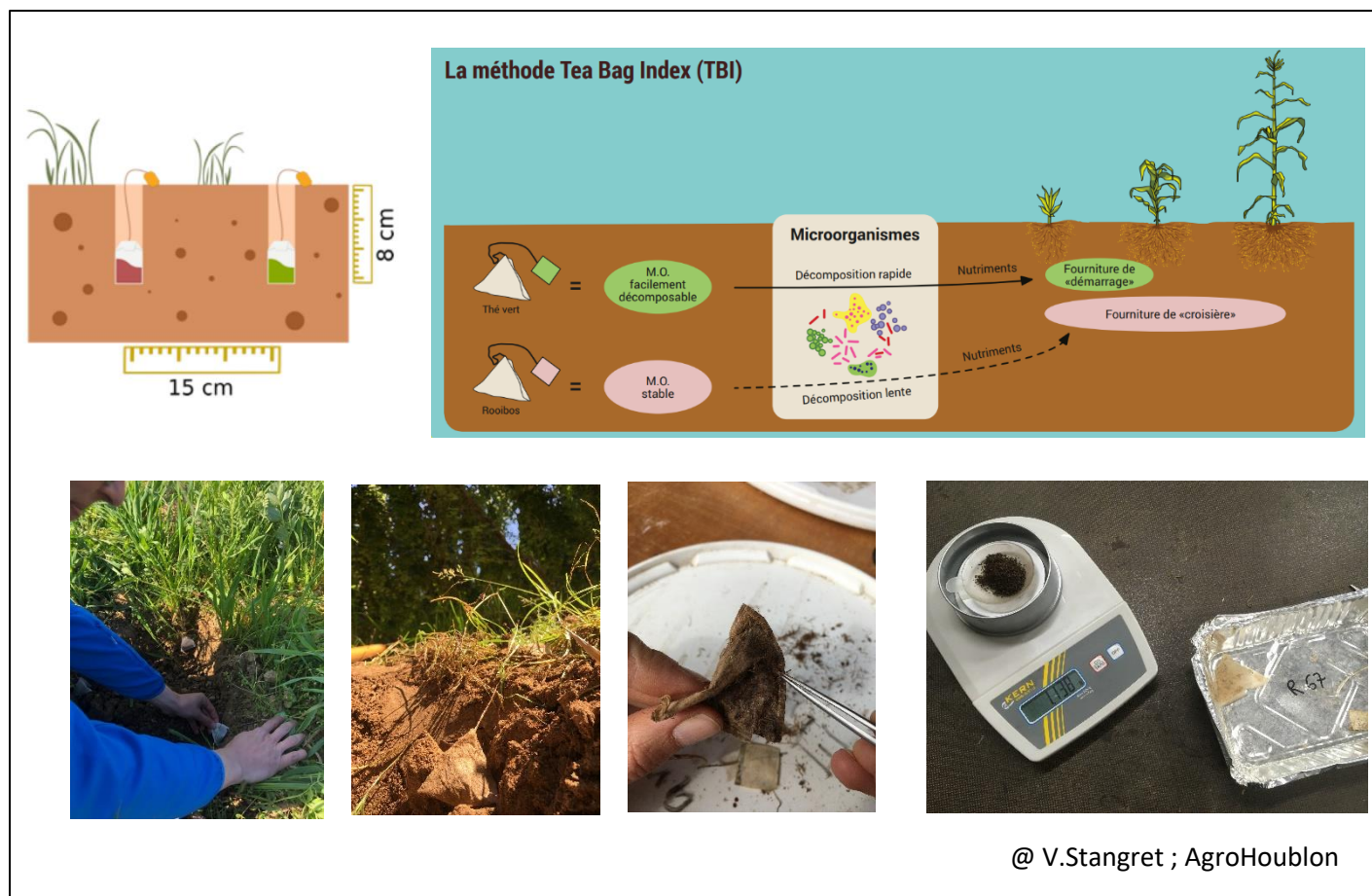


Figure 19 : Protocole d'installation et de pesée des sachets de thé⁹

Une quarantaine de parcelles ont été suivie par cette méthode.

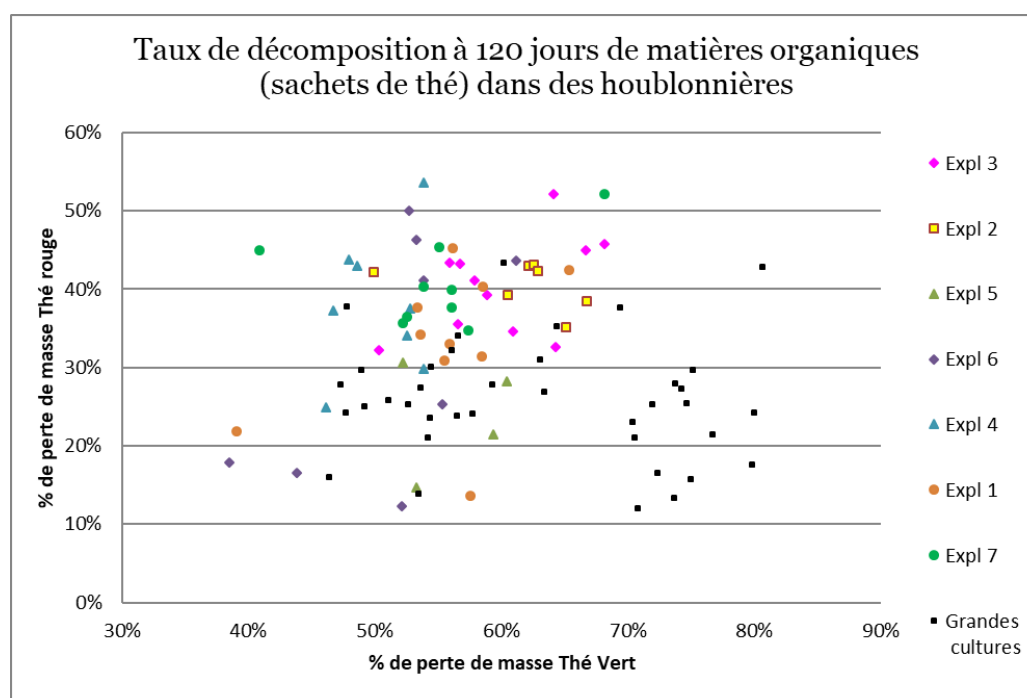


Figure 20 : Décomposition des matières organiques labiles (Thé Vert) et des matières organiques stables (Thé rouge)

⁹ Sources : Chambres d'agriculture d'Alsace, TeaTime4Science

Les résultats (Figure 20) indiquent que les houblonnières ont dans la globalité une bonne aptitude à décomposer la matière organique stable par rapport aux références locales obtenues en grandes cultures de la Chambre d'agriculture d'Alsace. La matière organique labile est moins attaquée car la vie du sol y est moins adaptée à ce type de produit. Ces observations indiquent de ce fait un manque de sucres labiles dans les sols. Les couverts végétaux pourraient rapporter ces sucres et contribuer de ce fait à améliorer la complétude de chaîne trophique du sol pour plus de résilience du système.

Les sachets de thé ont également été positionnés dans les sols des houblonnières en non travail du sol depuis 12 mois. La figure 21 présente les premiers résultats.

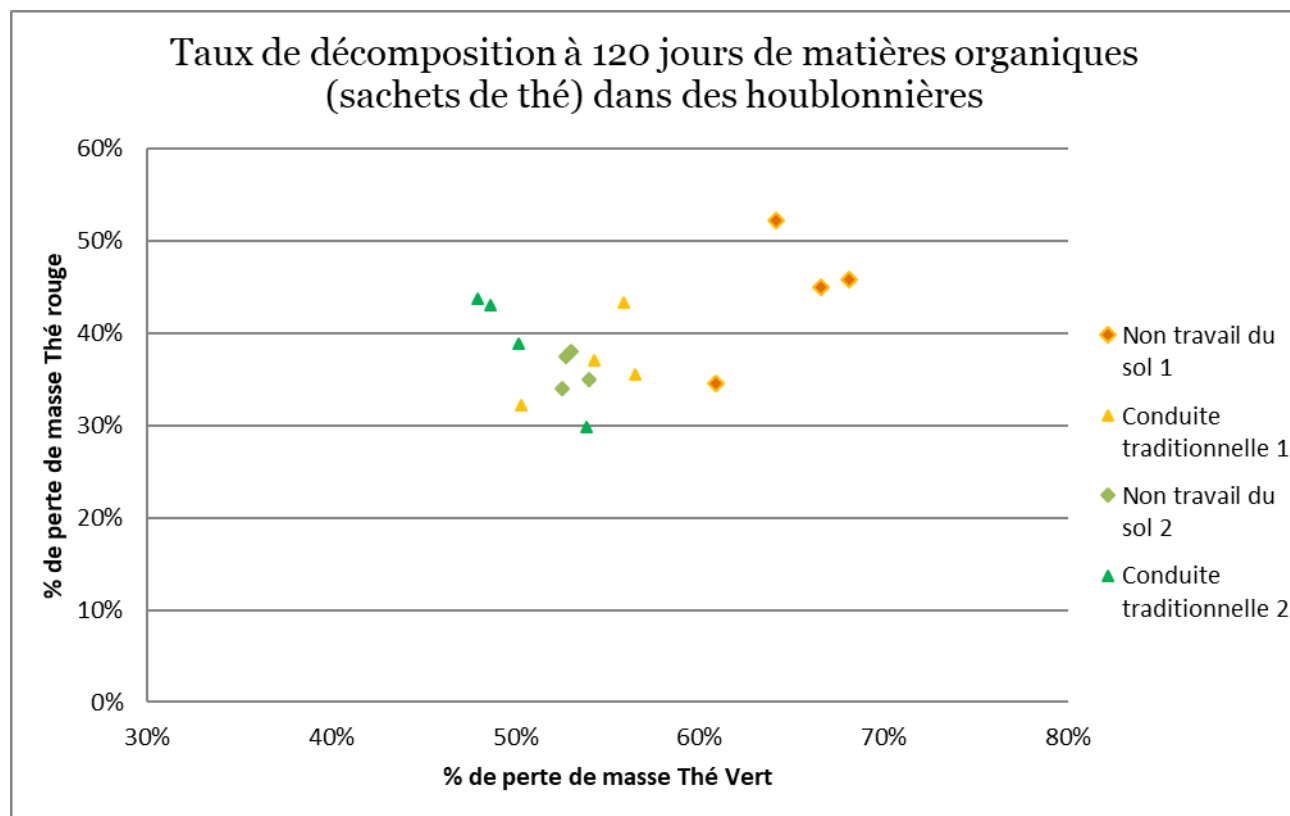


Figure 21 : Décomposition des matières organiques labiles (Thé Vert) et des matières organiques stables (Thé rouge). Comparaison de 2 situations.

Les premières observations indiquent que les sols non travaillés ont tendance à mieux décomposer la matière organique labile que les sols travaillés. Il ne s'agit qu'une tendance à étudier sur un pas de temps plus long.

Dans le cadre du projet, la chaîne trophique du sol a aussi été étudiée par l'intermédiaire de l'analyse de la nématofaune du sol.

La nématofaune du sol pour étudier la biodiversité du sol et son fonctionnement

Les nématodes sont des organismes microscopiques vermiformes de l'ordre de 1 mm de longueur pour un diamètre de 20µm. Les nématodes sont très nombreux dans les sols (plus de 1 million par m²) et diversifiés (plus de 40 espèces par m²). Ils sont présents dans tous les milieux et sensibles aux conditions du milieu et aux perturbations physiques ou chimiques.

L'analyse de la nématofaune prend en compte l'abondance et la diversité des nématodes mais également leur comportement alimentaire qui permet de les affilier à différents groupes fonctionnels (bactérovores, fongivores, prédateurs, phytophages). Chaque groupe fonctionnel joue un rôle essentiel dans le fonctionnement biologique des sols. Par exemple, les nématodes fongivores et bactérovores jouent un rôle de régulateur des micro-organismes.¹⁰

Parce qu'ils se placent aux différents niveaux du réseau trophique, les différents groupes fonctionnels de nématodes reflètent le fonctionnement biologique global d'un sol, au-delà de leur propre groupe (Figure 22).

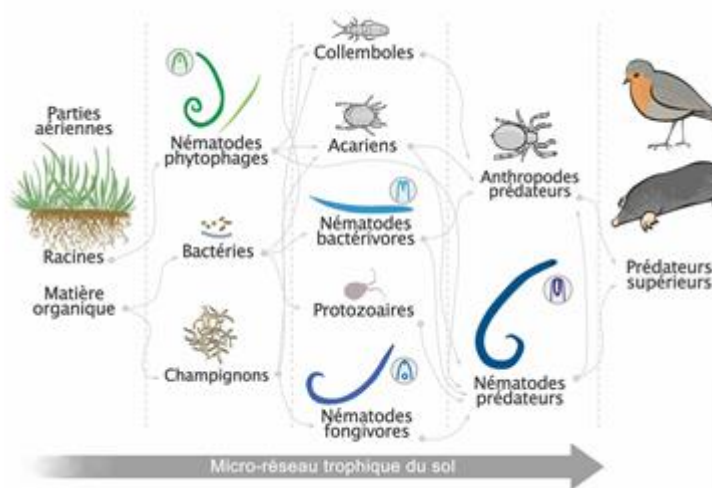


Figure 22 : les nématodes dans le fonctionnement biologique global du sol (Sources : Elisol Environnement)

Le laboratoire Elisol Environnement a développé des indicateurs de fonctionnement du sol à partir de l'analyse de la nématofaune. Cette dernière permet de définir deux principaux indicateurs :

- Indice d'enrichissement (EI) : il augmente avec la disponibilité en éléments nutritifs. Sa valeur présente un optimum qui dépend de l'usage du sol. EI varie de 0 à 100.
- Indice de structure (SI) : il augmente avec la complexité du réseau trophique et donne une indication sur la stabilité du milieu, l'assurance écologique. Plus le SI est élevé, moins le milieu est perturbé. SI varie de 0 à 100.

La représentation de EI en fonction du SI, nommée diagnostic du réseau trophique, permet de caractériser le type de fonctionnement biologique du sol. Pour chaque mode d'usage, une zone cible qui caractérise un fonctionnement biologique satisfaisant est indiquée sur le graphique suivant (Figure 23).

¹⁰ 2021- Puissant, J., Villenave, C., Chauvin, C., Plassard, C., Blanchart, E., Trap, J. Quantification of the global impact of agricultural practices on soil nematodes: A meta-analysis. Soil Biology and Biochemistry 2021.

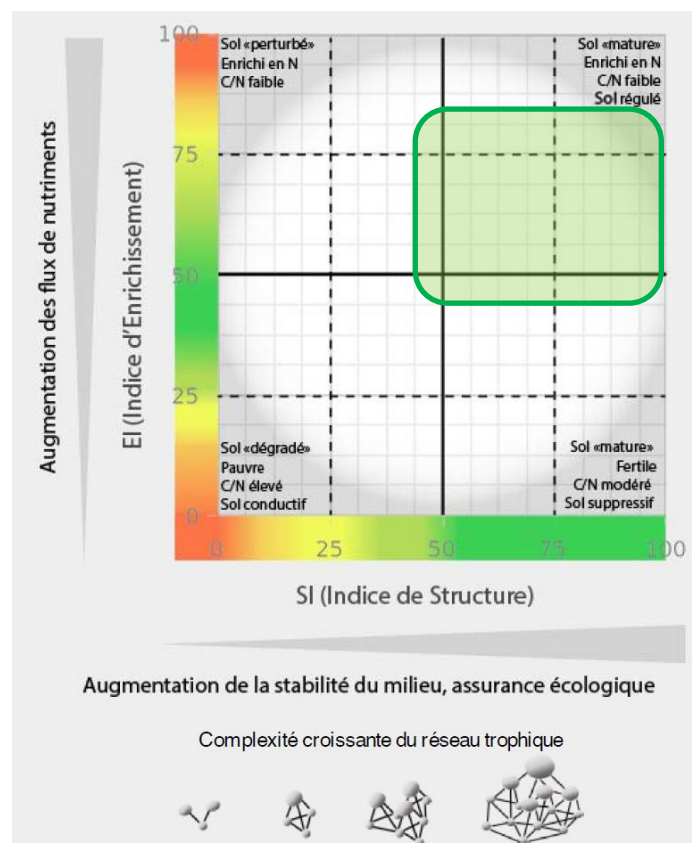


Figure 23 : Diagnostic du réseau trophique (Sources : Elisol Environnement)
La zone colorée à l'intérieur du graphique représente la zone à cibler

Dix analyses de la nématofaune ont été effectuées dans les houblonnières du groupe (Figure 24). Les résultats ci-dessous indiquent que 3 sols atteignent la cible.

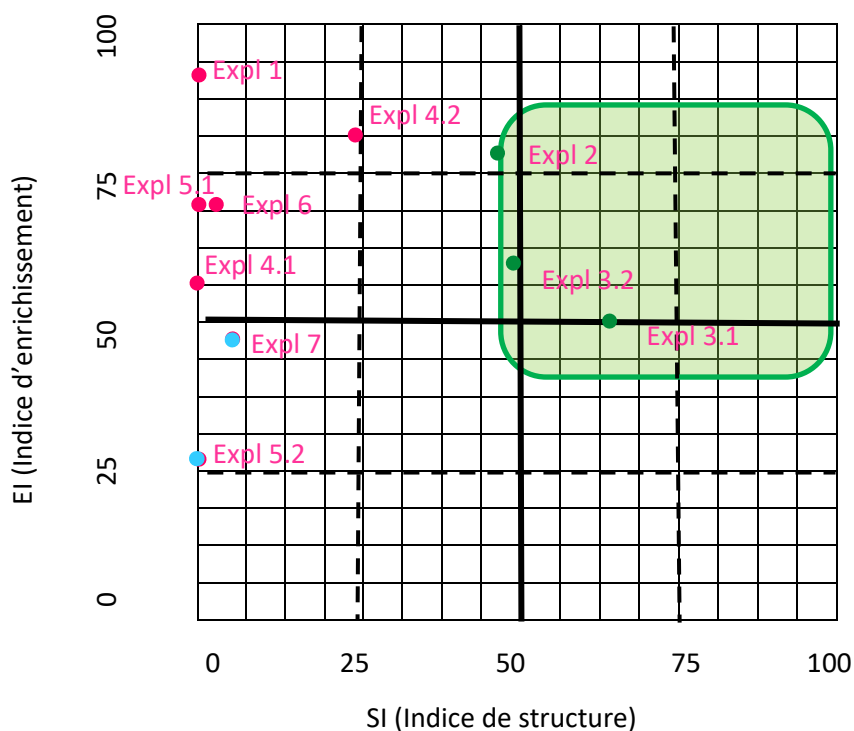


Figure 24 : Résultats du diagnostic du réseau trophique d'Agrohoulon

Pour ces 3 situations (Expl 2, 3.1 et 3.2), le diagnostic du réseau trophique est satisfaisant : les flux de nutriments sont équilibrés et l'indice de structure, qui caractérise la complexité de la chaîne trophique du sol, est moyen à bon. Ces sols sont riches et fournissent les éléments nécessaires à la plante tout en ayant une résilience importante. L'analyse de la nématofaune de ces sols montre un bon état biologique pour cet usage, caractérisé par :

- une très forte activité biologique
- des flux de nutriments équilibrés
- les caractéristiques d'un milieu relativement stable générant une assurance écologique modérée (complexité du réseau trophique moyenne)
- une diversité des organismes satisfaisante
- des voies de décomposition équilibrées, un état sanitaire lié aux nématodes phytoparasites satisfaisant.

Les points communs à ces trois sols sont les retours de matières carbonées au sol soit par les composts à C/N élevé soit de fumier de cheval (fortement paillé). Ils sont tous les 3 conduits en agriculture biologique. Les couverts sont aussi régulièrement mis en place sur ces parcelles, entraînant une bonne couverture du sol. La texture de ces sols favorise également une bonne structure.

Cinq sols (Expl 1, 4.1, 4.2, 5.1 et 6) se trouvent en situation d'un enrichissement en éléments minéraux très important (EI élevé) mais sont très perturbés (SI faible). L'analyse de la nématofaune de ces échantillons de sol montre un état biologique moyen pour cet usage, caractérisé par :

- une très forte activité biologique
- des flux de nutriments très importants
- les caractéristiques d'un milieu très perturbé générant une assurance écologique faible (très faible complexité du réseau trophique)
- une diversité des organismes très faible
- des voies de décomposition très dominées par la voie bactérienne
- un état sanitaire lié aux nématodes phytoparasites satisfaisant.

Un historique de fertilisation minérale et organique est commun à ces cinq sols. Ceci explique un indice d'enrichissement plus élevé que le premier groupe de sol. Les sols de l'exploitation 1 et 4.2 étant plus légers, la libération des éléments minéraux est facilitée.

Les deux derniers sols (Expl 5.2 et 7) se trouvent dans la situation la plus difficile de sols dégradés et pauvres en élément. L'analyse de la nématofaune de ces échantillons de sol montre un état biologique peu satisfaisant pour cet usage, caractérisé par :

- une très forte activité biologique
- des flux de nutriments très faibles
- les caractéristiques d'un milieu très perturbé générant une assurance écologique faible (très faible complexité du réseau trophique)
- une diversité des organismes très faible
- des voies de décomposition très dominées par la voie bactérienne
- un état sanitaire lié aux nématodes phytoparasites satisfaisant.

Ces deux sols ont clairement un problème de structure confirmé par le test bêche. Les textures du sol et du sous-sol de la parcelle de l'exploitation 7 sont très limoneuses et asphyxiantes. La vie du sol y est contrainte par ce manque d'oxygène ce qui déstabilise à la fois la chaîne trophique du sol et sa capacité à

produire les éléments minéraux. La parcelle de l'exploitation 5.2 a connu un non travail du sol et un paillage pendant la campagne 2021 très humide. Le sol a rapidement pris en masse dans cette situation. La parcelle 3.2 a été menée de la même façon en 2021 mais avec une prise en masse moins conséquente résultant d'une activité biologique historiquement plus conséquente.

Dans ces 7 dernières situations, les sols montrent peu de résilience et peuvent avoir des difficultés à résister aux différents aléas qu'ils peuvent subir (érosion, tassement, lessivage des argiles...) et ainsi perdre en fertilité.

Chromatographie des sols

Mise au point dans les années 1900, cette méthode permet d'évaluer la qualité biologique du sol :

- Diversité et activité bactérienne
- Diversité et activité fongique
- Aération du sol
- Lien microorganismes et décomposition de la matière organique
- Lien microorganismes et minéraux

Elle a été reprise par Jean-Pascal Mure¹¹ dans les années 2000. Cette analyse peut être utilisée pour les sols ainsi que les produits organiques solides (compost, fumier, ...). Elle permet de faire un état des lieux et un suivi dans le temps de la vie des sols. Dans le cadre du projet AgroHoublon, 25 chromatographies ont été réalisées. Une houblonnière allemande en agroécologie depuis 1984 de la ferme Bentele (Figure 25) a servi de référence.

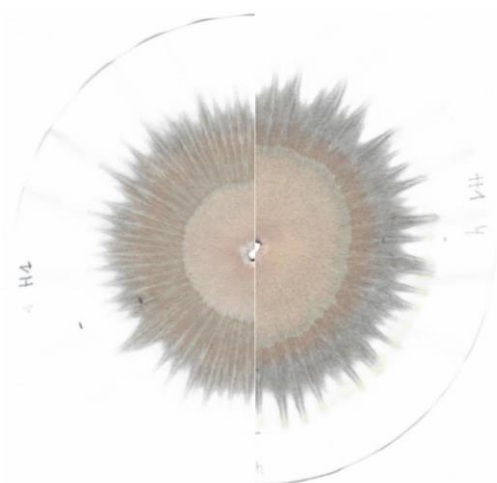


Couleurs	Les couleurs sont chaudes, rougeâtre, indiquant une bonne activité biologique. Les couleurs deviennent plus chaudes en allant de 1 vers 4, ce qui indique une évolution positive.
Zone centrale	La zone claire centrale est présente sur le papier 1 et la papier 4. Cette zone indique une bonne structure du sol, un microporosité importante liée à l'activité biologique.
Zone extérieure	La zone extérieure 1 et 4 montrent des extrémités peu régulières. On observe aussi la présence de nuage. Ceci qui indique une communauté bactérienne diversifiée. Les bactéries réorganisatrices des éléments sont donc présentes. La communauté bactérienne s'active et se diversifie.
Lignes radiales	Les lignes radiales indiquant l'activité fongique vont jusqu' au centre et sont en relief. Ces lignes radiales indiquent que l'activité fongique est correcte.
Zone intérieure	Les lignes radiales font du lien entre les différentes structures du chromatogramme : les parties minérales et organiques sont correctement intégrées. Il n'y a pas d'auréole foncée autour du centre. Ceci indique qu'il n'y a pas d'accumulation d'éléments minéraux et donc que le risque de perte est faible. Par rapport à la chromatographie 229, cette zone est plus petite. De ce fait, on observe un bon équilibre entre les 3 zones : centrale, intérieure et extérieure. Ceci montre un équilibre supplémentaire de ce sol par rapport à l'échantillon 229.
Conclusion	Le chromatogramme obtenu montre une très bonne activité biologique . La chromatographie est très bien équilibrée !

Figure 25 : Commentaire de la chromatographie de sol d'une houblonnière en Agroécologie depuis 1984

Sur les 25 chromatographies réalisées sur les houblonnières alsaciennes, aucune n'approche les résultats de la figure 25. L'ensemble des houblonnières présentent peu d'activités biologiques et un manque d'aération. Un exemple d'une chromatographie alsacienne est présenté en figure 26.

¹¹ Mure J.-P., Gautronneau Y., 2003. Analyse critique de la morphochromatographie des matières organiques des sols. 5^{ème} colloque sur la matière organique naturelle. Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, 2003.



Couleurs	Les couleurs sont ternes et sombres, elles devraient être chaudes et prononcées dans un sol vivant.
Zone centrale	Le centre clair est légèrement présent en 1 mais disparaît en 4. Le sol ne présente pas assez de porosité il se referme. L'air n'est pas stabilisé et la structure du sol se dégrade.
Zone extérieure	La zone extérieure montre des extrémités trop régulières, ce qui indique une communauté bactérienne peu diversifiée. Les nuages aux extrémités sont peu visibles, les protéines bactériennes sont peu présentes
Lignes radiales	Les lignes radiales indiquant l'activité fongique se perdent au centre et disparaissent en 4. Elles ne sont pas assez prononcées. L'activité fongique reste limitée.
Zone intérieure	Les lignes radiales ne font pas le lien entre les différentes structures du chromatogramme : les parties minérales et organiques ne sont pas bien intégrées. Le milieu est trop riche en éléments minéraux.
Conclusion	Le chromatogramme obtenu montre une faible activité biologique . Il faut tout d'abord apporter de l'air dans le sol de manière stable, c'est-à-dire par la biologie, par les systèmes racinaires de plantes vivantes et diversifiées . C'est ce qui permettra également de stimuler la vie biologique. Ceci passe par l'utilisation de couverts végétaux , plantes associées et / ou sous couverts afin d'avoir une couverture vivante et diversifiée tout au long de l'année. Pour la culture de houblon, mettre en place un mélange très diversifié.

Figure 26 : Commentaire de la chromatographie de sol d'une houblonnière en alsacienne du projet

Ces premières analyses de sol dans les houblonnières alsacienne indique des sols bien pourvus en éléments majeurs mais avec des déséquilibres chimiques sur les micro et oligo-éléments. Ces sols sont capables pour la plupart à fournir beaucoup d'éléments. Les plus efficaces dans cette fourniture, tournés vers la minéralisation, sont malheureusement aussi les sols les moins résilients, avec une assurance écologique mineure. Ainsi, ils présentent une activité biologique limitée et un manque de carbone labile, donc d'énergie rapide pour le sol. Les couverts végétaux sont un moyen d'introduire du C labile dans le sol par la restitution des exsudats racinaires. Lors de la destruction de couverts jeunes (avant floraison dans la plupart des espèces), la biomasse apportée au sol correspond également à un retour de C labile. L'introduction de couverts dans les inter-rang du houblon a été réalisée par les membres du groupe AgroHoublon sur les deux campagnes du projet.

En parallèle du diagnostic sur les sols, un monitoring d'analyse de sève de houblon a été mené en 2021 et 2022.

2. Suivi des plantes

Analyse de sève

L'analyse de sève peut être vu comme une observation d'un état de santé de la plante, comme peut l'être une analyse de sang pour les animaux. Dans cette optique, si l'analyse de sève est équilibrée, la plante sera en capacité de mieux se défendre contre les maladies et de ce fait aura moins de besoins de protection externe (produits phytosanitaire, cuivre, soufre, ...). Si des déséquilibres sont observées, les corrections devraient être faite au sol pour répondre à ces carences afin de rééquilibrer le sol par la même occasion. Les corrections peuvent aussi se faire par fertilisation foliaire en cours de campagne mais cette dernière est moins efficace, dépend des conditions d'application et est plus onéreuse. Entre 2021 et 2022, environs 180 analyses de sève ont été réalisées sur les houblons du programme.

Selon les éléments, l'analyse s'interprète différemment. Les carences en éléments mobiles (N, P, K, Mg, Cl) s'observent en premier sur les feuilles vieilles. La plante doit aller chercher ces éléments dans les feuilles âgées pour les utiliser dans les feuilles jeunes si elle n'arrive pas à chercher suffisamment de ces éléments dans le sol.

Pour les autres éléments (Ca, Cu, B, Fe, Mo, Ni, S, Si, Mn, Zn), le raisonnement est inversé. Les carences s'observent d'abord sur les feuilles jeunes, les feuilles vieilles gardant les éléments que la plante a déjà pu trouver dans le sol.

Ce suivi du houblon par l'analyse de sa sève a permis aux houblonniers d'ajuster les apports d'éléments manquants dans la sève par des apports de roches au sol. Ces apports ont concerné le fer, le bore et le zinc pour la majorité des houblonniers du groupe. Les figures 27, 28 et 29 présentent la distribution de la concentration de la sève selon les éléments pour les 180 analyses de sève. Les points noirs représentent la fourchette de concentration optimum pour chaque élément.

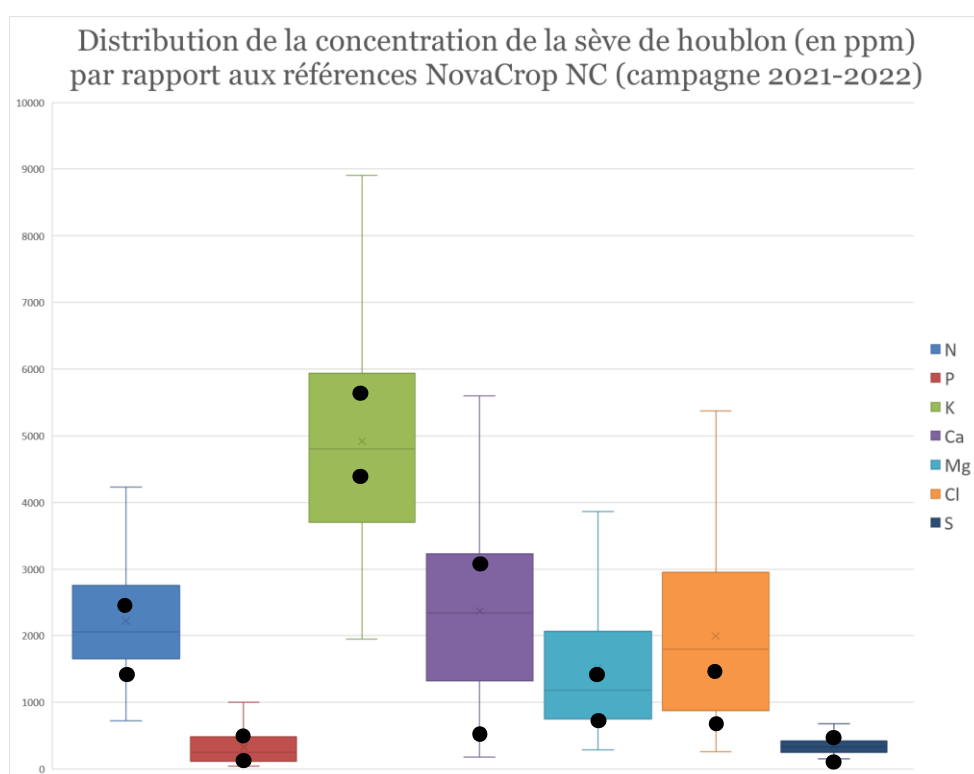


Figure 27 : Distribution de la concentration des macroéléments dans la sève de houblon

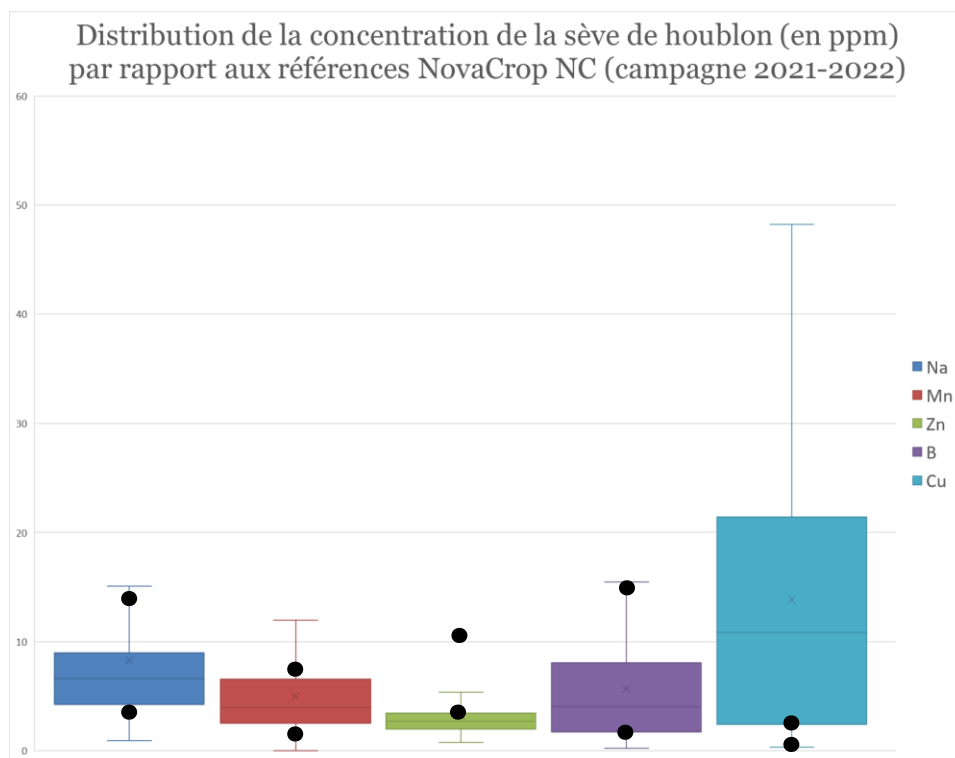


Figure 28 : Distribution de la concentration des microéléments dans la sève de houblon

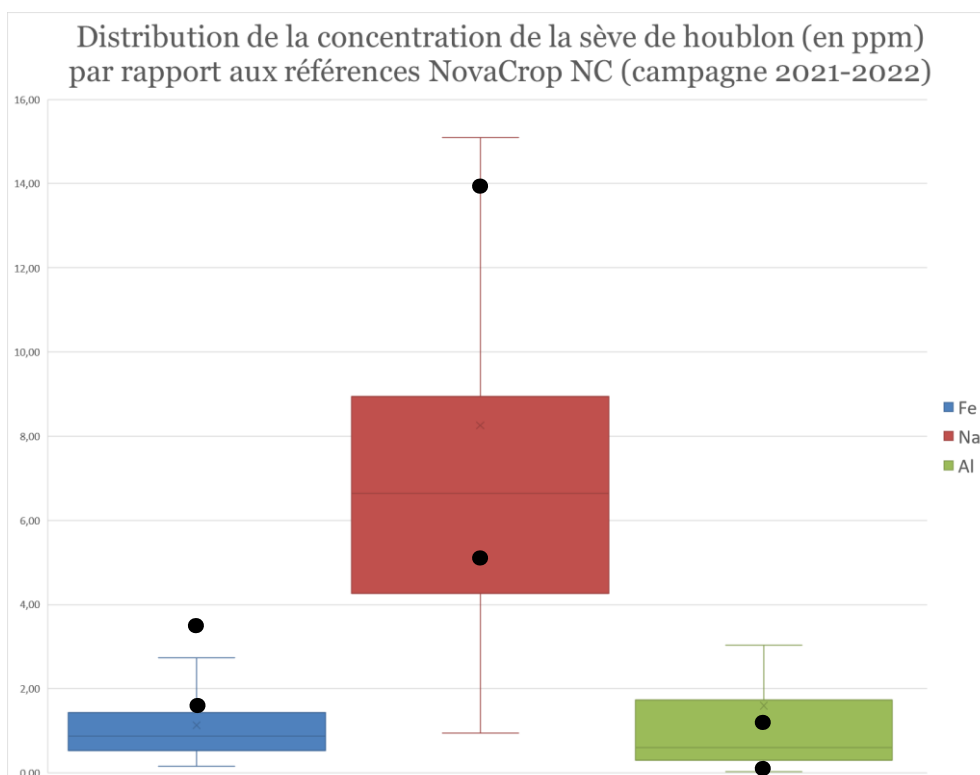


Figure 29 : Distribution de la concentration des oligoéléments dans la sève de houblon

Des carences en zinc, en bore, en fer et en manganèse ressortent de ces analyses. Ces carences sont mesurées alors que la plante n'exprime pas encore les symptômes. Les analyses permettent donc d'agir en amont du problème car même si les symptômes ne sont pas visibles, le fonctionnement de la plante n'est pas optimum. Des excès sont particulièrement notables pour le cuivre et l'aluminium. Ces excès sont probablement liés aux produits de traitement utilisés comme fongicide en agriculture conventionnelle ou en agriculture biologique. Le laboratoire d'analyse n'a pas pu préciser si ces 2 éléments sont effectivement dans la sève ou reste sur la feuille contaminant l'échantillon. La précaution a été prise pour éloigner les traitements de la prise d'échantillon de feuille à la parcelle, mais les produits de traitement ont pu tout de même rester en partie sur la feuille.

Plusieurs points sont à relever suite au diagnostic réalisé :

- 1. Une activité biologique des sols limitée (analyse de la nématofaune et chromatographie)**
- 2. Des matières organiques bien présentes mais peu de carbone labile**
- 3. Des éléments chimiques en déséquilibre dans la sève et dans le sol (analyse Kinsey)**

Cet état des lieux a permis de définir plusieurs axes de travail que chacun des houblonniers membre du groupe d'Agrohoublon a pu mettre en œuvre sur ses houblonnières :

- Compléments minéraux apportés au sol pour permettre un rééquilibrage chimique
- Mise en place de couverts à objectifs variés (biomasse, biodiversité, auxiliaires, piège à nitrate)
- Favoriser l'activité biologique du sol par un travail du sol limité ou un non travail du sol

En complément des actions, une augmentation de la biodiversité via des haies a été réalisée. Cette biodiversité fonctionnelle a pour objectif de réguler la population de ravageurs du houblon et ainsi, diminuer les acaricides ou insecticides. Les formations suivies dans le programme Agrohoublon ont orienté cette action de plantation d'arbres aux abords des houblonnières. 5 houblonniers du programme ont planté plus de 2450m de haies avec des essences locales favorisant la biodiversité. Ce programme a été soutenu pour 80% des dépenses par la Région Grand Est et a été mise en œuvre par l'association des Haies Vives d'Alsace et par l'EPL d'Obernai.

Enfin, pour limiter l'usage des herbicides et du défanage thermique, le pâturage du houblon par le mouton a été testé.

La deuxième partie de ce document présente les principales observations suite à ces actions.

1. Suivi des couverts mis en place

Le programme AgroHoublon a permis de mettre en place deux types de couvert dans les houblonnières :

- Des couverts hivernaux avec comme objectif premier la production de biomasse grâce à des mélanges multi-espèces
- Des couverts estivaux avec comme objectif premier le développement de la biodiversité intra-parcellaire et la protection des sols

Les couverts hivernaux ont, dans le monde agricole, souvent un objectif de pièges à nitrate (CIPAN, Culture intermédiaire Piège à nitrate). Ils sont, de ce fait essentiellement mono-espèce avec des céréales ou de la moutarde. Suite aux échanges avec le milieu viticole, le programme AgroHoublon a réfléchi à des couverts qui en plus de servir de CIPAN, permettent de nourrir le sol. Ces couverts doivent être à forte biomasse. Ces derniers ont été composés d'un mélange de céréales (Avoine, Seigle, Triticale) et de légumineuses (Pois fourrager, Trèfle, Vesce). Afin de permettre aux couverts hivernaux de produire le maximum de biomasse, il est préconisé de les laisser en place jusqu'à fin mai.¹² Ainsi, se pose la question du conflit entre le maintien du couvert pour qu'il atteigne son objectif de production et le buttage qui nécessite un travail du sol superficiel dès la mi-mai pour certains producteurs. Ce conflit est particulièrement présent dans les houblonnières avec des petits inter-rangs (2,7m). Dans les parcelles où l'inter-rang est plus grand, les houblonniers ont travaillé à adapter le matériel pour butter à partir de peu de terre de bordure et maintenir de ce fait le couvert au centre (Photo 1).

Pour permettre un buttage avant fin mai, la deuxième possibilité testée est de détruire le couvert un rang sur deux (Photo 2). Cette technique permet de prélever de la terre meuble sur un côté du rang pour faciliter le buttage. Une fois le buttage réalisé, un couvert estival est implanté pour prendre le relais. Le couvert hivernal restant est détruit plus tard, quand le couvert estival est en place.

¹² Courgey J. Arbre et paysage en Champagne ; Des couverts dans le Galipes. Agronomie, écologie et innovation. TCS n°111. 2021



@ JN.Burg, AgroHoublon

Photo 1 : Couvert hivernal détruit entièrement avant buttage

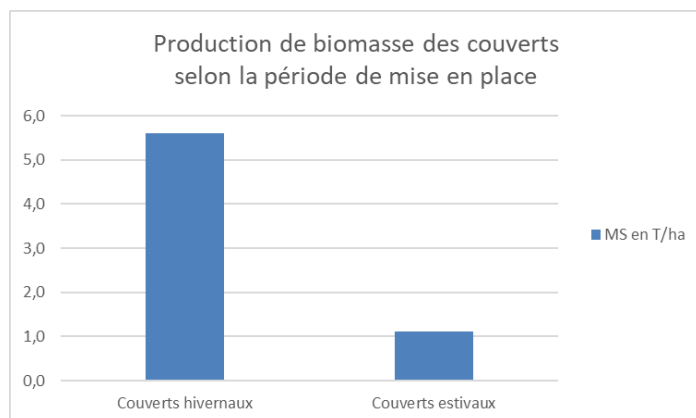


@ V.Stangret, AgroHoublon

Photo 2 : Couvert hivernal détruit un rang sur deux avant buttage

Les couverts hivernaux testés restent des mélanges simples céréales/fabacées. Les couverts estivaux sont plus complexes afin de maximiser les chances de levée des graines dans des conditions climatiques plus critiques qu'en automne. Ces couverts multi-espèces permettent également une forte biodiversité.

Le suivi de la biomasse a été réalisé sur les deux types de couverts, hivernaux et estivaux (Figure 30).



@ V.Stangret, AgroHoublon

Figure 30 : Production de biomasse par les couverts estivaux et hivernaux (2021-2022)

La production de biomasse des couverts hivernaux (mesurée mi-mai 2021 et mi-mai 2022) a été plus importante que celle des couverts estivaux : 5,5T/ha contre 1,1 T/ha.

La mesure de la production estivale a pu être réalisée sur 2 dates en 2022, mi-juillet et mi-août 2022 afin de calibrer la date de destruction pour maximiser la biomasse sur 3 mélanges d'espèces différents.

Les mélanges d'été mis en place sont les suivants :

- C/N max

C/N Max		
	%	kg/ha
Sorgho	16,5	6,6
Avoine rude Mora	5	2
Avoine rude Pratex	5	2
Orge de printemps KWS Cantton	10	4
Féverole Tiffany	12,5	5
Soja Merlin	11,5	4,6
Gesses Merkur	10	4
Trifolium squarrosum (TrèfleT)	7,5	3
Trèfle d'alexandrie	7,5	3
Lin kaolin	5	2
Niger	2,5	1
Tournesol	2,5	1
Cameline	2,5	1
Colza fourrager Helga	1	0,4
Chou moellier Eva	1	0,4
TOTAL	100	40

- Mélange proposé par le Comptoir agricole

CAH		
	%	kg/ha
Tournesol	28	11,1
Melilot Jaune	6	2,2
Millet Perlé	17	6,7
Phacélie	11	4,4
Sorgho	11	4,4
Vesce	28	11,1
TOTAL	100	40,0

- Mélange Harter = C/N + Couverts houblon inter-rang

Couverts houblon inter-rang	%
Fétuque des pré	7,5
Fétuque rouge	7,5
Phacélie	10
Tournesol	1
Vesce du bengale variété Claudia ou bingo	10
Lotier	5
Trèfle incarnat	3
Sainfoin ou melilot jaune	5
Chicoré sauvage	5
lin	15
Melilot blanc	5
Calendula	1
Œillet d'inde	1
Cresson	10
Niger	5
Sarrasin	9
TOTAL	100

Quel que soit le couvert mis en place, la destruction de juillet est plus favorable au retour de biomasse au sol (Figure 31). Toutefois, les observations réalisées sur les végétaux montrent qu'au mois d'août les auxiliaires sont largement présent dans un couvert encore vivant. Dans un objectif de développement de la biodiversité, le maintien du couvert peut-être très intéressant même si le retour en sol de la biomasse n'est pas à son optimum.

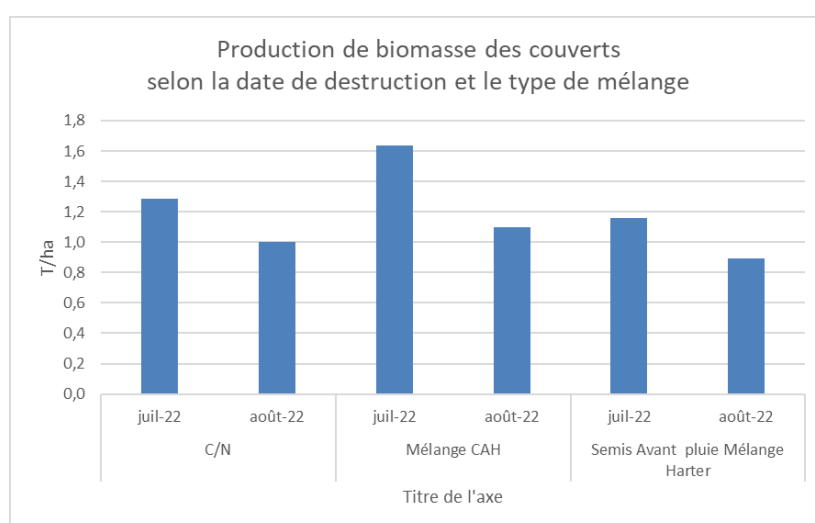


Figure 31 : Production de biomasse des couverts selon leur date de destruction et le type de mélange

Sur les mélanges estivaux, C/N et Mélange Harter, le programme AgroHoublon a permis de suivre les différentes espèces mises en place dans cet objectif de biodiversité (Figure 32)

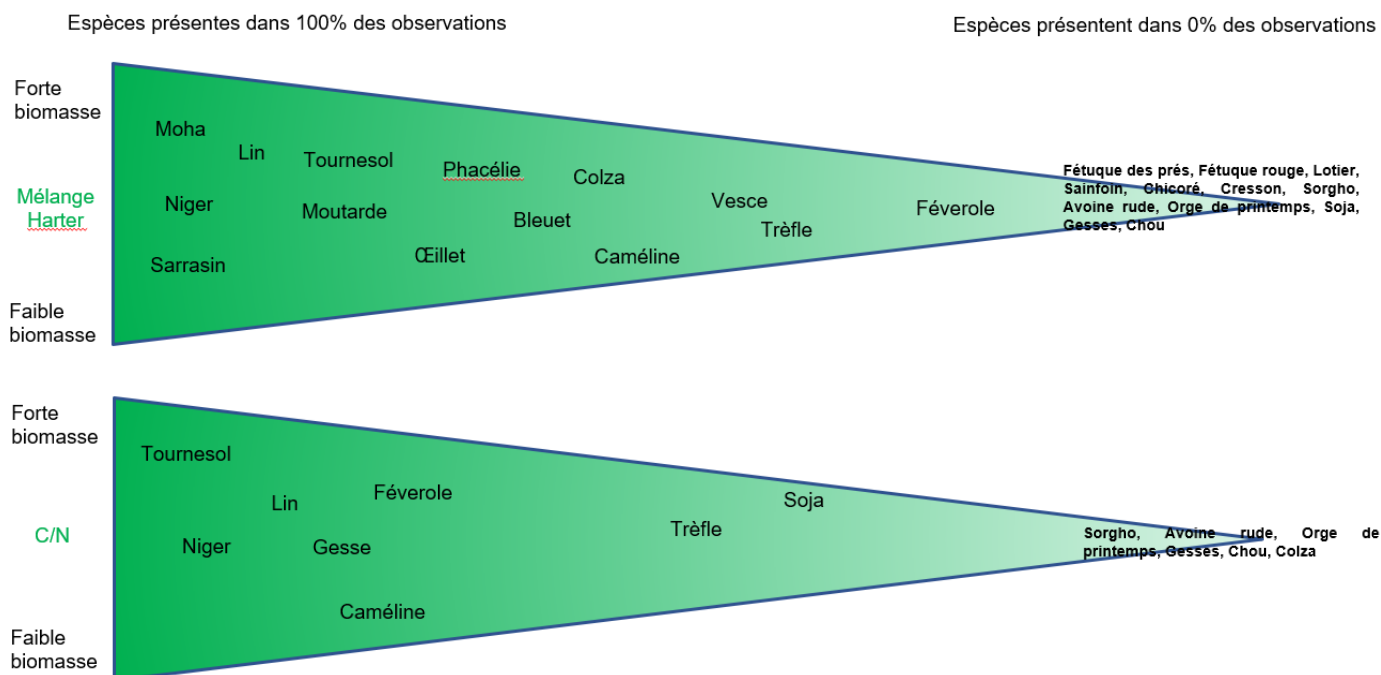


Figure 32 : Suivi des espèces présentes dans les couverts estivaux en 2022

Ces deux mélanges permettent de produire plus d'une tonne de biomasse sur la période estivale et favorisent la biodiversité et l'étalement de floraison pour nourrir la biodiversité sur un temps long. Le mélange Harter a permis une plus forte diversité pour une biomasse équivalente au mélange C/N.

2. Suivi des zones en non travail du sol

Un levier envisagé lors des réflexions du groupe de travail est de maximiser le fonctionnement du sol par l'implantation de couverts, la limitation du travail du sol, voire sa suppression. La suppression de ce travail du sol, doit être compensée par un autre moyen de structuration du sol qui est le système racinaire des couverts. Le non travail du sol a pour conséquence de ne pas pouvoir tailler le houblon au niveau de la base de la souche de la plante puisqu'on s'interdit de bouger le sol. Le débutage, la taille et le rebuttage déplacent le sol et perturbent son fonctionnement.

Quatre zones de non travail du sol ont été mises en place dans le cadre du projet. Elles sont nommées **zones agroécologiques** dans le document :

Zone agroécologique 1 : Variété Fuggle ; agriculture conventionnelle ; zéro travail du sol, zéro taille, défanage du houblon pour le mouton, engrais vert hivernal multi-espèce broyé mécaniquement et mangé par un troupeau de mouton, paillage sur le rang avec de la paille de céréales, menée en 2021

Zone agroécologique 2 : Variété Strisselspalt, agriculture biologique en conversion, zéro travail du sol, zéro taille, défanage thermique du houblon, engrais vert hivernal à base de céréales broyé mécaniquement, paillage en plein avec de la paille de céréales, menée en 2021 et 2022

Zone agroécologique 3 : Variété Barbe rouge ; agriculture biologique ; zéro travail du sol, zéro taille, défanage du houblon pour le mouton, engrais vert hivernal multi-espèce mangé par un troupeau de mouton, paillage en plein avec de la paille de céréales, menée en 2021 et 2022

Zone agroécologique 4 : Variété Mistral ; agriculture biologique ; zéro travail du sol, zéro taille, défanage du houblon pour le mouton, engrais vert hivernal multi-espèce mangé par un troupeau de mouton, paillage en plein avec de la paille de céréales, menée en 2021 et 2022

Les **zones traditionnelles** sont définies par la conduite suivante : taille du houblon, travail de l'inter-rang pour faciliter le buttage, buttage, couverture partielle du sol par un couvert végétal hivernal.

2.1. Suivi de la croissance du houblon en non travail du sol

Sur les comparaisons suivantes, la photo de gauche correspond à la zone traditionnelle, celle de droite à la zone agroécologique.

COMPARAISON Zone traditionnelle/Zone agroécologique 1 :



Fuggle
2021



@ F.Meyer, AgroHoublon

COMPARAISON Zone traditionnelle/Zone agroécologique 2 :



Strisselspalt
2021

@ A.Harter, AgroHoublon



Strisselspalt
2022

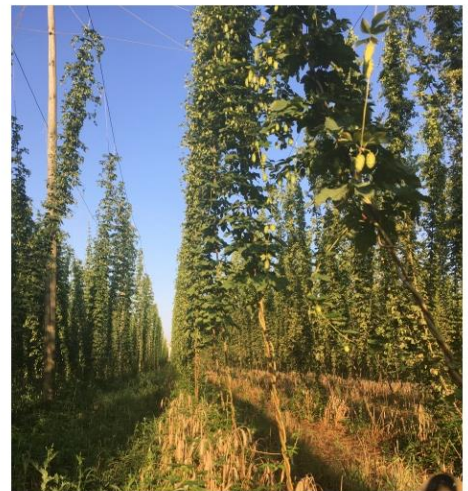


@A.Harter, AgroHoublon

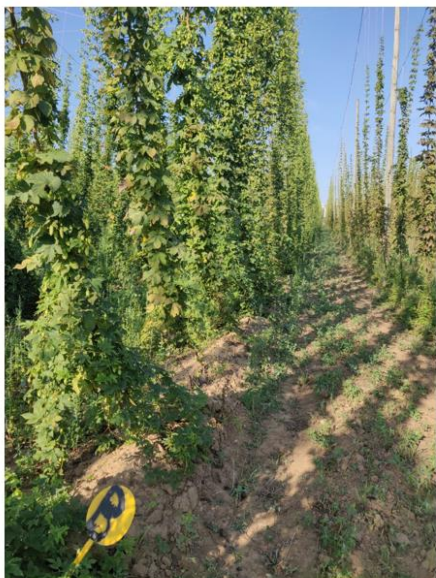
COMPARAISON Zone traditionnelle/Zone agroécologique 3 :



Barbe rouge
2021



@V.Stangret, AgroHoublon



Barbe rouge
2022



@V.Stangret, AgroHoublon

COMPARAISON Zone traditionnelle /Zone agroécologique 4 :



Mistral
2021



@V.Stangret, AgroHoublon





Mistral
2022



@V.Stangret, AgroHoublon

Seule la variété Fuggle a profité du système de production sans travail du sol pour produire une biomasse équivalente au système traditionnel en 2021. Le Fuggle est une variété précoce et a profité de la non taille pour démarrer plus rapidement et arriver en haut de l'échafaudage en fin de cycle. Cette campagne climatique était plus fraîche et ce temps d'avance lui a profité. Cette zone agroécologique 1 est, par ailleurs, la seule sur les 4 à être fertilisée en engrais minéral. Cette forme de fertilisation a un effet sur la disponibilité de l'azote. En effet, l'engrais minéral est disponible immédiatement pour la culture. Le non-travail du sol sur les 3 autres zones, associé au paillage et une année climatique avec des températures plus faibles, a fortement diminué la température du sol en 2021. Ces parcelles sont fertilisées avec des composts nécessitant une transformation dans le sol pour être disponibles pour la culture. En sol frais, cette transformation se fait difficilement, le houblon a été limité en éléments.

Lorsque le travail du sol est supprimé, les couverts à forte biomasse et multi-espèces doivent prendre le relais pour structurer le sol, activer la vie biologique et favoriser l'infiltration de l'eau. Sur les zones 2, 3 et 4, l'implantation des couverts n'a pas été optimum et le sol a rapidement pris en masse dès 2021. En 2022, les couverts ne se sont pas mieux implantés dans ces zones et la biomasse produite par le houblon a encore chuté. Les résultats de la campagne 2022 n'ont pas été bons en conduite traditionnelle mais ils ont été plus mauvais en non travail du sol.

2.2. Suivi des rendements

Les rendements ont été mesurés sur ces mêmes 4 sites zones, en comparant toujours la conduite traditionnelle et la conduite nommée agroécologique, comme présenté dans le point précédent.

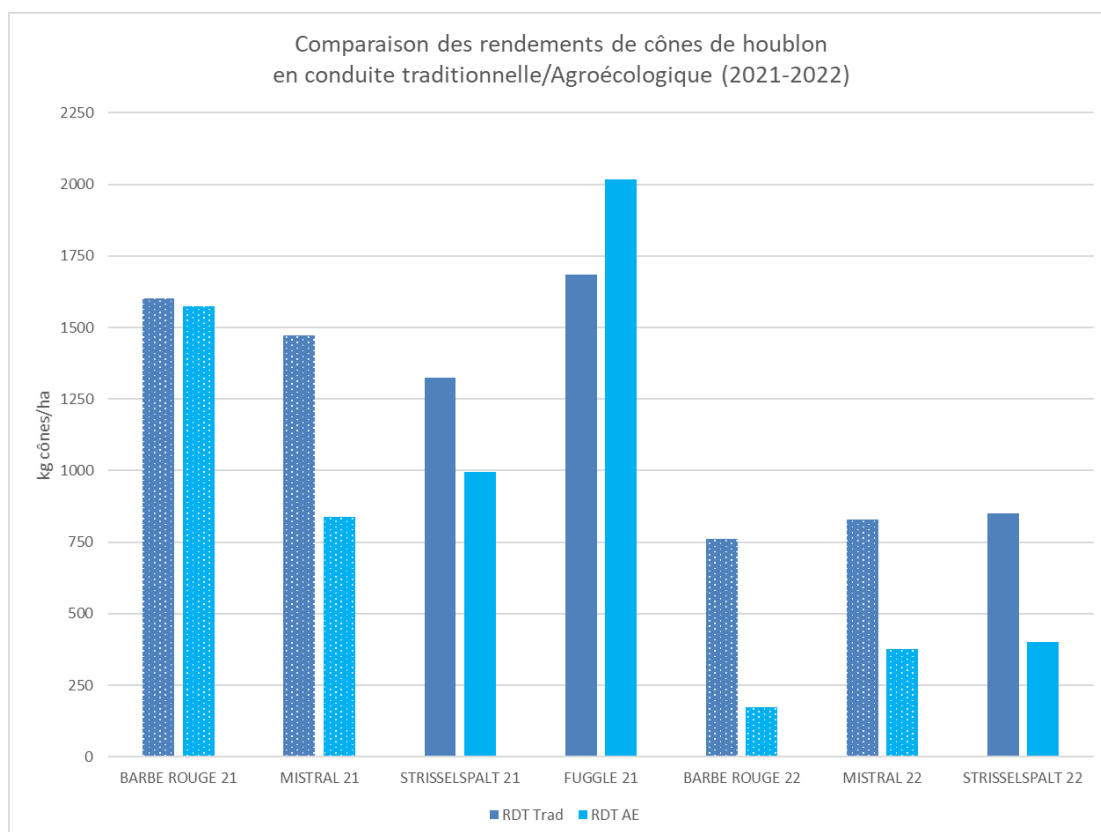


Figure 33 : Comparaison de rendement entre les pratiques traditionnelles et agroécologiques

4 zones en non travail du sol ont été conduites en 2021 chez 3 houblonniers du groupe AgroHoublon et 3 en 2022. La production en cône a été mesurée sur la variété Barbe Rouge et Mistral et estimée sur Fuggle et Strisselspalt (Figure 33).

Les différentes variétés mises en test ne se comportent pas de la même façon. Barbe rouge, Mistral et Strisselspalt ont produit une biomasse (Feuille + tige+ cônes) globalement plus faible en non travail du sol. Par contre, en 2021, la variété Barbe rouge a compensé un faible nombre de cônes par une masse/cône élevée ce qui permis d'atteindre le même rendement que le Barbe rouge mené de façon traditionnelle en 2021. Strisselspalt et Mistral n'ont pas fait cette compensation en 2021, ni la variété Barbe rouge en 2022.

La variété Fuggle a, quant à elle, un rendement plus élevé en cône. Les conditions météo de 2021 ont particulièrement été propices à cette variété.

2.3. Suivi des bio-agresseurs

Le suivi des bio-agresseurs du houblon a été réalisé de façon hebdomadaire sur la zone de non travail du sol (AE, Agroécologique ; non travail du sol, paillage, couverture permanente du sol, sans taille du houblon, éco pâturage par le mouton au mois de juillet) en comparaison à une zone de production menée de façon traditionnelle (Trad, Traditionnel, buttage, travail de l'inter-rang). Les deux zones d'observations sont

menées en agriculture biologique (Figure 34, 35, 36, 37, 38 et 39). L'ensemble de ces observations ont été réalisés sur les parcelles de l'EPL d'Obernai.

Pour le mildiou (primaire et secondaire) et les pucerons, on note une pression plus élevée sur le houblon agroécologique au printemps, quelle que soit la variété. Le houblon mené sans travail du sol a présenté au printemps 2021 et 2022 un ralentissement de croissance par rapport aux zones traditionnelles butées. L'effet « Boost » du buttage n'a pas été observé et les plantes ont végété, les rendant plus sensibles aux bio agresseurs. A partir du mois de juin, la tendance est inversée. La fréquence d'apparition de ces bio agresseurs est plus faible en zone non travaillée.

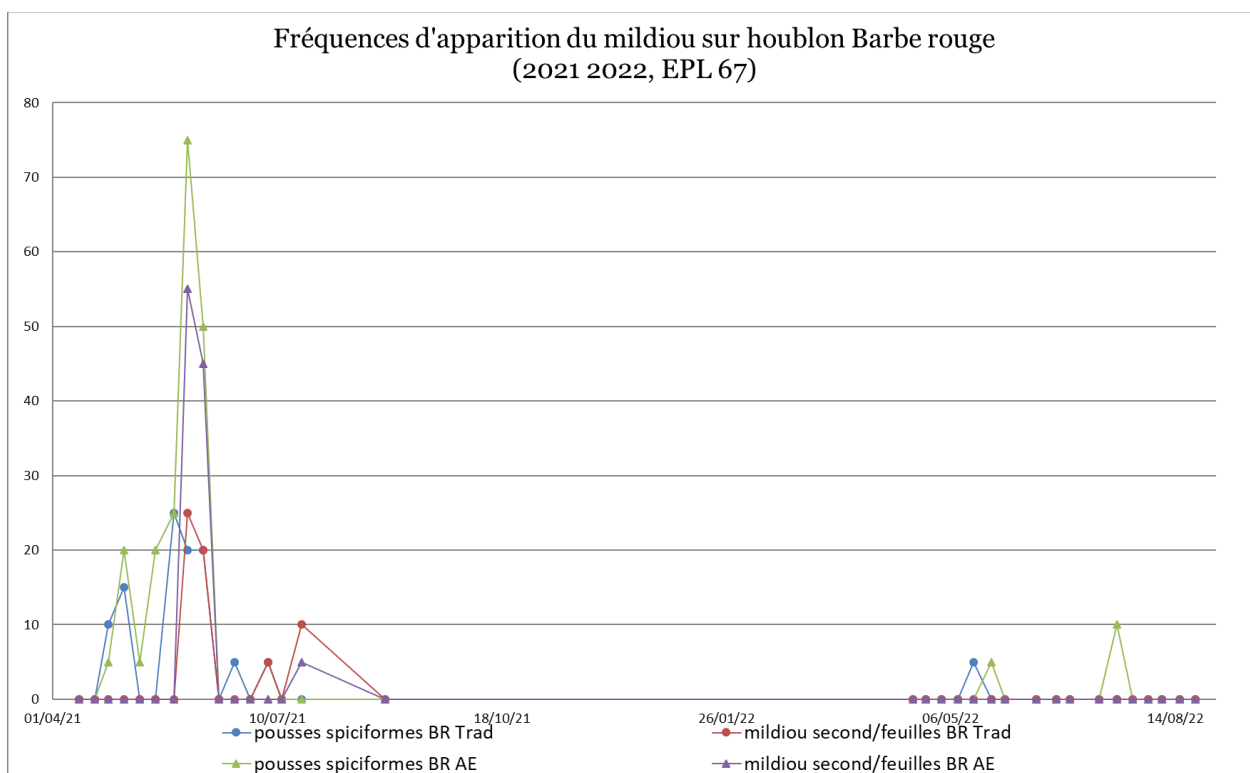


Figure 34 : Fréquences d'apparition du mildiou sur le houblon Barbe rouge (2021 2022, EPL 67)

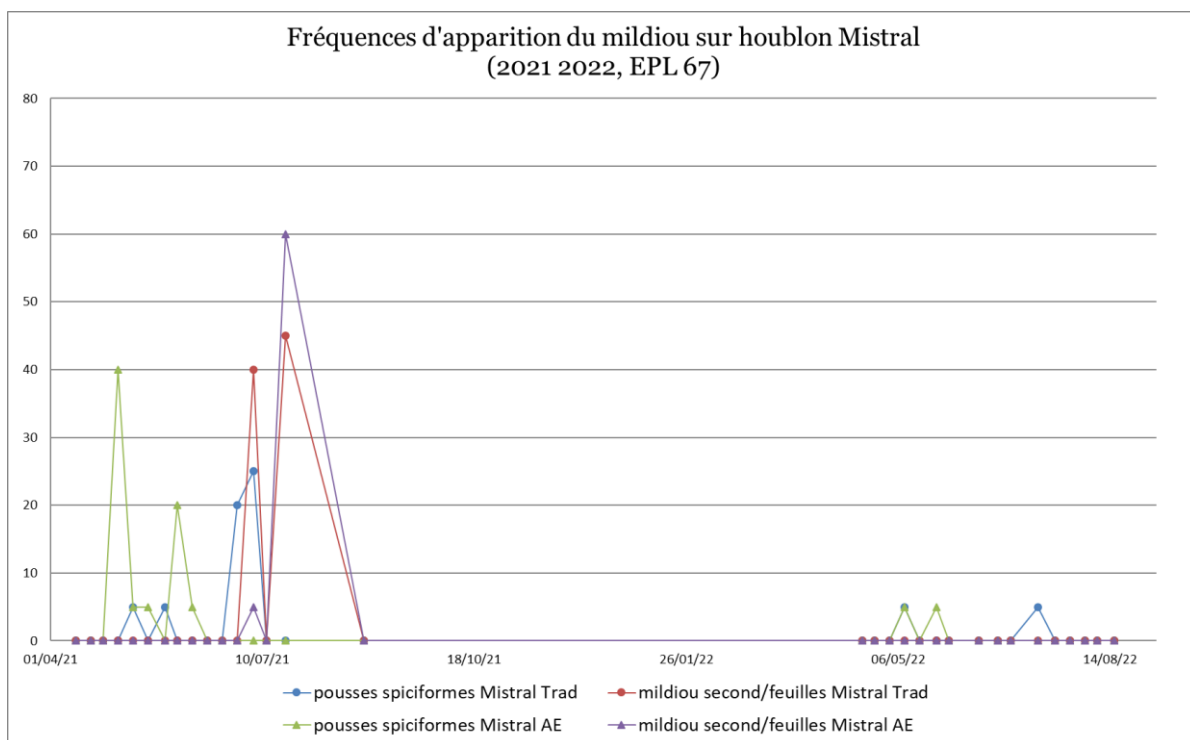
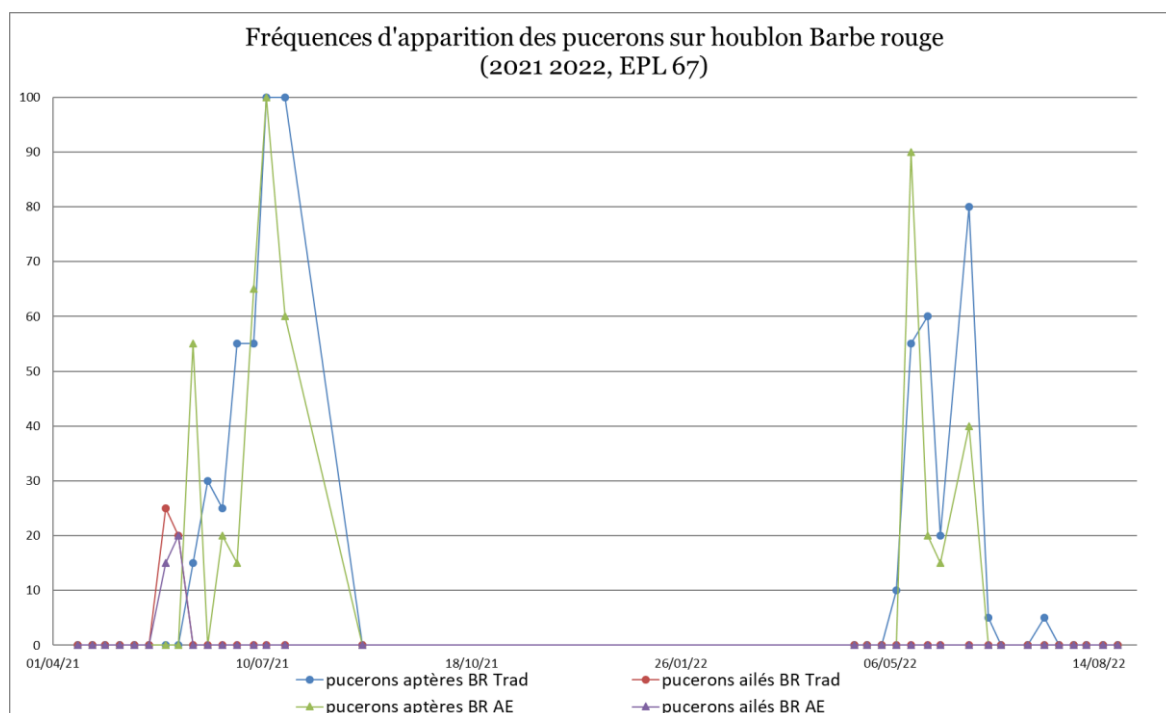


Figure 35 : Fréquences d'apparition du mildiou sur le houblon Mistral (2021 2022, EPL)



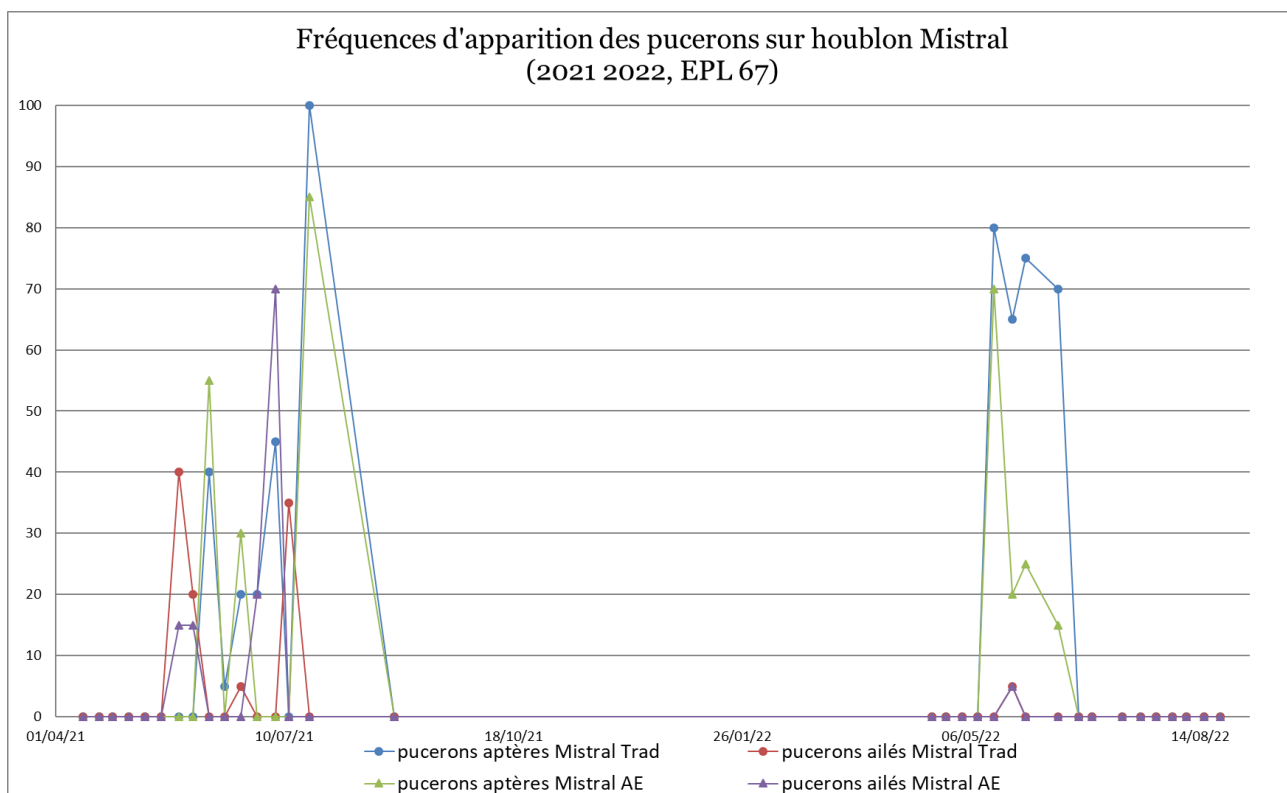


Figure 37 : Fréquences d'apparition des pucerons sur le houblon Mistral (2021 2022, EPL 67)

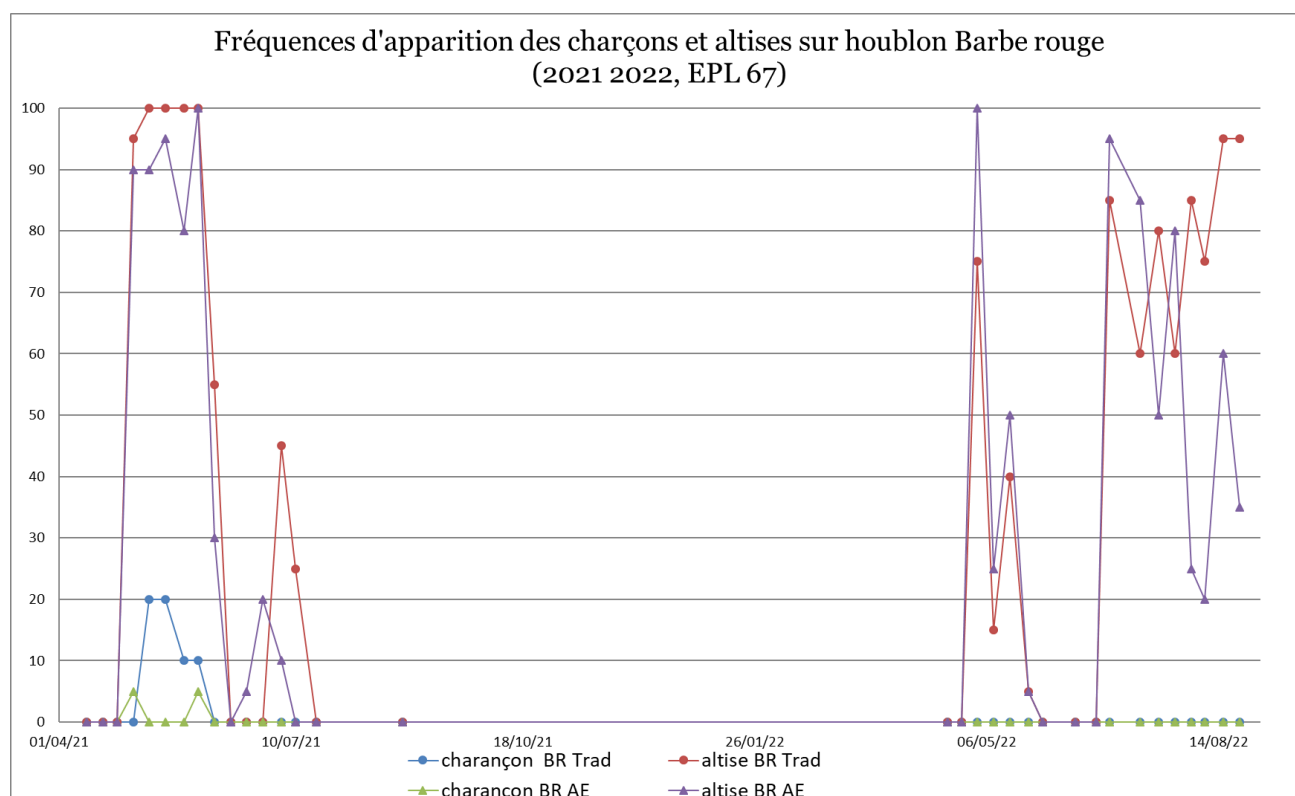


Figure 38 : Fréquences d'apparition des charançons et altises sur Barbe rouge (2021 2022, EPL 67)

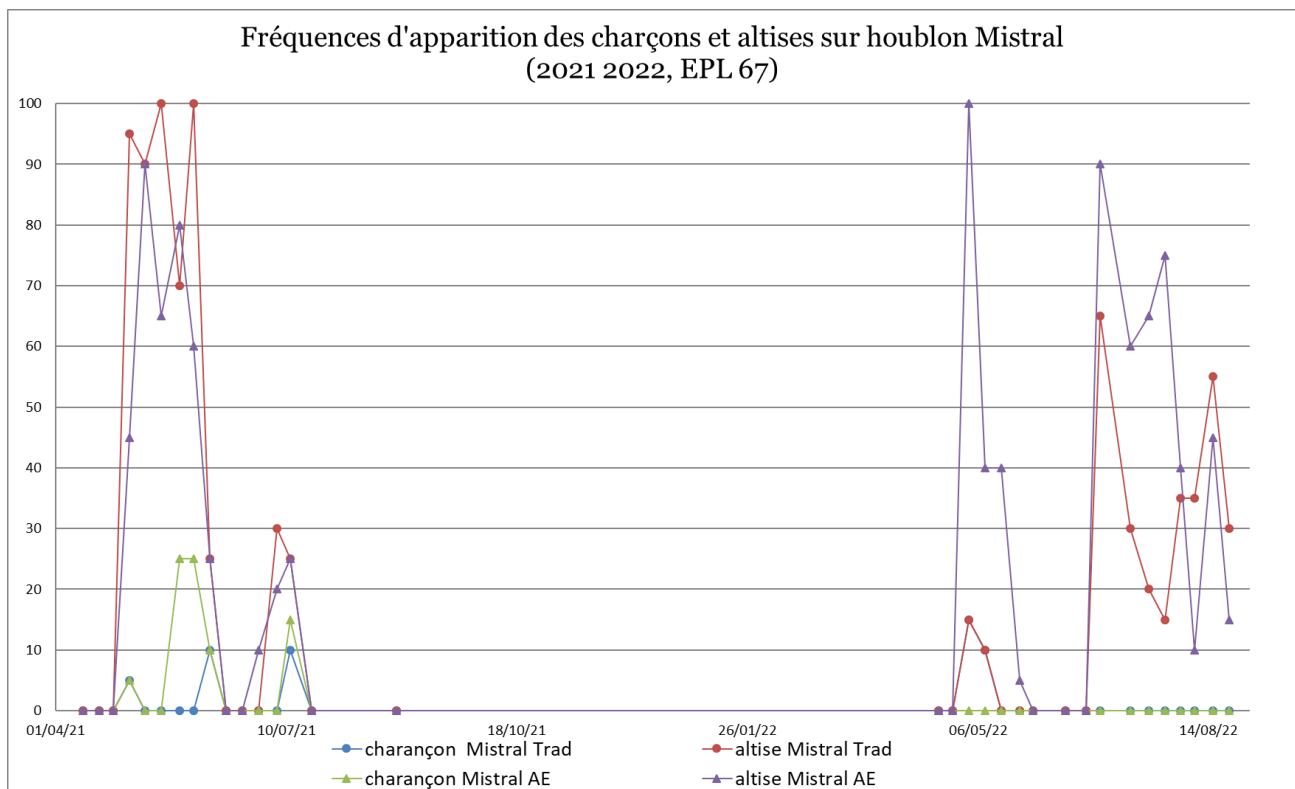


Figure 39 : Fréquences d'apparition des charançons et altises sur le houblon Mistral (2021 2022, EPL 67)

En 2022, une forte attaque de chenille a été observée sur une parcelle du membre du groupe. Cette attaque n'a pas eu lieu sur les sites d'observation d'Obernai qui ont donné lieu à ces graphiques.

Lorsque le sol d'une houblonnière n'est plus travaillé, le pâturage par le mouton peut être un levier intéressant pour effectuer la taille mais aussi le nettoyage du bas du plant de houblon en remplaçant le défanage chimique ou thermique.

3. Suivi du pâturage du houblon par le mouton

Durant le cycle de production du houblon, la culture est défanée sur environ un mètre à la base du pied durant l'été. Le défanage consiste à enlever les feuilles afin de créer un courant d'air dans la houblonnière. Ce mouvement d'air limite l'accumulation d'humidité et diminue de ce fait le risque d'apparition de maladie comme l'oïdium sur les feuilles du bas. De plus, le défanage élimine aussi les jeunes pousses et permet ainsi à la plante d'orienter son énergie sur les lianes mises au fil. Enfin, le défanage permet de limiter la pression des araignées rouges qui montent sur les lianes durant l'été. Ce ravageur fait des dégâts sur les cônes de houblon. Cet arachnide se déplace à l'aisselle des feuilles et n'apprécie pas de grimper sur les lianes sans feuillage. Le défanage thermique permet en plus de brûler quelques araignées lors de leur montée.

Le défanage se réalise de différentes manières :

- Défanage chimique à l'aide d'herbicide spécifique
- Défanage thermique en brûlant les feuilles à l'aide de brûleur fonctionnant au gaz
- Défanage manuel en enlevant les feuilles à la main

Une alternative testée par le programme Agrohoublon est de défaner le houblon par le pâturage ovin. Ce test a été réalisé sur une houblonnière en agriculture conventionnelle et une deuxième en agriculture biologique.

Les photos ci-dessous présentent les deux sites, avant (Photo 3 et 4 de gauche) et après (Photo 3 et 4 de droite) le passage des moutons.



@F.Meyer, AgroHoublon

Photo 3 : Houblonnière conventionnelle avant et après le passage des moutons, variété Fuggle



@V.Stangret, AgroHoublon

Photo 4 : Houblonnière biologique avant et après le passage des moutons, variété Barbe rouge

Dans les deux situations, les moutons ont très bien réalisé le travail de défanage et ont mangé toute la biomasse au sol exceptées les céréales déjà trop ligneuses à leur goût dans la parcelle biologique (ces céréales ont été roulées et laissées au sol). Toutefois, des points de vigilance sont à noter avec cette méthode :

- Le bourgeon terminal de la liane mise en fil doit être hors de portée de la bouche du mouton. La croissance de la liane serait mise à mal si le bourgeon terminal est endommagé. La liane de houblon doit également être suffisamment ligneuse pour résister à la dent des moutons. Les moutons sont rentrés dans les houblonnières entre fin juin et fin juillet. Avant cette période, la liane semble trop tendre et le risque qu'un animal endommage une liane est plus grand.
- La surveillance doit être quotidienne, d'une part pour libérer les animaux qui se coinceraient entre le fil tuteur et la liane et d'autre part pour estimer si la nourriture est suffisante. Lorsque l'alimentation, composée de feuilles de houblon et d'engrais vert, vient à manquer, les animaux exercent une pression sur les lianes plus élevées et ils peuvent les endommager. Dans les deux cas cités ci-dessus, les brebis sont restées deux semaines pour une vingtaine d'animaux sur un ½ ha.
- Le passage des moutons a détruit le couvert estival mis en place pour le restituer au sol sous forme de fèces et d'urine. Les plantes du couvert étant annuelles, le sol n'était plus couvert par des plantes vivantes. Une des possibilités serait de mettre un couvert permanent entre les rangs de houblon. Comme vu précédemment, le couvert doit réaliser une biomasse aérienne et sous-terrainne assez important pour réaliser son rôle de structuration des sols à la place de travail mécanique et surtout jouer un rôle de stabilisateur lors du roulage sur la parcelle. Le couvert

permanent aura plus de difficultés à réaliser cette forte biomasse structurante mais repousserait après le passage des animaux.

Le défanage par le mouton est un levier mobilisable en substitution des défanages plus traditionnels. La situation peut également être vue avec un second prisme. Quelles sont les conséquences du passage dans la houblonnière pour les animaux ? Ce fourrage convient-il aux animaux ?

2.4. Suivi de la qualité fourragère du houblon

D'après les analyses fourragères, la digestibilité du houblon est aussi bonne que l'herbe. Les valeurs en UFL (représentant l'énergie disponible dans le houblon) correspondent à celle d'un foin. L'encombrement est aussi équivalent à celui d'un foin. L'équilibre entre protéine et énergie est bon ($PDI/UFL=102$) avec un léger surplus de protéines car la part de MAT (Matière azotée totale) est assez importante. De ce fait, les protéines seront en grande partie digérées dans le rumen (peu de PDIA) et toutes les protéines ne seront pas valorisées. Les moutons introduits dans les houblonnières ont de faibles besoins, ils sont à l'entretien. Le fourrage houblon convient donc à ces besoins. On retrouve une forte proportion des matières minérales et des valeurs très importantes pour les oligo-éléments. Parmi ces oligo-éléments, le cuivre se trouve très largement en excès par rapport aux besoins du mouton. Cet élément peut entraîner des intoxications s'exprimant dans le foie.

2.5. Suivi de la santé du foie du mouton

Les ovins sont les animaux domestiques les plus prédisposés à l'empoisonnement chronique au cuivre. L'analyse fourragère du houblon montre des teneurs importantes liées au traitement au cuivre effectué sur le cycle de végétation (entre 133 et 210 mg/kg). Les houblons traités avec 1,23 kg Cu métal/ha sur 2022 ont des teneurs en cuivre en moyenne de 286 mg/kg. Dans la zone de non travail du sol de l'EPL 67 où les brebis ont passé deux semaines, le houblon a été traité à 0.88 kg Cu métal/ha. Le dernier passage de cuivre précédent l'arrivée des animaux n'a pas été réalisé pour limiter les effets du cuivre sur les brebis. Dans ce second cas, la teneur en cuivre du houblon était de 134 mg/kg.

Les moutons absorbent le cuivre du régime alimentaire en fonction de la quantité de cuivre offerte et non en fonction des besoins du corps comme c'est le cas de l'absorption d'autres minéraux. Tout cuivre supplémentaire absorbé est entreposé dans les cellules du foie, atteignant éventuellement des niveaux toxiques. Un taux dans le foie excédant 500 ppm est généralement considéré toxique. Cet entreposage dans le foie peut prendre des mois ou même des années avant d'atteindre un niveau toxique. L'élimination du cuivre du corps par les reins est lente.

Les agneaux sont plus sensibles que les ovins adultes. En effet, Hogan et al.¹³ observent une intoxication des agneaux après une longue exposition à un aliment contenant 10 mg/kg, alors que Mac Parsons et al l'ont observé chez des brebis à des concentrations de 15 mg/kg¹⁴. Le houblon ingéré en 2022 a des teneurs en Cu bien plus élevé que ces chiffres issus de la littérature.

¹³ Weston RH Hogan JP (1968) The digestion of pasture plants by sheep. I. Ruminal production of volatile fatty acids by sheep offered diets of ryegrass and forage oats. *Australian Journal of Agricultural Research*, 419-432.

¹⁴ A.J. Parsons, J.A. Newman, P.D. Penning, A. Harvey and R.J. Orr. Journal of Animal Ecology. Diet Preference of Sheep : Effects of Recent Diet, Physiological State and Species Abundance

En 2022, une prise de sang a été effectuée sur les brebis à l'entrée et à la sortie de animaux sur le site de l'EPL d'Obernai afin de suivre la santé des animaux, en particulier la santé du foie. Des traitements au cuivre ont été effectués préalablement sur ce houblon pâturé, 40 jours avant l'entrée des animaux. Le protocole retenu pour connaître l'évolution de la santé du foie est la quantification des γ -glutamyl transférase (GGT) et glutamate déshydrogénase (GLDH) à l'entrée et à la sortie des animaux de la houblonnière. La GGT est une enzyme présente dans le foie et les canaux biliaires. Une élévation des taux de GGT dans le sang indique une atteinte du foie. En effet, l'enzyme GGT, un indicateur de dommage au foie, peut être un bon moyen d'évaluer la gravité de la condition des animaux.

La GLDH est une enzyme du catabolisme protéique : elle catalyse la transformation du glutamate en alpha cétooglutarate en en ammoniac. Sa concentration sérique résulte essentiellement de la destruction des hépatocytes. Elle est donc spécifique à la cytolysé hépatique.

4 animaux sur 10 sont rentrés dans la houblonnière avec une concentration sanguine en GGT supérieure à la valeur usuelle maximum (52 U/L). 9 animaux sur 10 sont ressortis de la houblonnière avec une concentration supérieure à cette valeur usuelle.

3 animaux sur 10 sont rentrés dans la houblonnière avec une concentration sanguine en GLDH supérieure à la valeur usuelle maximum (19 U/L). 8 animaux sur 10 sont ressortis de la houblonnière avec une concentration supérieure à cette valeur usuelle.

Les animaux qui sont rentrés dans la houblonnière ont un historique de pâturage dans les vignes. Les vignes connaissent les mêmes traitements au cuivre que le houblon. Ceci peut expliquer que certains animaux aient des teneurs en enzyme déjà élevé en arrivant dans la houblonnière. La douve du foie peut également entraîner les mêmes conséquences.

Les taux d'évolution de la concentration des enzymes hépatiques sont conséquents (Figure 40). Ils varient de + 5% à +56% pour la GGT et est encore plus importante pour la GLDH (+ 9% à + 362%).

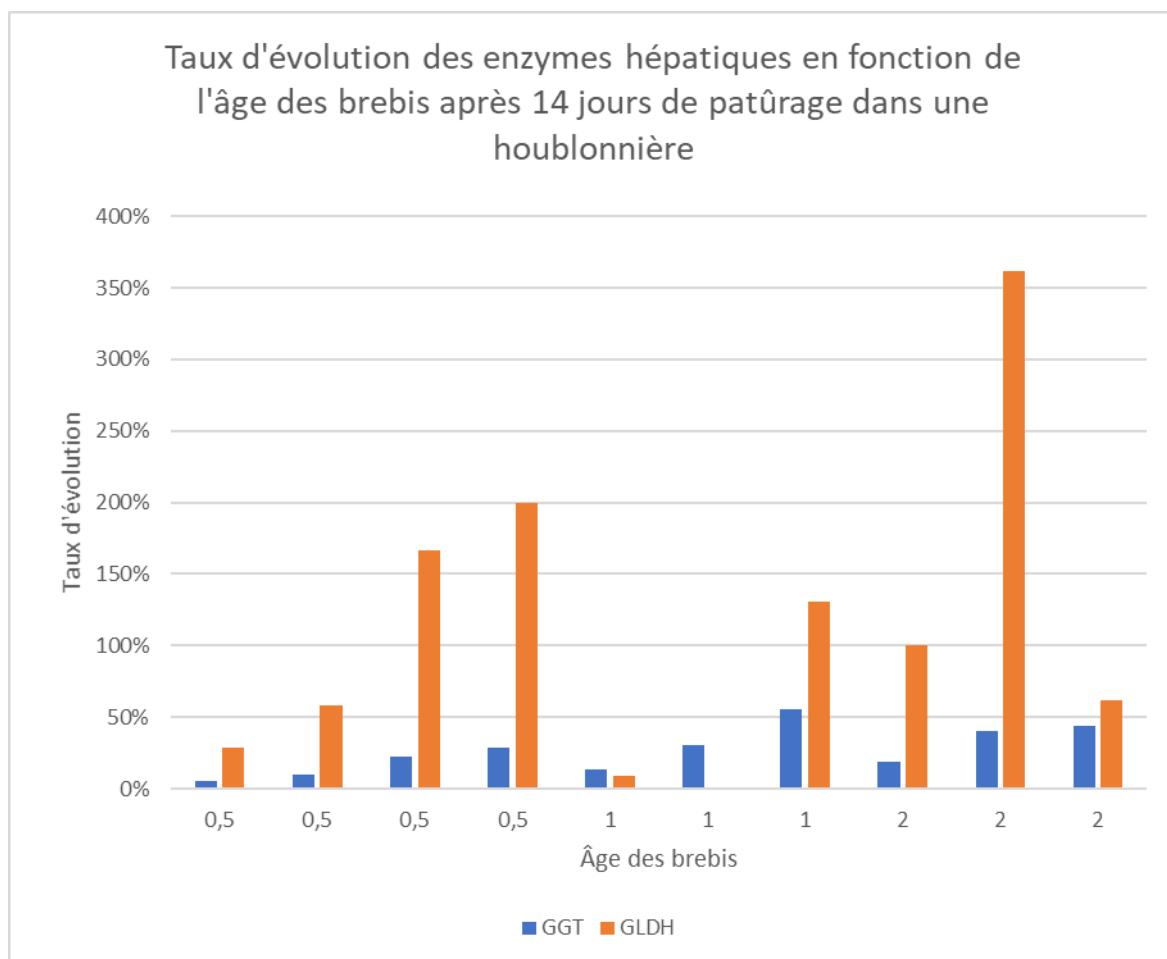


Figure 40 : Taux d'évolution de la GGT et GLDH en fonction de l'âge des animaux (2022)

Il n'y a pas d'effet « âge des animaux » observé sur ces taux d'évolution. Par contre, on note un effet important de la concentration en GGT à l'entrée des animaux sur le taux d'évolution de la GGT. Plus le taux à l'entrée des animaux est faible, plus la dégradation du foie observée par la concentration en GGT est importante (Figure 41)

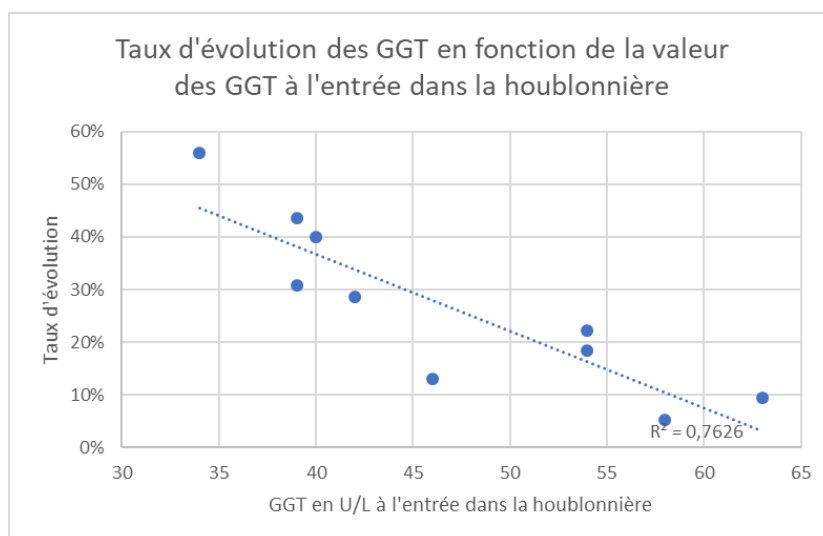


Figure 41 : Taux d'évolution de la GGT en fonction de la concentration en GGT à l'entrée des animaux dans la houblonnière (2022)

En présence d'éléments antagonistes, ce phénomène de stockage du cuivre dans le foie est ralenti, voire inversé. Le Fibi¹⁵ a effectué des travaux similaires lors du pâturage des moutons dans des couverts de vigne traités au cuivre. D'après leurs travaux, la quantité de molybdène du couvert est notamment déterminante par rapport au risque d'intoxication. En conduisant un pâturage ovin dans des parcelles viticoles (Cu > 2kg/ha/an) pendant 2 mois, le commencement d'une intoxication chronique au cuivre, révélée par l'augmentation de l'activité GLDH (Glutamate Déshydrogénase) dans le plasma, a été observé. De manière intéressante, la dynamique du taux de molybdène sanguin pourrait révéler un effet protecteur de cet élément, ainsi qu'un possible mécanisme d'adaptation des brebis. Cette piste du rééquilibrage par le molybdène est à approfondir pour la culture du houblon.

Les actions menées sur ces deux années donnent des pistes intéressantes pour la transition agroécologique dans la culture du houblon. L'introduction des couverts a été concluante. Ils ont joué leur rôle de production de biomasse, de structuration des sols, d'augmentation de la biodiversité et de piège à nitrate pour les couverts hivernaux. Les moutons ont également été efficace sur le nettoyage des parcelles mais leur intoxication au cuivre pose question. Le non travail du sol pose également question avec les pertes de rendement observées et la forte diminution de la vigueur des plants pouvant entraîner leur mort. Les couverts trop chétifs dans ces zones n'ont pas compensé l'arrêt du travail du sol pour structurer et activer le sol.

SUIVI DES PRATIQUES DES HOUBLONNIERS PAR L'INDICE DE REGENERATION

L'indice de régénération (IR) a été développé par l'association Pour un Agriculture du Vivant (PADV). Il est le fruit d'une co-construction permanente entre les chercheurs du Conseil Scientifique de l'association, des agriculteurs et des techniciens de terrain. Il permet aux techniciens de coconstruire avec les agriculteurs un plan de progrès pour améliorer le fonctionnement agroécologique du système de production. Il installe les bases d'un langage commun et d'une coopération au sein des filières, ainsi qu'entre les producteurs et les consommateurs. Il est libre d'accès et évolutif pour permettre son utilisation par tous les acteurs des fermes, des filières et des territoires. Il permet d'évaluer de manière simple et rapide les résultats agroécologiques, notamment grâce à son accessibilité sur la plateforme digitale. Il a été développé sur différentes filières (céréales, vignes, arboriculture,). Le programme AgroHoublon a permis de développer cet outil pour la culture du houblon. La calculatrice support à l'IR pour le houblon n'est, à ce jour, pas mise en ligne¹⁶.

L'IR a pour objectif de mesurer les résultats d'une exploitation comme boussole de la transition agroécologique. Il prend les éléments suivants en compte :

- Le travail du sol
- Le cycle du carbone et de l'azote
- La gestion phytosanitaire (en excluant le calcul de l'indice de fréquence de traitement)
- La biodiversité et l'agroforesterie
- La formation et le partage d'expérience

¹⁵ Projet "Brebis & Clairette de Die : pâturer pour moins désherber" (2017-2019)

¹⁶ <https://agricultureduvivant.org/indice-de-regeneration/>

Quelques exemples de résultats de calcul de l'IR en lien avec les pratiques agricoles

La calculette fonctionne sur 100 points pour celles déjà développées. Dans le cadre d'Agrohoublon, le choix a été fait de supprimer l'indicateur IFT (indicateur de fréquence de traitement) sur 8 points. Le score maximal atteignable est donc de 92 points. Le tableau ci-dessous (figure 42) rassemble l'ensemble des IR des pratiques houblonnières évaluées. Le score a été ramené sur 100 points.

		Expl 5	Expl 1 21	Expl 4 Trad 21	Expl 7	Expl 1 22	Expl 3 Trad	Expl 5 AE	Expl 2 21	Expl 3 AE DH	Expl 3 AE P	Expl 4 AE 21	
THEME	CRITERE	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score atteint	Score maximal
FORMATION/VEILLE	L'agriculteur se forme t-il aux techniques de l'agroécologie et/ou appartient-il à un GIEE ?	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4
COUVERTURE ET TRAVAIL DU SOL	Quel est le taux moyen annuel de couverture du sol ?	0,0	0,0	0,0	2,8	0,6	0,0	6,2	2,7	6,9	6,9	6,9	
	Gestion du sol sur le rang (note d'impact)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5	
	Gestion du sol sur l'inter-rang (note d'impact)	9,2	13,3	8,0	6,2	15,6	12,6	18,5	11,3	18,5	18,5	18,5	
	TOTAL Couverture du sol	9,2	13,3	8,0	9,0	16,2	12,6	26,2	13,9	26,9	26,9	26,9	40
STOCKAGE DE CARBONE	Rapport Matière organique / argile	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Entrées annuelles de carbone par l'enherbement, les couverts végétaux, les résidus, et les effluents/amendements organiques	0,00	1,23	5,15	1,81	4,29	6,64	13,41	14,00	8,46	14,00	14,00	
	TOTAL Stockage Carbone	0,00	1,23	5,15	5,83	4,29	6,64	13,41	14,00	8,46	14,00	14,00	20
FERTILISATION	Quelle est la surface de l'atelier qui ne reçoit pas d'apport d'azote minéral ?	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4
GESTION PHYTOSANITAIRE	Quelle est la stratégie de diminution de l'IFT mise en place par l'agriculteur ? (si plusieurs stratégies cohabitent, renseigner celle de plus haut niveau)	0,0	5,4	5,4	8,0	5,4	5,4	0,0	5,4	5,4	5,4	5,4	8
BIODIVERSITE	Quelle est le % de SIE sur la ferme ?	1,8	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	1,8	8,0	8,0	8,0	8,0	
	Quelle est le niveau de biodiversité végétale dans la houblonnière ?	8,0	5,4	8,0	5,4	8,0	8,0	8,0	8,0	5,4	5,4	8,0	
	TOTAL Biodiversité	9,8	13,4	16,0	13,4	16,0	16,0	9,8	16,0	13,4	13,4	16,0	16
		25 /100	41 /100	46 /100	48 /100	50 /100	53 /100	58 /100	62 /100	67 /100	74 /100	76 /100	92

Figure 42 : Tableau synthétisant les résultats des IR pour les houblonnières engagées dans AgroHoublon

Le tableau ci-dessous (Figure 43) permet de faire le lien entre le score obtenu et les pratiques aux champs :

Score/100	Pratiques dans les houblonnières
25	Ratio butte/inter-rang (1,4/1,2) Fumier de bovin épandu Fertilisation organique + minéral Aucun plan mis en œuvre pour réduire l'IFT SIE (Surface d'intérêt écologique) < 10% Couverts multi-espèces + Agroforesterie
41	Ration butte/inter-rang (0,9/1,8) Fumier de bovin Fertilisation organique + minéral Stratégie de substitution de moyen chimique par des luttés alternatives SIE >10% Couverts multi-espèces
46	Ratio butte/inter-rang (0,6/2,1) Compost fumier bovin Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des luttés alternatives SIE >10% Couverts multi espèces + Agroforesterie
48	Ratio butte/inter-rang (1/2) Compost déchets verts MO/Argile > 17% (seule ferme dépassant ce seuil) Fertilisation organique exclusive (AB) Re-conception de la houblonnière SIE > 10% Couverts simples + Agroforesterie
50	Ratio butte/inter-rang (0,9/1,8) Fumier de bovin Fertilisation organique + minéral Stratégie de substitution de moyen chimique par des luttés alternatives SIE >10% Couverts multi-espèces + Agroforesterie
53	Butte/inter-rang (1/1,7) Compost Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des luttés alternatives SIE >10% Couverts multi-espèces + Agroforesterie
58	Butte/inter-rang (0,2/2,4) Fumier de bovin Fertilisation organique + minéral Aucun plan mis en œuvre pour réduire l'IFT SIE < 10% Couverts multi-espèces + Agroforesterie
62	Ratio butte/inter-rang (0,7/2) Fumier de cheval Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des luttés alternatives SIE >10% Couverts multi-espèces + Agroforesterie

67	Ratio butte/inter-rang (0,2/2,5) Compost + épandage déchets de houblon Rang enherbé partiellement Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des lutttes alternatives SIE >10% Couverts <i>ratés</i> + Agroforesterie Fort impact négatif sur le rendement (jusqu'à – 70%)
74	Ratio butte/inter-rang (0,2/2,5) Rang enherbé partiellement Epandage de compost + paille Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des lutttes alternatives SIE >10% Couverts <i>ratés</i> + Agroforesterie Fort impact négatif sur le rendement (jusqu'à – 70%)
76	Ratio butte/inter-rang (0,2/2,5) Rang enherbé partiellement Epandage compost + paille Fertilisation organique exclusive (AB) Stratégie de substitution de moyen chimique par des lutttes alternatives SIE >10% Couverts multi espèces + Agroforesterie Fort impact négatif sur le rendement (jusqu'à – 70%)

Figure 43 : Pratiques agricoles en lien avec le score de l'IR

En parallèle de l'analyse des IR, la filière poursuit les travaux sur la valorisation économique du houblon issu des parcelles engagées dans la transition agroécologique.

CONCLUSION

Le programme Agrohoublon a atteint ses objectifs de création d'une dynamique autour de la transition agroécologique pour la filière houblon alsacienne. Grâce à un groupe de travail composé de 7 houblonniers, les bases techniques d'un itinéraire technique agroécologique ont été posées. Après plusieurs sessions de formations accompagnées par des experts français et européens sur le sujet, les grandes thématiques de l'agroécologie, comme la protection des sols, l'augmentation de la biodiversité, le piégeage du carbone, ... ont été travaillées pour les appliquer à la production du houblon.

Les couverts végétaux mis en place en automne/hiver ont permis d'atteindre des objectifs de production de biomasse pour **nourrir le sol et le protéger**. Les couverts estivaux répondent aux enjeux d'améliorer la biodiversité dans un objectif de production. De plus, après deux années d'observation, **le non travail** du sol pose question pour le houblon puisque les objectifs de rendement des houblonniers ne sont pas atteints avec les pratiques mis en œuvre. Deux questions restent donc en suspens. **La technique mise en œuvre est-elle la bonne ?** En effet, le développement des couverts pour compenser le non travail du sol n'a pas été suffisant. Le sol n'a pas évolué favorablement dans les zones de non travail du sol. **Le houblon est-il suffisamment plastique pour s'adapter à ce changement de pratique ? et à quel pas de temps ?** Ainsi, la perte de vigueur observée sur les plants en non travail du sol pose question. Le buttage apporte de la vigueur au plant de houblon et augmente le rendement. La diminution de l'intensité du buttage peut être un levier pour minimiser l'impact sur le sol. Enfin, l'introduction du **mouton dans les houblonnières** a été concluant sur l'entrée gestion du houblon. Elle interroge davantage lorsqu'on suit la santé des animaux suite à l'exposition des animaux au cuivre utilisé comme fongicide dans le houblon. Des pistes de travail restent encore à explorer suite à ces interrogations.

Afin de permettre l'avancement de la structuration de la filière houblon agroécologique alsacienne, un indice de régénération a été développé par le programme Agrohoublon. Il permet d'accompagner les houblonniers dans une démarche de progrès lors de leur transition. Il permettra également à la filière de poser les principaux jalons afin de donner aux différents acteurs une définition commune d'un houblon agroécologique.

Le groupe de travail a intégré 3 nouveaux houblonniers en fin de programme, signe d'un intérêt pour l'agroécologie et pour ce lieu d'échanges qu'est devenu le groupe Agrohoublon. La filière alsacienne rencontre une difficulté par le manque de nouvelle installation. Les raisons sont complexes, mais le dynamisme autour de la transition agroécologique dans la filière pourrait attirer de nouveaux acteurs.