

Université Montesquieu Bordeaux IV
I.U.T. de Périgueux
Département Génie Biologique
Option Agronomie

**Expérimentations sur vignes, maraîchage et grandes cultures
dans une entreprise en Biodynamie :
Essais sur la prêle et les modes de dynamisation**



Leïla THOURET
Mémoire de stage de fin d'étude
Année 2014

Maître de stage : Pierre MASSON

ARP-BD & Biodynamie Services
Les Crêts
71250 CHÂTEAU

Enseignante tutrice : Céline GARRAUD

Remerciements

Je tiens à remercier Pierre Masson, mon maître de stage, qui a su me guider et me conseiller lors de l'expérimentation et de la rédaction de mon rapport, tout en me laissant autonome.

Je remercie également Florence M., pour son accueil, et Florence B., stagiaire, pour sa confiance et son soutien lorsque j'ai suivi l'expérimentation qu'elle avait mis en place.

Je remercie aussi les vignerons et les paysans avec lesquels nous avons travaillé, pour leur disponibilité et le temps qu'ils ont pris pour répondre à mes questions.

Enfin, je remercie Vincent, Adeline, Victoria, Natacha, Édith, Rémi, Jacob, Aurélia, Amandine, Alain... de Biodynamie Services, avec qui j'ai eu grand plaisir à travailler.

Table des matières

Liste des abréviations, des figures et des tableaux.....	
Glossaire.....	
Introduction.....	1
I. Une entreprise au service de la biodynamie.....	2
A. La S.A.R.L. Biodynamie Services.....	2
1. Présentation.....	2
2. Élaboration, vente et formations.....	2
B. L'association ARP-BD.....	3
1. Présentation.....	3
2. Recherches.....	3
C. Le contexte local.....	3
1. La situation géographique.....	3
2. L'agriculture en Bourgogne.....	3
a) Une région viticole.....	4
b) Des spécialisations territoriales.....	4
c) Des partenaires proches.....	4
3. Rôle social.....	5
D. Sa répercussion dans le monde de la biodynamie.....	5
II. La biodynamie, une science précise.....	6
A. Une discipline induite par R. Steiner.....	6
1. L'anthroposophie.....	6
2. La biodynamie.....	7
a) Présentation.....	7
b) La biodynamie en France.....	8
c) La biodynamie dans le monde.....	8
B. Le respect du vivant.....	8
1. Les cycles lunaires planétaires.....	8
2. Des pratiques respectueuses du bien-être animal.....	10
C. La biodynamie en pratique.....	10
1. Les méthodes agricoles.....	10
2. La certification.....	11
3. Les acteurs de la biodynamie.....	12
III. L'importance de la dynamisation en biodynamie.....	13
A. La dynamisation.....	13
B. Les différentes méthodes de dynamisation.....	13
C. L'objectif de la dynamisation.....	14
IV. La mise en place de l'expérimentation « recherche sur l'efficacité des différents modes de dynamisation ».....	14
A. L'objectif de l'expérience.....	14
B. Le protocole suivi.....	15
1. Les vignes.....	15
2. Les grandes cultures.....	16
3. Le maraîchage.....	16

V. Les moyens d'observation et les résultats.....	17
A. Moyens d'observation.....	17
1. Les plantes.....	17
2. Les profils de sol.....	18
3. La bioélectronique L-C Vincent.....	19
B. Résultats.....	20
1. Les vignes.....	20
a) Les plantes.....	21
b) Les profils de sol.....	21
c) La bioélectronique L-C Vincent.....	22
2. Les grandes cultures.....	22
a) Les plantes.....	22
b) Les profils de sol.....	23
c) La bioélectronique L-C Vincent.....	24
3. Le maraîchage.....	25
a) Les plantes.....	25
b) Les profils de sol.....	25
c) La bioélectronique L-C Vincent.....	25
VI. L'interprétation et l'analyse.....	26
A. Les vignes.....	26
B. Les grandes cultures.....	26
C. Le maraîchage.....	27
VII. Le mildiou.....	27
A. Cycle biologique.....	27
B. Champignons et plantes-hôtes.....	28
1. La vigne.....	28
a) Classification.....	28
b) Cycle biologique.....	28
2. Le mildiou de la vigne.....	29
a) Classification.....	29
b) Symptômes et dégâts.....	29
c) Moyens de lutte.....	29
3. Le blé tendre.....	30
a) Classification.....	30
b) Cycle biologique.....	30
4. Les cryptogames des céréales.....	30
a) Classification.....	30
b) Symptômes et dégâts.....	30
c) Moyens de lutte.....	31
5. Les pommes de terre.....	31
a) Classification.....	31
b) Cycle biologique.....	31
6. Le mildiou des pommes de terre.....	32
a) Classification.....	32
b) Symptômes et dégâts.....	32
c) Moyens de lutte.....	32

VIII. La prêle des champs, une plante aux propriétés anticryptogamiques reconnues.....	33
A. Les prêles.....	33
1. Généralités.....	33
2. <i>Equisetum arvense</i>	34
3. <i>Equisetum maximum</i>	34
B. Son usage.....	34
C. Son mode d'action.....	35
IX. La mise en place de l'expérimentation prêle.....	35
A. L'objectif de l'expérience.....	35
B. Les différentes préparations utilisées.....	36
C. Les spots : essai « laboratoire ».....	38
1. La méthode FREDON.....	38
2. La mise en place des spots.....	38
D. Les essais paysans.....	39
1. Les vignes.....	40
a) Parcelle de Clessé.....	40
b) Parcelle de Loché.....	40
2. Les céréales.....	41
3. Le maraîchage.....	41
X. Les moyens d'observation et les résultats.....	42
A. Les spots.....	42
1. Moyens d'observation.....	42
2. Résultats.....	42
B. Les essais paysans.....	44
1. Moyens d'observation.....	45
2. Résultats.....	46
a) Les vignes.....	46
b) Les céréales.....	46
c) Le maraîchage.....	47
XI. L'interprétation et l'analyse.....	48
A. Les spots.....	48
B. Les essais paysans.....	50
1. Les vignes.....	50
2. Les céréales.....	50
3. Le maraîchage.....	51
Conclusion.....	54
Bibliographie.....	
Table des annexes.....	
Annexes.....	

Listes des abréviations, des figures et des tableaux

Liste des abréviations

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

BPREA : Brevet Professionnel de Responsable d'Exploitation Agricole

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

SARL : Société À Responsabilité Limitée

SCEA : Société Civile d'Exploitation Agricole

Liste des figures

Figure 1 : Logo de l'entreprise Biodynamie Services

Figure 2 : Préparations 500 et 501 vendues par Biodynamie Services

Figure 3 : La région Bourgogne

Figure 4 : Le département de la Saône-et-Loire (71)

Figure 5 : Vache charolaise

Figure 6 : Carte des lieux d'expérimentation

Figure 7 : Le domaine St Laurent à Château

Figure 8 : Etiquette du domaine Céline et Laurent Tripoz

Figure 9 : Etiquette du domaine Guillemot – Michel

Figure 10 : Logo du domaine Cornin

Figure 11 : Rudolf Steiner

Figure 12 : La biodynamie en France et dans le monde

Figure 13 : Le rythme synodique

Figure 14 : Le rythme tropique

Figure 15 : Le rythme anomalistique

Figure 16 : Le rythme draconitique

Figure 17 : Le rythme sidéral

Figure 18 : Bouse de corne au déterrage

Figure 19 : Cornes remplies de silice avant enterrage

Figure 20 : Incorporation des préparations solides (502 à 506) et de la préparation valériane (507)

Figure 21 : Logo AB (en haut) et logo règlement européen (en bas)

Figure 22 : Logos de bio-cohérence, Nature & Progrès, Demeter et Biodyvin

Figure 23 : Ehrenfried Pfeiffer

Figure 24 : Eugen et Lily Kolisko

Figure 25 : Maria Thun

Figure 26 : Alex Podolinsky

Figure 27 : Vortex

Figure 28 : Chaos

Figure 29 : Dispositif de dynamisation manuelle avec pale

Figure 30 : Dynamiseur mécanique à membrane

Figure 31 : en haut, vasques vives (ou flowform). En bas, le trajet de l'eau

Figure 32 : Succussions

Figure 33 : Mortier et pilon pour trituration

Figure 34 : Pulvérisation à la bouille à dos

Figure 35 : Buse réglable serrée

Figure 36 : Buse réglable desserrée

Figure 37 : Parcelle de vignes de Chaintré

Figure 38 : Parcelle de céréales de Jalogny

Figure 39 : Parcelle de maraîchage de St Laurent

Figure 40 : Profil de sol du bas de la parcelle
 Figure 41 : Profil de sol du haut de la parcelle
 Figure 42 : Profil du sol des courges
 Figure 43 : Cycle du mildiou : exemple de *Plasmopara viticola*
 Figure 44 : Débourrement
 Figure 45 : Floraison
 Figure 46 : Tâche d'huile
 Figure 47 : Feutrage blanc
 Figure 48 : Cycle biologique du blé
 Figure 49 : Oïdium sur feuille de blé
 Figure 50 : Septoriose sur feuille de blé
 Figure 51 : Fusariose sur feuille de blé
 Figure 52 : Rouille sur feuille de blé
 Figure 53 : Dégâts de *Phytophthora infestans* sur feuilles de pommes de terre
 Figure 54 : Tiges de prêle nue (à gauche) et verticillée (à droite)
 Figure 55 : Prêles au port cylindrique
 Figure 56 : Prêles au port en fuseau
 Figure 57 : *Equisetum arvense*
 Figure 58 : *Equisetum arvense* fraîche
 Figure 59 : *Equisetum arvense* incinérée : il ne reste que le squelette de silice
 Figure 60 : Tige de *Equisetum arvense* observée à la loupe binoculaire
 Figure 61 : Fragments de feuilles de vignes contaminées dans la capsule
 Figure 62 : Spot à mildiou
 Figure 63 : Parcelle de vignes de Clessé
 Figure 64 : Parcelle de vignes de Loché
 Figure 65 : Parcelle de céréales de Jalogny
 Figure 66 : Parcelle de pommes de terre de St Laurent
 Figure 67 : Evolution des éclosions d'oospores lors du premier comptage
 Figure 68 : Evolution des éclosions d'oospores lors du deuxième comptage
 Figure 69 : Evolution des éclosions d'oospores lors du troisième comptage
 Figure 70 : Evolution des éclosions d'oospores lors du quatrième comptage
 Figure 71 : Evolution des éclosions d'oospores lors du cinquième comptage

Liste des tableaux

Tableau 1 : Dates des pulvérisations de 500P et 501
 Tableau 2 : Ecart minimal permettant de juger d'une différence significative
 Tableau 3 : Niveaux de conductivité d'une solution
 Tableau 4 : Tableau d'observation des vignes
 Tableau 5 : Observation des profils de sol effectués dans le bas de la parcelle
 Tableau 6 : Observation des profils de sol effectué dans le milieu de la parcelle
 Tableau 7 : Observation des profils de sol effectués dans le haut de la parcelle
 Tableau 8 : Valeurs de bioélectronique (terre des vignes)
 Tableau 9 : Valeurs de bioélectronique (terre des céréales)
 Tableau 10 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après agitation)
 Tableau 11 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après repos)
 Tableau 12 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après deuxième agitation)
 Tableau 13 : Valeurs de bioélectronique (terre des courges)
 Tableau 14 : Dates de pulvérisation des préparations de prêle sur les cultures
 Tableau 15 : Comparaison entre les différentes modalités de prêle sur pommes de terre
 Tableau 16 : Classement entre les différentes modalités de prêle sur pommes de terre

Introduction

Glossaire

Les mots définis sont suivis d'une * dans le texte

Anthroposophie : Philosophie qui considère que l'être humain est au centre des préoccupations, et qu'il doit acquérir sa liberté par un chemin spirituel personnel

Apoptose : Mort programmée des cellules. Chez les végétaux, l'apoptose a lieu en réaction à une infection.

Cadence : Répétition de sons, de mouvements, d'actions qui se succèdent d'une façon régulière ou mesurée

Colloïdal : Substance formée de fines particules

Cristallisation sensible et morphochromatographie: Procédés de caractérisation d'une substance organique (terre, nourriture, sang, vin...) basés sur l'analyse de la forme macroscopique des cristaux obtenus par cristallisation dans une enceinte dont les conditions sont standardisées

Cultivar : Variété cultivée

Décoction : Opération qui consiste à extraire les principes actifs d'une substance par action d'un liquide porté à ébullition.

École Waldorf-Steiner : Établissements où est appliquée la pédagogie Steiner, qui articule enseignements intellectuels et activités artistiques et manuelles

Efflorescence : Poussière ayant l'aspect de la résine ou de la cire

Équateur céleste : Projection de l'équateur terrestre sur une sphère céleste dont la Terre serait le centre

Fermentation : Transformation que subissent certaines matières organiques sous l'action d'enzymes sécrétées par des micro-organismes.

Goethe (1749 - 1832): romancier, dramaturge, poète, théoricien de l'art et homme d'État allemand passionné par les sciences

La Nef : Coopérative de finances solidaires française

Label : Marque spéciale introduite par une organisation professionnelle afin de garantir l'origine d'un produit

Macération : Opération qui consiste à laisser un corps dans un liquide, dans une cuve ouverte, pour en extraire les parties solubles.

Marque : Signe permettant de distinguer un produit

morphochromatographie

Organisme certificateur : Organisme déclaré compétent, indépendant et impartial apte à certifier un produit, un service, une entreprise ou des personnes

Purin : Produit liquide issu de la fermentation de végétaux dans de l'eau

Rythme : Variation périodique liée au mouvement, et donc capable d'adaptation

Théosophie : Doctrine fondée sur la théorie de la sagesse divine omniprésente dans le monde et notamment dans l'Homme

Tisane (ou infusion) : Préparation liquide buvable, obtenue par l'action de l'eau bouillante sur une substance (souvent une plante) dont les principes solubles actifs se diffusent dans l'eau par macération.

Wala et Weleda : Laboratoires anthroposophiques qui élaborent des produits pharmaceutiques, diététiques et cosmétiques à base de produits issus de l'agriculture biologique et bio-dynamique

Introduction

L'agriculture biodynamique est biologique. Elle a pour vocation d'améliorer la fertilité des sols et de produire des aliments sains. Dans ce but, un paysan en biodynamie va conduire sa ferme en agriculture biologique, et y appliquer des préparations biodynamiques visant à structurer les plantes et le sol, et ainsi laisser s'exprimer tout leur potentiel. Il existe des structures qui contribuent à l'application de la biodynamie, comme Biodynamie Services.

Biodynamie Services est une entreprise qui élabore des préparations biodynamiques en Bourgogne. Elle réalise donc bouses de cornes (préparation 500 et 500P), silice de corne (501), compost de bouse selon Maria Thun (CBMT) et préparations pour le compost (502 à 508), et vend aussi plantes sèches et matériel permettant de pratiquer la biodynamie. Elle réalise également des formations à destination des paysans, vigneron et jardiniers, et propose des visites de conseil. Cela a pour but de rendre les fermes autonomes, tant dans leurs pratiques que dans la réalisation de leurs propres préparations.

J'ai choisi de réaliser mon stage de fin d'études à Biodynamie Services car il s'agissait d'une autre approche de la biodynamie que celle que j'avais déjà eu. Je suis en effet partie en stage de première année dans une ferme en biodynamie, en Dordogne. J'ai pu observer les effets de la biodynamie sur les cultures, les prairies et le compost, et je souhaitais enrichir mes connaissances dans ce domaine en participant à l'élaboration des préparations et en travaillant sur une expérimentation. J'ai donc pu faire mon stage dans l'association ARP-BD, qui est en lien avec Biodynamie Services.

ARP-BD fait des expérimentations afin de répondre à des questions spécifiques posées par les paysans et les vigneron.

J'ai suivi deux expérimentations. La première était une recherche sur l'efficacité des différents modes de dynamisation. La dynamisation est un procédé qui vise à améliorer la qualité de l'eau, et ainsi des préparations qui seront pulvérisées. Il en existe plusieurs, que nous avons cherché à discriminer. Cette expérimentation est suivie par ARP-BD depuis trois ans.

La seconde a été mise en place cet automne par mon maître de stage, Pierre Masson, et une autre stagiaire. Il s'agissait de qualifier l'efficacité de différentes préparations de prêle sur le mildiou de plusieurs cultures (vignes, céréales et pommes de terre). J'ai participé à l'observation de ces cultures.

Le mémoire qui suit est conséquent pour deux raisons : tout d'abord, il a été réalisé dans un domaine méconnu, qui doit être expliqué. De plus, il présente deux expérimentations. La première partie portera sur Biodynamie Services et ARP-BD, qui seront re-situées dans leur contexte. Ensuite, il me paraissait important de présenter la biodynamie de manière assez précise, ainsi que le principe de la dynamisation, qui fera l'objet d'une troisième partie. J'exposerai alors l'essai portant sur la dynamisation, en détaillant sa mise en place, les résultats que nous avons recueilli et les analyses qui en ont découlé. Afin d'aborder l'essai sur la prêle, je parlerai du mildiou, de la prêle, et de l'effet de celle-ci sur le pathogène. Je développerai par la suite l'expérimentation (mise en place, résultats et analyse), avant de conclure mon mémoire.



Figure 1 : Logo de l'entreprise Biodynamie Services (source : biodynamie-services.fr)



Figure 2 : Préparations 500 à gauche et 501 à droite
(source : G. Bodin) (source : L. Thouret)

I. Une entreprise au service de la biodynamie

La pratique de la biodynamie nécessite, d'une part, des compétences et des connaissances, et d'autre part, du matériel agricole adapté et fonctionnel, ainsi que des préparations biodynamiques de qualité. L'autonomie est recherchée dans la pratique de la biodynamie, et chaque paysan va adapter ses pratiques à ses terres. Pour cela, il est intéressant de s'appuyer sur des structures compétentes, qui peuvent dispenser conseils et formations pour débiter la biodynamie ou pour faire face à des problèmes spécifiques.

A. La S.A.R.L. Biodynamie Services

Biodynamie Services (fig 1) est une S.A.R.L.* (Société À Responsabilité Limitée) créée en 2005 par Vincent et Pierre Masson. Elle est située en Bourgogne.

1. Présentation

Pierre Masson est le gérant de Biodynamie Service, et il mène par ailleurs une activité libérale de formation et de conseil en biodynamie. Vincent Masson en est le directeur. L'entreprise emploie actuellement cinq personnes, réparties en quatre ETP (Equivalent Temps Plein) annualisés permanents, et deux ETP (deux personnes) de fin mars à fin juillet, et au mois d'octobre, pour compléter l'équipe lors des deux chantiers annuels et des cueillettes estivales. D'autres saisonniers peuvent également être embauchés durant ces périodes, de façon assez aléatoire.

2. Élaboration, vente et formations

Biodynamie Services élabore des préparations biodynamiques (fig 2) :

- 500 (bouse de corne), 500P (500 préparée) et 501 (silice de corne)
- 502 à 507 (préparations du compost)
- Compost de Bouse selon Maria Thun (CBMT)

L'entreprise vend également :

- des plantes sèches pour tisanes (sur cultures) : osier, prêle, consoude, ortie, achillée, pissenlit, écorce de chêne et camomille
- des semences d'engrais verts
- du matériel de dynamisation manuelle (pots en grès et cuve en cuivre) et de pulvérisation (pulvérisateur à dos et pièces)
- des livres pour la pratique de la biodynamie (Guide pratique, agenda lunaire et planétaire...) édités par Biodynamie Services éditions ainsi que d'autres ouvrages

Outre la vente des précédents produits, Biodynamie Services propose des formations en agriculture biodynamique, générales ou plus spécifiques (arboriculture, viticulture, maraîchage, jardinage...). Vincent et Pierre assurent également des visites de conseil chez les paysans et vignerons en biodynamie qui souhaitent avoir leur avis sur les problèmes qu'ils rencontrent, ou dans des fermes ou domaines en conversion qui ont besoin de bases pour commencer la biodynamie.

L'entreprise est contrôlée par Demeter, une marque privée qui garantit une agriculture biodynamique dans les fermes certifiées. Dans le cas de Biodynamie Services, Demeter s'assure de l'origine biodynamique et le mode de production des substances employées.

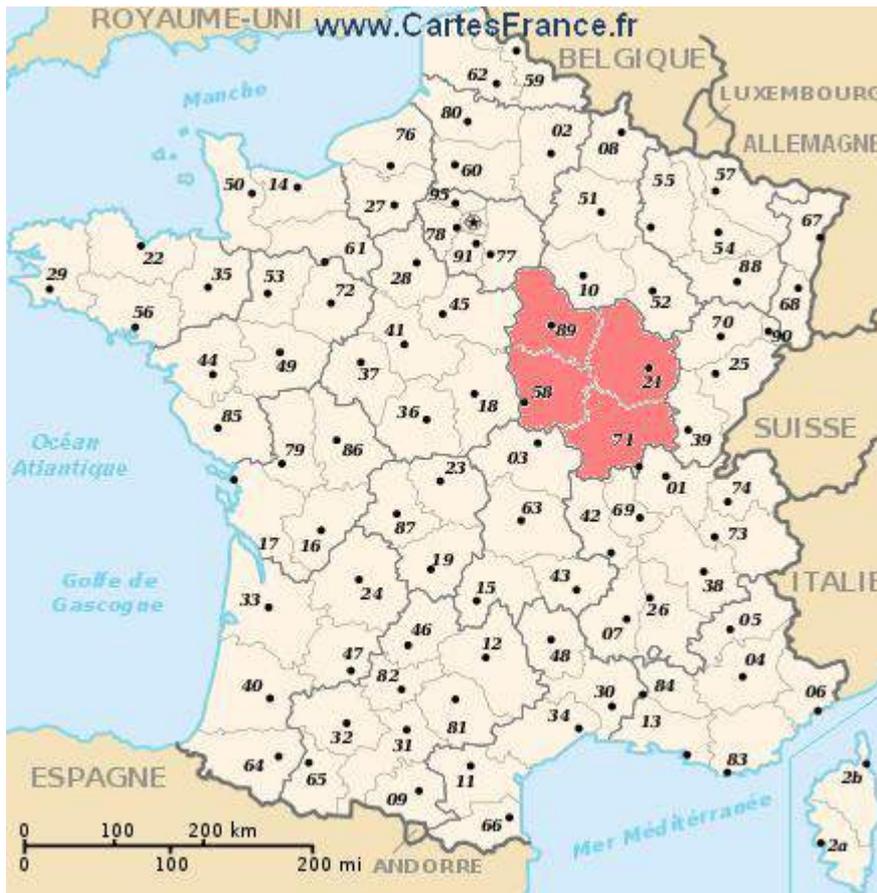


Figure 3 : La région Bourgogne (source : cartesfrance.fr)



Figure 4 : Le département de la Saône-et-Loire (71) (source : google.fr)

B. L'association ARP-BD

La biodynamie, bien que résultant d'une réflexion scientifique, comme nous le verrons dans la partie II., s'appuie essentiellement sur des observations et une démarche empirique, c'est-à-dire fondée sur l'expérimentation. De nombreuses personnes ont contribué à faire avancer les connaissances dans ce domaine, comme Ehrenfried Pfeiffer, Eugen et Lily Kolisko, Maria Thun ou encore Alex Podolinsky. Il reste toutefois bon nombre d'expériences à mener, dans tous les domaines agricoles. C'est ce à quoi travaille ARP-BD.

1. Présentation

L'Association pour la Recherche des Préparations biodynamiques a été créée en 2010. Cette association loi 1901 a pour but, comme son nom l'indique, de faire de la recherche sur l'élaboration des préparations biodynamiques et leur emploi sur le terrain. Celles-ci sont des recherches « in farm », soit des recherches participatives avec des paysans et des vignerons, dans leur terroir et sur les problèmes qui les concernent immédiatement.

ARP-BD compte une cinquantaine d'adhérents participants, qui prennent part aux journées d'élaboration des préparations, à la recherche de cristaux de quartz (qui seront réduits en poudre pour élaborer la préparation à base de silice), ainsi qu'aux formations sur le jardinage et l'arboriculture biodynamiques et aux voyages d'études organisés par l'association.

2. Recherches

Créée afin de mener des recherches et expérimentations pour faire avancer la biodynamie, l'association a déjà travaillé sur les effets de la silice de corne (501), de la préparation valériane (507) après la grêle, de la prêle (508), ainsi que des comparaisons entre bouse de cornes préparée (500P) et Compost de Bouse selon Maria Thun (CBMT). Elle compare aussi les effets des pratiques biodynamiques sur le sol et sur les plantes dans le contexte biologique ou conventionnel.

Actuellement, des essais sur les modes de dynamisation, les incinérations de végétaux et l'action de la prêle contre le mildiou dans différentes cultures sont menés.

D'autres projets sont envisagés, comme une étude sur les possibilités de régénération de la vigne.

C. Le contexte local

Biodynamie Services peut être qualifiée d'entreprise atypique. Pourtant, son existence et sa localisation sont en cohérence avec les besoins et attentes actuels, tant du monde de la biodynamie que du territoire bourguignon. Ce constat s'applique également à ARP-BD.

1. La situation géographique

Biodynamie Services et ARP-BD sont situées en Saône-et-Loire (71), dans la région Bourgogne, dans l'Est de la France, à Château (fig 3 et 4). À six kilomètres à l'Ouest de Cluny, cette petite commune rurale de 13,63 km² compte 273 habitants. Elle appartient à la communauté de commune du Clunisois, et est limitrophe de nombreuses communes, dont Donzy le National, Bergesserin et Cluny.

La Bourgogne est une région rurale. L'agriculture représente une part importante de la surface du territoire (60%), et emploie 5 % de la population active.

2. L'agriculture en Bourgogne

La SAU (Surface Agricole Utile) représente 55 % du territoire bourguignon, soit légèrement plus que la France (54%). Célèbre pour ses vins, la région a néanmoins d'autres secteurs agricoles développés.



Figure 5 : Vache charolaise
(source : agri-hajri.com)

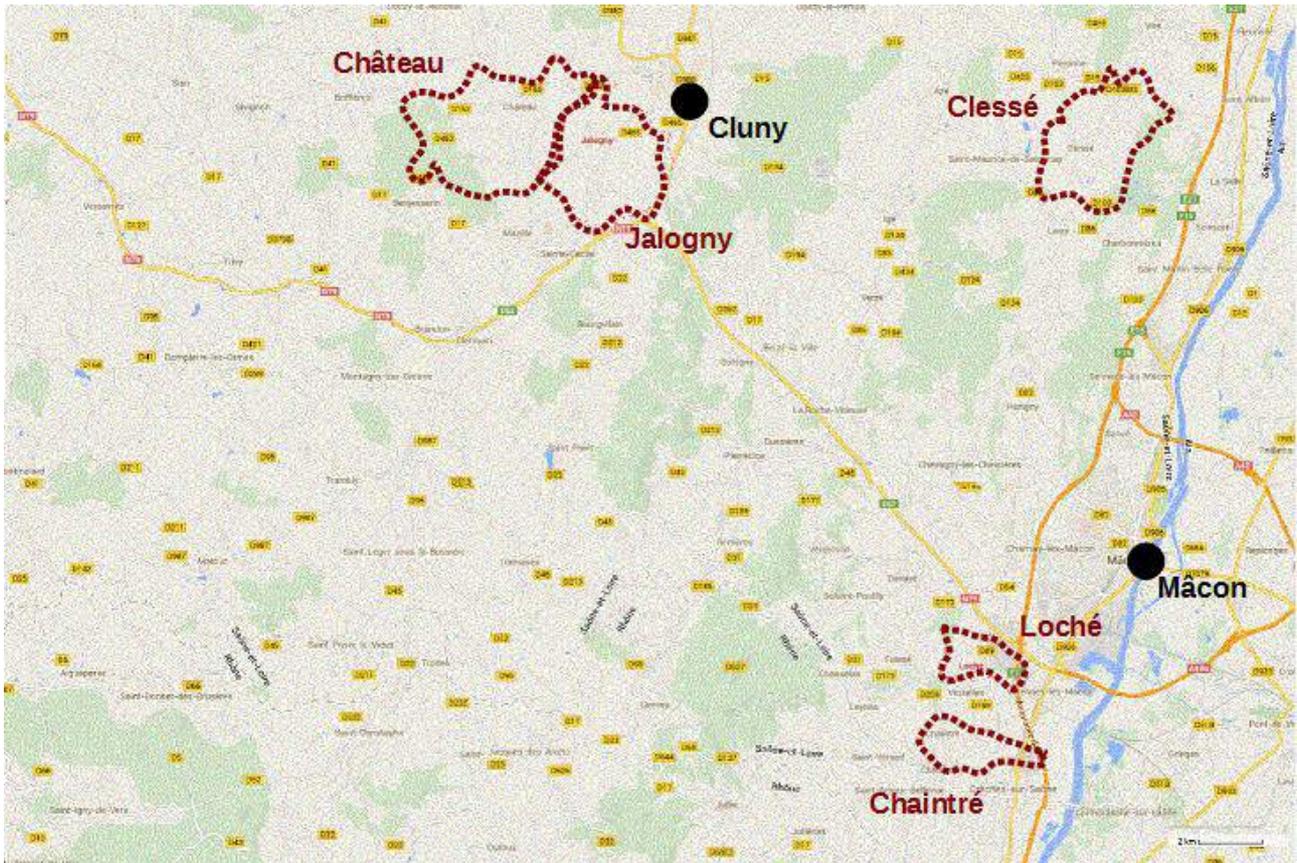


Figure 6 : Carte des lieux d'expérimentation (source : google.fr)



Figure 7 : Le domaine St Laurent à Château (source : domaine-saint-laurent.fr)

a) Une région viticole

En Bourgogne, la vigne représente 2 % de la SAU, soit 32 000 ha.

Les vins de Bourgogne sont mondialement connus, et très reconnaissables, tout en étant divers. Les vins blancs sont issus des cépages de Chardonnay (48 % des surfaces viticoles) et d'Aligoté (6%). Les vins rouges proviennent des cépages Pinot Noir (34 %) et Gamay (10%). D'autres cépages sont également présents (2 % du vignoble).

On retrouve le Pinot Noir sur des sols argilo-calcaires et bien exposés. Ce cépage est à l'origine de grands vins, et est présent sur les vignobles de Côte de Nuits, Côte de Beaune et Côte Chalonnaise.

Le Chardonnay, lui, se plaît sur tous types de sol. Il en retranscrit d'ailleurs très finement les caractéristiques, et les arômes du vin sont très variés selon le sol du vignoble.

Il existe quatre classifications (par ordre décroissant) :

- *Grand cru* : vins appartenant aux 34 AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) particulièrement prestigieux, produits sur la Côte de Nuits, la Côte de Beaune ou la Côte Chalonnaise, et représentant 1,5 % du vignoble bourguignon
- *Premier Cru* : vins AOC Chablisien, de la côte de Nuits, de la côte de Beaune et de la côte chalonnaise. Il en existe 562, et cela représente 10 % de la production de Bourgogne.
- *Village* : vins AOC issus de certaines communes favorables à une production de qualité. On retrouve 41 appellations villages, soit 34 % du vignoble.
- *Bourgogne* : vins produits en Bourgogne (il existe six AOC régionales, trois AOC sous-régionales, et quatorze dénominations géographiques), soit 50 % de la production

La viticulture occupe donc une place importante dans l'agriculture bourguignonne, mais le territoire en présente également d'autres aspects.

b) Des spécialisations territoriales

L'agriculture bourguignonne est très spécialisée, et on retrouve de grands bassins de productions. Les départements de l'Yonne et de la Côte d'Or sont céréaliers (blé et orge). L'élevage bovin se situe dans le Charolais, le Morvan et le Nivernais, avec la célèbre race Charolaise (fig 5). Il y a également une forte production d'oléagineux.

On retrouve toutefois des fermes en polyculture élevage, et l'on peut citer la race ovine locale : la brebis charollaise (du village de Charolles).

c) Des partenaires proches

Biodynamie Services et ARP-BD sont situées dans une zone agricole active et diversifiée. Ainsi, la coopération avec les paysans locaux est relativement aisée (fig 6).

À 3,4 km au Nord-Est des Crêts se situe le GAEC* du domaine St Laurent (fig 7), sur la commune de Château. Cette ferme, cultivée en biodynamie depuis 1992, est très diversifiée. Support pédagogique pour la formation BPREA* (Brevet Professionnel de Responsable d'Exploitation Agricole) polyculture – élevage en biodynamie d'Obernai (Alsace), elle propose également un gîte pour des groupes.



Figure 8 : Etiquette du domaine Céline et Laurent Tripoz
(source : celine-et-laurent-tripoz.fr)



Figure 9 : Etiquette du domaine Guillemot – Michel
(source : chai-vous.fr)



Figure 10 : Logo du domaine Cornin
(source : cornin.net)

On y trouve sept pôles agricoles principaux :

- Élevage bovin laitier, avec un troupeau d'Abondances
- Élevage bovin allaitant, avec un troupeau de Salers
- Élevage caprin laitier, avec un troupeau de Poitevins
- Élevage ovin viande, avec un troupeau de Charollaises
- Élevage porcin
- Maraîchage en pleine air et sous serre, sur 2 ha
- Grandes cultures

Ceux-ci sont gérés par quatre associés et trois salariés, avec la vente, la boulangerie et la fromagerie

Le domaine St Laurent, de par sa proximité géographique et l'agriculture qui y est pratiquée, constitue un excellent support pour les expérimentations que peut mener ARP-BD. Nous allons donc travailler en grande partie avec eux.

La proximité de vigneronniers en biodynamie est également un atout pour l'association, car elle peut ainsi expérimenter des pratiques et des préparations. Nous avons ainsi réalisé des essais dans des parcelles de trois domaines viticoles.

Nous avons donc travaillé sur des vignes du domaine Tripoz (fig 8), de la commune de Loché, à 30 km au Sud-Est de Château. Ce domaine en biodynamie depuis 2002 est entièrement planté de Pinot.

Nous avons également bénéficié d'une parcelle appartenant à la S.C.E.A.* Guillemot – Michel (fig 9), située sur la commune de Clessé, dans le vignoble Mâconnais, à 26 km à l'Est de Château. Le domaine est en biodynamie depuis 1991, et est sur un terroir Chardonnay.

Enfin, nous avons réalisé des essais sur le domaine Cornin (fig 10), commune de Chaintré, à 33 km au Sud-Est de Château, en limite du Beaujolais, en biodynamie depuis sept ans.

3. Rôle social

Biodynamie Services contribue à mettre en lien les différents acteurs de la biodynamie, qu'ils soient du territoire ou extérieurs, ainsi qu'entre biodynamistes, agriculteurs biologiques, conventionnels et citoyens, par les formations ouvertes qu'ils proposent.

ARP-BD y participe également, notamment en divulguant les résultats et observations issus des essais menés.

D. Sa répercussion dans le monde de la biodynamie

Biodynamie Services n'est pas une grande entreprise. Pourtant, sa renommée est importante. Elle élabore en effet des préparations de grande qualité, et ce en quantité suffisamment conséquente pour être visible au niveau mondial. Les formations assurées par Vincent et Pierre Masson ont lieu partout dans le monde (Europe, Etats-Unis, Afrique du Sud), et leurs connaissances, reconnues, contribuent à la renommée de l'entreprise.

Leur conception de la biodynamie est relativement moderne, et ils travaillent beaucoup avec les pratiques australiennes (500P notamment).



Figure 11 : Rudolf Steiner (source : institute4learning.com)

II. La biodynamie, une science précise

La biodynamie est la première en date des méthodes dites biologiques. Antérieurement, il existait des agricultures naturelles. L'agriculture biodynamique naquit en réaction à l'industrialisation de l'agriculture (mécanisation, emploi d'engrais et de pesticides de synthèse).

C'est une conception de l'agriculture qui met en évidence le lien indispensable entre l'humain, la terre, les animaux et les végétaux. Développée à la suite des enseignements de Rudolf Steiner (fig 11), elle est basée sur une philosophie et une réflexion globale, qui mettent l'humain au centre. Il est donc intéressant de comprendre le contexte de sa création et de son développement, en nous penchant sur l'anthroposophie, afin d'aborder les aspects agricoles dans la même logique.

A. Une discipline induite par R. Steiner

Rudolf Steiner (1861 – 1925) était un penseur spiritualiste autrichien. Il se passionna très rapidement pour la philosophie et devint à 21 ans l'éditeur des œuvres scientifiques de Goethe*. Il fut actif pendant dix ans au sein de la Société théosophique*, qui revendique le fait que chaque religion et chaque philosophie détient une part d'une vérité plus universelle. Il écrivit en 1894 *La philosophie de la liberté*, considéré comme son ouvrage fondamental. Il fonda en 1912 la Société anthroposophique, et donna de multiples conférences sur un grand nombre de sujets : la médecine, l'architecture, l'éducation, la musique, etc, et rédigea de nombreuses œuvres. Les enseignements qu'il apporta furent, et sont encore sources de nombreuses réalisations, telles que les écoles Steiner-Waldorf*, la pédagogie pour les enfants handicapés, les banques coopératives (La Nef*), les produits pharmaceutiques et cosmétiques Weleda et Wala*, l'agriculture biodynamique, et bien d'autres.

1. L'anthroposophie

« L'anthroposophie — que l'on peut traduire par « conscience de sa propre humanité » — peut permettre à l'homme de donner une orientation autonome à sa spiritualité. Elle apporte aussi des impulsions dans tous les domaines de la culture. Ainsi, nombre de personnalités ont puisé en elle de nouvelles perspectives, tant pour leurs idées que pour leurs activités culturelles. Les réalisations, issues de l'anthroposophie, en pédagogie, médecine, agriculture et architecture ont été remarquées partout dans le monde (...). »

Extrait de *L'anthroposophie et le Goetheanum*, Ed Goetheanum

L'anthroposophie a été initiée par Steiner en 1912. Comme on peut le voir dans la définition ci-dessus, il s'agit d'une philosophie qui prend en compte la dimension spirituelle de l'être humain. Ce caractère spirituel en fait un être à part, et l'anthroposophie évoque un monde divisé en quatre règnes.

Le monde minéral est soumis à l'action chimique, et dépend des lois physiques. Les minéraux ne sont pas vivants mais disposent d'un *corps physique*.

Les végétaux sont fixés sur le sol et meurent si leur environnement ne leur est pas favorable, faute de mobilité. Ils détiennent aussi un *corps de vie*, ou *corps éthérique* qui se définit par sept gestes fondamentaux : la nutrition, la respiration, la croissance, la reproduction, la circulation des substances, la conservation des substances et l'excrétion. Il s'agit du « minimum vital », les bases de la vie, ce qui fait que quelque chose est vivant.

Les animaux, eux, sont mobiles. Ils disposent d'une sensibilité, d'un psychisme (animal vient d'ailleurs du latin *anima*, âme). Ils ont un ressenti et obéissent à leurs pulsions, leurs instincts. Les anthroposophes dénomment ce corps *corps astral*.

Enfin, l'être humain présente trois particularités par rapport aux animaux. Tout d'abord, la station droite qui a engendré une disposition du larynx apte à produire des sons articulés. L'humain dispose donc du langage. Enfin, il est pourvu de la faculté de penser de manière responsable. Ces trois différenciations : verticalisation, parole et pensée, caractérisent la faculté du « je ». L'être humain a une conscience de soi, la faculté d'agir de manière consciente par rapport à son environnement, et peut ainsi acquérir la liberté.

Les animaux et les humains sont liés aux processus de l'azote, les végétaux à ceux du carbone, et les minéraux sont en relation avec le calcaire et la silice. Certains éléments se distinguent de ces règnes. Les virus ont un statut différent, entre les minéraux et les végétaux. Les légumineuses ont des caractéristiques animales, car elles sont très riches en protéines, ont des feuilles très mobiles et ont un rapport particulier à l'azote.

L'idée de Steiner est que l'humain doit acquérir sa liberté, et que cela doit se faire de façon interne, par un cheminement personnel spirituel. La biodynamie entre donc dans cette conception. En effet, elle a pour but de produire une alimentation saine, et l'humain qui se nourrit de produits sains est en mesure d'accomplir plus facilement ce cheminement spirituel.

2. La biodynamie

« L'agriculture biodynamique est une agriculture assurant la santé du sol et des plantes pour procurer une alimentation saine aux animaux et aux Hommes. Elle se base sur une profonde compréhension des lois du « vivant » acquise par une vision qualitative/globale de la nature. Elle considère que la nature est actuellement tellement dégradée qu'elle n'est plus capable de se guérir elle-même et qu'il est nécessaire de redonner au sol sa vitalité féconde indispensable à la santé des plantes, des animaux et des Hommes grâce à des procédés thérapeutiques ».

Jean-Michel Florin, coordinateur du Mouvement de l'Agriculture biodynamique (MABD)

a) Présentation

Rudolf Steiner avait une idée précise de ce qu'il souhaitait pour l'agriculture, et considérait qu'elle devait coopérer avec la nature tout en conservant son but économique, mais également social. En 1924, il donna à Koberwitz (actuelle Pologne) huit conférences à des agriculteurs en quête de réponses sur la dégénération des semences, l'appauvrissement des sols et l'usage abusif des intrants chimiques. Celles-ci furent retranscrites et rassemblées dans un livre, *Le Cours aux Agriculteurs*. Le concept de biodynamie est donc né en Pologne, mais s'est particulièrement développé en Allemagne et en Suisse, Steiner y ayant vécu à partir de 1913, puis dans le reste du monde.

L'agriculture biodynamique a plusieurs objectifs :

- soigner la terre et améliorer la fertilité des sols
- régénérer, façonner et entretenir les paysages
- fournir aux être humains une nourriture de qualité
- créer du lien entre les citoyens (entre-eux) et la terre
- comprendre le rôle du paysan envers la nature, les végétaux et les animaux en développant l'approche du vivant

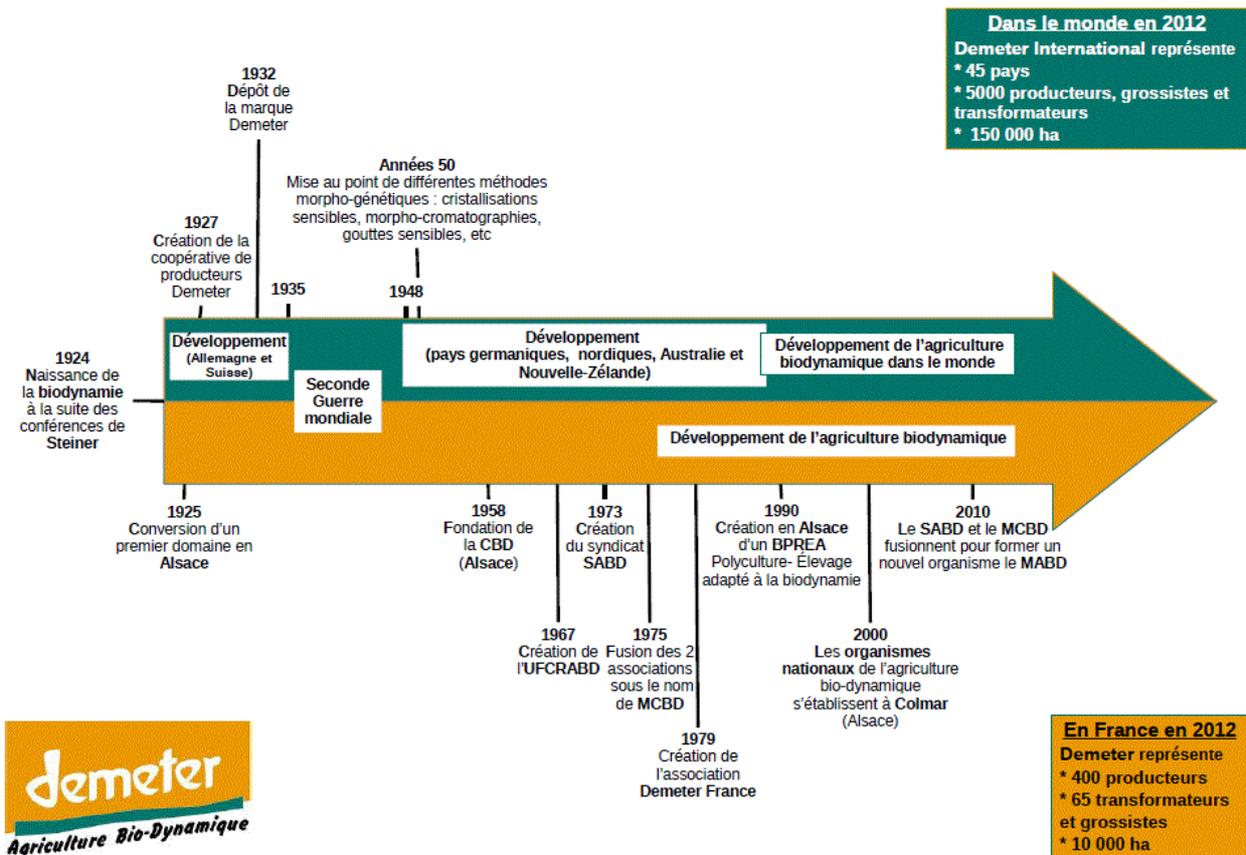


Figure 12 : La biodynamie en France et dans le monde (source : L. Thouret)

Dans ce but, un agriculteur biodynamique va :

- conduire sa ferme en agriculture biologique, c'est-à-dire sans produits de synthèse, et en respectant le bien-être animal
- appliquer des pratiques agronomiques respectueuses des sols
- fabriquer (quand il le peut), utiliser et dynamiser les préparations biodynamiques
- prendre en compte l'influence du cosmos (rythmes lunaires, solaires et planétaires)

La ferme sera considérée comme un organisme agricole présentant une faune et une flore diversifiée, et dont tous les pôles seront en interaction.

b) La biodynamie en France (fig 12)

L'Alsace, de par sa proximité avec l'Allemagne, constitue le berceau de la biodynamie en France. C'est en effet dans cette région que fut convertie la première ferme en biodynamie, en 1925, rapidement suivie par d'autres, et que de nombreuses associations ou initiatives biodynamiques y virent le jour.

En 1958, l'association de Culture biodynamique (CBD) est créée, ainsi que l'Union Française des Cercles Régionaux d'Agriculture biodynamique (UFCRABD) en 1967, et le syndicat regroupant les agriculteurs (SABD) en 1973. En 1975, les deux associations biodynamiques fusionnent en une seule, le Mouvement de Culture biodynamique (MCBD).

L'association Demeter naît en 1975, et un BPREA polyculture-élevage en biodynamie est mis en place à Obernai (Alsace).

La fusion du SABD et du MCBD en 2010 aboutit à la création du Mouvement de l'Agriculture biodynamique (MABD).

En 2012, la marque Demeter certifie 400 producteurs et 65 transformateurs et grossistes, ce qui représente une surface de 10 000 ha soit 0,03 % de la SAU française. Au vu des quantités de préparations élaborées en France, on peut estimer à plus de 50 000 ha les surfaces agricoles recevant des préparations biodynamiques.

c) La biodynamie dans le monde (fig 12)

La biodynamie est née en Europe, mais elle est actuellement présente sur tous les continents, et dans quarante-cinq pays. Son expansion est due, en général, à la migration des agriculteurs et chercheurs biodynamistes. Ainsi, le développement de la biodynamie aux Etats-Unis doit beaucoup à Ehrenfried Pfeiffer qui y a émigré dans les années 50. L'Australie, qui cultive actuellement plus d'un million d'hectares en biodynamie, soit 0,2 % de ses surfaces agricoles, a énormément évolué grâce à l'arrivée de Alex Podolinsky en 1947, qui y expérimenta de nouvelles méthodes extrêmement performantes, notamment en concevant la 500P et des outils agricoles spécifiques.

Aujourd'hui, la biodynamie certifiée représente 150 000 ha sur la planète, soit 0,005 % des surfaces agricoles mondiales.

B. Le respect du vivant

En agriculture biologique comme biodynamique, on va respecter les cycles naturels des animaux et leur bien-être. En biodynamie, on va également tenir compte des cycles lunaires et planétaires, qui influent considérablement sur les corps, notamment par les fluides contenus par les êtres vivants.

1. Les cycles lunaires planétaires

Les astres, ou corps célestes, obéissent à des cycles, notamment par leur révolution. Il existe cinq grands rythmes principaux pour la Lune.



Figure 13 : Le rythme synodique
(source : eglantine-bio.com)

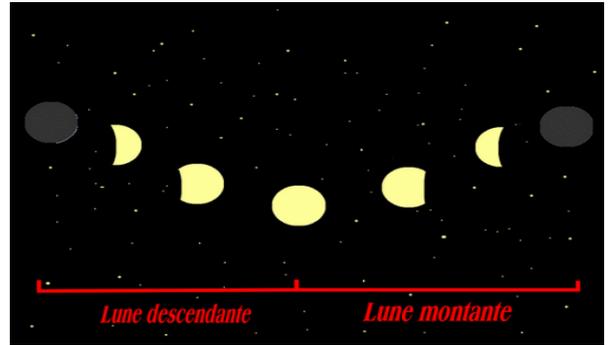


Figure 14 : Le rythme tropique
(source : mutien.com)

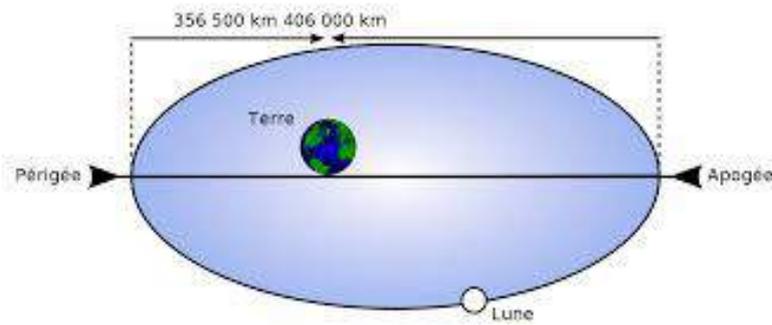


Figure 15 : Le rythme anomalistique (source : fr.wikipedia.org)

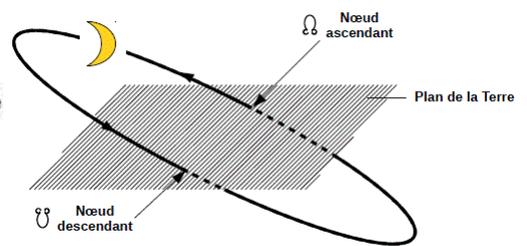


Figure 16 : Le rythme draconitique
(source : L. Thouret)

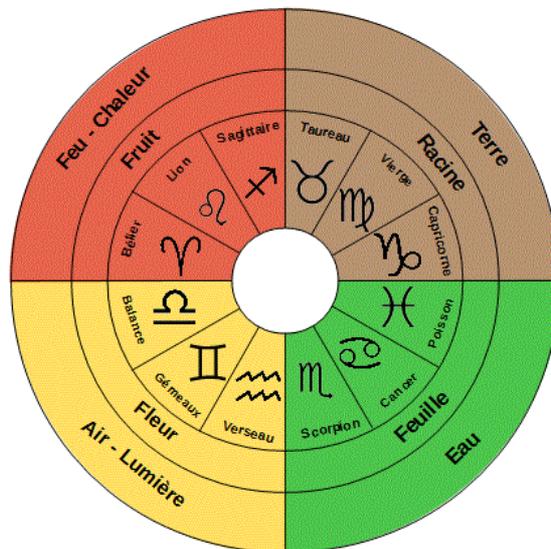


Figure 17 : Le rythme sidéral (source : L. Thouret)

Le premier rythme, très connu, est celui de la lune croissante et décroissante. Appelé *rythme synodique* (fig 13), c'est un rythme luni-solaire qui dure 29,53 jours, et qui débute à la nouvelle Lune. Ce rythme est très influent sur la croissance et le développement cellulaire. Les semis se feront plutôt en lune croissante (nouvelle Lune → premier quartier → pleine Lune). Les jours qui précèdent la pleine Lune sont considérés comme très favorables.

Le *rythme tropique* (fig 14) lui, caractérise la position de la Lune par rapport à l'équateur céleste*. Visuellement, en période ascendante la Lune est plus haute dans le ciel chaque soir. En période descendante, elle est chaque soir plus basse. Le rythme tropique lunaire dure 27,3 jours. On peut noter que le Soleil suit également la même dynamique, mais d'un solstice à un autre (ascendant du solstice d'hiver au solstice d'été, descendant du solstice d'été au solstice d'hiver), et cela régit les saisons. Le rythme tropique lunaire a également des périodes favorables pour les semis (Lune ascendante), et pour les plantations et repiquages (Lune descendante). Quand on peut cumuler une synergie des deux cycles tropiques et synodiques croissant et ascendant, c'est une période idéale pour des semis surtout à l'automne.

Le troisième cycle est le *rythme anomalistique* (fig 15). On y trouve l'apogée et le périgée, soit les moments où la Lune est la plus proche de la Terre (périgée), ou la plus éloignée (apogée) lors de son cycle. Les grandes marées sont liées à ce cycle, et en agriculture le jour de l'apogée nécessite des précautions, car il intensifie les forces solaires et donc la caractère séchant et lumineux. Le périgée est considéré par certains comme un jour défavorable, car caractérisant les maladies cryptogamiques, et favorables par d'autres car facteur de croissance et de rendement.

Les astres suivent une trajectoire contenue dans un plan. Ces plans ont des points d'intersection. Lorsque la Lune traverse le plan de révolution de la Terre autour du Soleil, on appelle cela un nœud lunaire. Il s'agit du *rythme draconitique* (fig 16). Les autres planètes entre aussi en position de nœud en franchissant le plan de l'écliptique. Des expérimentations ont démontré que les périodes de nœuds ne sont pas propices au travail du sol, et au monde vivant en général, et sont même néfastes.

Enfin, le dernier rythme lie la Lune aux constellations du zodiaque. Ces constellations sont liées aux quatre éléments (fig 17) :

- Terre : Taureau, Vierge et Capricorne
- Eau : Poisson, Cancer et Scorpion
- Air – Lumière : Verseau, Gémeaux, Balance
- Feu – Chaleur : Bélier, Lion, Sagittaire

Les organes des plantes ont des affinités avec ces éléments :

- Racines : Terre
- Feuilles : Eau
- Fleurs : Air – Lumière
- Fruits : Feu – Chaleur

Ainsi, Maria Thun a expérimenté que selon les plantes et le travail effectué, il convenait de privilégier certaines périodes de ce *rythme sidéral*, qui dure 27,3 jours.

Ces cycles existent tous, mais certains sont plus influents que d'autres. En effet, certains jours apparaissent clairement défavorables (jours de nœuds, par exemple). Il est donc préférable de les éviter. Si on en a la possibilité, on peut en plus de cela, choisir des jours particulièrement favorables à certains travaux. Cela étant, l'aspect agronomique reste principal, et les conditions météorologiques et de maturité priment sur les cycles cosmiques.



Figure 18 : Bouse de corne au déterrage

(source : 500_arbdyn.ch)



Figure 19 : Cornes remplies de silice avant enterrage (source : L. Thouret)

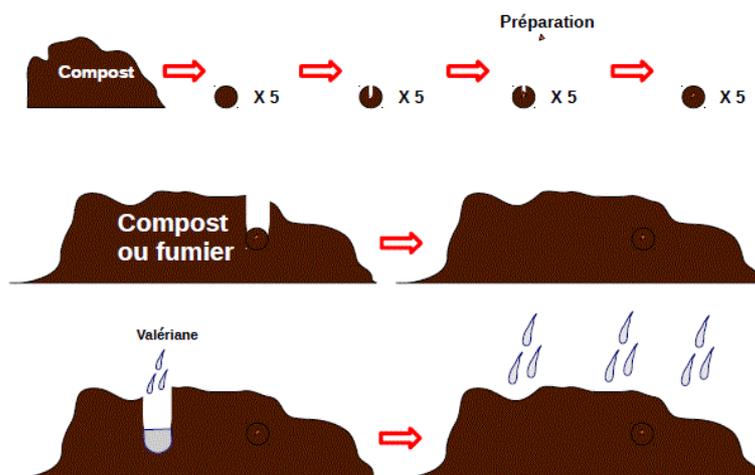


Figure 20 : Incorporation des cinq préparations solides (502 à 506) et de la préparation valériane (507) (source : L. Thouret)

2. Des pratiques respectueuses du bien-être animal

L'animal est un être sensible, et son tempérament doit être respecté. En biodynamie, on va donc veiller à son bien-être, d'une part pour des raisons éthiques, d'autre part parce qu'un animal considéré dans sa nature globale est naturellement en bonne santé, et peut faire face plus facilement aux problèmes viraux ou autres, et enfin parce qu'un animal sain devrait engendrer des produits plus sains (viande, œufs, lait, descendance).

Des pratiques sont donc interdites, et d'autres sont imposées. Ainsi, il est interdit d'utiliser des hormones, que ce soit pour dessaisonner les animaux (éponges pour les brebis) ou augmenter leur masse musculaire.

Les lieux de vie des animaux doivent leur permettre de se mouvoir sans difficulté, se coucher dans des zones confortables et d'accéder à l'extérieur toute l'année. De ce fait, les cages sont interdites pour les volailles, les caillebotis ne doivent pas représenter la majorité des sols (porcins et bovins), les animaux ne doivent pas être attachés toute l'année (bovins, porcins). Le dresse-vache, dispositif électrique visant à garder les étables propres en obligeant la vache à reculer pour déféquer est interdit.

Les animaux doivent garder leur intégrité : pas d'écornage, de becs et de queues coupées, sauf si cela participe à la bonne santé de l'animal. Le respect de sa santé passe également par l'alimentation, qui doit être biodynamique ou biologique, et dispensée d'OGM (Organismes Génétiquement Modifiés). Les veaux sous la mère doivent avoir accès à une nourriture extérieure. La liste n'est pas exhaustive.

C. La biodynamie en pratique

Concrètement, un agriculteur biodynamiste va suivre certaines règles, comme le respect de certaines périodes, ainsi que la pulvérisation des préparations, mais surtout, il va agir suite à des observations (sur ses bêtes, sur ses plantes, sur son sol).

1. Les méthodes agricoles

La biodynamie ne peut être efficace que si l'agriculteur respecte une bonne agronomie. Le fonctionnement du sol est l'élément le plus important, en agriculture biologique comme dynamique. On va veiller à ne pas le tasser, ce qui consiste, dans l'idéal, à ne pas dépasser 4-5 km/h en tracteur pour labourer, afin de ne pas créer une semelle imperméable à 80 cm de profondeur. Le travail du sol devrait souvent rester superficiel, et on privilégiera les outils à dents, qui ne lissent pas la terre mais la laissent respirer. Ce travail s'effectuera dans de bonnes conditions : le sol ne doit pas être gorgé d'eau, toujours dans un souci de tassement. Le respect de ces bonnes pratiques est primordial. La biodynamie n'a pas pour but de les remplacer, mais plutôt de les compléter. L'utilisation des préparations doit donc se faire dans cette optique.

L'application des préparations biodynamiques va donc permettre un meilleur développement des sols et des plantes. Elles ne pallieront pas un déséquilibre, mais permettront au sol ou au végétal de retrouver cet équilibre.

Il existe huit préparations principales en biodynamie :

- 500 : bouse de corne (fig 18). Il s'agit de bouse de vache mise dans des cornes de vache et enterrée durant la période hivernale. La bouse subit alors une transformation, et évolue en une substance humide, colloïdale*, brune et exempte d'odeur.

Cette préparation va agir sur les sols et les racines des plantes, en permettant une meilleure exploration et une meilleure structuration. En biodynamie, on considère qu'elle favorise les forces de croissance, qui vont permettre le développement de la plante. On observera aussi une très bonne gestion de l'eau par le sol. On utilise 100 g de 500 pour un hectare de culture ou de prairie, dilués dans 30 à 40 L d'eau.



*Figure 21 : Logo AB (en haut) et logo règlement européen (en bas)
(source : agencebio.org)*

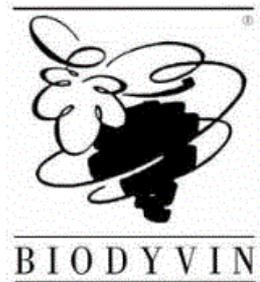


Figure 22 : Logos de bio-cohérence, Nature & Progrès, Demeter et Biodyvin (source : agencebio.org)

- 501 : silice de corne (fig 19). La 501 est du quartz qui a été broyé en fines particules, à l'état de poudre colloïdale. Celle-ci est mise en corne au printemps, enterrée, puis déterrée à l'automne.

Le but de cette préparation est de structurer la plante. La silice a pour effet de mettre la plante en tension vers le soleil, et ainsi de favoriser une bonne photosynthèse. Chaque partie du végétal va se positionner de façon à bénéficier au mieux de la lumière. La dose à utiliser est très faible : quatre grammes par hectare, soit la moitié d'une petite cuillère.

Ces deux préparations sont complémentaires : la 500 va pousser la plante du bas, et la 501 va la tirer vers le haut, ce qui va créer un équilibre.

- 502 à 507 : il s'agit des préparations du compost :
 - 502 : achillée millefeuille, a un rôle dans la mobilité du soufre et de la potasse
 - 503 : camomille matricaire, régule le métabolisme de l'azote
 - 504 : ortie, liée au fer et à l'azote, renforce la 502 et la 503, et assure une bonne humification du compost
 - 505 : écorce de chêne, liée au calcium, assure une régulation des maladies cryptogamiques
 - 506 : pissenlit, joue un rôle important pour l'hydrogène, la silice et le potassium
 - 507 : valériane, puissant anti-stress, aide à la mobilité du phosphore

La valériane est liquide, tandis que les autres sont solides.

Ces six préparations devront être incorporées au compost (fig 20), à raison d'un jeu de préparations (2 g de chacune des préparations solides, et 5 mL de valériane) pour 15 m³ de compost. On peut utiliser la 500P (ou 500 Préparée) à la place de la 500. Il s'agit de 500 qui contient les préparations du compost. Elle est donc complète, et son efficacité est supérieure, car elle décuple les effets des diverses préparations.

Un autre substitut pour l'emploi des préparations du compost quand celui-ci n'est pas utilisé est le compost de bouse selon Maria Thun (ou CBMT), à base de bouse de vache, de coquilles d'oeufs, de basalte, le tout complété par les préparations du compost.

2. La certification

Les produits alimentaires issus de l'agriculture biologique et biodynamique font l'objet de contrôles et de certification, afin que le consommateur puisse les identifier et que le mode de production soit valorisé.

Un produit peut être biologique. Il est alors issu d'une agriculture respectueuse de l'environnement et du bien-être animal. Il existe huit organismes agréés à la certification « agriculture biologique » en France : Ecocert, Agrocert, Certipaq, Bureau Veritas Certification, Certisud, Certis, Bureau Alpes Contrôles et Qualisud. Indépendants et compétents, ils garantissent le respect du règlement européen de l'agriculture biologique (RCE 889/2008) (fig 21). Ces produits doivent être identifiés par la mention « biologique » ou « bio » et le numéro d'agrément de l'organisme certificateur.

AB (fig 21) est une marque du ministère de l'agriculture française qui garantit que les produits ont été certifiés par un organisme agréé en France, et qu'ils obéissent donc au règlement européen.

D'autres organismes de droit privé peuvent également compléter cette certification, selon le type de production ou le degré d'exigences (fig 22).

Bio-cohérence est plus exigeant que la marque précédente. Il raisonne dans une démarche globale, semblable à celle du développement durable : lien social, proximité et équité des échanges, ainsi que fermes entièrement biologiques quant à ses productions, et à taille humaine.



*Figure 23 :
Ehrenfried
Pfeiffer (source :
anthrowiki.at)*



*Figure 24 : Eugen et Lily
Kolisko (source : considera.org)*



*Figure 25 : Maria
Thun (source :
triarticulation.com)*



*Figure 26 : Alex
Podolinsky (source :
savjetodavna.hr)*

La marque* « Nature & Progrès », quant à elle, garantit une agriculture biologique très axée sur l'éthique. Son statut associatif facilite le dialogue entre producteurs et consommateurs, ce qui est un point central dans le cahier des charges.

Enfin, un produit biodynamique est certifié par Demeter, marque collective garantissant que sa production a respecté le cahier des charges du même nom. Un produit demeter est biologique. De plus, les terres qui l'ont produit ont reçu les préparations biodynamiques dynamisées 500 (ou 500P) et 501. Le compost qui y a été apporté a reçu les préparations. La marque préconise également une transparence de la part des producteurs, et encourage ceux-ci à contribuer à l'évolution du cahier des charges, à partir de leurs propres connaissances et pratiques. Le dialogue entre tous les acteurs de la biodynamie est de mise, et permettra le développement de cette agriculture.

S'il s'agit d'un vin, il existe un autre organisme disposant de règles spécifiques (appelé plan de travail minimum), Biodyvin. Si le processus de sa fabrication en respecte sa charte, qui a pour définition « aucun ajout, aucun retrait, aucune modification », un vin peut donc être certifié « Biodyvin ». Ces vins sont biodynamiques, tant en terme de culture de la vigne que de vinification, et font l'objet de contrôles dans ces deux phases de la production d'un vin.

Les acteurs de la biodynamie

Depuis les conférences de Steiner, de nombreuses personnes ont expérimenté et cherché des méthodes et des explications afin de mettre en œuvre l'agriculture biodynamique et d'en comprendre son fonctionnement.

Ehrenfried Pfeiffer (1899 – 1961) était un ingénieur allemand en électricité (fig 23). Contemporain de Rudolf Steiner, il collabora avec lui, fit des recherches et mis en place des dispositifs permettant de qualifier un produit, en visualiser la vitalité de celui-ci. Il s'agit des cristallisations sensibles*, et de la morphochromatographie*. Il devint également bactériologiste, et étudia notamment la préparation 500. Celle-ci, exempte de bactéries fécales, était riche de cinq cent millions de bactéries aérobies par gramme. Il la baptisa donc « 500 ». Les autres préparations furent nommées à la suite. Premier élève de Steiner en matière d'agriculture, Pfeiffer participa donc à promouvoir la biodynamie, notamment par ses voyages en Europe et aux Etats-Unis, où il émigra.

Eugen Kolisko (1893 – 1939), médecin austro-allemand (fig 24), est ensuite devenu instructeur en école Warldorf-Steiner. Il a contribué à la création de thérapies artistiques, principalement dans le domaine de la musique.

Sa femme, Lily Kolisko (1889 – 1976), a effectué de nombreuses recherches qui ont fait évoluer la biodynamie (fig 24). Elle a notamment travaillé sur l'influence des planètes sur les plantes. Elle a également mis au point une méthode d'évaluation de la qualité de la nourriture du point de vue anthroposophique.

Maria Thun (1922 – 2012) était allemande (fig 25). Elle a beaucoup travaillé sur les effets de la position de la Lune par rapport au zodiaque. De ces expérimentations est né le *Calendrier de semis selon Maria Thun*, auquel se réfèrent de nombreux biodynamistes. Il détermine les jours favorables et défavorables aux différents travaux agricoles, selon la position des astres. On y retrouve notamment les jours feuilles, fleurs, fruits et racines.

Alex Podolinsky (fig 26) est né en Russie en 1926, mais il émigra très jeune en Allemagne, où il vécut jusqu'à la II Guerre mondiale. Il y a rencontré Lily Kolisko et Ehrenfried Pfeiffer. En 1947, il émigra en Australie, où il développa la biodynamie. Il l'adapta aux terres extrêmement pauvres et arides du pays, notamment en élaborant la 500P. Il a mis en évidence le principe de double nutrition de la plante : les nouvelles racines blanches sont nourricières, tandis que les vieilles racines, foncées et plus longues, absorbent l'eau. Auteur de nombreux ouvrages, il revient tous les ans en Europe, où il visite des fermes et donne des conférences.

Figure 27 : Vortex (source : vin-bio-de-bine.fr)



Figure 28 : Chaos (source : vernoux.org)



Figure 29 : Dispositif de dynamisation manuelle avec pale (source : L. Thouret)



Figure 30 : Dynamiseur mécanique à membrane (source : L. Thouret)



Figure 31 : en haut, vasques vives (ou flowform). En bas, le trajet de l'eau. (source : L. Thouret)



Figure 32 : Succussions (source : L. Thouret)



Figure 33 : Mortier et pilon pour trituration (source : L. Thouret)

III. L'importance de la dynamisation en biodynamie

La biodynamie s'appuie sur certains processus précis, nécessaires à sa mise en place et son bon fonctionnement. La dynamisation en est un.

A. La dynamisation

[Dynamisation : processus de dilution des substances par un mouvement alternatif de formation de vortex et de chaos qui est censé modifier les qualités de l'eau et multiplier les forces vivantes et les informations contenues dans la préparation, Pierre Masson]

Dynamiser une solution ou une suspension consiste donc à la brasser énergiquement en créant alternativement un vortex (tourbillon, fig 27) et un chaos (fig 28). On impose un mouvement circulaire à la préparation dans un sens (par exemple, sens horaire), en partant du centre vers la périphérie jusqu'à l'obtention d'un vortex, puis on revient au centre. On détruit alors le vortex en effectuant un mouvement brusque dans le sens opposé : c'est le chaos. On reprend alors le brassage dans le sens anti-horaire sans faire de pause. On continue l'alternance selon une durée déterminée, qui dépend de la nature de la préparation (une heure pour la bouse et la silice de corne, vingt minutes pour la prêle et le CBMT, trois minutes pour une dilution).

B. Les différentes méthodes de dynamisation

Il existe plusieurs méthodes de dynamisation. On peut avoir recours à différentes méthodes pour dynamiser une préparation liquide.

La plus courante est le brassage manuel (fig 29). On va brasser à l'aide de la main, d'un bâton ou d'une pale. L'intérêt est que l'on perçoit le moment exact où le vortex est parfaitement formé, donc quand on doit rompre le chaos. Cependant, cette méthode convient pour de petites quantités, car il est difficile de brasser correctement plus de 120 litres.

On peut alors opter pour le brassage mécanique (fig 30). Il existe en effet des dynamiseurs en cuivre à membrane, qui captent, grâce à un palpeur, le moment approprié à l'inversion du vortex. Ce type de dynamiseur fonctionne selon un rythme*, et a donc une capacité d'adaptation, afin de déceler le moment où le vortex doit être détruit. Cette notion de rythme s'oppose à celle de cadence*, que l'on peut trouver dans d'autres dynamiseurs, et qui obéit à un temporisateur (minuterie). Ce système n'est pas jugé satisfaisant par certains, car il ne prend pas en compte les variations que peut subir l'eau, une matière vivante, et n'assure alors pas un brassage optimum. On peut brasser grâce au dynamiseur mécanique jusqu'à 250 litres de préparation.

Une autre méthode consiste à dynamiser une préparation grâce aux vasques vives (ou flowform). Il s'agit de vasques dont la forme permet de créer un tourbillon particulier. L'eau se met en mouvement selon une forme lemniscatique (en forme de 8) (fig 31). Grâce à une pompe, on peut dynamiser une préparation en circuit fermé.

On peut également dynamiser par succussion (fig 32), c'est-à-dire en secouant le récipient (il s'agit alors d'un récipient fermé), comme c'est le cas en homéopathie. Pour un petit récipient, cela ressemble au mouvement d'un hochet ou d'une maraca ; pour un plus grand récipient (5 L), ce sera à deux mains, à la balancelle. Cent succussions équivalent à un brassage de trois minutes.

Pour dynamiser une matière solide, comme des cendres, on va procéder à la trituration : dans un bol en céramique ou en bois (fig 33), on va agiter le mélange avec un pilon comme si on brassait. On ne va alors pas chercher l'alternance vortex/chaos, mais les changements de sens.

Les différentes méthodes de dynamisation se veulent équivalentes, mais aucune recherche n'a encore mesuré leur efficacité relative.

Tableau 1 : Dates des pulvérisations de 500P et 501

Date	500P	501	Stade cultural		
			Vignes	Céréales	Maraîchage
Octobre 2013	X		Chute des feuilles	Prairie	Engrais vert
4 avril 2014	X		Débourrement	Fin tallage	Labouré
25 avril 2014	X		Sortie des feuilles	Epi 1 cm	Pommes de terre semées
14 mai 2014		X	Grappes visibles	Montaison	Pommes de terre levées
19 mai 2014		X	Début floraison	Epiaison	Développement foliaire
30 juin 2014		X	Nouaison	Maturation des grains	Formation des tubercules



Figure 34 : Pulvérisation à la bouille à dos (source : L. Thouret)



Figure 35 : Buse réglable serrée (source : L. Thouret)



Figure 36 : Buse réglable desserrée (source : L. Thouret)

C. L'objectif de la dynamisation

La dynamisation respecte une alternance vortex/chaos, que l'on peut assimiler à densification/dissolution, structuration/désorganisation. Les alchimistes dénommaient ce processus *coagula/solve*. La préparation dynamisée alterne donc entre deux états d'assemblage de la matière, opposés l'un à l'autre. D'un point de vue anthroposophique, on considère donc qu'elle est capable de multiplier et de transmettre ses propriétés. L'observation a permis de constater qu'une substance dynamisée gagnait en efficacité. Ainsi, Alex Podololinsky a expérimenté une plante australienne du genre *Equisetum*, l'arbuste *Casuarina* (*Casuarina equisetifolia* L.), et a comparé son efficacité avec *Equisetum arvense*, la prêle des champs. La décoction non brassée atteignait une efficacité de 20 % par rapport à la prêle, contre 80 % lorsqu'elle était brassée vingt minutes énergiquement.

IV. La mise en place de l'expérimentation « recherche sur l'efficacité des différents modes de dynamisation »

Comme nous l'avons dit précédemment, aucune recherche n'a démontré la supériorité de l'un ou l'autre des différents types de dynamisation. Il est pourtant intéressant de savoir si les multiples méthodes sont équivalentes en efficacité, et si ce n'est pas le cas, laquelle est préférable.

A. L'objectif de l'expérience

Nous avons donc comparé trois types de dynamisation :

- Flowform
- Brassage manuel
- Brassage mécanique

Nous avons également ajouté une autre modalité : préparations appliquées sans dynamisation.

Les succussions n'ont pas été étudiées ici, car elles servent uniquement pour de très petites quantités, et l'essai est à destination des agriculteurs, soit un minimum de 1 ha (en maraîchage, notamment), donc 30 L environ, ce qui n'est pas adapté aux succussions.

Les préparations utilisées étaient la 500P et la 501, les deux préparations principales utilisées en biodynamie. Leurs effets sont observables sur la plante (501) comme sur le sol (500P), ce qui multiplie les facteurs de comparaison.

Nous avons procédé à trois pulvérisations de 500P et trois de 501. Cette dernière a dû être pulvérisée lorsque l'appareil végétatif des plantes était suffisamment développé, car d'un part elle agit sur le végétal et non le sol, et d'autre part la plante doit être assez forte pour recevoir la silice, qui peut affaiblir les trop jeunes plants. Pour la 500P, les premiers passages ont pu avoir lieu avant même les plantations ou semis, car cette préparation est à destination du sol.

Nous avons suivi le planning ci-contre (tab 1).

Ces pulvérisations ont été réalisées grâce à des pulvérisateurs en cuivre de 16 L, ou bouilles à dos (fig 34). Ces appareils sont utilisés pour de petites surfaces (< 2 ha), et sont équipés de buses réglables, car toutes les préparations ne doivent pas être pulvérisées de la même manière.

Ainsi, on cherchera un brouillard fin pour la silice, qui doit se disperser de façon homogène sur les feuilles (buse serrée au maximum, fig 35), de plus grosses gouttes pour la 500 et la 500P, qui doivent atteindre le sol (buse desserrée, fig 36), et une position intermédiaire pour les préparations à base de plantes (prêle, valériane).

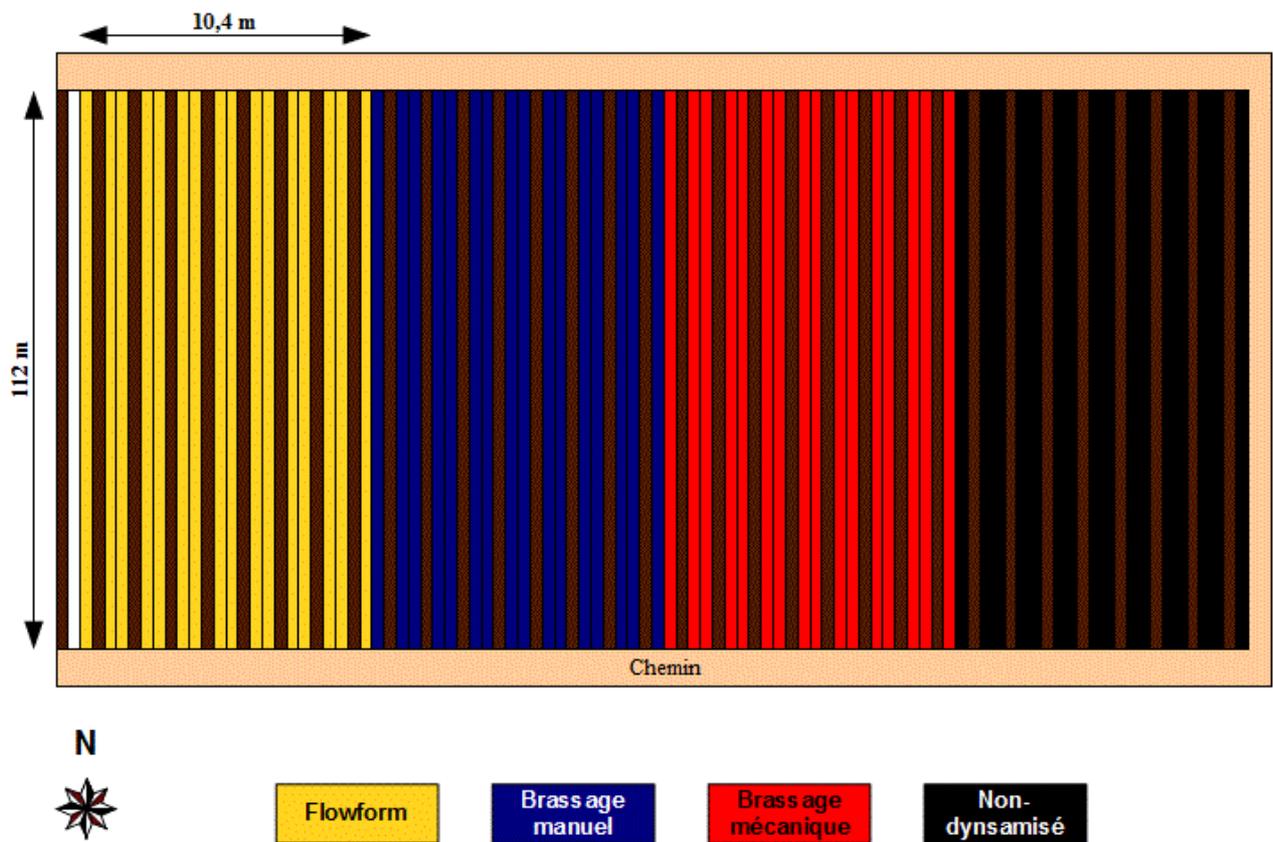


Figure 37 : Parcelle de vignes de Chaintré (source : L. Thouret)

La bouille à dos fonctionne par un système de pompe : on pompe de la main gauche, pour mettre le pulvérisateur sous pression, et on pulvérise de la main droite en pressant une poignée, dans un mouvement d'essuie-glace régulier des deux côtés. Seule une pression suffisante garantit une pulvérisation optimale, on pompe donc en continu.

Le but est de déterminer quel mode de dynamisation est le plus efficace. Pour cela, l'expérimentation est menée durant trois ans sur les mêmes parcelles. C'est la troisième et dernière année que cet essai est mené sur les terres que nous utilisons.

L'efficacité des différentes méthodes est jugée sur l'évolution du sol (agronomique, physique et chimique), comportement des plantes et la qualité finale des produits. Ainsi, nous avons mené cette expérimentation sur des vignes, des grandes cultures et du maraîchage. Le vin, le pain et les pommes de terre qui en seront issus seront dégustés, analysés et jugés sur leurs qualités technologiques, gustatives et organoleptiques à l'automne. Le sol a été observé, et on a tenté de mettre en évidence des différences.

B. Le protocole suivi

Nous avons distingué les différentes types de dynamisation par des couleurs, qui étaient identiques pour toutes les cultures :

- Jaune → Flowform
- Bleu → Manuel
- Rouge → Mécanique
- Noir → Non dynamisé

Cet ordre a été respecté pour les différents essais.

Afin de savoir combien de préparation nous pulvérisions à l'hectare, nous avons testé différentes buses, avec différents réglages.

Nous avons alors calculé que nous pulvérisions 30 L de 500P/ha et 20 L de 501/ha.

Les pulvérisations de 501 ont eu lieu le matin, et devaient être terminées avant 8 h 30. Le brassage commençait à 5 h 45, et se terminait à 6 h 45. Nous brassions 30 L d'eau contenant 4 g de silice de corne.

Les pulvérisations de 500P avait lieu en fin d'après-midi. Le brassage pouvait commencer dès 16 h 00. Nous brassions 30 L d'eau contenant 100 g de 500P.

Les préparations ont donc été dynamisées une heure chacune, selon les différentes méthodes. Pour le brassage aux flowform, nous avons employé un système de vasques vives et une pompe de l'atelier Coralis. Pour le brassage manuel, une pale suspendue a été utilisée, et pour le brassage mécanique nous avons bénéficié d'un dynamiseur en cuivre à palpeur EcoDyn. Pour la modalité non-dynamisée, la 500P ou la 501 ont uniquement été versées dans l'eau puis laissées durant une heure.

1. Les vignes

Il s'agit d'une parcelle de Chardonnay anciennement conventionnelle. Ces vignes ont été rachetées au début des essais (en 2012) par le domaine Cornin. Depuis cette date, elles sont travaillées en agriculture biologique par le vigneron, afin que nous puissions expérimenter nos essais en biodynamie comme nous le souhaitons. Les rangées que nous utilisons sont donc en biodynamie, car nous y appliquons les préparations dynamisées, excepté le rang témoin, qui a reçu des préparations, mais non-dynamisées. Les rangées sont orientées Nord-Sud (fig 37).

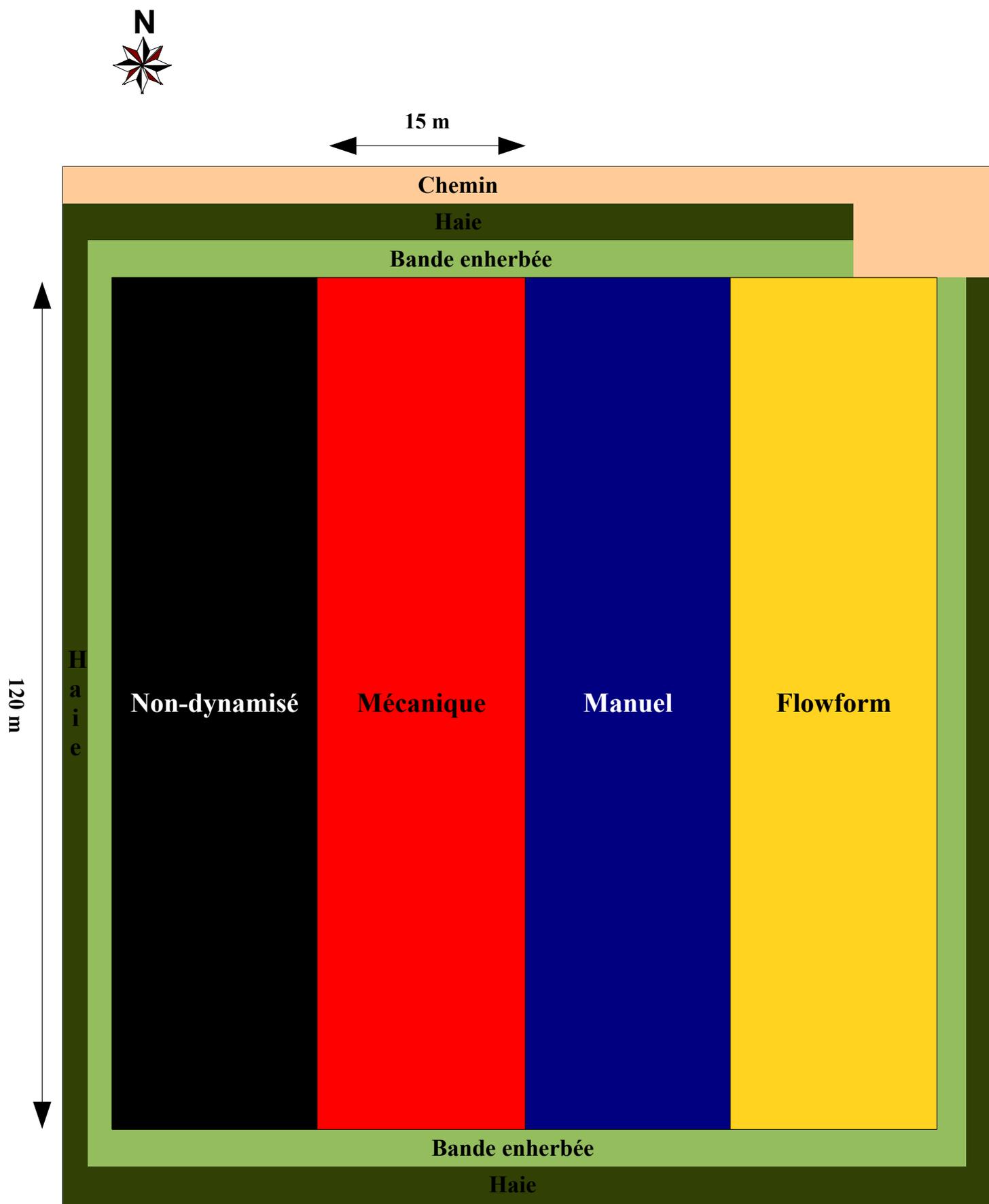


Figure 38 : Parcelle de céréales de Jalogy (source : L. Thouret)

Nous avons expérimenté huit rangs par modalité. Les rangs sont plantés à 1,30 m d'écart, et mesurent 112 m de long. Chaque modalité mesure donc 112 m de long par 10,4 m de large, soit une surface de 1164,8 m². Nous pulvérisons donc 3,5 L de 500P et 2,3 L de 501 par modalité. Les pulvérisations se sont faites sur un aller-retour pour chaque modalité, en couvrant quatre rangs à chaque passage, que ce soit pour la 501 ou la 500P.

D'Ouest en Est :

- Flowform
- Manuel
- Mécanique
- Non dynamisé

Le départ du traitement était localisé au Sud de la parcelle.

2. Les grandes cultures

La parcelle que nous avons utilisé pour les dynamisations sur grandes cultures était mise à disposition par le domaine St Laurent. En prairie temporaire pendant cinq ans, elle a été semée avec du blé de variété moderne mi octobre, après un labour à 20 cm de profondeur. Elle représente une superficie de 7 200 m², avec une longueur de 120 m et une largeur de 60 m.

Les modalités « dynamisation » sont orientées Est-Ouest (dans la longueur) et ont été effectuées sur toute la largeur, soit des bandes de 120 m*15 m (1 800 m²). Nous avons donc pulvérisé 5,4 L de 500P et 3,6 L de 501 pour chaque modalité.

Du Nord au Sud (fig 38) :

- Flowform
- Manuel
- Mécanique
- Non dynamisé

La pulvérisation d'une modalité s'est faite en trois passages pour la 501 (aller-retour-aller) et deux pour la 500P (aller-retour), car la largeur des bandes ne permettait pas de couvrir la surface en une seule fois. Le jet pour la 500P porte plus loin que pour la 501 (7,5 m, soit 3,75 de chaque côté), car on a de grosses gouttes. Le fin brouillard que l'on utilise pour cette seconde préparation ne permet pas de couvrir la même surface (5 m, soit 2,5 m de chaque côté). Nous commençons le traitement côté chemin, soit au Nord.

3. Le maraîchage

L'essai maraîchage sur les modes de dynamisation s'est fait sur une parcelle de pommes de terre du domaine St Laurent. Elle est située en fond de vallon, à proximité d'un étang, et est donc assez humide et inondable, avec un sol limoneux à limono-argileux. Elle est bordée au Sud et à l'Est par un pré, à l'Ouest par une serre, et au Nord par des parcelles maraîchères.

Elle mesure 20 m de large et 65 m de long, ce qui fait une superficie de 1 300 m². Les lignes de pommes de terre sont dans la longueur, mais les modalités se sont faites transversalement, dans la largeur.

Différentes variétés de pommes de terre, ainsi que des courges et du maïs sont présents sur la parcelle, et ont reçu les préparations. La diversité des culture multiplie les possibilités d'observer des différences. Nous avons ainsi pu noter des différences de comportement chez des cultures maraîchères différentes, ainsi que dans un sol travaillé et non travaillé. Dans la zone « pommes de terre », le sol a en effet été labouré au tracteur et butté quatre fois en traction animale, alors que dans la zone du maïs et des courges, il n'y a eu que le labour.

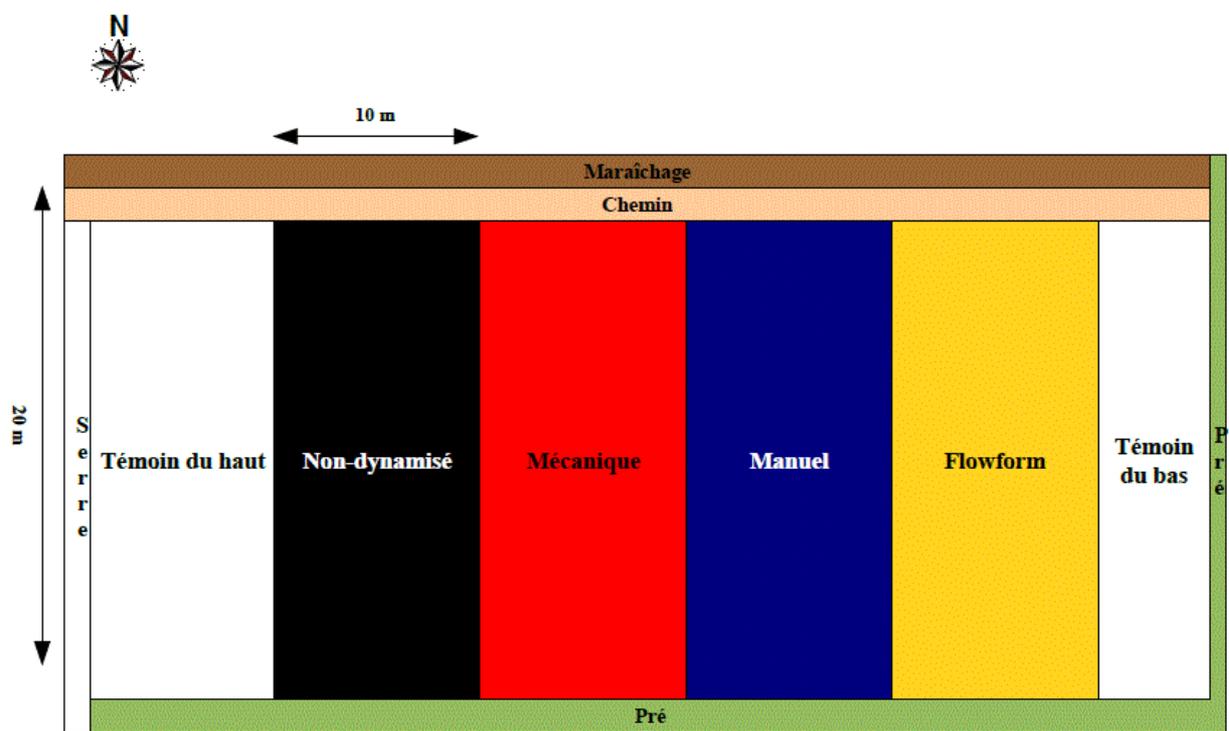


Figure 39 : Parcelle de maraîchage de St Laurent (source : L. Thouret)

Les antécédents culturels sont un engrais vert (sarrasin, lin, féverole, folle-avoine et moutarde) fin 2013, et de l'ail, des oignons, des haricots borlotto, des betteraves rouges et des poireaux la première année de l'essai (2012).

Les cultures étaient réparties de la façon suivante :

Du Sud au Nord :

- Maïs (1 rang)
- Courges (1 rang)
- Maïs (1 rang)
- Pommes de terre Désirée (7 rangs)
- Pommes de terre Nicolas (14 rangs)
- Pomme de terre Ostara (3 rangs)
- Pommes de terre Margote (4 rangs)

Les modalités ont consisté en des bandes de 15 m de large sur 20 m de long, donc de 300 m², sauf pour le témoin du bas qui ne mesurait que 5 m de large (fig 39). Elles ont chacune reçu 900 mL de 500P et 600 mL de 501.

D'Est en Ouest :

- Témoin du bas
- Flowform
- Main
- Mécanique
- Non dynamisé
- Témoin du haut

Pour pulvériser la 500P, nous avons effectué un aller-retour dans chaque modalité. Nous avons fait un aller-retour et un aller pour couvrir une modalité de 501. Nous avons démarré le traitement côté Nord.

V. Les moyens d'observation et les résultats

Un essai paysan doit permettre une mise en place et une analyse simples, facilement reproductibles, et faisables par un agriculteur. Cela implique donc un matériel limité, et une analyse rapidement exploitable.

A. Moyens d'observation

Les préparations biodynamiques 500P et 501 ont des objectifs distincts, leur efficacité se mesure donc par des moyens différents. Toutefois, leur objectif commun reste la qualité du produit. Les années précédentes, des profils de sol ont été effectués dans les différentes parcelles. Cette année, nous avons également observé les plantes, et mesuré des paramètres physico-chimiques.

1. Les plantes

La 501 agit sur la plante, en lui permettant de se structurer. Si les modes de dynamisation sont réellement différents, nous devons observer des ports de plante contrastés.

Nous avons noté les critères suivants pour les céréales :

- Sur la totalité de la parcelle :
 - Note globale (1 → 5)
 - Vigueur (1 → 5)
 - Couleur (Vert clair → vert foncé)
- Sur deux rangs
 - Pieds (nombre)
 - Type d'adventices (nombre de types, nombre total)
 - Épiaison (%)
 - Maladie
- Sur dix plantes
 - Tallage (nombre de talles)
 - Hauteur de la plante (cm)
 - Largeur de feuille (cm)

On peut retrouver le tableau complet en annexe I.

Pour les pommes de terre, nous avons pris en compte :

- Les différences entre modalités
- Le volume des plantes
- La couleur
- La régularité
- La taille et le comportement (port) des feuilles

Enfin, pour les vignes, Nous avons comparé :

- Le port des feuilles
- La taille, la couleur et la brillance des feuilles
- L'épaisseur du rang

2. Les profils de sol

La 500P agit sur le sol, et vise à sa structuration et sa complète exploration par les racines de la plante. Nous avons donc effectué des profils de sol dans les différentes modalités à l'aide d'une bêche à dents. Nous avons donc procédé de la façon suivante :

- Choisir un endroit où le sol présente des végétaux, mais sans excès, afin de pouvoir retrouver la même configuration dans les autres modalités, et prélever ainsi de façon homogène.
- Enfoncez la bêche dans la terre et en retirez une motte de la longueur de la bêche.
- Répétez la manipulation dans toutes les modalités.

Il est intéressant de noter la facilité ou la difficulté que l'on a rencontré pour enfoncez la bêche, car cela apporte des informations sur le sol.

Il est important d'avoir une profondeur de sol suffisamment conséquente (30 cm), et similaire dans tous les essais, afin de comparer des échantillons semblables.

On peut répéter le profil de sol dans différents endroits de la parcelle, afin de bénéficier de plusieurs échantillons. Lorsque l'essai l'a permis, nous l'avons également fait dans une zone ayant reçu les préparations mais n'ayant pas été travaillée, afin de comparer des sols « naturels ».

Nous avons effectué des profils de sol dans les céréales, les pommes de terre et les vignes. Ce qui nous intéressait était de comparer les différents sols dans une même parcelle.

Nous avons donc noté :

- La couleur (sol brun, rouge, jaune...)
- L'odeur (absente, minérale, organique (odeur d'humus, sous bois de forêt) brute, organique fine et florale...)
- La structure (agencement des différents éléments, compaction, perforation, grumelosité...)
- La gestion de l'eau (film d'eau entre les agrégats, brillance, sol sec...)
- Le développement racinaire des plantes cultivées et des adventices
- Le développement du sol (évolution)
- La matière organique (présence de résidus de culture, absence, taux de décomposition...)
- L'homogénéité du sol (haut, bas)

Nous avons ensuite procédé à un classement intra-parcellaire, en fonction de la qualité agronomique des différentes zones.

3. La bioélectronique L-C Vincent

Enfin, nous avons utilisé la méthode de bioélectronique de Louis-Claude Vincent. En agriculture, on peut utiliser la bioélectronique dans tous les domaines : grandes cultures, horticulture, hydroponie, maraîchage, arboriculture, élevage, viticulture, œnologie, oléiculture et apiculture. Cette méthode permet de mesurer pH, conductivité, humidité relative, température, lumière, turbidité et oxygène dissous, et d'analyser des paramètres chimiques tels que le bilan NPK, l'eau (dureté et contrôle du chlore...).

Nous avons utilisé un appareil de marque Consort (annexe II), et des produits commercialisés par Hanna Instruments, une entreprise qui conçoit, améliore et fabrique des instruments de mesure depuis plus de 25 ans. Elle est certifiée par la norme ISO 9001 version 2000.

Les mesures se font à partir de solutions diluées. Nous avons mesuré :

- le **pH** : acide, neutre ou basique, sur une échelle de 0 à 14 (la neutralité se situe à 7) à l'aide d'une sonde combinée mesurant pH et Redox
- le **potentiel électronique** (E), ou potentiel redox (en mVH) : il s'agit du pouvoir oxydant ou réducteur de la solution, mesuré grâce à la sonde combinée
- le **conductivité** (en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) : il s'agit du taux d'échange d'électrons qui a lieu entre les éléments présents dans la solution aqueuse. Il se mesure avec une sonde de conductivité

L'appareil en a déduit

- le **rH₂** : lié au pH ($rH_2 = -\log pH_2$), le rH₂ est compris entre 0 et 42. Un système est réducteur lorsque le rH₂ est entre 0 et 28, neutre lorsque il est égal à 28, et oxydant lorsqu'il se situe entre 28 et 42.
- le **potentiel d'énergie disponible** (en mW). Elle se définit par $W = E^2/R$ (avec R la résistivité, soit l'inverse de la conductivité)

Nous avons voulu savoir si cette méthode pouvait permettre de discriminer des sols ou des préparations d'un point de vue qualitatif. Nous avons donc prélevé des échantillons de sol dans les différentes modalités, et nous avons suivi le protocole suivant :

- Peser 50 g de terre
- Déposer la terre dans un bécher
- Ajouter 100 mL d'eau du puits
- Laisser reposer quelques minutes afin de faciliter la dissolution
- Agiter la suspension à l'aide d'un barreau magnétique jusqu'à obtenir un mélange fluide et homogène

Tableau 2 : Ecart minimal permettant de juger d'une différence significative (source : L. Thouret)

Paramètre	Différence significative
pH	> 0,5
μS	> 100
mVH	> 50
rH2	> 1,5
μW	> 50

Tableau 3: Niveaux de conductivité d'une solution (source : L. Thouret)

Valeur de la conductivité		Niveau	
1 < μS < 99	Faible		
100 < μS < 999	Moyenne	100 < μS < 199	1
		200 < μ < 299	2
		300 < μS < 399	3
		400 < μS < 499	4
		500 < μS < 599	5
		600 < μS < 699	6
		700 < μS < 799	7
		800 < μS < 899	8
900 < μS < 999	9		
> 1000	Forte		

- Laisser décanter ½ heure
- Filtrer le surnageant dans une passoire fine type filtre à thé
- Réaliser un cône dans un papier filtre épais et le disposer sur un bécher identifié
- Déposer le surnageant dans le papier filtre
- Laisser filtrer toute la nuit
- Le liquide obtenu doit être transparent
- Procéder aux différentes mesures

Nous avons procédé de la façon suivante pour mesurer de la farine de blé :

- Peser 5 g de blé propre (non lavé mais trié)
- Moudre le blé pesé à l'aide d'un moulin à main en une fine farine
- Déposer la farine dans un bécher de 250 mL et ajouter 200 mL d'eau du robinet
 - Mettre un peu d'eau au fond du bécher puis ajouter le blé
 - Verser l'eau en plusieurs fois, pour prévenir la formation de grumeaux
- Déposer le barreau aimanté dans le bécher et agiter la suspension pendant une minute
- Plonger immédiatement les sondes dans le bécher afin de réaliser une mesure
- Laisser reposer 30 minutes
- Réaliser une seconde mesure
- Ré-agiter la suspension une minute
- Réaliser immédiatement une troisième mesure

Nous avons agit de la façon suivante pour mesurer du jus de pomme de terre dilué :

- Extraire le jus d'une ½ pomme de terre avec un extracteur à jus
- Peser 12 g de jus de pomme de terre
- Ajouter 100 mL d'eau du robinet
- Procéder à la mesure

À l'aide de ces données, nous avons tenté de mettre en évidence des différences entre les modalités. Nous avons donc établi un ordre de grandeur permettant de dire si les écarts de mesure sont significatifs, et ce pour chaque donnée (tab 2 et 3).

B. Résultats

Nous avons donc comparé les cultures à l'aide de trois méthodes différentes. Nous rappelons les couleurs des différentes modalités :

- **J** : Jaune : dynamisation aux flowform
- **B** : Bleu : brassage manuel
- **R** : Rouge : brassage mécanique
- **N** : Noir : absence de dynamisation

1. Les vignes

Les vignes ont été observées une fois, trois profils de sols ont été effectués, ainsi que des mesures de bioélectronique sur la terre des modalités.

Tableau 4 : Tableau d'observation des vignes

	Flowform (J)	Manuel (B)	Mécanique (R)	Non-dynamisé (N)
Feuilles	Feuilles + grosses bonne différenciation - énergique	+ de feuilles + différenciées	Nettement différenciées, + petites que N	Bien positionnées, sombres et grandes
Ensemble	Compacté, + lourd, + massif - de vigueur mais feuilles marquées par la BD	+ développé que N volume foliaire + important + vigoureux + aéré		- aéré que R léger mais plaqué
Sol	- de jeunes plantules sol noir		+ sombre que N	
Raisin	Grains + abîmés	Grains + gros que R et N Grappes + aéré		
Observation	Semblable à N			

Tableau 5: Observation des profils de sol effectués dans le bas de la parcelle

	Flowform (J)	Manuel (B)	Mécanique (R)	Non-dynamisé (N)
Développement racinaire	-	++	+++	+
Développement sol	2 cm Sol compacté	Sur 5 cm	Sur 5 cm	Hétérogène (haut peu développé, milieu développé)
Observation	Le – homogène en couleur Peu développé	Beau en surface puis ça s'arrête	Le plus beau même en profondeur	Le moins vivant
Classement	3	2	1	4

Légende : - faible / + bon / ++ important / +++ très important

Tableau 6 : Observation des profils de sol effectué dans le milieu de la parcelle

	Flowform (J)	Manuel (B)	Mécanique (R)	Non-dynamisé (N)
Couleur sol	Foncé de réduction (bleu)		Tout est noir	
Développement sol	Dessus + développé que l'année dernière Très hétérogène Présence de fer oxydé (peu) Pas de structure	Semelle dure à 20 cm (dur au travail du sol facile, donc fait plus rapidement?) Sol compact mais oxydé. Dessus assez développé et grumeleux	Très développé, moins tassé en dessous Zones différentes, comme si le sol s'était développé l'année dernière mais pas cette année	Dessus très peu développé compacté en profondeur réduit
Observation		Travail du sol très facile	Le plus beau, le plus développé	Le pire

Classement	3	2	1	4
-------------------	----------	----------	----------	----------

Remarque : les trois parties biodynamiques ont évolué, mais pas la partie non-dynamisée

a) Les plantes

Les vignes de Chaintré ont été observées le 5 août (tab 4). Nous avons observé dans les modalités **J** et **N** des feuilles grandes et bien différenciées, c'est-à-dire que chacune d'elles avait une position individuelle. Ce comportement favorise une bonne photosynthèse, et témoigne d'une bonne structure de la plante. Pour **R**, les feuilles étaient plus petites, mais mieux différenciées. Les vignes de la modalité **B** présentaient plus de feuilles. Celles-ci étaient plus différenciées que les trois premières modalités. Les raisins étaient plus gros dans **B** que dans les parties **R** et **N**. Les grappes étaient également plus aérées.

Les vignes ont subi de la grêle quelques temps avant notre observation. Les grains étaient plus abîmés dans la partie **J**.

L'ensemble des vignes était plus compacté, lourd et massif dans la modalité **J**. On y trouvait également moins de vigueur, mais on remarquait tout de même un port biodynamique (qui se traduit par la différenciation des feuilles).

Les vignes sont plus développées dans la partie **B**. Le volume foliaire y est plus important, et l'ensemble est plus aéré et plus vigoureux. La modalité **R** est semblable à la modalité **B**. La partie **N** est moins aérée que les modalités précédentes. Malgré une légèreté du feuillage, les feuilles sont plus plaquées. On peut dire que la partie **N** ressemble à la modalité **J**. On peut classer les modalités de la façon suivante :

Manuel > Mécanique > Non-dynamisé > Flowform

b) Les profils de sol

Trois profils de sol ont été effectués dans cette parcelle le 5 août : dans le bas de la parcelle (face Sud, au départ du traitement), dans le milieu, et dans le haut (face Nord).

Dans le bas (tab 5), le sol était développé sur 5 cm pour les modalités **R** et **B**, et seulement sur 2 cm pour **J**. C'était très hétérogène pour la modalité **N**. En effet, le sol était mieux développé à 15 cm qu'à 5 cm de profondeur.

Le développement racinaire était très important pour la partie **R**, important dans la partie **B**, bon dans la partie **N**, et faible pour **J**.

De manière générale, le sol qui avait reçu les préparations non-dynamisées, **N**, était le moins vivant, celui de la modalité **J** était le moins homogène en couleur, et était peu développé. Dans la modalité **B**, le sol était beau en surface, et la modalité **R** présentait le sol le plus développé, même en profondeur.

Nous avons classé les sols du meilleur au moins bon :

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

Dans le milieu de la parcelle (tab 6), la partie **R** était très foncée, tandis que le sol de **B** présentait des zones bleues, dues aux phénomènes chimiques de réduction.

Au niveau du développement du sol, on observait dans la partie **N** un phénomène de réduction. Le sol était peu développé en surface, et compacté en profondeur. Dans **J**, le sol n'était pas structuré. On observe une forte hétérogénéité du développement, avec une présence de fer oxydé. Néanmoins, le dessus était plus développé que l'année dernière. La modalité **B** présentait un sol compact et oxydé. Le dessus était relativement développé et grumeleux, mais on constatait une semelle dure à 20 cm. Enfin, la partie **R** avait un sol très développé, et moins tassé en dessous que la modalité **B**. On observait des zones différentes, comme si le sol s'était développé l'année dernière, mais pas cette année. C'est le plus développé de tous.

Le classement des sols au milieu de la parcelle est donc le suivant :

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

Tableau 7 : Observation des profils de sol effectués dans le haut de la parcelle

	Flowform (J)	Manuel (B)	Mécanique (R)	Non-dynamisé (N)
Couleur sol	+ foncé que B			
Développement sol	- de vie que B		Mottes + rondes que N	+ grumeleux que J + sec Grosses mottes Structure anguleuse Pas très développé
Développement racinaire	0	++	+++	+
Odeur	Végétale	Organique	De terre	Absence d'odeur
Gestion humidité	Peu gérée	Mieux gérée que N	Mieux gérée que N	
Observation	Semelle	Semelle - belle	Semelle à 30 cm, + développée que N	Semelle ferme
Classement	3	2	1	4

Tableau 8 : Valeurs de bioélectronique (terre des vignes)

Vignes	J	B	R	N	Round_up	
pH		6,0	6,3	6,2	6,3	6,7
µS		578	613	606	490	425
mVH		513	513	515	514	504
rH₂		29,9	30,3	30,2	30,4	30,9
µW		152	161	160	129	108

Dans le haut de la parcelle (tab 7), le sol de la modalité **J** est plus foncé que dans la modalité **B**. Cependant, on y observe moins de vie. Les mottes sont plus rondes dans la partie **R** que dans la partie **N**. Dans cette modalité, le sol est plus grumeleux que dans les **J**. On y trouve de grosses mottes et une structure anguleuse. Il n'est pas très développé.

Le développement racinaire est nul dans la partie **J**, bon dans partie où les préparations n'ont pas été dynamisées (**N**), important dans la partie **B**, et très important dans la partie **R**.

L'odeur est végétale pour **J** et organique pour **B**, c'est-à-dire qu'on y retrouve une odeur d'humus. On retrouve une odeur de terre pour la partie **R**, et pas d'odeur pour la partie **N**.

L'humidité est peu gérée dans la partie **J**, et mieux gérée dans la partie **N**, car le sol est plus sec. Les parties **B** et **R** présentent une meilleure gestion de l'eau.

On observe une semelle dans toutes les modalités. Tandis que la semelle de la partie **R** est située à 30 cm de profondeur, et permet un bon développement du sol, celle de la partie **N** est ferme et plus en surface. Dans les autres modalités, on observe une position intermédiaire. On peut classer les sols de la façon suivante :

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

c) La bioélectronique L-C Vincent

Nous avons effectué des mesures de bioélectronique sur la terre des vignes le 19 août dans nos quatre modalités. Nous avons également prélevé un échantillon de terre des vignes voisines, en conventionnelles et traitées au Round-up, que nous avons analysé (tab 8).

Toutes les modalités présentaient des pH acides, le plus faible étant **J**, avec 6 de pH, et le plus élevé **Round-up**, avec 6,7 de pH. L'écart entre les deux valeurs extrêmes a été jugé significatif.

La conductivité était moyenne dans toutes les modalités, aux niveaux 4, 5 et 6. les différences étaient peu significatives.

Le potentiel Redox était compris entre 504 (**Round-up**) et 515 (**R**), avec un écart peu significatif.

J présentait le rH₂ le plus faible, avec une valeur de 29,9, et **Round-up** le plus élevé (30,9), mais cet écart était peu significatif. Compris entre 28 et 42, tous les systèmes étaient donc oxydants.

Enfin, l'énergie disponible était de 108 µW pour la modalité **Round-up**, et de 160 et 161 pour **R** et **B**.

2. Les grandes cultures

Nous avons effectué deux observations sur les grandes cultures, et trois profils de sol ont été réalisés. La bioélectronique Vincent a été pratiquée sur la terre et le blé.

a) Les plantes

Lors de la première observation, le 16 mai, le stade épiaison (lorsque la moitié des épis sont à moitié sortis des feuilles) n'était pas atteint. Nous avons observé que les modalités **J** et **N** étaient plus vigoureuse que **B**, elle-même plus vigoureuse que **R**. La modalité **R** est vert foncé, les modalités **B** et **N** sont légèrement plus claires, et la couleur des plantes de la modalité **J** est hétérogène, et oscille entre vert clair et vert.

Sur deux rangs, on observe une moyenne de 40 et 37 pieds/an pour les modalités **R** et **N**, ce qui est plus élevé que pour les modalités **J** (34 pieds/rang) et **B** (27 pieds/rang). On observe très peu d'adventices dans la modalité **R** (10 % de la surface du sol), plus dans la modalité **B** (25%), une forte invasion dans la modalité **J** (50 %), et une invasion plus forte dans la modalité **N** (70%). Les plantes sont issues de la prairie précédente pour la plupart (vesce, trèfle, herbe, graminées, luzerne). On retrouve également des renoncules, du colza et des coquelicots. Aucune plante n'est épiée dans la modalité **N**, contre 15 % dans la modalité **R**, 20 % pour **B**, et 25 % dans **J**.

Les feuilles des plantes sont malades dans toutes les modalités sauf **R**, où elles sont relativement saines. On trouve un peu de rouille sur la modalité **R**, et de la septoriose sur toutes les modalités.



Figure 40 : Profil de sol du bas de la parcelle (de gauche à droite : Flowform, Manuel, Mécanique, Non-dynamisé) (source : L. Thouret)



Figure 41 : Profil de sol du haut de la parcelle (de gauche à droite : Flowform, Manuel, Mécanique, Non-dynamisé) (source : L. Thouret)

Sur dix plantes, le tallage est de 1,4 et 1,5 talle/plante pour les modalités **J** et **B**, et 1,8 pour **R** et **N**. Les plantes ont des tailles similaires dans toutes les modalités : entre 53 cm et 57 cm de hauteur. La largeur des feuilles varie entre 1,1 et 1,3 cm, ce qui est relativement homogène.

Globalement, **J** et **N** sont des modalités hétérogènes. Les plantes de la modalité **B** semblent plus haute que dans la modalité **J** quand on regarde l'ensemble de la parcelle. Dans la modalité **R**, elle sont encore plus hautes et denses, bien que l'on trouve de très petits individus chez ces deux modalités. La vigueur est néanmoins plus forte chez **J** et **N**. Le classement des modalités est le suivant : **Flowform – Non-dynamisé > Manuel > Mécanique**

La seconde observation a eu lieu le 5 juin. Les plantes étaient plus vigoureuses dans la modalité **N**, et un peu moins dans la modalité **B**. Elle était plus faible dans **J**, et encore plus faible dans la modalité **R**. Les plantes étaient vert clair dans toutes les modalités, sauf pour la partie **N**.

Les densités de plantes les plus élevées sont dans les modalités **J** et **N** (54 et 58 plantes au mètre linéaire, contre 44 et 43 pour **B** et **R**). Les adventices couvraient 10 % du sol chez les modalités **J** et **B**, et 20 % pour **R** et **N**. Les sols sont donc relativement propres. Les adventices sont similaires dans toutes les modalités (graminées, vesce, coquelicot...).

La totalité des plantes étaient épiées dans toutes les modalités. Toutefois, on observait des différences quant à la taille des épis. Les modalités **B** et **R** présentent des épis homogènes et plus gros que dans les autres modalités. La modalité **N** est très hétérogène dans la taille des épis, et la modalité **J** a la moitié des épis relativement gros. Les autres sont plus petits.

Les modalités présentent toutes de la rouille et de la septoriose sur les feuilles. La modalité **R** est peu malade, et la modalité **N** est plus saine que les trois autres.

Sur dix plantes, le tallage était faible dans les modalités **J**, **B** et **R** : 1,2, 1,3 et 1,4 talles en moyenne), et plus élevé dans la modalité **N** (1,8 en moyenne).

Les plantes étaient plus hautes dans **R** (75 cm en moyenne), un peu moins pour les modalités **B** et **N** (70 cm). Les plantes de la modalité **J** était bien plus petites (61 cm).

Les feuilles étaient plus large pour **R** (1,4 cm). Elles étaient de 1,2 cm dans les autres modalités. La différence observée ici est extrêmement faible.

De manière générale, la modalité **J** est très hétérogène. Dans la modalité **N**, les plantes sont globalement plus faibles et très hétérogènes (en hauteur et en taille de l'épi). On observe beaucoup de trous dans la parcelle : des plantes manquantes ou très petites. Lorsque les plantes sont très nombreuses sur le rang, elles sont bien plus faibles. On pouvait classer les plantes de la façon suivante : **Non-dynamisé > Manuel > Flowform > Mécanique**

b) Les profils de sol

Nous avons effectué trois profils de sol dans la parcelle de céréales (fig 40 et 41). Le premier a été fait dans le premier tiers de la parcelle (en partant du chemin).

Le sol était développé sur 2 cm dans la modalité **J**. En profondeur, il était compact et collant. On pouvait voir des résidus de matière organique non décomposés (mousses). Le développement racinaire était relativement bon. Le sol était assez clair.

Le sol **B** était développé sur une plus grande profondeur, et de façon homogène. Il avait une structure grumeleuse, avec un bon développement racinaire. Nous avons également constaté de la matière organique non décomposée. Le sol était plus sombre.

Dans la modalité **R**, on observait un développement du sol encore supérieur. Le sol n'était pas collant, et les agrégats étaient agencés en petites structures polyédriques. Il était très brun, avec un bon développement racinaire. Comme dans les autres modalités, on pouvait voir de la matière organique non décomposée.

Tableau 9 : Valeurs de bioélectronique (terre des céréales)

Blé	J	B	R	N	
pH		7,8	7,6	7,7	7,6
μS		639	752	724	738
mVH		522	514	500	492
rH₂		33,7	33,0	32,8	32,2
μW		174	198	181	178

Tableau 10 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après agitation)

Au même stade, comparaison des différentes modalités

	J_agite	B_agite	R_agite	N_agite	Moyenne_agite
pH	6,2	6,0	5,9	6,3	6,1
Conductivité (μ)	203	228	198	217	211
mVH	550	494	502	484	507
rH ₂	31,2	29,0	29,0	29,2	29,6
Énergie (μW)	62	56	50	51	55

Tableau 11 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après repos)

Au même stade, comparaison des différentes modalités

	J_repose	B_repose	R_repose	N_repose	Moyenne_repose
pH	6,2	5,9	6,4	6,1	6,1
Conductivité (μ)	203	180	198	262	211
mVH	489	503	503	480	494
rH ₂	29,1	29,1	30,2	28,8	29,3
Énergie (μW)	49	46	50	61	51

Enfin, la modalité **N** présentait un sol semblable à **J** : développé sur une faible profondeur, le reste était très compacté, lisse et collant. Le développement racinaire était très faible. Il avait une couleur terne. Nous avons classé les sols du meilleur au moins bon :

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

Le second profil a été réalisé dans le milieu de la parcelle. Les observations faites sont semblables au premier profil. La couleur foncée des modalités **B** et **R** est plus accentuée. Le classement est donc le même : **Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé**

Le troisième et dernier profil a été réalisé dans la bande enherbée du fond de la parcelle, où le sol n'a pas été travaillé depuis très longtemps mais a reçu les préparations lors des pulvérisations manuelles que nous avons faites. La couleur brune de la modalité **B** tranche énormément sur les couleurs plus claires des modalités **J** et **N**. La modalité **R** est également très foncée, mais moins que la **B**. Le classement est un peu différent : **Manuel > Mécanique > Flowform > Non-dynamisé**

c) La bioélectronique L-C Vincent

Nous avons effectué des mesures de terre et de farine de blé.

Pour les mesures de terre (tab 9), nous avons constaté que toutes les modalités étaient basiques. Elles présentaient un pH compris entre 7,6 et 7,8. l'écart est peu significatif.

La conductivité était moyenne dans toutes les modalités, aux niveaux 6 pour **J** et 7 pour **B**, **R** et **N**.

Le potentiel redox était compris entre 492 pour **N** et 522 pour **J**. Cet écart est jugé peu significatif.

Il s'agit dans toutes les modalités de système oxydant, car le rH_2 est supérieur à 28. Il est le plus faible pour **N**, et plus élevé pour **B**. Les différences étaient significatives.

Enfin, l'énergie disponible était de 174 μW pour **J** et de 198 μW pour **B**. ces deux extrêmes sont proches : l'écart est peu significatif.

Nous avons effectué trois mesures de farine de blé diluée. La première a été faite immédiatement après agitation (tab 10).

Le pH était acide dans toutes les modalités, et compris entre 5,9 pour **R** et 6,3 pour **N**. La différence était peu significative.

La suspension la plus conductrice était **N**, la plus résistante **R**. Elles avaient toutes une conductivité jugée moyenne, aux niveaux 1 pour **R** et 2 pour **J**, **B** et **N**.

La modalité **N** avait le potentiel redox le plus faible (484 mVH), et **J** le plus élevé (550 mVH). L'écart était jugé significatif.

Le rH_2 était également significatif : 29 chez **B** et **R**, 31,2 chez **J**. Il s'agissait dans tous les cas de systèmes oxydants.

L'énergie disponible était la plus faible chez **R**, et la plus forte chez **J**, mais l'écart était peu significatif.

Nous avons réalisé une seconde mesure après avoir laissé reposer 30 minutes (tab 11).

Le pH, acide et compris entre 5,9 pour **B** et 6,2 pour **J**, montrait une différence significative.

La conductivité était moyenne, et aux niveaux 1 pour **B** et **R**, et 2 pour **J** et **N**. La différence était peu significative entre les modalités, comme pour le potentiel redox.

Celui-ci était le plus faible pour **N**, et le plus élevé pour **B** et **R**.

Le rH_2 n'était pas non plus significatif : on observait dans tous les cas des systèmes oxydants, compris entre 28,8 pour **N** et 30,2 pour **R**.

Enfin, on constatait une énergie disponible de 46 pour **B**, et 61 pour **N**, ce qui représentait un écart non significatif.

Tableau 12 : Valeurs de bioélectronique (farine de blé après deuxième agitation)
Au même stade, comparaison des différentes modalités

	J_re_agite	B_re_agite	R_re_agite	N_re_agite	Moyenne_re_agite
pH	5,9	6,1	6,2	6,1	6,1
Conductivité (μ)	253	262	268	295	269
mVH	499	480	497	481	489
rH ₂	28,9	28,8	29,6	28,7	29,0
Énergie (μW)	63	61	66	68	64



Figure 42 : Profil du sol des courges (de gauche à droite : Témoignage du haut, Non-dynamisé, Mécanique, Manuel, Flowform, Témoignage du bas)
source : L. Thouret)

Tableau 13 : Valeurs de bioélectronique (terre des courges)

Courges	Tb	J	B	R	N	Th	
pH		6,6	6,6	6,5	7,0	6,7	7,11
μS		501	415	653	644	604	483
mVH		500	497	500	491	484	475
rH ₂		30,5	30,5	30,4	30,9	30,2	30,7
μW		125	103	163	155	142	109

Une troisième mesure a été réalisée après ré-agitation de la suspension (tab 12). Les milieux étaient tous acides, et ne présentaient pas de différence significative (5,9 pour le pH le plus faible, **J**, et 6,2 pour le pH le plus élevé, **B**). La conductivité était moyenne et très homogène, car située au niveau 2 pour toutes les modalités. Le potentiel rédox n'était pas significativement différent selon les modalités : 28,7 mVH pour **N**, et 29,6 pour **R**. Il s'agissait de systèmes oxydants. L'énergie disponible était comprise entre 61 μ W pour **B** et 68 μ W pour **N**, ce qui n'était pas significatif.

3. Le maraîchage

Les pommes de terre ont été observées trois fois, et un profil de sol a été effectué dans la partie des courges. La bioélectronique a été testée sur des échantillons de terre et de pommes de terre.

a) Les plantes

Lors de nos trois observations, nous avons à chaque fois fait le même constat. Les plantes sont plus régulières, plus volumineuses et leurs feuilles sont plus différenciées dans la modalité **R**. Le feuillage des pommes de terre de la partie **B** est moins homogène, mais reste volumineux. La partie **N** est relativement belle, mais moins que les deux précédentes. La modalité **J** est très irrégulière, et présente des plantes très petites, avec un feuillage peu développé. Enfin, la modalité **témoin** est la moins belle. On pouvait donc les classer de la façon suivante : **Mécanique** > **Manuel** > **Non-dynamisé** > **Flowform** > **Témoin**

b) Les profils de sol

Nous avons effectué un profil de sol (fig 42) dans la partie des courges, où le sol n'est pas travaillé régulièrement mais reçoit les préparations. Nous avons prélevé six échantillons : nos quatre modalités, ainsi qu'un témoin du bas (à l'Ouest de la parcelle : **T_b**), et un témoin du haut (à l'Est, **T_h**). Toutes les modalités témoignaient d'une absence de travail du sol, car elles étaient toutes relativement aérées. La modalité **T_b** était assez bien développée, avec un bon développement racinaire, mais une couleur assez claire et un sol compacté en profondeur, avec des traces d'humidité résiduelle.

La modalité **J** était semblable à la précédente, avec une compaction visible, et de grosses mottes. La terre était collante.

Le sol était plus léger dans la modalité **B**, et présentait une structure grumeleuse, avec un chevelu racinaire très développé. Il était plus foncé que les modalités **T_b** et **J**.

Le sol **R** était nettement plus sombre. Il était plus développé en profondeur que **B**, et on observait de nombreuses racines, ainsi qu'une bonne gestion de l'humidité, car il ne collait pas aux doigts. La modalité **N** était bien développée à quelques centimètres de profondeur, puis était plus compacte. L'eau était moins bien gérée, mais le développement racinaire était bon.

Enfin, la dernière modalité, **T_h**, présentait le sol le plus compacté, avec un faible développement à la surface. Très collant, il ne comprenait pas beaucoup de racines. On peut les classer du meilleur au moins bon : **Mécanique** > **Manuel** > **Flowform** > **T_b** > **Non-dynamisé** > **T_h**

c) La bioélectronique L-C Vincent

Nous avons prélevé six échantillons de terre dans la zone des courges (tab 13).

Le pH varie entre 6,5 pour **B** et 7,1 pour **T_h**. On observe donc un pH acide dans le bas de la parcelle (**T_b**, **J** et **B**), neutre vers le milieu (**R**), et basique en haut (**T_h**). La partie **N**, située entre **R** et **T_h**, est acide. Les différences de pH sont significatives.

La conductivité est moyenne dans toutes les modalités, mais présente des différences significatives. Elle est au niveau 4 pour **J** et **T_h**, 5 pour **T_b**, et 6 pour **R**, **B** et **N**. Les différences sont significatives. Le potentiel redox est homogène, et est compris entre 475 mVH pour **T_h** et 500 mVH pour **T_b** et **B**. Le rH₂ présente, comme le potentiel redox, des différences peu significatives : il s'agit de systèmes oxydants compris entre 30,2 pour **N** et 30,9 pour **R**. Enfin, l'énergie disponible est significativement plus faible chez **J** (103 µW) que chez **B** (163 µW).

VI. L'interprétation et l'analyse

Nous disposons donc de données variées, grâce aux diverses cultures et aux moyens d'observation multiples, que nous pouvons analyser.

A. Les vignes

L'observation des plantes et des profils de sol a permis d'effectuer plusieurs classements. Ceux-ci sont relativement homogènes. Brassage manuel et mécanique sont les deux modalités qui semblent efficaces. En effet, on retrouve des plantes aux feuilles bien différenciées, et des sols bien structurés, avec une bonne gestion de l'humidité et un bon développement racinaire. Chez les modalités flowform et absence de dynamisation, ces caractéristiques sont soit inexistantes, soit réduites.

Les vignerons nous ont également signalé un travail du sol plus facile dans la modalité brassage manuel.

Les mesures de bioélectronique sont intéressantes, car elles ont été réalisées avec une modalité traitée au Round-up, un puissant herbicide. On observe que pour chaque facteur, la modalité Round-up est située à un extrême. Elle présente en effet soit la valeur la plus faible (conductivité, potentiel redox et énergie disponible), soit la plus forte (pH et rH₂). Il est difficile d'en tirer plus de constats, car on ne sait pas réellement quelles sont les valeurs idéales : nous en sommes au stade où nous cherchons quels facteurs peuvent qualifier les différents échantillons, afin de déterminer des normes quant à ces facteurs. Nous avons donc peu utilisé les résultats des mesures, d'autant plus que les différences étaient peu significatives, exceptées le pH et l'énergie disponible.

B. Les grandes cultures

Pour les grandes cultures, les observations faites sont plus hétérogènes. En effet, si la modalité mécanique est jugée inefficace suite aux deux observations des plantes, les autres modalités obtiennent des places différentes dans le classement :

1^{re} observation : **Flowform – Non-dynamisé > Manuel > Mécanique**

2^e observation : **Non-dynamisé > Manuel > Flowform > Mécanique**

Il est pour l'instant difficile d'en tirer une conclusion.

Les profils de sol présentent des résultats bien plus homogènes. Il apparaît clairement que les flowform sont inefficaces, mais qu'elles sont préférables à une absence de dynamisation. Les modalités brassages mécanique et manuel semblent se valoir, bien que le brassage mécanique paraisse un peu plus efficace :

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

Mécanique > Manuel > Flowform > Non-dynamisé

Manuel > Mécanique > Flowform > Non-dynamisé

On peut conclure que les modalités brassages mécanique et manuel sont les plus efficaces sur le sol des céréales.

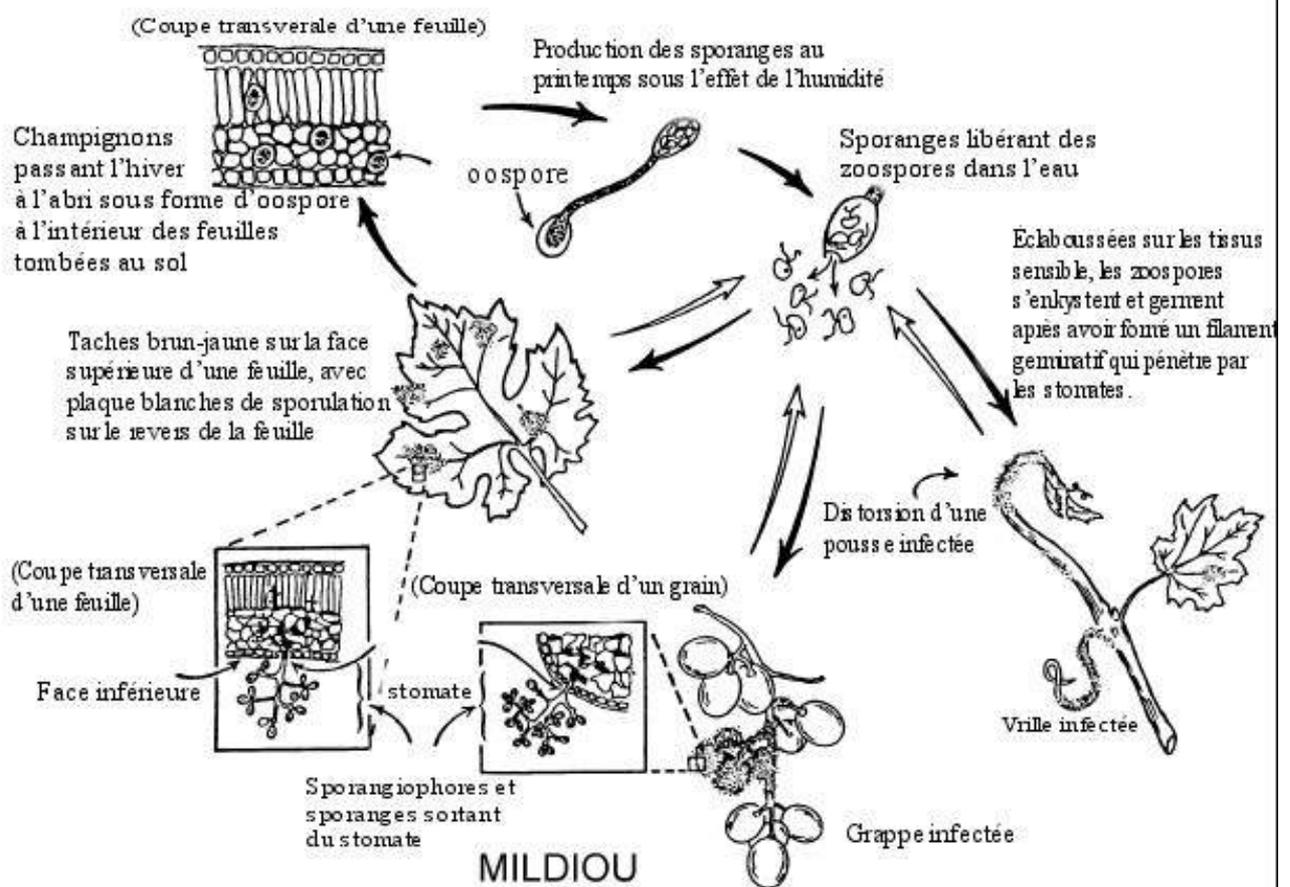


Figure 43 : Cycle du mildiou : exemple de *Plasmopara viticola* (source : oardc.ohio-state.edu)

Les mesures de bioélectronique montrent des différences peu significatives pour la terre, sauf pour le rH₂. On ne peut donc pas en tenir compte. Cependant, il est intéressant de noter que, à l'instar de la modalité round-up dans les vignes, la modalité flowform occupe les places extrêmes des classements. Il s'agit des mêmes extrêmes pour le pH, la conductivité, le rH₂ et l'énergie disponible.

Concernant les mesures de farine de blé, on observe que brassage mécanique ou manuel et absence de dynamisation sont souvent dans des mesures extrêmes opposées.

C. Le maraîchage

Les trois observations sur le feuillage des pommes de terre concordent et témoignent que les modalités brassages mécanique et manuel sont les plus efficaces.

Le profil de sol effectué corrobore ce constat.

La bioélectronique apporte peu de renseignements. On s'aperçoit toutefois que la modalité brassage manuel est soit la valeur minimale soit la valeur maximale des mesures jugées significatives (pH, conductivité et énergie disponible). Cette observation, encore une fois, ne peut que rester à l'état de constat.

De manière générale, les modalités brassages mécanique et manuel apparaissent supérieures en efficacité que les flowform. Le brassage mécanique se démarque plusieurs fois. On observe en effet chez cette modalité une véritable transformation des sols. On peut donc affirmer son efficacité, et même sa supériorité.

VII. Le mildiou

[*Cryptogame* : Végétal pluricellulaire ne formant pas de graines, par opposition aux phanérogames ou spermaphytes. Larousse]

Le terme de *mildiou* regroupe plusieurs cryptogames mycéliens qui ont des effets destructeurs similaires sur diverses cultures. Il ne s'agit pas d'un groupe à proprement parler, car on peut y retrouver des familles différentes : Peronosparacées, Pythiacées, Erysiphacées... Le mildiou est particulièrement connu et redouté en viticulture et en maraîchage, notamment dans la famille des Solanacées (pommes de terre, tomates...). Cette maladie épidémique produit en effet des ravages considérables, provoquant une baisse de rendement, voire la perte de la totalité de la production.

Nous nous sommes intéressés à deux cultures différentes dans lesquelles le mildiou sévit (vignes et pommes de terre), donc deux types de mildiou, dont chacun à ses particularités. Ils restent cependant semblables du point de vue du cycle biologique et des dégâts occasionnés. Nous avons également étudié les cryptogames des céréales.

A. Cycle biologique

Les différents champignons responsables du mildiou se reproduisent de façon similaire (fig 43). En automne – hiver, la reproduction est hétérogame : le spermatocyste et l'oogone vont produire des oospores. Le champignon va donc se conserver pendant la période hivernale sous cette forme, que l'on appelle aussi œufs d'hiver. Ces oospores sont situées sur les feuilles mortes nécrosées tombées à terre, ou dans le sol.



Figure 44 : Débourrement (source : ifv.fr)



Figure 45 : Floraison (source : ifv.fr)

Au printemps, dès que les conditions extérieures leur seront favorables : forte humidité (90 %), et température minimale de 11 °C, les oospores vont germer, et évoluer en sporanges (ou macronidies). Ces dernières vont produire de nombreux spores (ou zoospores). Celles-ci vont pouvoir ensuite contaminer la plante après formation de filaments mycéliens capables de pénétrer entre les cellules du tissu foliaire. On parle alors de contamination primaire. Celle-ci se fera par contact : les zoospores atteindront les feuilles basses par éclaboussure de la pluie.

Le champignon va donc pénétrer dans la plante grâce au tube germinatif, et respectera un temps d'incubation de sept à dix jours. Durant cette période, le champignon est présent mais le paysan ne peut le voir. Les zoospores vont ensuite s'enkyster autour des stomates : le champignon va fructifier sur la face inférieure de la feuille. On y observera alors de tâches de mycélium blanc, dues au développement des hyphes. Sur la face supérieure de la feuille, les observations peuvent être différentes selon la plante.

L'été, on assistera à une infection secondaire. On peut alors parler d'invasion, car il s'agit d'une phase à la fois très rapide et très prolifique. Les hyphes ont produits des sporangiospores. Ces dernières ont conçu des sporanges, qui ont produit de nouveaux zoospores. Ces zoospores vont contaminer tous les organes possédant des stomates : feuilles, sarments, grappes... Les cycles peuvent être très courts (5 – 6 jours) lorsque les conditions sont favorables (25 °C et humidité). Dès lors, l'invasion va se poursuivre, si les conditions d'humidité et de température restent favorables au développement du mildiou. Ce n'est qu'en cas de sécheresse prolongée et de température supérieure à 30 °C sur plusieurs semaines que le champignon est détruit.

B. Champignons et plantes-hôtes

Le champignon qui provoque le mildiou est parasite de la plante-hôte. Il est donc adapté à son mode de vie, et son cycle biologique est lié à celui de la plante.

1. La vigne

Vitis vinifera est la principale espèce de vigne cultivée. Elle est à l'origine des cépages du monde entier.

a) Classification

La vigne est une Rosidée de l'ordre des Rhamnales. C'est une plante vivace qui appartient à la famille des Vitacées, qui regroupe de nombreuses lianes. Le genre *Vitis* regroupe des espèces de vignes domestiques ou sauvages, qui peuvent constituer les porte-greffes des vignes cultivées. On utilise dans cette optique des variétés résistantes au phylloxéra. Le greffon est généralement un cultivar* de *Vitis vinifera*.

b) Cycle biologique

Le cycle biologique de la vigne s'identifie par quinze stades, nommés par des lettres (de A à O, selon Baggiolini) ou des chiffres (de 00 à 91, selon le *Biologische Bundesanstalt bunderssortenamnt and CHEmical industry – BBCH*). Le système BBCH est donc bien plus précis, car il segmente chaque stade « lettre » (ex : Stade M, 81 à 85).

De façon plus simple, on peut distinguer trois stades de développement chez la vigne.

Le débourrement (fig 44) correspond au stade C (ou 09). La moitié des bourgeons sont ouverts, et une pointe verte est visible. Le débourrement dépend de l'environnement (chaleur, humidité...), mais de manière générale il a lieu au début du printemps. Dans le Mâconnais, il a lieu vers le 15 avril. Il succède au bourgeon d'hiver totalement fermé, et précède la sortie des feuilles.

À la floraison (stade I, ou 60 à 69), 50 % des fleurs sont ouvertes (fig 45). Ce stade est suivi par la nouaison (ou formation des grains). Dans le Mâconnais, la floraison a lieu début juin.

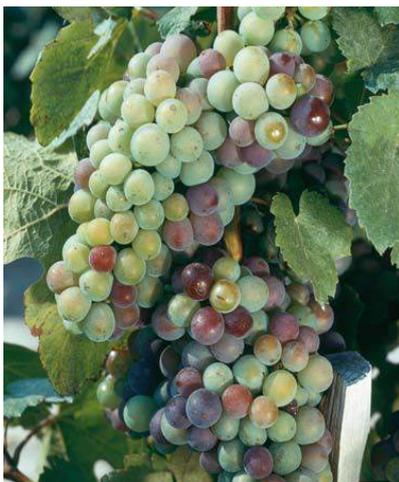


Figure 45 : Véraison (source : ifv.fr)



*Figure 46 : Tâche d'huile (source :
L. Thouret)*



*Figure 47 : Feutrage blanc
(source : L. Thouret)*

Enfin, la véraison (M, ou 81 à 85) est la période où les baies sont en phase finale de maturation (fig 45). Leur acidité diminue, à cause de l'accumulation de sucres. Les grains perdent alors de leur fermeté, et commencent à se ramollir. La véraison est définie lorsque la moitié des baies est ramollie et a changé de couleur. Elle a lieu en août.

2. Le mildiou de la vigne

Le mildiou de la vigne, originaire des Etats-Unis, a été remarqué dès le milieu du XIX^e siècle en France, dans le Bordelais. Actuellement présente dans le monde entier, cette maladie épidémique est due à un parasite obligatoire, et constitue un fléau pour les vigneron. Le champignon infeste en effet toutes les plantes du genre *Vitis*, mais tandis que les plantes sauvages y sont généralement résistantes, les cultivars, eux, y sont particulièrement sensibles. Tous les organes peuvent être touchés, et plus particulièrement les organes en croissance, riches en eau.

a) Classification

Le mildiou est dû à *Plasmopara viticola*, un champignon Oomycètes, c'est-à-dire un organisme eucaryote filamenteux, non chlorophyllien. Il appartient à la famille des Peronosparacées, il n'a donc qu'une seule oospore par oogone fécondé.

b) Symptômes et dégâts

Nous l'avons vu, le mildiou prend plusieurs formes. Sur les feuilles, on le repère sur la face supérieure grâce à la tâche d'huile (fig 46), et sur la face inférieure grâce au feutrage blanc (fig 47). Cette forme de mildiou est plutôt présente sur les jeunes feuilles, et en début de saison (contamination primaire). La feuille va se nécroser : c'est l'apoptose*.

En fin de saison, on observera du mildiou mosaïque sur les feuilles âgées. Celui-ci se manifeste par de petites tâches polyédriques jaune, rouges ou brunes, limitées par les nervures.

L'attaque foliaire du mildiou est la première qui a lieu. Elle est néfaste pour deux raisons. D'une part, les feuilles infestées constituent des foyers de champignons susceptibles de contaminer le reste de la plante. D'autre part, la nécrose des feuilles va limiter la photosynthèse, et donc le développement des fruits. Toutefois, le mildiou foliaire n'est préoccupant qu'en début de saison. En effet, lorsque la grappe est formée et remplie, cela a peu d'impact, si ce n'est sur la vitalité de la plante, qui aura peut-être plus de mal à redémarrer la saison suivante.

Le mildiou peut également toucher les fleurs et les fruits. Ainsi, si les organes fertiles sont touchés lors de la floraison, la rafle se colore en rouge – brun et se déforme en crosse. Les inflorescences détruites vont se dessécher et tomber. La récolte est perdue.

Si l'attaque a lieu quand les boutons floraux ont éclor et que les jeunes baies sont formées, ceux-ci vont se couvrir d'efflorescences* blanches. On appelle cela le faciès *rot gris*.

Après la nouaison, les baies prennent une teinte brun-rouge à violacée. Leur surface n'est pas bombée, mais concave. On appelle cela le faciès *rot brun, coup de pouce* ou *dépression de la baie*. Les raisins ne sont pas utilisables.

Enfin, une attaque après la véraison n'a pas d'impact : les baies formées ne sont pas sensibles au mildiou.

c) Moyens de lutte

La lutte contre le mildiou ne peut être que prophylactique, c'est-à-dire préventive. En effet, une fois le mildiou installé, on ne sait pas l'éliminer. Il convient donc de créer un climat défavorable à son arrivée et à son développement.

On peut donc éviter l'accumulation d'eau dans les creux et en bout de rang, en effectuant un travail de drainage. On peut également supprimer les pousses basses et les rejets qui traînent au sol.

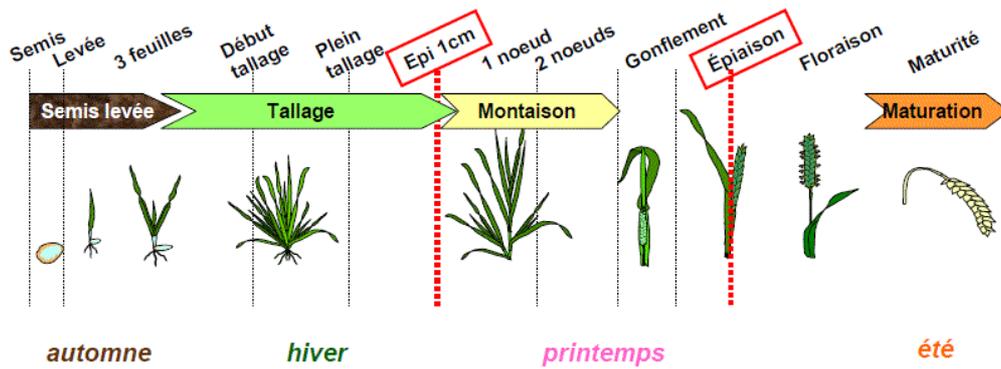


Figure 48 : Cycle biologique du blé (source : arvalis.fr)



Figure 49 : Oïdium sur feuille de blé (source : M. Trottet)



Figure 50 : Septoriose sur feuille de blé (source : L. Thouret)



Figure 51 : Fusariose sur feuilles et tiges de blé (source : grandes-cultures.reussir.fr)



Figure 52 : Rouille sur feuille de blé (source : L. Thouret)

Des traitements préventifs existent. Ils sont à base de suivre, qui a un effet de contact. Les ions du cuivre inhibent en effet la germination des oospores. Les produits et les doses autorisés sont mentionnés dans le cahier des charges des différents labels, et seront abordés dans la partie *VIII*.

3. Le blé tendre

Il existe diverses espèces de blé, du genre *Triticum* : le blé dur, *Triticum turgidum*, est utilisé pour la semoule, tandis que le blé tendre, *Triticum aestivum*, est panifiable.

a) Classification

Le blé tendre est une céréale herbacée. Il appartient donc à la famille des Poacées. C'est une plante annuelle qui a été domestiquée par l'Homme depuis le VIII^e millénaire avant J-C. Il existe des blés d'hiver et de printemps. Nous avons réalisé des essais sur un blé d'hiver. Nous nous sommes donc plus particulièrement intéressés à ce type de blé.

b) Cycle biologique (fig 48)

Le blé d'hiver est semé à l'automne (début à mi-octobre). La graine va germer en huit à vingt jours, selon la température : le coléoptile va percer l'enveloppe de la graine. Quand il atteindra la surface du sol, on observera la *levée*. Cette étape débute par le stade *une feuille*, et termine au stade *trois-quatre feuilles*. Apparaît alors le stade *tallage*. Le blé va alors émettre des talles et des racines secondaires. La période végétative prend fin. On entre dans la phase reproductrice, qui débute par l'ébauche de l'épi et finit par la maturation du grain. Une échelle dite « échelle de Jonas » permet de qualifier les différentes étapes de maturation de la plante à partir de cette période. Le stade A correspond au stade *cinq-six feuilles*. Au stade B, ou stade *épi 1 cm*, c'est la fin du tallage et le début de la montaison (montée de l'épi dans la tige). On est entre mi et fin-avril. Les stades B et D correspondent aux stades *montaison* et *gonflement*, vers mi-fin-mai. À la fin de ces stades, l'épi est gonflé et prêt à sortir de la gaine des dernières feuilles. À l'*épiaison*, les organes floraux sont formés et l'épi émerge à l'aisselle de la feuille drapeau. La *fécondation* est interne et est suivie de la *floraison*. Le grain va ensuite grossir et devenir mature (juin). Il passera par les stades *pâteux*, *rayable à l'ongle* et *cassant sous la dent*. Il est alors prêt pour la récolte, en juillet.

4. Les cryptogames des céréales

Les céréales sont la proie de nombreuses maladies cryptogamiques.

a) Classification

Les maladies cryptogamiques des céréales sont essentiellement transmises par des Ascomycètes. Leurs spores sont donc formés à l'intérieur d'asques. *Blumeria graminis* est responsable de l'oïdium (fig 49) et du mildiou des céréales. La septoriose (fig 50) peut être transmise par *Zymoseptoria tritici* ou par *Phaeosphaeria nodorum*, et la fusariose (fig 51) par *Fusarium spp.* ou *Microdochium nivale*.

Les rouilles (fig 52) sont dues à des Basidiomycètes (leurs spores sont formées à l'extrémité de cellules spécialisées, les basides) comme *Puccinia graminis*.

b) Symptômes et dégâts

L'oïdium du blé attaque tiges, épis et feuilles, mais il s'observe plus particulièrement sur ces dernières. On constate un développement de pustules blanches, qui vont produire des spores d'apparence poudreuse. Les pustules vont se colorer petit à petit, et devenir gris ou brun. Leur présence va diminuer la photosynthèse, ce qui va réduire le rendement de la plante, en l'empêchant de produire des feuilles ou de remplir ses épis, selon le moment de l'invasion. L'oïdium reste toutefois peu destructeur.

Le mildiou des céréales va nanifier la plante, tordre des feuilles et ses épis, et empêcher ou limiter la formation de ceux-ci. Les plantes deviennent brunes, jaunes, puis meurent ou subsistent mais restent petites et peinent à atteindre la maturation.

La fusariose attaque la tige et les épis. On va observer des taches brunes aux nœuds et sur les épillets.

La septoriose peut s'observer début décembre. On voit en effet apparaître des plaques brunes. La plante va se nécroser. Les lésions sont parfois limitées par les nervures des feuilles. La maladie est aussi observable sur les épis.

La rouille peut contaminer feuilles, tiges et épis. On constate des pustules jaunes qui suivent la nervure des feuilles sur la face supérieure. Comme les autres maladies, elle réduit la surface photosynthétique de la plante.

c) Moyens de lutte

Pour éviter le développement de l'oïdium, on va limiter la densité de semis, choisir des variétés résistantes et fractionner l'apport azoté. Une fois le champignon installé, il existe des produits phytosanitaires fongicides.

Il n'existe pas de traitements curatifs contre le mildiou et la fusariose.

La septoriose peut être contrôlée par des traitements préventifs.

Pour la rouille, la lutte prophylactique va consister à détruire les repousses de céréales, car elles sont souvent contaminées. L'idéal est de réaliser des rotations qui cassent le cycle biologique des champignons.

De manière générale, on va drainer de façon préventive, afin d'éviter les zones humides dans les parcelles que les champignons affectionnent.

5. Les pommes de terre

La pomme de terre est un tubercule comestible originaire de la Cordillère des Andes, et amené en Europe par les conquistadors espagnols à la fin du XVI^e siècle.

a) Classification

Solanum tuberosum est le nom latin de la pomme de terre. L'espèce appartient à la sous-section *Potatoe* : on observe la présence de vrais tubercules qui se forment au bout des stolons.

b) Cycle biologique

On plante le tubercule en mars-avril. Il se forme alors des germes, qui vont croître jusqu'à atteindre la surface du sol. Les feuilles vont alors sortir. Tiges et feuilles vont se développer jusqu'en juin. À partir de mai, les fleurs vont se former. Elles s'épanouiront en juin. Les tubercules vont alors commencer à grandir au bout des stolons. En juillet, c'est la fructification : on peut récolter les pommes de terre nouvelles, dont la peau se détache facilement. Le feuillage commence à jaunir. Les tubercules deviennent matures en septembre : leur peau est bien formée, et ils sont aptes à la conservation.



Figure 53 : Dégâts de *Phytophthora infestans* sur feuilles de pommes de terre (source : inra.fr)

Variétés	Rendement (t/ha)	Résistance au mildiou du feuillage
Eden	32	++
Naturella	27	++
Estima	22	-
Emeraude	21	-
Santé	20	+
Nicola	19	-
Bintje	18	—
Désirée	17	-
Charlotte	16	-

Rendement brut des variétés testées (GRAB - 2001), récolte au 30 août

++ : résistance intéressante + : moyenne
- sensible — : très sensible

Figure 53' : Classification des variétés de pomme de terre en fonction de leur résistance au mildiou, qui influe sur le rendement (source : grab.fr)

Variétés résistantes
Gasore, Eden, Naturella, Maestro, Raja, Bondeville, Corolle
Variétés moyennement sensibles
Ballade, Juliette, Aida
Variétés assez sensibles
Agria, Claret, Sylvia, Marfona, Ditta, Sinora, Artemis

Classification des variétés (résultats d'essais FREDEC)

Figure 53'' : Classification des variétés (source : grab.fr)

6. Le mildiou des pommes de terre

En maraîchage comme en jardinage, le mildiou touche surtout les Solanacées. Pommes de terre, tomates et poivrons sont donc sujets à cette maladie ravageuse. Nous allons nous intéresser à la pomme de terre. Chez celle-ci, la maladie infecte tubercules et feuillage.

a) Classification

Le champignon vecteur du mildiou des pommes de terre s'appelle *Phytophthora infestans*. Comme *Plasmopara viticola*, c'est un Oomycètes. De la famille des Pythiacées, c'est un parasite des végétaux. Le genre *Phytophthora* (du grec φυτόν (phytón) : plante ; φθορά (phthorá), destruction) compte une centaine d'espèces. Il est responsable du mildiou chez les Solanacées. L'espèce *infestans*, elle, provoque la maladie chez les pommes de terre et les tomates.

b) Symptômes et dégâts

Le mildiou de la pomme de terre se manifeste en foyers isolés. À partir de ces zones infestées, l'infestation se généralise, et peut coloniser la totalité de la parcelle en quelques jours. Les dégâts sont alors considérables.

On observe de larges zones brune, auréolées de vert pâle, à la face supérieure des feuilles (fig 53). Ces tâches se dessèchent au centre, et correspondant à un duvet blanc à la face inférieure.

Le mildiou va détruire les jeunes pétioles et tiges. Les organes plus vieux vont casser.

Les tubercules mildiousés vont présenter des taches brunes au niveau de l'épiderme tandis que la chair sera infiltrée de zones marbrées de couleur rouille à texture fibreuse ou granuleuse qui donnera un aspect de pourriture sèche.

Le mildiou est également un fléau pour la pomme de terre lors du stockage : il convient de les entreposer dans un endroit frais et sec, et de s'assurer que tous les tubercules sont sains.

La maladie entraîne bien entendu des baisses de rendement. Le GRAB (Groupe pour la Recherche en Agriculture Biologique) a effectué des recherches sur le mildiou de la pomme de terre. Il en résulte que maladie du feuillage et rendement sont liés, mais qu'une très forte infestation n'implique pas forcément une perte totale de la récolte. Les pertes dépendent énormément du stade de maturation des tubercules au moment de l'invasion. Ainsi, une dégradation du feuillage aura peu ou pas d'impact si les tubercules sont déjà à maturité, car ils n'ont alors plus besoin que la plante photosynthétise. Le GRAB constate également que certaines variétés, Binje et Désirée, voient le calibre des tubercules diminuer à cause d'une attaque de champignon précoce sur le feuillage.

c) Moyens de lutte

Comme pour la vigne, on peut traiter les pommes de terre avec du cuivre, de façon préventive. Il s'agit actuellement des seuls traitements efficaces.

La lutte prophylactique passe également par l'utilisation de variétés résistantes. Ainsi, des études ont été effectuées, notamment par le GRAB, dont on peut voir les résultats sur les figures 53' et 53". La difficulté étant de sélectionner à la fois des pommes de terre résistantes, et à la fois des pommes de terre qui plaisent gustativement, il peut être intéressant d'intercaler variétés résistantes et variétés plus sensibles, mais plus classiques.

Des bandes enherbées entre les rangs limitent également la propagation du mildiou. Cependant, les deux pratiques précédentes compliquent relativement la récolte. En outre, les études effectuées par le GRAB ont démontré que ces méthodes étaient discriminantes sur le feuillage, mais peu visibles sur le rendement.

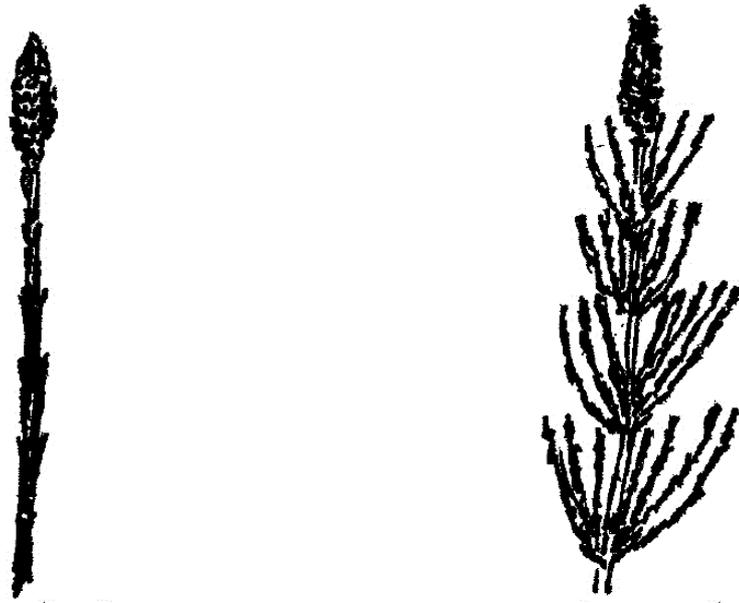
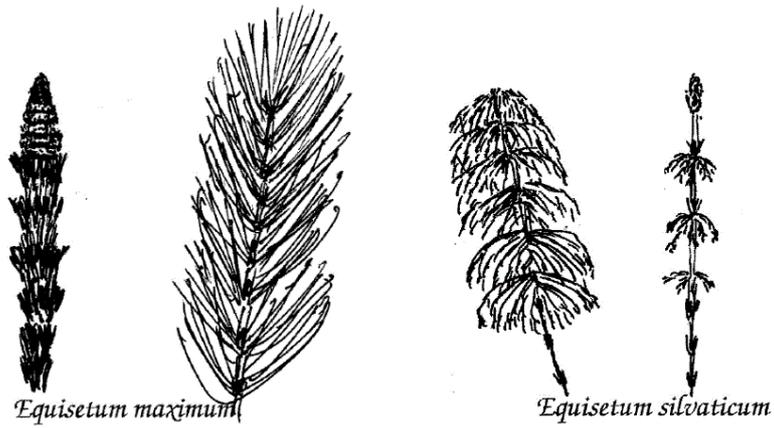


Figure 54 : Tiges de prêle nue (à gauche) et verticillée (à droite) (source : flore Bonnier)



Equisetum maximum

Equisetum silvaticum

Figure 55 : Prêles au port cylindrique (source : flore Bonnier)



Equisetum arvense.

Equisetum pratense.

Figure 56 : Prêles au port en fuseau (source : flore Bonnier)

On peut également jouer sur la durée de la culture : plus celle-ci sera courte, et plus les dégâts seront réduits. On va donc utiliser des techniques de prégermination, et une plantation précoce, ce qui aura pour effet que la plante sera plus développée lors de l'attaque, et les tubercules, déjà formés, seront hors d'atteinte car déjà matures.

Comme nous l'avons vu, le mildiou est présent quand on observe un excès d'humidité. Outre le fait qu'il s'agisse d'un milieu propice à son développement, l'état de la plante dans cette situation est également un facteur de présence. En effet, en cas de forte humidité, la plante peut pourrir, mais elle peut aussi croître de façon extrême. Elle devient alors exubérante. C'est cette exubérance qui est propice au développement du champignon, et il va trouver au sein même de la plante des conditions idéales de nourriture et d'habitat.

VIII. La prêle des champs, une plante aux propriétés anticryptogamiques reconnues

La prêle est une plante étonnante. Ne possédant pas de feuilles, très rigide et semblant dépourvue d'organe reproducteur, elle est unique en son genre. Ses caractéristiques particulières s'expliquent entre autre par sa composition.

A. Les prêles

Les prêles sont des végétaux très anciens. On en retrouve en effet qui datent du Dévonien. En France, il en subsiste onze espèces.

1. Généralités

Les prêles appartiennent au groupe des Sphénophytes : (ou Equisetophytes ou Arthrophytes). Ce sont des végétaux vasculaires : la tige est creuse. Cette division comporte trois ordres, dont deux fossiles. *Equisetales* est donc l'unique ordre survivant des prêles. Celui-ci comporte une famille actuelle, *Equisetaceae*. Les quatre autres sont éteintes. Enfin, *Equisetum* est le seul genre de la famille des Equisetacées. On peut classer les prêles en onze groupes.

Le premier groupe comprend sept espèces. Celles-ci ont une tige unique, et leur épi sporifère est situé au sommet de la partie végétative. La tige peut porter des verticilles de rameaux ou ne pas être ramifiée (fig 54). Il s'agit de *E. variegatum*, *campanulatum*, *trachyodon*, *hiemale*, *limosum*, *ramosum* et *palustre*.

Les quatre autres espèces ont deux tiges différentes : une tige fertile portant l'épi sporifère, et une tige végétative, portant des verticilles de rameaux. Parmi ces quatre espèces de prêle, *E. maximum* et *E. silvaticum* (fig 55) ont un port cylindrique, car tous les verticilles ont sensiblement les mêmes dimensions. Au contraire, *E. arvense* et *E. pratense* ont un port en fuseau, avec les verticilles des extrémités plus petits que ceux du centre (fig 56). Chez *E. pratense*, les deux tiges (stérile et fertile) apparaissent en même temps. Ce n'est pas le cas pour *E. arvense*.

Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à *Equisetum arvense* et *Equisetum maximum*, deux prêles que nous avons utilisées dans notre essai.



Figure 57 : Equisetum arvense (source : L. Thouret)



Figure 58 : Equisetum arvense fraîche (source : L. Thouret :



Figure 59 : Equisetum arvense incinérée : il ne reste que le squelette de silice (source : L. Thouret)

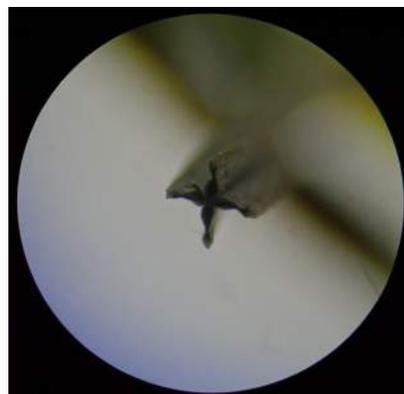


Figure 60 : Tige de Equisetum arvense observée à la loupe binoculaire (source : L. Thouret)

2. *Equisetum arvense*

Chez *Equisetum arvense*, (fig 57), ou prêle des champs, les tiges fertiles apparaissent avant les tiges stériles, vers mars avril. Les premières mesurent 10 à 20 cm et sont brunes. L'épi sporifère, oblong et roussâtre, apparaît en mars avril. Les tiges stériles, elles, mesurent entre 20 et 60 cm, sont creuses, et leur squelette, comme les autres prêles, est composé de silice (fig 58 et 59). Rude au toucher, leur surface présente huit à douze profonds sillons parallèles à la tige. Celle-ci est constituée de segments emboîtés. On trouve aux nœuds huit à douze dents brunes et effilées. Les verticilles, dressés, ont quatre côtés tranchants (fig 60). *Equisetum arvense* vit dans les champs et les fossés.

3. *Equisetum maximum*

La prêle élevée a un fonctionnement identique à la prêle des champs. Chez elle, les tiges fertiles mesurent 10 à 40 cm, et les tiges stériles de 50 cm à 1 m de haut. Elle affectionne les bords des ruisseaux et les marécages forestiers. On la différencie de la prêle des champs par sa forme cylindrique, sa taille plus élevée et le nombre de dents aux nœuds (12 à 24 pour *E. maximum*).

B. Son usage

Equisetum arvense détient de nombreuses propriétés.

Autrefois, on utilisait ses qualités abrasives, dues à la forte teneur en silice de la plante, pour poncer les instruments en bois et les pièces d'ébénisterie ou de métal.

Les tiges stériles ont des propriétés diurétiques, hémostatiques, reminéralisantes et antirhumatismales. On l'utilise en tisane ou en compresse pour des problèmes de dégénération du collagène (qui agit sur les rides, les vergetures, l'acné...), grâce à la silice, au potassium et au calcium qu'elle contient. Les jeunes pousses peuvent être consommées en salade, cuites à la vapeur, à l'huile, ou conservées dans du vinaigre.

Elle est également utilisée en agricultures biologique et biodynamique dans la lutte contre les cryptogames (annexe III). En effet, ceux-ci se manifestent dans des conditions humides. Or, la prêle pousse dans des lieux humides mais la plante contient un fort taux de matière sèche et de matière minérale (silice). Elle possède donc une capacité de régulation de l'eau très développée. Son application sur une plante semble permettre à celle-ci une meilleure gestion de l'eau, ce qui constitue un frein à l'attaque des cryptogames.

L'anthroposophie explique son pouvoir antifongique par son comportement reproducteur. Chez la prêle, la fructification est brève et discrète, et elle laisse rapidement place à la phase végétative, qui se développera plus amplement. C'est en effet la reproduction végétative qui est la plus importante. À l'inverse du champignon, c'est une plante qui semble réfréner toute exubérance. Elle observe un parfait contrôle de chacun de ses organes (verticilles très fins et réguliers, corps extrêmement segmenté), tandis que le cryptogame croît de façon exponentielle dès qu'il en a la possibilité. Prêle et champignon semblent adopter des comportements opposés. Les biodynamistes pensent que la première permet de réguler le second.

Cela amène à utiliser la prêle sous forme de purin*, de tisane* ou de décoction sur les plantes sensibles aux cryptogames. L'efficacité de la prêle est reconnue, et fait l'objet de recherches .

C. Son mode d'action

La prêle a donc un rôle dans la lutte contre les cryptogames, notamment le mildiou. Comme nous l'avons énoncé, ce champignon est présent lorsque le végétal est trop exubérant. Il a alors une action destructive. Il semble donc agir comme un régulateur, car de cette façon il canalise la plante. La prêle, nous l'avons vu, a une grande capacité de gestion de l'eau. Son action sur la plante est également régulatrice, mais non destructrice. Elle semble absorber l'eau en excès, et ainsi prévenir l'attaque du mildiou. C'est également pour cela qu'on lui prête des qualités asséchantes, et on recommande communément de ne pas l'utiliser dans des conditions trop sèches.

Du point de vue de sa composition, cette capacité d'assèchement est probablement due à sa forte teneur en silice.

IX. La mise en place de l'expérimentation prêle

Cette expérimentation, comme pour les dynamisations, a été mise en place sur différentes cultures. L'essai a consisté en des pulvérisations à l'aide d'un pulvérisateur manuel, également utilisé pour l'autre expérience.

La mise en place de l'expérimentation prêle a débuté en octobre 2013, comme nous le verrons dans la partie « VIII. C.2. La mise en place des spots ». Florence B., une stagiaire de licence ABcd (Agriculture Biologique : conseil et développement), a donc réalisé seule les manipulations jusque début avril, période à laquelle j'ai débuté le stage. Nous avons travaillé ensemble jusqu'en juin, et j'ai suivi l'expérimentation jusqu'en août.

A. L'objectif de l'expérience

Le mildiou, comme nous l'avons vu, est un problème récurrent et très gênant dans de nombreuses cultures, car il altère aussi bien la quantité que la qualité des produits. Nous allons nous intéresser particulièrement aux vignes, aux pommes de terre et au blé, diverses cultures qui craignent les cryptogames.

En agriculture conventionnelle, la lutte contre le mildiou s'organise de la façon suivante :

- pour la vigne, des produits présentant les principes actifs fosetyl d'aluminium, folpel ou fluopicolide
- pour les céréales, des produits chimiques dans lesquels on trouve du prothioconazole, du tébuconazole, du triadimenol, de la spiroxamine
- pour les pommes de terre, des produits au chlorothalonil, fénamidon, propamocarbe, sulfates de cuivre, acides aminés, mandipropamid, mancozebe ou metalaxil

Les doses existant sur les produits ne sont qu'indicatrices. Le traitement n'est pas réglementé.

En agriculture biologique, on peut contrôler le mildiou par :

- 6 kg/ha/an de cuivre métal pour les vignes
- des produits à base de soufre pour lutter contre les cryptogames des céréales (produits homologués)
- des produits à base de cuivre pour les pommes de terre :
 - bouillie bordelaise (sulfate de cuivre)
 - hydroxyde de cuivre
 - Fercuivre (à base d'oxychlorure, de lithothamme et d'extrait de plante)
 - Promild (Cu, Mn, Zn, Fe)

Les doses indiquées sont maximales, et correspondent au cahier des charges de l'agriculture biologique européen.

En agriculture biodynamique (Demeter), on peut utiliser :

- 3 kg/ha/an de cuivre métal pour les vignes et les vergers
- rien sur céréales
- rien sur pommes de terres

Comme pour l'agriculture biologique, les doses indiquées sont maximum. Les produits cités sont ceux couramment utilisés. Il en existe d'autres.

La prêle est déjà utilisée en agriculture biologique et biodynamique contre les cryptogames, mais il peut être intéressant de tester différents produits afin de déterminer lequel est le plus efficace. Il semble donc important de quantifier et qualifier ses effets, ce qui permettra également de savoir jusqu'à quel point on peut se dispenser de cuivre et de soufre tout en garantissant des cultures saines et une production suffisante.

Des décoctions de prêle ont été réalisées :

- *Equisetum arvense*, couramment utilisée : prêle de référence
- *Equisetum maximum*, peu utilisée, bien que certaines personnes affirment son efficacité. C'est ce que nous allons essayer de constater ici.
- Une fermentation a été élaborée avec *Equisetum arvense*, afin d'observer si une fermentation* est plus efficace qu'une décoction* simple.
- Des dilutions homéopathiques de décoction et fermentation seront également élaborées. En effet, la prêle est de plus en plus utilisée, en agriculture (biologique et biodynamique), mais aussi en tant que complément alimentaire. Il faut donc répondre à une demande plus forte, que l'offre ne peut pas suivre. De plus, les cultures biologiques de prêle sont menacées par les eaux polluées par les intrants chimiques. Ce phénomène est particulièrement fort lors des périodes de précipitations importantes, comme cet hiver. Des dilutions de prêle permettraient de traiter plus de surface avec moins de substance de base. Deux dilutions ont donc été réalisées.
- Une préparation nouvelle dans le monde de la biodynamie, à base de dilution de prêle, la lichtdünger, est également à tester.

B. Les différentes préparations utilisées

Les décoctions, fermentations et dilutions ont été réalisées de la manière suivante.

Décoction de prêle EA – BDS – D (*Equisetum arvense* de Biodynamie Services en décoction)
(27 novembre 2013)

- Pesée de 100 g de prêle *Equisetum arvense*
- Ajout de 3 L d'eau du puits, le tout dans une casserole
- Macération* de 24 h
- Cuisson à petits bouillons dans une casserole pendant 45 minutes

Décoction de prêle EM – D (*Equisetum maximum* décoctée, récoltée dans un champ entre Château et Cluny), 29 novembre

- Pesée de 100 g de prêle
- Ajout de 3 litre d'eau
- Macération de 24 h
- Cuisson à petits bouillons dans une casserole pendant 45 minutes

Décoction de prêle EA – P – MDF (*Equisetum arvense* récoltée sur le domaine Pignier, en biodynamie depuis 2003, macérée, décoctée et fermentée), 29 novembre

- Pesée de 100 g de prêle
- Ajout de 3 L d'eau
- Macération de 24 h
- Cuisson à petits bouillons dans une casserole pendant 45 minutes
- Après refroidissement, ajout d'une cuillère à soupe de lactosérum pour faciliter la fermentation
- Suivi du protocole élaboré par les laboratoires WALA

Fermentation selon Kolisko et Hauschka (WALA)

Les décoctions fermentées pourraient avoir plus d'efficacité que les tisanes fraîches. On a donc suivi un processus de fermentation calqué sur les rythmes solaires.

- On ajoute à la teinture mère obtenue une cuillère à soupe de lactosérum.
- Les teintures mères sont versées dans des pots en grès, eux-mêmes placés dans des boîtes en bois isolées par une couche de tourbe. La tourbe, par son inertie, permet en effet de conserver une température stable et appropriée (20 °C)
- On sort les bocaux une heure avant le lever du soleil, après un réchauffage à 36 °C.
- On dynamise la teinture mère pendant 3 min, puis on laisse le bocal à la lumière du jour.
- On les rentre à l'intérieur une heure après le lever du soleil, on réchauffe à 36 °C et on les remet dans les boîtes.
- On effectue la même opération une heure avant le coucher du soleil (réchauffage, dynamisation, repos, réchauffage). On les rentre une heure après le coucher du soleil.
- On continue cela pendant 8 jours, le temps nécessaire à la fermentation

Décoction de prêle EA – BDS – D – D5 (*Equisetum arvense* de Biodynamie Services en décoction, en dilution)

- Utilisation de la décoction de prêle **EA – BDS – D**
- Réalisation d'une D5 : cinq dilutions au dixième :
 - 1 part de décoction + 9 parts d'eau et succussions de 3 min → D1
 - 1 part de D1 + 9 parts d'eau et succussions de 3 min → D2
 - 1 part de D2 + 9 parts d'eau et succussions de 3 min → D3
 - 1 part de D3 + 9 parts d'eau et succussions de 3 min → D4
 - 1 part de D4 + 9 parts d'eau et succussions de 3 min → D5

Décoction de prêle EA – P – MDF – D5 (*Equisetum arvense* récoltée sur le domaine Pignier, macérée, décoctée, fermentée et diluée)

- Utilisation de la décoction de prêle **EA – P – MDF**
- Réalisation d'une D5

La **Lichtdünger** a également été utilisée. Il s'agit d'une préparation réalisée par Benjamin Epfler expérimentée en vue d'une mise en marché. À base de D5 d'une décoction d'un igname : *Discorea batata*, dénommé licht-wurztzel ou « racine de lumière », et d'une D7 de décoction de prêle *Equisetum arvense*, la lichtdünger a été créée comme une amélioration de la décoction de prêle.



Figure 61 : Fragments de feuilles de vignes contaminées dans la capsule (source : F. Brouillard)

On dispose donc de six produits finis :

- Décoction de prêle EA – BDS – D → **DEA**
- Décoction de prêle EM – D → **DEM**
- Décoction de prêle EA – P – MDF → **DF**
- Lichtdünger → **LD**
- Décoction de prêle EA – BDS – D – D5 → **DEAD5**
- Décoction de prêle EA – P – MDF – D5 → **DFD5**

Ils n'ont pas tous été utilisés sur chaque essai, soit par manque de surface disponible à l'expérimentation, soit pour l'intérêt peu prononcé qu'ils représentent. Ainsi, la modalité DFD5 ne sera utilisée que sur les spots (essai laboratoire).

C. Les spots : essai « laboratoire »

Dans un premier temps, l'expérimentation « prêle » sera effectuée à petite échelle sur des spots, et les observations se feront en laboratoire.

1. La méthode FREDON (Annexe IV)

Le protocole FREDON (Fédération REgionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) a été mis en place par la Chambre d'Agriculture de Bourgogne pour déterminer la date de maturité des œufs d'hiver de mildiou, qui constituent la forme de conservation du mildiou à cette période. La maturité des œufs correspond à la date à laquelle le mildiou peut contaminer la vigne. Il lui faut pour cela des températures et des taux d'humidité favorables.

Afin d'observer l'éclosion des œufs, la Chambre d'Agriculture a élaboré des spots à mildiou, petits lieux d'élevage de mildiou, que nous verrons en détails dans la partie « 2. La mise en place des spots ».

La méthode FREDON a été appliquée, mais en l'adaptant à nos propres besoins. En effet, l'éclosion des œufs de mildiou a été observée sur des feuilles contaminées. Il s'agissait de constater si les différentes préparations de prêle précédemment élaborées avaient un effet sur l'éclosion des œufs : stoppage ou ralentissement de la germination.

2. La mise en place des spots

Pour cette expérimentation, l'ensemble des préparations à base de prêle, au nombre de six, a été utilisé. Un témoin a également été nécessaire.

On a suivi le protocole suivant :

Préparation des tissus végétaux utilisés, élaboration des spots à mildiou et mise en place du matériel (6 décembre 2013)

Préparation des tissus végétaux (fig 61)

- Des feuilles de vigne contaminées par le mildiou ont été utilisées. Celles-ci ont été récoltées en octobre sur une parcelle de Chardonnay appartenant à Marc Guillemot, à Clessé, et cultivée en biodynamie depuis plus de vingt ans.
- Les feuilles ont été conservées au sol, afin que leur environnement soit semblable à celles de feuilles tombées au sol (notamment l'humidité). Elles ont été mises dans des toiles fines, afin qu'elles ne soient pas dévorées par les insectes, et qu'elles ne soient pas trop salées par la terre, pour assurer de bonnes conditions d'observation.
- Elles ont été mises à tremper dans un bain d'eau à température ambiante, afin de pouvoir les étaler sans qu'elles ne se cassent.



Figure 62 : Spot à mildiou (source : F. Brouillard)

Tableau 14 : Dates de pulvérisation des préparations de préle sur les cultures

Vignes	Céréales	Pommes de terre
6 avril		
	14 avril	
	29 avril	
	9 mai	
19 mai		
26 mai		
2 juin		
18 juin		
28 juin		
9 juillet		
16 juillet		

- Elles ont été brossées avec un écouvillon, afin d'enlever la terre et autres impuretés présentes à leur surface.
- Elles ont ensuite été observées à la loupe binoculaire avec la lampe inférieure afin de déterminer des foyers de mildiou.
- Des petits fragments de moins de 1 cm² ont été coupés dans les zones présentant des oospores de mildiou.
- Sept lots de fragments ont été réalisés, à raison d'une dizaine de fragments par lot. Afin de garantir une homogénéité de l'essai, les fragments appartenant à une même feuille ont été disséminés dans chaque lot.
- Les lots de fragments ont ensuite été déposés dans des capsules de plastique (boîtes ovoïdes de 5 cm de diamètre, perméables grâce à une fine toile, permettant les échanges gazeux mais non de matière. Ces boîtes ont été soigneusement fermées.

Élaboration des spots (fig 62)

- Les spots sont constitués d'un tube en PVC de 30 cm de long et de 15 cm de diamètre. Ils sont fermés à chaque extrémité par du grillage fin (treillis de 1 mm²), maintenu par un fil de fer. Cela a pour but d'empêcher la pénétration d'insectes ou de vers dans le tube.

Mise en place du matériel

- L'expérimentation a lieu dans un pré verger, situé sur un coteau exposé Est/Sud-Est. Il s'agit d'un terrain appartenant à Pierre Masson, et donc cultivé en biodynamie depuis 20 ans.
- Les spots ont été enterrés à mi-hauteur (15 cm de profondeur) dans l'herbe, tous les 9 m. Une couche de terre stérilisée a été déposée à l'intérieur, afin de s'assurer que les fragments ne seront pas contaminés par des germes extérieurs. Cinq centimètres de sable stérilisé ont été ajoutés. La capsule a été insérée dans cette couche de sable. Les spots sont chacun distants d'un mètre d'un arbre fruitier.

Pulvérisation des préparations (février-mars 2014)

- Chacune des préparations a été pulvérisée sur une surface de 20 m², autour du spot correspondant, à l'aide d'un épandeur manuel.
- Deux pulvérisations par modalité :
 - le 6 février 2014, entre 17 h et 17 h 30, sauf pour la Lichtdünger, qui a été pulvérisée le 21 février (car non disponible le 6 février)
 - le 28 mars pour toutes les modalités

Les observations ont débutées lorsque le climat a été propice au développement du mildiou. Cela sera détaillé dans la partie «X. Les moyens d'observation et les résultats ».

D. Les essais paysans

Les pulvérisations de prêle se sont faites hebdomadairement, à partir de la première semaine d'avril. Nous avons réalisé trois passages pour les céréales et les pommes de terre, et onze passages pour les vignes (tab 14). Le protocole élaboré suit donc les méthodes de travail en biodynamie. Pour les pommes de terre et les céréales, la prêle est intéressante lorsque son application a lieu avant le semis ou la plantation (à l'automne), puis deux fois au printemps. Dans le cadre de notre expérimentation, les pulvérisations n'ont eu lieu qu'au printemps, car l'assolement des parcelles était indéterminé à l'automne. Pour les vignes, il s'agit de traitements réguliers et plus nombreux en cours de végétation.

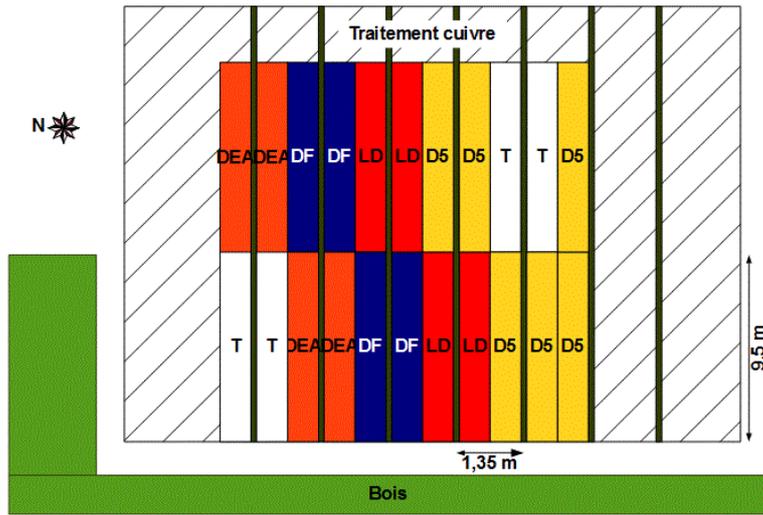


Figure 63 : Parcelle de vignes de Clessé (source : L. Thouret)

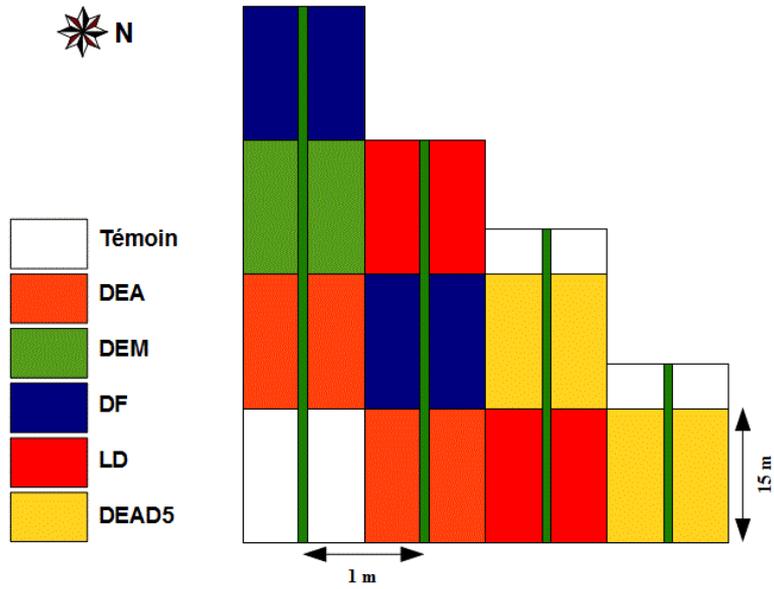


Figure 64 : Parcelle de vignes de Loché (source : L. Thouret)

Nous avons réglé la buse du pulvérisateur de manière à avoir un jet qui mouille le feuillage : des gouttes assez petites, afin qu'elles ne tombent pas immédiatement au sol, mais pas aussi fines que pour la silice, car on souhaitait pulvériser une plus grande quantité de prêle que lorsque l'on vaporise la silice.

Nous avons calculé qu'ainsi nous pulvérisions 25 L/ha.

1. Les vignes

Les essais vignes se sont faits sur deux parcelles. Elles n'ont reçu aucun traitement durant toute la durée de l'expérimentation. Par contre, elles ont été poudrées au soufre (contre l'oïdium, une autre maladie cryptogamique) après l'attaque annoncée. Les vigneronns y ont pulvérisé également les préparations biodynamiques 500P et 501, et le travail du sol a été le même qu'habituellement.

a) Parcelle de Clessé

Cette parcelle a été mise à disposition par la SCEA Guillemot – Michel. Il s'agit de vignes plantées en 1995, sur porte greffe 5BB, de cépage Chardonnay. Bordée au Nord et à l'Ouest de forêt, au Sud et à l'Est de vignes, elle est située dans une zone relativement humide, et est donc particulièrement sensible au mildiou.

L'expérimentation a porté sur cinq rangs (fig 63), avec les quatre modalités suivantes :

- Décoction de prêle EA – BDS – D → **DEA**
- Décoction de prêle EA – P – MDF → **DF**
- Lichtdünger → **LD**
- Décoction de prêle EA – BDS – D – D5 → **DEAD5**

Nous n'avons pas testé DEM sur cette parcelle par manque de place, ainsi que DFD5. Nous avons bénéficié d'un rang « écran » entre les traitements et l'expérimentation. Nous y avons pulvérisé DEA D5 sur la face expérimentation.

Les rangs sont espacés de 1,35 m, et nous avons délimité des parcelles expérimentales de 9,5 m de long, avec deux répétitions.

Nous disposons donc d'une parcelle de 19*6,75m, soit 128,25 m². Chaque modalité était répétée deux fois, sur des parcelles de 9,5*1,35m chacune, soit 12,8 m² par parcelle élémentaire. Nous disposons donc de 25,65 m² pour chaque modalité. Nous avons donc pulvérisé 60 mL par modalité.

b) Parcelle de Loché

Cette parcelle de Pinot noir appartient au domaine Tripoz, et a été plantée en 2001, après 50 ans de monoculture de maïs. Il s'agit de clones 828, greffés sur Riparia. Les vignes sont orientées Est-Ouest, et sont cultivées en biodynamie.

Les quatre rangées dont nous disposons sont en bord de parcelle et orientées Est-Ouest (fig 64). Elles sont donc bordées au Nord et à l'Est par des vignes, au Sud par une haie, et à l'Ouest par un chemin séparant cette parcelle d'une autre. Toutes les vignes adjacentes sont cultivées en biodynamie.

Nous disposons ici de plus de place que dans la parcelle de Clessé. Nous avons donc expérimenté cinq modalités :

- Décoction de prêle EA – BDS – D → **DEA**
- Décoction de prêle EM – D → **DEM**
- Décoction de prêle EA – P – MDF → **DF**
- Lichtdünger → **LD**
- Décoction de prêle EA – BDS – D – D5 → **DEAD5**

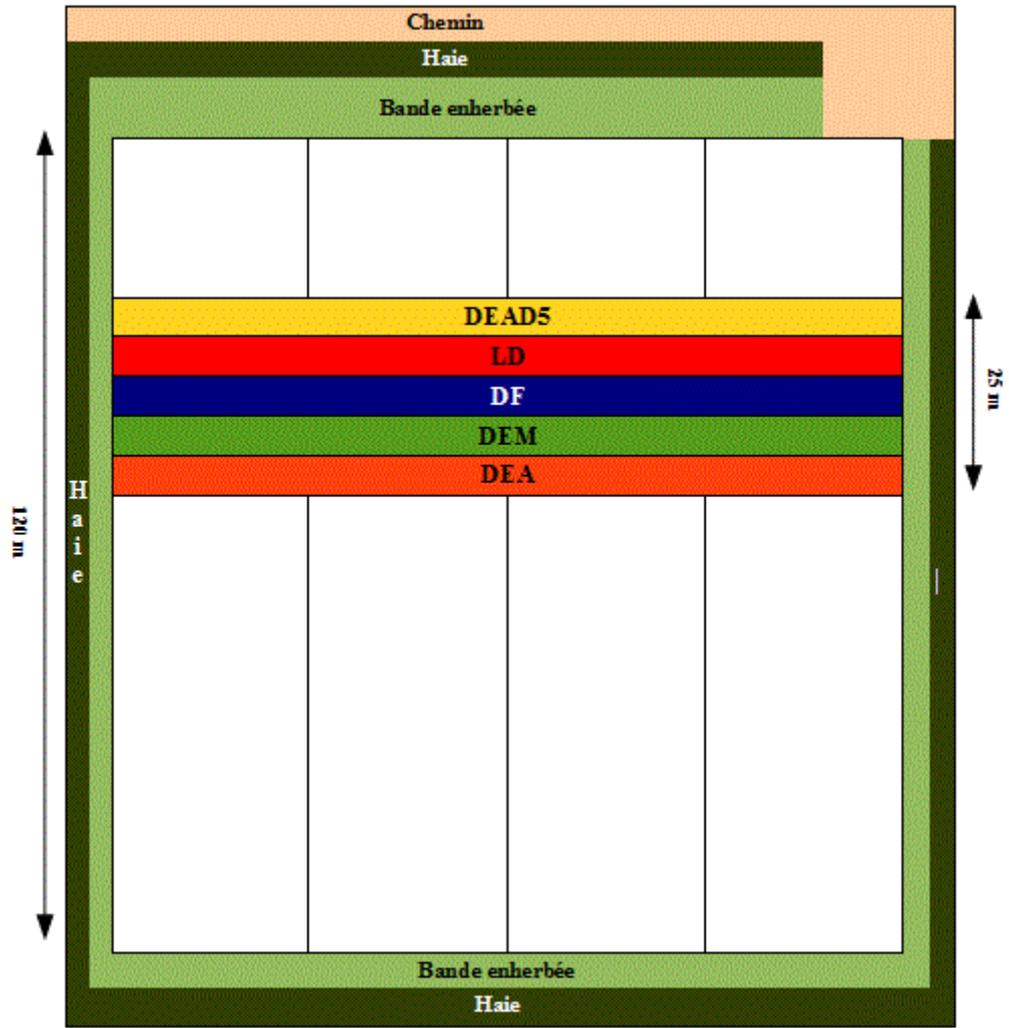


Figure 65 : Parcelle de céréales de Jalogy (source : L. Thouret)

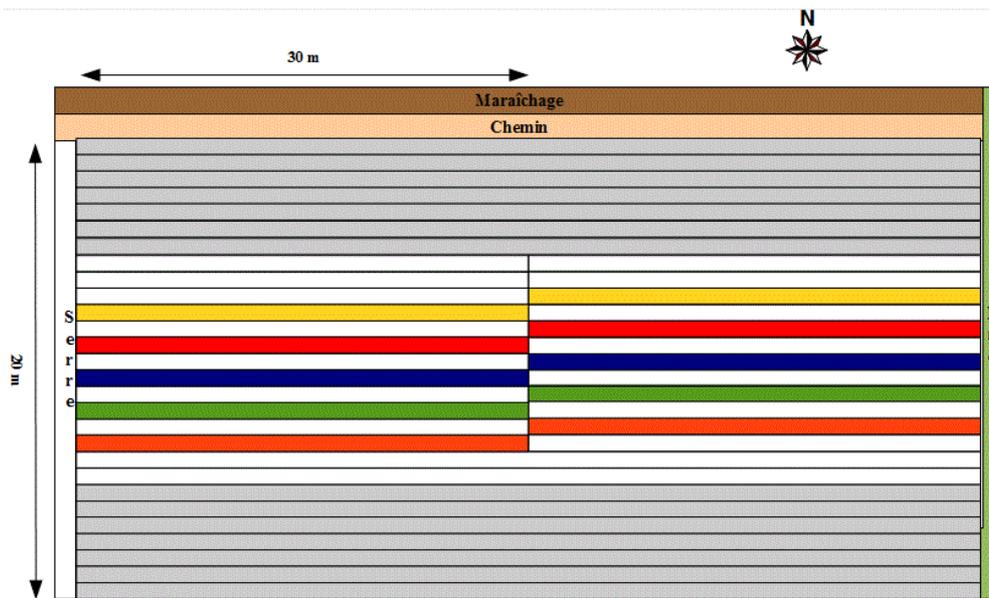


Figure 66 : Parcelle de pommes de terre de St Laurent (source : L. Thouret)

Les rangs sont espacés de 1 m. Les parcelles élémentaires ont une longueur de 15 m, soit une surface de 15 m². Chaque modalité a été répétée deux fois, sauf DEM. Chacune d'elle occupe donc une surface de 30 m² (15 m² pour DEM). Nous avons ainsi pulvérisé 37,5 mL de préparation pour DEM, et 75 mL pour les autres modalités.

2. Les céréales

La parcelle de céréales dont nous disposons pour cette expérimentation était la même que celle pour l'essai dynamisation. Pour ce dernier, elle était utilisée dans le sens de la longueur. Nous avons cette fois-ci réalisé nos modalités dans le sens de la largeur. Nous n'avons pas pulvérisé de prêle sur la parcelle entière. Nous avons utilisé une surface totale de 1 500 m² (fig 65).

Nous avons testé cinq des modalités :

- Décoction de prêle EA – BDS – D → **DEA**
- Décoction de prêle EM – D → **DEM**
- Décoction de prêle EA – P – MDF → **DF**
- Lichtdünger → **LD**
- Décoction de prêle EA – BDS – D – D5 → **DEAD5**

La modalité DF n'a pas été testée.

Chaque modalité était donc testée sur 300 m² (5*60 m). Nous avons ainsi pulvérisé 750 mL de préparation par modalité.

3. Le maraîchage

Comme pour les céréales, la parcelle de pommes de terre où nous avons expérimenté la prêle est la même que pour les dynamisations. Nous avons également procédé dans l'autre sens : nous avons suivi les rangs de pommes de terre (donc dans la longueur). Afin de garantir l'homogénéité de l'expérience, nous avons travaillé avec une seule variété de pomme de terre. Il s'agissait des pommes de terre Nicolas.

Pour rappel, la parcelle était occupée de la façon suivante :

Du Sud au Nord :

- Maïs (1 rang)
- Courges (1 rang)
- Maïs (1 rang)
- Pommes de terre Désirée (7 rangs)
- **Pommes de terre Nicolas** (14 rangs)
- Pomme de terre Ostara (3 rangs)
- Pommes de terre Margote (4 rangs)

L'expérimentation a eu lieu sur six rangs traités, avec un témoin entre chaque modalité, et deux répétitions. Les rangs utilisés sont indiqués sur la figure 66.

Chaque rangée mesure 70 cm de large. Nous avons utilisé toute la longueur de la parcelle, exceptée la zone « témoin du bas ». Nous avons donc 60 m de longueur, que nous avons divisé en deux, comme on peut le voir sur la figure. Chaque parcelle élémentaire était de 21 m². Nous disposions donc de 42 m² pour chaque modalité.

X. Les moyens d'observation et les résultats

Nous avons mené deux expérimentations distinctes. Les spots et les essais paysans n'ont donc pas nécessité les mêmes moyens d'observation.

A. Les spots

Les fragments de feuilles de vigne mis dans les spots étant garnis d'œufs d'hiver de mildiou, ils étaient susceptibles d'éclore quand les conditions nécessaires à leur maturation étaient réunies. Le prélèvement régulier d'échantillon nous a donc permis de comptabiliser les éclosions quotidiennes en laboratoire.

1. Moyens d'observation

Quand les conditions d'éclosion des oospores de mildiou ont été favorables (chaleur et humidité), nous avons procédé à l'observation des fragments à la loupe binoculaire. Nous avons donc commencé la première semaine d'avril.

Pour cela, nous avons prélevé un ou deux fragments de chaque modalité à l'aide d'une pince à épiler.

Les fragments ont subi deux bains d'eau distillée dans des verres de montre, afin de les assouplir, ce qui nous a permis de les disposer à plat et de les découper sans les casser. Nous les avons brossé dans l'eau délicatement avec une brosse à dent, afin de les nettoyer parfaitement.

Nous avons ensuite découpé quinze fragments par modalité, de 4 mm² environ. Ceux-ci ont été disposés en ligne dans une boîte de Pétri contenant deux couches de coton et un papier filtre, face à l'étiquette correspondante.

Le dispositif a été mis en étuve à 20-22 °C, à l'obscurité. Il doit rester humide constamment. Température et humidité sont en effet garantes d'une éclosion optimale des oospores de mildiou.

Nous avons observé les fragments à la loupe binoculaire, avec les deux lampes, tous les matins à la même heure, jusqu'à arrêt des éclosions. En cas d'éclosion importante, nous aurions pu effectuer les comptages deux fois par jour.

Nous avons compté les oospores éclos pour chaque modalité, et nous les avons détruit après comptage à l'aide d'un scalpel.

2. Résultats

Nous avons effectué cinq échantillonnages, sur une durée de deux mois :

- Echantillon 1 : dimanche 3 avril (semaine 14)
- Echantillon 2 : mardi 15 avril (semaine 16)
- Echantillon 3 : mercredi 23 avril (semaine 17)
- Echantillon 4 : lundi 28 avril (semaine 18)
- Echantillon 5 : lundi 12 mai (semaine 20)

Les comptages ont débuté le lendemain du prélèvement, et ont été suivis pendant :

- 12 jours pour l'échantillon 1
- 5 jours pour l'échantillon 2
- 5 jours pour l'échantillon 3
- 4 jours pour l'échantillon 4
- 3 jours pour l'échantillon 5

- DEA ■ - - - ■
- DEM ▲ - - - ▲
- DF ◆ - - - ◆
- LD ■ - - - ■
- DEAD5 ☒ - - - ☒
- DFD5 ◆ - - - ◆
- T1 ● - - - ●
- T2 ● - - - ●

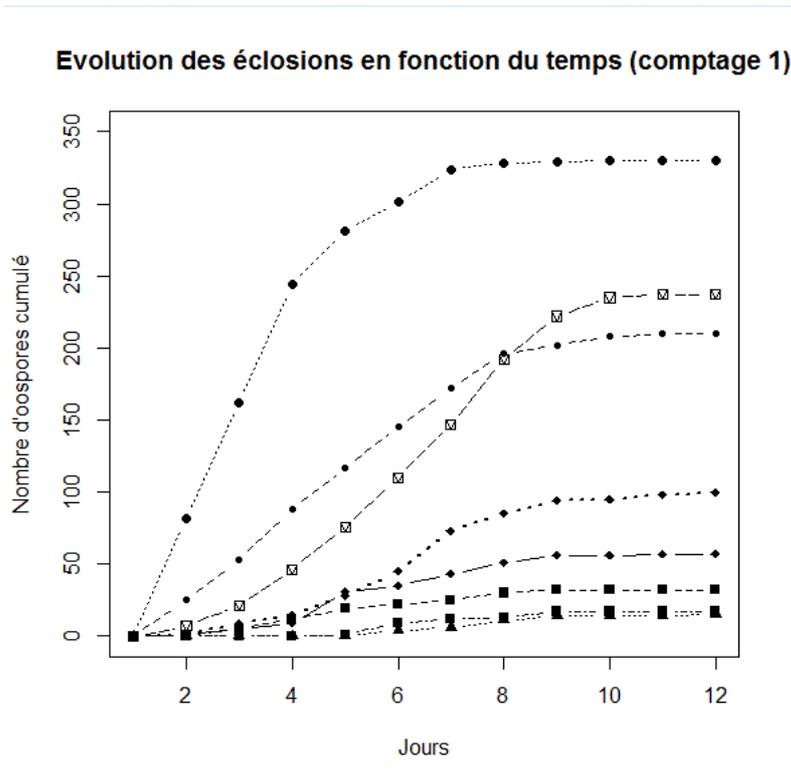


Figure 67 : Evolution des éclosions d'oospores lors du premier comptage (source : L. Thouret)

- DEA ■ - - - ■
- DEM ▲ - - - ▲
- DF ◆ - - - ◆
- LD ■ - - - ■
- DEAD5 ☒ - - - ☒
- DFD5 ◆ - - - ◆
- T1 ● - - - ●
- T2 ● - - - ●

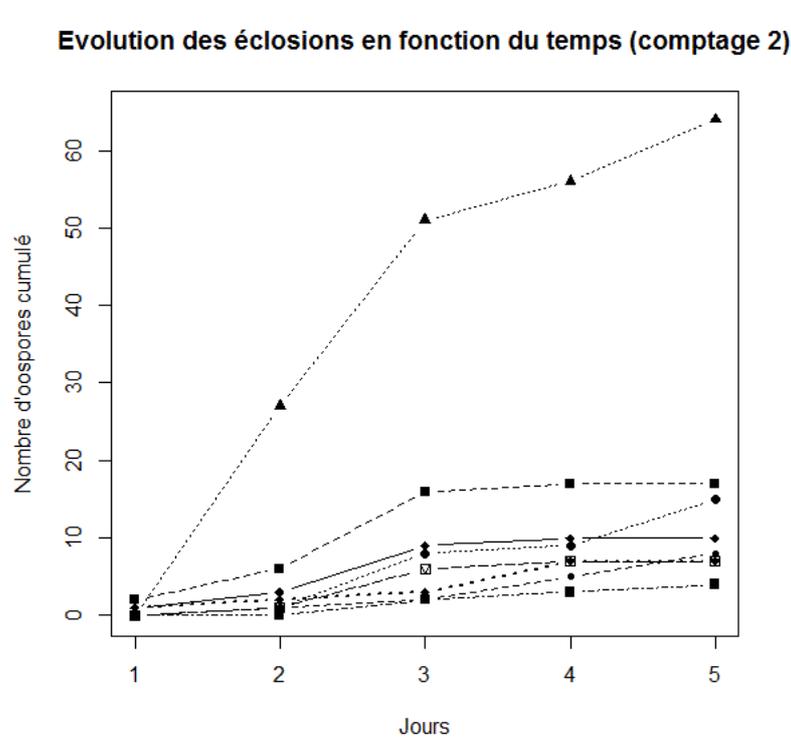


Figure 68: Evolution des éclosions d'oospores lors du deuxième comptage (source : L. Thouret)

Ces fluctuations sont dues aux disponibilités dont nous disposions pour le comptage : l'échantillon 1 a été compté par Florence B, qui est restée un week-end et a donc suivi le comptage sur deux semaines complètes. Les échantillons 2 et 3 ont été suivis respectivement jusqu'au samedi et au dimanche. Enfin, les échantillons 4 et 5 ont été prélevés en début de semaine, mais leur évolution présentant peu d'intérêt, les comptages ont rapidement cessés. Les résultats sont présentés dans les diagrammes ci-contre. Ils représentent l'accroissement des éclosions d'osspores selon les modalités.

Le premier comptage a été effectué sur douze jours (fig 67). On remarque qu'il n'y a aucune éclosion le premier jour. Elles commencent à partir du deuxième jour. On peut alors distinguer trois groupes, selon le taux d'éclosion final et l'intensité d'éclosion journalière.

- 1^{er} groupe : Témoin 2

On observe chez cette modalité des éclosions que l'on peut qualifier d'exponentielles, et ce jusqu'au quatrième jour (environ 80 oeufs par jour). Le nombre d'oeufs éclos continue alors à croître, mais plus calmement, jusqu'au septième jour (une trentaine d'oeufs par jour). On atteint alors un plateau, où il atteint un plateau (324 œufs). Au douzième jour : 330 œufs ont éclos depuis le début dans la modalité Témoin 2.

- 2^e groupe : DEAD5 et Témoin 1

Ces modalités sont plus régulières. L'éclosion est assez importante : une trentaine d'oeufs journaliers jusqu'au huitième jour pour le Témoin 1, où on comptabilise alors près de 200 œufs. Cette modalité atteint alors un plateau. On dénombre 210 œufs durant ces douze jours. Pour DEAD5, la progression est légèrement plus lente, mais elle continue plus longtemps, et atteint un plateau plus tard : le dixième jour, on atteint 235 œufs. Au douzième jours, on compte 237 œufs.

- 3^e groupe : DEA, DEM, DF, LD et DFD5

Ces modalités présentent moins de 100 éclosions totales (par modalité). On compte moins de vingt éclosions journalières par modalités, sauf pour DFD5, qui en a jusqu'à 30 par jour. Les cinq modalités n'ont aucun pic d'éclosion. On observe une légère hausse à partir du cinquième jour, puis la progression continue, mais très lentement. Le plateau est atteint le neuvième jour, et est inférieur à 50 éclosions totales pour trois modalités (DEA, DEM, LD), et compris entre 50 et 100 pour DF et DFD5. De manière générale, on constate que les huit modalités atteignent un plateau entre le 8^e et le 10^e jour, puis y restent.

Le deuxième comptage 2 n'a été suivi que sur cinq jours (fig 68). On peut noter que cette fois-ci, le maximum d'éclosion n'est que de 64 oeufs totaux. Les éclosions ont eu lieu plus tôt sur cet échantillon, dès le premier jour d'observation. Une seule modalité se démarque au niveau du nombre d'éclosion. On peut cependant former trois groupes, selon le type d'évolution constaté.

- 1^{er} groupe : DEM

Cette modalité se démarque immédiatement des autres : 27 éclosions le deuxième jour. L'évolution des éclosions chez DEM reste active jusqu'au cinquième (et dernier jour) de comptage, où la modalité atteint 64 oeufs.

Les sept autres modalités évoluent de façon similaire jusqu'au deuxième jour : moins de cinq éclosions (sauf pour Témoin 2). Le troisième jour permet de les discriminer. On peut alors former deux groupes.

- 2^e groupe : DEA, DF, LD, DEAD5 et DFD5

Chez ces cinq modalités, on observe une faible augmentation jusqu'au quatrième jour, où on atteint alors un plateau (0 ou 1 éclosion). Le troisième groupe a un comportement différent.

- 3^e groupe : Témoin 1 et Témoin 2

Ces deux modalités ont également un faible accroissement, mais n'atteignent pas de plateau : le cinquième jour présente une augmentation des éclosions. Le comptage n'ayant pas été mené plus longtemps, on ne peut dire si un arrêt des éclosions aurait été constaté, mais si ça avait été le cas, celui-ci aurait été atteint plus tardivement.

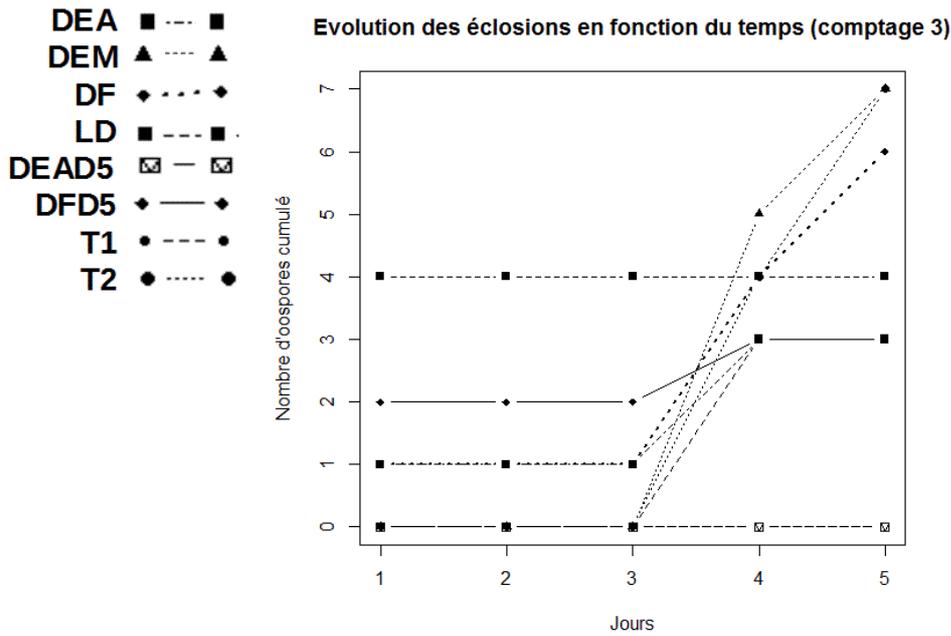


Figure 69 : Evolution des éclosions d'oospores lors du troisième comptage (source : L. Thouret)

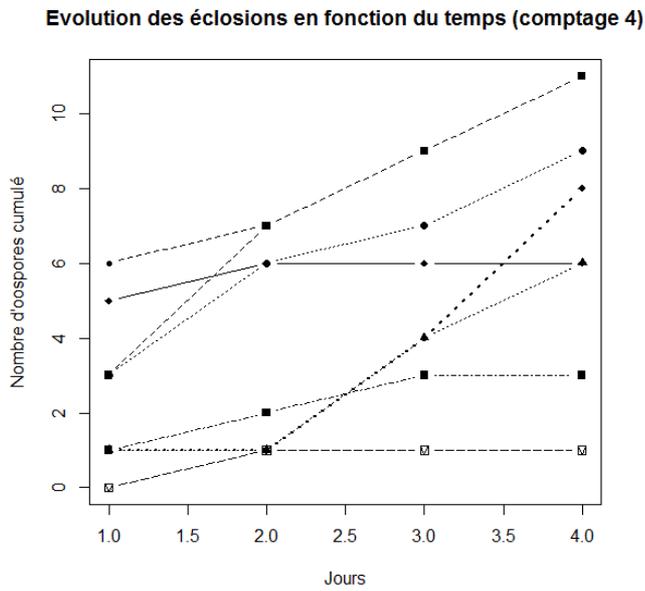


Figure 70 : Evolution des éclosions d'oospores lors du quatrième comptage (source : L. Thouret)

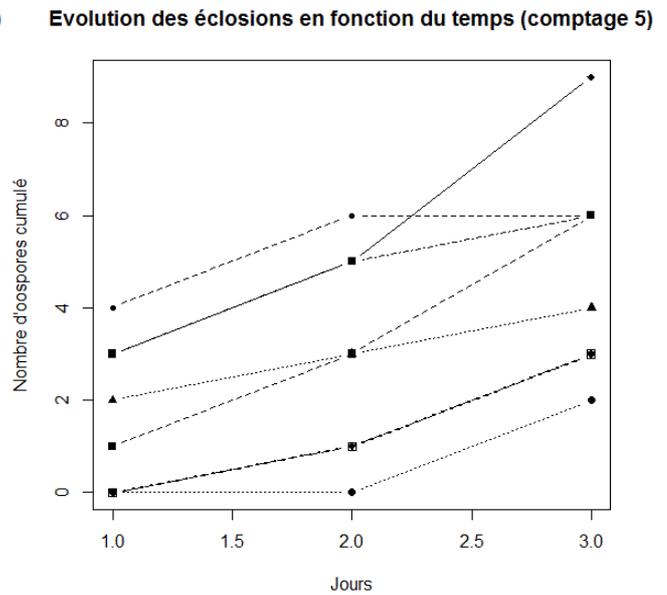
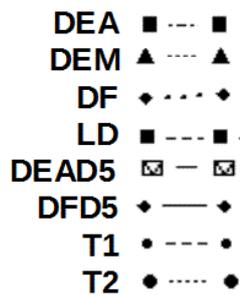


Figure 71 : Evolution des éclosions d'oospores lors du cinquième comptage (source : L. Thouret)



Le troisième comptage (fig 69), effectué lui aussi sur cinq jours, est extrêmement différent des deux précédents. On peut y distinguer trois groupes.

- 1^{er} groupe : LD, DEA D5

Ces modalités ont atteint un plateau dès le premier jour : 4 éclosions pour LD, puis plus rien, et aucune éclosion pour DEA DF.

- 2^e groupe : DEA, DF, Témoin 1

On observe chez ces modalités le phénomène suivant : plateau – augmentation – plateau. En effet, on peut dénombrer des éclosions le premier jour (1 pour DEA, 2 pour DF), mais ensuite on n'observe aucune évolution entre le premier et le troisième jour. Le quatrième jour, observation d'éclosions (2 pour DEA, 1 pour DF et 3 pour Témoin 1), puis arrêt des éclosions

- 3^e groupe : DEM, DFD5, Témoin 2

L'évolution de l'éclosion chez ces trois modalités débute par un plateau, puis devient croissante. On constate une éclosion le premier jour : 1 pour DFD5, puis aucune éclosion jusqu'au troisième jour. Le quatrième et le cinquième jour, on observe au total sept éclosions pour DEM, cinq éclosions pour DF D5 et sept pour Témoin 2. Ici encore, on ne sait pas si les éclosions auraient continué ou pas.

Le quatrième comptage (fig 70) a été maintenu durant quatre jours. La durée d'observation est donc courte, mais elle permet tout de même de mettre en évidence deux groupes.

- 1^{er} groupe : DEM, LD, DFD5, Témoin 1 et Témoin 2

Ces cinq modalités ont pour point commun la progression permanente des éclosions. Le premier jour, on dénombre respectivement 1, 3, 1, 6 et 3 éclosions pour DEM, LD, DFD5, Témoin 1 et Témoin 2. Ensuite, sauf DEM et DFD5, qui rencontreront un plateau, les éclosions vont continuer. On n'observera pas de plateau en phase finale d'observation (entre le troisième et le quatrième jour). On atteindra 6 éclosions totales pour DEM, 11 pour LD, 8 pour DFD5, 11 pour Témoin 1 et 9 pour Témoin 2.

- 2^e groupe : DEA, DF et DEAD5

Ces modalités présentent un plateau à la fin de l'observation. Ainsi, DEA comptabilise 3 éclosions au totales depuis le troisième jour, DF 6 éclosions depuis le deuxième jour et DEAD5 1 éclosion depuis le deuxième jour.

Enfin, le cinquième comptage (fig 71) n'a été réalisé que sur trois jours. Il est difficile de distinguer des phénomènes différents sur le cinquième graphique. Toutefois, on peut supposer deux groupes.

- 1^{er} groupe : Témoin 1

On observe chez cette modalité un plateau à partir du troisième jour d'observation. Le nombre d'éclosion s'élève à 6.

- 2^e groupe : DEA, DEM, DF, LD, DEAD5, DFD5 et Témoin 2

Pour ces sept modalités, on ne constate pas de plateau final, qui indiquerait que les éclosions ont cessé. On ne connaît pas l'issue de cette observation, car les comptage n'ont pas été poursuivis après le troisième jour.

B. Les essais paysans

L'observation des essais paysans est à la fois intéressante et ardue, d'une part parce qu'il ne s'agissait pas d'une mise en place artificielle, nous ne contrôlions donc pas tous les paramètres qui ont pu influencer l'essai (pluviométrie, température, présence ou non de pathogène avant l'expérience...), d'autre part parce que ce que nous devons observer n'était pas forcément quantifiable.

Nous souhaitons en effet observer des différences au niveau de la contamination des plantes par le mildiou, afin de discriminer les différents produits que nous avons utilisés. Nous ne devons pas uniquement prendre en compte la quantité de mildiou, mais également le port de la plante, et sa santé globale. Pour cela, des observations régulières ont été nécessaires, afin de constater une évolution. Une connaissance suffisante de la plante observée était également importante, notamment pour l'essai vigne, car tous les cépages n'ont pas les mêmes comportements naturels, par exemple le cépage Chardonnay est plus sensible à l'oïdium que le cépage Pinot.

1. Moyens d'observation

Les différentes parcelles ont été évaluées à de nombreuses reprises. Tout d'abord, le comportement global a été observé lors de chaque pulvérisation, d'une part afin de déceler une évolution dans le comportement foliaire, d'autre part pour évaluer une éventuelle attaque. Le mildiou étant survenu très tardivement, ces observations hebdomadaires n'ont pas permis de quantifier l'infection, mais plutôt de qualifier le port des plantes.

Par la suite, les vignes ont été observées quelques jours après l'attaque du mildiou pour Loché, et après une attaque d'oïdium pour Clessé, ce qui a permis de quantifier les invasions. Nous avons observé :

- L'étendue de l'attaque
- La localisation (jeunes ou vieilles feuilles, grappes...)
- L'homogénéité de la contamination
- Le comportement des vignes et leurs éventuelles réactions à l'invasion

Les céréales ont été observées deux fois, et nous avons procédé à des comptages. Nous avons choisi une zone représentative de la modalité, et nous avons effectué nos observations sur deux rangs, sur une longueur d'un mètre de long. Elles ont été réalisées selon les critères suivants.

- Sur la totalité de la parcelle :
 - Note globale (1 → 5)
 - Vigueur (1 → 5)
 - Couleur (Vert clair → vert foncé)
- Sur deux rangs
 - Pieds (nombre)
 - Type d'adventices (types, nombre total)
 - Épiaison (%)
 - Maladies (type et étendue)
- Sur dix plantes
 - Tallage (nombre de talles)
 - Hauteur de la plante (cm)
 - Largeur de feuille (cm)

Les pommes de terre ont bénéficié de trois observations. Nous avons comparé les modalités entre elles, ainsi que les modalités avec leurs témoins adjacents sur les points suivants :

- Largeur et hauteur du rang
- Homogénéité du rang
- Port et couleur des feuilles
- Maladie (étendue, organes touchés...)

Nous avons effectué des classements selon plusieurs critères.

Nous avons également effectué des mesures de bioélectronique sur les pommes de terre ayant reçu la prêle. Nous avons procédé de la même façon que pour l'expérimentation précédente. Nous avons prélevé les pommes de terre de chaque modalité de prêle dans la partie brassage mécanique.

2. Résultats

Les données dont nous disposons suite aux diverses observations peuvent maintenant être présentées.

a) Les vignes

Dans la vigne de Clessé, nous n'avons pas pu observer d'attaque de mildiou. En effet, les vigneronnes ont constaté quelques atteintes sur les jeunes feuilles le lundi 4 août, et ont procédé à un cisailage de celles-ci. Toutes les modalités étaient atteintes. Il aurait été intéressant de constater l'ampleur de l'invasion chez les différentes modalités. Toutefois le mildiou n'est plus à craindre lorsque les vignes ont atteint le stade véraison. Nous sommes allé voir les vignes le mardi 5 août, et nous avons observé une attaque d'oïdium, qui avait été signalée le 15 juillet et que nous avons pu quantifier. Nous avons distingué les deux répétitions de chaque modalités, car elles étaient très différentes. Le haut de la parcelle contient donc T₁, DEA₁, DF₁, LD₁ et DEAD5₁, la partie plus basse DEA₂, DF₂, LD₂, DEAD5₂ et T₂. Les jeunes feuilles étaient touchées sur toutes les modalités. Ce n'est que sur DEA₂ que les grains étaient légèrement atteints. Sur LD₁, on a pu constater des traces d'oïdium sur grappe, mais cela s'était résorbé. Sur T₂ les vieilles feuilles présentaient également des traces de contamination.

Les répétitions « 1 » étaient à chaque fois plus touchées que les répétitions « 2 ». T₁, DEA₁ et T₂ étaient les plus touchées. DEA₂ et DEAD5₁ l'étaient un peu moins, et DF₁, LD₁, DF₂, LD₂, DEAD5₂ étaient relativement saines. DEA₁ est aussi presque autant contaminée que T₁, tandis que DEA₂ est globalement saine, DF₁ est plus atteinte que DF₂, LD₁ est plus malade que LD₂ et DEAD5₁ est plus atteinte que DEAD5₂.

Après avoir évalué l'intensité de l'attaque, nous avons cherché à comparer l'ensemble des modalités, et nous les avons trié de la plus saine à la plus malade.

Ainsi, **DF₂ > LD₂ > DF₁ > DEAD5₂ > LD₁ > DEAD5₁ > DEA₂ > DEA₁ > T₂ > T₁**

Dans la parcelle de Loché, une attaque de mildiou s'est déclarée le samedi 2 août. Nous avons observé les vignes le mardi 5 août. Les observations étaient homogènes au sein des modalités. Nous n'avons donc pas distingué les deux répétitions. Dans toutes les modalités, les feuilles du haut étaient plus touchées que celles du bas, plus vieilles. Les plus touchées étaient DEM et le témoin. Les contaminations étaient très inégales dans ces deux modalités. Chez le témoin, il semblait que certains pieds étaient entièrement sains, tandis que d'autres étaient extrêmement contaminés. Chez DEM, les zones contaminées l'étaient plus que chez le témoin. On observait d'autres zones relativement saines. La modalité DEA est moins atteinte. Certaines zones sont très saines. DF, LD et DEAD5 sont peu atteintes. On peut observer que DF a été contaminée, mais que c'est cicatrisé. On peut classer les modalités de la plus saine à la plus malade.

Ainsi, **DF – LD – DEAD5 > DEA > DEM – T**

b) Les céréales

Deux observations ont été effectuées dans la parcelle de céréales, le 19 mai et le 5 juin.

Lors de la première observation, nous avons constaté que la vigueur de la parcelle était plus importante chez DF et LD, et un peu moins chez DEM. Elle était un peu plus faible chez DEAD5, et bien plus faible chez DEA. Nous avons noté une couleur verte pour DEA, DF, LD et DEAD5. DEM était plus foncée.

Nous avons observé en moyenne 103 pieds sur deux rangs de 1 m linéaire, avec un écart-type de 5 pieds. Ce critère était donc homogène. Nous avons constaté très peu d'adventices : entre trois et neuf plantes pour DEM, DF, LD et DEAD5, et aucune pour DEA. La parcelle était donc très propre. Le pourcentage d'épiaison variait : 10-11 % pour DF, LD et DEAD, 5, 9 % pour DEM, et 6 % pour DEA.

Nous avons observé sur 10 pieds une hauteur de 70 cm en moyenne sur toutes les modalités, avec un écart-type de 19 cm. Les modalités DEA et DEM mesuraient plus de 70 cm ; DF, LD et DEAD5 entre 65 et 70 cm. Les feuilles mesuraient 1,1 cm de largeur en moyenne, avec un écart-type de 1,1 cm. La tallage est faible dans les modalités DEA, DEM et DEAD5 (1,2 talle en moyenne), et plus élevé dans les modalités DF et LD (1,5 et 1,6 talle en moyenne).

Nous avons constaté que toutes les modalités présentaient des sujets atteints de rouille et de septoriose, sauf DEA qui restait saine, et ne présentait que quelques pieds touchés. DEAD5 était la plus malade, DEM un peu moins, LD moins que les deux précédentes, et DF était la plus saine après DEA.

On peut les classer de la modalité la plus saine à la plus malade :

DEA > DF > LD > DEM > DEAD5

Lors de la seconde observation, nous avons estimé que la vigueur était très forte chez LD, et forte chez DEAD5. Elle était moyenne chez DEA et DF, faible chez DEM. Les plantes étaient vertes pour DF, LD et DEAD5, et plus claires pour DEA et DEM. DEA tendait plutôt vers le marron, alors que DEM restait vert.

Nous avons dénombré 97, 100 et 100 pieds sur deux rangs de 1 m chez DEM, DF et LD. DEAD5 présentait moins de pieds (92), et DEA présentait une nette différence (73 pieds). Les modalités étaient peu atteintes par les adventices. DF en avait toutefois plus que les autres. Nous avons pu observer de la vesce, de l'herbe et du trèfle, issus de la prairie de l'année dernière, et des coquelicots et folle-avoine. Tous les épis étaient épiés dans toutes les modalités. Nous avons alors constaté que chez DEAD5 les épis étaient gros et homogènes. DEA présentait quelques gros épis, ainsi que DEM (mais ceux-ci étaient moins gros que DEA), et DF était moins régulier, et avait des épis plus petits que les deux précédents.. Enfin, les épis chez LD étaient hétérogène : la moitié étaient des petits épis, l'autre moitié des gros.

Grâce à l'échantillonnage de 10 pieds, nous avons établi que les plantes DEA et DEM mesurent en moyenne plus de 70 cm, DEAD5 moins de 70 cm, et DF et LD moins de 68 cm. Les feuilles de DEM mesurent 1,4 cm en moyenne, 1,2 cm pour DEA, et environ 1,1 cm pour DF, LD et DEAD5. Toutes les modalités ont un tallage moyen compris entre 1 et 1,3 talle/plante, ce qui est homogène et représente un faible tallage.

Au niveau des maladies, toutes les plantes semblaient malades. DF était la moins malade, DEM, LD et DEAD5 étaient malades, mais moins que DEA. On peut essayer de classer les modalités de la plus saine à la plus atteinte, en tenant également compte de leur vigueur générale :

DF > LD > DEAD5 > DEM > DEA

c) Le marâchage

Les trois observations effectuées ont porté sur la contamination foliaire du mildiou. La première observation a eu lieu le 13 juin. Nous avons comparé chaque modalité avec « ses » témoins, c'est-à-dire les rangs témoins adjacents. La modalité DEA était plus foncée, plus large et plus haute que ses témoins. DEM était plus foncée que ses deux témoins, DF plus foncée et aussi malade, LD avait des plantes plus hautes et plus larges, aux feuilles plus brillantes et moins malades. DEAD5 avait des feuilles plus claires et le rang était aussi large que ses rangs témoins. Les modalités ont été comparées entre elles (tab 15 et 16), et classées (le témoin est ici la modalité témoin, et pas les rangs intercalaires).

- Selon l'importance de la maladie (de la modalité la plus saine à la plus malade):

DEA – LD – DEAD5 > DEM – DF

- Selon le volume des plantes (hauteur et largeur, de la plus volumineuse à la moins étendue) :

LD > DEA – DEAD5 > DEM > T > DF

- Selon la régularité (de la plus régulière à la plus irrégulière) :

DEA – DEAD5 > DEM – LD > DF > T

- Selon la couleur (de la plus foncée à la plus claire) :

LD > DEA – DEM > DEAD5 > DF > T

La seconde observation a eu lieu le 16 juillet, et présent moins de résultats. Comparées à leurs témoins, DEA est plus verte, DEM plus large et de couleur égale, DF a un meilleur style, LD est plus volumineuse, et DEAD5 est plus vigoureuse.

En comparant les modalités, on estime que DF a le meilleur style (port dressé), et que LD est la plus vigoureuse. Toutes les plantes présentaient du mildiou. Nous n'avons pas effectué de classement cette fois-ci.

La dernière observation date du 5 août. Les plantes étaient toutes très atteintes de mildiou, et nous avons jugé leur aspect général. Nous avons effectué une observation dans la première partie, et une autre dans la seconde partie de l'essai. Dans la première partie, nous avons constaté que DEM était la plus dégradée de toutes les modalités, et DEAD5 était la moins atteinte. DF était aussi dégradée que LD, mais était plus vigoureuse. On donne le classement suivant (de la plus saine à la plus malade, en tenant compte de l'aspect général de la plante, c'est-à-dire sa vigueur, son port...) :

DEAD5 > LD > DF > DEA > T > DEM

Dans la seconde partie, DEA était très abîmée, mais était dans une zone ravagée par les doryphores. DEM était semblable au témoin, DF était très homogène et en bon état, LD était la plus large et la moins touchée par le mildiou, et DEAD5 était moins bien que ses témoins. Le classement est le suivant : **DF – LD > DEA > DEM – T > DEAD5**

XI. L'interprétation et l'analyse

Les résultats des spots et des essais paysans ont été interprétés séparément, puis nous avons mis en relation nos analyses.

A. Les spots

L'interprétation est difficile pour cette expérimentation. En effet, aucun comptage ne semble corroborer un autre.

Le premier comptage a mis en évidence des éclosions nombreuses, et un plateau pour chacune des modalités. Si on prend en compte le nombre d'éclosions, la modalité DEAD5 semble peu efficace. En effet, c'est elle qui enregistre le plus grand nombre d'éclosions, mis à part les témoins. La présence du plateau chez toutes les modalités ne permet pas, toutefois, de conclure une supériorité des autres modalités. En effet, le nombre d'éclosions est un facteur majeur de l'impact que le mildiou peut avoir sur des cultures, mais l'arrêt ou le freinage des éclosions est également quelque chose de primordial pour déterminer l'efficacité d'une préparation. Ainsi, une attaque pourrait survenir puis avorter à cause de la présence de prêle. Cependant, ce plateau est également présent chez les témoins. On peut exprimer plusieurs hypothèses à ce sujet : les fragments végétaux ne contenaient pas assez d'oospores, les manipulations, lors de la destruction des œufs comptés, ont abîmé les œufs non éclos, ou encore le comptage n'a pas été bien effectué. Ce premier échantillonnage est pourtant intéressant, en vue du nombre d'œufs éclos. Il semble le plus réussi des cinq.

Le deuxième comptage met en évidence l'inefficacité de DEM. En effet, l'éclosion des œufs dans cette modalité est bien plus importante que dans les autres. Cependant, ici encore on peut exprimer des réserves. Si l'on compare le nombre d'œufs éclos avec le premier comptage, on constate qu'un total de 64 œufs est assez faible. En effet, cela correspondait au nombre d'œuf éclos chez DF. Or cette modalité a été jugée relativement efficace lors du premier comptage. Ce second constat est néanmoins à nuancer. Ce nombre a en effet relevé au cinquième jour du comptage. À jour équivalent, ce score se situe entre les courbes des deux dilutions au premier comptage, DEAD5 et DFD5. Si le comptage avait continué, il aurait été intéressant d'observer l'évolution des éclosions chez DEM. Il est donc tentant d'énoncer que cette modalité ne fonctionne pas bien, si on la compare uniquement avec les modalités du même comptage, mais une soixantaine d'éclosion ne paraît pas forcément un nombre élevé. Les autres modalités ne présentent pas un grand nombre d'éclosion. On peut se demander si cela est dû à leur efficacité, ou si les feuilles utilisées étaient suffisamment contaminées. En effet, on observe une différence équivalente à un facteur dix pour DFD5 entre les deux comptages. Enfin, il n'est pas possible de discriminer les autres modalités entre elles : les différences observées évoluent entre quatre et dix-sept au cinquième jour, ce qui est quasiment nul. On peut considérer que les sept modalités n'ont plus d'éclosion à partir du troisième jour. La seule chose qui apparaît donc clairement dans ce comptage est le fait que la quasi totalité des modalités a atteint un stade de plateau, et que celui-ci est très faible (moins de 20 éclosions au maximum). Cependant, cette observation ne se recoupe pas avec le premier comptage. On peut aussi constater une forte similitude entre Témoin 1 et DEAD5. On pourrait donc envisager que DEAD5 n'est pas efficace.

Le troisième comptage présente cinq modalités qui semblent bloquer l'éclosion des œufs. En effet, DEA, DF, LD, DEAD5 et Témoin 1 ne présentent plus d'éclosion à partir du quatrième jour, voire avant pour certaines modalités. On pourrait donc affirmer leur efficacité. Les trois autres modalités DEM, DFD5 et Témoin 2, au contraire, présentent une augmentation des éclosions à partir du quatrième jour. Il aurait été intéressant de continuer le comptage, car soit ces modalités auraient atteint des pics d'éclosion, soit elles auraient adopté le même comportement que les modalités précédentes. Dans le premier cas, cela aurait signifié que les préparations DEA, DF, LD et DEAD5 sont efficaces, et pas DEM et DFD5. Dans le second cas, la conclusion aurait été plus difficile. Un arrêt des éclosions plutôt précoce, et avec un faible nombre d'œufs aurait été positif pour ces modalités, tandis qu'un arrêt tardif, avec un nombre élevé d'œufs éclos n'aurait pas été significatif. On aurait alors pu formuler l'hypothèse que tous les œufs présents avaient éclos. Les préparations n'auraient donc pas agit. Cependant, une observation nous permet de dire que ce comptage n'est pas concluant : le témoin 1 ne présente plus d'éclosions à partir du quatrième jour. Il n'apparaît pas particulièrement contaminé, car il appartient au groupe « sain ». Enfin, si l'on considère le comptage de manière plus globale, on peut dire que toutes les modalités présentent des éclosions quasi-nulles, la plus élevée étant de 7 éclosions au bout de cinq jours.

Le quatrième comptage, comme les trois précédents, présente une durée courte. Relativement similaire au précédant, il aurait mérité d'être suivi plus longuement. Ainsi, DEM, LD, DFD5, Témoin 1 et Témoin 2 sont encore en progression le cinquième jour, bien que le nombre d'éclosions reste relativement faible (11 et 9 pour les témoins au cinquième jour). DEA, DF et DEAD5 ne comptent pratiquement aucune éclosion. Elles semblent donc efficaces. Cette observation entre donc en contradiction avec l'hypothèse formulée à partir du deuxième comptage. Bien que les témoins présentent ici un nombre d'éclosion plus fort que les autres modalités, la différence est minime, et on peut dire que le comptage, encore une fois, n'est pas concluant.

Le dernier comptage n'a été effectué que sur trois jours. Cette très courte durée d'observation ne permet pas de formuler des hypothèses, et encore moins de conclure sur une quelconque efficacité. Toutes les modalités sont en effet en augmentation, mais elles peuvent atteindre un plateau le quatrième jour, comme ça a été le cas pour d'autres comptages. De plus, le témoin 1 est la modalité qui se stabilise la première : il n'est pas normal que le témoin se porte mieux que les autres modalités, dans ce type d'expérience. Ici encore, on ne peut pas conclure.

Si on synthétise les hypothèses qui ont été faites à partir des différents comptages, on obtient des éléments contradictoires. DEAD5 semble efficace ou inefficace selon les comptages. DEM est moins efficace que les autres, mais les différences sont parfois très prononcées, et parfois minimes. Enfin, DFD5 est par deux fois jugée peu efficace, mais cette observation ne ressort pas sur les trois autres comptages. Aucun comptage n'appuyant un autre de façon cohérente, on peut affirmer que cette expérimentation a échoué. Rien ne peut être dit, si ce n'est qu'on observe peu de différences entre les modalités, et que certains paramètres sont à revoir.

Des points sont donc à améliorer afin d'observer des différences concluantes. Tout d'abord, il faut s'assurer que les fragments végétaux sont bien infestés d'oospores. Sans cela, l'observation est biaisée.

De plus, les comptages doivent impérativement être menés sur une même durée, même si le nombre d'éclosion paraît insignifiant, et celle-ci doit être suffisamment longue. Ainsi, il peut être intéressant de compter un même échantillon sur deux semaines. Cela permettrait d'observer un comportement global et durable des éclosions chez les différentes modalités.

Enfin, les comptages devraient être assurés par la même personne durant toute la durée de l'essai, afin de garantir une homogénéité. L'idéal serait que deux personnes comptent chacune tous les échantillons, afin de confronter les deux observations, et ainsi permettre une détermination plus exacte.

B. Les essais paysans

Les essais paysans ont permis des observations plus exploitables.

1. Les vignes

Bien que ce ne soient pas les mêmes maladies dans les deux parcelles, on peut comparer les modalités. En effet, on observe un comportement similaire. La modalité DF apparaît clairement supérieure dans les deux parcelles. LD et DEAD5 présentent également de bons résultats. DEM n'est présente que dans une seule modalité d'une seule parcelle, où elle est jugée inefficace car semblable au témoin. On peut envisager son absence d'intérêt.

2. Les céréales

Nous disposons de nombreux facteurs pour discriminer les modalités dans les céréales, mais ceux-ci ne sont pas tous exploitables. En effet, on observe des variations de densité selon les modalités, mais d'une part celles-ci ne sont pas homogènes selon les observations (DEA est la plus dense lors de la première observation, et la moins dense lors de la seconde). De plus, cela peut être dû au travail du sol. Les échantillonnages n'ont pas été effectués au même endroit pour les deux observations, ce qui explique l'hétérogénéité des résultats. On ne peut rien en tirer, car ces variations peuvent être dues au travail du sol. Les adventices ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de la prêle, nous n'en avons donc pas tenu compte.

Le pourcentage d'épiaison est difficilement exploitable, étant donné que nous n'avons observé des différences que lors du premier échantillonnage. La couleur ne permet pas de tirer de réelles conclusions. Il semble cependant que DF, LD et DEAD5 sont toujours vertes.

La vigueur semble plus forte chez LD dans les deux comptages. Dans les autres modalités, l'observation de la vigueur n'est pas en accord dans les deux cas.

Les deux comptages concordent sur les variations de hauteur : DEA et DEM sont les plus hauts, et la taille de DF, LD et DEAD5 était plus réduite. On pourrait envisager que les plantes plus hautes sont les plus saines, mais ce n'est pas le cas.

Au niveau des maladies, DF et LD semblent efficaces. Les résultats sont extrêmement variables dans les autres modalités. On peut affirmer la supériorité de DF et LD pour les céréales. Nous confronterons cette observation avec les autres essais.

3. Le maraîchage

Lors de la première observation, nous avons effectué trois classements, portant sur les maladies, le volume des plantes, la régularité des rangs et la couleur. Ces facteurs sont normalement liés, car un rang atteint par le mildiou est généralement plus clair, avec des plantes moins volumineuses et moins régulières. Dans nos observations, les classements ne sont pas exactement les mêmes pour chaque critère, mais ils sont assez homogènes. Les modalités les plus saines sont celles qui obtiennent le moins de point. On observe que DEA et LD sont à chaque fois en tête du classement, car saines, volumineuses, régulières et foncées. DF est toujours à la fin du classement. DEM et DEAD5 obtiennent des résultats plus aléatoires. Nous avons pu discriminer chaque modalité de la façon suivante : nous avons attribué des points à chaque modalités en fonction de sa place dans le classement (1^{re} position : 1 point, 2^e position : 2 points...). On obtient les points suivants (entre parenthèses) :

- Selon l'importance de la maladie :

DEA (1) – LD (1) – DEAD5 (1) > DEM (2) – DF (2)

- Selon le volume des plantes :

LD (1) > DEA (2) – DEAD5 (2) > DEM (3) > DF (4)

- Selon la régularité :

DEA (1) – DEAD5 (1) > DEM (2) – LD (2) > DF (3)

- Selon la couleur :

LD (1) > DEA (2) – DEM (2) > DEAD5 (3) > DF (4)

Chaque modalité obtient les points suivants :

- **DEA → 6**
- **DEM → 9**
- **DF → 13**
- **LD → 5**
- **DEAD5 → 7**

Ces points ont été obtenus selon différents critères qui témoignent tous de la santé de la plante. On peut donc classer chaque modalité de la meilleure à la moins efficace.

LD > DEA > DEAD5 > DEM > DF

Cette technique de classement est toutefois à nuancer, car très imprécise. Elle permet néanmoins de comparer chaque modalité selon plusieurs critères. LD, DEA et DEAD5 se démarquent donc lors de cette première observation. DF semble clairement inefficace au début de l'expérimentation.

La seconde observation n'est pas exploitable, car nous n'avons aucune donnée comparative des modalités entre elles. On constate seulement que toutes mes modalités se distinguent des témoins, et présentent donc une certaine efficacité.

La troisième observation a été effectuée de façon différente. Pour la première partie, nous avons classé les modalités de la manière suivante : **DEAD5 > LD > DF > DEA > DEM**.

Pour la seconde partie, le classement était le suivant : **DF – LD > DEA > DEM > DEAD5**

Si on procède selon un classement à points, on obtient l'ordre suivant :

LD > DF > DEAD5 > DEA > DEM

Avec :

- **DEA → 6**
- **DEM → 8**
- **DF → 4**
- **LD → 3**
- **DEAD5 → 5**

On pourrait donc conclure que LD et DF sont très efficaces. Cependant, les résultats de ce type de classement est à nuancer, car il s'agit d'une moyenne : dans le cas de DEAD5, on observe qu'il est jugé très inefficace lors d'un comptage, et très efficace lors d'un autre. Concernant DF et LD, les résultats sont homogènes : il s'agit ici de deux modalités jugées efficaces.

On peut maintenant rassembler les deux classements à points. On obtient :

LD > DEA – DEAD5 > DF > DEM

Avec :

- **DEA → 6**
- **DEM → 9**
- **DF → 7**
- **LD → 2**
- **DEAD5 → 6**

La modalité LD est en effet arrivée en tête lors de plusieurs classements. Son efficacité est donc visible à chaque stade de la culture. DEA et DEAD5 présentent également de bons résultats, mais les résultats sont hétérogènes. DEM semble peu efficace, et ce de façon homogène. Dans l'essai maraîchage, la modalité qui a le mieux fonctionné est LD.

Dans les vignes, DF est la meilleure des préparations. Ce constat est conforté dans l'essai céréales ; ainsi que dans l'essai maraîchage, où elle est jugée efficace.

Deux autres modalités ressortent de l'essai vigne : LD et DEAD5. On retrouve LD dans les céréales. Dans l'essai maraîchage, LD est la meilleure des préparations.

On observe donc une efficacité similaire chez ces deux modalités, mais qui diffère selon les plantes traitées.

DEAD5 est également considérée comme une bonne modalité pour les vignes et les pommes de terre.

DEM apparaît inefficace dans tous les essais. Cette observation est assez variable pour DEA.

On peut donc conclure que cette expérimentation nous a bien permis de discriminer les différentes préparations à base de prêle. Nous pouvons en tirer plusieurs conclusions.

Tout d'abord, une décoction fermentée est plus efficace qu'une décoction simple, car nous avons pu constater la supériorité de DF sur DEA.

Ensuite, une préparation diluée peut être très efficace : le lichtdünger est en effet une des meilleures préparations, ainsi que DEAD5.

Une dilution peut donc être plus efficace qu'une décoction simple : DEAD5 obtient de meilleurs résultats que DEA.

L'efficacité des dilutions est très positive, car leur utilisation permet de consommer moins de plantes.

De plus, la prêle élevée *Equisetum maximum* est réellement inefficace.

Enfin, nous avons constaté que certaines préparations étaient plus efficaces sur certains types de plantes : la décoction fermentée est préférable sur les vignes, et la lichtdünger sur les pommes de terre.

Cette expérimentation nous a permis d'effectuer deux autres constats. La prêle est communément considérée comme asséchante. Or, nous avons procédé à onze pulvérisations sur les vignes, et celles-ci n'ont montré aucun signe de dessèchement. Ce résultat positif peut être dû à l'année particulièrement humide, mais il reste tout de même intéressant. De plus, on attribue à la prêle une efficacité contre le mildiou uniquement, et pas contre l'oïdium. Or nous avons observé que certaines formes de la prêle semblent jouer un rôle.

Conclusion

La biodynamie nécessite des expérimentations permettant de qualifier les différentes pratiques ou produits utilisés, dans le but de déterminer des techniques efficaces.

L'expérimentation portant sur l'efficacité des modes de dynamisation a mis en évidence la supériorité des dynamisations manuelle et mécanique sur la dynamisation aux flowform. De plus, nous avons pu démontrer que la pulvérisation de préparations dynamisées est plus efficace que lorsqu'il s'agit de préparations non-dynamisées. L'expérimentation sera reconduite pour trois ans sur d'autres cultures et d'autres terrains, afin de conforter ou d'infirmer les résultats que nous avons obtenus.

L'expérimentation portant sur l'efficacité des différentes préparations de prêle sur le mildiou nous a permis d'affirmer la supériorité d'une préparation fermentée, ainsi que l'efficacité des dilutions, notamment avec la lichtdünger. Nous avons également pu constater que la prêle n'est pas asséchante pour les plantes, contrairement à une opinion communément admise, et qu'elle n'avait pas qu'un effet sur le mildiou, mais également sur l'oïdium.

Ces expérimentations ont donc permis d'élucider des questions. Elles en ont également posé d'autres : les modes de dynamisations sont-ils efficaces de la même façon selon la préparation utilisée, selon la plante traitée ? La prêle peut-elle être utilisée efficacement contre l'oïdium ?

Mener ces expérimentations avec des paysans et des vigneron était très intéressant. Nous avons en effet réalisé nos essais sur de grandes surfaces, et nous avons été confrontés à des problèmes concrets que nous n'aurions peut-être pas rencontré si nous avions été en laboratoire ou sur des petites surfaces expérimentales. Nous avons donc dû nous adapter à des contraintes réelles, ce qui a ajouté de la pertinence à l'essai.

Nous pouvons bien sûr améliorer le protocole des expérimentations, comme l'utilisation de la bioélectronique L-C Vincent, qui devrait se faire sur toute la durée de l'essai, en commençant des mesures avant la mise en place puis régulièrement, afin de constater une évolution dans les valeurs des paramètres. Les critères d'observation devront également être fixés de manière plus rigoureuse, afin de pouvoir comparer des facteurs identiques lors de chaque observation ou comptage. Enfin, nous devons veiller à travailler sur des parcelles homogènes. Celles-ci ne devront pas être en pente, afin de ne pas subir le facteur d'humidité (une parcelle est souvent plus humide dans le bas). Le sol devra être suffisamment régulier pour que sa nature n'influence pas trop les mesures effectuées. Il faudra aussi veiller à un travail mécanique homogène, notamment lors du semis, afin de ne pas fausser des impressions générales de la parcelles, influencées par la densité de plantes. Dans le cas des vignes, la proximité de rangs traités au cuivre peut fausser les résultats. Il faudrait donc avoir au moins deux rangs intermédiaires entre l'essai et les vignes traitées. De plus, les premiers rangs d'une parcelle ou ceux situés près d'un bois ne sont pas dans les mêmes conditions que des rangs du milieu de la parcelle. Pour une homogénéisation optimale, il conviendrait de ne pas utiliser ces rangs de bordure. Il faut alors trouver un compromis avec le vigneron, qui prend des risques en ne traitant pas certains rangs, et qui ne peut donc pas nous laisser à disposition n'importe quelle surface, n'importe quelle zone.

Cette expérience m'a conforté dans mon envie de travailler en lien avec la biodynamie : expérimentation, travail saisonnier de réalisation des préparations... plusieurs formes de travail sont possibles. Je pense que mon année en Roumanie me permettra d'approfondir mes connaissances, de découvrir d'autres pratiques, de confronter des points de vue, et ainsi d'affiner mon projet professionnel.

Bibliographie

Ouvrages

CANNENPASSE-RIFFARD R et DANZE J-M, 2014, *Précis de bioélectronique selon L.C.Vincent*, 288p, marco pietteur éditeur, Belgique

GROHMANN G, 1978, *La plante, une approche de sa vraie nature*, 415p, Éditions du Centre Triades, Paris (75)

LAMINE C, BELLON S, 2009, *Transitions vers l'agriculture biologique, pratiques et accompagnements pour des systèmes innovants*, 315p, Educagri éditions et Éditions Quae, Dijon (21), Versailles (78)

LEPETIT – DE LA BIGNE A, 2012, *Introduction à la biodynamie à l'usage des amateurs de vin en 35 questions*, 156p, Éditions La Pierre Ronde, Saint Romain (21)

MASSON P, 2012, *Guide pratique pour l'agriculture biodynamique*, 224p, Éditions Biodynamie Services, Château (71)

PODOLINSKY A, 2013, *Alex Podolinsky – Conférences 2011*, 24p, Éditions Biodynamie Services, Château (71)

WERR J, 2002, *Élevage et médecine vétérinaire bio-dynamiques*, 142p, MABD, Saint Martin en Haut (69)

Support vidéo

MASSON P et V, GRIENENGERGER L, 2012, *Pratiques de l'agriculture biodynamique*, 83min, Biodynamie Services et EcoDyn

Sites internet

vernoux.org/ecodyn/, consulté le 18/07/2014

www.agencebio.org/, consulté le 18/07/2014

www.biodynamie-services.fr/, consulté le 16/04/2014

www.biodyvin.com/, consulté le 16/04/2014

www.biolineaires.com/articles/agronomie/534-insectes-maladies-et-mauvaises-herbes, consulté le 01/08/2014

www.cornin.net/, consulté le 12/08/2014

www.domaine-saint-laurent.fr/, consulté le 16/04/2014

www.fiches.arvalis-infos.fr/, consulté le 18/07/2014

www.insee.fr/fr/, consulté le 18/07/2014

www.insee.fr/fr/, consulté le 18/07/2014

www.itab.asso.fr/publications/archives-maraichage.php, consulté le 12/08/2014

www.vignevin.com/, consulté le 18/07/2014

Table des annexes

Annexe I : Tableau d'observation des céréales pour l'essai « modes de dynamisation »

Annexe II : Appareil de bioélectronique selon L-C Vincent

Annexe III : Usage de la prêle – Bulletin technique viticole INFO Viti'Bio de ATV 49

Annexe IV: Protocole Fredon

Annexe I

Tableau d'observation des céréales pour l'essai « modes de dynamisation »

Caractère	Vasques (J)	Main (B)	Machine (R)	Non dynamisé (N)
Note globale (1 → 5)				
Pied (Nombre)				
Tallage (Faible → Fort + nombre)				
Hauteur (cm)				
Largeur feuilles (cm)				
Vigueur (1 → 5)				
Couleur (Clair → Foncé)				
Adventices (Nombre et type)				
Épiaison (% population)				
Maladie (Saine → Très malade)				
Maladie (Détermination)				
Commentaire				

Annexe II

Appareil de bioélectronique selon L-C Vincent

Les figures suivantes présentent

- La face de l'appareil (fig 1)
- L'écran de l'appareil (fig 2)
- Dos de l'appareil (fig 3)
- Sonde combinée (fig 4)
- Sonde de température (fig 5)
- Sonde conductivité (fig 6)

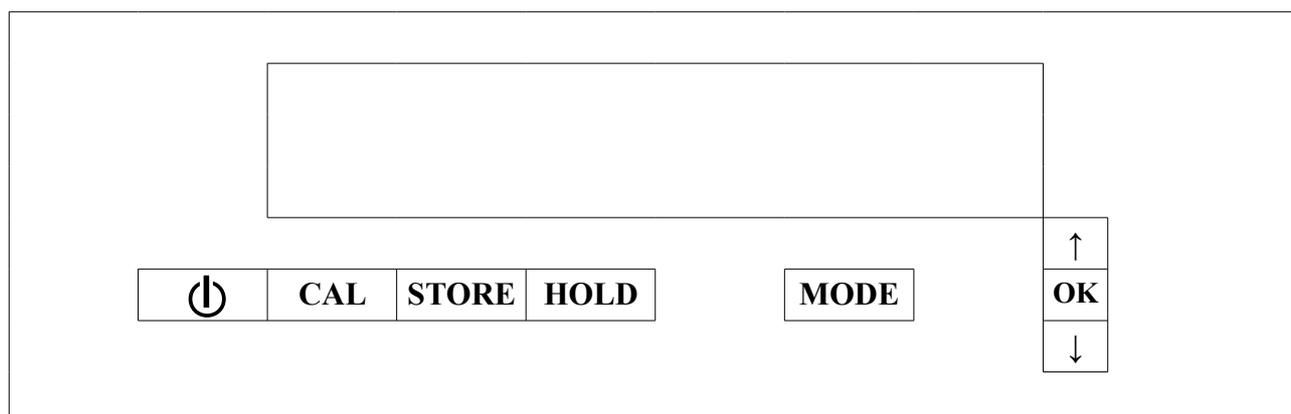
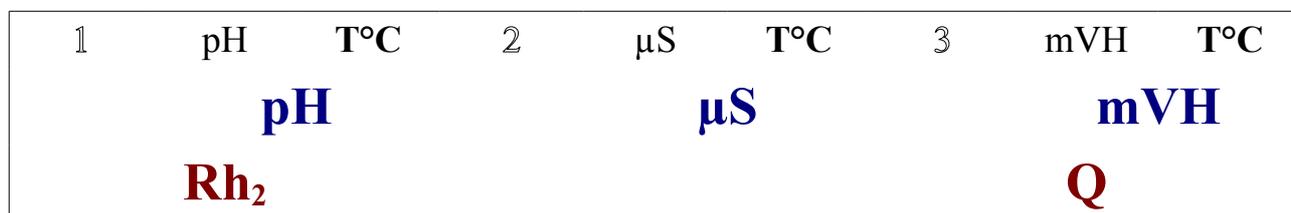


Figure 1 : Face de l'appareil



pH : ce qui est mesuré / **Rh₂** : ce qui est calculé

Figure 2 : Ecran de l'appareil (en gras les valeurs affichées)

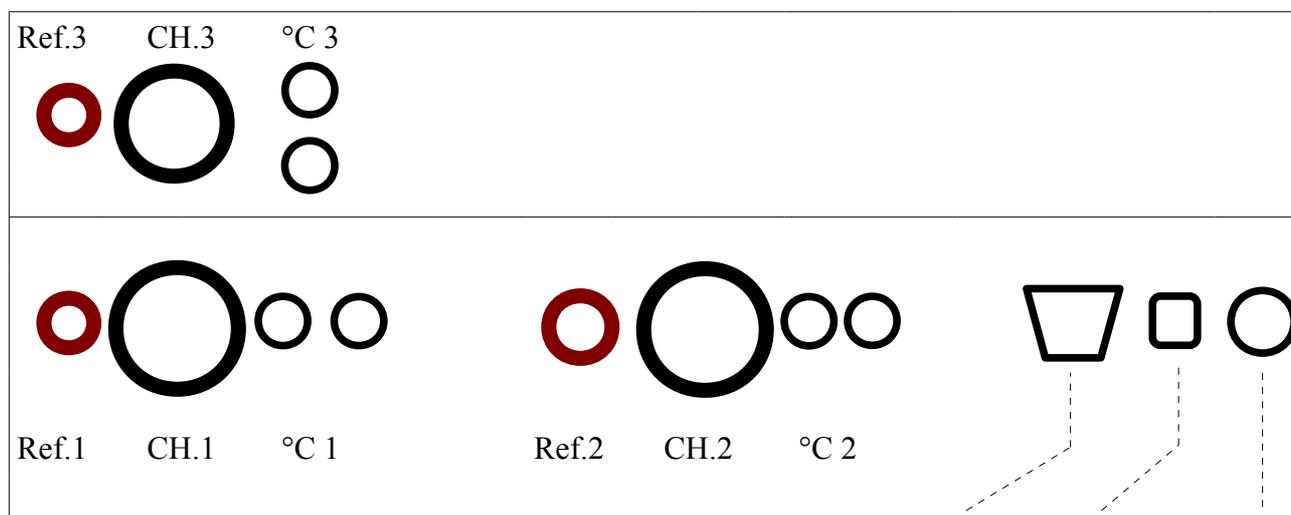


Figure 3 : Dos de l'appareil

Branchements Projecteur / Ordinateur / Batterie

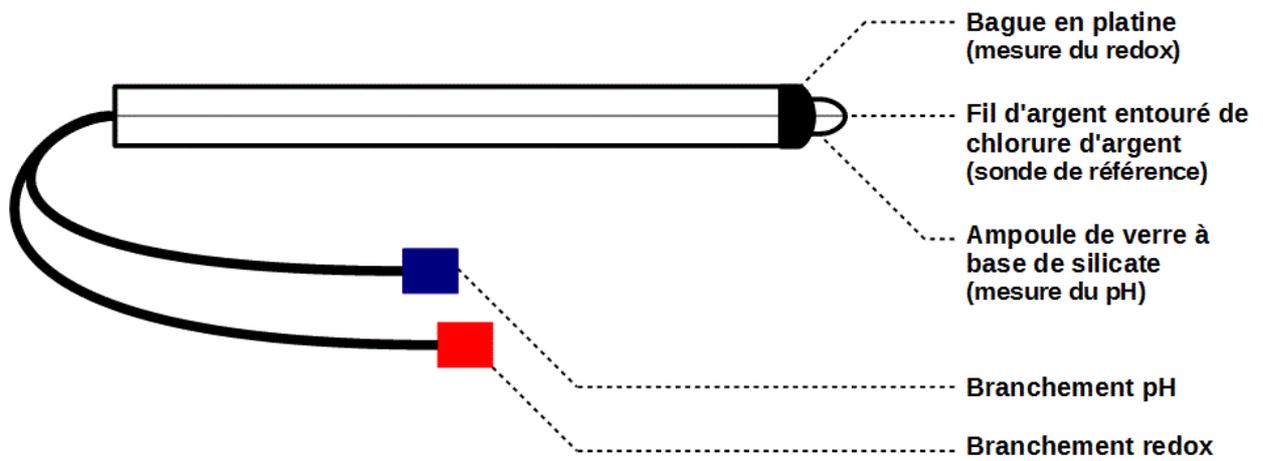


Figure 4 : Sonde combinée

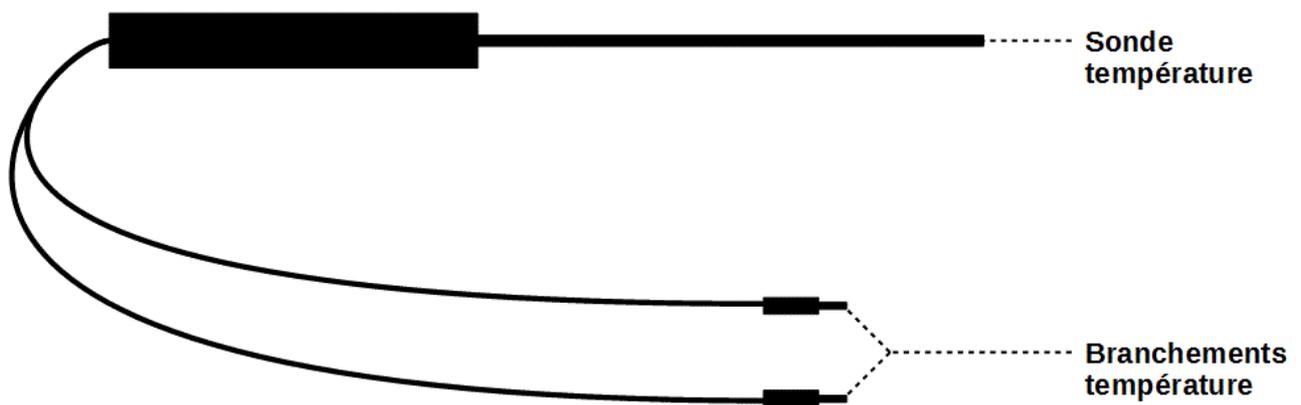


Figure 5 : Sonde de température

Annexe III

Usage de la prêle – Bulletin technique viticole INFO Viti'Bio de ATV 49

Décoction de prêle et inoculum mildiou

De nombreux viticulteurs en biodynamie appliquent une décoction de prêle la semaine avant Pâques. Cette décoction jouerait le rôle d'agent anti-cryptogamique, qui, utilisée en préventif deux jours avant la pleine lune qui précède Pâques fixerait les champignons (mildiou et oïdium) au sol. La Société de Viticulture du Jura a réalisé des **essais afin d'observer l'influence de la décoction de prêle sur la maturation des œufs de mildiou ainsi que sur leur potentiel germinatif.**



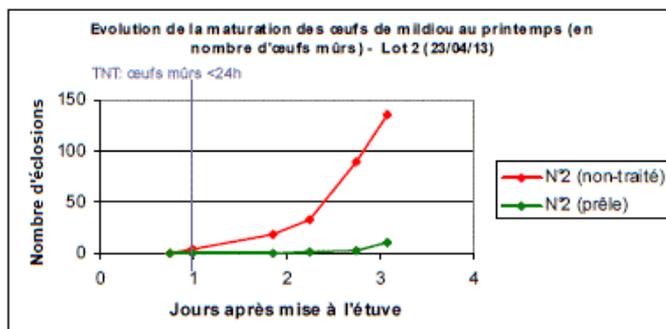
L'essai a été mené sur une parcelle du Domaine Pignier-Vatagna et a comporté 2 modalités : une modalité avec décoction de prêle et une modalité sans décoction de prêle.

Dans le cadre du suivi biologique des œufs de mildiou, le lot de fragments de feuilles avec présence d'oospores est séparé en 2 afin d'avoir 2 tubes de mise en culture dans la parcelle. Les tubes sont identifiés, afin d'en avoir un positionné dans chaque modalité.

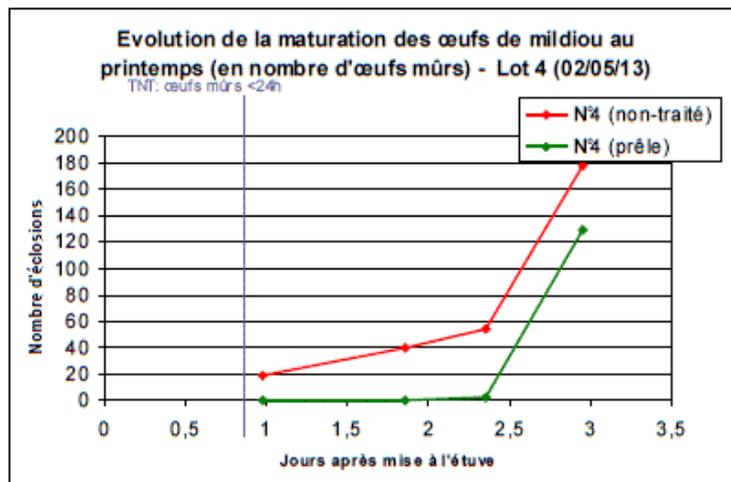
Un lot est prélevé avant la décoction de prêle pour faire un point zéro. Le suivi s'effectue quotidiennement à la loupe binoculaire, afin de repérer la date du début de maturation des œufs en milieu contrôlé des 2 lots.



Une fois les œufs mûrs en moins de 24 h, le suivi est poursuivi pendant 10-15 jours afin d'évaluer le potentiel germinatif des œufs de chaque lot.



→ Au 23 avril, le lot sans prêle est mûr en moins de 24 h, alors que le lot avec prêle n'est pas mûr.



→ Au 2 mai, le lot avec prêle n'est toujours pas mûr.

Ce même essai a été mené en 2001, 2012 et 2013 avec les mêmes tendances chaque année : la décoction de prêle retarde la maturation des œufs de mildiou et diminue le potentiel germinatif des œufs.

Dates de maturation des œufs d'hiver				
	TNT (sans prêle)	Lot avec prêle	Gain de temps prêle	Date Paques (dimanche)
2011	13/04	> 27/04	> 7 jours	24/04
2012	13/04	16/04	3 jours	08/04
2013	23/04	02 au 06/05	9 à 13 jours	31/03

Recette de la décoction de prêle :

100g de prêle sèche par hectare.

Une macération de quelques heures à 1 jour avant la cuisson renforcerait son efficacité

Cuire à feu doux dans 5L d'eau de pluie en laissant frémir durant 40 mn dans un récipient couvert.

Laisser refroidir puis **filtrer**.

Diluer au 10^{ème} jusqu'à obtention d'une couleur de thé moyenne (idéalement 1 partie pour 9 parties d'eau).

Dynamiser pendant 20 min juste avant d'épandre.

Pulvériser à la bouille à dos en cuivre à 45 L/ha sur le sol avec une buse de diamètre assez gros afin d'avoir de grosses gouttes.



→ Cette année, selon le calendrier des semis, la décoction de prêle est à réaliser autour du 11 avril (période qui précède la pleine lune de Pâques)

Annexe IV

Protocole FREDON



A l'attention de M^r Crozier
01.57.55.77.65



Protocole d'étude

Suivi de la germination des œufs d'hiver de mildiou

I. Objectifs du suivi

Ce suivi a pour but de déterminer la date d'arrivée à maturité des œufs d'hiver (forme de conservation du mildiou), c'est à dire la date à partir de laquelle le mildiou est apte à contaminer la vigne (si tous les autres paramètres : stade de la vigne, pluviosité et température sont réunis par ailleurs). Les œufs d'hiver sont considérés "mûrs" lorsque les premières macroconidies apparaissent en moins de 24 heures en conditions contrôlées.

II. Récolte et conservation du matériel biologique

2.1. Récolte du matériel végétal

A partir de fin septembre, puis en octobre et novembre, recueillir des feuilles riches en taches en point de tapisserie (photo n° 1). Préférer les jeunes feuilles minces dans lesquelles la recherche des œufs d'hiver est rendue plus facile.

Remarque : on peut récolter des feuilles durant tout l'hiver mais la recherche des oospores est plus difficile au fur et à mesure que la saison avance.



Photo n°1 : Mildiou mosaïque ou "point de tapisserie"
(source : SRPV Bourgogne)

2.2. Préparation du matériel végétal

Faire tremper les feuilles récoltées dans l'eau (quelques minutes suffisent), frotter la face inférieure des feuilles avec une petite brosse (type écouvillon) afin d'éliminer toutes les "impuretés" (restes de sporulation par exemple) qui pourraient gêner l'observation, sécher avec un papier absorbant et rechercher les plages de feuilles riches en oospores (photo n°2) à la loupe binoculaire (grossissement 25 à 50) en utilisant un éclairage par transparence.

Découper des fragments d'environ 25 à 100 mm² (5 à 10 mm de côté)

Œufs d'hiver : 25 à 40 microns de diamètre (parfois jusqu'à 120 microns), de couleur orangée et avec une membrane externe plus foncée.

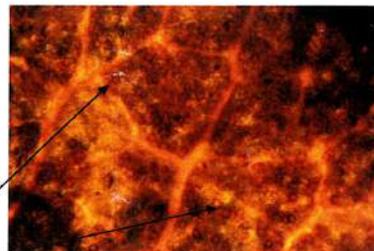


Photo n° 2 : Oeufs d'hiver dans tissu foliaires
(G x25) - (source : SRPV Bourgogne)

2.3. Conservation du matériel végétal

Les fragments de feuilles contenant des œufs d'hiver sont placés dans un "tube à mildiou" (dimensions du tube : 30 à 50 cm de longueur et 5 à 10 cm de diamètre environ - schéma n° 1). Ce tube est rempli de terre modérément tassée jusqu'à 2-3 cm de son extrémité supérieure sur laquelle on dépose de manière homogène, les fragments de feuilles que l'on recouvre d'une fine

couche de sable puis d'un grillage afin d'éviter que les fragments ne s'envolent (le maillage du grillage ne doit pas être trop serré pour ne pas créer un effet de serre ou perturber l'arrivée d'eau).

👉 lors du remplissage du tube, veillez à ce qu'il n'y ait pas de "petites bêtes" dans la terre. Par ailleurs, il est inutile de changer la terre tous les ans, il suffit d'enlever les fragments de l'année n-1 (s'il en reste) lorsqu'on dépose les fragments en octobre de l'année n.

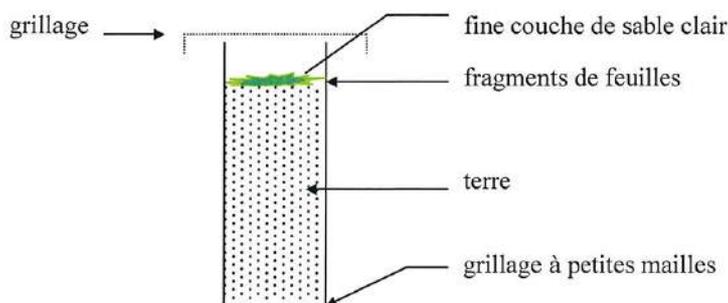


Schéma n° 1 : Schéma d'un "Tube à mildiou"

Ce tube est ensuite placé verticalement dans le sol, de manière à ce que son extrémité supérieure se trouve au ras du sol (photo n° 3).

Au fond du tube, on place un grillage très fin pour éviter la remontée des vers de terre qui pourraient détruire les fragments de feuilles durant l'hiver.

Bien identifier les tubes (origine de prélèvement).



Photo n° 3 : Conservation des fragments de feuilles durant l'hiver - (source : SRPV Bourgogne)

III. Suivi de la germination des œufs d'hiver de mildiou (manipulation et interprétation des résultats)

3.1. Mise en place des échantillons

- prélever quelques fragments dans les tubes en s'efforçant de ne pas déranger ceux qui restent,
- les laver trois fois à l'eau pour les débarrasser des particules de sable qui seront gênantes lors des observations ultérieures sous la loupe binoculaire,
- découper ces fragments en toutes petites lamelles (schéma n° 2),

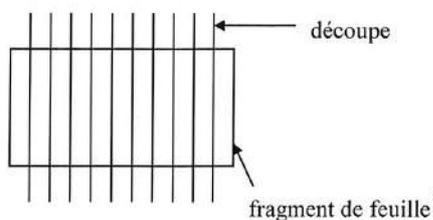


Schéma n° 2 : Découpage d'une feuille

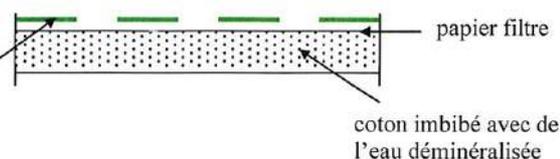


Schéma n° 3 : Boîte de pétri

- placer ces lamelles bien à plat dans une boîte de pétri en verre (de 70 mm de diamètre) sur une couche de coton humidifiée par de l'eau déminéralisée et recouverte de papier filtre (schéma n° 3 et photo n° 4). Maintenir humide jusqu'à la fin de l'expérience (ajouter si nécessaire de l'eau durant la période d'observation).
- bien inscrire sur le couvercle : l'origine de l'échantillon, le numéro de lot, le jour et l'heure de mise en place.



Photo n° 4 : Fragment de feuilles découpé en petites plages - (source : SRPV Bourgogne)

- placer les boîtes de pétri dans l'étuve, la régler à 20-22 °C ; la première mise en étuve a lieu entre le 15 février et le début mars.
- le rythme de mise en place des lots est fonction du temps de germination et de l'évolution des conditions climatiques.

3.2. Examens - Rythme des examens

Le but recherché est de détecter, pour chaque lot examiné, les germinations les plus rapides et aussi d'avoir une idée de la faculté germinative des oospores (nombre total de macroconidies par échantillon).

Utiliser une loupe binoculaire au grossissement 50 (photo n° 5), à la lumière du jour et si possible avec des fibres optiques en lumière rasante.

Examiner la surface des fragments en faisant varier la mise au point légèrement, de façon à explorer toute la surface des fragments.



Photo n° 5 : Loupe binoculaire

Dénombrer les macroconidies pour chaque boîte et les détruire après comptage au moyen d'une aiguille afin de ne pas les comptabiliser les jours suivants (photos n° 6 et 7).

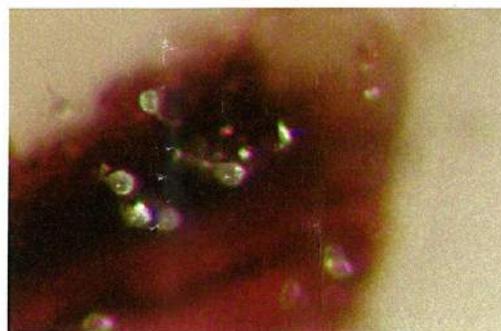
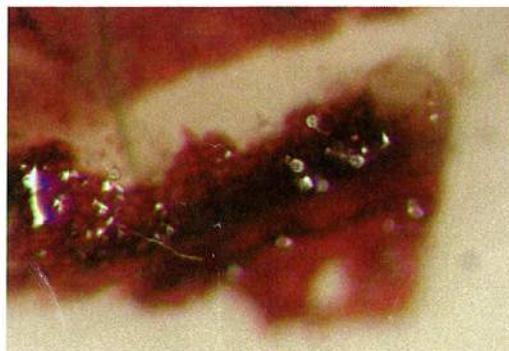


Photo n° 6 : Macroconidies sur fragment de feuille (G x50), Photo n°7 : G x90
(source SRPV Bourgogne)

L'association ARP-BD, en lien avec l'entreprise Biodynamie Services, qui dispense conseils et formation dans le domaine de la biodynamie et élabore des préparations biodynamiques, contribue à faire progresser les connaissances en biodynamie grâce aux expérimentations qu'elle met au point afin de répondre aux attentes et aux questions des paysans et des vignerons. Elles sont réalisées en lien avec eux, sur leurs terrains. Le mémoire porte sur deux expérimentations, réalisées sur vignes, maraîchage et grandes cultures. L'expérimentation portant sur les modes de dynamisation a mis en évidence l'efficacité supérieure des brassages manuel et mécanique par rapport à l'utilisation des flowform, ou vasques vives. L'expérimentation sur les différentes préparations à base de prêle, utilisée en lutte prophylactique contre le mildiou, a démontré que les décoctions fermentées étaient plus efficaces que les décoctions simples, tout comme les dilutions homéopathiques. De plus, il a été constaté que la prêle n'était pas asséchante, et était relativement efficace contre l'oidium dans les vignes. Observation des cultures et profils de sol ont permis d'obtenir ces résultats. La bioélectronique L-C Vincent a été testée, et deviendra un moyen d'analyse pour les expérimentations, qui seront reconduites sur d'autres parcelles dans les années à venir.

Recherche sur les préparations biodynamiques – Essais payans – Prêle - Dynamisation

ARP-BD association, related to Biodynamie Services company, which advises and trains in the biodynamic field and elaborates biodynamic preparations, contributes to advance biodynamic knowledges, thanks to experimentations for to answer questions and expectations' wine-producers and farmers. They're realise with them, on their land. The report is about two experimentations, realised on vine, gardening and great culture. The experimentation which speak of way to boost brought out manual and mechanical brewings are more effective than flowform system. The experimentation about different preparations with horsetail, used against mildew, showed fermented decoctions were more effective than simple decoctions, like homeopathic dilutions. More, it was found horsetail is not desiccant, and it's effective against vine's oidium. Cultural observations and soil profil allowed obtain these results. The L-C Vincent bioelectronic method was tested, and wil become an analyse way for the experimentations, which will renew on others lands the coming years.

Recherche about biodynamic preparations – Farmer testing – Horsetail - Stirring