



Rapport Technique 2021

Expérimentation en maraîchage biologique - Bretagne

Siège :

Grab | Maison de la Bio | 255, Chemin de la Castelette | BP11283 | 84911 AVIGNON Cedex 9

+33(0)4.90.84.01.70 | secretariat@grab.fr

Sommaire

Table des matières

Sommaire	2
PlantServ	3
OptiFaz.....	7
MMBio.....	10

Rapport technique d'expérimentation - Maraîchage - 2021

PlantServ

Impact des plantes de service sur le contrôle des ravageurs de grandes cultures céréalières

Andrea Adamko-Sevestre – Fanny Buard

RÉSUMÉ

En partenariat avec plusieurs structures, un réseau des parcelles d'orge a été mis en place et suivi, en régions Bretagne et Loire-Atlantique, afin d'étudier l'impact d'un couvert d'interculture fleurissant l'hiver, sur les pucerons, vecteurs du virus de la jaunisse nanisante de l'orge (JNO). La présence de diverses plantes de services en bordure de parcelle cultivée d'orge peut augmenter le contrôle biologique des pucerons par les parasitoïdes spécialistes et les prédateurs généralistes dans les cultures céréalières. Le projet PlantServ (Impact des plantes de service sur le contrôle des ravageurs de grandes cultures céréalières) vise à

Étudier la composition de mélange d'espèces de plantes de services le plus adéquat et facilement utilisable par les agriculteurs et les modalités les plus favorables de leur aménagement spatial et temporel

Mesurer l'effet des plantes de services sur le contrôle des dynamiques de pucerons

Caractériser le rôle relatif des différentes espèces de pucerons dans la transmission de la JNO et développer des outils de détection moléculaires pouvant diagnostiquer la présence des principaux virus responsables de la JNO

Développer des méthodes d'imagerie permettant de mieux évaluer le rendement des parcelles

ENJEUX ET CONTEXTE

Le virus responsable du jaunissement de l'orge (JNO) est transmis par les pucerons. Dans le but de diminuer l'utilisation d'insecticides de synthèse en production de céréales, le projet Plantserv vise à suivre l'impact des plantes de service sur le contrôle des ravageurs de cultures céréalières, en aménageant des infrastructures agroécologiques favorables à leurs ennemis naturels (prédateurs, parasitoïdes).

OBJECTIF

Etudier l'impact de l'augmentation de la biodiversité végétale aux abords des parcelles sur la dynamique des populations de vecteurs de la JNO, et évaluer l'intérêt de la lutte biologique par conservation sur le développement de ce virus.

METHODOLOGIE

Lieu : Station d'expérimentation bio à Suscinio (Morlaix, 29)

Type du sol : limono-argileux

La mise en place d'une bande fleurie a été réalisée le 14/08/2020 sur 300 m² à l'extrémité de la parcelle expérimentale, avec une densité de 15kg/Ha d'un mélange de différentes espèces (40% de sarrasin, 27% de radis oléifère, 26% de deux variétés de moutarde et 7% de vesce). Ce mélange est issu d'une précédente étude de PlantServ, ayant validé son intérêt pour héberger une biodiversité fonctionnelle importante.



A proximité de la bande fleurie développée, la culture principale (orge, variété Monroe) a été semée le 24/11/2020 sur 1200 m², avec une densité de 350graines/m².

Plusieurs pièges, sous forme de cuvettes jaunes et de pièges Barber, ont été placés dans trois zones distinctes :

- dans la bande fleurie
- dans l'orge, à 1m et à 30 mètres de cette même bande fleurie

Grâce à la reprise du site d'expérimentation par le Grab en mars 2021 suite à l'annonce de sa fermeture fin 2020, la mise en place des pièges et les premières observations ont pu commencer à partir du 19/02/2021 (stade 5 à 6 feuilles de l'orge).

Ces observations ont consisté en :

1) des relevés des arthropodes piégés

Les prélèvements récupérés, toutes les trois semaines (pendant trois mois), dans les 2 types de pièges, ont été envoyés à Agrocampus Ouest¹, partenaire du projet, pour identification et analyse (recherche de trace de virus de la JNO dans les pucerons)

2) des collectes de plants d'orge

Les plants collectés pour quantifier le taux d'infestation par les pucerons dans la parcelle, ont été envoyés à l'Université de Rennes 1², partenaire du projet, pour analyse.

3) l'observation de pucerons et de leur parasitisme sur l'orge

Toutes les trois semaines une recherche de pucerons et de traces de parasitisme était effectué à l'œil nu, dans deux zone distante (une zone proche de bande fleurie et une à l'autre extrémité de la parcelle d'orge)

1- Anne LE RALEC (Agrocampus Ouest Dpt Ecologie ESP - UMR IGEPP)

2- Sacha ROUDINE (Université de Rennes1, UMR CNRS 6553 ECOBIO-Campus de Beaulieu)

4) des repérages de symptômes de JNO

Observation à l'œil nu pendant toute la culture.

RESULTATS

Bandes fleuries

Certaines composantes du mélange de la bande fleurie semée en août 2020 ont bien levé. En particulier les Crucifères qui ont fourni quelques fleurs pendant la période hivernale. Elles ont pris le dessus sur la plupart des autres espèces du mélange (notamment sarrasin).

Orge

Les conditions climatiques d'automne-hiver 2020/21 ont été particulièrement difficiles pour la mise en place de la culture d'orge (semis tardif, pluviométrie importante).

Nous avons constaté de très forts dégâts liés à la présence des corvidés. La terre a été très tassée par la pluie. En conséquence, la levée de l'orge a été peu dense.

De plus, aucun symptôme visible de la JNO n'a été observé à l'œil nu pendant toute la culture, probablement à cause de la faible présence de pucerons dans l'environnement de la parcelle et sur la parcelle elle-même.

CONCLUSION :

Impact de la bande fleurie sur la gestion du JNO

Dans l'attente des résultats des analyses des prélèvements par les partenaires du projet, sur l'identification des arthropodes piégés et du taux d'infestation de l'orge, il est probable que, malgré une augmentation significative de la quantité et de la diversité de plantes hôtes pour les auxiliaires dans la bande fleurie, le faible développement de l'orge, et la faible présence (quasi absence) de pucerons et de JNO sur la saison 2020-2021 sur le site de Suscinio ne permettent pas de tirer de résultats significatifs sur l'impact de ce dispositif pour cette année d'expérimentation.

La bonne implantation de cette bande fleurie permet cependant de souligner l'intérêt des Crucifères pour une nouvelle répétition de ce dispositif.

Pour la saison 2022 une nouvelle parcelle d'orge et bande fleuri était implanté sur laquelle nous allons continuer de faire les prélèvements de plants pour un suivi laboratoire de présence du virus.

ORGE LE 19/03



BANDE FLEURIE LE 19/03



ORGE LE 12/04



BANDE FLEURIE LE 12/04



Cette action a reçu le soutien financier de :



Année de mise en place : 2019 – Année de fin d'action : 2022

ACTION : nouvelle

en cours X

en projet

Contact : Andrea Adamko-Sevestre – andrea.adamko@grab.fr

Grab – 255 chemin de la Castelette – BP 11283 – 84 911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 – secretariat@grab.fr

Mots clés : lutte biologique par conservation – bande fleurie – orge – jaunissement

Date de création de cette fiche : Janvier 2022

Rapport technique d'expérimentation - Maraîchage - 2021

OptiFaz

Optimisation de la Fertilisation Azotée organique dans les supports de culture horticoles

Andrea Adamko-Sevestre – Fanny Buard

1 – ENJEUX ET CONTEXTE

En réponse à des difficultés environnementales et à la prise de conscience sur l'utilisation des produits de synthèse, les fertilisants organiques se développent y compris la production des plantes en pot ou en mottes (plantes aromatiques, plants maraîchers...). Dans la pratique, des limites ont été observées quant à l'utilisation d'engrais organiques pour ces cultures (retard de minéralisation et présence d'azote ammoniacal en excès en période froide, excès de minéralisation en période chaude, interactions support de culture / fertilisant mal connues...).

Par ailleurs, il existe un manque évident de données de référence sur les besoins totaux et la dynamique des besoins des cultures horticoles.

2 – OBJECTIF

L'objectif d'OPTIFAZ est de caractériser l'effet de différents paramètres sur la minéralisation de l'azote en conditions hors-sol et d'en modéliser la dynamique pour un certain nombre d'engrais et de supports de culture. La meilleure compréhension de leur complémentarité permettra de développer des outils de pilotage de la fertilisation organique, utilisables par les fabricants de supports de culture et d'engrais, les producteurs de plants et les conseillers techniques.

3 – METHODOLOGIE

Des dispositifs expérimentaux en conditions contrôlées et en conditions de culture ont été mis en œuvre dont l'objet était de valider les modèles à l'aide de données (température, humidité) collectées.

Dans les 2 cas, il s'agissait d'évaluer l'impact des variations de température et d'humidité sur la minéralisation de l'azote organique dans des contextes de cultures divers.

4 – DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai en conditions de culture a été mené au GRAB Plateforme d'expérimentation bio à Suscinio (29), dans une pépinière multi chapelles froide avec 2 tables chauffantes.

En 2021, 7 modalités, sur 2 cultures, ont été retenues pour être testées sur la plateforme. Chaque semaine, des échantillons de terreaux et de plants étaient envoyés au laboratoire AUREA.

Modalités		Suivi N min AUREA 1/sem
M01	Référence avec plante substrat UAB (témoin positif)	Aucun
M02	Substrat T2 sans engrais avec plante	1 X 500 ml de substrat avec plante
M03	Substrat T4 sans engrais avec plante	1 X 500 ml de substrat avec plante
M04	Substrat T2 + Engrais E1 / incorporation / <u>sans plante</u>	3 X 500 mL de substrat
M05	Substrat T4 + Engrais E1 / incorporation / <u>sans plante</u>	3 X 500 mL de substrat
M06	Substrat T2 + Engrais E1 / incorporation / avec plante	3 X 500 mL de substrat avec plante
M07	Substrat T4 + Engrais E1 / incorporation / avec plante	3 X 500 mL de substrat avec plante

Semis de deux cultures : 1 courte et 1 longue en pépinière

- Courge : semi en godet (VQF 7x7x6.5) à la semaine 15, et envoi des échantillons jusqu'à la semaine 18
- Tomate semi en plaque alvéolées (60 trous/plaque) à la semaine 13, et des échantillons jusqu'à la semaine 19

Remplissage est effectué à la main.

5. – LES MESURES

- Manipulation « masse volumique avant mise en place » (spécifique à chaque modèle de contenant et substrat),
- Manipulation « humidité à T0 »,
- Enregistrement température aérienne et substrat,
- Relevé date / heure / volume arrosage,
- Pesées avant / après arrosage sur toutes les modalités avec envoi à AUREA,
- Envoi échantillons substrats + plantes à AUREA,
- Enregistrement des dates d'intervention : semis / repiquage, interventions culturales, destruction des plantes...
- Développement des plantes 1 fois/7 j ou 15j (enracinement, coloration, croissance, poids frais à la fin.

6. – RESULTATS

Le projet s'est achevé en 2021. Les résultats et tous les ouvrages issue d'OptiFaz sont regroupés sur le site suivant :

<http://www.rmt-fertilisationenvironnement.org/moodle/course/view.php?id=122>

Cette action a reçu le soutien financier de :

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



Année de mise en place : 2018 – Année de fin d'action : 2021

ACTION : terminée

Contact : Andrea Adamko-Sevestre – andrea.adamko@grab.fr

Grab – 255 chemin de la Castelette – BP 11283 – 84 911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 – secretariat@grab.fr

Mots clés : substrat – fertilisation – engrais organique – pépinière

Date de création de cette fiche : Février 2022

Rapport technique d'expérimentation - Maraîchage - 2021

MMBio

Acquisition de références techniques et économiques pour des systèmes de micro fermes maraîchères diversifiées multi performantes en Agriculture Biologique

Andrea Adamko-Sevestre – Fanny Buard

1 – ENJEUX ET CONTEXTE

Les installations en maraîchage diversifié sur une surface restreinte ne cessent d'augmenter. Ces nouveaux producteurs cherchent à innover et ont besoin de références sur ces systèmes.

Une enquête des producteurs, un recensement des pratiques et une analyse des tendances à permis d'envisager différentes expérimentations à réaliser.

L'ensemble du projet MMBio a été porté par l'ITAB. Des essais ont été mis en place sur la plateforme d'expérimentation bio à Suscinio gérée par le Grab et son équipe salariée en 2021. Ils ont constitués à travailler sur la densification des cultures sous abris en associant une culture haute, dans notre cas le poivron, et une culture basse (pratique noté chez les producteurs).

2 – OBJECTIF

L'objectif du projet est d'acquérir des références techniques et économiques pour mieux accompagner les installations en maraîchage diversifié sur petites surfaces par l'expérimentation en :

- évaluant la faisabilité des itinéraires techniques testés (temps de travail, matériel et intrants nécessaires)
- estimant les rendements des cultures basses associées au poivron
- évaluant l'effet (compétition, facilitation) des associations sur la croissance et le rendement du poivron et d'en expliquer les causes (accès aux ressources)
- comparant les marges brutes générées par les différentes associations à celle d'une culture pure de poivron

3 – METHODOLOGIE

Les modalités testées :

1. Témoin : Poivron pure (Corno di toro rossi – AgroSemens)
2. Poivron+laitue Zoraga – Vitalis
3. Poivron+haricot nain: Cupidon – AgroSemens
4. Poivron+oignon rosé: Sélection Suscinio

5. Poivron+persil frisé: Perle – AgroSemens

Densités de plantation :

- Espèces basses :
 - Batavia, persil, haricot nain : distances inter-plants de 30cm (densité théorique de 4.92 plants/m²). Plantés en 2 rangs.
 - Oignon : distances inter-plants de 10cm (densité théorique de 13.33 plants/m²). Plantés en 2 rangs.
- Espèce haute, Poivron :
 - Monoculture : Plant  en quinconce 60x60cm (habituellement pratiqué sur notre site), en 2 rangs.
 - Association : distance inter-plats de 30cm (densité théorique 2.46 plants/m²), en rang simple au milieu de planche.

4 – DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Situé : Chapelle n 2 d'un bi-tunnel exp  de 850m² (9,5m de large et 33m de long utilisables).

Pr c dent de culture : Navet primeur.

Fertilisation : Apport de fumier bovin à la préparation du sol à raison de 20T/ha.

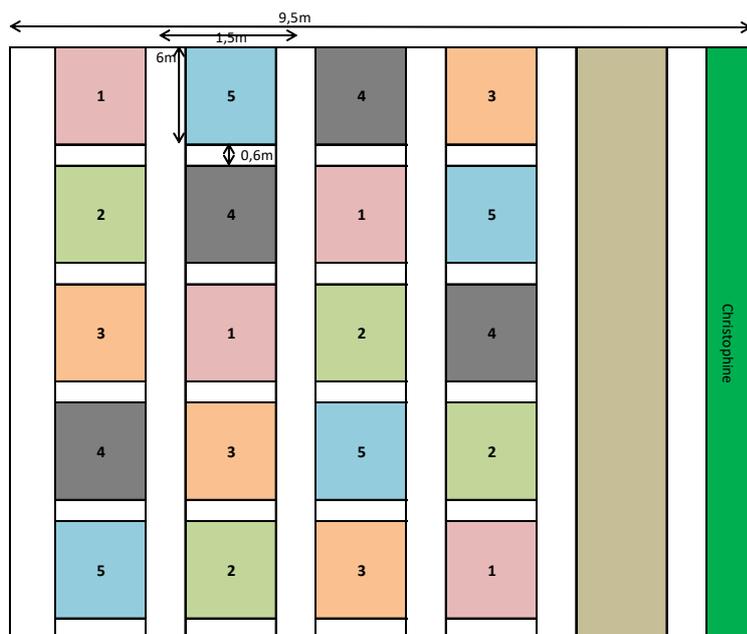
Préparation du sol : Rotob che puis cultivateur.

Disposition plantation : Sur 4 planches de 33m de long, b ch e avec un paillage polyéthylène (paillage échalote), dont les trous sont percés manuellement. Chaque planche représente une répétition.

Irrigation : goutte à goutte au milieu de planche sous la b che avec pilotage manuel, selon besoin de poivron uniquement

Chaque modalité occupe un plot de 1,5x6m. Chaque plot comporte une ZAD =

Zone de prélèvement de données de 1mx4m est entourée d'une zone de tampon de 1m à chaque bout. Une zone de passage de 0.6m est laissée libre entre chaque plot.



Conduite des plants de poivron : Les plants de poivron sont conduits en haies maintenues avec des ficelles horizontales fixées sur des piquets disposés tous les 3m au milieu des rangs. Les branches axillaires situées sous la fourche (nœud portant la première fleur) sont systématiquement retirées. Aucune taille supplémentaire n'était effectuée.

5. – LES MESURES

Suivi des Nitrates dans sol : Nitratetest

- 1 Nitratetest dans chaque plot pour connaître les reliquats azotés :
 - A réaliser avant l'implantation des cultures et à la destruction.
- 1 Prélèvement de sol = 3 carottages par ZAD (tarière gouge – horizon 0-30cm), chaque prélèvement est testé au Nitratecheck.

Suivi de croissance des plants de poivron : Mesure de la hauteur toutes les 4 semaines sur 5 plants/ZAD.

Suivi de biomasse des plants de poivron : Lors de l'arrachage, peser la biomasse aérienne sur 5 plants par ZAD. Puis, noter l'état des racines (nécrose, développement horizontale/verticale).

Mesure des rendements bruts par ZAD et par espèce : Noter le nombre de produit et leur poids.

- Trier la récolte (critères cahier des charges BioCoop) et noter :
 - **Les rendements commercialisables (pièces/m² et en kg/m²),**
 - **Les proportions de déchets (% : pièce/pièce et kg/kg).**
- **Lors du tri, lister les défauts** occasionnant ou non un écart de tri et les enregistrer pour chaque produit = **proportion de produits impactés pour chaque type de défaut** (% : pièce/pièce).

Comptages précis sur poivron :

Les populations de ravageurs et d'auxiliaires sur poivron ont été suivis tous les 15 jours à partir de la plantation jusqu'à l'arrachage de la culture de poivron.

6. – RESULTATS

L'ensemble des données expérimentales de cet essai 2021 ont été analysées par l'ITAB et présenté de manière détaillé dans le document annexé au présent compte rendu.

Cette action a reçu le soutien financier de :

- Conseil Régional de Bretagne dans le cadre de la CIRAB - Commission Interprofessionnelle de Recherche en Agriculture Biologique pour le Grab
- Conseil Départemental d'Ille et Vilaine
- fonds CAS DAR pour l'ITAB



Année de mise en place : 2018 – Année de fin d'action : 2021

ACTION : nouvelle

en cours X

en projet

Contact : Andrea Adamko-Sevestre – andrea.adamko@grab.fr

Grab - 255 chemin de la Castelette - BP 11283 - 84 911 Avignon cedex 9 – tel : 04 90 84 01 70 – secretariat@grab.fr

Mots clés : petit surface – densification– association culture – microferme

Date de création de cette fiche : Février 2022

Acquisition de références techniques et économiques pour des systèmes de micro-fermes maraîchères diversifiées multiperformants en Agriculture Biologique

MMBio

**COMPTE-RENDU ANNUEL
ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET
Période concernée : 01/01/21–31/12/21**

Nom du partenaire : ITAB

A – Compte-rendu technique intermédiaire

Contexte 2019

Suite au comité de pilotage d'action 2 le 30 septembre 2019, un protocole commun a été convenu avec les partenaires présents pour la saison 2020. Il s'agissait d'associer les cultures de courge et de maïs puis de tester différents types et quantités d'amendement (compost, fumier, compost de déchets verts, etc.). Dans un contexte de réduction des activités d'IBB sur la plateforme, l'essai n'a pas été mis en place et la station a fermé définitivement en décembre 2020.

Contexte 2021

1. Objectifs de l'essai à Suscinio

La station a été relancée en 2021 et est actuellement portée par le GRAB. 2021 fut la première où une expérimentation du projet MMBio a été mise en place. Cette dernière, basée sur une approche analogue à celle de l'INRAE Alénia, avait pour objectif d'identifier les associations synergiques et antagonistes. Les combinaisons synergiques permettent une densification de culture, sans restreindre la production de la culture d'intérêt, qui ici, était le poivron. La compatibilité des associations d'espèces végétales était mesurée selon le comportement des facteurs biotiques et abiotiques.

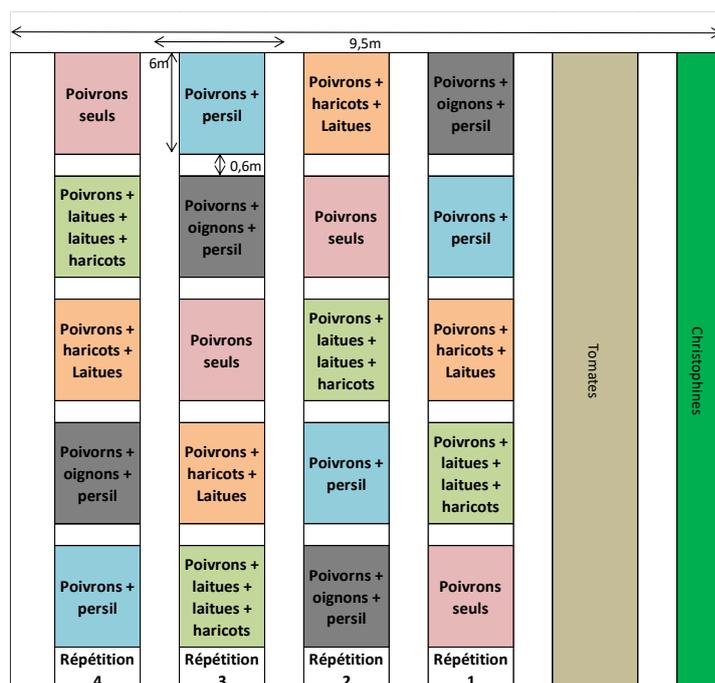
2. Plan d'expérimentation et calendrier cultural

5 Modalités d'association ont été établies et sont décrites dans le tableau ci-après :

- P : Poivrons seuls,
- P+L : Poivrons associés à de la laitue puis une autre série de laitue puis des haricots nains,
- P+H : Poivrons associés à des haricots nains puis une série de laitue,
- P+O : Poivrons associés à des oignons puis du persil,
- P+P : Poivrons associés à du persil.

Les poivrons seuls (disposés sur 2 rangs) et les poivrons associés (disposés sur une ligne centrale) étaient plantés à même densité de 2,46 plants/m². Les cultures associées étaient disposées aux 2 bords extérieurs des planches aux densités décrites dans le tableau ci-dessous. Elles étaient toutes espacées de 30 cm entre les unités de plantation (haricot = 3 plants/unité de plantation, persil 10 plants), sauf pour les oignons qui étaient espacés à 10 cm.

Modalités	P	P+L	P+H	P+O	P+P
Culture principale	<i>Poivron, Corno Di Toro, Agrosemens</i> -2 rangs, 60*60cm en quinconce	Poivron, Corno Di Toro, Agrosemens - 1 rang central, 30*30 cm d'écart-plant			
Cultures associées n°1		<i>Laitue, Zoraga, Vitalis</i> - 4.92 plants/m ²	<i>Haricot nain, Cupidon, Agrosemens</i> - 3 graines semées/godet - 14,76 plants/m ²	<i>Oignon rosé, sélection de Suscinio</i> - 13.33 plants/m ²	<i>Persil, Perle, Agrosemens</i> - 10 graines semées/godet - 40.92 plants/m ²
Cultures associées n°2		<i>Laitue, Zoraga, Vitalis</i> - 4.92 plants/m ²	<i>Laitue, Zoraga, Vitalis</i> - 4.92 plants/m ²	<i>Persil, Perle, Agrosemens</i> - 10 graines semées/godet - 40.92 plants/m ²	
Cultures associées n°3		<i>Haricot nain, Cupidon, Agrosemens</i> - 3 graines semées/godet - 14,76 plants/m ²			



L'essai était décliné en 4 répétitions/blocs (dispositif de Fisher), occupant chacune une planche (1m*33m). Ces dernières étaient séparées par un passe pieds d'1 mètre de large et bâchées avec de la toile tissée pour gérer l'enherbement (en blanc sur le plan ci-contre, visible en annexe 4.5).

Les parcelles élémentaires mesuraient 1,5m*6m et une zone consacrée aux prélèvements et notations y était établie de 1m*4m. Entre chaque parcelle élémentaire, une zone « tampon » de 1 mètre était indexée (en blanc sur le plan ci-contre).

Les semis ont débuté en avril 2021, lors de la reprise de la station, et les récoltes en juillet. Elles ont cessé en octobre (08/10) car la maturation des poivrons était très tardive. Les plantations ont été réalisées en semaine 21 (visible en annexe 4.3).

3. Matériels

L'essai se trouvait sous un abri froid, occupant une chapelle d'une serre plastique bi-tunnel de 850 m² (9,5m*33m cultivables). Précédé d'une culture de navet primeur, la parcelle a été fertilisée avec du fumier de bovin à hauteur de 20T/ha, qui a été enfouis. Après un faux semis, le sol a été préparé avec un passage de canadien puis de rotobêche.

Les cultures étaient irriguées en goutte à goutte via 1 gaine par planche (Ø 16 mm, percée tous les 15 cm), placée en son centre. L'irrigation était pilotée manuellement et indépendamment pour chaque planche car celles-ci disposaient chacune d'un tensiomètre (IRROMETER®). Ils étaient placés au pieds des cultures secondaires, soit aux bords extérieurs des planches. Une irrigation était déclenchée dès lors qu'ils affichaient une valeur située entre 10 et 15 cbar. En plus de l'irrigation par gaine sous bâche, des aspersions ont pu être déclenchées ponctuellement dans 3 cas de figures :

- Favoriser la reprise des plants (4 à 6mm/jour),
- Augmenter l'hygrométrie et réguler la population d'acariens (4 à 6mm/jour),
- Relancer la minéralisation de l'azote suivant d'un gain vigueur des plants (30 minutes/jour, aspersions positionnées soit en début ou milieu de journée par temps chaud).

Après avoir déployé les gaines d'irrigation par planche (visibles en annexe 4.2), le paillage plastique (28 microns, 1,2 m de large dont 20 cm sont enterrés) a été appliqué à l'aide d'une dérouleuse (4 planches par 33 mètres de long, 1 planche = 1 répétition) et percé manuellement (densités et dispositions de plantation différentes) avant plantation manuelle.

La température, le point de rosée ainsi que l'humidité relative ont été relevés par un boîtier enregistreur Tinytag® TGP-45000. Les graphiques sont consultables en annexe 1.

4. Conduites culturales

4.1. Poivrons

Comme évoqué dans le tableau précédent, les poivrons se déclinent en 2 dispositions :

- Poivrons seuls : plantés sur 2 lignes en quinconce tous les 60cm,
- Poivrons en association : plantés sur 1 ligne centrale tous les 30cm.

Ils sont tous conduits en haie et maintenus par des ficelles biodégradables fixées par des piquets plantés tous les 3 mètres (visibles en annexe 4.7).

Les ramifications axillaires situées sur la fourche (nœud portant la première fleur) ont été systématiquement retirées, par 2 fois. Aucune taille supplémentaire n'a été réalisée. 3 Désherbages ont été réalisés sur l'essai.

4.2. Cultures associées

Les cultures secondaires étaient disposées aux bords extérieurs des planches (écartements de 30 cm pour les laitues, haricots et persil, puis 10 cm pour les oignons).

Seule la première culture d'haricot nain a été palissée avec des ficelles horizontales. Voyant que les plants continuaient tout de même à pousser au sol et étouffer les poivrons, cette pratique a été stoppée pour la culture suivante d'haricot. D'autant plus que cette méthode était chronophage. Les plants étaient donc simplement rabattus vers l'extérieur de la planche lors des récoltes afin de limiter la concurrence spatiale poivron/haricot.

Le persil, la laitue et les oignons étaient manipulés seulement lors des récoltes.

5. Notations et mesures

Une observation hebdomadaire était réalisée pour suivre l'évolution de la pression des bioagresseurs, des ressources abiotiques et des paramètres physiologiques des plants de poivrons.

Mesures de l'évolution des facteurs biotiques dans l'agrosystème :

- **Bioagresseurs :**
 - **Interventions :**
 - *Règle de décision* : si le seuil de nuisibilité était atteint, une intervention compatible avec le cahier des charges AB était déclenchée et renseignée dans le cahier de culture.
 - *Intervention* : seul un traitement anti-limaces (IRON MAX PRO®) était appliqué, en préventif, lors de la plantation des laitues.
 - **Notations de l'état sanitaire des plants de poivron (pucerons, acariens),**
 - **Objectif → Identifier les associations où des bioagresseurs (aériens et telluriques) étaient communs au poivron puis à l'espèce végétale associée.**
- **Culture d'intérêt, poivron :**
 - **Suivi de la croissance** : mesures de la hauteur des plants tous les 15 jours,
 - **Suivi de biomasse aérienne et racinaire** : 5 plants prélevés par parcelle élémentaire lors de l'arrachage,
 - **Notation rendement :**
 - **Commercialisable** : nombre et poids,
 - **Déchets** : proportion en % sur le rendement total, origine et % par origine du défaut.
 - **Objectif → Identifier les associations ayant un impact positif/négatif sur le développement du poivron.**
- **Cultures associées :**
 - **Notation rendement :**
 - **Commercialisable** : nombre et poids,
 - **Déchets** : proportion en % sur le rendement total,
 - **Calcul du gain économique par rapport à la culture de poivron seul (base prix moyen du grossiste PODER 2021, à qui sont vendues les récoltes),**
 - **Objectif → Identifier les espèces végétales associées permettant de dégager un gain économique supplémentaire par rapport à la culture de poivrons seuls, tout en couvrant le temps de travail supplémentaire alloué aux cultures associées.**

Mesures de l'évolution des facteurs abiotiques dans l'agrosystème :

- **Observer et évaluer la compétition des cultures associées entre les ressources en eau, lumière et nitrates :**
 - **Suivi de l'azote (nitrates) :**
 - **Dans le sol** : Prélèvements Nitracheck® sol (3 carotages/parcelle élémentaire dans la zone de notation à l'aide d'une tarière gouge dans l'horizon 0-30cm), un premier prélèvement T0 avant la plantation, un T1 intermédiaire et un T3 lors de la destruction de l'essai,
 - **Dans les plants de poivron** : prélèvements Nitracheck® plantes en méthode PILAZO (prélèvements de pétioles), un prélèvement en cours de culture sur les poivrons.

- **Appréciation de la consommation/exigences en eau des cultures associées à l'aide des tensiomètres,**
- **Identification des espèces associées occultant spatialement le développement des poivrons,**
- **Relevé continu des températures et de l'hygrométrie de l'air (graphique consultable en annexe 1),**
- **Objectif → Evaluer l'impact de cette concurrence sur la croissance et le rendement de la culture d'intérêt.**

Les itinéraires techniques des différentes modalités ont été évalués sur leurs **faisabilité**, relevés des **temps de travail** puis **matériels** et **intrants** nécessaires.

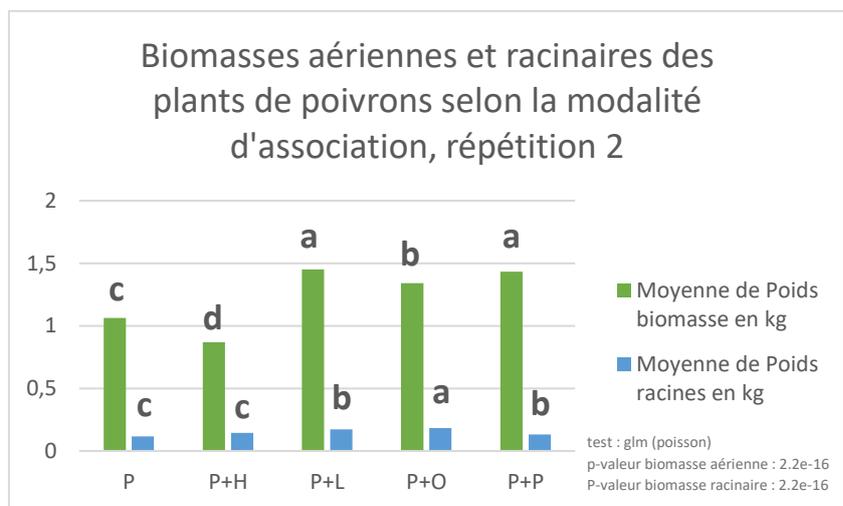
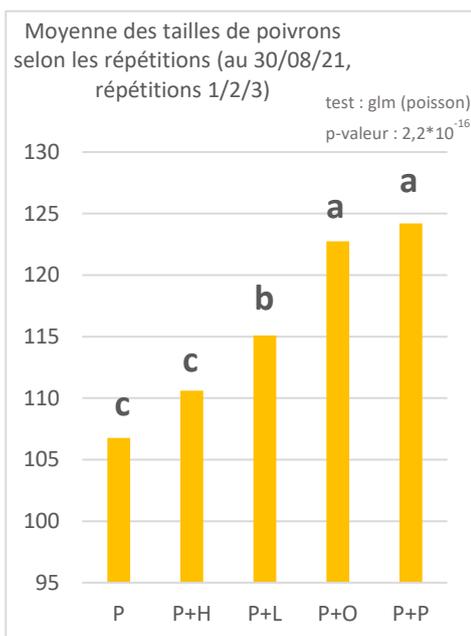
6. Résultats

L'ensemble des données ne suivant pas une loi normale (shapiro.test), les variables explicatives et à expliquer sont intégrées dans un modèle linéaire généralisé (glm) paramétré en loi de poisson (comptages) ou loi binomiale selon la nature des données. Ce modèle fait l'objet d'un test Anova (package car). Si l'un des facteurs présente une p-valeur significative, l'analyse est approfondie avec la méthode multcomp::cld (algorithme de Piepho, 2004) afin de générer un affichage en groupes homogènes via une comparaison par paires des moyennes marginales estimées.

6.1. Mesures physiologiques

De manière générale, la variété de poivron utilisée n'était pas adaptée aux conditions nord-finistériennes. Le climat n'a pas permis une maturation des fruits plus précoce. Leur présence sur les plants les alourdissait. D'autant plus que le développement végétatif de ces derniers était assez conséquent pour que le palissage soit à réviser régulièrement. Même avec cette précaution, de nombreux plants sont tombés à terre car trop lourds.

Le nombre de plant de poivrons morts a été relevé toutes les 2 semaines. Il s'avère que la répétition 4 présentait 14 % de mortalité supplémentaire par rapport aux autres répétitions (test glm, p-valeur 0.019). La reprise et la végétation des plants de poivron a pu y être altérée par le fait qu'ils étaient plus chétifs. Les modalités d'association n'ont eu aucune incidence sur la mortalité des plants de poivrons (test glm, p-valeur 0.1394).



C'est à nouveau la répétition 4 qui montre des plants de poivrons présentant une perte de 11 % en terme de hauteur (test glm, p-valeur 2.2×10^{-6}). Cette tendance est aussi retrouvée sur les données de biomasse racinaire et aérienne.

La modalité d'association a fortement impacté la taille des plants de poivrons et leur biomasse. Il est supposé que planter les poivrons seuls et moins serré relocalise de l'énergie pour générer des fruits et limiter la végétation.

La biomasse aérienne et racinaire présente des variabilités selon les répétitions. L'analyse se concentre sur la 2^e répétition. La biomasse racinaire des poivrons associés aux oignons est certainement plus élevée car pas de concurrence hydrique avec les oignons et surtout car les plants de poivrons étaient

plantés en ligne centrale proche de la gaine d'irrigation. La présence des laitues au pieds de poivrons ne semble pas avoir affecté l'état physiologique de ces derniers. Contrairement aux haricots qui semblent réellement opérer en terme de concurrence spatiale et hydrique.

6.2. Etat sanitaire des plants de poivrons

La présence d'acarien n'a été décelée qu'en association poivron + haricot en répétition 1 et a été maîtrisée sur cette parcelle élémentaire. Les pucerons se sont présentés plus tard dans la saison et répartis de manière homogène sur tout l'essai (test glm, non significatif).

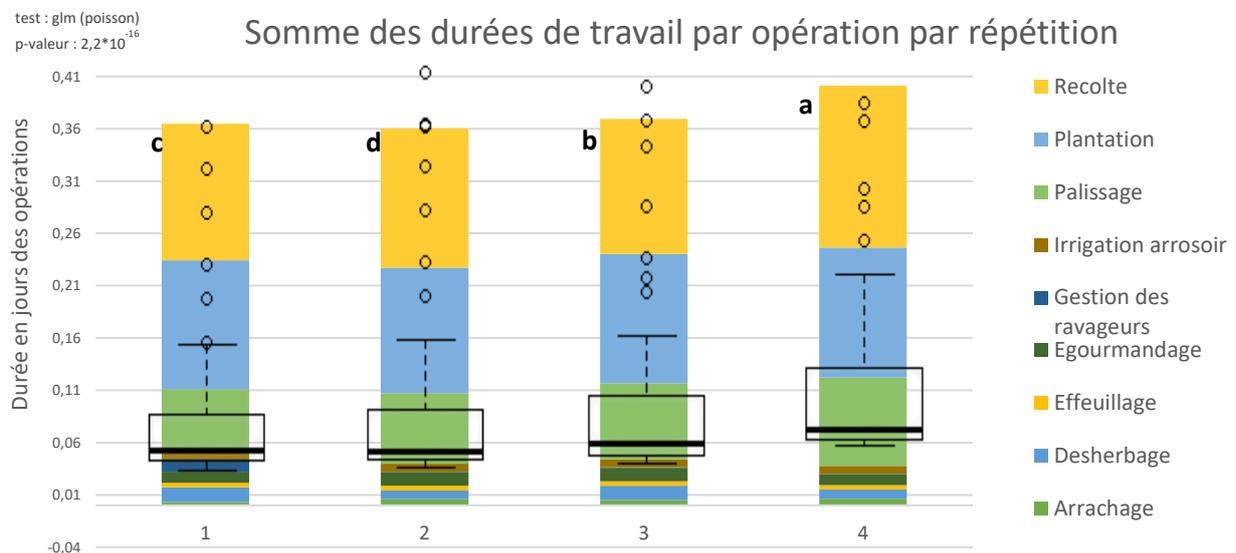
6.3. Fertilisation

La cartographie (visible en annexe 5) des données azotées (nitratecheck sol et pilazo sur pétioles de poivrons) laisse supposer que les taux de nitrates dans le sol déterminent le taux de nitrates dans les plants de poivrons. Un test de corrélation non paramétrique (cor.text(method= « Kendall »)) est réalisé pour étudier la corrélation entre le taux d'azote disponible T0 dans le sol (25/05/21) et le taux d'azote présent dans les plants de poivrons (01/10/21). Le coefficient de Tau (-0.03693944) s'approche de 0 et réfute l'hypothèse de corrélation entre l'azote dans le sol T0 et l'azote présente dans les plants de poivron.

Un incident de fertilisation (casse de l'épandeur au niveau de la 2^e répétition, confirmé avec un glm p-valeur = 2.2×10^{-16} , groupe a) a entravé l'homogénéité de l'essai mais pas celle de la répétition 2.

Les tests de corrélation (principe de variable explicative pour les modalités d'association, glm réalisé par répétition) entre modalité d'association et azote prélevée dans le sol n'ont pas permis d'établir un lien. De même que pour l'azote présent dans les plants de poivrons : les modalités d'association n'ont eu aucune incidence (p-valeur : 0.170227).

6.4. Opérations

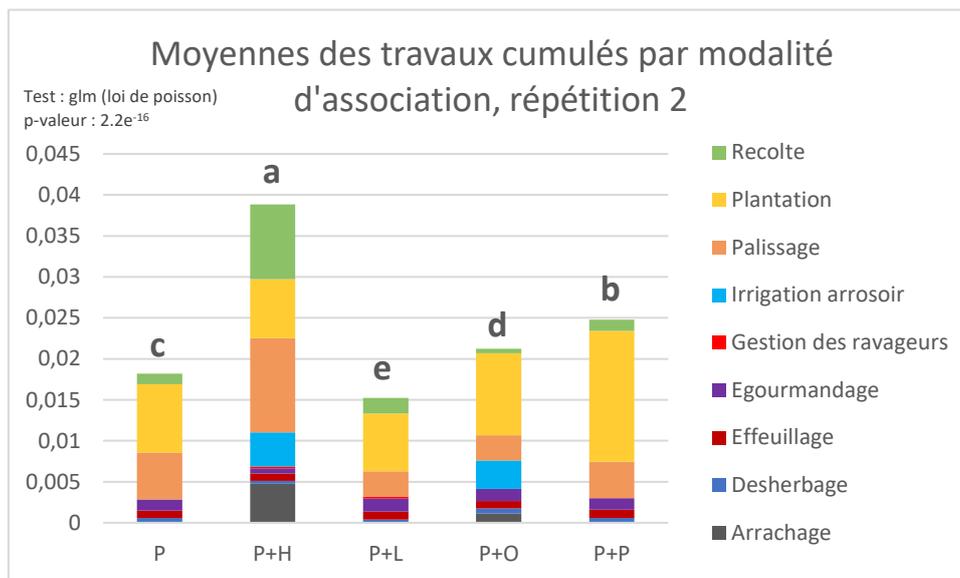


Les 4 répétitions présentent des temps de travaux significativement différents. Une partie des plants de poivrons de la répétition 3 s'étaient effondrés (biomasse importante et fruits à maturation et colorisation plus tardives : les plants étaient alourdis, photo en annexe 4.1) et occupaient les passes pieds : les opérateurs ne pouvaient plus avancer à un rythme normal sur la répétition 4.

La répétition 3 vient en seconde position car elle a demandé plus de temps pour égourmander et désherber (glm sur la R3, analyse par poste opérationnel avec respectivement, p-valeur : 1.252×10^{-10} et p-valeur : 2.2×10^{-16} , groupes homogènes a).

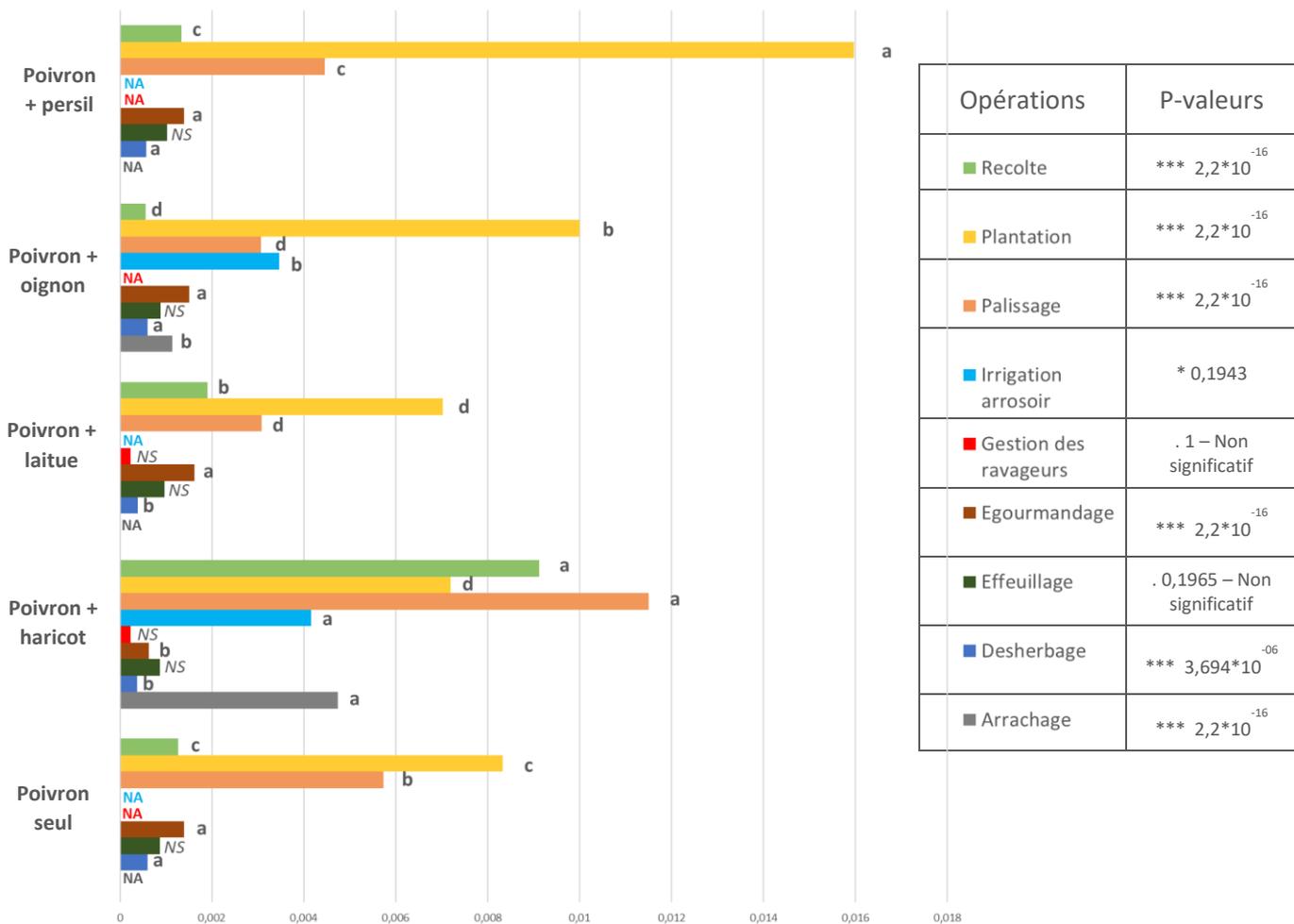
La répétition 1 présente moins de temps de récolte et d'égourmandage (glm sur la R1, analyse par poste opérationnel avec respectivement, p-valeur : 2.2e-16 et 2.2e-16). La présence d'acariens sur la modalité Poivrons + Haricots sur cette répétition a fortement ralenti la croissance, la formation et la maturation des poivrons.

Les 4 répétitions n'étant pas comparables (détails des postes opérationnels par répétition en annexe 2), l'étude des durées des postes opérationnels par modalité d'association sera approfondie sur la répétition 2. Celle-ci semble être la plus homogène en terme de fertilisation azotée dans le sol à la plantation (cartographie des taux de nitrate visible en annexe 5). De plus, sa position au milieu du tunnel lui confère des conditions environnementales plus homogènes (boitier enregistreur des données climatiques positionné dans cette répétition).



Comme cela était supposé, c'est l'association poivron + haricot qui a demandé le plus de travail. Les poivrons associés au persil auraient pu demander quasiment autant de travail que les poivrons seuls si le temps de plantation des opérateurs avait été plus linéaire (différence de rythme des opérateurs lors de la plantation de persil). Ce poste peut très certainement être optimisé pour l'essai 2022. L'association poivron + oignon a demandé plus de temps que l'association poivron + laitue car la reprise des oignons n'étant pas optimale, des arrosages manuels ont dû être réalisés.

Moyennes des durées de travail par poste opérationnel, répétition 2



Les temps de récolte (toutes espèces végétales confondues) sont bien plus élevés pour l'association poivrons + haricots (groupe a). La récolte d'haricot est en effet plus chronophage car il faut chercher les fruits sous le feuillage, qui est d'ailleurs de la même couleur. La référence en culture de poivron seul demande autant de temps de récolte que la modalité poivron + persil.

La durée de plantation élevée des oignons s'explique par une distance inter-plant de 10 cm (contre 30 cm sur les autres modalités d'association) et surtout par 2 plantations de remplacement car des plants étaient morts. La plantation des poivrons seuls en double rang nécessite plus de déplacement lors de la plantation.

Le palissage occupe un poste important sur les temps de travaux sur les poivrons mais aussi sur les haricots (P+H, groupe a). Sur cette modalité, la première série d'haricot a été palissée puis cette pratique a été abandonnée car elle occupait déjà 70% du temps alloué au palissage (poivrons + haricots). Les poivrons seuls ont demandé plus de temps de palissage car plantés en double rang (groupe b).

La période de plantation non optimale et l'irrigation en simple gaine ont impacté la reprise des oignons. Cela s'est soldé par 100 % de perte (calibres ne permettant pas une commercialisation). Elle n'a pas été non plus suffisante pour le développement des haricots qui se retrouvaient fréquemment en stress hydrique, ce qui a aussi justifié plusieurs arrosages à l'arrosoir.

L'itinéraire technique de la modalité associant poivron et haricot pu montrer quelques limites avec :

- D'une part, les haricots ont été plantés en même temps que les poivrons. Leur cinétique de développement étant bien supérieure à la culture d'intérêt : ils ont très vite pris le dessus et étouffé les poivrons (occasionnant un temps réduit d'égourmandage, groupe b).
- Et d'autre part, les haricots ont attirés les acariens qui se sont très vite installés sur les poivrons également. Mais l'infestation a été maîtrisée par plusieurs aspersion localisées.

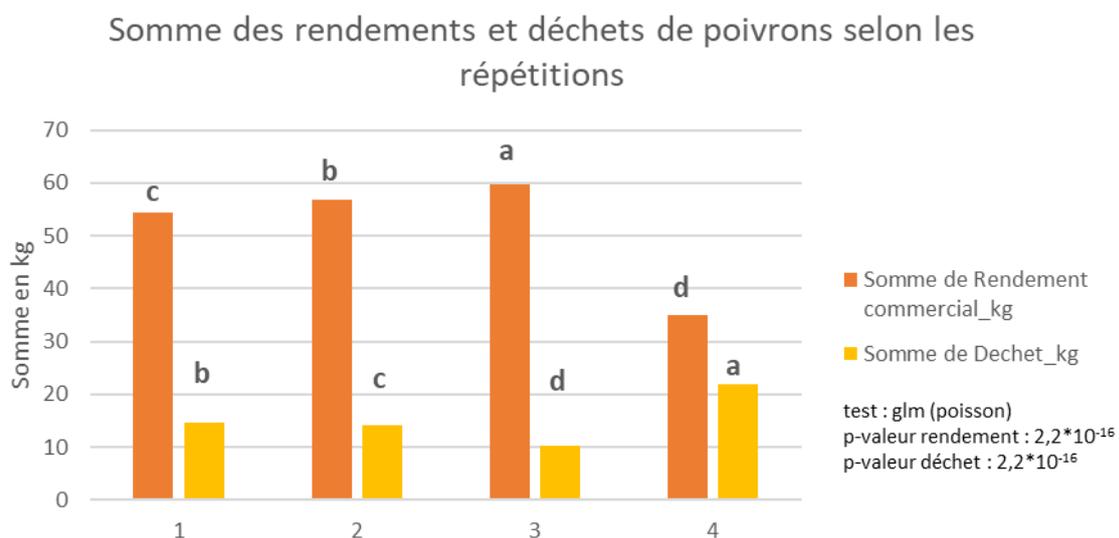
Les espèces végétales secondaires ayant une occupation spatiale conséquente, tels que la laitue et les haricots, ont nécessité moins de désherbage (groupe b).

Les haricots ont demandé plus de temps pour être arrachés (groupe a) après plusieurs récoltes. Alors que les oignons ont non seulement demandé du temps pour l'être mais sans occasionner de revenu supplémentaire par rapport aux poivrons seuls.

Globalement, les poivrons associés aux oignons ou aux laitues demandent moins de temps de travail que les poivrons seuls. Néanmoins, ces cultures associées sont délicates à cultiver sous abris en été : le stress lié à la chaleur a considérablement réduit le cycle cultural des laitues et la montaison est survenue très rapidement, la récolte n'était plus envisageable. De même pour les oignons avec un rendement quasi inexistant pour le temps de travail engagé. La 2^e série d'haricot a également peine à générer des fruits à cause de la concurrence hydrique et spatiale des poivrons bien développés.

Quant aux poivrons associés aux haricots et au persil, ces cultures secondaires demandant significativement plus de temps de travail que les poivrons seuls. Sauf si le poste de plantation de persil peut être optimisé, dans ce cas il se pourrait d'une densification de culture avec cette espèce végétale puisse demander autant de travail que les poivrons seuls, à vérifier en 2022. L'association poivron + persil n'a pas montré de bioagresseur commun, seule une carence en potassium a été constatée, mais n'a pas impacté son rendement commercial.

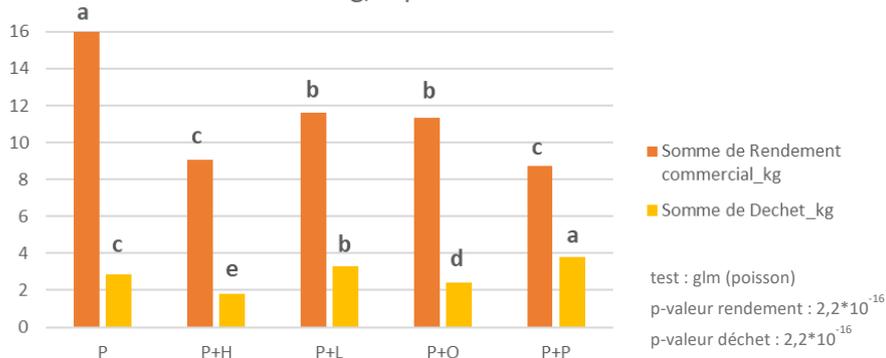
6.5. Rendements en poivrons



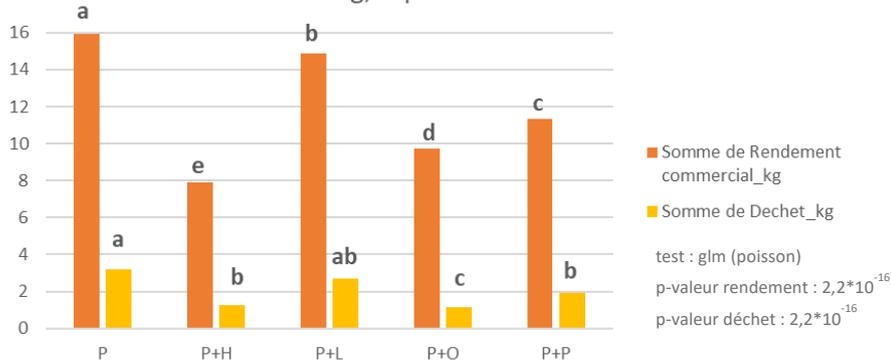
Une nouvelle fois, les différentes répétitions ne semblent pas comparables. Les faibles rendements en poivrons de la répétition 4 sont certainement dus à la mortalité qui y était plus élevée et probablement à cause de l'hétérogénéité de la fertilisation azotée (cartographie visible en annexe 5). Quant aux rendements de la répétition 1, ils ont été impactés par la présence des acariens sur la modalité poivron + haricot. Même si une partie des plants de poivrons de la répétition 3 sont tombés, visiblement cela n'a pas occasionné de perte, bien au contraire. Dans cette hypothèse, la répétition 3 et 2 sont retenue

pour l'analyse des rendements de poivrons. Le détail des tests statistiques des autres répétition est consultable en annexe 3.

Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 2



Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 3



Il semblerait que les poivrons seuls aient généré plus de déchets car plus de rendement tout comme les oignons ont généré moins de déchets car moins de rendement. Une grande partie des déchets de poivrons était due à la présence de fumagine (37 %, voir graphique ci-dessous), de même pour le persil. Et ce, même si la présence de puceron était modérée. La présence de *sclerotinia* a été décelée peu de temps avant la destruction de l'essai et par conséquent n'a pas eu d'impact sur les récoltes.

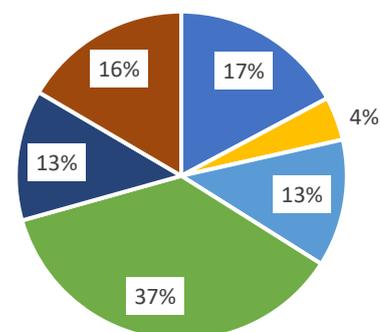
Sur ces 2 répétitions, il est clair que la culture de poivron seule a généré plus de rendement (groupes homogènes a) que les autres modalités et ce, à densité similaire. Il y a donc bien un effet de concurrence supposé pour les ressources :

- Hydrique : l'association poivron + haricot a montré que ces derniers souffraient de la concurrence hydrique, associé à une concurrence spatiale (visible en annexe 4.4), ces effets ont engendré une perte allant jusqu'à 50 % de rendement en poivrons,
- Minérale : associé au persil, une carence en potassium est apparue sur la culture secondaire (visible en annexe 4.6), la disponibilité en ressources minérale a pu diminuer le rendement du poivron jusqu'à 30 %,
- Spatiale : les haricots ont montré une cinétique de développement bien supérieure à celle des poivrons (visible en annexe 4.4).

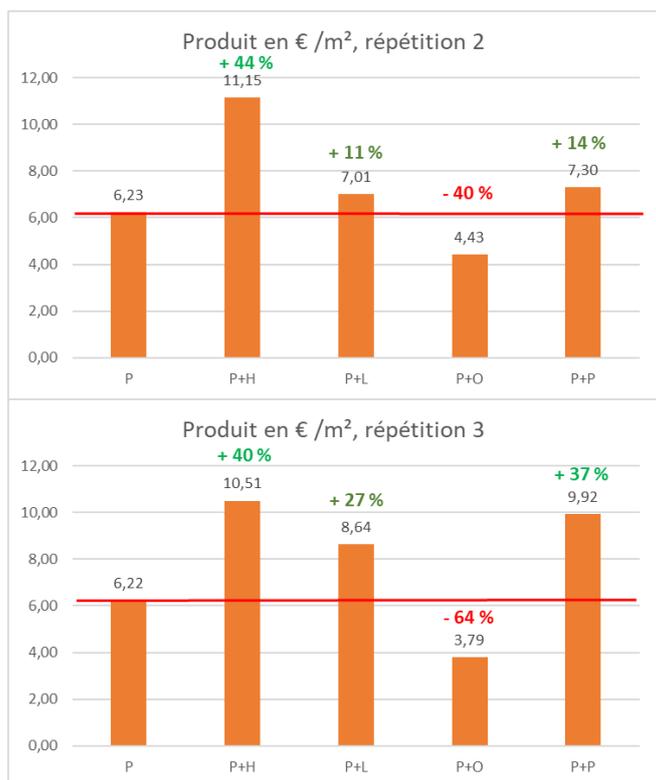
Hypothétiquement, le faible développement des oignons n'a pas impacté ni l'environnement ni la disponibilité des ressources des poivrons associés. On suppose alors que les rendements entre poivrons seuls (disposés en double rangs, 60 cm d'espacement) et les poivrons (oignons, disposés en ligne centrale tous les 30 cm) auraient dû être sensiblement les mêmes. Et pourtant, la disposition en ligne (écartement 30cm) de la culture de poivron semble occasionner une perte de rendement allant jusqu'à 39% en répétition 3.

Bien que la culture de laitue puisse représenter une alternative à cette concurrence (rendement en groupe homogène b dans les 2 répétitions), sa culture sous abris en été reste trop délicate et peut insécuriser la diversification du revenu.

Proportion et origine des déchets sur l'essai (pas de données par modalité)

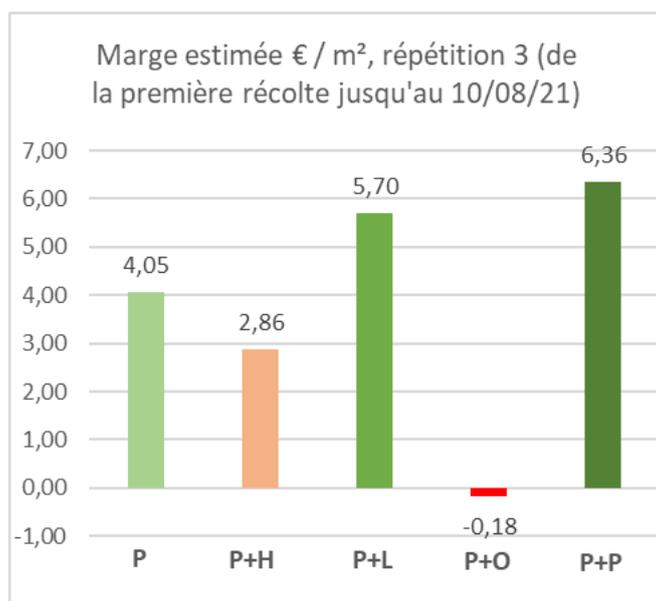


6.6. Gain économique



La culture associée de haricot se démarque avec plus de 40 % de produit (/m²) supplémentaire par rapport aux poivrons seuls. Cependant, comme évoqué plus haut, le temps de récolte est assez conséquent pour réduire drastiquement la marges estimée (/m², détails des calculs en annexe 6).

La laitue pourrait représenter une bonne alternative avec un produit supplémentaire (/m²) oscillant entre 11 et 27 %/m². La marge estimée (/m²) surpasse celle des poivrons seuls de 1,65 €/m², soit 28 %. Néanmoins, ce revenu supplémentaire est difficilement sécurisable à cause du risque accru de montaison à cette saison.



Comme évoqué précédemment, la culture d'oignon n'a pas été récoltée car elle ne s'est jamais développée. En plus d'occasionner un manque à gagner pour le temps de travail engagé, la culture des poivrons a été impactée par la densification spatiale de plantation avec une perte de 40 % de rendement par rapport aux poivrons seuls.

Enfin, le produit (/m²) du persil tend vers seulement 14 % en répétition 2, mais cela s'explique par un taux de mortalité important des plants. Pour cette référence, il faut se baser uniquement sur le produit de la 3^e répétition qui est de 37 %. Tout comme les haricots, le persil a demandé plus de temps de travail. Mais cette culture à forte valeur ajoutée a permis de dégager 2,31 €/m² de marge estimée, soit 35 %.

Conclusion

L'essai de la station de Suscinio en 2021 a soulevé de nombreux paramètres de densification et de diversification intéressants. Tout d'abord, il semble que densifier spatialement la culture de poivron (culture d'intérêt) impacte son rendement et potentiellement même sans être associée à une autre culture. D'où l'intérêt d'associer une culture à forte valeur ajoutée. Dans la mesure où cette dernière peut présenter des bioagresseurs communs aux poivrons, il est essentiel de veiller à les maîtriser. Le 2^e point de vigilance est la concurrence entre les poivrons et les cultures secondaires. Le stress hydrique de ces dernières (dû à la simple gaine d'irrigation) a réduit voire annihilé leurs rendements commercialisables. La concurrence spatiale doit être maîtrisée en différenciant les plantations.

L'association du poivron aux oignons est à proscrire sous abris. Cultiver de la laitue est possible mais seulement en première série afin qu'elle ne souffre pas de la chaleur (risque accru de montaison). Quant aux poivrons associés aux haricots et au persil, ces cultures secondaires demandent significativement plus de temps de travail que les poivrons seuls. Néanmoins, si le poste de plantation de persil peut être optimisé, dans ce cas il se pourrait d'une densification de culture avec cette culture à forte valeur ajoutée puisse demander autant de travail que les poivrons seuls. Ce qui pourrait décupler la marge estimée. De même pour les haricots, en supprimant leur palissage.

Enfin, l'association du poivron et du persil semble être une association pertinente dans la mesure où la marge estimée dépasse celle des poivrons seuls à hauteur de 35 %. Si le temps de plantation peut être réduit, la marge sera certainement encore plus intéressante.

Perspectives amélioration, essai 2022

La serre où s'est déroulé l'essai a montré plus d'un gradient d'hétérogénéité (fertilisation, répartition de la chaleur hétérogène, présence de christophines en inter-chapelle pouvant occasionner une concurrence hydrique, etc.). L'essai 2022 sera donc disposé en carré latin. Le choix des modalités d'association a évolué, ce qui a commencé par la suppression des oignons qui n'est pas une culture adaptée sous abris. Ils seront remplacés par des mini blettes (1 ou 2 séries). Les 2^e séries de laitues seront remplacées par des haricots secs. Quant à la 2^e série d'haricot, elle laissera place à de la chicorée. Aucune 3^e série ne sera envisagée. L'essai comportera une phase exploratoire : les passe-pieds seront cultivés en radis avant les premières interventions sur les planches.

Concernant les notations, le rythme de travail d'un personnel à l'autre peut varier et a très certainement influencé la durée des opérations (comme le temps de plantation pour le persil). A l'avenir, l'identité des personnes en charge des opérations sera relevée et renseignée dans les analyses statistiques.

Sur les itinéraires techniques et notamment celui du haricot : ces derniers ne seront plus palissés. L'essai sera irrigué en double gaine ce qui favorisera la reprise et le développement des espèces végétales secondaires, supprimant ainsi les arrosages manuels. La réduction de ces 2 postes laisse envisager une meilleure marge estimée pour l'association poivron + haricot. Puis, afin de mieux maîtriser la concurrence spatiale de cette modalité d'association, les haricots seront semés 4 semaines plus tard que les poivrons et plantés en différé. Ainsi, les poivrons auront eu le temps de se développer, assez pour ne plus craindre la concurrence spatiale.

Le choix de la variété de poivron pour l'essai 2022 s'oriente vers une variété plus précoce et moins végétative, ce qui permettra de réduire le temps de palissage.

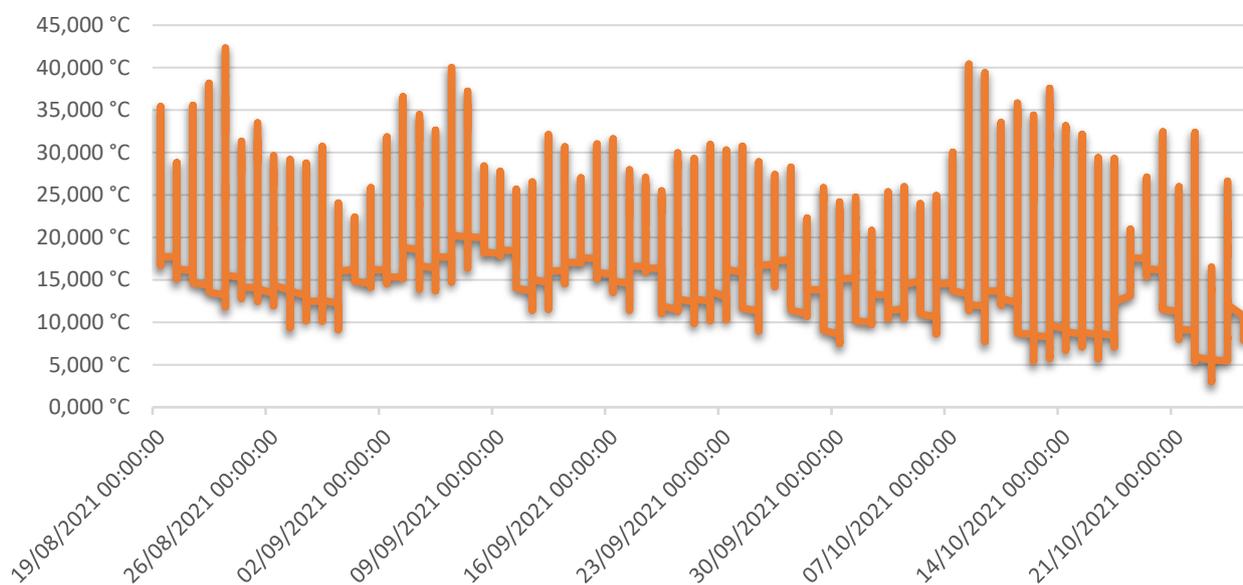
Lieu, date : Morlaix, 05/05/2022

Nom du rédacteur : Fanny Buard, Mathieu Conseil, Andrea Adamko-Sevestre

Annexe 1 : données climatiques

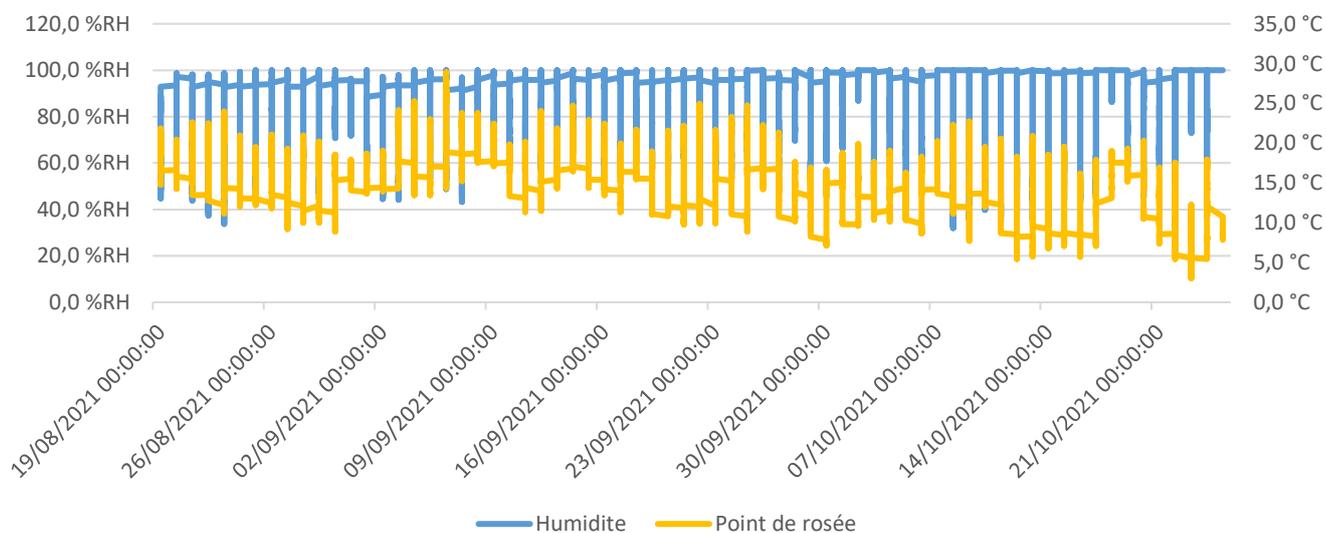
Source : Datalogger, Tinytag

Températures sous abris



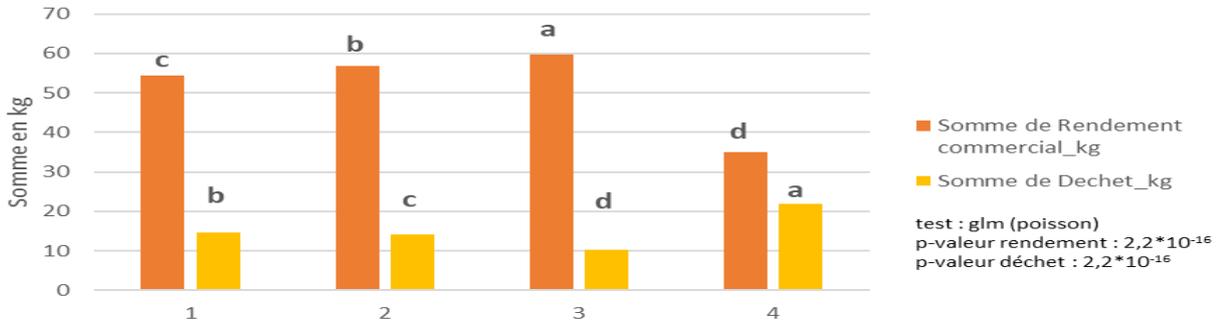
Source : Datalogger, Tinytag

Humidité relative et point de rosée

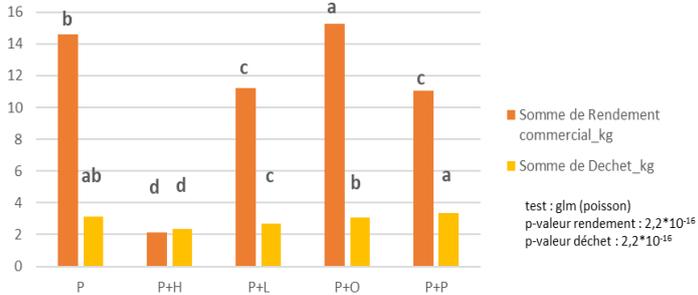


Annexe 3 : données rendement poivrons, par répétition, puis par modalités d'association

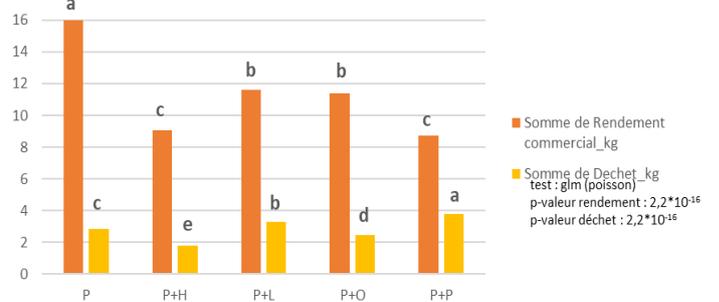
Somme des rendements et déchets de poivrons selon les répétitions



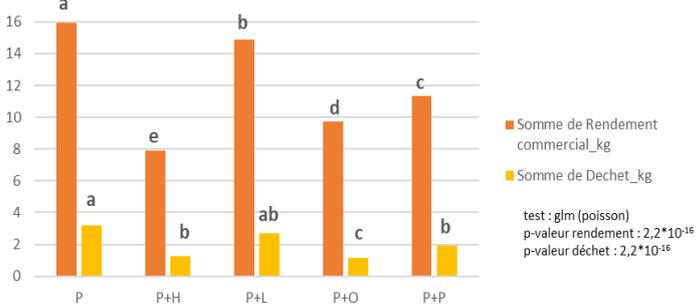
Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 1



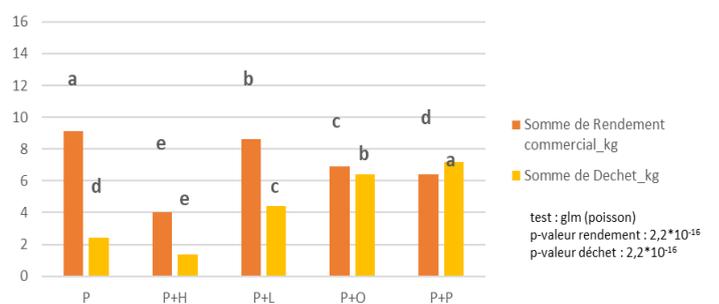
Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 2



Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 3



Somme des rendements de poivrons et des déchets en kg, répétition 4



Annexe 4 : photos de l'essai



Annexe 4.1 : les plants de poivron de la répétition 3 sont tombés sur le passe-pieds intermédiaire à la répétition 4. Les travaux de récolte ont donc été plus complexes pour la R4 car seule une façade des plants de poivrons était accessible.

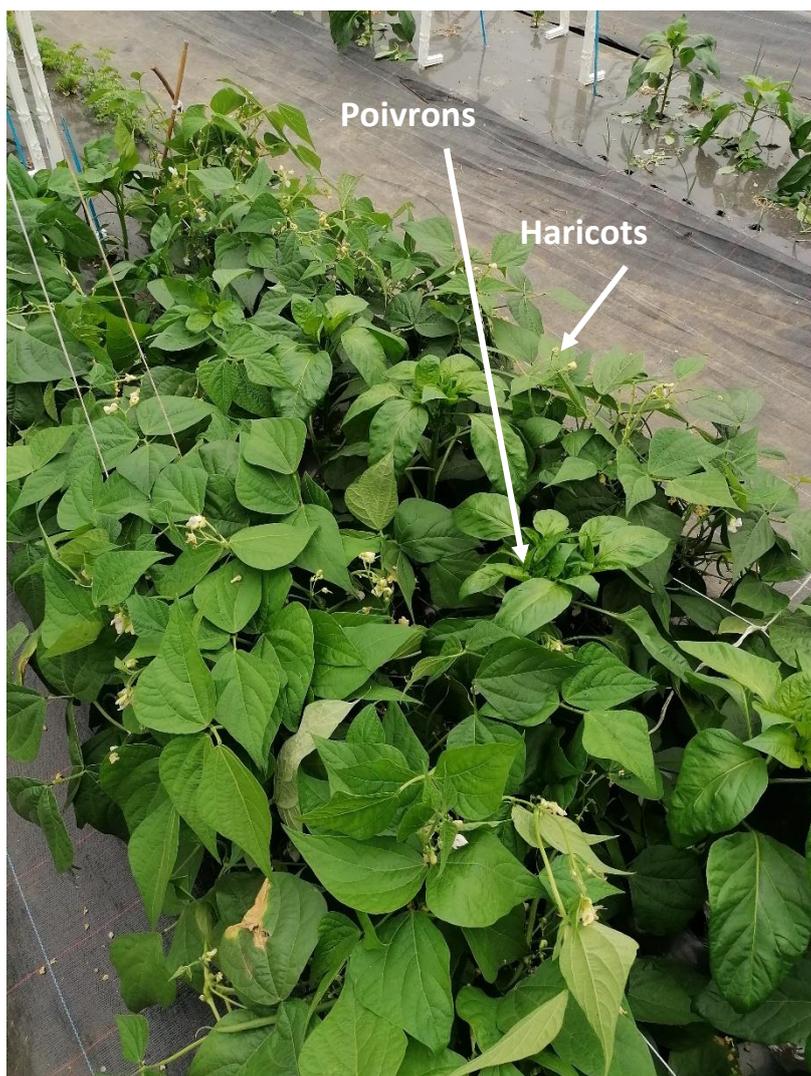


Annexe 4.2 : mise en place du paillage plastique avec les mono-gaines d'irrigation placées au préalable



Annexe 4.3 : plantation des cultures secondaires

Annexes 4.4 : plants de poivrons au centre et haricots



Annexe 4.5 : essais en entier, 4 planches visibles, passe-pieds recouverts de toile tissée pour gérer l'enherbement

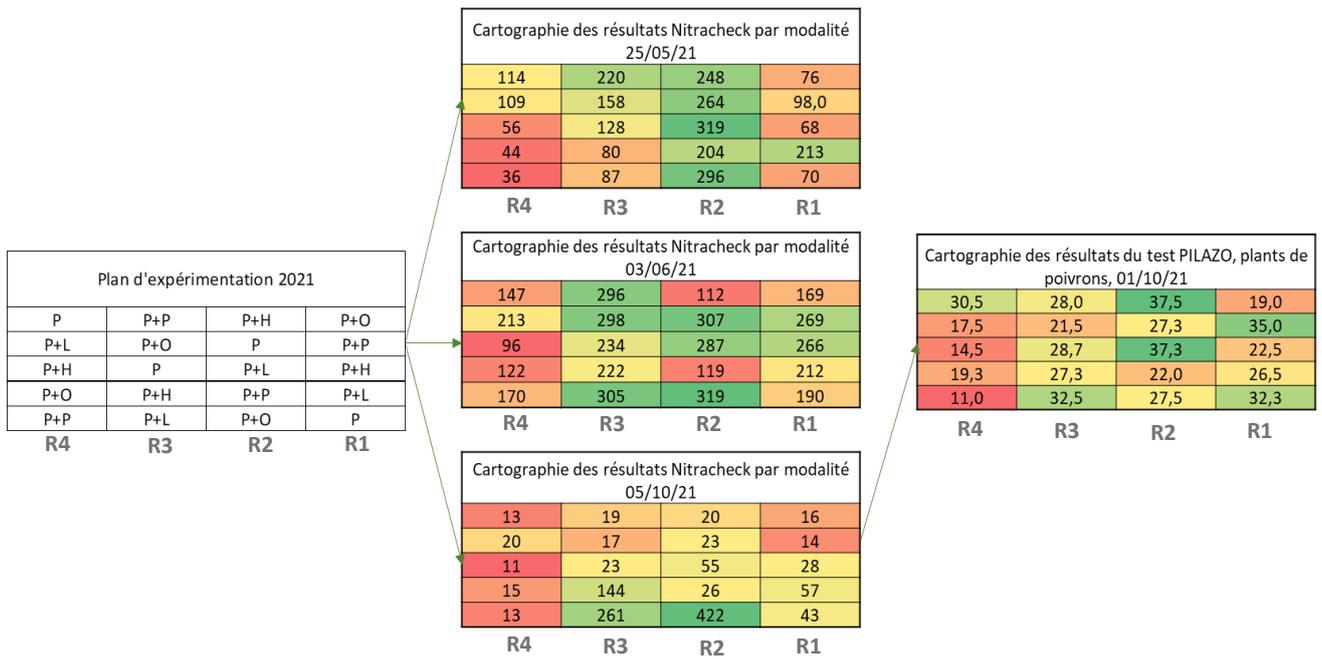


Annexe 4.6 : carence en potassium sur persil



Annexe 4.7 : mise en place des piquets pour palissage des poivrons

Annexe 5 : données fertilisation



Annexe 6 : détails calculs marges estimées (répétition 3)

	Durée total de heure / m ²	Produit en € / m ²	Coût brut main d'œuvre / h	Coût main d'œuvre € / m ²	Marge estimée € / m ²
P	0,21	6,22	10,5	2,17	4,05
P+H	0,73	10,51	10,5	7,65	2,86
P+L	0,28	8,64	10,5	2,94	5,70
P+O	0,38	3,79	10,5	3,97	-0,18
P+P	0,34	9,92	10,5	3,56	6,36

	Prix 2021 €/kg
Poivron	2,34
Haricot	4,98
Laitue	0,47
Persil	7,3