

**MASTER Sciences et Technologie de
l'Agriculture, de l'Alimentation et de
l'Environnement**

**Gestion de la Qualité des
Productions Végétales
1^{ère} année**

DEGIOVANNI Andrée

Sujet :

Études des paramètres agronomiques et électro-magnétiques d'un sol
maraîcher sous abris en Provence



CHAMBRE D'AGRICULTURE
DES BOUCHES-DU-RHÔNE
22 Avenue Henri Pontier
13626 Aix en Provence

Maître de Stage : CAMOIN Laurent, Ingénieur-conseil maraîchage

Période de stage : 19/04/2022 au 29/07/2022

Programme et financement :



Action du plan Ecophyto piloté par les
ministères en charge de l'agriculture, de
l'écologie, de la santé et de la recherche,
avec l'appui technique et financier de
l'Office français de la Biodiversité.

Remerciements

Mes remerciements vont tout d'abord à Laurent CAMOIN, mon maître de stage au sein de la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, qui m'a énormément appris tout au long du stage et qui m'a fait découvrir et apprécier le métier de conseiller en maraîchage.

Merci à l'équipe maraîchage, Lucas TOSELLO et Justine POMMET.

Merci aussi à l'ensemble du personnel de la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône pour leur accueil et pour le matériel mis à disposition.

Merci aux agriculteurs Magali et Edouard d'avoir accepté de mettre en place le protocole d'essai sur leur exploitation et d'avoir libérer du temps pour échanger sur le sujet tout au long de la saison

Merci à tous les agriculteurs du réseau Ferme DEPHY et aux autres agriculteurs du département, qui m'ont accueilli avec bienveillance dans leurs exploitations.

Et pour finir merci aux membres des organismes partenaires de la Chambre d'agriculture (l'APREL, les CETA et le GRAB) pour les échanges et les essais menés ensemble ainsi que pour les visites d'essais qu'ils ont organisées et auxquelles nous avons été conviés.

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long du stage et dans la rédaction de ce rapport.

Sommaire

Remerciements	2
Introduction	5
1. Potentiel hydrogène (pH)	6
2. Potentiel d'oxydoréduction (potentiel Redox)	7
3. Conductivité	7
Matériels et méthodes.....	8
1 : Contexte	8
2 : Protocole :	9
3 : Méthode de prélèvement et d'analyse	10
A. Prélèvement des échantillons de sol	10
B. Mesure du pH et du potentiel d'oxydoréduction	10
C. Analyse de la conductivité	10
D. Mesure des nitrates	10
E. Analyse de la stabilité structurale	10
F. Test du sachet de thé :	12
G. Test bêche et test d'infiltration :	12
H. Notation des plantes :	12
I. Analyse statistique	12
Résultats et discussion.....	14
1. Les paramètres chimiques du sol	14
A. Suivi du PH :	14
B. Suivi du potentiel d'oxydo-réduction (Redox)	16
C. Suivi de la Conductivité :	19
D. Suivi de la concentration en nitrates :	21
2. Les macroorganismes	23
A. Les <i>Macrolophus</i>	23
B. Les acariens tétranyques	23
C – Autre ravageurs :	25
3. Vigueur générale :	28
A. Nombre de feuille par plante.....	28
B. Stade phénologique	28
C. Rendement :	28
4. Les analyses agronomiques :	30
Conclusion.....	32
Bibliographie et références.....	34

Glossaire.....	37
Annexes	38
Résumé 150-200 mots en français et anglais (non).....	53

Introduction

Depuis maintenant quelques décennies une baisse de la biodiversité est fortement observée, dans un rapport de l'ONU publié en 2019, des scientifiques ont souligné qu'un million d'espèces, sur un total estimé à 8 millions, sont menacées d'extinction. Les activités humaines, telles que les changements d'utilisation des terres, la pollution et le changement climatique en sont la principale cause. Outre la biodiversité la santé humaine est aussi menacée.

Pour lutter contre ces changements, les pouvoirs publics ont mis en place un plan national Ecophyto I lancé en 2009 puis Ecophyto II en 2011, qui a pour projet de réduire l'utilisation des produits phytosanitaires de 50% à l'horizon 2025, avec une étape à 25% en 2020, et de réduire les risques et impacts de ces substances. En 2018, le plan Ecophyto II+ vient renforcer les actions structurantes du plan (réseau DEPHY, BSV, Certiphyto, réseau 30 000, etc.).

Dans le cadre de ce plan, le Réseau Fermes DEPHY (Démonstration, Expérimentation et production de références sur les systèmes économes en Phytosanitaire) a été créé au niveau national, regroupant environ 2000 exploitations (renouvellement 2022), toutes filières.

Au niveau local, un réseau Ferme DEPHY est composé de 10 à 12 exploitations agricoles désirant créer un groupe de travail et motivées pour trouver des solutions face aux changements multiples dont la protection phytosanitaire des cultures.

La Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône anime un groupe depuis 2011, réengagé en 2016 et renouvelé en 2022. Les agriculteurs se sont réengagés pour une période de 5 ans, autour du projet collectif « Améliorer la fertilité des sols et biodiversité fonctionnelle dans les parcelles ». Ce réseau est animé et accompagné techniquement par un ingénieur de la Chambre d'agriculture, Laurent Camoin. L'objectif est la réalisation d'un diagnostic de chacune des exploitations, la construction d'un projet dans le but de la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires avec un suivi de l'évolution du projet et de regrouper et échanger sur les pratiques avec les autres agriculteurs du groupe.

C'est au sein de la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône que j'ai effectué mon stage, dans la filière végétale et dans le service maraîchage. Ce service est composé d'un chef de pôle et de trois conseillers qui forment l'équipe maraîchage. Ils assurent un soutien technique auprès des maraîchers du département via des prestations de conseil collectif et individuel, direct ou indirect, la réalisation de documents (fiches techniques, bulletin mensuel « Treiz'Maraîchage », etc.), l'expérimentation, la participation et l'animation de réseaux et filières à différentes échelles afin de jouer un rôle d'interlocuteur entre les professionnels de l'agriculture, les associations et organisations de producteurs et les instances publiques et privées.

Afin de mieux comprendre l'objet de notre étude, rappelons que le sol ne fournit pas seulement un support aux cultures mais aussi un milieu complexe qui offre une large gamme de services écosystémiques. Il résulte de l'interaction entre la roche-mère, les plantes, les microorganismes et le climat (Roger et Garcia (2001)).

Les microorganismes sont naturellement présents et sont essentiels dans le sol. Ils dégradent les composés complexes, notamment la matière organique, présente dans le sol en ions solubles facilement assimilable par les plantes. Les microorganismes ont également un impact positif sur la structuration du sol, créant un complexe argilo-humique. Afin qu'un sol soit fertile il est donc important d'avoir une activité biologique élevée. Les propriétés physiques (compaction, structure...) et chimiques (pH, potentiel d'oxydoréduction, conductivité...) impactent également la fertilité du sol. Cependant, ils sont eux-mêmes fortement impactés par l'activité biologique et inversement.

Favoriser la présence de microorganismes dans un sol cultivé permet d'améliorer les propriétés de ce sol et donc les rendements culturaux. De plus, un sol biologiquement actif limitera l'apparition de maladie tellurique ou foliaire. Par conséquent, il est important de favoriser la présence de

microorganisme, leur installation et de limiter l'utilisation de pratique culturale qui pourraient leur être néfastes.

Dans le cadre du réseau Ferme DEPHY des Bouches-du-Rhône ce sont ces pratiques qui sont favorisées avec une réduction du travail du sol et une fertilisation optimisée via des amendements organiques. Quatre principales pratiques agricoles peuvent affecter le potentiel d'oxydoréduction et le pH du sol : l'application de fertilisants (organiques ou chimiques), la gestion de l'eau, le travail du sol et la rotation des cultures (Husson, 2013).

Pour cela nous réalisons des essais depuis 3 ans dans la serre-verre en culture de tomate d'une exploitation sur la commune d'Istres (Entressen), dans les Bouches-du-Rhône (13, France) qui est en agriculture biologique. Cette exploitation est dans le réseau Ferme Dephy accompagné par l'ingénieur réseau depuis plus de 10 ans. Ce lieu est également choisi car le sol a une structure instable avec beaucoup de sable et a tendance à se tasser facilement. Si les résultats de nos études s'avèrent concluant, ils serviront d'indicateurs très pertinents pour les exploitations du réseau et du département.

Apporter des engrais organiques, des amendements tels que du compost (fumier frais jeune à peine composté) « nourris » les microorganismes et favorise leur prolifération, ils auront également pour effet de favoriser l'apparition de nouveaux microorganismes. Éric Petiot (2020) suggère d'apporter en même temps des extraits fermentés pour aider davantage la minéralisation des amendements organiques et matières fertilisantes. Un apport simultané de petit lait (solution à pH acide et riche en acides aminés) peut également être intéressant pour favoriser la minéralisation des intrants organiques.

Le but de ce stage est d'étudier les effets de l'injection d'extraits fermentés, de microorganismes, de miel (source de sucres simples organiques) et de petit lait sur des paramètres électromagnétiques du sol : pH, potentiel d'oxydoréduction, conductivité. Et également de mesurer l'effet de ces injections sur la structure du sol et sur la culture : texture du sol, vigueur de la culture, développement végétatif, rendement agronomique et présence/absence de ravageurs, auxiliaires et maladies. Cette étude fait suite aux résultats des travaux d'expérimentation et de développement d'Éric Petiot et les travaux de recherche d'Olivier Husson (Cirad) dans un contexte de cultures maraîchères sous abris en zone de production méditerranéenne. La finalité de l'essais est de trouver un optimum de gestion de la relation microorganismes/climat/plante, afin d'augmenter la fertilité du sol et d'atténuer le développement des bioagresseurs sur les cultures.

Pour cela nous nous sommes posé la question "Peut-on faire varier les paramètres du sol grâce à des injections de matières fertilisantes organiques et des substances de base ? » « Et si oui, cela a-t-il un effet sur les plantes cultivées et le développement des bioagresseurs aériens ? »

Nous souhaitons aussi vérifier la relation entre les paramètres agronomiques et les paramètres électromagnétiques du sol.

Divers auteurs ont signalé des différences marquées de potentiel d'oxydoréduction et de pH en fonction de la profondeur du sol (Bohrerova et al, 2004 ; Mansfeldt 2003 ; Snakin et al. 2001). C'est pour cela que nous effectuerons les analyses sur 3 horizons, de 0-10cm, de 10-20 cm et de 20cm-40cm. Après quoi un tuf de calcaire et de galets est présent sur cette exploitation.

On sait que le travail du sol affecte également le potentiel d'oxydoréduction et le pH du sol, principalement en modifiant la structure du sol. La densité et la taille des agrégats influencent grandement la désorption de l'eau du sol et la profondeur du sol vers laquelle l'O₂ pourrait se diffuser (Grable and Siemer 1967).

Ci-après, sont définis et décrits les principaux paramètres analysés dans notre étude.

1. Potentiel hydrogène (pH)

L'abréviation pH renvoie à la notion de potentiel hydrogène. Le pH est une grandeur sans unité. Il permet de mesurer l'activité de l'ion hydrogène (proton H⁺) dans une solution. Pour un milieu donné, le pH est

calculé en fonction de la concentration en ions hydronium (H_3O^+). Il est donné par la relation suivante : $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$.

Le pH du sol est considéré comme un facteur ambiant structurant majeur des communautés microbiennes telluriques et du microbiome végétal (Chapelle et al., 2016). Le pH du sol est principalement impacté par la présence de microorganismes et par l'exsudation racinaire. Le pH optimal pour la croissance des plantes est de 6,5 à 7 (Husson, 2013). Une relation étroite existe entre les plantes et les microorganismes de leur rhizosphère. Le pH est également corrélé avec la présence d'humus. La concentration en humus baisse en profondeur, donc le pH augmente. (Chapelle et al., 2016). Un sol fertile voit donc sa population microbienne décroître avec la profondeur, donc son pH s'alcalinise avec la profondeur (Husson, 2013).

2. Potentiel d'oxydoréduction (potentiel Redox)

Le potentiel d'oxydoréduction est une grandeur thermodynamique qui mesure le pouvoir oxydant ou réducteur d'un système. Plus un système est oxydant, c'est-à-dire plus il est apte à se réduire en captant des électrons, plus son potentiel d'oxydoréduction est élevé. Plus il est réducteur et a tendance à céder des électrons, plus son potentiel d'oxydoréduction est bas. Le potentiel d'oxydoréduction se mesure en millivolts (mV) en utilisant un rédox-mètre.

Le potentiel d'oxydoréduction et le pH ne sont pas indépendants. Mais le potentiel d'oxydoréduction et le pH interagissent, car l'oxydation mène à l'acidification, et l'importance de mesurer les deux paramètres a été documentée sur les sols (Husson et al., 2018). Le Redox et la régulation du pH sont au cœur de la physiologie et de la phénologie des plantes ; la grande majorité des stress biotiques et abiotiques se traduisent par des signaux redox chez les plantes (Husson, 2013).

Les microorganismes sont connus pour pouvoir modifier le potentiel d'oxydoréduction et le pH de leur milieu environnant en fonction de leurs besoins (Rabotnova & Schwartz 1962). De plus, dans les sols aérobie, les microorganismes consomment de l'oxygène, ce qui a pour effet d'abaisser le potentiel d'oxydoréduction (Bohrerova et al. 2004 ; Kralova et al., 1992).

D'après Éric Petiot (2014), pour un sol fertile, les valeurs de potentiel d'oxydoréduction doivent être proches de +204 mV au printemps et de +430 mV en automne. Les valeurs de ce potentiel devraient augmenter avec la profondeur du sol, créant un gradient, un courant d'électron dans le sol.

3. Conductivité

La conductivité électrique d'un sol est sa capacité à laisser les charges électriques se déplacer. Elle représente donc l'intensité des courants électriques dans un sol. La conductivité est mesurée en Siemens par mètre et dans notre cas en milliSiemens par centimètre (mS.cm^{-1}) avec un conductimètre.

La conductivité d'un sol est dépendante de la concentration en métaux et en ions, ces éléments interagissant avec les électrons.

Aujourd'hui, elle est utilisée en agriculture de précision comme indicateur pour caractériser diverses propriétés du sol (Samouëlian et al, 2005). Elle communique des informations sur la capacité d'échange cationique (CEC), la salinité, les nutriments, l'humidité résiduelle, les débits d'eau, la texture du sol, les propriétés liées à la texture (couches de sable, couches d'argile imperméables, etc.). Par exemple, la conductivité du sol augmente lorsque la densité apparente augmente (Richard et al, 2006 ; Seladji et al, 2010). De même, elle augmente lorsque la teneur en eau augmente car le contact entre les particules de sol est alors maximal. La concentration en nutriments (ions) augmente également la conductivité.

Dans notre étude, nous lierons la conductivité à une activité microbienne, puisque les microorganismes pourraient également impacter la conductivité. En effet, ils dégradent des molécules complexes, n'ayant que peu d'influences sur la conductivité, en molécules simples telles des ions l'augmentant significativement. Une forte activité microbienne pourrait donc traduire une forte conductivité.

Matériels et méthodes

1 : Contexte

Notre protocole est réalisé dans une exploitation décrite en Introduction (et voir Annexe 1). Elle est composée de 2 hectares (ha), dont 1 ha de serre-verre, c'est dans celle-ci que le protocole est expérimenté. La serre est orientée Nord-Sud et composée de 32 chapelles de 330 m² chacune, conduite selon le cahier des charges de l'Agriculture Biologique depuis 2005.

Dans les chapelles étudiées, nous avons une culture de tomates de la variété Noire de Crimée population greffée sur le porte-greffe Fortamino F1. La plantation est du 20 mars 2022. Notre étude porte sur 4 chapelles de cette variété, soit 1320m² et de 1 chapelle dite témoin-producteur avec la même variété pour une surface de 330 m². Dans chaque chapelle sont implantées 4 lignes de plants de tomates. Les autres chapelles de la serre-verre sont exploitées avec différentes variétés de tomates et de courgette, (figure 1).

Concernant le contexte pédoclimatique, le sol est très calcaire à pH= 8 environ avec un pourcentage de cailloux (galets calcaire) de 40%, un taux de matière organique initiale de 1% qui a été entretenu ces dernières années par apports de composts pour atteindre 3,5 % environ. Le sol est très peu profond, avec un tuf calcaire à environ entre 30 et 40cm. Le sol est composé d'argile à 23%, de limon à 25% et de sable à 52% (Annexe1). Le climat est méditerranéen, chaud et sec, soumis au mistral, le vent dominant Nord/Nord-Ouest – Sud/Sud-est.

Pratiques culturales :

Le travail du sol avant implantation de la culture de tomate en rang est réalisé par un passage de sous-soleuse pour aérer le sol, adjoint d'un rouleau type Faca afin de fragmenter les plus grosses mottes et le compost de fumier épandu au préalable. Après la culture de printemps/été (tomate courgette), le sol est repris avec un enfouisseur de pierre (rotavator inversé), en plus des outils passés précédemment, afin de préparer le sol pour les cultures d'hiver cultivées en plein.

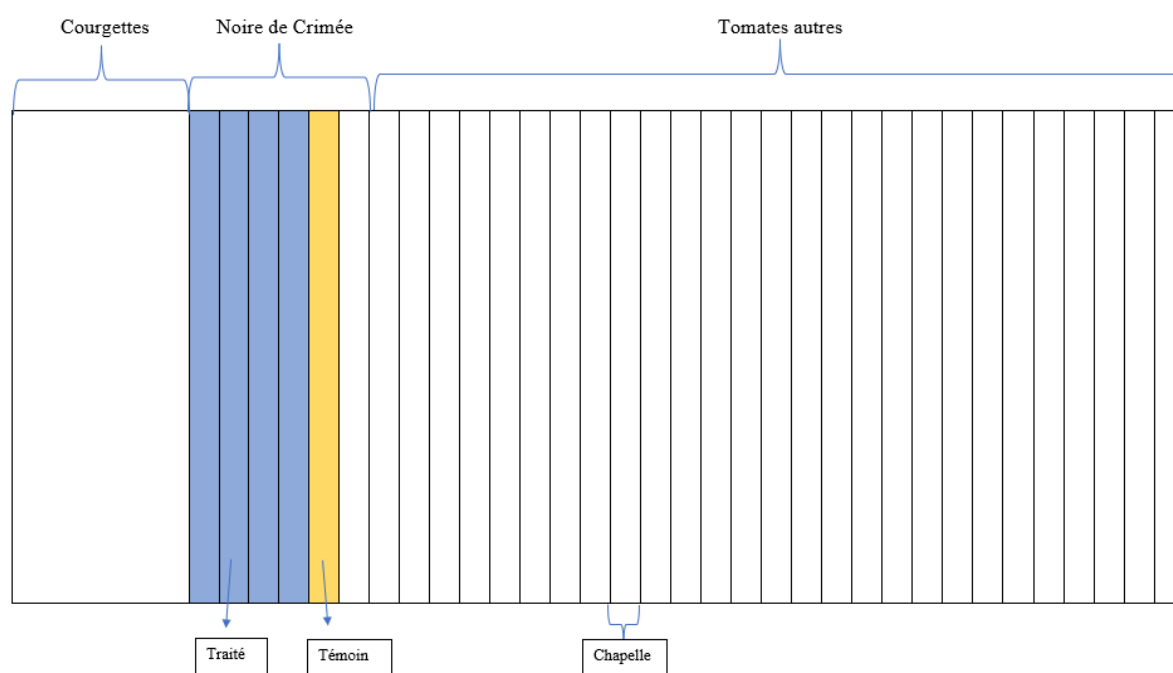


Figure 1 : positionnement de l'essai dans la multi chapelle

2 : Protocole :

Le protocole d'application des intrants est décrit en figure 2. Les injections sont exclusivement réalisées au goutte à goutte. La vinasse de betterave est apportée chaque semaine sur décision du producteur en plus du protocole : 100L/ha dans le témoin et 50L/ha dans la modalité traitée.

Voici le protocole synthétique réalisé par l'agriculteur dans le cadre de l'essai, avec les interventions par ordre chronologique :

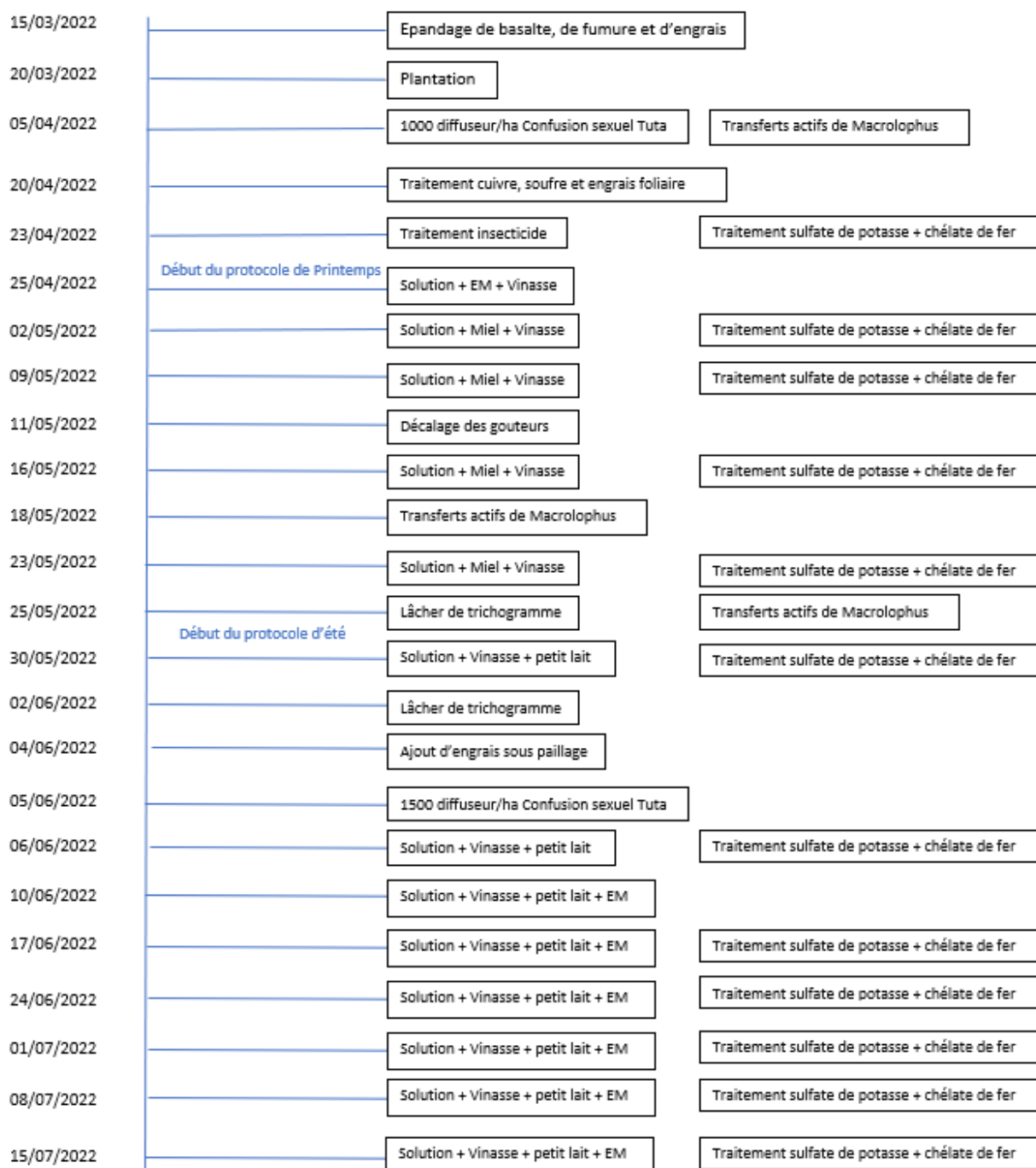


Figure 2 : Protocole réalisé par l'agriculture pour l'essai

Les dosages d'applications et les concentrations sont donnés en Annexe3.
Solution*= protocole de printemps ou d'été suivant la date.

3 : Méthode de prélèvement et d'analyse

A. Prélèvement des échantillons de sol

Les échantillons ont été prélevés au centre des blocs d'abris cultivés, à l'aide d'une pelle sur 3 horizons différents : 0 à 10 cm, 10 à 20 cm et 20 à 30 cm, à environ 15 cm du goutteur et 15 cm des plantes, en bordure du bulbe hydrique, zone où la prospection racinaire est possible (*figure 3*). Pour chaque profondeur, le prélèvement est répété trois fois aléatoirement dans les lignes de tomates. Au total, 9 échantillons par modalité sont prélevés.

Les prélèvements ont été réalisés du 21 avril au 11 juillet 2022 avec une fréquence à 15 jours pour la réalisation des analyses de pH, potentiel d'oxydoréduction, conductivité, nitrates.

B. Mesure du pH et du potentiel d'oxydoréduction

Le pH et le potentiel d'oxydoréduction ont été mesurés selon la méthode d'Éric Petiot. Une masse de sol frais dans 2,5 masses d'eau déminéralisée sont mélangées par renversement (45 grammes de terre pour 112 grammes d'eau). Ce mélange est suivi d'une décantation de 30 minutes. Le pH et le potentiel d'oxydoréduction du surnageant sont mesurés avec le pH-mètre (compact et étanche avec électrode en alliage titane et gamme rédox HI991003 - Hanna Instruments) qui mesure ces deux paramètres simultanément.

Nous mesurerons le pH extrait à l'eau, ce qui entraîne des données plus alcaline que le pH (KCl) réalisé par un laboratoire agricole d'analyse.

C. Analyse de la conductivité

La conductivité est mesurée à l'aide du conductivimètre HI 993310 (Hanna Instruments), elle est exprimée en mS/cm. Une masse de sol frais dans 2,5 masses d'eau déminéralisée sont mélangées par renversement. (45 grammes de terre pour 112 grammes d'eau). Ce mélange est suivi d'une décantation de 30 minutes. Puis réalisation de la mesure. L'eau déminéralisée a une conductivité nulle (0 mS/cm). La mesure de conductivité se fait dans la même solution que pour la mesure du pH et du potentiel d'oxydoréduction.

D. Mesure des nitrates

La mesure des nitrates (NO_3^-) est réalisée selon un protocole défini par l'APREL (Association Provençale de Recherche et Expérimentation en Légumes) présent en *Annexe 4*. Un volume de sol frais et un volume d'eau déminéralisé égaux en poids ont été mélangés puis filtrés par filtration inverse à l'aide de filtre à café. L'appareil Nitrachek® est utilisé. Il mesure la quantité de nitrates à partir de la coloration de bandelettes réagissant aux nitrates, exprimé en partie par million (ppm), c'est-à-dire en milligramme de NO_3^- par kilogramme de terre,

Pour cela et pour chaque échantillon, 100g de terre fine et homogénéisée sont agités dans 100g d'eau déminéralisée. La teneur en nitrates du filtrat est ensuite effectuée en réalisant 3 mesures à l'aide de bandelettes Merckoquant et d'un Nitrachek® pour la lecture. La moyenne des 3 valeurs de lecture obtenue est conservée comme valeur de la teneur en nitrates du sol.

E. Analyse de la stabilité structurale

La stabilité structurale est évaluée avec la méthode appelée Slake-Test. Cette méthode consiste à immerger des mottes de terre sèches d'environ 5 cm de diamètre dans des verres contenant de l'eau claire, immergées à l'aide de paniers en grillage (*figure 4*). Le volume de la motte est observé toutes les minutes pendant 5 minutes. Toutes les minutes, les mottes sont replongées 5 fois successivement. S'il reste moins de 10% de volume, le test est terminé. S'il reste plus de 10% du volume de la motte, le test continue. Ce paramètre est estimé à l'œil nu.



Figure 3 : Exemple de zone de prélèvement



Figure 4: Exemple d'analyse par la méthode du Slake-Test

Les mottes utilisées pour les analyses de stabilité structurale proviennent des 3 horizons mélangés. Elles ont été prélevées aux dates suivantes : 18 mai, 30 mai, 14 juin, 28 juin et 07 juillet.

La stabilité est notée par classe de 1 à 6. La classe 1 correspond à une motte s'étant décomposée entre 0 et 1 minute et la classe 6 correspondant à une motte ayant résisté plus de 5 minutes. Les classes 1 et 2 correspondent à un sol très instable. Les classes 3 et 4 correspondent à un sol moyennement stable. Les classes 5 et 6 correspondent à un sol très stable. Trois mottes ont été analysées pour chaque modalité. Ce Test permet de voir la stabilité des agrégats dans sol et par conséquent donne une indication sur l'activité biologique du sol.

F. Test du sachet de thé :

Le test du sachet de thé, est basé exclusivement sur des sachets de thé vert et de thé de Rooibos de la marque Lipton avec un sachet en nylon non biodégradable. Préalablement, le test nécessite un séchage réalisé 48h avant utilisation, à 70 °C. (*figure 5*)

Le thé vert est composé d'une matière organique fraîche avec un C/N plus faible que le thé de Rooibos qui est plus ligneux. Ils ont tous les deux des dynamiques de dégradations différentes. Le but de ce test est de voir l'activité biologique du sol : micro biologique et la microfaune du sol.

Pour réaliser ce test en amont, un pesage de chaque sachet est réalisé avec une balance de précision à 0,01 gramme près. L'expérience est répétée 3 fois pour plus de représentativité pour chaque modalité. A l'aide d'une tarière faire un trou d'environ 10-12 cm et y déposer un sachet de thé puis mettre la terre par-dessus et bien marquer l'emplacement avec un piquet.

Répéter la même opération 3 fois pour chaque modalité avec d'autres sachets. Les sachets de thé seront déterrés 65 jours après pour évaluer leur dégradation.

G. Test bêche et test d'infiltration :

Le test bêche est un diagnostic rapide de l'état structural du sol, qui a pour principe une observation d'un volume de terre de 40cm de profondeur sur 20cm de large et 20 cm de longueur. L'objectif est d'observer les horizons sur 40cm de profondeur afin d'analyser les différentes structures du sol et sa composition granulométrique, (*figure 6*).

En parallèle de ce test, nous avons effectué un test d'infiltration d'eau en mesurant son absorption à l'aide d'un cylindre enfoncé de 10 cm dans le sol. Le but de ce test est de mesurer le temps que met le sol à absorber 5L l'eau.

Ces deux tests ont été réalisés en partenariat avec l'APREL, les protocoles ont été effectués en suivant les fiches indicatrices du projet ORION présentes en *Annexe 5*.

H. Notation des plantes :

Pour chaque modalité, 10 plantes sont observées aléatoirement afin d'y dénombrer les insectes auxiliaires, les insectes ravageurs et les maladies. Des observations agronomiques sont réalisées pour identifier le stade phénologique des plantes c'est-à-dire le nombre de bouquet en fleurs et déjà récoltés et le nombre de feuilles adultes par plantes. Le rendement de chaque chapelle est mesuré par l'agriculteur à chaque jour de récolte. Il est exprimé en nombre de caisse de récolte par modalité. Chaque caisse pesant 5kg, le rendement final ramené à la surface et exprimé en kg/m².

I. Analyse statistique

Pour toutes les expériences réalisées, les données sont testées avec différents tests statistiques, comme avec le test Kruskal & Vallis et le test de Wilcoxon à intervalle de confiance de 95 % (seuil de signification à 5%). Ils sont réalisés avec le logiciel XLSTAT®. Ce sont des tests non paramétriques afin d'effectuer une comparaison entre les moyennes des deux modalités et de comparer aussi les modalités entre elle. Car les données ne suivent pas une loi Normale.



Figure 5 : Marques commerciales et catégories de produit pour le test des sachets de thé



Figure 6 : Prélèvement de sol pour analyses agronomiques

Résultats et discussion

1. Les paramètres chimiques du sol

Afin de distinguer les deux modalités, par facilité, nous avons nommé la modalité Témoin producteur « T- » et la modalité traitée avec le Protocole d'essai « P ».

A. Suivi du PH :

Dans la *figure 7*, nous observons l'évolution du pH moyen selon les modalités en fonction du temps, à date des prélèvements de sol. Pour rappel, le pH mesuré est un pH(eau) et non un pH(KCl). Nous observons que le pH moyen mesuré est très alcalin. En effet, il n'est jamais descendu en-dessous de 8. Pour la modalité traitée, nous obtenons un maximum de 8,6 pour le 30 mai ; le témoin est équivalent avec 8,55 aux dates précédentes. En revanche la modalité témoin connaît un pH à 8 pour le 14 juin, le minimum de la modalité traitée étant de 8,25 quinze jours après.

Lors des dernières analyses les deux modalités suivent une même tendance d'évolution.

D'après un test statistique de Kruskal-Wallis il n'y a pas de différence significative entre les deux modalités (P-value = 0,0942).

Concernant l'évolution du pH moyen en fonction des horizons pour la modalité traitée (*figure 8*), nous constatons que les données sont assez similaires. On observe pour la date du 18 mai une acidification en surface du sol (0-10 cm), qui ne perdure pas dans le temps. Le protocole testé dans nos conditions ne nous permet pas d'observer de gradient de pH en fonction des horizons du sol.

Le test de Kruskal-wallis indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les 3 horizons de sol (P-value = 0.555).

Sur la *figure 9*, nous observons l'évolution du pH moyen par horizon pour la modalité témoin. Nous constatons que les courbes suivent la même tendance que pour la modalité précédente. Au 14 juin, les données vont légèrement descendre en pH puis remonter jusqu'à la valeur du plateau précédent vers 8,5. Statistiquement, les valeurs ne sont pas différentes (P-value = 0,30).

Discussion :

Nous constatons que nos mesures de pH expriment une limite des conditions de développement des microorganismes du sol car elles sont supérieures à pH=8. Ceci pourrait gêner le développement de la majorité des familles de micro-organismes en plus d'engendrer des problèmes d'assimilation de certains éléments et oligo-éléments. Le pH du sol (rhizosphère) est principalement impacté par la présence de microorganismes et par l'exsudation racinaire. Dans certaines littératures, il est décrit des valeurs de pH plus faibles en surface qui augmentent avec la profondeur. Cela serait synonyme d'un sol fertile avec un pH qui s'alcalinise avec la profondeur car il voit sa population microbiologique décroître avec celle-ci. Ceci expliquerait une diminution de la présence d'humus d'après Eric Petiot (2014). Les principaux processus produisant de l'acidité dans les sols sont la production d'acides organiques et/ou d'acide nitrique par les microorganismes du sol, la respiration des organismes vivants (racines, microorganismes) et l'absorption par les racines d'un excès de cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+) par rapport aux anions (NO_3^- , PO_4^{2-}). Plus la production de biomasse est élevée, plus forte est l'acidité. Le protocole testé dans cet essai n'a pas permis de montrer un effet sur le pH et son gradient dans le sol.

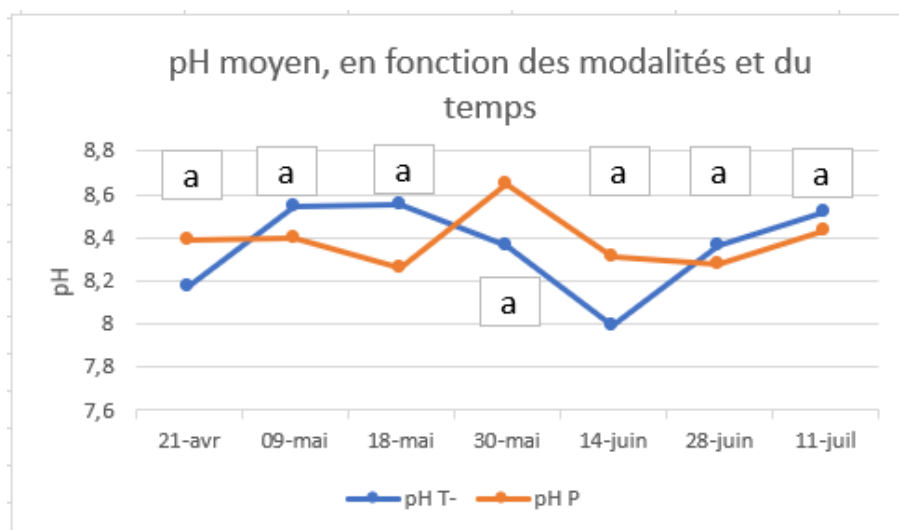


Figure 7 : Evolution du pH moyen en fonction des modalités et du temps

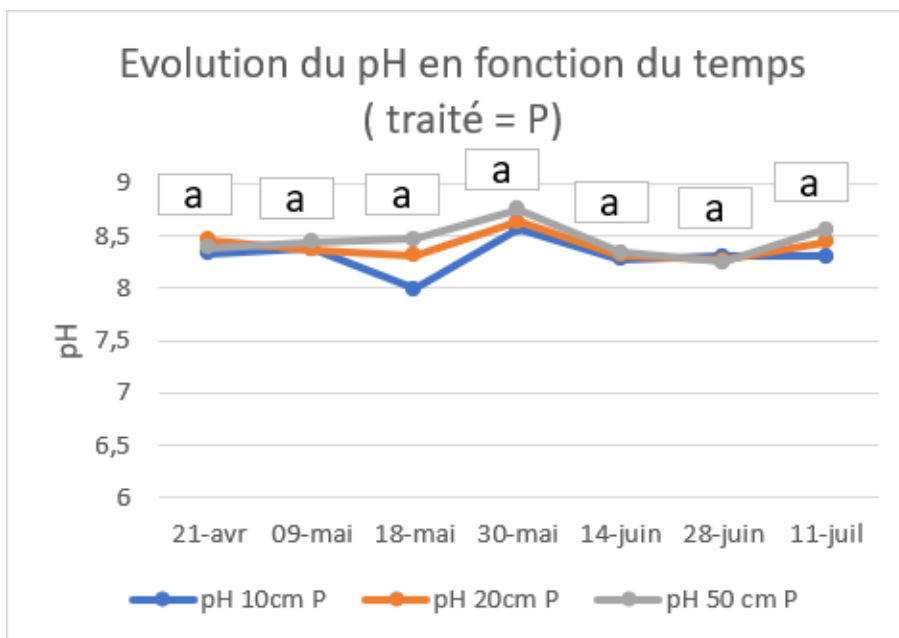


Figure 8 : Evolution du pH en fonction du temps pour la modalité traitée

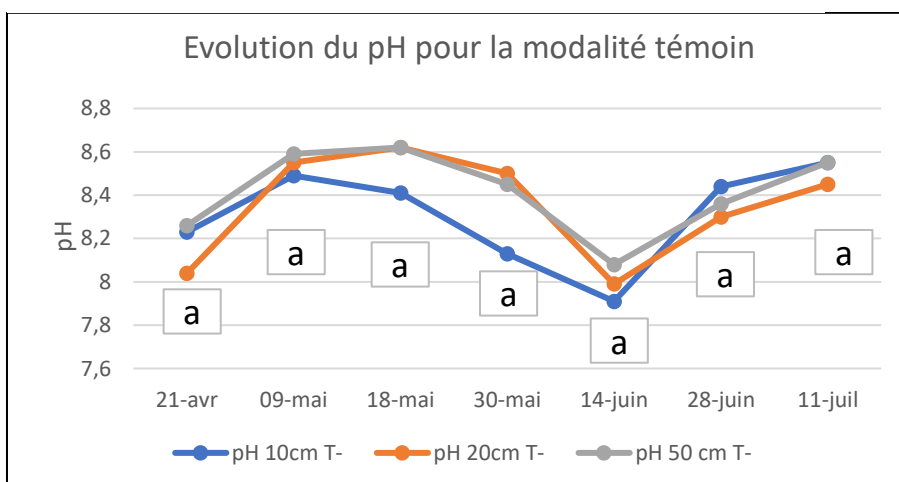


Figure 9 : Evolution du pH en fonction du temps pour la modalité témoin

Les conséquences de ce sol très alcalin est le moindre développement des micro-organismes, puisque les communautés microbiennes seront fortement influencées par le pH (Bohrerova et al., 2004). Les valeurs de pH pour une même date sont très proches malgré la profondeur. Petiot (2014) explique que ces valeurs doivent être suffisamment éloignées pour révéler une activité biologique suffisante. Or, ce n'est pas le cas dans notre essai, pour les deux modalités.

Le pH optimal pour les bactéries et les champignons responsables de la minéralisation est de 6,5 à 8 et de 5,5 à 6,5 respectivement (Whalen et Sampedro, 2010). Ceci pourrait expliquer notre suspicion d'une faible activité des micro-organismes du sol et confirmerait nos données sur la faible évolution du pH du sol durant la période d'essai.

Concernant les maladies et le pH mesuré, il n'y a pas d'impact sur les plantes, le pH n'est pas favorable. Les Actinomycètes sont particulièrement présents dans les sols alcalins, mais à l'heure actuelle peu de maladie de cette famille touche les cultures de tomates (Roger et Garcia 2001). Rappelons que les cultures sont greffées sur un porte-greffe résistant (KNVFFr = Corky-root, Nématodes à galle, Verticilliose, Fusariose vasculaire, Fusariose des racines) : Fortamino F1 (Enza Zaden).

L'ammonification est peu influencée par les variations de pH. La nitrification est en revanche accélérée lorsque le pH est supérieur à 6 (St Luce et al., 2011). Cependant les valeurs supérieures à 8 ralentissent ce processus (Le Tacon, 1978).

La forme d'azote présente dans le sol peut avoir un effet sur le pH du sol. En effet une plante qui absorbe des nitrates (NO_3^-) relâche des ions hydroxyde (OH^-) qui ont pour effet d'alcaliniser le sol. Par la suite, nous verrons que celles les nitrates ont été suivis dans le sol. Nous ne pouvons pas nous prononcer sur la forme de l'azote absorbé par les plantes. Néanmoins, nous n'observons pas d'acidification de la rhizosphère, donc nous pouvons émettre l'hypothèse de la nature de l'azote absorbé.

D'après le diagramme de Pourbaix, les valeurs de pH mesurées engendreraient une influence mineure sur la disponibilité et sur l'assimilation des éléments pour les plantes. Il est à noter un risque minimal de toxicité par les métaux lourds, metalloïdes, aluminium et fer. En revanche la haute alcalinité du sol pourrait provoquer une chlorose ferrique notamment. Dans notre essai, ceci est compensé de facto par le producteur via l'injection au goutte-à-goutte de chélate de fer tout au long de la période de culture pour les deux modalités (*figure 2*).

B. Suivi du potentiel d'oxydo-réduction (Redox)

Nous observons qu'il y a une variation importante des données moyennes du potentiel Redox en fonction du temps (*figure 10*). Pour la modalité témoin, les données partent de +208 mV pour descendre à +68 mV, pour le traité les données partent de +229 mV pour descendre à +100 mV vers la mi-mai puis une hausse progressive pour les deux modalités dans le mois qui suit aux alentours de +125 mV jusqu'à atteindre +200 mV environ et une baisse de moitié est observable à la dernière observation à +100 mV, pour les deux modalités.

La modalité traitée, révèle une tendance à l'oxydation du système par rapport à la modalité témoin, du 9 mai au 14 juin ce qui pourrait montrer une activité biologique légèrement plus soutenue mais cela s'estompera vers la mi-juin. Cependant statistiquement nous ne constatons pas de différence significative entre les modalités (P-value = 0.942).

L'évolution du potentiel Redox moyen des différents horizons pour la modalité traitée (*figure 11*) révèle la même tendance. Nous observons que les valeurs augmentent légèrement avec la profondeur mais elles restent stables. Cela est confirmé statistiquement (P-value = 0.456), il n'y a pas de différence entre les horizons. Concernant le témoin sur la *figure 12*, nous observons le même phénomène, les horizons se suivent, pas de détachement, statistiquement cela est confirmé, pas de différence entre les horizons. Après comparaison de chacun des horizons entre les deux modalités, nous n'obtenons pas de différence significative.

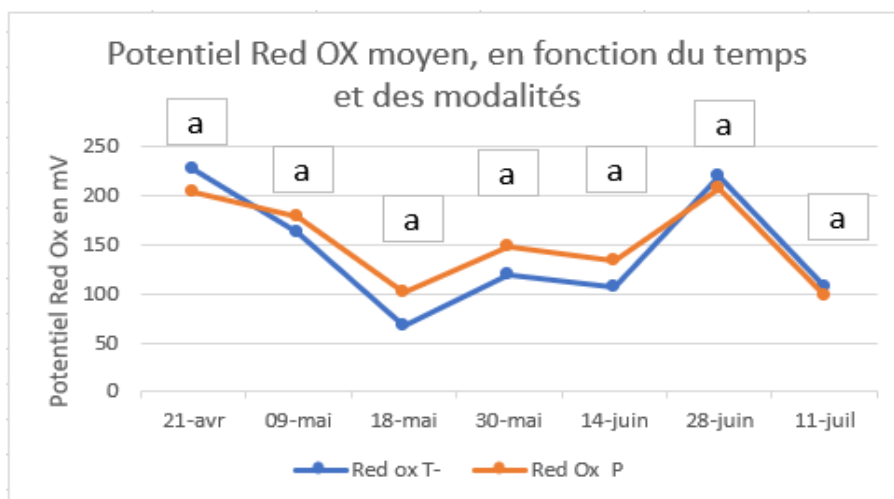


Figure 10 : Evolution du potentiel red ox moyen en selon les modalités

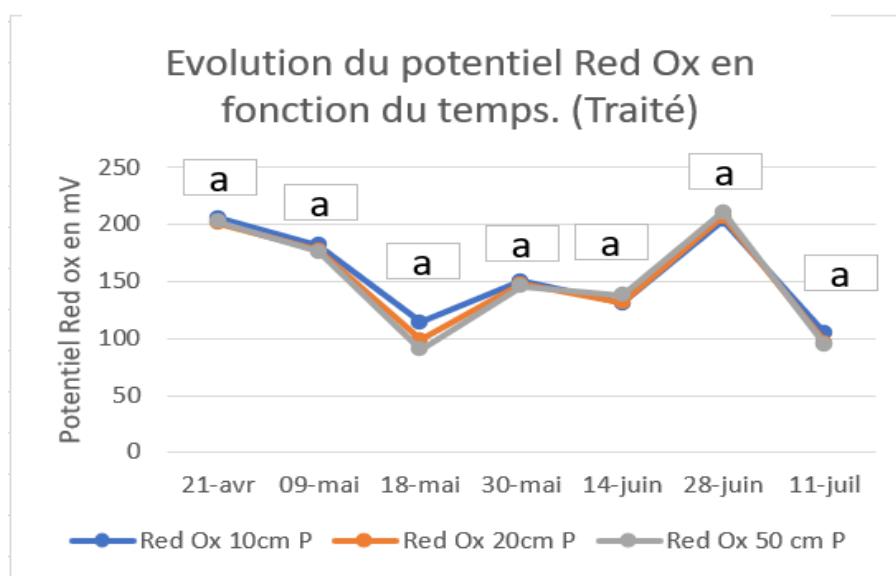


Figure 11 : Evolution du potentiel red ox selon la modalité traitée

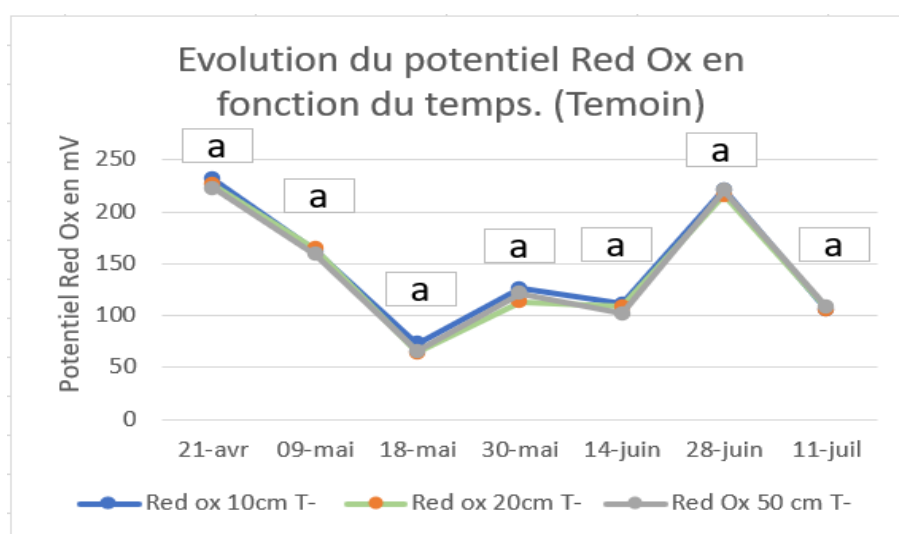


Figure 12: Evolution du potentiel red ox selon la modalité témoin

Discussion :

Le potentiel d'oxydo-réduction est similaire dans les deux modalités. Les sols cultivés sont fréquemment situés entre +300 et +500 mV sous des conditions aérobies (Macías and Camps Arbostain 2010). Kaurichev et Shishova (1967) qualifie le sol de modérément réduit car il se trouve dans la tranche +100 et +400 mV. En revanche, certaines sources nous expliquent que dans des conditions de milieu réduit (supérieures à +350 mV), les sols seraient particulièrement limitants pour de nombreuses plantes (Dwire et al. 2006). Dans notre cas, les valeurs ne dépassent pas +205 mV, ce qui n'engendrerait pas de problème de développement pour les plantes cultivées.

Nous pouvons constater que nos valeurs de Redox plutôt sont et nous n'observons pas de gradient entre les valeurs de Redox selon la profondeur à chaque date dans les deux modalités. Ceci montrerait une « fatigue » générale du sol liée à un manque de gradient d'électrons dans le sol (Éric Petiot, 2014). Les valeurs entre les horizons devraient être éloignées de +10 mV environ. Aussi, il est décrit que les valeurs de Redox devraient augmenter avec la profondeur, ce qui n'est pas le cas dans notre essai. Cela serait la conséquence d'une texture du sol qui altérée et/ou déficience en microorganismes dans la solution du sol.

La matière organique est un réservoir d'électrons qui constitue l'essentiel de la capacité de réduction du sol (Chadwick et Chorover 2001). Elle a donc pour effet de diminuer le potentiel d'oxydoréduction. Ceci ne semble pas être le cas ici. Elle devrait tamponner le sol à un pH neutre ou légèrement acide (Husson, 2013) mais ce dernier point n'est pas vérifié par nos observations. La nature du sol composé de 40% de galets calcaire, et la nature de la roche mère calcaire justifient aussi le pH élevé du sol et un Redox qui ne semble pas être influencé par la matière organique.

Nous pouvons constater que le gradient du potentiel d'oxydoréduction suit une tendance opposée à celle du gradient du pH, mais à l'inverse des données trouvées dans la littérature. (Snakin et coll, 2011). Redox et pH sont influencés par les différents éléments composant le sol, en particulier ceux ayant une amplitude élevée tels que N, P ou S, et ceux à des concentrations élevées telles que Fe. Nous constatons que l'analyse de sol effectué en début de saison révèle une quantité très élevée de P, K et Mg. L'évolution des paramètres électromagnétiques seraient donc dominées par l'effet de ces éléments fertilisants en forte quantité. Ces éléments pourraient aussi être directement assimilés par les plantes, et ne pas stimuler une activité microbiologique du sol. Ceci pourrait expliquer le fait que nous n'observons pas d'évolution entre les modalités de l'essai à la fois pour le pH, mais aussi pour le Redox.

D'après la littérature dans les sols aérobies, les microorganismes consomment de l'oxygène, ce qui a pour effet d'abaisser le potentiel d'oxydoréduction (Bohrerova et al. 2004 ; Kralova et al, 1992). Ceci pourrait expliquer les valeurs basses de Redox à certaines dates, mais en vue des mesures réalisées jusqu'à présent nous ne pouvons pas conclure sur l'activité des microorganismes. Donc d'autres facteurs doivent rentrer en interaction. Nous pouvons seulement dire que notre protocole d'injection ne permet pas de manifester une différence significative du comportement du potentiel Redox par rapport à la modalité témoin.

Dans un sol à pH alcalin et à Redox oxydé, la plante cherche à revenir à un état d'équilibre naturel : acide et réduit (Brady et Weil, 2010). Ce milieu est défavorable pour le développement des champignons et des insectes. Il semblerait que ces derniers soient sensibles aux différents états d'oxydoréduction à l'échelle cellulaire. Ces changements de potentiel peuvent entraîner une mort cellulaire programmée (Dietz 2003; Dietz et Pfannschmidt 2011). Actuellement en vue des données collectées ici, nous ne pouvons pas nous prononcer à ce sujet.

C. Suivi de la Conductivité :

Nous observons que les valeurs moyenne de conductivité (*figure 13*) sont restées très basses et assez proches de zéro pour les deux modalités tout au long de notre essai : 0.09 mS/cm pour la modalité témoin et 0.14 mS/cm pour la modalité traitée. Nous n'observons pas de différence significative entre les modalités (P-value = 0,200).

Concernant l'évolution de la conductivité des horizons du sol (*figure 14*), nous pouvons voir que la conductivité à 10 cm ne suit pas les deux autres horizons, elle va croître jusqu'à la fin mai avec une valeur de 0,22 mS/cm puis descendra jusqu'aux dernières valeurs. Ce qui nous montrerait une richesse en éléments fertilisants légèrement plus importante jusqu'à fin mai sur les premiers centimètres puis une diminution. Cette richesse pourrait être due à une activité biologique de surface.

Pour les deux autres horizons en revanche, les valeurs démarrent plus haut, 0,1 mS/cm de plus que l'horizon 0-10 cm et vont chuter à la mi-mai pour presque devenir nulles puis croître jusqu'à mi-juin vers 0,1 mS/cm et redescendre pour les dernières valeurs.

Statistiquement nous n'observons pas de différence entre les données, d'après le test Kruskal wallis (p value = 0.562).

Pour l'évolution de la conductivité des horizons du sol de la modalité témoin (*figure 15*), les trois courbes ne suivent pas les mêmes dynamiques. La conductivité de l'horizon 0-10 cm, est supérieure de début mai à mi-juin, pour celle qui représente l'horizon 10-20 cm, elle est stable jusqu'à fin mai puis un pic sera visible à 0,11 mS/cm sur la mi-juin pour redescendre sur les dernières valeurs à 0,01 mS/cm. Concernant le dernier horizon celui-ci connaîtra différents pics, début mai, fin mai pour retomber à des valeurs presque nulles : 0.1 mS/cm.

Statistiquement les 3 courbes ne sont pas différentes d'après le test Kruskal wallis (P value=0.52).

Discussion :

Les deux modalités se comportent de façon similaire, la conductivité reste très basse, cela nous montre que l'activité biologique semble quasi nulle. Théoriquement, nous devrions observer des valeurs de conductivité proches de 2 à 3 mS/cm en surface. Cependant, nous observons des valeurs 10 fois moindres. Les valeurs de conductivité nous montrent une perte des éléments fertilisants avec la profondeur. Le fait que nous n'observons pas de différence entre les modalités montre que notre protocole n'a pas d'influence suffisante sur le système-sol.

L'évolution de la conductivité est grandement impactée par les prélèvements effectués par les plantes. Elle peut diminuer avec le temps si des apports d'engrais minéraux ou facilement assimilables (simples) sont apportés. Ce n'est pas le cas dans notre étude car nous sommes en présence de fumure organique (amendement et engrais). Néanmoins, dans notre contexte pédoclimatique sous abri, la minéralisation des matières est très accélérée, ce qui peut générer une rapidité de disponibilité des éléments nutritifs. Le fait que le sol soit déjà très riche en élément fertilisant peut avoir un effet sur le développement de la vie microbienne, et le fait que les plantes n'est pas l'utilité de la stimuler. Dans notre étude, l'analyse de sol révèle une richesse intrinsèque en élément fertilisant. Ceci pourrait expliquer le peu de dynamisme des microorganismes et donc le peu d'évolution des valeurs de conductivité.

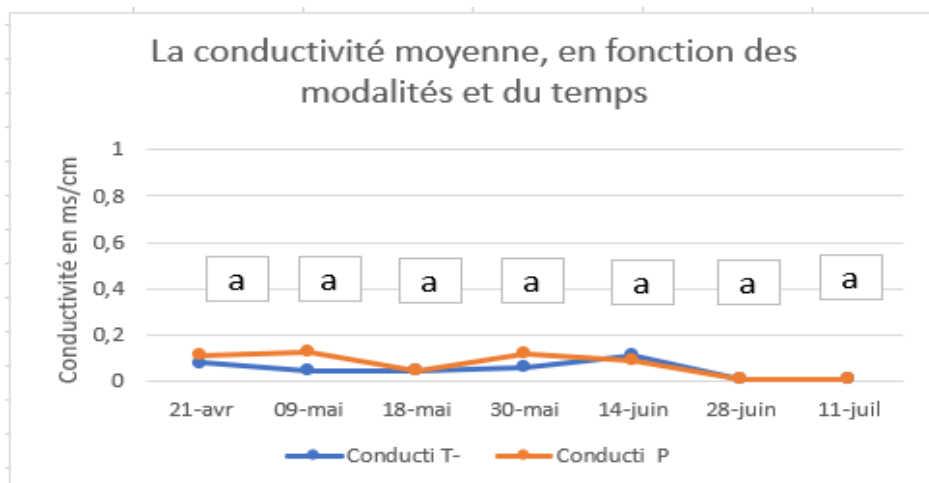


Figure 13: Evolution conductivité moyenne du sol en fonction des modalités

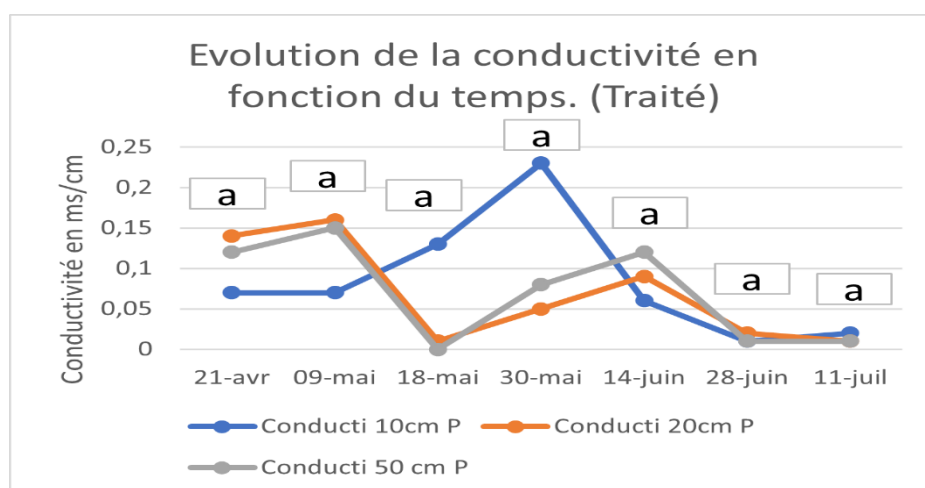


Figure 14: Evolution de la conductivité moyenne des différents horizons du sol modalité traitée

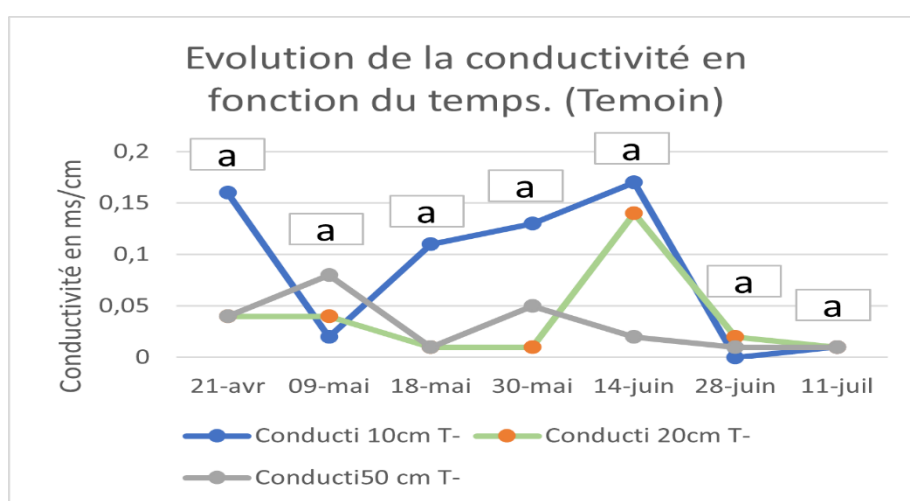


Figure 15 : Evolution de la conductivité moyenne des différents horizons du sol modalité témoin

D. Suivi de la concentration en nitrates :

Sur la *figure 16*, nous pouvons voir l'évolution de la concentration moyenne en nitrates, exprimée en ppm (partie par million). Elle est comprise entre 90 ppm et 60 ppm, pour les deux modalités. Les deux courbes se suivent, en revanche pour la mi-juin nous constatons un pic à 90 ppm pour la modalité témoin qui s'estompe à la fin juin alors que le traité restera aux alentours de 60 ppm. Statistiquement nous ne constatons pas de différence entre les modalités, d'après le test Kruskal- wallis (P value=0.092).

Sur la *figure 17*, nous pouvons voir l'évolution de la concentration en nitrates de la modalité traitée, selon les 3 horizons de sol. Nous ne voyons pas de différence même si sur les trois premières dates, les données semblent être espacées. Mais par la suite, les valeurs sont très proches même si sur la dernière date, elles semblent se détacher les unes des autres. Statistiquement nous n'obtenons pas de différence (P value=0.108).

Pour la modalité témoin (la *figure 18*), les données sont très proches de fin avril à fin mai, vers la mi-juin nous constatons un pic pour les 3 horizons puis une redescente juste au-dessus de 50ppm.

Discussion :

En surface, c'est là que les microorganismes sont le plus présent, mais dans notre cas les mesures ne permettent pas de le constater. En effet les microorganismes ont pour action de réaliser la minéralisation de l'azote pour le rendre disponible pour les plantes. Nous sommes plutôt en présence de lessivage des nitrates car nous trouvons des valeurs avec une tendance similaire ou plus élevées en profondeurs ce qui seraient signe d'un manque d'activités microbiologique qui ne retient pas. Les nitrates semblent disponibles de façon confortable pour la culture.

Nous constatons que les nitrates oscillent sur une plage entre 60 et 75 ppm tout au long de l'expérimentation, malgré l'amendement initiales et les re fumures en cours de culture qui n'auront pas fait varier les données. Aussi, notre protocole ne semble pas faire varier ces données.

Le système semble être maintenu fertile de façon artificiel et non biologique via la présence d'éléments nutritifs disponible confortablement pour la culture, dont les nitrates. Dans ces conditions, il semble que cela est un effet majeur sur l'absence de différence entre les modalités.

D'après la littérature nous savons que la présence de calcium dans le sol induirait une protection physique de la matière organique et entraînerait une diminution de la minéralisation. (Agr'eau-26, N°69)

D'après le diagramme de Pourbaix (annexe7), nous avons vu que l'Eh et le pH influencera la forme d'azote sous laquelle l'azote sera assimilé par les plantes. D'après les valeurs obtenues, l'absorption se fera sous forme NH_4^+ et non NO_3^- . Le cycle de l'azote est lié à l'Eh et au pH comme le montre le diagramme de Pourbaix représentant les zones prédominantes pour les différentes formes de l'azote dans une solution d'eau en fonction de ces paramètres. C'est pour cela que nous nous sommes intéressés à l'azote NO_3^- (annexe 7), qui est un élément très important pour les plantes nous verrons par la suite.

Il faut rappeler que le témoin reçoit 50 l/ ha de moins de vinasse de betterave que la modalité traitée mais au niveau des données cela n'est pas perceptible. Cependant, cela pourrait expliquer la disponibilité permanent en nitrates pendant la période d'expérimentation. Puisqu'il n'y a pas de différence entre les deux modalités, seuls 50 L/ha semaine semblent suffire à maintenir un niveau confortable de nitrate pour la culture, dans notre cas.

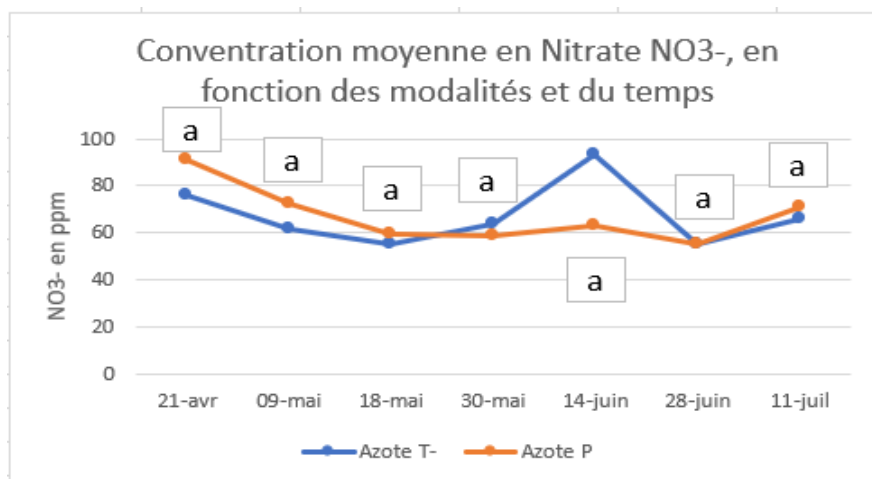


Figure 16: Concentration moyenne en nitrate NO₃⁻ en fonction des modalités et du temps

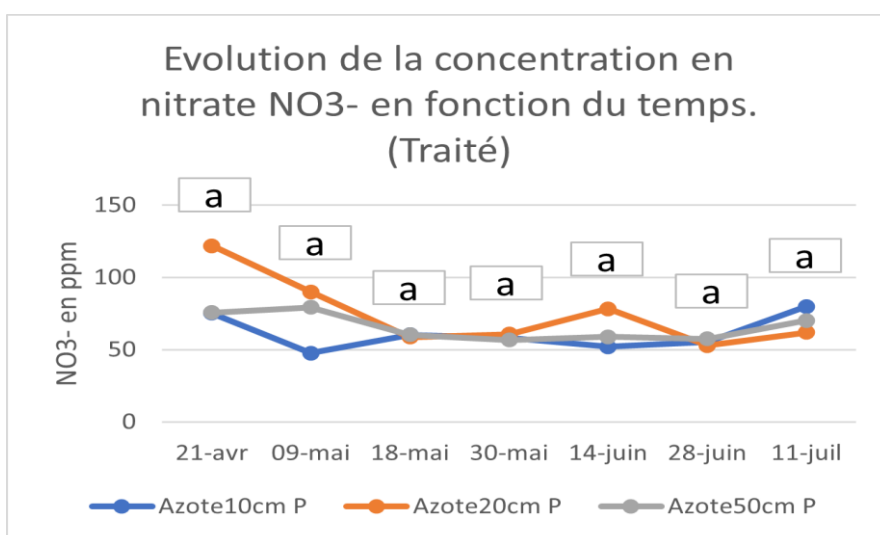


Figure 17: Evolution de la concentration en nitrate NO₃⁻ en fonction du temps pour la modalité traitée

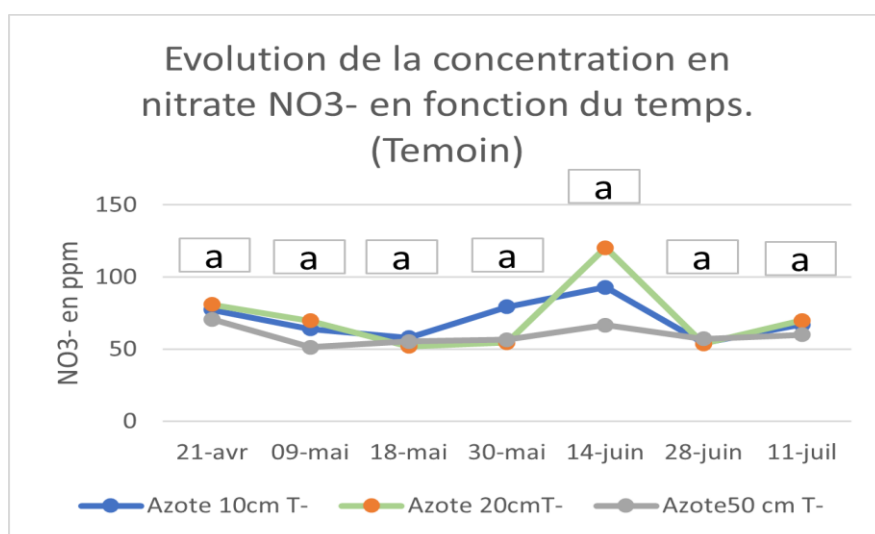


Figure 18: Evolution de la concentration en nitrate NO₃⁻ en fonction du temps pour la modalité témoin

2. Les macroorganismes

A. Les *Macrolophus*

Macrolophus pygmaeus est une petite punaise miride de couleur verte utilisée en culture de tomate comme insecte auxiliaire. Cet insecte fait l'objet de nombreuses études dans la régulation naturelle des ravageurs comme les aleurodes, les thrips, les acariens, chenille ou les *Tuta absoluta*. (Aprel, le souci plante hôte des macrolophus 2017). Dans le cadre de notre essai, il nous semble important de voir si notre protocole influence la population de cet insecte auxiliaire.

Sur la *figure 19*, nous pouvons voir l'évolution du nombre moyen des *Macrolophus*, dénombrer par plante en fonction de la modalité témoin et traitée. Les populations semblent se suivre, elles connaissent un même pic variable de 31 (témoin) à 36 individus par plante en moyenne vers la mi-juin et une descente jusqu'à la dernière date d'observation avec 14 individus par plante pour la modalité traitée et 12,7 individus pour la modalité témoin. La baisse des individus pourrait être due à la qualité des proies prédatées. En effet nous sommes en présence quasi exclusive d'acarien tétranyques. Or, les femelles *Macrolophus* pondent presque 10 fois moins d'œufs si leur alimentation est constituée exclusivement d'acariens par rapport à une alimentation basée exclusivement d'aleurode (Koppert, 2018). La population moyenne des *Macrolophus* de la modalité traitée semble plus élevée que celle de la modalité témoin. D'après le test de kruskal-wallis, les valeurs seraient issues de la même population et donc non différentes significativement $P\text{-value} = 0.443$. Notre protocole ne semble pas avoir influencé la population moyenne de *Macrolophus* par plante.

Sur la *figure 20*, nous observons le nombre moyen de *Macrolophus* par feuille. Comme précédemment, le pic de mi-juin est observé : 1.4 *Macrolophus* par feuille dans le témoin et 1.8 *Macrolophus* par feuille dans la modalité traitée. Il n'existe pas de différence significative entre les modalités ($P\text{-value} = 0.487$), notre protocole ne semble pas avoir influencé la population moyenne de *Macrolophus* par feuille.

Concernant la fréquence de plante avec présence de *Macrolophus* (*figure 21*), nous constatons une dynamique de colonisation similaire entre les modalités. Très rapidement, début juin, 100% des plantes sont colonisées par *Macrolophus*. Statistiquement, il n'y a pas de différence entre les modalités, notre protocole ne semble pas avoir influencé la rapidité de colonisation des plantes par *Macrolophus*.

B. Les acariens tétranyques

Les acariens tétranyques, appelés dans le langage agricole, araignées rouges, vivent sur les feuilles, plus particulièrement sur la face inférieure et tissent des toiles de soie pour se protéger des prédateurs. Une température élevée et une hygrométrie faible favorisent leur population. Ce sont des ravageurs des cultures légumières qui génèrent des dégâts importants jusqu'à la mortalité des plantes. Dans le cadre de notre essai, il nous semble important de voir si notre protocole influence la population de ce ravageur.

Sur la *figure 22*, nous pouvons observer l'évolution des classes moyennes d'intensité de présence d'acariens par plante dans chacune des modalités. Nous constatons une arrivée des acariens tétranyques dans la culture à la mi-mai pour le témoin et vers la mi-juin pour la modalité traitée. En revanche le témoin atteint un pic à une classe moyenne de 1 (1 à 3 acariens) à la fin mai et redescendra de 0,8 à la mi-juin pour ensuite suivre la même tendance que la modalité traitée. Celle-ci voit sa population croître seulement à la mi-juin, c'est-à-dire 15 jours plus tard que la modalité témoin. De plus la classe moyenne d'individus est 2 fois inférieure en fin d'expérimentation. Classe moyenne 0.4 pour la modalité traitée et 0.9 pour la modalité témoin.

Légende des classes :

- classe 1 = 1-3 individus
- classe 2 = 4 à 10 individus
- classe 3 = 11 à 30 individus
- classe 4 = 31 à 100 individus
- classe 5 = plus de 100 individus

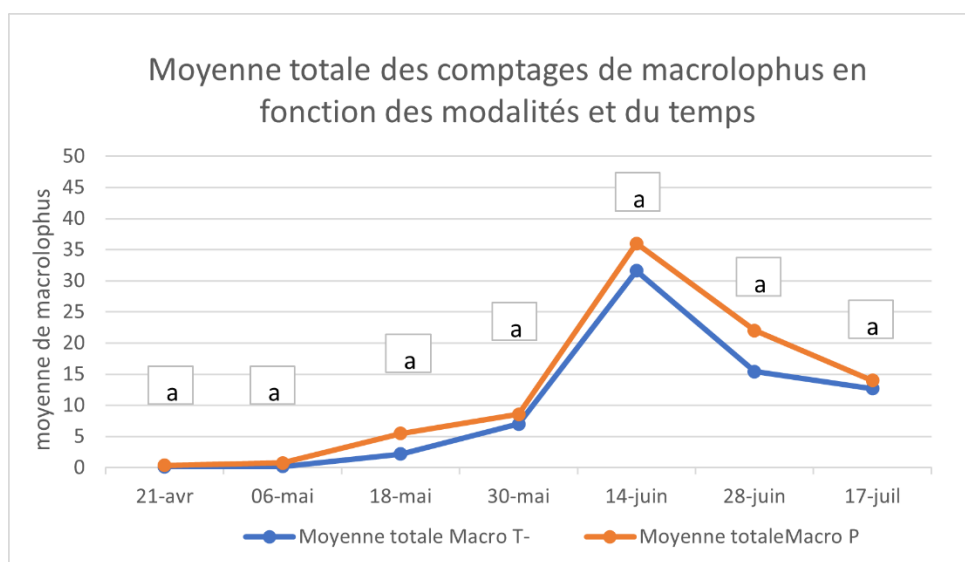


Figure 19 : Evolution moyenne des comptages de Macrolophus en fonction des modalités

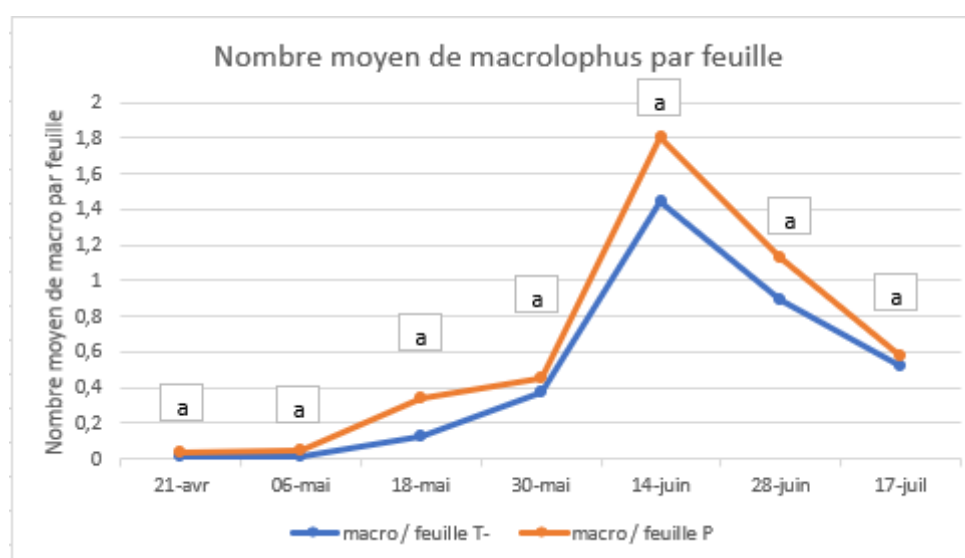


Figure 20 : Evolution du nombre moyen de Macrolophus par feuille suivant les modalités

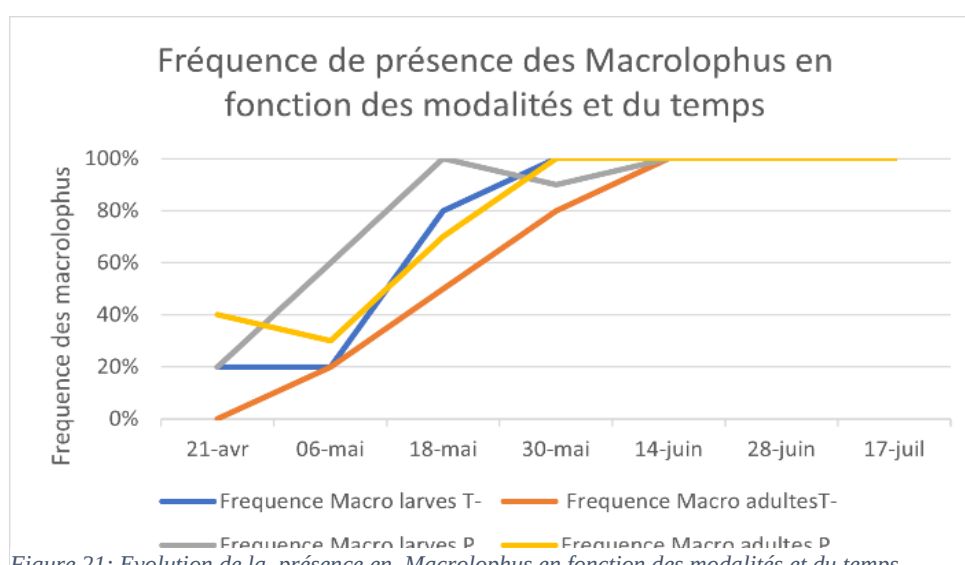


Figure 21: Evolution de la présence en Macrolophus en fonction des modalités et du temps

Après analyses statistiques nous trouvons une différence significative ($P\text{-value} = 7.46 \times 10^{-9}$) d'après le test Kruskal-wallis, entre les deux modalités. En revanche d'après le test de Wilcoxon, nous ne trouvons pas de différence significative ($P\text{-value} = 0.123$). Les deux échantillons suivent la même loi de distribution, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle H_0 : les deux échantillons suivent la même loi de distribution. Les deux modalités sont donc significativement différentes.

Le graphique de la fréquence de plante avec présence d'acariens en fonction des modalités (figure 23) montre la même tendance que précédemment. Le témoin connaît un premier pic vers la fin mai à 50% de plantes avec présence et redescend jusqu'à fin juin à 20% pour ensuite remonter à 50%. La modalité traitée, quant à elle, croît de la mi-juin jusqu'à la dernière analyse pour arriver à 20%. Cependant, on atteint 50% des plantes avec acariens tétranyques dans la partie témoin contre 20% des plantes dans la partie traitée.

Nous constatons une différence statistique ($P\text{-value} = 1.6 \times 10^{-5}$) d'après un test de Kruskal-wallis, entre les deux modalités. Afin d'affirmer ce résultat nous avons effectué un test Wilcoxon ($P\text{-value} = 0.103$) mais celui est supérieur au seuil de signification (0.05), donc les deux échantillons suivent la même loi de distribution.

Discussion :

La population d'acariens tétranyques semblent être affectée par la forte présence des *Macrolophus* et par une gestion optimale du climat dans la serre verre : aération optimale, avec l'irrigation permettant l'évaporation, réalisation de bassinage pour augmenter l'hygrométrie, blanchiment de la serre fin avril et renouvellement fin mai/ début juin. Le producteur a pour objectif de maintenir une température de 25°C dans la serre (optimum de développement pour les tomates), ce qu'il est arrivé à faire. Des pics de températures sont observés mais ne dépassent pas 30°C. Cette gestion serait aussi une réponse au contrôle de la population d'acariens tétranyques. La modalité témoin semblent exprimer une population plus importante d'acariens tétranyque en fréquence et en intensité. Notre protocole exercerait une influence sur la population d'acariens. Néanmoins, les valeurs sont très proches de la modalité témoin. La configuration de l'essai positionne la modalité témoin en bordure de parcelle cultivée. Celles-ci auraient pu subir une amplitude thermique et hygrométrique plus importante que la modalité traitée située en milieu de parcelle. Cette hypothèse ne peut pas être vérifiée mais elle explique ce que nous observons dans cet essai.

Corrélation entre les acariens et les macrolophus (annexe 8). Nous trouvons une relation polynomiale $R^2 = 0.78$ entre l'intensité moyenne des acariens par plante et l'intensité moyenne des *Macrolophus* par plante. Nous constatons que la population d'acariens évolue en fonction de la population de *Macrolophus*. Il semble apparaître un niveau pour lequel les *Macrolophus* contrôlèrent la population d'acariens tétranyques. Cet objectif se situerait entre 30 et 35 *Macrolophus* par plante. En revanche, il semble aussi se définir un niveau minimal de 15 individus/plante qui semble ne pas suffire pour le contrôle des acariens tétranyques.

La quantité de *Macrolophus* sont très élevées pour une culture de tomate en abri froid. Cette population est due à une gestion optimale du climat, au transfert actifs des plantes de services *Calendula officinalis* vers les tomates.

La chute des populations de *Macrolophus* sur les 2 dernières dates serait dû à la consommation quasi exclusive des acariens tétranyques. Les femelles de *Macrolophus* sont moins fécondes, ce qui entraînerait une baisse de la population globale.

C – Autre ravageurs :

Nous avons effectué des comptages des insectes présents, nous avons pu compter des pucerons, des aleurodes et de *la Tuta absoluta*. Compte tenu des faibles populations et des résultats non significatifs par leur moyenne en comptage et leurs fréquences d'apparition, les résultats sont en annexe (annexe 9).

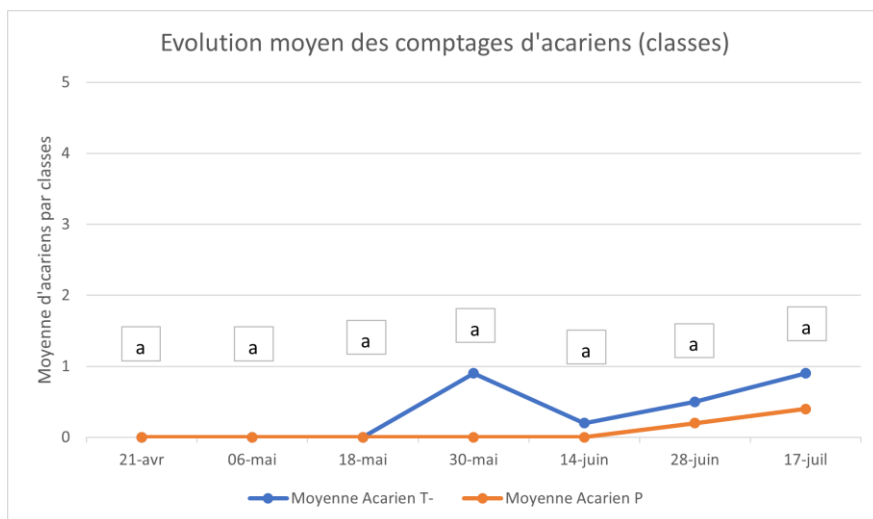


Figure 22: Evolution des comptage d'acarien moyen en classes en fonctions des modalités

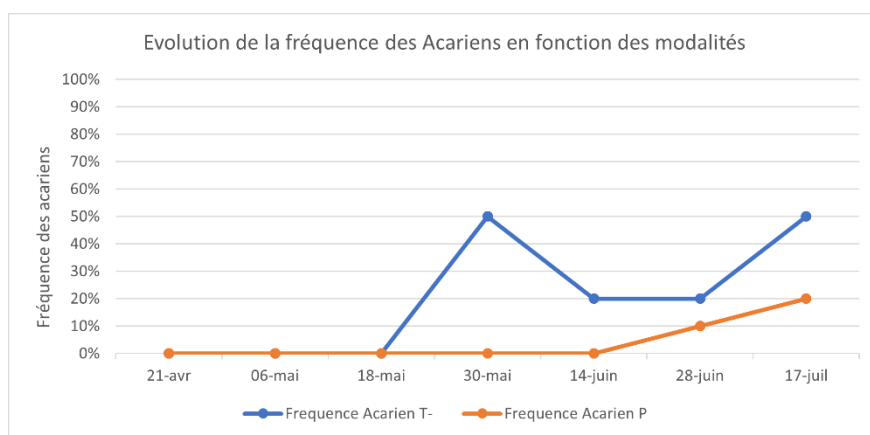


Figure 23: Evolution de la présence des acariens en fonction des modalités en fréquence

Au niveau des ravageurs, il n'y a presque aucun aleurode, thrips, puceron et galerie de Tuta. Cela serait liée à la présence de *Macrolophus*. Les *Macrolophus* lâchés à la dose de 2 individus/m² suffisent à contrôler l'aleurode (Fiche Aprel 16-087). Dans cet essai, nous sommes supérieurs à cette dose. Les lâchers hebdomadaires de *Trichogramma achaeae* et la mise en place de la confusion sexuelle font partie des outils ayant permis de maintenir peu de *Tuta absoluta* observées.

Notre hypothèse initiale ne peut pas être confirmée puisque le protocole n'a pas permis de créer une différence dans le développement de bioagresseurs aériens entre les deux modalités. Statistiquement la pratique d'introduction massive des *Macrolophus* via les plantes de service serait d'avantage responsable du contrôle des bioagresseurs aériens.

3. Vigueur générale :

A. Nombre de feuille par plante

Sur la *figure 25* nous observons l'évolution du nombre de feuille moyen en fonction des modalités. Elle évolue de façon similaire entre les deux modalités, ce qui est confirmé par un test de Kruskal-Wallis (P-value = 0.102). Notre protocole ne semble pas avoir créé de différence par rapport à la modalité témoin.

B. Stade phénologique

Sur la *figure 26*, nous observons l'évolution des stades phénologiques moyens selon les modalités, qui semblent se comporter de façon similaire. D'après les tests statistiques nous n'observons pas de différence significative entre les deux modalités (P-value = 0.949).

C. Rendement :

Sur la *figure 28* nous observons l'évolution des rendements cumulés de la culture support de notre essai : la tomate. Nous observons que les deux courbes se comportent de façon similaire. D'après le test de Kruskal-Wallis nous ne trouvons pas de différence significative entre les deux modalités (P-value = 0.342).

Cependant les données fournies par le producteur sont incomplètes pour les deux modalités car la première date de récolte n'a pas été quantifiée. Le rendement précoce n'est donc pas exprimé. Par ailleurs, les rendements finaux de la culture ne sont pas exprimés non plus car notre étude s'arrête avant la fin de la culture (mi-août).

Notre protocole n'a pas eu d'effet sur le rendement par rapport à la modalité témoin.

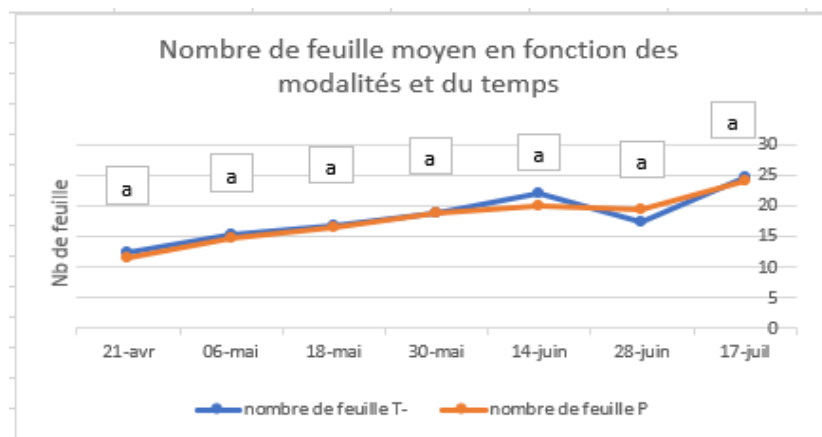
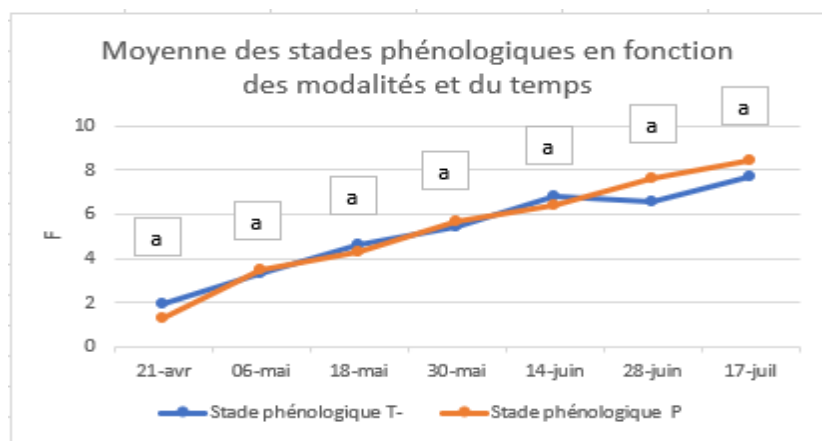


Figure 25: Evolution du nombre de feuille moyen en fonction des modalités



(F = stade de floraison,
F1 = 1 bouquet florale,
F2 = 2 bouquets florale,
...)

Figure 26: Evolution de la moyenne des stades phénologiques en fonction des modalités

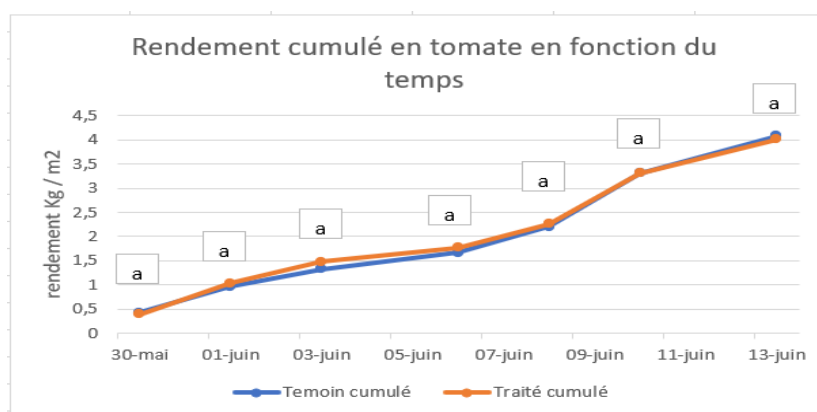


Figure 28: Evolution des rendements cumulés de tomate en fonction des modalités en Kg/m2

4. Les analyses agronomiques :

En surface, nous observons des macroporosités grossières, sans croute de battance mais pas de trace d'activité biologique (turricules, ...). Il n'y a pas de verre de terre dans les deux sols. Le sol est très peu compact et très friable, forte présence de galets.

Il n'y a pas de rupture franche entre les horizons de sols. On distingue 2 horizons, le premier à 20cm où les racines sont très présentes et le deuxième après 30cm :

-Horizon 0-20cm : sol très meuble, frais. On compte une majorité de mottes intermédiaire (60%) et de la terre fine (40%). La couleur est brune, homogène il n'y pas de traces de décomposition de la matière organique en anaérobie. Il y a très peu de traces d'activité biologique.

-Horizon >30 cm : sol est légèrement plus compact, on note un léger tassement. Il y a environ 80% de mottes intermédiaire et 20% de terre fine.

Concernant **la stabilité du sol** mesuré par la méthode du Slake Test, nous obtenons une note de 1 pour les deux modalités et en fonction du temps (*Annexe 10*). Aucune évolution n'a été constatée. Cela nous montre que le sol est instable avec une faible activité biologique puisque dans le cas contraire les liaisons entre les particules du sol seraient constamment renouvelées par les processus biologiques. Plus cette activité est forte, plus les liaisons le sont aussi et plus la note sera élevée, ce n'est pas le cas ici.

En revanche, nous n'avons pas pu mesurer le **taux de matière organique** pour les deux modalités et pour les deux analyses. Nous possédons seulement un taux initial réalisé le 31 mai 2022 dans une analyse de sol (annexe 1), taux de matière organique (2,34%). Ce qui est très faible au regard du taux d'argile et au pourcentage de cailloux. Selon le ratio MO/argile = 10,3% (seuil à atteindre =17%), il faudrait atteindre un minimum de 4% de matière organique dans ce sol (d'après les études de Pascal boivin, agronome Suisse).

Cette analyse de sol et les résultats de notre étude, nous apprennent qu'il a une texture fine de limon argilo-limoneux sableux, 40% de galets : 31.3% de sables totaux, 15% de limons totaux et 13.7% d'argile. La structure du sol ne pourra se faire que par le carbone du sol (amendements déchets vert et fumier, micro-organismes, etc...) pour structurer biologiquement le sol car très déséquilibrer en sable.

Pour les deux modalités nous observons les mêmes résultats au mois de juin pour la structure, la stabilité et l'activité biologique (*figure 30,32,34*).

Concernant les analyses de juillet (*figure 31,33,35*), nous observons des résultats similaires pour les deux modalités, à l'exception du sol 1 dans l'horizon 1 -10,20,30 cm, où il a légèrement moins de bioturbation que dans le sol 1 dans l'horizon 2 (30-50cm).

Entre les deux dates nous observons peu de différence également, les courbes suivent les mêmes tendances. Il y a très peu de différences entre les modalités et entre les deux dates.

Afin de mieux caractériser la présence ou non de microorganismes un test de respiration microbienne aurait pu être réalisé mais celui-ci est encore marginal et difficile d'accès en France. Celui-ci aurait pu nous renseigner davantage sur l'état de l'activité biologique.

Concernant le test du thé, nous constatons une petite différence pour le thé vert qui a eu une dynamique de décomposition plus faible que le thé rooibos. Théoriquement le thé vert doit se dégrader plus vite que le thé rooibos, car il est composé de matière organique fraîche avec un C/N plus faible que le thé rooibos qui est plus ligneux.

D'après les résultats des sachets de thé nous pouvons constater qu'il n'y a pas eu de différence entre les données du témoin et de la modalité traitée, elles ne sont pas significatives (P-value = 0.421).

Malgré les deux dynamiques de décomposition différentes, nous constatons que les deux thé ont perdu peu de matériel comparé aux normes (20% de moins), cela montre encore que l'activité biologique du sol est très faible.

Les graphiques ont été réalisés grâce au fichier d'analyse de la qualité des sols en maraîchage, réalisé lors du projet ORION réalisé en 2020 voir résultat complet annexe 11

Juin :

juillet :

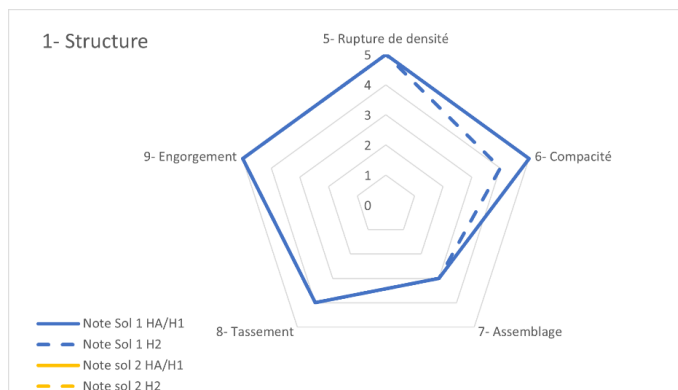


Figure 30: Evolution de la structure du sol pour le mois de juin

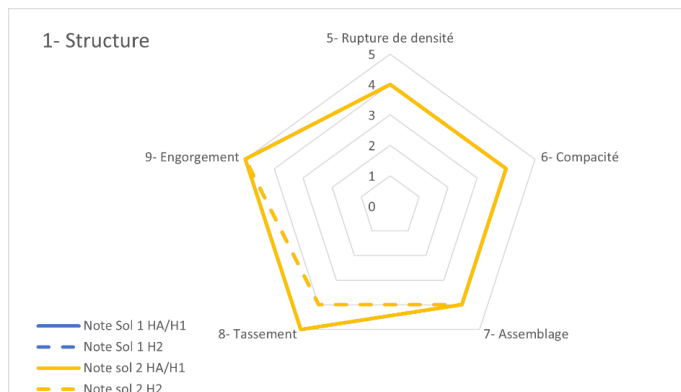


Figure 31: Evolution de la structure du sol pour le mois de juillet

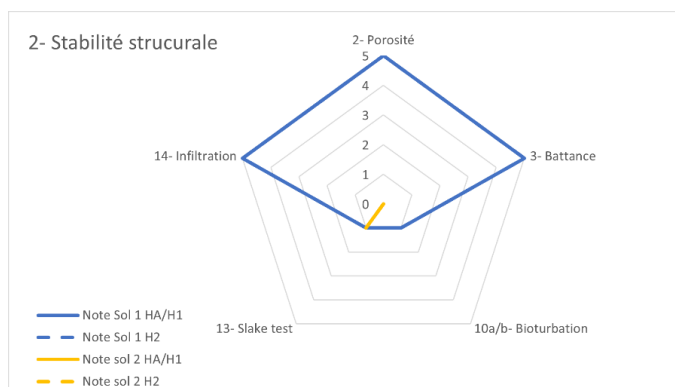


Figure 32: Evolution de la stabilité structurale du sol pour le mois de juin

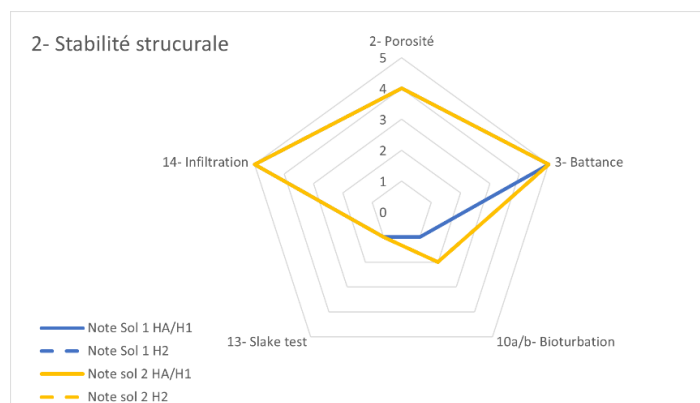


Figure 33: Evolution de la stabilité structurale du sol pour le mois de juillet

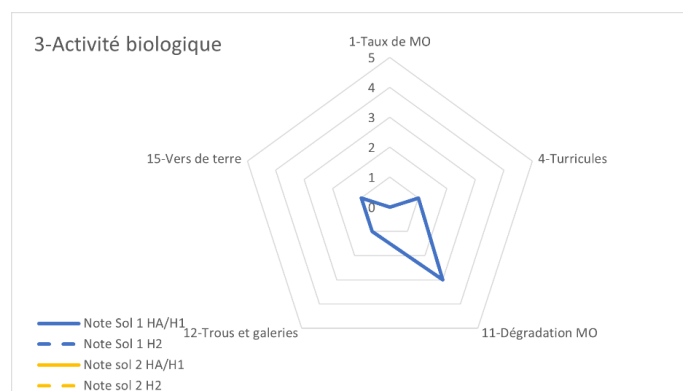


Figure 34: Evolution de l'activité biologique du sol pour le mois de juin

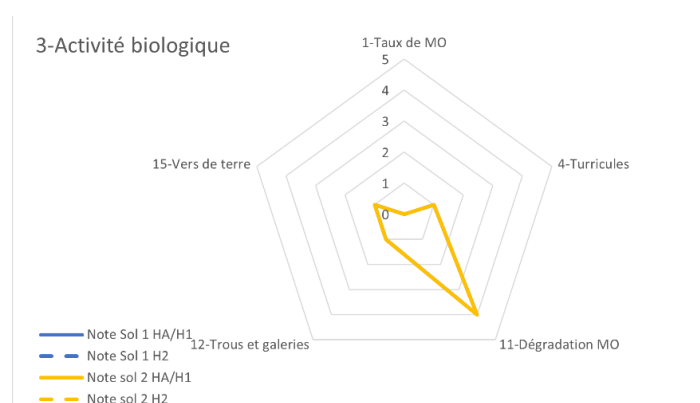


Figure 35 : Evolution de l'activité biologique du sol pour le mois de juillet

Conclusion

Initialement, le but de ces essais était de proposer un optimum de gestion de la relation, sol/climat/microorganismes, afin d'atténuer le développement des bioagresseurs sur les cultures. La finalité est de fournir des conditions favorables au développement de micro-organismes « utiles » du sol pour que les plantes cultivées soient dans des conditions de santé optimale.

Pour cela, nous avons essayé de modifier les paramètres de sol d'une parcelle cultivée en tomate en ajoutant des microorganismes et des extraits fermentés. Nous avons fait de mesures agronomiques et électromagnétiques pour voir si le sol était directement impacté par ces ajouts et s'il y avait un effet sur les plantes cultivées (vigueur, rendements, qualité sanitaire).

Au niveau de la chimie du sol, nous constatons que le sol est très alcalin ce qui entraîne un moindre développement des microorganismes et des communautés microbiennes utiles, une influence sur la minéralisation et l'expression de chloroses ferriques.

Concernant le potentiel d'oxydoréduction, nous constatons que les valeurs sont assez basses pour la saison, ce qui pourrait être limitant pour les plantes. La cause serait certainement le manque d'activité des microorganismes.

Pour la conductivité, les valeurs sont très basses et synonyme de peu d'activité des microorganismes. Les nitrates seraient aussi impactés par ce manque d'activité qui ne retiendrait pas l'azote du sol en surface et donc révèle des valeurs de nitrates élevées en profondeur. Les résultats de l'essai montrent qu'il y a un déficit de l'activité microbiologique dans le sol. La littérature scientifique ne donne pas de référence optimale mais en vue de la vigueur et du rendement des plantes cultivées, le manque d'activité microbiologique ne semble pas les pénaliser à très court terme. Il semblerait que le système biologique défaillant est très fortement compensé par les apports d'amendements et de fumure de fond, puis en cours de la culture.

En plus de l'essai dans le cadre du réseau DEPHY le producteur limite le travail du sol, avec l'arrêt presque complet du retournement des horizons. Nous savons que les techniques de non-retournement du sol, la couverture végétale et la restitution de fortes biomasses au sol favorisent le développement d'une structure et des conditions d'oxydo-réduction équilibrées et engendre des antioxydants bénéfiques pour le sol. Mais après des décennies de travail du sol une baisse de la biodiversité est visible et cela entraîne une réduction de la minéralisation de la matière organique. Tous cela accentué par un apport en engrais durant ces années, et très peu d'amendement. Ce qui expliquerait les données que nous observons, l'absence de différence entre les modalités et notre suspicion de faible activité microbiologique du sol. Cela implique que notre hypothèse ne peut que difficilement se réaliser à ce jour car nous sommes à la limite du système malgré tous les efforts actuels de l'agriculteur.

Concernant les macroorganismes, nous constatons une forte présence en *Macrolophus* qui est due à la gestion climatique favorable de la serre et à l'élevage de cet auxiliaire grâce aux plantes de services (*Calendula officinalis*). L'objectif premier de cette population est le contrôle des ravageurs de la culture. Ces derniers semblent être contrôlés, ce qui nous montre que les macroorganismes réguleraient mieux les bioagresseurs que les injections au goutte à goutte réalisés dans le cadre de notre essai.

Concernant les maladies, les tomates sont greffées sur un porte greffe KNVFFr, ce qui apporte de nombreuse résistance à la plante et ne nous permet pas de valider ou d'invalider notre hypothèse de travail c'est-à-dire l'influence du protocole sur les maladies tellurique des plantes. Aucune maladie foliaire n'est observée dans notre essai.

Pour la vigueur aucune différence n'est constatée entre les deux modalités.

Ces résultats montrent que notre protocole n'a pas agi sur les macroorganismes et la capacité agronomique des plantes.

Concernant les analyses agronomiques, nous n'observons pas de différence entre les modalités, nous constatons que le sol est assez friable et peu compact ce qui expliquerait le lessivage et les inversions de gradients d'ions. De même pour la relation entre les paramètres agronomiques et les paramètres électromagnétiques du sol, pas de corrélation trouvée.

En système méditerranéen précoce sous abris, nous espérons des modifications après deux mois d'injection mais les résultats montrent que les microorganismes dit « autochtones » ne semblent pas être suffisamment actifs. Les analyses se sont déroulées sur la période de 2 mois et demi mais nous ne verrons pas les évolutions des sols des modalités jusqu'à la fin de culture. Nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une fois la minéralisation effectuée les données évolueront dans le sens des hypothèses.

Les résultats de cette expérimentation nous permettent de constater qu'il y a peu de différence entre les deux modalités, c'est-à-dire entre la modalité témoin qui suit les pratiques du producteur et la modalité traitée avec les injections de microorganismes et d'extraits fermentés.

Mais il faut rappeler que la vinasse de betterave a été injectée en quantité deux fois moindre dans la modalité traitée (50L/ha/semaine). Ce qui peut nous montrer un effet des intrants de la modalité traitée, ou inversement un non-effet de la dose supplémentaire de vinasse de betterave.

Il serait intéressant que dans un prochain essai, la vinasse de betterave ne soit pas utilisée pour la modalité traitée, cela permettrait de voir l'unique action des extraits fermentés. En effet cet engrais à un redox bas (chargé en électrons) ce qui montre sa capacité potentielle importante d'excitation du système. C'est un engrais facilement assimilable ce qui génère un effet visuel très rapide sur les plantes (croissance, vigueur, coloration).

Afin de mieux cerner les paramètres physico-chimiques de la plante, il serait intéressant dans un prochain essai de réaliser des prélèvements de feuilles et faire une méthode Pilazzo (test nitrate dans la sève) afin d'effectuer des corrélations entre la plante et le sol. Dans la littérature, il est expliqué que les phytopathogènes nuiraient à la réduction de l'oxydation des plantes (De Gara et al., 2003 ; Kabbage et al., 2015). C'est ce que nous avons essayé de faire avec ce protocole, changer les paramètres internes de la plante en ajoutant des produits boostant et réduit.

D'après les indicateurs et nos observations nous avons observés une faible activité des microorganismes du sol. Pour le vérifier directement, nous aurions dû envoyer des échantillons de sol pour une analyse microbiologique afin de voir la densité des populations et le type présent. Cela aurait pu nous communiquer des informations clés sur l'analyse de nos paramètres étudiés.

Au cours de la culture un décalage des lignes de goutteurs pour l'irrigation sera réalisé à deux reprises, ce qui implique un décalage des zones de prélèvement car ils sont effectués suivant le bulbe hydrique. Durant les 3 mois de réalisation du protocole, les injections n'ont donc pas eu lieu sur la même zone de sol précisément, ce qui peut engendrer des disparités de données suivant les échantillonnages et la précision du décalages des goutteurs.

Il serait intéressant de réaliser ce même protocole, mais en amont suivre les recommandations d'Éric Petiot, il suggère d'épandre l'engrais organique deux mois avant que le sol n'atteigne 12 °C sur les 10 premiers centimètres. L'azote organique serait pendant ces deux mois, transformé par des familles de microorganismes spécifiques en azote protéique qui favoriserait le développement de microorganismes et la résistance des plantes.

Après analyses des rapports des années précédentes sur ce site d'essais nous constatons que cela fait déjà deux ans que ce protocole est essayé et les résultats semblent ne pas valider les hypothèses. Il serait intéressant de continuer ce protocole encore une année pour voir les effets sur le long terme, rajouter des modalités pourrait être une possibilité pour distinguer les effets des dosages des différents ajouts.

Bibliographie et références

Roger P, Garcia J-L (2001) Introduction à la microbiologie du sol. Université de Provence, Ecole supérieure d'ingénieurs de Luminy, France

Husson O (2013) Redox potential (Potentiel d'oxydoréduction) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems : a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy, *Plant Soil* 362:389-417

Petiot E (2020) Les alternatives biologiques aux pesticides. Solutions naturelles au jardin et en agriculture. Terran, Escalquens pp:75

Rabotnova IL, Schwartz W (1962) The importance of physicochemical factors (pH and rH₂) for the life activity of microorganisms. VEB Gustav Fischer Verlag, Berlin

Bohrerova Z, Stralkova R, Podesvova J, Bohrer G, Pokorny E (2004) The relationship between redox potential and nitrification under different sequences of crop rotations. *Soil Till Res* 77:25–33

Kralova M, Masscheleyn PH, Patrick WH Jr (1992) Redox potential as an indicator of electron availability for microbial activity and nitrogen transformations in aerobic soil. *Z Mikrobiol* 147:388–399

Grable AR, Siemer EG (1967) Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. *Soil Sci Soc Am J* 32:180–186

Husson O, Husson B, Brunet A, Babre D, Alary K, Sarthou JP, Charpentier H, Durand M, Benada J, Henry M (2016) Practical improvements in soil redox potential (Eh) measurement for characterisation of soil properties. Application for comparison of conventional and conservation agriculture cropping systems, *Analytica Chimica Acta* 906:98-109

Chapelle E, Mendes R, Bakker P, Raaijmakers M, (2016) Fungal invasion of the rhizosphere microbiome, *The ISME Journal* volume 10, pages 265–268

Samouëlian A, Cousin I, Tabbagh A, Bruand A, Richard G (2005) Electrical resistivity survey in soil science : a review .. *Soil and Tillage Research*, Elsevier, 83(2):173-193

Whalen K, Sampedro L *Soil Ecology and Management*, library of congress cataloging,, 2009

St luce M, Whalen K, Ziadi N, Zebarth J, (2011) Chapter two - Nitrogen Dynamics and Indices to Predict Soil Nitrogen Supply in Humid Temperate Soils, *elsevier*, volume 112, page 55 à 102.

Le tacon, (1978) La présence de calcaire dans le sol. Influence sur le comportement de l'Epicéa commun (Picea excelsa Link.) et du Pin noir d'Autriche (Pinus Nigra nigricans Host.) *Ann. Sei. forest.*, 1978, 35 (2), 165-174.

Macías F, Camps Arbestain M (2010) Soil carbon sequestration in a changing global environment. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 15:511–529

Dwire KA, Kauffman JB, Baham JE (2006) Plant species distribution in relation to water-table depth and soil redox potential in Montane riparian meadows. *Wetlands* 26:131–146

Petiot E (2014) L'agriculture énergétique pour les soins du sol et des plantes. Terran, Escalquens. pp:129-139

Kaurichev IS, Tararina LF (1972) On redox conditions inside and outside of aggregates in a grey forest soil. *Pochvovedenie* 10:39–42

Snakin VV, Prisyazhnaya AA, Kovacs-Lang E (2001) Soil liquid phase composition. Elsevier Science B.V, Amsterdam

Dietz KJ (2003) Redox control, redox signaling, and redox homeostasis in plant cells. *Int Rev Cytol* 228:141–193

Dietz KJ, Pfannschmidt T (2011) Novel regulators in photosynthetic redox control of plant metabolism and gene expression. *Plant Physiol* 155:1477–1485

De Gara L, Locato V, Dipierro S, de Pinto MC (2010) Redox homeostasis in plants. The challenge of living with endogenous oxygen production. *Resp Physiol Neuro* 173:S13–S19

Kabbage M, Yarden O, Dickman B, (2015) Pathogenic attributes of *Sclerotinia sclerotiorum*: Switching from a biotrophic to necrotrophic lifestyle, Elsevier, Volume 233, April 2015, Pages 53-60

Table des figures :

Figure 1: Positionnement de l'essai dans la multi chapelle	7
Figure 2: Protocole	8
Figure 3: Exemple de zone de prélèvement	10
Figure 4: Exemple d'analyse par la méthode du slake test.....	10
Figure 5: Thea test.....	12
Figure 6: Prélèvement pour Analyse agronomique du sol	12
Figure 7: Evolution du pH moyen en fonction des modalités	14
Figure 8: Evolution du pH en fonction du temps pour la modalité traitée	14
Figure 9: Evolution du pH en fonction du temps pour la modalité témoin	14
Figure 10: Potentiel red ox moyen en fonction du temps et des modalités	17
Figure 11: Evolution du potentiel red ox en fonction du temps pour la modalité traitée.....	17
Figure 12: Evolution du potentiel red ox en fonction du temps pour la modalité témoin.....	17
Figure 13: Evolution de la conductivité moyenne en fonction des modalités.....	20
Figure 14: Evolution de la conductivité en fonction du temps pour la modalité traitée.....	20
Figure 15: Evolution de la conductivité en fonction du temps pour la modalité témoin.....	20
Figure 16: Concentration moyenne en nitrate NO ₃ ⁻ en fonction des modalités	22
Figure 17: Evolution de la concentration en nitrate NO ₃ ⁻ pour la modalité traitée	21
Figure 18: l'évolution de la concentration en nitrate NO ₃ ⁻ pour la modalité témoin.....	21
Figure 19: Evolution de la moyenne des comptages de macrolophus en fonction des modalités	23
Figure 20: Evolution du nombre moyen de macrolophus par feuille suivant les modalités.....	23
Figure 21: Evolution de la présence de Macrolophus en fonction des modalités et du temps	23
Figure 22: Evolution du moyenne des comptage d'acarien en classes en fonctions des modalités	25
Figure 23: Evolution de la présence des acariens (classes) en fonction des modalités et du temps	25
Figure 24: Evolution des moyenne de comptage des individus de macrolophus et des classes d'acariens en fonction des modalités	25
Figure 25: Nombre de feuille moyen en fonction des modalités et du temps	27
Figure 26: Evolution de la moyenne des stade phénologique en fonction des modalités et du temps .	27
Figure 27: Evolution des rendements cumulé de tomate en fonction du temps en Kg/m ²	Erreur !
Signet non défini.	
Figure 28: Evolution des rendements de tomate et des modalités en Kg/m ²	29
Figure 30: Evolution de la structure du sol pour le mois de juin.....	29
Figure 31: Evolution de la structure du sol pour le mois de juillet	29
Figure 32: Evolution de la stabilité structurale du sol pour le mois de juin	29
Figure 33: Evolution de la stabilité structurale du sol pour le mois de juillet	29
Figure 34: Evolution de l'activité biologique pour le mois de juin	29
Figure 35: Evolution de l'activité biologique pour le mois de juillet	29
Figure 36: Localisation de l'exploitation	36
Figure 37: Appareil de mesure Nitrachek	37
Figure 38: Diagramme de Pourbaix N.....	47
Figure 39: Graphique des corrélations entre les macrolophus et les acariens	48
Figure 40: Moyenne des comptages des pucerons en fonction des modalités et du temps	44
Figure 41: Fréquence de présence des pucerons en fonction des modalités et du temps	49
Figure 42: Moyenne des comptages des tutas en fonction des modalités et du temps.....	49
Figure 43: Graphique de la fréquence des tutas en fonction des modalités et du temps	49
Figure 44: Moyenne des comptages des aleurodes en fonction des modalités et du temps	50
Figure 45: Fréquence des aleurodes en fonction des modalités et du temps	50
Figure 46: Corrélation entre les acariens et les aleurodes	46
Figure 47: Corrélation entre les macrolophus et les aleurodes.....	47
Figure 48: Corrélation entre les macrolophus et les tutas	47
Figure 49: Résultats du slake test en fonction des modalités et du temps	48

Glossaire

L'APREL : Association Provençale de Recherche et d'Expérimentation Légumières. L'APREL est la station d'expérimentation en cultures maraîchères située au cœur de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Elle tient une place importante dans la production française de légumes, essentiellement sous abris. L'APREL a pour mission la mise en œuvre de programmes expérimentaux en réponse aux besoins de la filière maraîchère régionale.

Le GRAB : station d'expérimentation dédiée à l'amélioration des techniques et des systèmes en Agriculture Biologique. Il est piloté par des agriculteurs bio et leurs partenaires.

Les CETA : Centre d'Etudes Techniques Agricoles. C'est une association qui regroupe des agriculteurs spécialisés (Maraîchage, Arboriculture) souhaitant bénéficier d'une aide technique personnalisée permettant d'améliorer leurs pratiques et leurs performances de production.

Le CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement. C'est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement. Il est placé sous la double tutelle du ministère de l'Enseignement supérieure et de la recherche et du ministère des Affaires étrangères et européennes.

Annexes

Annexe 1 : Analyse de sol

Annexe 2 : Localisation de l'exploitation

Annexe 3 : Protocole détaillé des expériences

Annexe 4 : Protocole Nitrachek

Annexe 5 : Protocole test bêche

Annexe 6 : Analyses des produits injecté dans le protocole

Annexe 7 : Diagramme de Pourbaix pour l'azote

Annexe 8 : Corrélation entre les Macrolophus et les acariens

Annexe 9 : Résultats des autres comptages des ravageurs

Annexe 10 : Résultat du slake test

Annexe 1 : Analyse de sol de l'exploitation



LABORATOIRE AGRICOLE ROUSSIERE-BEC
SAS au capital de 37 000 €

ANALYSE DE SOL

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Cliant: Chambre Agriculture des Bouches du Rhône
L. Camoin

Référence : Edouard Aymard
T NOIRES

Date : 31/05/2022

N° de l'échantillon : AG 220796

ANALYSE PHYSIQUE :

pH (KCl N) : 7,72

	Résultats	Commentaire
Calcaire total en % :	3,7	faible
Calcaire actif en % :	2,0	faible
Nitrates N-NO3 (extraction 1/5) en mg/kg	9,5	faible
Ammonium N-NH4 (extraction 1/5) en mg/kg	8,1	satisfaisant
Capacité d'échange cationique en meq/kg :	115,8	
Azote total en %	0,19	
Matière organique en %:	2,34	

Granulométrie en %

Argile	Limon fin	Limon grossier	Sable fin	Sable grossier
22,8	14,2	10,9	28,8	23,3

Texture fine de limon argilo-sableux

ANALYSE CHIMIQUE : Eléments échangeables

	Résultats	Commentaire					
		Très faible	Faible	Moyen	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
P2O5 Olsen mg/kg	134,0						
K en meq/kg	10,54						
Mg en meq/kg	33,1						
Rapport Mg / K	3,14						

OBSERVATIONS :

M.I.N. Box 19 13 160 CHATEAURENARD tél : 04 90 94 27 18. Fax : 04 90 94 71 88

RCS TARASCON D413 296 252 - SIRET 413 296 252 00013 APE 731 Z

Adresse du site : <http://www.larb-selas.com> E-mail : contact@larb-selas.com

Source : personne

Annexe 2 : Localisation de l'exploitation (Istres-Entressen 13)



Figure 36: Localisation de l'exploitation

Source : google maps

Annexe 3: Protocole détaillé essai EF (Extraits Fermentés)

Une fumure de fond a été mis le 15/03/2022, 25T/ha de compost de fumier de mouton en plein + 1,5T de *timacAgro* (4-2-6) à 275 kg /ha en localisé sur les rangs, ce qui revient à 550 kg/ha + DCM *Eco Xtra1* (8-5-6) à 750kg/ha en localisé sur le rang, ce qui revient à 1.5T/ha localisé. Du Basalte a été étendu sur toute la serre pour un dosage de 1T/ha de basalte de la carrière Dodet avec un paramagnétisme = 4000µCGS.

De la vinasse de betterave sera apporté chaque semaine : 100L/ha dans le témoin, 50L/ha dans le traité.

-05/04/2022 : 1000 diffuseurs/ha d'*Isonet T3* pour la confusion sexuelle Tuta

-05/06/2022 : 1500 diffuseurs/ha d'*Isonet T3* pour la confusion sexuelle Tuta

-05/04/2022, 18/05/2022, 30/05/2022, Transfert actif des macrolophus des plantes de service (*calendula*) vers la culture.

-20/04/2022 : Traitement foliaire 3 kg/ha de *bouillie bordelaise* (cuivre) + *microthiol* (soufre) à 3kg/ha + 4L *mc cream* (engrais foliaire à base d'algue).

-23/04 : *Success 4* à 0,2L/ha contre thrips + tuta

-23/04/2022, 02/05/2022, 09/05, 16/05, 23/05, 30/05, 06/06, 17/06, 24/06, 01/07, 08/07, 15/07 : *Solusop* (Sulfate de potasse) à 25kg/ha + 4kg/ha de *chélate de fer*.

-25/04 : Début du programme : protocole de printemps

Traitement 1 fois par semaine au goutte-à goutte :

SOLUTION = Mélange de Printemps ⁽¹⁾ = 20L/ha 1 fois par semaine

+Miel = 100g/ha à chaque injection d'extrait fermenté

+Petit lait = 5L/ha

(1) Mélange de Printemps : préventif

32% ortie + 18% consoude + 20% fougère + 30% laminaire : Ce mélange répond aux besoins nutritifs des plantes en début de saison, il est plus riche en EF d'Ortie et EF de Laminaire pour favoriser le développement de la plante et booster les fonctions élicitrices de nos mélanges grâce aux acides aminés (Laminarine et Cadavérine). L'ajout de Consoude favorisent le développement des bourgeons floraux et la Fougère est préventive pour les maladies fongiques et insectes. Enorme apport de micro-organismes.

Traitement 1 fois par mois au goutte à goutte :

EM = Micro-organisme utile ⁴⁼ à mettre au goutte-à-goutte 1 fois/mois ; dose : 3,8L/ha.

(4) Les Micro-organismes Autochtones Bénéfiques

Les Micro-Organismes Autochtones Bénéfiques sont une combinaison complexe de plus de 80 micro-organismes répartis en 6 différentes familles de bactéries, levures et champignons. Ils sont issus d'une fermentation anaérobie contrôlée selon les principes et méthodes de Cuba. Les MAB sont récoltés en France et ailleurs, dans un grand nombre de biotope (forêt, prairie, parcelles d'agriculture naturelle, etc..) afin de répondre à la plupart des milieux et de s'adapter à tout type de terrains. Les MAB sont essentiels, ils assurent la bonne fertilité des sols, permettent une meilleure assimilation des nutriments par les végétaux, ainsi que la prévention des maladies et ravageurs, tout en luttant contre les pathogènes et améliorant les propriétés organoleptiques de vos productions.

Traitement 1 fois par mois en foliaire, préventif : (facultatif)

Infusion de Origan-Thym-Sarriette ⁽³⁾ à 5L/ha, soit 0,6L pour les 4 chapelles
+ miel à 100g/ha, soit 1 petite cuillère à café pour les 4 chapelles
+petit lait à 5L/ha, soit 0.6L pour les 4 chapelles
+ bouillie bordelaise à 200g/ha, soit 26g pour les 4 chapelles (c'est très peu, c'est normal)

(3) Tisane de Tanaisie bio : PREVENTIF et CURATIF

Fongicide à forte rémanence, répulsif et curatif insectes, stoppe la ponte et la mue des pucerons. Cette préparation lutte contre les maladies (rouille...) et ravageurs (mouches, mineuses, pucerons, chenilles défoliatrices...).

-23/05/2022 : 100L/ha de petit lait (acides aminés, ferments, ph acide) + 1kg de miel/ha car trop peu d'effet, pour stimuler le système.

-25/05/2022, 02/06, 17/06 : lâcher de Trichogramme 125 plaquette/ ha.

-30/05/2022 début du programme d'été jusqu'à la fin de la culture

Traitement 1 fois par semaine au goutte-à goutte :

- Mélange de Consoude + Luzerne ⁽²⁾ = 20L/ha 1 fois par semaine
+Miel = 100g/ha à chaque injection d'extrait
+Petit lait = 100L/ha

2)Mélange Consoude / Luzerne : Préventif

50 % EF Consoude et 50 % EF Luzerne : régénérant des sols fatigués et pollués, très riche en micro-organismes. Recommandé pour la dégradation des BRF, pailles broyées, mulch, engrais verts fauchés et les sols abîmés, fatigués.

Traitement 1 fois par mois au goutte à goutte :

-Micro-organismes autochtones bénéfiques ⁽⁴⁾ mettre au goutte-à-goutte 1 fois/mois ; dose : 3,8L/ha.

Traitement 1 fois par mois en foliaire, préventif : (facultatif)

Infusion de Origan-Thym-Sarriette ⁽³⁾ à 5L/ha.
+ miel à 100g/ha
+petit lait à 5L/ha
+ bouillie bordelaise à 200g/ha

(1) Infusion Origan Thym Sarriette : PRÉVENTIF

Ce cocktail acide/réduit génère un "bouclier électromagnétique" posant végétaux et sols dans leur domaine de santé = diminution des attaques. Cette préparation protège du gel (max -4°C) pendant une semaine.

- 04/06 : engrais sous paillage : 4-2-6 TimacAgro à 1,25T/ha localisée sous le paillage, ce qui correspond effectivement à doubler la dose : 2.5T/ha (soit 100uN-50uP-150K)

Annexe 4 : Protocole Nitrachek



Figure 37 : Appareil de mesure Nitrachek
Source : Aprel

NITRATEST : mode d'emploi et matériel nécessaire.

Le matériel utilisé doit être propre et réservé à l'usage exclusif du Nitratest.

- une tarière et un seau pour les prélèvements de sol, - un tamis de maçon avec une maille de 5 millimètres (pour les sols caillouteux),
- une petite balance pour peser 100 grammes de terre (précision au gramme), - une mesure de 100 ml, - un flacon (en plastique de préférence) de 300 ml environ muni d'un couvercle étanche, pour le mélange terre et eau,
- un récipient pour la filtration (une petite bouteille en plastique d'eau minérale de 300 ml coupée aux 2/3 convient),
- un paquet de papier filtre, de laboratoire de préférence, ou filtre à café, - une montre, minuteur ou chronomètre pour décompter 60 secondes,
- un tube de bandelettes "Test nitrates" (vérifier la date de validité),
- de l'eau déminéralisée (sans nitrates),
- un appareil de lecture Nitrachek (conseillé).

1 – Prélever l'échantillon

À l'aide d'une tarière, prélever 15 carottes de terre minimum, bien réparties sur une parcelle homogène et représentative, sur la profondeur de sol à étudier, en général 30 cm. Les opérations suivantes doivent être réalisées dans un local à température de 20°C environ. Ne pas utiliser ni de la terre, ni de l'eau trop froides.

2 – Préparer l'échantillon

- Émietter les mottes et mélanger la terre, tamiser la terre, enlever les cailloux.
- Peser 100 grammes de terre fine exactement, les verser dans un flacon mélangeur.
- Ajouter 100 ml d'eau déminéralisée.
- Fermer le flacon et agiter énergiquement pendant au moins 4 minutes, de façon à obtenir une boue homogène.

3 – Filtrer

- La filtration peut se réaliser dans le flacon mélangeur, ou dans un autre gobelet.
- Introduire le filtre dans la boue, pointe en bas, pour réaliser une filtration inverse.
- Au bout de quelques minutes, on obtient le filtrat (liquide clair au centre du filtre). Certains sols lourds demandent plus de temps.

4 – Doser les nitrates

- Prélever une bandelette du tube Nitratest et le refermer aussitôt.
- Tremper la bandelette dans le filtrat pendant 1 seconde (bien tremper les 2 zones réactives).
- Ôter l'excès de liquide en secouant la bandelette.
- Au bout de 60 secondes exactement, réaliser la lecture par comparaison avec l'échelle colorimétrique placée sur le tube Nitratest.

L'appareil à lecture directe (NITRACHEK) améliore la précision de la lecture.

- Il est conseillé de réaliser la lecture avec 2 bandelettes, pour limiter le risque d'erreur. Le résultat de la lecture est exprimé en ppm ou mg/litre de nitrates NO₃.
- Il faut se référer uniquement à la zone réactive située à l'extrémité de la bandelette. L'autre zone réactive de la bandelette doit rester blanche, si elle est colorée en rose, il y a présence de nitrites (voir le conseiller). Déroulement de l'analyse rapide Le NITRACHEK améliore la précision de lecture du Nitratest

5 – Résultat

En multipliant par 1,3 la valeur de la lecture Nitratest, on obtient directement le résultat en unités (ou kg) d'azote N disponible par hectare. Ce coefficient de 1,3 s'applique pour les sols courants (densité apparente 1,4 ; humidité proche de 15%, 100% de terre fine et 30 cm de profondeur de sol). Si ce n'est pas le cas, il faut le recalculer avec une formule adéquate (voir le conseiller). Par exemple, une valeur de lecture Nitratest de 50 correspond à : $50 \times 1,3 = 65$ unités N/ha (azote disponible sous forme nitrique).

Observation : dans les sols caillouteux, tenir compte du pourcentage de terre fine. Exemple : dans un sol à 20% de cailloux, (qui contient donc 80% de terre fine), il faut multiplier le résultat du test par 0,8 (soit, pour l'exemple précédent $65 \times 0,8 = 52$ unités d'N disponible).

Annexe 5 : Fiche N°2 : vitesse d'infiltration



ORION
OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION INNOVANTS POUR UNE MEILLEURE MAÎTRISE DE L'EAU ET DU POTENTIEL NUTRITIF DU SOL

Indicateurs de la qualité du sol

Fertilité physique



FICHE N°2

VITESSE D'INFILTRATION

OBJECTIF DE L'INDICATEUR

L'infiltration est le processus d'entrée de l'eau dans le sol. L'infiltration est dépendante du type de sol, de sa structure, de la compaction et de la teneur en eau au moment de la mesure.

L'eau entrant trop lentement peut conduire à la formation de flaques ou du ruissellement de surface. Une teneur en eau trop importante affecte la capacité du sol à emmagasiner de l'eau supplémentaire. Le taux d'infiltration dépend du développement des racines, des galeries des vers de terre, de la structure et la texture du sol et surtout de la présence de matière organique stable.

La mesure de l'infiltration doit se faire sur des sols comparables : texture, teneur en eau, occupation du sol.

MATÉRIEL

- 1 cylindre PVC de 20 cm de diamètre gradué tous les cm
- 1 maillet
- 1,5 L d'eau par mesure
- 1 chronomètre





MISE EN ŒUVRE

Effectuer au minimum 2 mesures par parcelle homogène.

- 1- Nettoyer la surface du sol. Retirer la végétation de surface.
- 2- Enfoncer le cylindre à une profondeur de 15 cm (trait).
- 3- Tasser délicatement la zone autour du cylindre pour imperméabiliser.
- 4- Verser l'eau jusqu'au bord du cylindre
- 5- Noter dans la feuille de calcul les temps de passage de l'eau à chaque cm, en secondes.
- 6- Répéter les étapes 4 et 5 une seconde fois pour avoir un second temps d'infiltration en condition de capacité au champ. Sur sol sec la seconde immersion est indispensable pour avoir une mesure fiable. Dans le cas où l'eau ne s'infiltre pas, arrêtez le test après 15min.

CONDITIONS DE RÉALISATION

- * Comparer des sols ayant une teneur en eau proche
- * Ne pas effectuer de mesures après un travail du sol important (labour, ...).
- * Bien tasser la zone autour du cylindre pour limiter les pertes en eau latérales.
- * Verser délicatement l'eau pour ne pas modifier la surface du sol

Rédaction novembre 2019. Reproduction interdite



ORION

OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION INNOVANTS POUR UNE MEILLEURE MAÎTRISE DE L'EAU ET DU POTENTIEL NUTRITIF DU SOL

Indicateurs de la qualité du sol

Fertilité physique



INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Calcul de la vitesse d'infiltration en mm/h

$$\frac{H_{eau} \text{ (en mm)} * 31,8}{\text{Temps (en sec)}} * 3600$$

Taux d'infiltration en mm/h

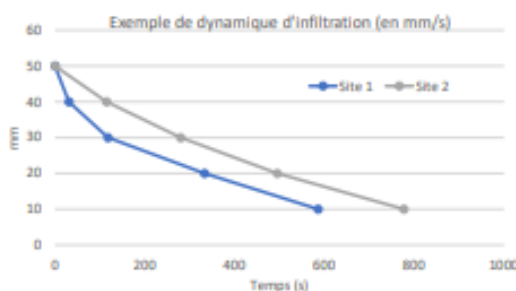
> 8 880
2660 à 8880
880 à 2660
266 à 880
88 à 266
26 à 88
0.66 à 26
< à 0.66

Vitesse d'infiltration

Très rapide
Rapide
Moyennement rapide
Moyen
Moyennement lent
Lent
Très lent
Imperméable

Source USDA

La texture (pourcentage de sables, limons et argiles) va influencer sur la vitesse d'infiltration. Les sols sableux sont naturellement plus filtrants que les sols riches en argile. Ces valeurs sont donc à moduler en fonction du type de sol.



La mesure d'infiltration permet d'estimer le taux d'infiltration théorique de l'eau sur la parcelle mais peut également permettre d'observer la dynamique d'infiltration de l'eau. On peut ainsi observer la différence de vitesse d'infiltration entre les premiers millimètres d'eau et les suivants.

Ici on peut voir que l'eau s'infiltre vite sur les premiers millimètres pour le site 1, puis la vitesse d'infiltration diminue.

Sur le site 2 la vitesse est plus stable tout au long de l'infiltration.

EVALUATION DE L'INDICATEUR

Critère	Avis
Compétence technique	Pas de compétences techniques particulières nécessaires. Bien suivre le protocole.
Applicabilité	Applicable sur tous types de sol. Comparaison difficile entre les sols si la teneur en eau ou la texture sont différentes.
Représentativité	Faire au minimum 2 séries de mesures. Si possible multiplier le nombre de mesure.
Contraintes techniques	Besoin d'une source d'eau proche ou de transporter la quantité d'eau nécessaire.
Facilité de mise en œuvre	👤 👤 👤 👤

Document rédigé par : Elodie Derivy, APREL

Avec le soutien financier de : Agence de l'eau - Rhône méditerranée Corse

Sources bibliographiques : USDA, 2001, Soil quality test guide; Agr'eau, 2016, Infiltration de l'eau dans les sols ; Sarrantonio

Pour plus d'informations, contacts :

Elodie Derivy, APREL

derivy@aprel.fr

Claire GOILLON, APREL

goillon@aprel.fr

En partenariat avec :



Financé par :



Réduction novembre 2019. Reproduction interdite

Annexes 6 : Données des intrants du protocole

Tableau des résultats des solutions apporté dans le protocole de cet essai

Analyse des solutions apportées :				Producteur: Edouard AYMARD	Date: 28/06/2022
	Azote (PPM)	pH	Conductimétrie	RED OX	
Vinasse de betterave :	333	5,78	10,08	-100	
Petit Lait :	0	3,26	6,59	310	
Extraits fermentés :	10	5,05	2,7	90	

Annexe 7 : Diagramme de Pourbaix pour l'azote

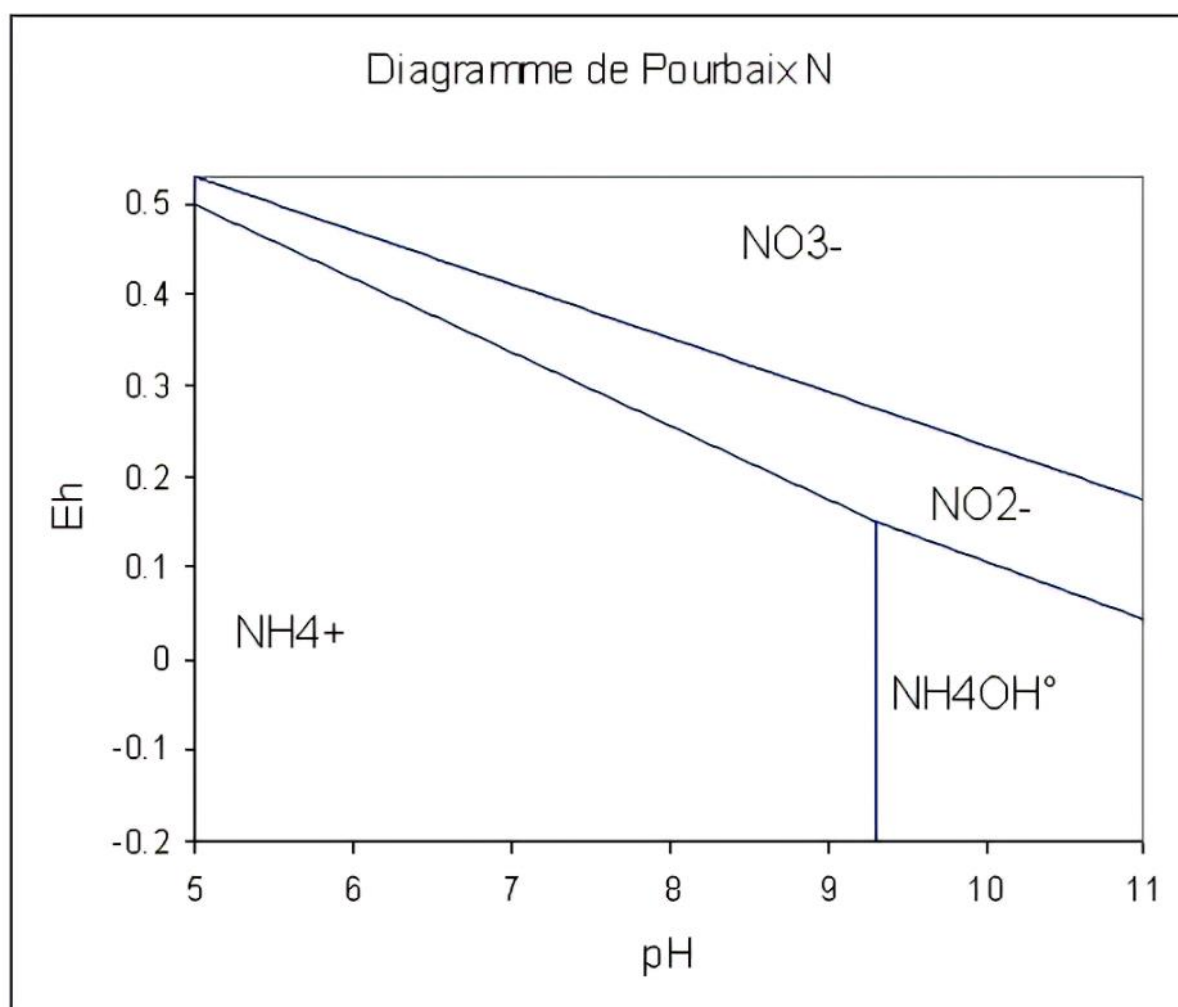


Figure 37: Diagramme de Pourbaix N

Source : [researchgate.com](https://www.researchgate.com)

Annexe 8 : Corrélation entre les macrophus et les acariens

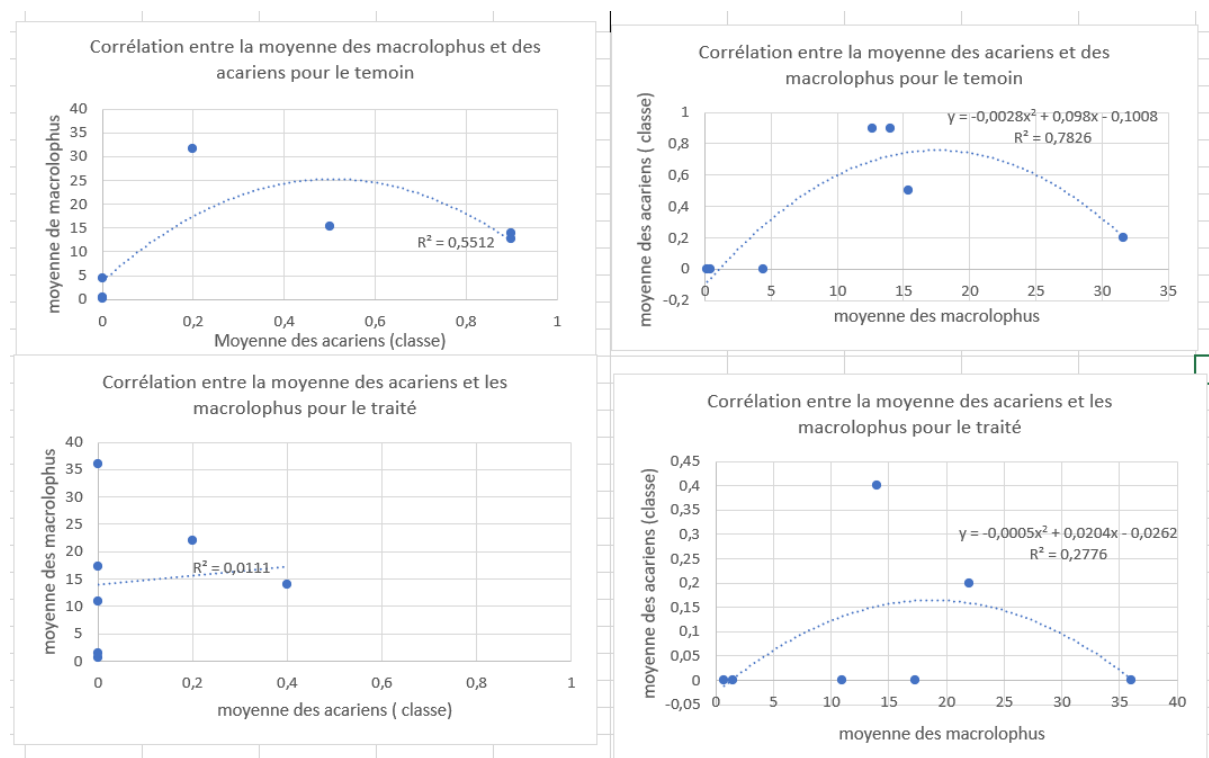


Figure 38: Graphique des corrélations entre les macrophus et les acariens

Annexe 9 : Résultats supplémentaire pour les macroorganismes

Les pucerons :

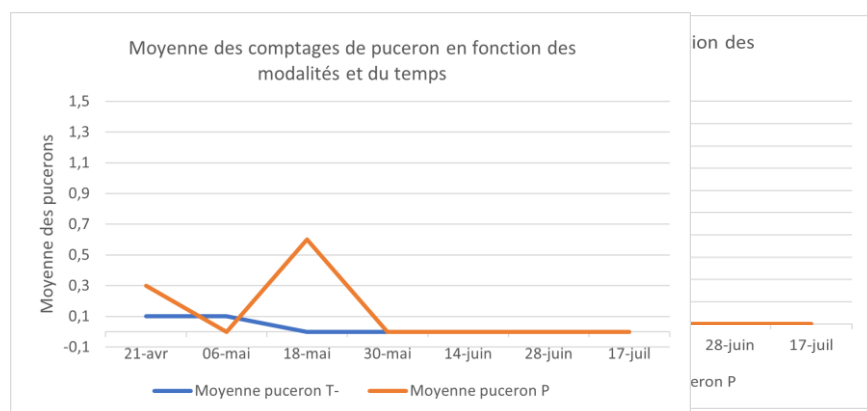


Figure 40; Moyenne des comptages de puceron en fonction des modalités et du temps

Concernant les pucerons, la figure 40 nous obtenons une ($p\text{-value} = 0.748 > 0.05$), donc une différence non significative, nous constatons la même chose pour la figure 41. ($p\text{-value} = 0.872 > 0.05$)

Les tutas :

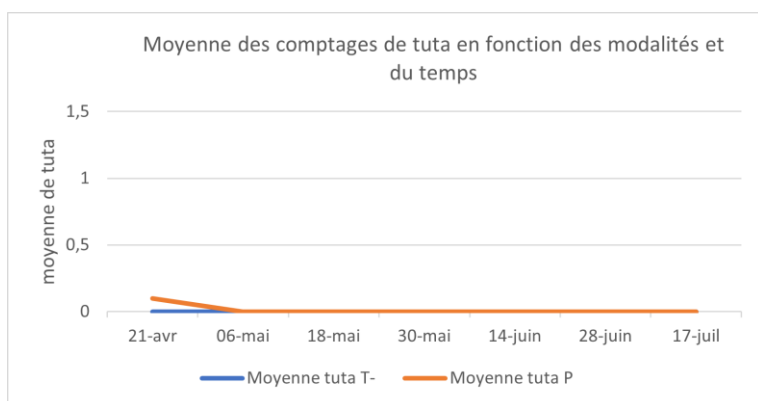


Figure 10: Moyenne des comptages des tutas en fonction des modalités et du temps

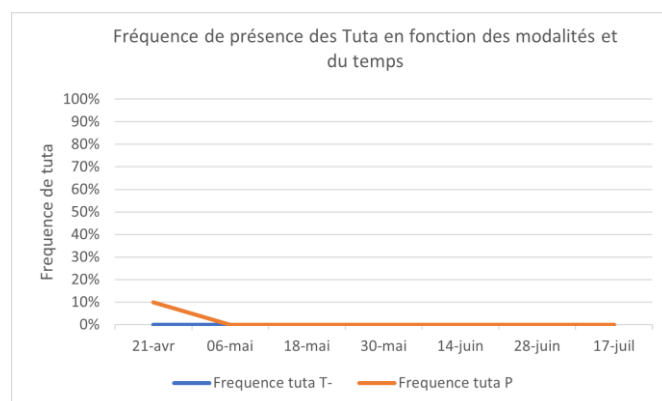


Figure 11: Graphique de la fréquence des tutas en fonction des modalités et du temps

Concernant les tutas, la figure 42 nous obtenons une ($p\text{-value} = 0.317 > 0.05$), donc une différence non significative, nous constatons la même chose pour la figure 43. ($p\text{-value} = 0.345 > 0.05$)

Les Aleurodes :

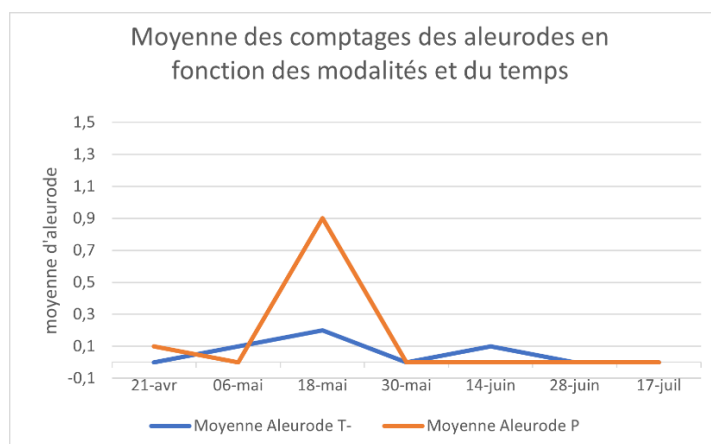


Figure 12: Moyenne des comptages des aleurodes en fonction des modalités et du temps

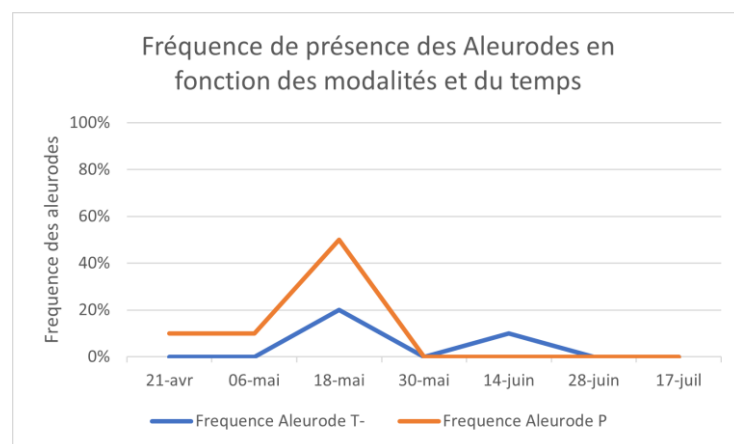


Figure 13: Fréquence des aleurodes en fonction des modalités et du temps

Concernant les aleurodes, la figure 44 nous obtenons une ($p\text{-value} = 0.708 > 0.05$), donc une différence non significative, nous constatons la même chose pour la figure 45. ($P\text{-value} = 0.600 > 0.05$)

Corrélation entre les acariens et les aleurodes :

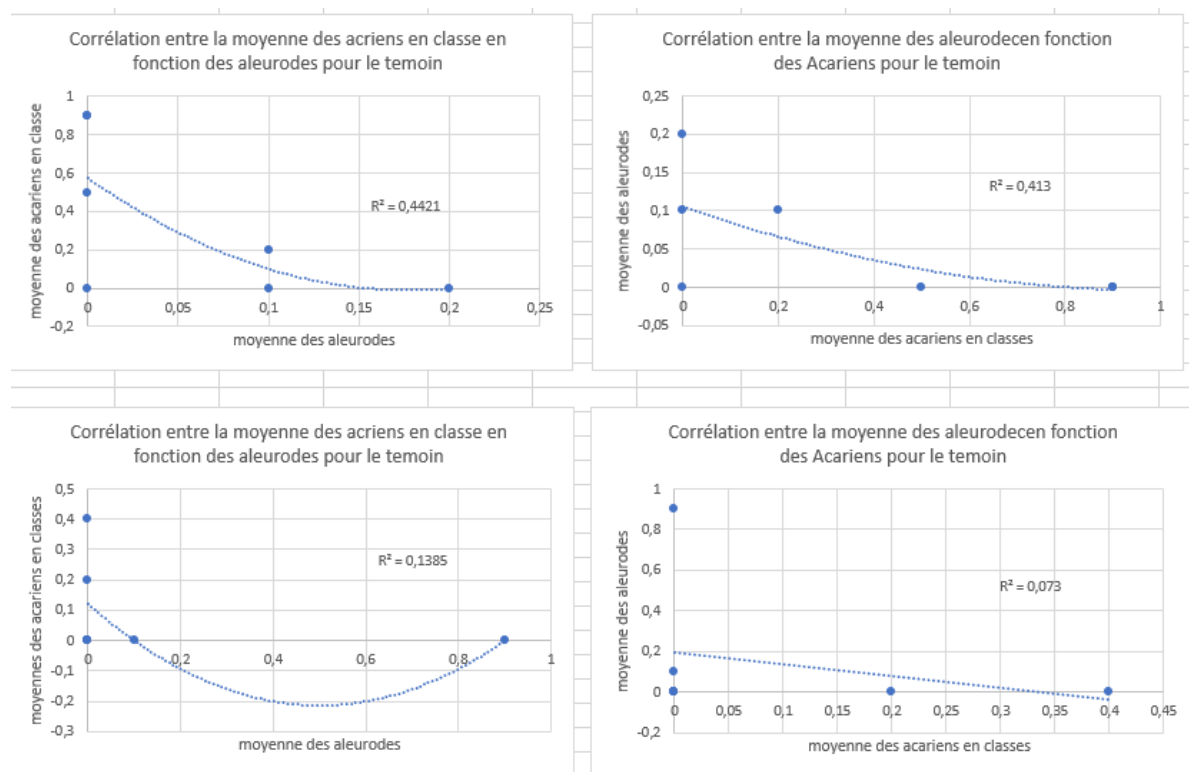


Figure 46 : Corrélation entre les acariens et les aleurodes

Corrélation entre les macrolophus et les aleurodes :

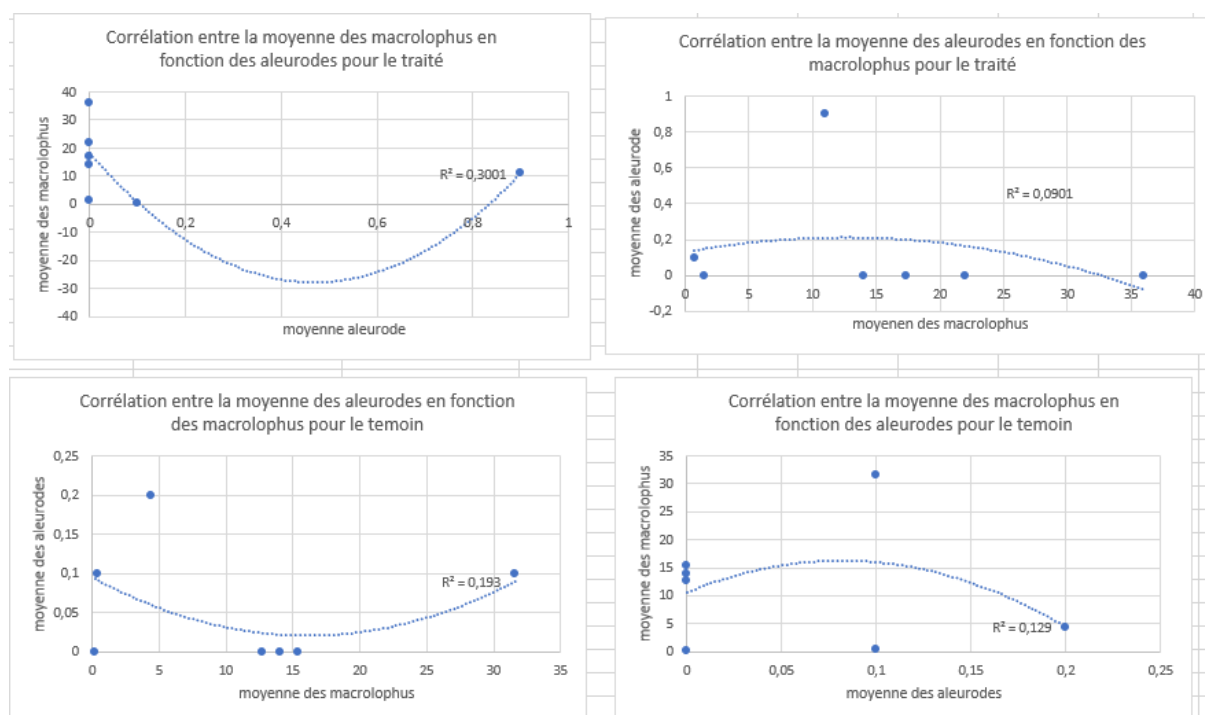


Figure 47 : Corrélation entre les macrolophus et les aleurodes

Corrélation entre les macrolophus et les tutas :

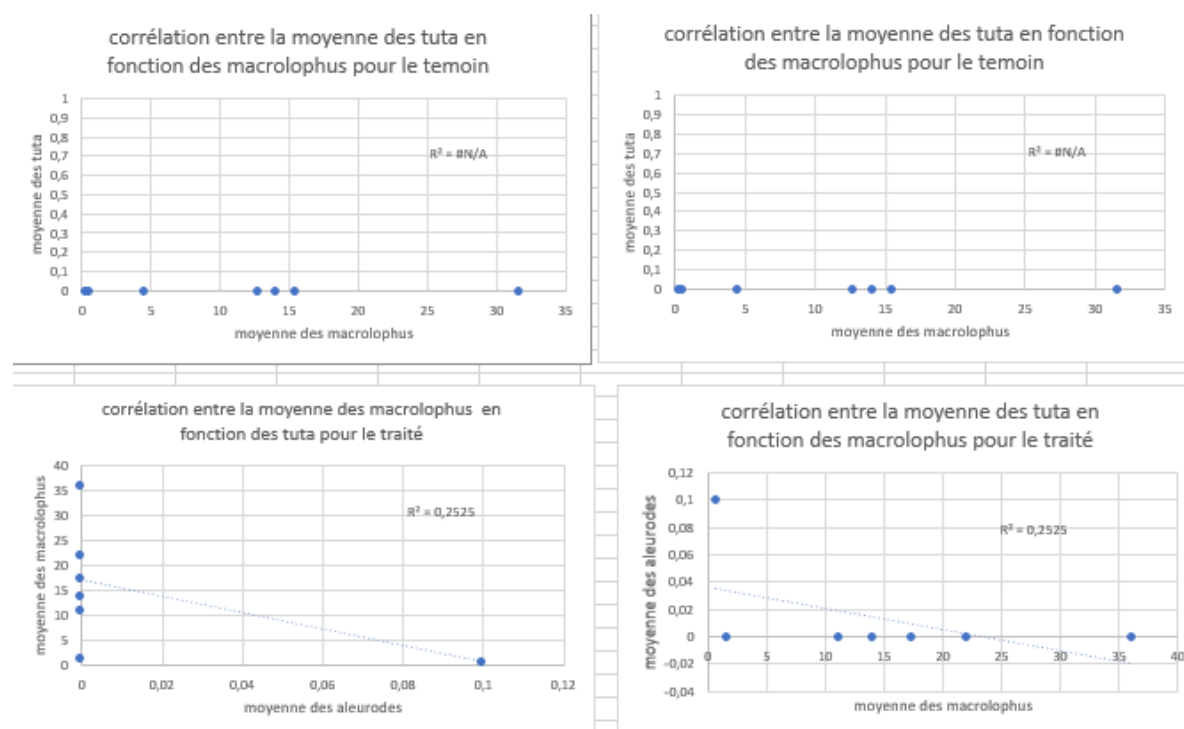


Figure 48 : Corrélation entre les macrolophus et les tutas.

Annexe 10 : Graphique des résultats obtenue pour les Slake test réalisé en fonction du temps et des modalités.

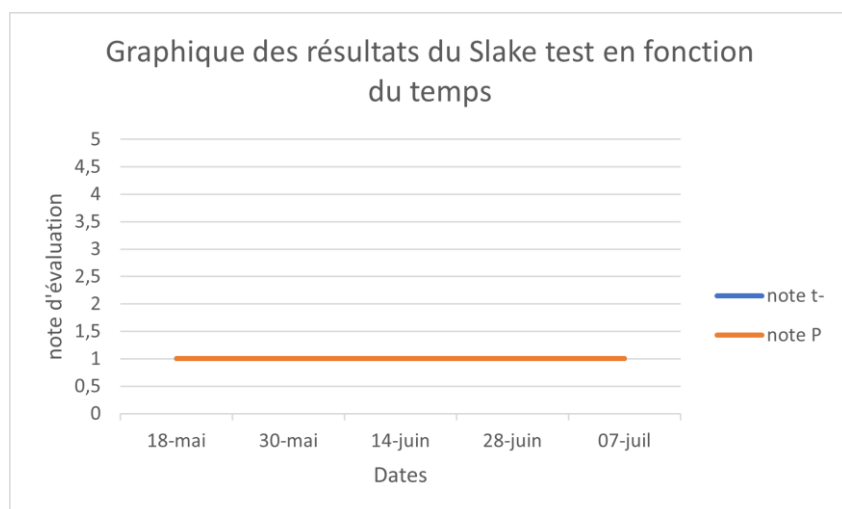


Figure 49 : Résultats du slake test en fonction des modalités et du temps.

Résumé 150-200 mots en français et anglais (non)

Dans le cadre du réseau FERME DEPHY, animé par la Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône auprès des maraîchers, les paramètres d'un sol du réseau : pH, potentiel d'oxydoréduction, taux de nitrates, conductivité et également la texture du sol, vigueur, développement végétatif, rendement et la présence de ravageurs, d'auxiliaires, de maladies, etc...ont été analysés afin de mesurer les effets des injections du protocole, extraits fermentés, petit lait, miel et microorganismes. Tous cela pour voir s'il impacterait les bioagresseurs des cultures. Cet essai est réalisé dans un sol maraîcher sous abris en Provence.

Avec les résultats obtenus nous pouvons dire que les microorganismes sont clés car impacteront fortement le sol, en termes de pH, potentiel d'oxydoréduction, la conductivité et les taux de nitrates, qui impactera par la suite la plante avec une minéralisation trop lente par exemple.

Concernant les macroorganismes nous avons obtenues une corrélation entre la chute des populations de macrolophus et la chute des populations d'acarien.

En revanche nous ne pouvons pas dire qu'il y a un lien entre les paramètres agronomiques et les paramètres électromagnétique.

Mots clés : Paramètre électromagnétique, plante maraîchère, microorganismes, climat méditerranéen, fertilité du sol

Abstract :

Within the framework of the FERME DEPHY network, led by the Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône with market gardeners, the parameters of a network soil: pH, redox potential, nitrate levels, conductivity and also soil texture, vigour, vegetative development, yield and presence of pests, auxiliaries, diseases, etc. were analyzed to measure the effects of protocol injections, fermented extracts, whey, honey and microorganisms. All this to see if it would impact the bioaggressors of crops. This trial is carried out in a market garden under shelters in Provence.

With the results obtained we can say that the microorganisms are key because will strongly impact the soil, in terms of pH, redox potential, conductivity and nitrate levels, which will subsequently impact the plant with too slow mineralization for example.

Concerning the macroorganisms we obtained a correlation between the fall of the macrolophus populations and the fall of the mite populations.

On the other hand, we cannot say that there is a link between agronomic parameters and electromagnetic parameters.

Keywords : Electromagnetic parameter, vegetable plant, microorganisms, Mediterranean climate, soil fertility