

Rapport final

No projet : IA221672

Améliorer les conditions environnementales du bleuet sauvage cultivé à l'aide de pratiques culturales ayant trait au travail du sol, à la régulation de l'eau et à la fertilisation

Responsable scientifique : Carl Boivin

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Juillet 2023

Section 1 - Chercheurs impliqués et responsable autorisé de l'établissement

Carl Boivin

Chercheur - Régie de l'eau en productions fruitière et maraîchère
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

carl.boivin@irda.qc.ca

418 643-2380, poste 430

Vincent Pelletier

Directeur adjoint – Pratiques agricoles
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

vincent.pelletier@irda.qc.ca

418 643-2380, poste 630

Section 2 - Partenaires

- Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean du MAPAQ
 - Pierre-Olivier Martel
- Bleuets Boréales Normandin
 - Guy Marcil
- Les Produits Turf Care Canada
- IRDA
 - Carl Boivin, Jérémie Vallée, Lélia Anderson, Mick Wu, Antoine Lamontagne, Félix Lavoie-Lochet, Megann Desrochers et Francis-Olivier Lortie

AMÉLIORER LES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES DU BLEUET SAUVAGE CULTIVÉ À L'AIDE DE PRATIQUES CULTURALES AYANT TRAIT AU TRAVAIL DU SOL, À LA RÉGIE DE L'EAU ET À LA FERTILISATION

Carl Boivin, Jérémie Vallée et Lélia Anderson

No de projet : IA221672

Durée : 03/2021 – 07/2023

FAITS SAILLANTS

La saison 2021 (végétation) et celle de 2022 (production) ont été propices à ce que la culture subisse un stress hydrique où respectivement 10 et 4 épisodes d'irrigation ont été nécessaires pour maintenir le bleuëtier nain en situation de confort hydrique. L'objectif d'éviter un stress hydrique à la culture, tant en année de végétation que celle en production a permis d'obtenir un gain de rendement de 65 %. Ce bénéfice diminue à 25 %, si l'objectif de maintenir la culture en contexte de confort hydrique a été circonscrit à l'année de production seulement. Les interventions ayant trait au travail du sol qui sont conséquentes à la « Trancheuse » ont eu un impact négatif sur les rendements en fruits (-24 %), comparativement à ceux où une « Piqueuse » a été utilisée ou encore, en absence de travail de sol. Enfin, l'apport ou non d'engrais n'a eu aucun effet clair sur les rendements. Autrement dit, qu'il y ait eu apport en végétation seulement, en végétation et production ou aucun apport, il n'a pas été possible de mesurer d'effet significativement différent sur les rendements.

OBJECTIFS ET MÉTHODOLOGIE

Ce projet avait comme objectif d'améliorer les conditions environnementales du bleuët sauvage cultivé à l'aide de pratiques culturales ayant trait au travail du sol, à la régie de l'eau et à la fertilisation et plus spécifiquement : 1) Améliorer les conditions environnementales ayant trait au sol (température, densité apparente et statut hydrique et nutritionnel) afin d'en favoriser le pouvoir de minéralisation; 2) Mesurer l'impact sur le rendement en fruits des interventions réalisées pour améliorer les conditions environnementales; 3) Comparer les gains en rendements obtenus aux coûts engendrés avec les interventions; 4) Renforcer l'approche du « prélèvement en eau » comme un indicateur du rendement effectif en fruits; et 5) Diffuser les résultats.

Les essais ont été réalisés dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean en 2021 et 2022 chez Bleuets Boréales Normandin en contexte de production commerciale. La régie de culture y est de type conventionnel et elle respecte le cahier des charges en lien avec la certification « Bleuët sauvage boréal ». Trois types d'interventions font office de traitements dans ce projet. En année de végétation, avant l'émergence des ramets, un travail du sol a été réalisé ou non : « Trancheuse », « Piqueuse » et « Aucun travail ». En ce qui a trait à la « Trancheuse » il s'agit de l'aérateur rotatif Imants, Shockwave EQU SW210, alors que pour la « Piqueuse », il s'agit de l'aérateur vertical Toro, Procure serie SR72. Ensuite, il était possible d'intervenir ou non avec l'irrigation par aspersion : « Irrigation en végétation et production », « Irrigation en production » et « Sans irrigation ». La consigne d'intervention a été déterminée selon l'approche du « Point tournant » avec l'objectif de maintenir la culture en contexte de confort hydrique (Boivin et coll., 2018). Enfin, il y avait la possibilité d'apporter ou non de l'engrais : « Engrais en végétation », « Engrais en végétation et production » et « Aucun engrais ». L'engrais apporté l'a été le 27 avril 2021 à raison de 190 kg/ha de 14,3-9,5-9,5 et le 12 mai 2022 à raison de 544 kg/ha de 5-3-2 (Acti-Sol). Les 27 combinaisons possibles de traitements (Travail du sol x Irrigation x Engrais) ont été répétées 4 fois à l'intérieur d'un dispositif expérimental, pour un total de 108 unités expérimentales (U.É.). Le sol (température, résistance à la pénétration, pouvoir de minéralisation) les conditions météorologiques, l'exportation en eau du système cultural, la hauteur du couvert végétal et la biomasse de ce dernier, ainsi que le rendement en fruits ont fait l'objet d'un suivi.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Le travail du sol et plus particulièrement la « Trancheuse » a été favorable au réchauffement du sol en période de croissance active. Cela s'explique par l'impact négatif qu'a eu cette intervention sur le développement de la biomasse aérienne. Durant la période qui précède ce développement, la surface du sol est davantage exposée au soleil. Dans ces conditions, l'épaisseur de la couche d'humus a eu un effet sur la température du sol et cet effet est davantage marqué en année de végétation. Plus cette couche est mince, plus la température moyenne tend à être élevée. En année de végétation, les ramets doivent émerger du sol et entrer en croissance active avant d'agir comme un « parasol », ce qui implique que la période où la surface du sol est exposée est plus longue qu'en année de production. Une fois le couvert végétal bien développé (fin juin), cette couche d'humus n'a plus d'effet mesurable sur la température moyenne du sol. À ce moment, la proportion du sable grossier, qui varie entre 22 et 57 % de la granulométrie totale, devient un facteur qui explique en partie les températures moyennes de sol observées. Cette relation indique que plus la proportion de sable grossier est élevée, plus les températures maximales moyennes atteintes sont basses. Le travail du sol a permis de diminuer la résistance du sol à la pénétration. Les valeurs moyennes avant travail ont été près de 1500 et 3000 kPa, respectivement pour les horizons 0-15 et 15-30 cm. Lors de la deuxième campagne de mesure effectuée en post-travail du sol (septembre 2022), les valeurs moyennes pour l'horizon 0-15 cm ont été de 1345 et 1080 kPa, respectivement pour la « Piqueuse » et la « Trancheuse » et de 1427 kPa pour le témoin « Aucun travail ». Pour l'horizon 15-30 cm, les valeurs ont été respectivement de 2153, 2010 et 1799 kPa pour « Aucun travail », « Piqueuse » et « Trancheuse ».

Des conditions propices à ce que le statut hydrique du sol exerce une contrainte au prélèvement en eau de la culture ont été observées en 2021 et 2022 en contexte où intervenir avec l'irrigation n'était pas permis. D'identifier ce moment a permis de déterminer la consigne d'irrigation. Les coefficients culturaux (K_{c-TDR}) moyens mesurés dans les U.É. « Irrigation Végétation + Production » sont supérieurs à ceux des autres traitements. Pour maintenir les U.É. en contexte de confort hydrique, 10 irrigations ont été nécessaires en 2021 et 4 en 2022. L'apport d'engrais en année de production n'a pas eu d'effet concluant. Si certaines conditions environnementales comme la température, la résistance à la pénétration et le statut hydrique du sol ont pu être améliorées, elles n'ont toutefois pas eu d'impact sur le pouvoir de minéralisation de ce dernier. Les interventions ayant trait au travail du sol n'ont pas permis d'augmenter les rendements. Les rendements moyens mesurés avec la « Piqueuse » et ceux de « Sans travail » ne sont pas significativement différents l'un de l'autre, alors que ceux de la « Trancheuse » ont été significativement plus faibles de 24 % ($p = 0,0006$), comparativement à « Sans Travail ».

Comparés à ceux de « Sans Irrigation », les rendements de « Irrigation en Production » et « Irrigation en Végétation et Production » ont respectivement été supérieurs de 25 % ($p = 0,0063$) et 65 % ($p < 0,001$). La perte de rendement est claire en contexte « Sans Irrigation ». Maintenant, qu'il y ait eu apport d'engrais en végétation seulement, en végétation et en production ou aucun apport, aucune différence significative n'a été observée entre les rendements moyens mesurés.

Renforcer l'approche du « prélèvement en eau par la culture » comme un indicateur du rendement effectif en fruits était un des objectifs de ce projet. Cet objectif s'appuie sur les résultats de travaux qui suggèrent que le rendement potentiel est suffisamment plus élevé que le rendement effectif pour s'intéresser aux facteurs de l'environnement qui peuvent être améliorés (Boivin et coll., 2019; Boivin et coll., 2020). Cette hypothèse repose sur les faibles coefficients culturaux (K_{c-TDR}) obtenus en contexte où la disponibilité en eau à la culture n'était pas un facteur limitatif. Cette relation entre les K_{c-TDR} et le rendement a été vérifiée une fois de plus dans ce projet. Cette relation ($R^2 = 0,29$) implique que plus le K_{c-TDR} moyen pour la saison 2022 est faible, plus le rendement le sera aussi. La même relation ($R^2 = 0,41$) s'observe entre ces K_{c-TDR} et le poids en biomasse aérienne. Le pH_{eau} du sol semble être un facteur limitatif au rendement où un R^2 de 0,60 a été obtenu lorsque mis en relation avec les rendements. Les pH_{eau} mesurés se situaient entre 4,8 et 5,1, où le rendement était plus élevé en conditions plus acides. Des K_{c-TDR} plus faibles ont aussi été mesurés dans des conditions plus acides. En excluant des facteurs identifiés comme limitatifs au rendement dans ce projet (« Trancheuse » et « Sans irrigation »), le pH_{eau} semble avoir un impact sur le rendement. Enfin, avec un K_c plus élevé, il est envisageable que la vulnérabilité au stress hydrique soit augmentée.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

- Un stress hydrique en année de végétation et en année de production peut diminuer le rendement en fruits d'une bleuetière.
- Une gestion raisonnée de l'irrigation est une pratique agricole efficace pour éviter un stress hydrique à la culture.
- Le travail du sol conséquent à la « Piqueuse » a permis de diminuer la résistance du sol à la pénétration sans affecter négativement les rendements. Il serait intéressant de poursuivre des essais en contexte où la résistance du sol à la pénétration est un facteur limitatif à la productivité d'une bleuetière.
- Le travail du sol avec une « Trancheuse » pourrait avoir un potentiel d'utilisation qui serait à valider en contexte où l'objectif est de stimuler la croissance végétative pour régénérer des zones où la densité de plants est insuffisante, mais devrait fort probablement être combiné à l'irrigation et l'apport d'engrais.
- Le stress hydrique n'est pas le seul facteur limitatif à la productivité d'une bleuetière et l'approche du « prélèvement en eau par la culture » comme un indicateur de rendement gagnerait à être développé.
- L'impact de l'irrigation (rendement, rentabilité) est certainement avantaagé par un contexte où d'autres facteurs limitatifs que le stress hydrique sont écartés (fertilisation, pollinisation, densité, mauvaises herbes).
- Il est attendu que la vulnérabilité au stress hydrique d'une bleuetière augmente au fur et à mesure que le rendement effectif augmente.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Carl Boivin
418 643-2380, poste 430
carl.boivin@irda.gc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique

Conférence

Irrigation : résultats d'un projet réalisé à Normandin

Journée bleuet du Saguenay-Lac-Saint-Jean

21 février 2023

Salle Desjardins Maria-Chapdelaine - Dolbeau-Mistassini

150 participants

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

Journée de type portes ouvertes

Bleuet sauvage cultivé – Transfert de connaissance et démonstration à la ferme

20 septembre 2022

Bleuets Boréales Normandin

Normandin

35 participants

Fiche en annexe

Balado (prévu mai 2024)

Un balado portant sur ce projet sera produit et il sera disponible en ligne sur « (EAU)trement dit »

<https://eautrementdit.buzzsprout.com/>

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

<p>1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.</p>	<p>2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.</p>	<p>3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?</p>	<p>4. Cheminement des connaissances a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.) b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.</p>
<p>Un stress hydrique en année de végétation et en année de production peut diminuer le rendement en fruits d'une bleuetière.</p>	<p>Producteurs et conseillers</p>	<p>Dans le contexte actuel, l'irrigation ne permet pas de gains en rendements, mais permet plutôt de se protéger d'une baisse de rendement conséquent à un statut hydrique du sol.</p>	<p>a) Formations, Conférences, Vidéo, Balado. b) Poursuivre ce type d'essai avec un plus grand nombre de contextes pédologiques. Un peu comme les essais de fertilisation en cours pour conduire à la révision des grilles de référence en fertilisation.</p>
<p>Une gestion raisonnée de l'irrigation est une pratique agricole efficace pour éviter un stress hydrique à la culture.</p>	<p>Producteurs et conseillers</p>	<p>Pour être efficace, la gestion de l'irrigation se doit d'être raisonnée. Cela implique entre autres d'intervenir au bon moment et avec un volume d'eau qui considère la capacité de rétention en eau du système cultural colonisé par les racines.</p>	<p>a) Formations, Conférences, Vidéo, Balado. b) Maintenir le type de support financier comme celui qui était offert par la mesure 4304 du Programme Prime-Vert du MAPAQ.</p>
<p>Le stress hydrique n'est pas le seul facteur limitatif à la productivité d'une bleuetière et l'approche du « prélèvement en eau par la culture » comme un indicateur de rendement gagnerait à être développé.</p>	<p>Conseillers</p>	<p>Un statut hydrique du sol inadéquat n'est pas le seul facteur limitatif à la productivité d'une bleuetière. Cette approche pourrait devenir un outil pour évaluer la présence d'autres facteurs limitatifs.</p>	<p>a) Formations. b) Poursuivre ce type d'essai.</p>

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

- **Bleuets Boréales Normandin**
 - Contribution en argent
 - Utilisation machinerie
 - Ressources humaines

- **Les Produits Turf Care Canada**
 - Utilisation machinerie
 - Ressources humaines

Section 8 - Rapport scientifique et/ou technique

Rapport final

No projet : IA221672

Améliorer les conditions environnementales du bleuet sauvage cultivé à l'aide de pratiques culturales ayant trait au travail du sol, à la régie de l'eau et à la fertilisation

Carl Boivin, Jérémie Vallée et Lélia Anderson
Collaborateurs : Pierre-Olivier Martel, Mick Wu et Guy Marcil

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

Juillet 2023

PARTENAIRE FINANCIER ET DE RÉALISATION

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme Innov'Action agroalimentaire, un programme issu de l'Accord Canada-Québec de mise en œuvre du Partenariat canadien pour l'agriculture conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

ÉQUIPE DE RÉALISATION

- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)
 - Carl Boivin, Jérémie Vallée, Lélia Anderson, Paul Deschênes, Antoine Lamontagne, Francis-Olivier Lortie, Félix Lavoie-Lochet et Megann Desrochers
 - Mick Wu
- Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean du MAPAQ
 - Pierre-Olivier Martel
- Bleuets Boréales Normandin
 - Guy Marcil
- Les Produits Turf Care Canada

Pour informations :

Responsable scientifique

Carl Boivin

Chercheur | Régie de l'eau en productions végétales

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

418 643-2380, poste 430

carl.boivin@irda.qc.ca

Ce rapport peut être cité comme suit:

Boivin, C., Vallée, J. et L. Anderson. 2023. Améliorer les conditions environnementales du bleuets sauvage cultivé à l'aide de pratiques culturales ayant trait au travail du sol, à la régie de l'eau et à la fertilisation. Rapport final. IRDA. 73 pages.

RÉSUMÉ

Ce projet avait comme objectif d'améliorer les conditions environnementales du bleuet sauvage cultivé à l'aide de pratiques culturales ayant trait au travail du sol, à la régulation de l'eau et à la fertilisation. Les essais ont été réalisés dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean en 2021 et 2022 chez Bleuets Boréales Normandin en contexte de production commerciale. Trois types d'interventions ont fait office de traitements. En année de végétation, avant l'émergence des ramets, un travail du sol a été réalisé ou non : « Trancheuse », « Piqueuse » et « Aucun travail ». En ce qui a trait à la « Trancheuse » il s'agit de l'aérateur rotatif Imants, Shockwave EQU SW210, alors que pour la « Piqueuse », il s'agit de l'aérateur vertical Toro, Procure série SR72. Ensuite, il était possible d'intervenir ou non avec l'irrigation par aspersion : « Irrigation en végétation et production », « Irrigation en production » et « Sans irrigation ». La consigne d'intervention a été déterminée selon l'approche du « Point tournant » avec l'objectif de maintenir la culture en contexte de confort hydrique (Boivin et coll., 2018). Enfin, il y avait la possibilité d'apporter ou non de l'engrais : « Engrais en végétation », « Engrais en végétation et production » et « Aucun engrais ». L'engrais apporté l'a été le 27 avril 2021 à raison de 190 kg/ha de 14,3-9,5-9,5 et le 12 mai 2022 avec 544 kg/ha de 5-3-2 (Acti-Sol). Les 27 combinaisons possibles de traitements (Travail du sol x Irrigation x Engrais) ont été répétées 4 fois à l'intérieur d'un dispositif expérimental, pour un total de 108 unités expérimentales (U.É.). Le sol (température, résistance à la pénétration, pouvoir de minéralisation), les conditions météorologiques, l'exportation en eau du système cultural, la hauteur du couvert végétal et la biomasse de ce dernier, ainsi que le rendement en fruits ont fait l'objet d'un suivi. La saison 2021 (végétation) et celle de 2022 (production) ont été propices à ce que la culture subisse un stress hydrique où respectivement 10 et 4 épisodes d'irrigation ont été nécessaires pour maintenir le bleuetier nain en situation de confort hydrique. L'objectif d'éviter un stress hydrique à la culture, tant en année de végétation que celle en production « Irrigation en Végétation et Production » a permis un gain de rendement de 65 %, comparativement au contexte non irrigué « Sans Irrigation ». Ce bénéfice passe à 25 % si l'objectif de maintenir la culture en contexte de confort hydrique a été circonscrit à l'année de production seulement « Irrigation Production ». Les interventions ayant trait au travail du sol qui sont conséquentes à la « Trancheuse » ont eu un impact négatif sur les rendements en fruits (-24 %), comparativement à ceux où aucun travail de sol n'a été fait « Aucun travail ». Enfin, l'apport ou non d'engrais n'a eu aucun effet sur les rendements.

TABLE DES MATIÈRES

1	Introduction et contexte	9
2	Objectifs	10
3	Méthodologie.....	11
3.1	Site	11
3.2	Régie de culture.....	11
3.3	Traitements.....	11
3.4	Dispositif expérimental et analyses statistiques.....	12
3.4.1	Dispositif expérimental	12
3.4.2	Analyses statistiques.....	13
3.4.3	Paramètres ayant trait au sol qui ont été mesurés pour le « Groupe des 36 U.É. ».....	14
3.4.3.1	pH, détritux, matière organique, granulométrie et texture	14
3.4.3.2	Masse volumique apparente du sol	14
3.4.3.3	Épaisseur de la couche d'humus	14
3.4.3.4	Pouvoir de minéralisation	14
3.4.3.5	Résistance du sol à la pénétration	15
3.4.3.6	Température.....	15
3.4.3.7	Statut hydrique	15
3.4.4	Conditions météorologiques et évapotranspiration potentielle (ET_p).....	15
3.4.5	Exportation en eau du système cultural et coefficient cultural « TDR » (K_{C-TDR})	15
3.4.6	Hauteur et biomasse des plants	15
3.4.7	Récolte.....	16
3.5	Coûts des interventions.....	17
4	Résultats	18
4.1	Caractérisation du sol	18
4.1.1	Caractérisation de base	18
4.1.2	Pouvoir de minéralisation	18
4.1.3	Résistance du sol à la pénétration.....	19
4.1.4	Température du sol en 2021	20
4.1.5	Température du sol en 2022	21
4.2	Stades de développement de la culture	25
4.3	Apport et exportation en eau	26
4.3.1	Précipitations	26
4.3.2	Irrigation.....	27
4.3.3	Exportation en eau du système cultural.....	28
4.3.3.1	Saison 2021	28
4.3.3.2	Saison 2022	29
4.3.3.3	Coefficient cultural « TDR » (K_{C-TDR}).....	30
4.4	Biomasse des plants (post-croissance 2021)	31
4.5	Hauteur des plants (post-récolte 2022)	32
4.6	Rendement total en fruits	33
4.6.1	Constats.....	35
4.7	Caractéristiques du sol, exportation en eau et rendements en fruits « Groupe des 36 U.É. »	36
4.8	Caractéristiques du sol, stades de développement de la culture et température du sol.....	40
4.9	Coûts engendrés avec les interventions.....	42
4.9.1	Engrais.....	42
4.9.2	Travail du sol.....	42
4.9.3	Irrigation.....	42
4.9.3.1	Scénario 1 - Système d'irrigation par aspersion déplaçable qui permet de couvrir 10 ha en année de production	42
4.9.3.2	Scénario 2 - Système d'irrigation par aspersion enfoui qui permet de couvrir 20 ha, soit l'ensemble du cycle de production (végétation et production)	42
4.9.3.3	Scénarios de revenus selon qu'il y ait ou non possibilité d'intervenir avec l'irrigation.....	43

4.9.4	Coût pour apporter de l'engrais en production.....	43
4.9.5	Coût pour intervenir avec un travail de sol.....	43
5	Analyse et discussion selon les objectifs	44
5.1	Améliorer les conditions environnementales ayant trait au sol (température, densité apparente et statut hydrique et nutritionnel) afin d'en favoriser le pouvoir de minéralisation.	44
5.2	Mesurer l'impact sur le rendement en fruits des interventions réalisées pour améliorer les conditions environnementales.....	45
5.3	Comparer les gains en rendements obtenus aux coûts engendrés avec les interventions.	45
5.4	Renforcer l'approche du « prélèvement en eau » comme un indicateur du rendement effectif en fruits. 45	
5.5	Diffuser les résultats.....	46
6	Conclusion	47
7	Références.....	48
8	Annexe.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Les pH _{eau} et tampon du sol, ainsi que le pourcentage de détritux et de matière organique (M.O.), la granulométrie, la texture et la masse volumique apparente (MVA) du sol et l'épaisseur de la couche d'humus en surface (moyennes « Groupe des 36 U.É. »).....	18
Tableau 2. La teneur moyenne en N-NH ₄ et en N-NO ₃ au moment de l'échantillonnage et après une incubation de 10 jours selon l'année – « Groupe des 36 U.É. ».....	18
Tableau 3. Stade de développement de la culture selon la date d'observation.....	25
Tableau 4. Registre des épisodes d'irrigations en 2021 (Date, durée et hauteur totale).....	27
Tableau 5. Registre des épisodes d'irrigations en 2022 (Date, durée et hauteur totale).....	27
Tableau 6. Coefficient cultural moyen (K _{C-TDR}) pour la période considérée selon l'année et le travail de sol.....	30
Tableau 7. Biomasse moyenne en post-croissance 2021, analyse de la variance (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).....	31
Tableau 8. Hauteur moyenne des plants en post-récolte 2022, analyse de la variance (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).....	32
Tableau 9. Analyse de la variance ayant trait aux résultats obtenus pour le rendement en fruits (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).....	33
Tableau 10. Analyse de la variance ayant trait aux résultats obtenus pour le rendement en fruits (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle simplifié sélectionné).....	33
Tableau 11. Contrastes « Irrigation ».....	34
Tableau 12. Contrastes « Trancheuse ».....	34
Tableau 13. Coefficient de détermination (R ²) issu de la mise en relation entre la température moyenne (Moy., Min. et Max.) du sol pour une période donnée (2021) et l'épaisseur de la couche d'humus – Groupe des 36 U.É., « Trancheuse » exclue.....	40
Tableau 14. Coefficient de détermination (R ²) issu de la mise en relation entre la température moyenne (Moy., Min. et Max.) du sol pour une période donnée (2022) et l'épaisseur de la couche d'humus – Groupe des 36 U.É., « Trancheuse » exclue.....	40
Tableau 15. Coefficient de détermination (R ²) issu de la mise en relation entre la température moyenne maximale du sol pour une période donnée (2021) et la proportion de sable grossier – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.....	41
Tableau 16. Coefficient de détermination (R ²) issu de la mise en relation entre la température moyenne maximale du sol pour une période donnée (2022) et la proportion de sable grossier – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.....	41
Tableau 17. Revenu conséquent au rendement obtenu selon que le contexte ait été « Sans irrigation », « Irrigation Production » et « Irrigation VG+P ».....	43
Tableau 18. Résultats des analyses de sol ayant trait au « Groupe des 36 U.É. ».....	49
Tableau 19. Résultats des analyses de sol (pouvoir de minéralisation) ayant trait au « Groupe des 36 U.É. ».....	50
Tableau 20. Contrastes interactions à trois voies - Biomasse en post-croissance 2021.....	61
Tableau 21. Contrastes interactions à trois voies - Hauteur des plants en post-récolte 2022.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Randomisation des trois modalités de travail de sol.	12
Figure 2. Randomisation des trois modalités d'irrigation.	12
Figure 3. Randomisation des trois modalités d'engrais.	12
Figure 4. Localisation des 36 unités expérimentales (carrés orange) qui ont fait l'objet d'un suivi particulier parmi les 108 qui composaient le dispositif.	14
Figure 5. (a) Cueilleuse tractée utilisée pour la récolte et (b) schéma d'une unité expérimentale avec les deux bandes récoltées (b).	16
Figure 6. Résistance du sol à la pénétration (kPa) selon le travail* du sol et l'horizon en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».	19
Figure 7. Résistance du sol à la pénétration (kPa) selon le travail du sol et l'horizon en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».	19
Figure 8. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 1 ^{er} mai au 31 juillet 2021.	20
Figure 9. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 1 ^{er} août au 25 octobre 2021.	21
Figure 10. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 13 mai au 17 août 2022.	22
Figure 11. Température moyenne du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».	23
Figure 12. Température moyenne minimale du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».	23
Figure 13. Température moyenne maximale du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».	23
Figure 14. Température moyenne du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».	24
Figure 15. Température moyenne minimale du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».	24
Figure 16. Température moyenne maximale du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».	24
Figure 17. Couvert végétal au 22 juillet 2021 : (a) « Trancheuse » et (b) « Aucun Travail ».	25
Figure 18. Pluviométrie cumulative du 1 ^{er} mai au 6 octobre 2021.	26
Figure 19. Pluviométrie du 13 mai au 17 août 2022.	26
Figure 20. Évolution du statut hydrique du sol en contexte avec (B3) et sans irrigation (C24) du 1 ^{er} mai au 3 octobre 2021.	28
Figure 21. Évolution du statut hydrique du sol en contexte avec (B3) et sans irrigation (C24) du 1 ^{er} mai au 17 août 2022.	29
Figure 22. Poids moyen (g base sèche) de la biomasse aérienne selon la combinaison de traitements au 18 août 2021.	31
Figure 23. Hauteur moyenne des plants (cm) de la biomasse aérienne selon la combinaison de traitements au 18 août 2022.	32

Figure 24. Rendements totaux en fruits (kg/ha) des estimés du modèle simplifié selon le travail du sol. Les barres d'erreurs représentent un intervalle de confiance de 95 %.	34
Figure 25. Relation entre le pH_{eau} du sol et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.	36
Figure 26. Relation entre le pH_{eau} du sol et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	36
Figure 27. Relation entre le pH_{eau} du sol et le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2021 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	37
Figure 28. Relation entre le pH_{eau} du sol et le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2022 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	37
Figure 29. Relation entre le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2021 et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	38
Figure 30. Relation entre le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2022 et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	38
Figure 31. Relation entre le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2021 et la biomasse aérienne de 2021 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	39
Figure 32. Relation entre le $K_{\text{C-TDR}}$ de 2022 et la biomasse aérienne de 2022 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.	39
Figure 33. Travail du sol avec la « Trancheuse » le 27 avril 2021.	51
Figure 34. Vue du dessous de la « Trancheuse » en position levée.	52
Figure 35. Vue intérieure de la « Trancheuse » en position levée.	52
Figure 36. Profondeur de travail de la « Trancheuse ». Le sol a été dégagé entre deux passages de couteaux.	53
Figure 37. Travail du sol avec la piqueuse le 27 avril 2021.	54
Figure 38. Vue du dessous de la « Piqueuse » en position levée.	55
Figure 39. Angle de travail des tiges de la « Piqueuse » (deux passages en sens contraire) rendu visible en insérant des piquets dans les trous.	55
Figure 40. Profondeur de travail de la « Piqueuse » indiquée par une marque sur un piquet faite à la hauteur du sol une fois ce dernier enfoncé dans le trou.	56
Figure 41. Tête d'un gicleur de marque Wobbler et hauteur de ce dernier par rapport au sol.	56
Figure 42. 27 avril 2021.	57
Figure 43. 13 mai 2021.	57
Figure 44. 10 septembre 2021 où la zone plus verte est celle qui était à la portée des gicleurs.	58
Figure 45. 5 octobre 2021.	58
Figure 46. 26 octobre 2021.	59
Figure 47. 12 mai 2022.	59
Figure 48. 1 ^{er} juin 2022.	60
Figure 49. 14 juillet 2022.	60
Figure 50. Résumé produit à la suite de la journée « Portes ouvertes » du 20 septembre 2022 à Normandin.	63

1 Introduction et contexte

En 2021, le Québec comptait 448 producteurs de bleuets sauvages et 38 018 ha aménagés. Ce bleuet est surtout dédié à la transformation (surgélation) et la valeur à la ferme est de 54 484 048 \$. La productivité du Nouveau-Brunswick atteint en moyenne 40 % de plus que celle du Québec, mais ce dernier occupe toujours une part dominante du marché, principalement en raison de l'étendue des superficies en culture. Cependant, lorsque les conditions météorologiques sont favorables, les provinces maritimes obtiennent des rendements par unité de surface beaucoup plus élevés.

Pour qu'une culture exprime son plein potentiel de rendement, les conditions environnementales doivent être optimales. La fertilisation, l'irrigation, la phytoprotection et le travail du sol sont des exemples d'intervention pour optimiser ces conditions. Dans le cas du bleuet sauvage cultivé, l'essentiel des superficies aménagées ne reçoivent aucune application de pesticides en année de production et une proportion est certifiés « Bleuets sauvages boréaux » ce qui implique de renoncer à l'usage d'intrants de synthèse durant cette année. L'atteinte de conditions environnementales optimales peut alors devenir plus difficile. De plus, cette plante est indigène et elle est déjà présente dans le milieu lorsqu'une bleuetière est aménagée. Il est donc attendu d'observer une grande variabilité qui est conséquente à des profils génétiques différents.

Un projet réalisé dans quatre bleuetières, de 2015 à 2018, a permis d'établir une relation entre le rendement en fruits et l'ordre de grandeur du prélèvement moyen en eau mesurée dans ces bleuetières, tant en année de végétation qu'en année de production (Boivin et coll., 2019). Cette relation suggère que le rendement potentiel est suffisamment plus élevé que le rendement effectif pour s'intéresser aux facteurs de l'environnement qui peuvent être améliorés à court terme. Nul doute qu'il serait aussi approprié de s'intéresser aux facteurs qui peuvent être améliorés à moyen et long terme, mais c'est impossible à envisager dans le contexte d'un projet d'une durée de deux ans. Des essais exploratoires ont ainsi été réalisés en 2019 et ces derniers ont permis d'établir une relation entre un sol dont le pouvoir de minéralisation est plus élevé et un nombre plus élevé de fleurs et de fruits par ramets (Boivin et coll., 2020). La température du sol, la densité apparente et le statut hydrique de ce dernier sont tous des facteurs qui peuvent nuire ou être favorables à l'activité microbiologique du sol et donc au pouvoir de minéralisation de celui-ci.

Généralement, le cycle de production d'une bleuetière implique une année en végétation, où les bourgeons floraux sont produits, qui est suivie d'une année en production, à la fin de laquelle le couvert végétal est fauché, laissant une quantité importante de résidus ligneux à la surface du sol, pour revenir en année de végétation pour le début d'un nouveau cycle. Ce cycle se répète « indéfiniment », ce qui implique que le sol d'une bleuetière n'est jamais travaillé. Par conséquent, la densité apparente du sol augmente, les particules fines de sol migrent en profondeur, il y a une accumulation d'humus en surface et les conditions environnementales peuvent se dégrader.

Le projet qui fait l'objet de ce rapport visait à identifier l'impact que pourrait avoir le travail du sol, l'absence de conditions propices au stress hydrique et l'apport d'engrais en année de production sur la productivité d'une bleuetière. Ces interventions ont été réalisées en contexte de production commerciale chez Bleuets Boréales Normandin.

2 Objectifs

1. Améliorer les conditions environnementales ayant trait au sol (température, densité apparente et statut hydrique et nutritionnel) afin d'en favoriser le pouvoir de minéralisation.
2. Mesurer l'impact sur le rendement en fruits des interventions réalisées pour améliorer les conditions environnementales.
3. Comparer les gains en rendements obtenus aux coûts engendrés avec les interventions.
4. Renforcer l'approche du « prélèvement en eau » comme un indicateur du rendement effectif en fruits.
5. Diffuser les résultats.

3 Méthodologie

3.1 Site

Les essais ont eu lieu à la Bleuets Boréales Normandin (48.794078°, -72.546789°) en contexte de production commerciale. Cette dernière est située à Normandin dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

3.2 Régie de culture

La régie de culture est de type conventionnel et elle respecte le cahier des charges en lien avec la certification « Bleuets sauvage boréal ».

3.3 Traitements

Les traitements ayant trait au travail du sol sont : Aucun travail, Trancheuse et Piqueuse. Pour l'irrigation il y a : Sans irrigation, Irrigation en production et Irrigation en végétation et production. Enfin, pour la fertilisation il y a : Aucun engrais, Engrais en végétation et Engrais en végétation et production.

Le travail du sol « Trancheuse » a été effectué le 27 avril 2021 avec un aérateur rotatif (Imants, Shockwave EQU SW210) (Figure 33, Figure 34 et Figure 35). Ce dernier a une largeur totale de travail de 2,1 m et a exercé une coupe des rhizomes à tous les 25 cm sur une profondeur d'environ 15 cm (Figure 36). L'avancement de la machine a été de 1,8 km/h pour une productivité théorique de 0,4 ha/h. Le travail de sol « Piqueuse » a été effectué le 27 avril 2021 avec un aérateur vertical (Toro, Procore serie SR72) (Figure 37, Figure 38 et Figure 39). Il a une largeur totale de travail de 1,83 m et a exercé un travail de picotage avec des tiges (20) qui se sont enfoncées sur une profondeur d'environ 18 cm (Figure 40). L'avancement de la machine a été de 1,2 km/h pour une productivité théorique de 0,2 ha/h. L'ajustement de la machinerie et la supervision du travail ont été réalisés conjointement avec le représentant technique de Les Produits Turf Care Canada.

L'irrigation était apportée avec un système par aspersion composé d'un gicleur par parcelle irriguée (Senninger, Xcel-Wobbler, buse #12) (Figure 41). Ce gicleur a une précipitation moyenne validée de 6,9 mm/h, et ce, sur une superficie circonscrite qui débute au 2^e m de distance à partir du gicleur et qui se termine au 4^e m. La consigne de déclenchement a été déterminée selon le point tournant (Boivin et coll., 2018). La hauteur d'eau visée avec l'irrigation était entre 20 et 25 mm, ce qui implique un épisode d'une durée allant de 180 à 220 minutes. Le suivi à distance du statut hydrique du sol a été effectué avec un tensiomètre (RSUV, Irrrometer) qui était connecté à un acquiiseur de données (CR300, Campbell Scientific). Ce dernier était connecté à un modem cellulaire (Ipn3Gb, Microhard Systems). Le volume d'eau utilisé pour l'irrigation a été mesuré avec un débitmètre (TX80, Seametrics) relié à un acquiiseur de données (CR1000, Campbell Scientific).

L'apport d'engrais en végétation a été effectué le 27 avril 2021 avant le travail du sol. La quantité d'engrais apportée manuellement a été de 190 kg/ha de 14,3-9,5-9,5 + 17,5 S, 0,38 B. Pour les parcelles où l'apport d'engrais était permis en production, l'apport a été fait le 12 mai 2022 avec 544 kg/ha de 5-3-2 (Acti-Sol).

3.4 Dispositif expérimental et analyses statistiques

3.4.1 Dispositif expérimental

D'une longueur de 110 m chacune, les 3 parties horizontales oranges, grises et vertes correspondent, respectivement, aux modalités du travail de sol : « Trancheuse », « Sans travail » et « Piqueuse » (Figure 1). Ensuite, un même traitement d'irrigation traverse les trois modalités de travail du sol et est représentés par des encadrés bleu pâle, bleu foncé et noir, respectivement pour « Irrigation en Végétation et Production », « Irrigation en production » et « Sans irrigation ». Enfin, les neuf parcelles ainsi créées par ces divisions dans les deux directions ont ensuite été subdivisées en trois (horizontalement), pour y accueillir les trois traitements de fertilisation (T: Aucun engrais, V : Engrais en végétation, VP : Engrais en végétation et production).

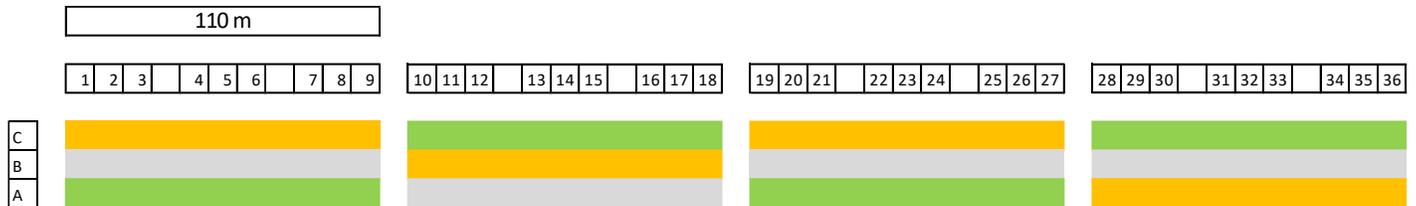


Figure 1. Randomisation des trois modalités de travail de sol.

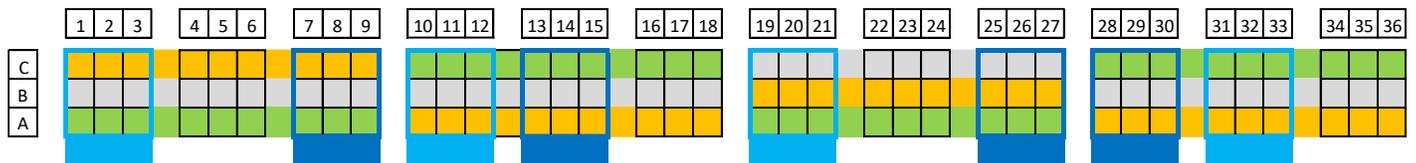


Figure 2. Randomisation des trois modalités d'irrigation.

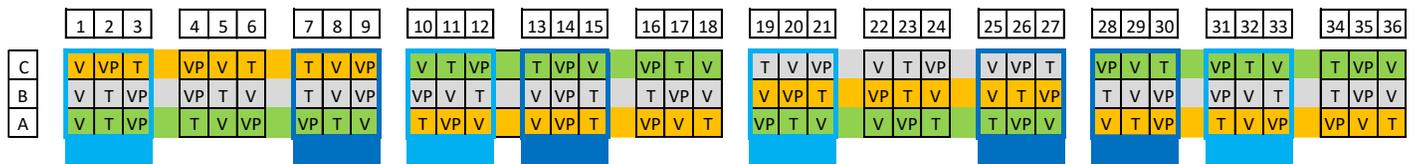


Figure 3. Randomisation des trois modalités d'engrais.

La superficie de la plus petite unité expérimentale est comparable à la portée d'un gicleur, soit 10 m x 10 m. La superficie totale du dispositif couvre plus de 1,4 ha. Finalement, ces 27 combinaisons (3 Travail du sol X 3 Irrigation X 3 Engrais) de traitements ont été répétées 4 fois pour un total de 108 unités expérimentales (U.É.).

3.4.2 Analyses statistiques

Le Modèle mixte linéaire généralisé du package « glmmTMB » (Brooks et coll., 2017) a servi à tester l'effet de l'interaction triple « Travail du sol X Irrigation X Engrais » sur les variables dépendantes énumérées ci-dessous. Une distribution Gamma (échelle logarithmique) a été utilisée comme la variance du rendement augmentait avec la moyenne. L'autocorrélation spatiale a été spécifiée avec un variogramme de forme exponentielle excepté pour les variables : « biomasse post-récolte (2021) » et « hauteur post-récolte (2022) ». Pour ces deux dernières, une structure d'autocorrélation spatiale simplifiée sur les coordonnées Y seulement (soit le sens de la longueur du dispositif (donc direction « gauche-droite » à la Figure 3 a été utilisée pour permettre au modèle de converger. Comme ces deux analyses ne prennent pas en compte toute la structure d'autocorrélation spatiale, leurs résultats sont potentiellement trop libérales et ont été interprétés avec parcimonie. Le logiciel R Core Team (2022) a été utilisé pour les analyses statistiques.

- Rendement
- Biomasse post-croissance (2021)
- Hauteur des plants post-récolte (2022)

Comme les questions spécifiques énoncées a priori impliquaient des interactions entre les facteurs, des contrastes spécifiques ont été faits avec le modèle complet en ne retenant que les résultats clairs.

Autres analyses

Certaines variables ont été mises en relation entre elles (rendement, pH_{eau} , $K_{\text{c-TDR}}$, poids biomasse, température sol et proportion de sable grossier). Pour ce faire l'outil « Régression » dans Excel a été utilisé pour obtenir les coefficients de régression et la valeur de p des relations présentées.

Paramètres mesurés

3.4.3 Paramètres ayant trait au sol qui ont été mesurés pour le « Groupe des 36 U.É. »

À l'échelle du dispositif, un groupe de 36 unités expérimentales (U.É.) a fait l'objet d'un suivi particulier. En s'appuyant sur les trios formés au niveau du traitement d'engrais, soit où le travail du sol et l'irrigation sont identiques et où l'engrais est différent (ex. A123, B123, C123, A456, etc.), une U.É. par « groupe de 3 » a été choisie au hasard (A1, A4, A7, etc.). Ces U.É. sont identifiées à la Figure 4 avec des carrés qui ont été colorés en orange et identifiés avec un chiffre compris entre 1 et 108).

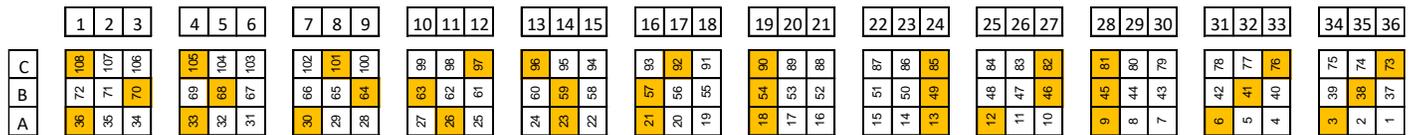


Figure 4. Localisation des 36 unités expérimentales (carrés orange) qui ont fait l'objet d'un suivi particulier parmi les 108 qui composaient le dispositif.

3.4.3.1 pH, détrit, matière organique, granulométrie et texture

Le 26 avril 2021, des échantillons de sol (0-30 cm) ont été prélevés, tamisés à 2 mm et séchés à l'air à 21 °C. La fraction des particules supérieure à 2 mm a été pesée et caractérisée comme détrit. Le pH_{eau} a été mesuré dans un rapport sol/eau 1:1 (CPVQ, 1988). Le pH_{tampon} du sol a été déterminé en mélangeant le sol avec une solution SMP. Le contenu en matière organique totale a été calculé selon le contenu en C_{tot} , déterminé au LECO, avec un facteur de conversion de 1,724. La granulométrie a été déterminée par la méthode de l'hydromètre en six points, suivie d'un tamisage des sables (Gee et Bauder, 1986). Le tamisage permet de déterminer la proportion en % du sable très grossier (1,0 à 2,0 mm), du sable grossier (0,50 à 1,0 mm), du sable moyen (0,25 à 0,50 mm), du sable fin (0,10 à 0,25 mm) et du sable très fin (0,05 à 0,10 mm). La texture du sol a été déterminée avec le diagramme triangulaire des classes de texture de sols (AAC, 2002).

3.4.3.2 Masse volumique apparente du sol

Un volume de sol non perturbé, avant le travail du sol, a été prélevé dans l'horizon 6 à 12 cm avec un cylindre de 195,3 cm³. Le sol recueilli a été séché à 105 °C pendant 48 h. Le poids du sol sec a ensuite été rapporté sur le volume du cylindre pour déterminer la masse volumique apparente du sol en g/cm³.

3.4.3.3 Épaisseur de la couche d'humus

L'épaisseur de la couche de matière organique à la surface du sol (litière de surface exclue) a été mesurée le 26 avril 2021 à l'aide de carottes de sol qui ont été prélevées dans les 30 premiers cm. Pour chacune des 36 unités expérimentales considérées, 8 carottes ont été prélevées et utilisées pour calculer une épaisseur moyenne.

3.4.3.4 Pouvoir de minéralisation

Les carottes de sol utilisées pour mesurer l'épaisseur de la couche d'humus ont été utilisées pour mesurer le pouvoir de minéralisation. Une proportion des échantillons composites a été placée en incubation à 25 °C pendant une période de 10 jours. L'extraction et la détermination de l'azote minéral (N-NH₄ et N-NO₃), au KCl 2M au temps 0 et au 11^e jour. L'extraction de l'azote minéral est fournie en mg/kg. Un 2^e échantillonnage de sol a été réalisé les 1^{er} et 2 septembre 2022.

3.4.3.5 *Résistance du sol à la pénétration*

Des mesures ont été effectuées avec un pénétromètre (FieldScout SC 900, Spectrum Technologies). La résistance du sol à la pénétration (diamètre du cône : 1,27 cm) a été rapportée de 0 à 30 cm par incréments de 2,5 cm. Ainsi, pour chaque parcelle du groupe des « 36 U.É. », 3 mesures de résistance à la pénétration ont été effectuées. La moyenne des trois relevés a ensuite été calculée. Cette opération a été réalisée à deux reprises, soit avant l'application des traitements (26 avril 2021) et à la fin du projet (1^{er} et 2 septembre 2022).

3.4.3.6 *Température*

Du 29 avril au 25 octobre 2021 et du 14 mai au 17 août 2022, la température du sol a été mesurée en continu à une profondeur de 10 cm avec des sondes (MX2201, Onset). Ces dernières effectuaient des mesures aux 15 minutes.

3.4.3.7 *Statut hydrique*

Des sondes TDR (CS625 ou CS650, Campbell Scientific) ont été en opération du 28 avril au 5 octobre 2021 et du 14 mai au 17 août 2022 pour mesurer la teneur en eau volumique du sol en continu dans les 30 premiers cm. Elles ont été connectées à des acquiseurs de données (CR300, Campbell Scientific).

3.4.4 Conditions météorologiques et évapotranspiration potentielle (ET_p)

Une station météorologique a été installée au site (48.793232°, -72.547766°). La température et l'humidité relative de l'air (HC-S3, Rotronic), la radiation solaire (LI200S, Li-Cor), la vitesse et la direction du vent (05103, R.M. Young), ainsi que la pluviométrie (TR-525M, Texas Electronics) ont été mesurées en continu et enregistrées par un acquiseur de données (CR1000, CS) relié à modem cellulaire (lpn3Gb, Microhard Systems). Le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ET_p) a été effectué à l'aide de la formule standardisée de Penman-Montheith (ASCE, 2005).

3.4.5 Exportation en eau du système cultural et coefficient cultural « TDR » (K_{c-TDR})

Les sondes TDR utilisées pour le suivi du statut hydrique du sol ont aussi servi pour évaluer l'exportation en eau du système cultural. Ainsi, la variation quotidienne de la teneur en eau volumique dans les 30^{es} cm du sol, pour chacune des sondes TDR, a été rapportée en mm d'eau. La valeur obtenue a été utilisée pour évaluer l'évapotranspiration de la culture (ET_{c-TDR}). Pour y parvenir, la valeur mesurée à 5 h a été soustraite de la valeur mesurée à 20 h. Les valeurs issues de journées où il y a eu des apports en eau (précipitations ou irrigation) et celles au lendemain de ces derniers ont été éliminées. Par la suite, ces exportations (ET_{c-TDR}) ont été mises en relation avec l'évapotranspiration potentielle (ET_p) quotidienne, mesurée avec la station météorologique, pour déterminer un coefficient cultural estimé (K_c) tel que décrit par Allen et coll. (1998).

3.4.6 Hauteur et biomasse des plants

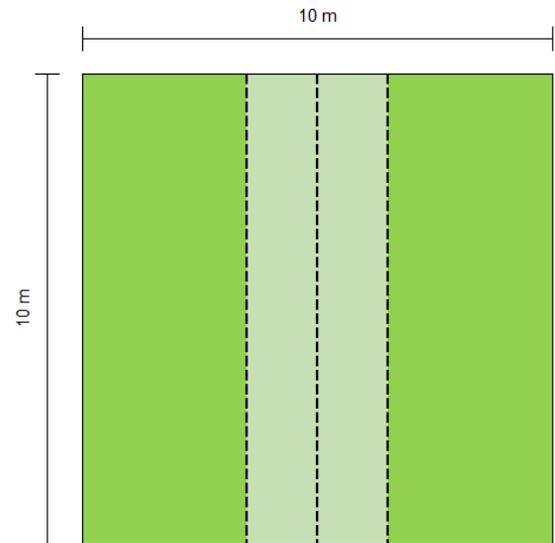
Le 9 septembre 2021, en post-croissance, l'ensemble des parties aériennes présentes sur une surface carrée de 900 cm² a été prélevé dans chacune des 108 U.É. (Figure 4). Préalablement à cette opération, la hauteur moyenne du couvert végétal a été mesurée. Cette biomasse fraîche a ensuite été pesée, puis séchée à 105 °C pendant 48 h pour en déterminer le poids et le pourcentage en matière sèche. Ces mesures ont été réalisées à nouveau les 18 et 19 août 2022, en post-récolte.

3.4.7 Récolte

Les bleuets ont été récoltés mécaniquement le 17 août 2022 avec une cueilleuse tractée (Figure 5 a). Pour chacune des parcelles, 2 bandes de la largeur de la machine (1,51 m) sur une longueur de 10 m ont été récoltées de part et d'autre du centre de la parcelle (Figure 5 b).



a



b

Figure 5. (a) Cueilleuse tractée utilisée pour la récolte et (b) schéma d'une unité expérimentale avec les deux bandes récoltées (b).

3.5 Coûts des interventions

Pour le travail du sol (Trancheuse et Piqueuse) la source d'information a été Les Produits Turf Canada (Juin 2023) pour la valeur à neuf de la machinerie. En ce qui a trait aux coûts pour le système d'irrigation, l'information provient d'une soumission de Dubois Agrinovation (Mai 2023). Alors que pour les engrais, le coût d'achat est celui payé par Bleuets Boréales Normandin au printemps 2023. En ce qui a trait au coût pour épandre l'Acti-Sol, l'AGDEX 233/821 – Canneberges a été utilisé (CRAAQ, 2017). Enfin, l'AGDEX 235/821b – Bleuets nain semi cultivé a été utilisé pour le prix de vente du bleuets et aussi pour déterminer un coût pour le travail du sol (CRAAQ, 2022). Les opérations culturales présentées dans ce budget sont « Broyage forestier » an 1 et an 2 et « Fauchage de finition », dans un contexte d'aménagement et « Fauchage ras » à l'automne, dans un contexte de production. L'option à forfait a été retenue et compte tenu du type de machinerie en présence, les coûts relatifs au « Fauchage de finition » ont été retenus pour représenter ceux pour le travail du sol.

4 Résultats

Les premiers résultats présentés ont trait à la caractérisation du sol. Viendront ensuite ceux qui ont trait aux stades de développement de la culture, les conditions météorologiques et leurs relations avec la gestion des épisodes d'irrigation et l'exportation en eau du système cultural. Il sera aussi question de la croissance des plants et du rendement en fruits. De plus, les relations entre les caractéristiques du sol avec l'exportation en eau et les rendements, ainsi qu'avec le développement des plants et la température du sol seront explorées. Enfin, les coûts engendrés par les interventions seront détaillés sous la forme de scénarios.

4.1 Caractérisation du sol

Les résultats présentés pour la caractérisation du sol ont trait au groupe des « 36 U.É. » (Figure 4). Cette dernière implique une caractérisation de base du sol, du pouvoir de minéralisation de ce dernier, ainsi que sa résistance à la pénétration et sa température.

4.1.1 Caractérisation de base

Globalement, la caractérisation du sol indique que le pH moyen de ce dernier est de 5,0, qu'il a une proportion moyenne de détritits de 8,1 et un contenu moyen en matière organique de 3,8 % (Tableau 1). On apprend également qu'il s'agit d'un sable dont la masse volumique apparente moyenne est de 1,3 g/cm³ et dont la surface est recouverte d'une couche d'humus d'une épaisseur moyenne de 5,4 cm.

Tableau 1. Les pH_{eau} et tampon du sol, ainsi que le pourcentage de détritits et de matière organique (M.O.), la granulométrie, la texture et la masse volumique apparente (MVA) du sol et l'épaisseur de la couche d'humus en surface (moyennes « Groupe des 36 U.É. »).

pH _{eau}	pH _{SMP}	Détritits	M.O.	Sable très gros	Sable gros	Sable moyen	Sable fin	Sable très fin	Limon gros	Limon moyen	Limon fin	Sable	Limon	Argile	Texture	MVA (g/cm ³)	Épaisseur humus (cm)
5,0	5,9	8,1	3,8	8,6	39,8	26,8	10,5	5,7	0,4	1,1	1,7	91,3	3,2	5,5	Sable	1,3	5,4

4.1.2 Pouvoir de minéralisation

Le pouvoir de minéralisation du sol est présenté au Tableau 2. Les résultats indiquent un pouvoir de minéralisation très faible.

Tableau 2. La teneur moyenne en N-NH₄ et en N-NO₃ au moment de l'échantillonnage et après une incubation de 10 jours selon l'année – « Groupe des 36 U.É. ».

Année	N-NH ₄ (mg/kg)		N-NO ₃ (mg/kg)	
	0 jour	10 jours	0 jour	10 jours
2021	0,146	0,307	0,009	0,001
2022	0,380	0,313	0,000	0,000

4.1.3 Résistance du sol à la pénétration

Au moment de réaliser la première campagne de mesures de la résistance du sol à la pénétration, celui-ci n'avait pas été travaillé. Les résultats sont présentés à la Figure 6 selon le travail de sol qui a été assigné aux parcelles afin de faciliter la comparaison avec les résultats de la deuxième campagne de mesures en 2022. Au moment de débiter le projet, cette résistance était de 1561 à 1604 kPa, pour le 0-15 cm, de 2994 à 3060 kPa, pour le 15-30 cm et de 2278 à 2337 kPa, pour le 0-30 cm.

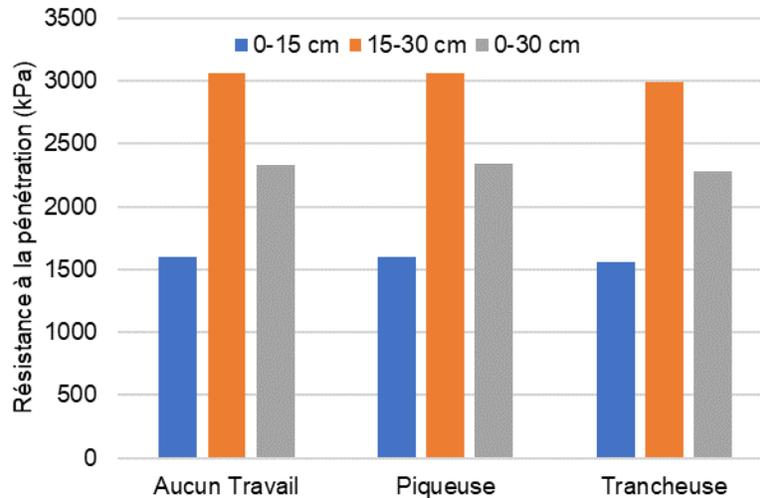


Figure 6. Résistance du sol à la pénétration (kPa) selon le travail* du sol et l'horizon en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».

*Aucun travail de sol n'avait été réalisé au moment d'effectuer les mesures au « Temps 0 ».

Les résultats de la deuxième campagne de mesures sont présentés à la Figure 7, selon le travail de sol. La résistance du sol à la pénétration dans l'horizon 0-15 cm a respectivement été de 1427, 1345 et 1080 kPa, en moyenne pour : « Aucun travail », « Piqueuse » et « Trancheuse ». Toujours dans le même ordre, des valeurs moyennes de 2888, 2669 et 2502 kPa ont été mesurées dans l'horizon 15-30 cm. Enfin, des valeurs moyennes de 2153, 2010 et 1799 kPa ont été mesurées dans l'horizon 0-30 cm, respectivement dans le sol pour « Aucun travail », « Piqueuse » et « Trancheuse ».

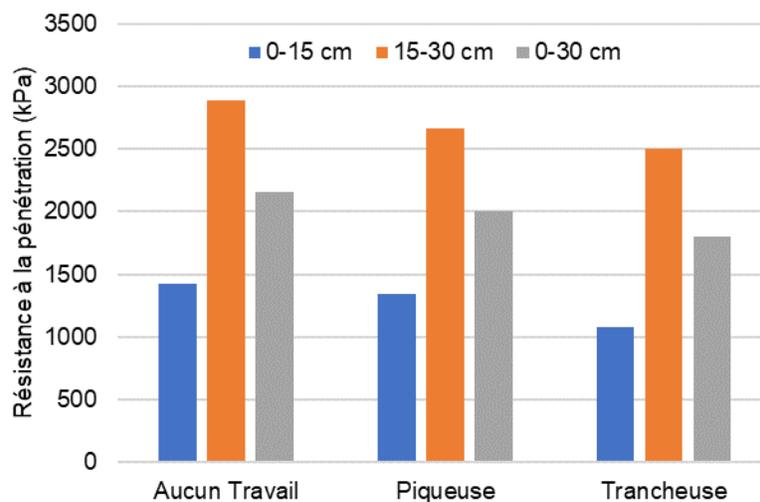


Figure 7. Résistance du sol à la pénétration (kPa) selon le travail du sol et l'horizon en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».

4.1.4 Température du sol en 2021

La chronique de la température moyenne du sol est présentée, selon le travail du sol, sur une base quotidienne et regroupée mensuellement du 1^{er} mai au 31 juillet à la Figure 8 et à la Figure 9 du 1^{er} août au 25 octobre à la Figure 9. En observant cette chronique, un regroupement en six périodes est possible. La période 1 débute le 1^{er} mai, soit le point de départ. À ce moment, les températures moyennes maximales tendent à être plus élevées pour « Aucun travail ». Cette période se termine le 8 juin, où un changement de profil s'observe pour les valeurs moyennes maximales de température atteinte pour le sol « Trancheuse ». Cette deuxième période prend fin vers le 22 juin où l'on distingue mieux les trois traitements ayant trait au travail de sol. Cette distinction s'atténue entre le 1^{er} et le 31 août qui devient la période 4, pour devenir très discrète du 1^{er} septembre au 16 octobre, qui devient ainsi la période 5. Enfin, à partir du 17 octobre, une baisse généralisée de la température du sol s'observe jusqu'à la fermeture du site le 25 octobre (Période 6).

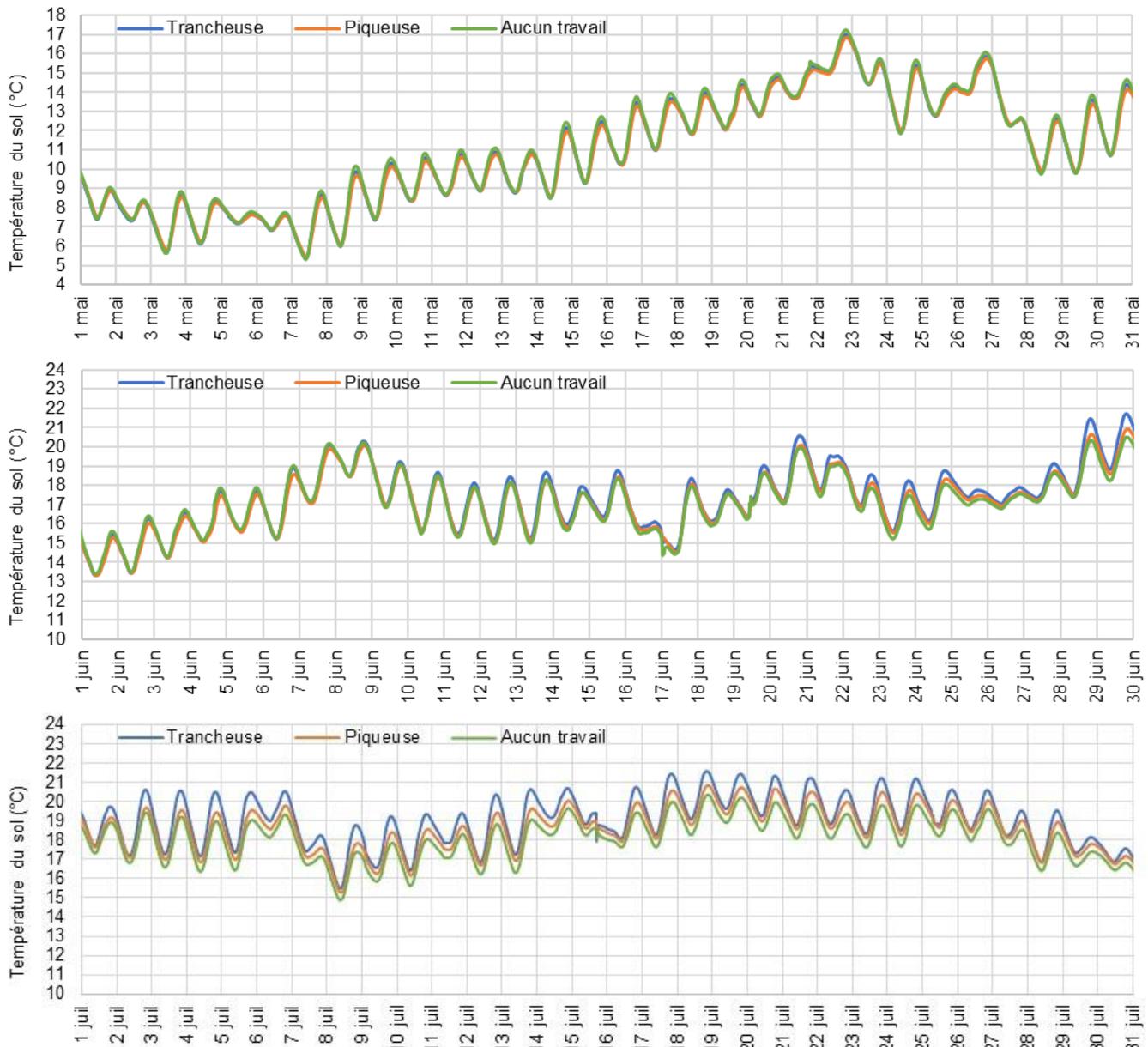


Figure 8. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 1^{er} mai au 31 juillet 2021.

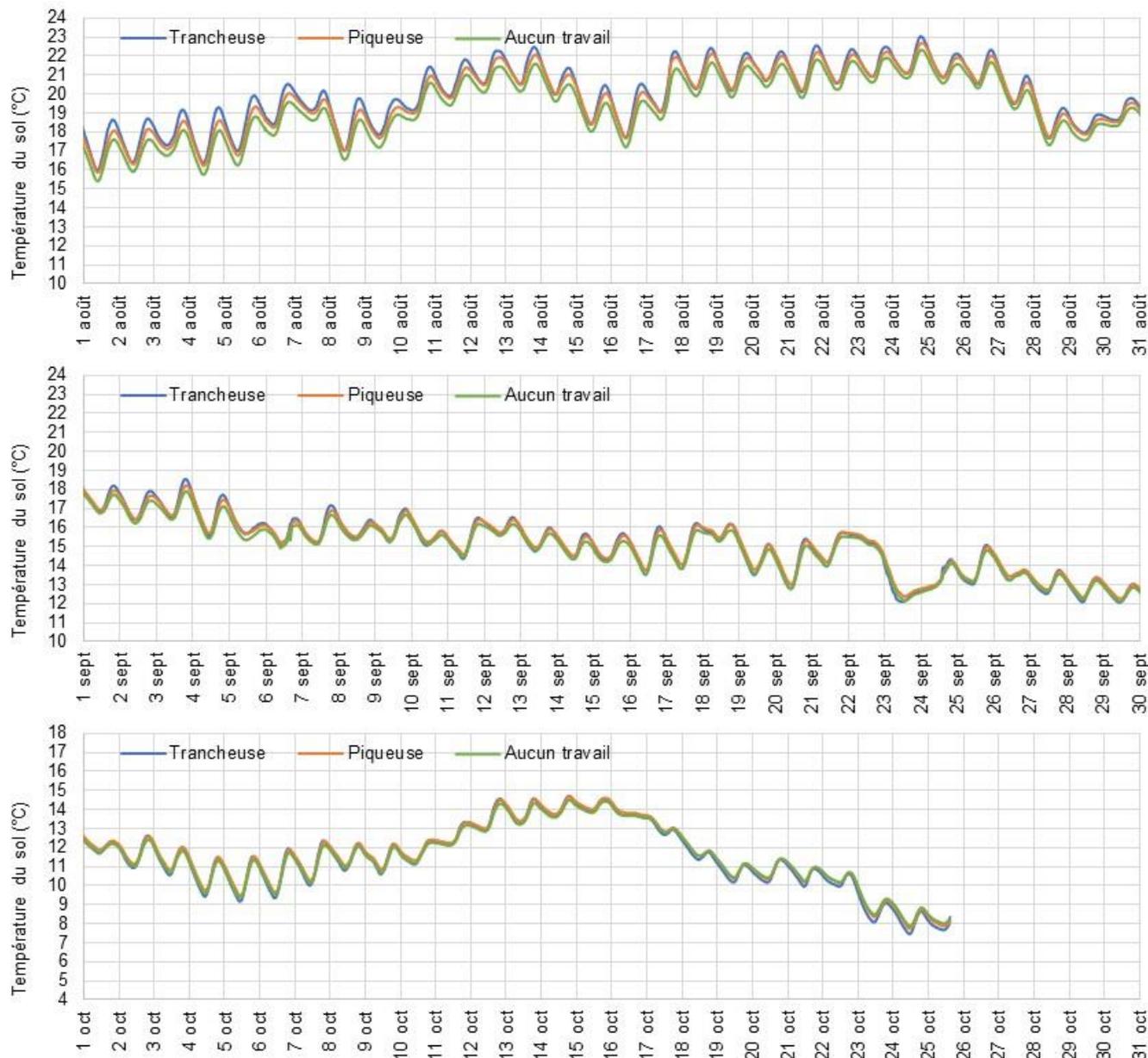


Figure 9. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 1^{er} août au 25 octobre 2021.

4.1.5 Température du sol en 2022

La chronique de la température moyenne du sol est présentée, selon le travail du sol, sur une base quotidienne et regroupée mensuellement du 13 mai au 17 août 2022 à la Figure 10. En observant cette chronique, un regroupement en trois périodes est possible. La période 1 débute le 13 mai, soit le point de départ. À ce moment, les températures moyennes maximales tendent à être plus élevées avec « Aucun travail ». Cette période se termine le 31 mai, où un changement de profil s’observe pour les valeurs moyennes maximales de température atteinte pour le sol « Trancheuse ». Cette deuxième période prend fin vers le 21 juin où l’on distingue mieux les trois traitements ayant trait au travail de sol. Cette distinction se poursuit tout au long de la période 3 et prend fin avec la récolte le 17 août.

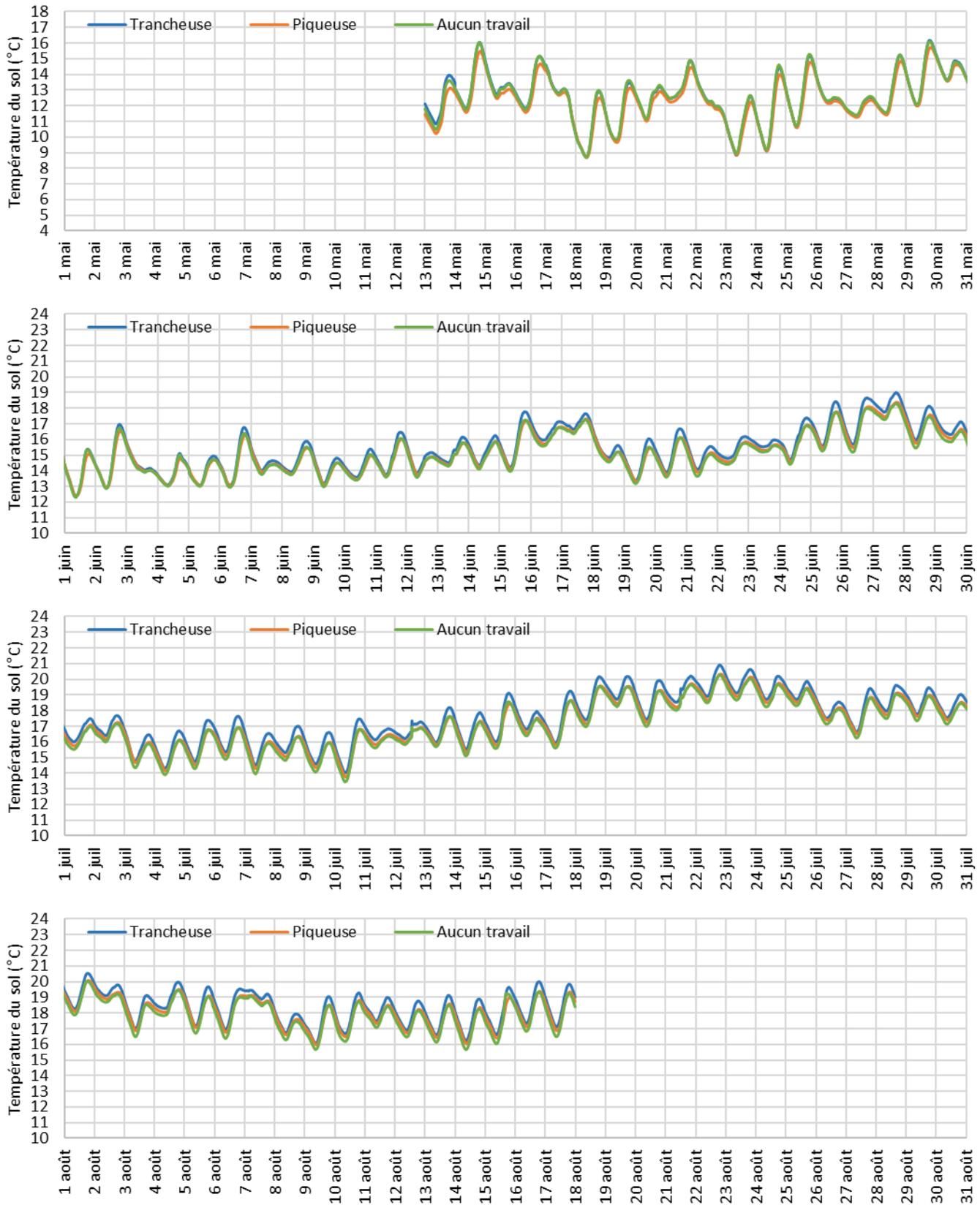


Figure 10. Chronique de la température moyenne du sol (°C) présentée selon le travail du sol du 13 mai au 17 août 2022.

La température du sol a été regroupée en une valeur moyenne pour chacune des 6 périodes identifiées en 4.1.4 pour 2021 (Figure 11). Le même exercice a été effectué pour la valeur de température minimale (Figure 12) et celle maximale (Figure 13) qui ont été atteintes quotidiennement pour chacune des périodes considérées. Globalement, la température moyenne du sol tend à être plus élevée lorsque ce dernier a été travaillé, surtout pour les périodes 3 (P3) et 4 (P4).

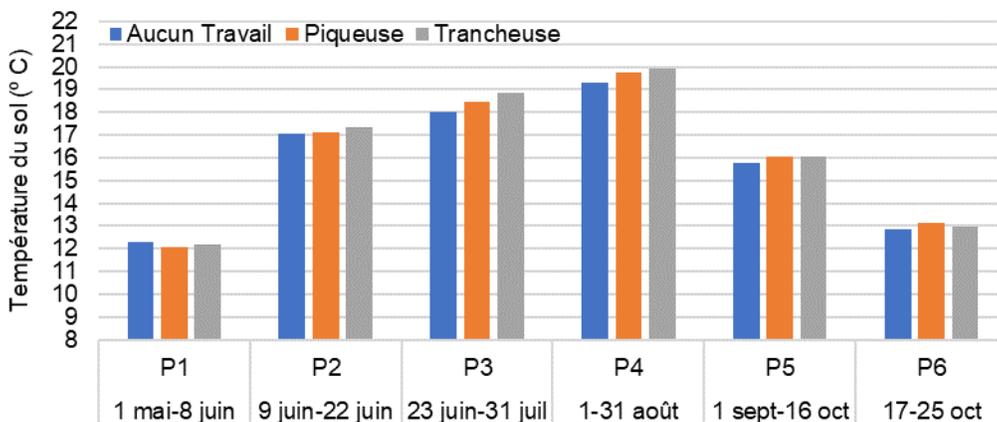


Figure 11. Température moyenne du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».

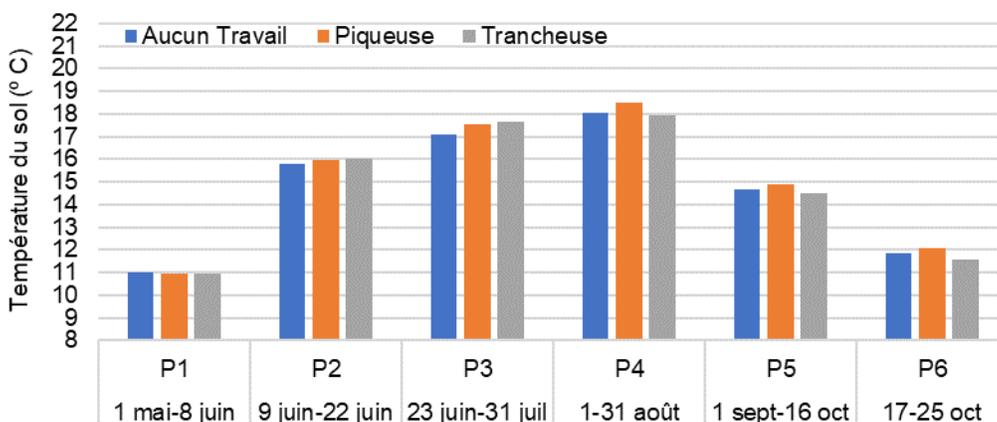


Figure 12. Température moyenne minimale du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».

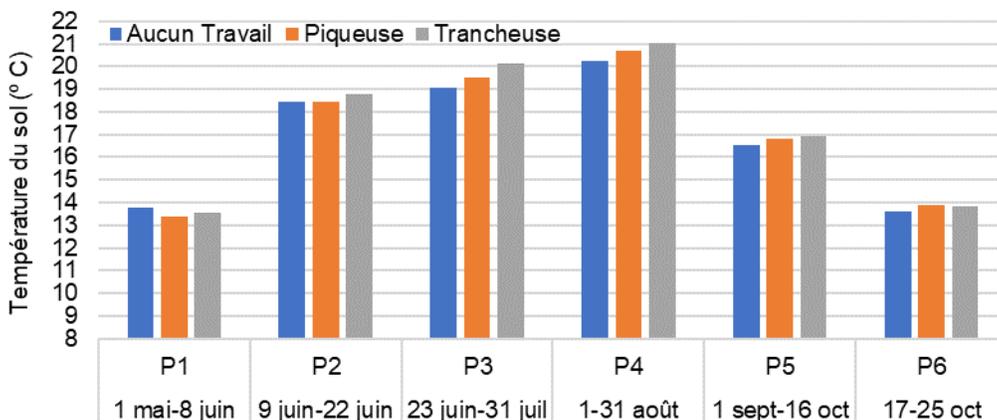


Figure 13. Température moyenne maximale du sol selon le travail du sol et la période en 2021 – « Groupe des 36 U.É. ».

La température du sol qui a été mesurée en continu dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » a été regroupée en une valeur moyenne pour chacune des trois périodes identifiées en 4.1.5 pour 2022 (Figure 14). Le même exercice a été effectué pour la valeur de température minimale (Figure 15) et celle maximale (Figure 16) qui ont été atteintes quotidiennement pour chacune des périodes considérées. Une année après que le sol ait été travaillé, la tendance à une température moyenne plus élevée est moins présente. Cependant, cet effet semble encore présent pour le sol ayant été travaillé avec la « Trancheuse », surtout pour la 3^e période (P3-P4).

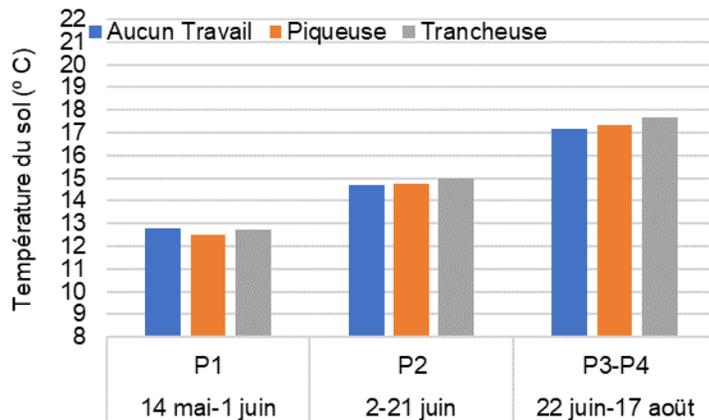


Figure 14. Température moyenne du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».

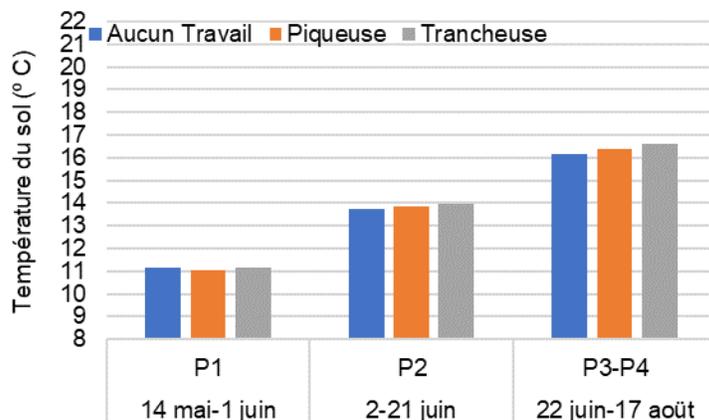


Figure 15. Température moyenne minimale du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».

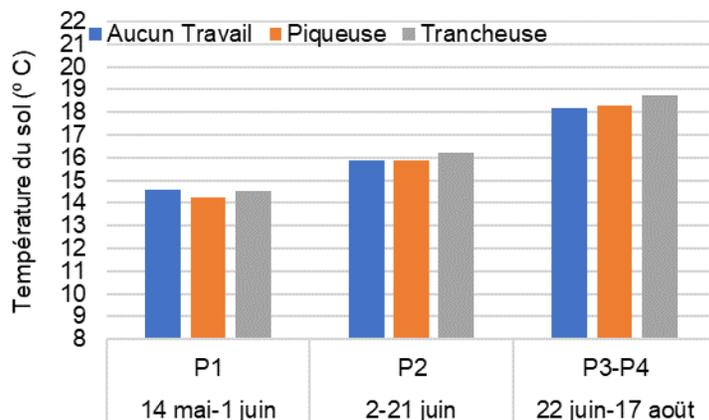


Figure 16. Température moyenne maximale du sol selon le travail du sol et la période en 2022 – « Groupe des 36 U.É. ».

4.2 Stades de développement de la culture

Le développement de la culture, en année de végétation et de production, a été observé à différentes dates et ces observations sont consignées au Tableau 3.

Tableau 3. Stade de développement de la culture selon la date d'observation.

Cycle production	Date d'observation	Stade phénologique	Photo
Végétation (2021)	27 avril	Dormance	Figure 42
	13 mai	Dormance	Figure 43
	9 juin	Émergence à croissance active	
	28 juin	Croissance active	
	22 juillet	Croissance active	Figure 17
	10 septembre	Aoûtement semble différent zone irriguée	Figure 44
	5 octobre		Figure 45
	26 octobre		Figure 46
Production (2022)	12 mai	Gonflement bourgeons	Figure 47
	1 ^{er} juin	Floraison	Figure 48
	14 juillet	Fruit vert	Figure 49
	17 août	Fruit mature-récolte	

L'effet de la « Trancheuse » sur le développement végétatif est bien visible au 22 juillet 2021 (Figure 17 a), comparativement à un couvert végétal « Aucun Travail » (Figure 17 b). En effet, la croissance végétative s'est concentrée au point où le sol a été tranché.

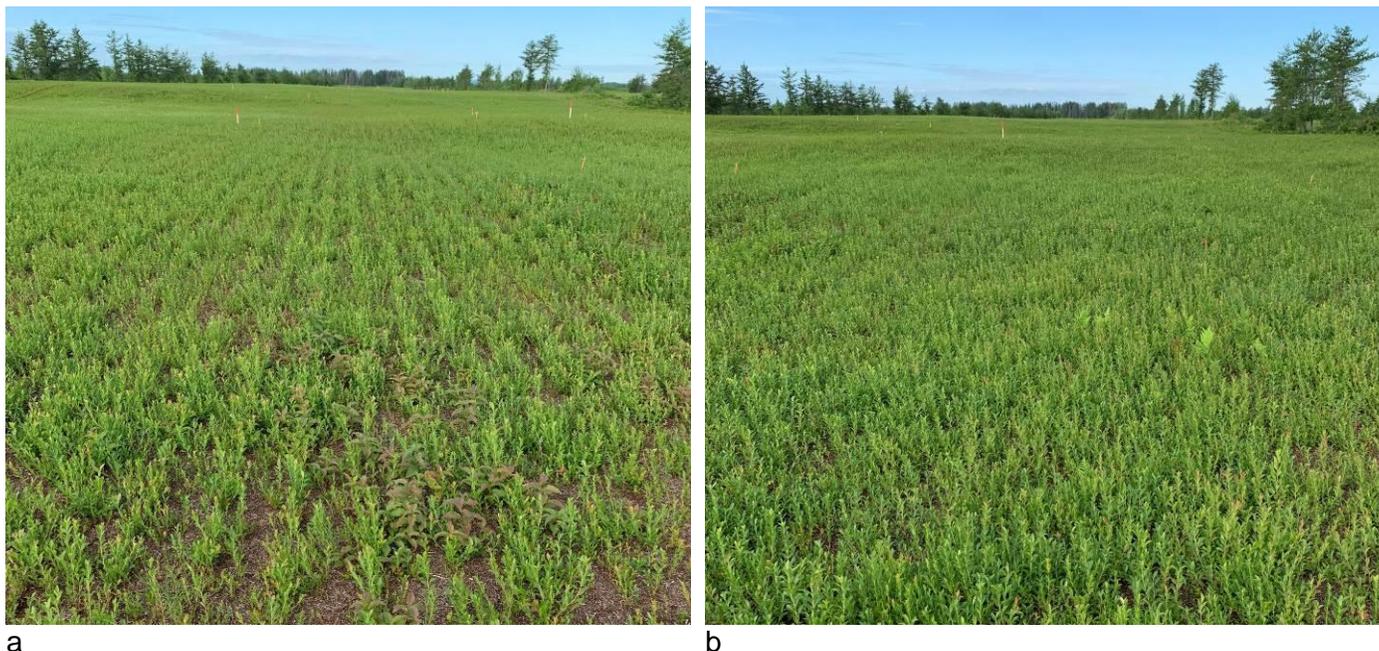


Figure 17. Couvert végétal au 22 juillet 2021 : (a) « Trancheuse » et (b) « Aucun Travail ».

4.3 Apport et exportation en eau

4.3.1 Précipitations

Entre le 1^{er} mai et le 3 octobre 2021, la pluviométrie cumulative a légèrement dépassé le seuil des 350 mm (Figure 18). Il s'agit d'un apport total, dont la hauteur valorisable par la culture est certainement inférieure. Par exemple, une proportion des 87 mm reçus les 22, 23 et 24 septembre dépassent largement la capacité de rétention en eau du sol et ont eu lieu à un moment où la saison est presque terminée. La période comprise entre le 17 juillet et le 4 septembre est particulièrement épargnée par les précipitations. Durant ces 50 jours, 44 mm de précipitations ont été mesurés, ce qui représente une moyenne quotidienne de 0,8 mm. Pour 2022, la pluviométrie est présentée à partir du 1^{er} mai, jusqu'au moment de la récolte, le 17 août (Figure 19). Durant cette période, un peu plus de 360 mm ont été mesurés, ce qui est comparable au total pour la saison 2021, mais pour 109 jours au lieu de 156. Il est à noter que les 80 mm reçus les 15, 16 et 17 mai et les 44 mm reçus peu de temps après (26 et 27 mai), dépassent largement la capacité de rétention en eau du sol, ce qui affecte à la baisse la hauteur qui a eu un potentielle d'être valorisée par la culture.

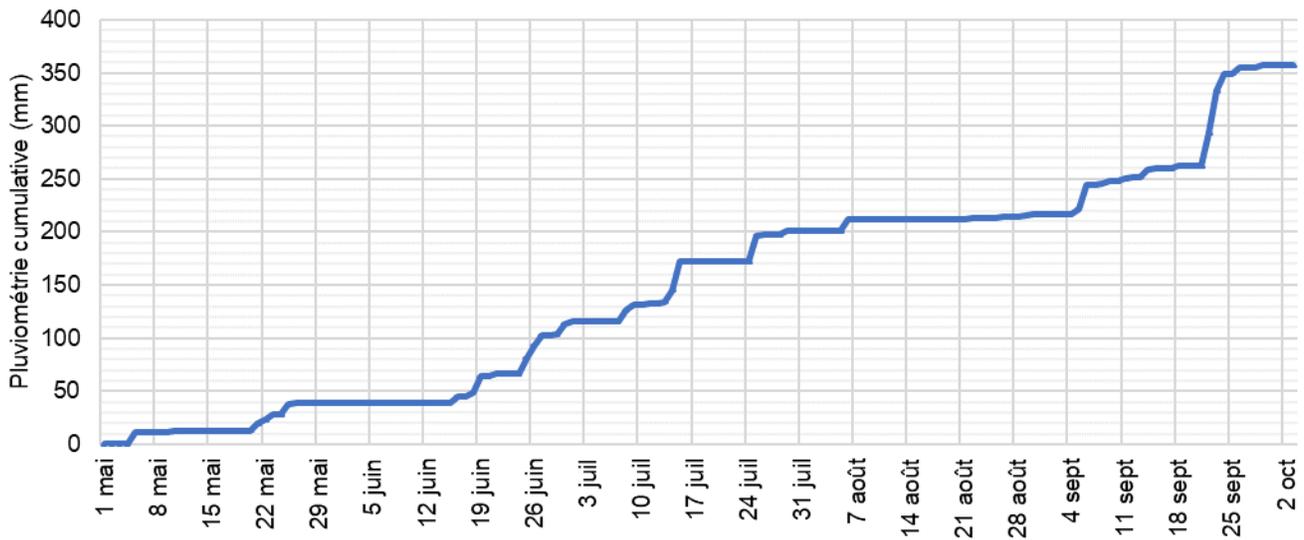


Figure 18. Pluviométrie cumulative du 1^{er} mai au 6 octobre 2021.

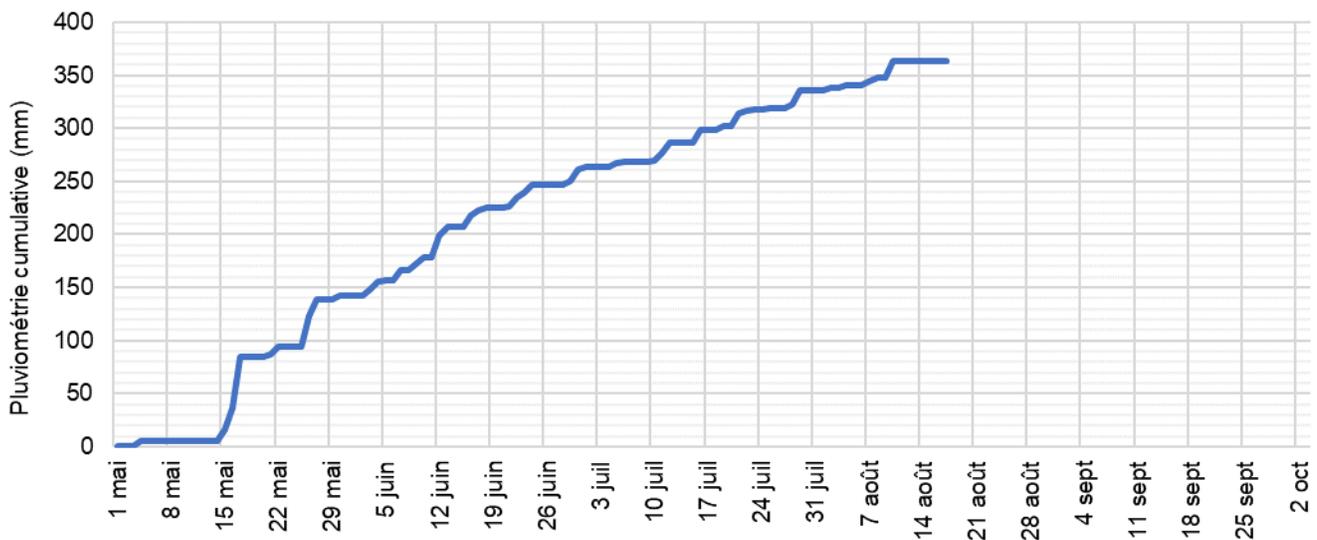


Figure 19. Pluviométrie du 13 mai au 17 août 2022.

4.3.2 Irrigation

En 2021, il y a eu 10 épisodes d'irrigation (Tableau 4) qui ont apporté un total de 234 mm d'eau. À l'échelle d'un ha, cette hauteur d'eau correspond à un volume de 2340 m³. En 2022, le système d'irrigation a été déclenché à 4 reprises, pour un apport total en eau de 78 mm (780 m³/ha) (Tableau 5). Il est à noter que le premier épisode a été scindé en deux apports compte tenu d'un bris de la pompe le 4 juillet.

Tableau 4. Registre des épisodes d'irrigations en 2021 (Date, durée et hauteur totale).

Date	Durée (minutes)	Hauteur moyenne (mm)
4 juin	187	21,5
10 juin	231	26,6
17 juin	226	26,0
6 juil.	151	17,4
20 juil.	190	21,9
2 août	242	27,8
13 août	203	23,3
17 août	230	26,5
23 août	115	13,2
30 août	262	30,1
Cumulatif	2037	234,3

Tableau 5. Registre des épisodes d'irrigations en 2022 (Date, durée et hauteur totale).

Date	Durée (minutes)	Hauteur moyenne (mm)
4 et 5 juil.*	150	17,3
15 juil.	185	21,3
1 août	180	20,7
15 août	164	18,9
Cumulatif	2037	78,2

4.3.3 Exportation en eau du système cultural

4.3.3.1 Saison 2021

L'évolution de la teneur en eau volumique du sol dans une parcelle avec irrigation (B3) et une autre sans irrigation (C24) est présentée à la Figure 20. Ces deux parcelles n'ont eu « Aucun travail » de sol et ont été fertilisées « Engrais Végétation + Production ». Une période d'intérêt débute le 17 juillet, soit après un apport en eau de 38 mm provenant des précipitations cumulatives du 14 et du 15 juillet (Figure 18). Durant les 50 jours qui suivent, 44 mm de pluie ont été mesurés. Durant cette période, l'exportation totale en eau mesurée par les TDR en contexte irrigué a été de 168 mm, alors qu'elle a été de 50 mm en contexte non irrigué. La différence s'explique par une diminution de la disponibilité en eau à la culture qui culmine à la mi-août, alors qu'il n'y a pratiquement plus d'eau disponible pour la culture. Durant cette période, 6 épisodes d'irrigation (20 juillet et les 2, 13, 17, 23, 30 août), totalisant un apport en eau de 142 mm (Tableau 4), viennent s'additionner aux 44 mm reçus via les précipitations.

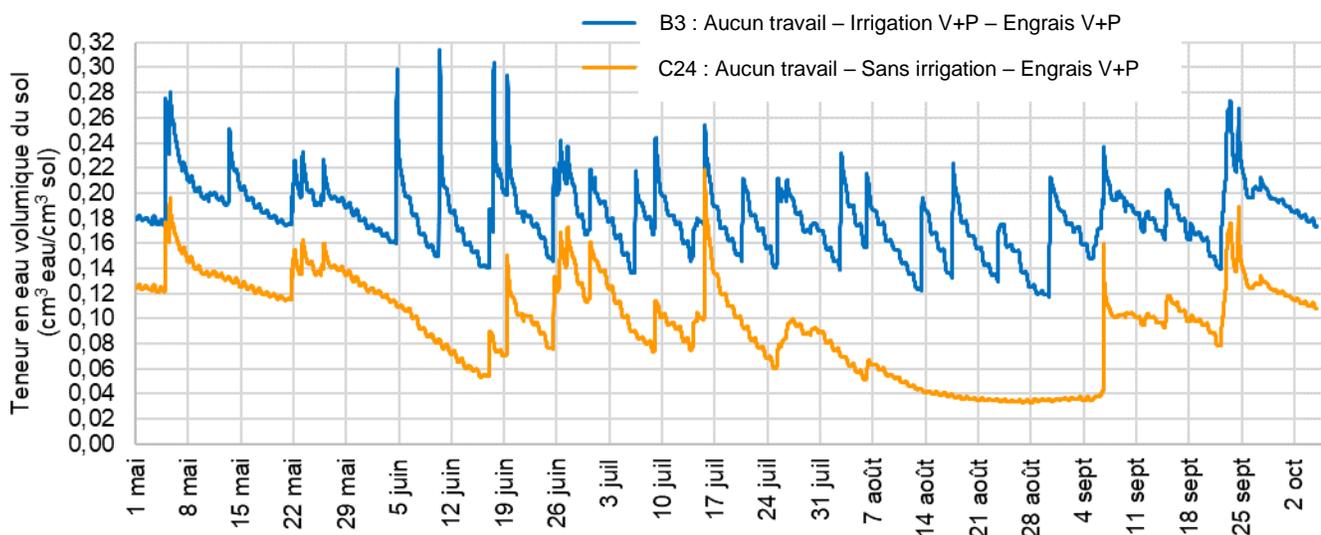


Figure 20. Évolution du statut hydrique du sol en contexte avec (B3) et sans irrigation (C24) du 1^{er} mai au 3 octobre 2021.

4.3.3.2 Saison 2022

L'évolution de la teneur en eau volumique du sol dans une parcelle avec irrigation (B3) et une autre sans irrigation (C24) est présentée à la Figure 21. Ces deux parcelles n'ont eu « Aucun travail » de sol et ont été fertilisées « Engrais Végétation + Production ». La saison 2022 a été moins propice à l'atteinte d'un statut hydrique du sol qui justifie un déclenchement de l'irrigation. Le système d'irrigation a été déclenché à quatre reprises, soit les 4-5 juillet, 15 juillet, 1^{er} août et 30 août (Tableau 5), comparativement à 10 reprises en 2021 (Tableau 4). La période la plus critique pour la culture débute le 1^{er} août et dure 7 jours. Durant cette période, 20 mm d'eau ont été exportés dans les 30 premiers cm du système cultural en contexte irrigué, comparativement à 5 mm en contexte sans irrigation. Une autre période propice au stress hydrique a eu lieu du 4 au 11 juillet.

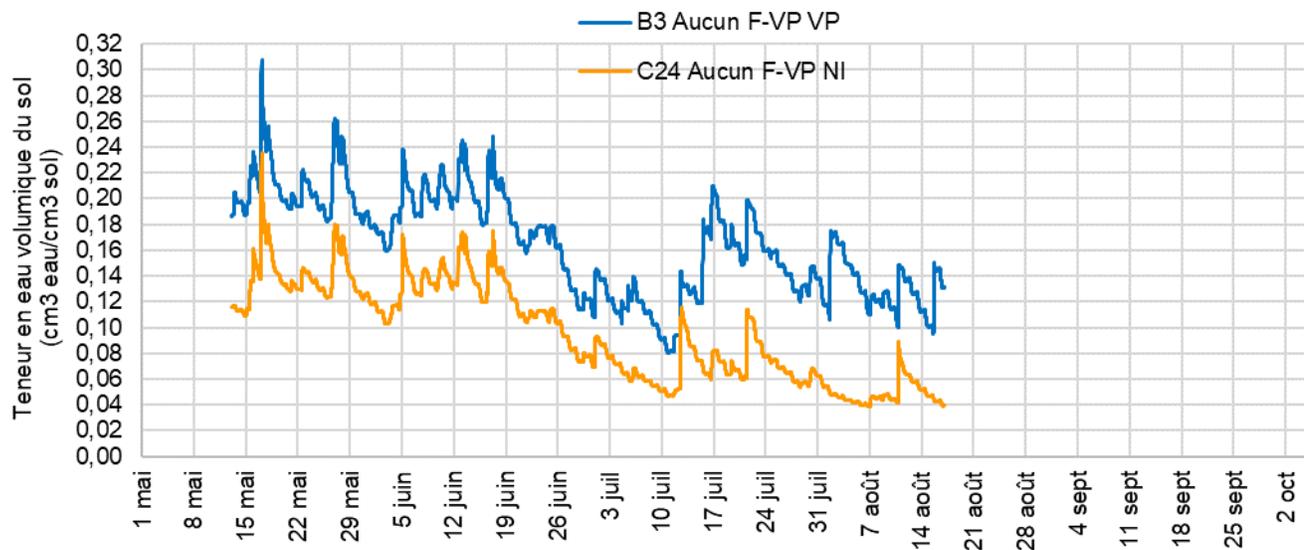


Figure 21. Évolution du statut hydrique du sol en contexte avec (B3) et sans irrigation (C24) du 1^{er} mai au 17 août 2022.

4.3.3.3 Coefficient cultural « TDR » (K_{C-TDR})

Des coefficients culturaux « TDR » (K_{C-TDR}) ont été mesurés du 1^{er} mai au 3 octobre 2021 et du 15 mai au 17 août 2022 dans les 36 parcelles qui ont fait l'objet d'un suivi plus exhaustif. Ces K_{C-TDR} sont présentés selon une valeur moyenne pour la période couverte et selon le traitement (Tableau 6). Le nombre moyen de jours où une valeur de K_{C-TDR} a pu être mesurée est indiqué. Ce dernier est inférieur au nombre total de jours compris durant la période étant donné qu'il est impossible d'obtenir une valeur K_{C-TDR} lors d'une journée où il y a un apport en eau au sol (précipitations ou irrigation), ainsi que le lendemain de cet apport.

Présenté selon le travail du sol, le K_{C-TDR} a tendance à diminuer en 2021 lorsqu'il y a eu un travail du sol et cette tendance s'accroît avec la « Trancheuse ». Cette tendance n'a pas été observée en 2022, où les valeurs de K_{C-TDR} semblent comparables (0,46). Les valeurs plus élevées en 2022 comparativement à 2021 peuvent s'expliquer par la période couverte qui est plus longue en 2021. La moyenne est d'abord affectée à la baisse par les valeurs plus basses mesurées à l'automne. De plus, en année de végétation, il y a absence de matériel végétal aérien au début de la saison, ce qui affecte aussi à la baisse la moyenne.

Les valeurs de K_{C-TDR} en 2021 et 2022 sont plus élevées avec « Irrigation Végétation + Production ». Ce traitement a été le seul à bénéficier de l'irrigation en année de végétation, ce qui a pu se traduire par une plus grande capacité de transpiration de la culture.

Tableau 6. Coefficient cultural moyen (K_{C-TDR}) pour la période considérée selon l'année et le travail de sol.

	2021	2022
	1 ^{er} mai au 3 octobre	15 mai au 17 août
Période couverte		
N ^{bre} jours moyens avec valeur de K_{C-TDR} durant la période	67	29
K_{C-TDR} moyen pour la période selon le travail du sol		
Aucun travail	0,34	0,46
Piqueuse	0,32	0,46
Trancheuse	0,29	0,46
K_{C-TDR} moyen pour la période selon l'irrigation		
Sans irrigation	0,28	0,41
Irrigation Production	0,25	0,42
Irrigation Végétation + Production	0,41	0,55

4.4 Biomasse des plants (post-croissance 2021)

Le travail du sol (T), l'irrigation (I) et l'engrais (E) ont tous eu un effet simple significatif sur le poids moyen en biomasse des parties aériennes en post-croissance (année de végétation) à respectivement $p < 0,001$, $p < 0,01$ et $p < 0,001$ (Tableau 7). L'interaction à deux voies (T x E) a aussi eu un effet significativement différent ($p < 0,01$), tout comme celle à trois voies ($p \leq 0,1$). Par conséquent, cette dernière sera retenue pour discuter des résultats (Figure 22).

Tableau 7. Biomasse moyenne en post-croissance 2021, analyse de la variance (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).

Traitement	Khi-carré	dl.	P > Khi-carré
Travail du sol (T)	65,4022	2	< 0,001
Irrigation (I)	13,3466	2	0,0013
Engrais (E)	22,3210	2	< 0,001
T x I	4,8955	4	0,2982
T x E	16,5094	4	0,0024
I x E	7,1566	4	0,1278
T x I x E	14,1166	8	0,0788

L'ensemble des contrastes sont présentés au Tableau 20 en annexe et 26 d'entre eux sont significatifs à $p \leq 0,1$. Il en ressort que le poids moyen en biomasse des plants dont le sol a été travaillé est généralement plus faible que ceux qui ont cru en contexte de sol non travaillé. L'absence d'apport d'engrais amplifie l'effet attribué au travail du sol. L'effet du travail du sol a été atténué en contexte où les plants ont été maintenus en situation de confort hydrique (irrigation en végétation et en production), et ce, tant avec la piqueuse, qu'avec la trancheuse, lorsque combiné à un ajout d'engrais.

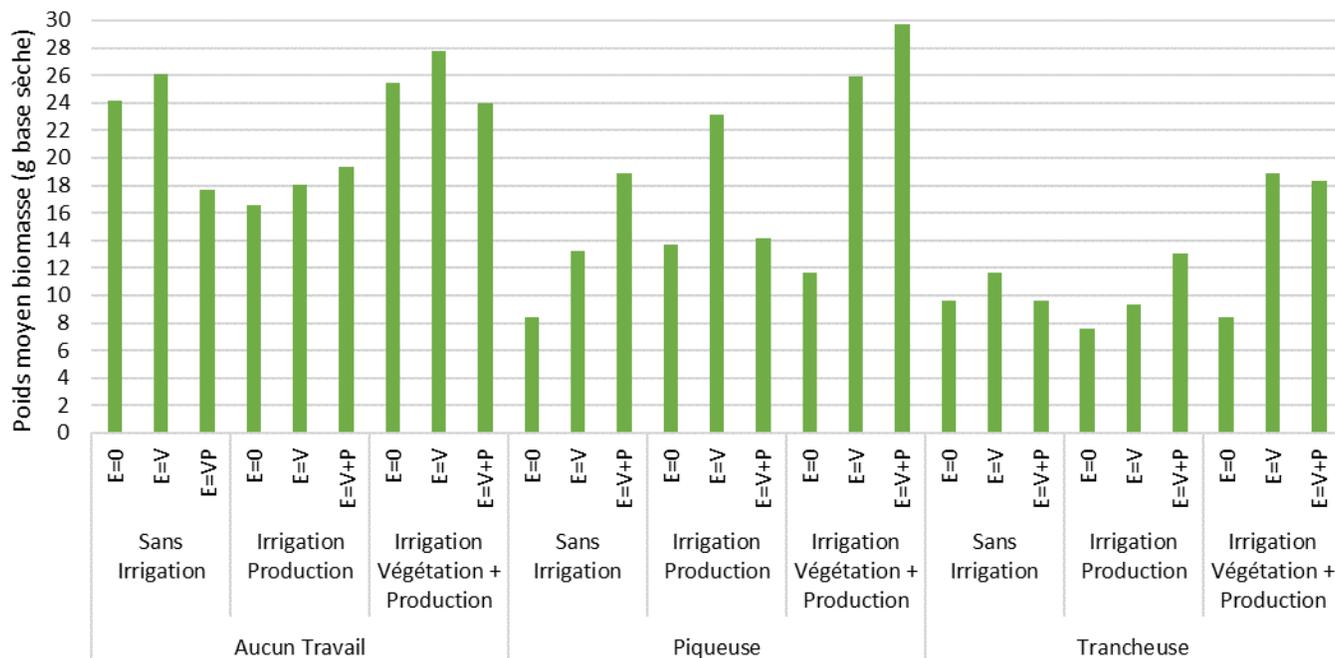


Figure 22. Poids moyen (g base sèche) de la biomasse aérienne selon la combinaison de traitements au 18 août 2021.

4.5 Hauteur des plants (post-récolte 2022)

Le travail du sol (T), l'irrigation (I) et l'engrais (E) ont tous eu un effet simple significativement différent sur la hauteur moyenne des plants en post récolte à respectivement $p < 0,001$, $p < 0,01$ et $p < 0,05$ (Tableau 8). L'interaction à deux voies (I x E) a aussi eu un effet significativement différent sur la hauteur des plants ($p \leq 0,1$), tout comme celle à trois voies ($p \leq 0,01$). Par conséquent, cette dernière sera retenue pour discuter des résultats (Figure 23).

Tableau 8. Hauteur moyenne des plants en post-récolte 2022, analyse de la variance (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).

Traitement	Khi-carré	dl.	P > Khi-carré
Travail du sol (T)	33,4353	2	< 0,001
Irrigation (I)	9,7370	2	0,0077
Engrais (E)	6,3462	2	0,0419
T x I	4,3586	4	0,3596
T x E	7,5803	4	0,1082
I x E	9,4273	4	0,0513
T x I x E	21,2211	8	0,0066

Globalement, la hauteur moyenne des plants en post-récolte a été plus basse lorsque le sol a été travaillé et plus spécifiquement avec la trancheuse. D'ailleurs, 17 des 19 contrastes significatifs, présentés au Tableau 21 en annexe, impliquent la trancheuse.

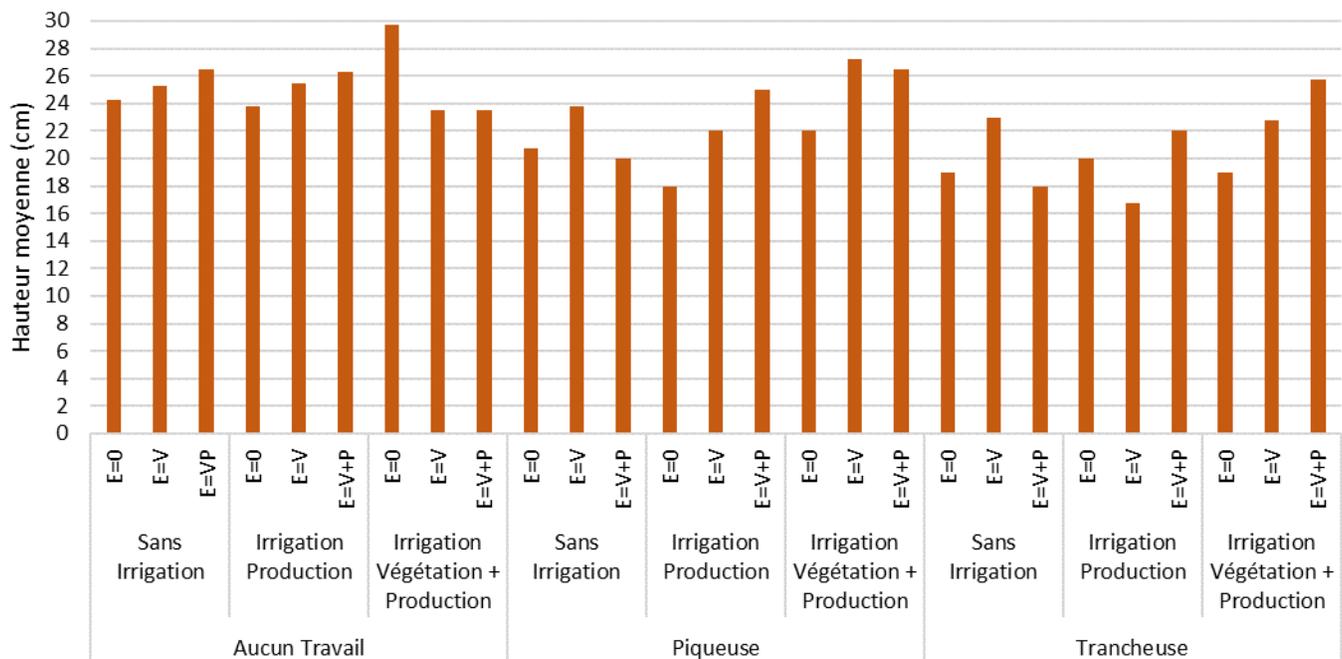


Figure 23. Hauteur moyenne des plants (cm) de la biomasse aérienne selon la combinaison de traitements au 18 août 2022.

4.6 Rendement total en fruits

Le travail du sol et l'irrigation ont eu un effet simple significatif sur le rendement en fruits à $p < 0,01$, alors qu'aucun effet significatif n'a été obtenu avec l'engrais (Tableau 9). Aucune des interactions à deux et trois voies ne sont significatives. Comme le modèle avec ces interactions est complexe, ce dernier a été simplifié et les résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) sont présentés au Tableau 10. Dans le modèle simplifié retenu, seuls les traitements en effet simple du travail du sol (T) et de l'irrigation (I) ont été retenus, et c'est sous cette forme qu'ils sont présentés à la Figure 24.

Tableau 9. Analyse de la variance ayant trait aux résultats obtenus pour le rendement en fruits (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle).

Traitement	Khi-carré	dl.	P > Khi-carré
Travail du sol (T)	11,1359	2	0,0038
Irrigation (I)	9,9230	2	0,0070
Engrais (E)	1,8379	2	0,3990
T x I	6,5339	4	0,1627
T x E	4,6047	4	0,3303
I x E	6,1855	4	0,1857
T x I x E	12,5567	8	0,1280

Tableau 10. Analyse de la variance ayant trait aux résultats obtenus pour le rendement en fruits (Test de Khi-carré de Wald de type 2 sur le modèle simplifié sélectionné).

Traitement	Khi-carré	dl.	P > Khi-carré
Travail du sol (T)	21,7048	2	< 0,001
Irrigation (I)	46,669	2	< 0,001

Le rendement total moyen estimé (kg/ha) du modèle simplifié est présenté à la Figure 24 où seuls les traitements ayant eu un effet sur le rendement ont été conservés (l'irrigation et le travail du sol). Les traitements « Irrigation Végétation + Production » ont globalement obtenus de meilleurs rendements, suivi de « Irrigation Production » et de « Sans irrigation ». La trancheuse diminue les rendements dans tous les types de régie d'irrigation. Avec une régie conventionnelle (sans irrigation et sans travail du sol), les rendements atteignent 4414 kg/ha, c'est 2 845 kg/ha de moins qu'une régie irriguée et sans travail, à 7259 kg/ha.

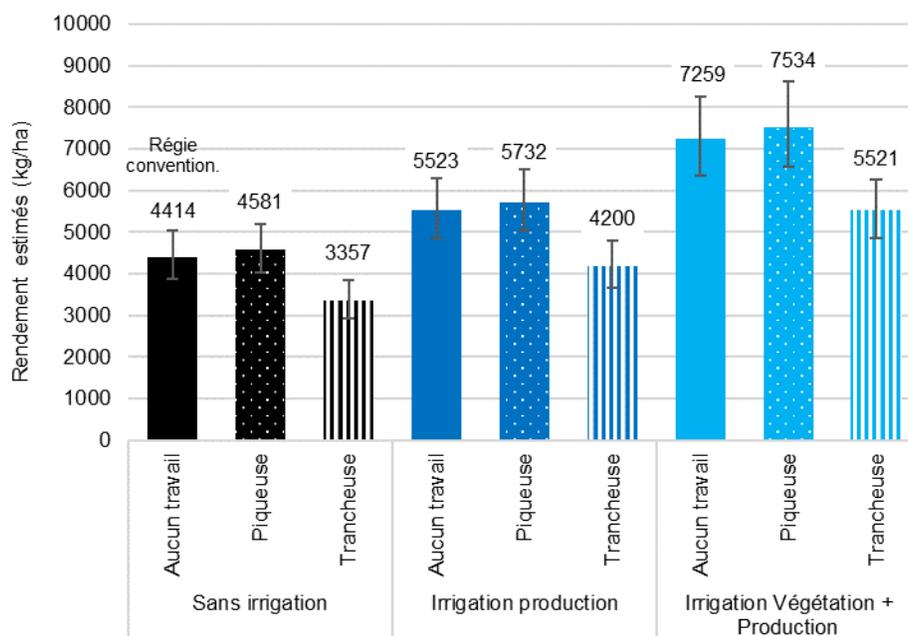


Figure 24. Rendements totaux en fruits (kg/ha) des estimés du modèle simplifié selon le travail du sol. Les barres d'erreurs représentent un intervalle de confiance de 95 %.

Les estimés moyens par type de traitement, soit irrigation et travail, ont aussi été évalués séparément. Les différences statistiques ont été déterminées avec le test de Tukey avec un intervalle de confiance de 95 % (tableau résultats non présentés).

Comparativement à une régie sans irrigation, l'irrigation a augmenté le rendement de 25 % en Production ($p = 0,0001$) et de 65 % en Végétation + Production ($p = 0,0006$) (Tableau 11). La trancheuse a eu un effet néfaste et a réduit le rendement d'environ 30 % ($p = 0,0006$), comparativement à l'absence de travail (Tableau 12).

Tableau 11. Contrastes « Irrigation ».

Contraste	Ratio	dl.	T ratio	Valeur de p
I=Aucun / I=Production	0,799	207	-3,096	0,0063
I=Aucun / I=Végétation et Production	0,608	207	-6,820	< 0,0001
T=Production / I=Végétation et Production	0,761	207	-3,776	0,0006

Tableau 12. Contrastes « Trancheuse ».

Contraste	Ratio	dl.	T ratio	Valeur de p
T=Aucun / T=Piqueuse	0,963	207	-0,514	0,8644
T=Aucun / T=Trancheuse	1,315	207	3,765	0,0006
T=Piqueuse / T=Trancheuse	1,365	207	4,272	0,0001

4.6.1 Constats

Les constats issus de l'analyse statistique sur le rendement sont les suivants :

- Aucune interaction n'est ressortie significative entre les trois facteurs à l'étude (Irrigation, Travail du sol, Fertilisation).
- Aucun effet significatif d'avoir apporté de l'engrais.
- L'irrigation a augmenté le rendement et l'effet a été maximisé si les apports ont eu lieu les deux années (Végétation + Production). Autrement dit, l'absence d'irrigation a été limitative pour les rendements.
- Le travail du sol conséquent à la trancheuse a réduit le rendement.

4.7 Caractéristiques du sol, exportation en eau et rendements en fruits « Groupe des 36 U.É. »

Le pH_{eau} du sol mesuré dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » (décrit en 3.4.3) a été mise en relation avec le rendement total en fruits mesuré dans celles-ci. Dans un premier temps, les 12 U.É. avec « Trancheuse » ont été exclues de cette relation qui est présentée à la Figure 25, car ce traitement a été identifié comme un facteur limitatif au rendement (Section 4.6). Le coefficient de détermination obtenu (R^2) de 0,43 ($p \leq 0,001$) propose que plus le pH_{eau} du sol est plus acide, plus le rendement est élevé.

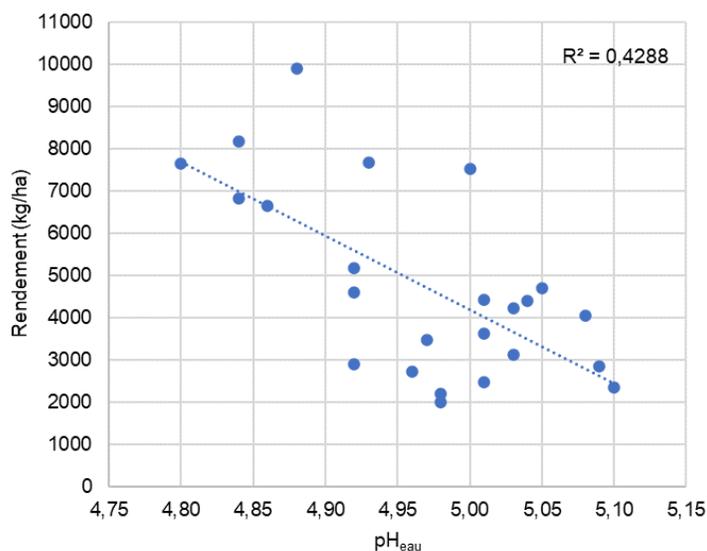


Figure 25. Relation entre le pH_{eau} du sol et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.

Dans un deuxième temps, 8 U.É. supplémentaires, soient celles « Sans Irrigation » ont été exclus de la relation présentée à la Figure 25 et le résultat est présenté à la Figure 26. Ce traitement a été identifié comme un facteur limitatif au rendement (Section 4.6). Le coefficient de détermination obtenu (R^2) de 0,60 ($p \leq 0,001$) propose qu'en absence des facteurs limitatifs conséquents à la « Trancheuse » et au stress hydrique « Sans Irrigation », il est plus facile de constater l'effet du pH_{eau} sur le rendement. Le rendement tend à être plus élevé lorsque le pH_{eau} du sol est plus acide.

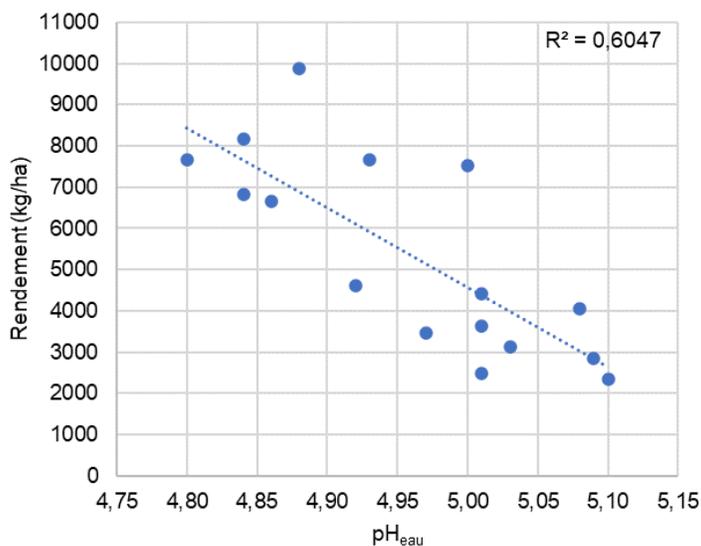


Figure 26. Relation entre le pH_{eau} du sol et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

Le pH_{eau} du sol mesuré dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » a été mise en relation avec le coefficient cultural (K_{C-TDR}) mesuré dans celles-ci en année de végétation (2021). Les U.É. avec « Trancheuse » et « Sans Irrigation » ont été exclus de cette relation qui est présentée à la Figure 27, pour les mêmes raisons que celles qui ont été mentionnées précédemment. Le coefficient de détermination obtenu (R^2) de 0,18 ($p \leq 0,1$) indique tout au plus une tendance à un K_{C-TDR} plus élevé, lorsque le pH_{eau} est plus acide. Maintenant, lorsque cette relation implique les K_{C-TDR} qui ont été mesurés en année de production (Figure 28) le R^2 est suffisamment élevé (0,41) ($p \leq 0,01$) pour y accorder de l'intérêt, à savoir qu'il semble y avoir une relation entre un pH_{eau} plus acide et un K_{C-TDR} plus élevé.

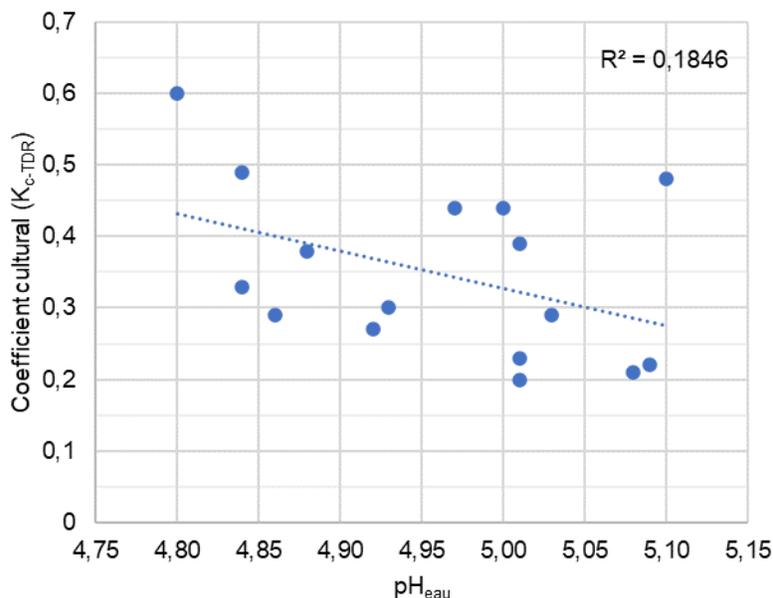


Figure 27. Relation entre le pH_{eau} du sol et le K_{C-TDR} de 2021 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

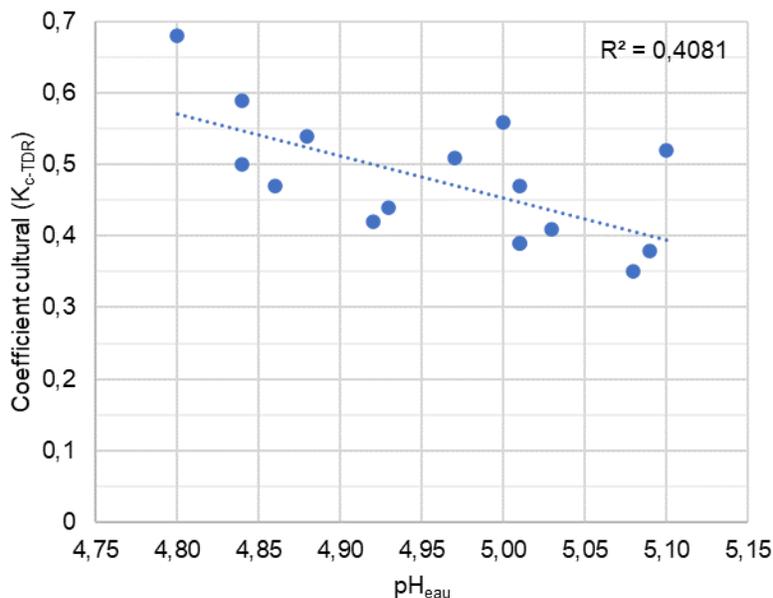


Figure 28. Relation entre le pH_{eau} du sol et le K_{C-TDR} de 2022 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

Le coefficient cultural (K_{C-TDR}) mesuré dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » en année de végétation (2021) a été mis en relation avec le rendement en fruits mesuré dans celles-ci. Les U.É. avec « Trancheuse » et « Sans Irrigation » ont été exclus de cette relation qui est présentée à la Figure 29, pour les mêmes raisons que celles qui ont été mentionnées pour la relation présentée à la Figure 26. Le coefficient de détermination obtenu (R^2) de 0,09 ($p = 0,2720$) ne présente pas beaucoup d'intérêt. Maintenant, lorsque cette relation implique les K_{C-TDR} qui ont été mesurés en année de production (Figure 30) le R^2 est suffisamment élevé (0,29) ($p \leq 0,05$) pour y accorder de l'intérêt, à savoir qu'il semble y avoir une relation entre un rendement plus élevé et un K_{C-TDR} plus élevé.

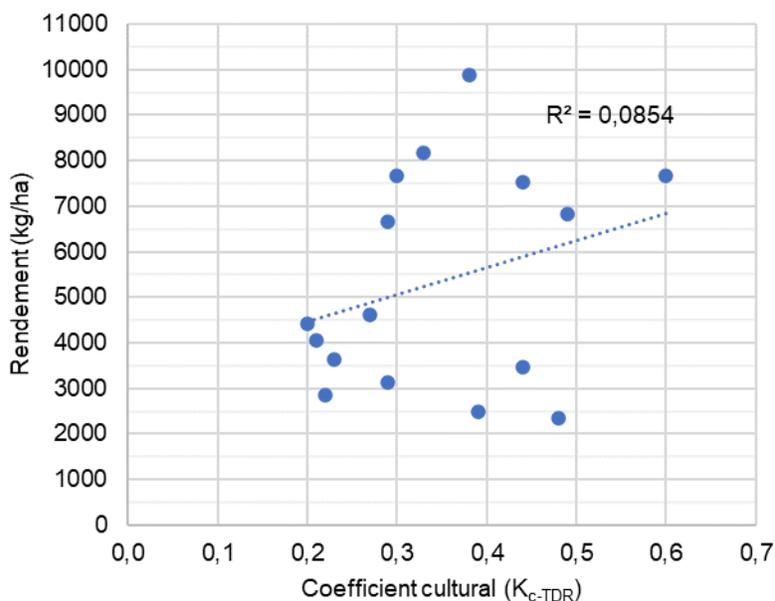


Figure 29. Relation entre le K_{C-TDR} de 2021 et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

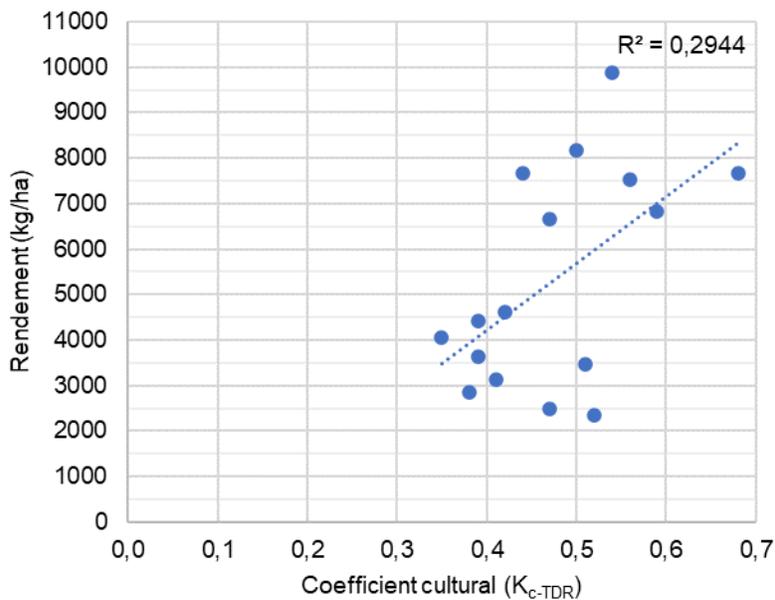


Figure 30. Relation entre le K_{C-TDR} de 2022 et le rendement en fruits – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

Le coefficient cultural (K_{C-TDR}) mesuré dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » en année de végétation (2021) et en année de production (2022) a été mis en relation avec la biomasse aérienne mesurée dans celles-ci. Les U.É. avec « Trancheuse » et « Sans Irrigation » ont été exclues de cette relation qui est présentée à la Figure 31 (2021) et à la Figure 32 (2022), pour les mêmes raisons que celles qui ont été mentionnées pour la relation présentée à la Figure 26. Les coefficients de régression obtenus (R^2) de 0,43 ($p \leq 0,01$) et 0,41 ($p \leq 0,01$), respectivement pour 2021 et 2022 sont suffisamment élevés pour y accorder de l'intérêt, à savoir qu'il semble y avoir une relation entre une biomasse plus élevée et un K_{C-TDR} plus élevé.

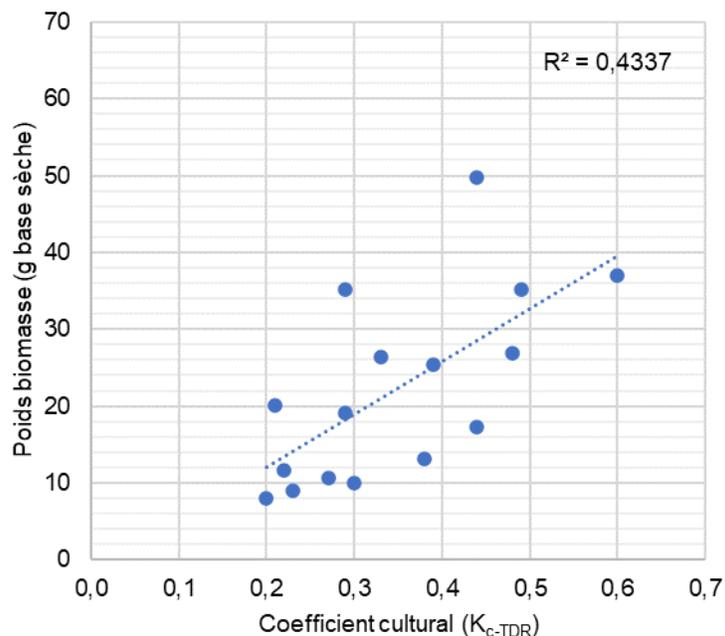


Figure 31. Relation entre le K_{C-TDR} de 2021 et la biomasse aérienne de 2021 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

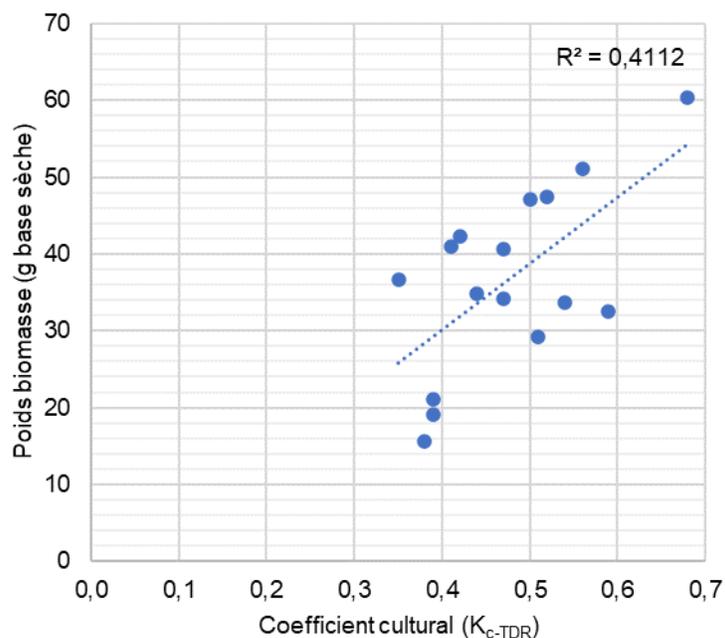


Figure 32. Relation entre le K_{C-TDR} de 2022 et la biomasse aérienne de 2022 – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » et « Sans Irrigation » exclus.

4.8 Caractéristiques du sol, stades de développement de la culture et température du sol

La température du sol qui a été mesurée en continu dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » a été d'abord été regroupées en une valeur moyenne (Moy.) pour chacune des 6 périodes identifiées en 4.1.4, pour 2021 et pour chacune des 3 périodes identifiées en 4.1.5. Le même exercice a été effectué pour la valeur de température minimale (Min.) et celle maximale (Max.) qui a été atteinte quotidiennement pour chacune des périodes considérées. Ces moyennes de température du sol (Moy., Min. et Max.) selon la période et pour chacune des U.É. ont été mises en relation avec l'épaisseur de la couche d'humus dans l'U.É. correspondante. Les U.É. avec « Trancheuse » ont été exclues de cette relation compte tenu de son impact marqué sur la température du sol (Figure 8, Figure 9 et Figure 10). Les coefficients de détermination (R^2) obtenus sont présentés au Tableau 13 pour 2021 et au Tableau 14 pour 2022. Les valeurs de R^2 obtenues pour les périodes 1 et 2 en année de végétation (2021), sont suffisamment élevées pour y accorder de l'intérêt. Cette relation indique que plus la couche d'humus est mince, plus les valeurs moyennes de température du sol, les valeurs maximales moyennes et minimales moyennes tendent à être élevées. Les R^2 obtenus à partir de la période 3, indiquent une absence de relation. Cette période coïncide avec la croissance active du couvert végétal (Tableau 3). En année de production, où une proportion de la biomasse (tiges et bourgeons) est déjà en place, le recouvrement de la surface du sol par le couvert végétal est plus rapide, les R^2 obtenus sont donc plus faibles (Tableau 14).

Tableau 13. Coefficient de détermination (R^2) issu de la mise en relation entre la température moyenne (Moy., Min. et Max.) du sol pour une période donnée (2021) et l'épaisseur de la couche d'humus – Groupe des 36 U.É., « Trancheuse » exclue.

	Période	Température moyenne du sol		
		Moy.	Min.	Max.
P1	1 mai-8 juin	0,34**	0,35**	0,21*
P2	9-22 juin	0,37**	0,33**	0,21*
P3	23 juin-31 juil.	0,03	0,04	0,05
P4	1-31 août	0	0	0
P5	1 sept.-16 oct.	0	0,05	0
P6	17-25 oct.	0	0,02	0

*, ** Significatifs aux seuils 0,05 et 0,001, respectivement.

Tableau 14. Coefficient de détermination (R^2) issu de la mise en relation entre la température moyenne (Moy., Min. et Max.) du sol pour une période donnée (2022) et l'épaisseur de la couche d'humus – Groupe des 36 U.É., « Trancheuse » exclue.

	Période	Température moyenne du sol		
		Min.	Max.	Moy.
P1	14 mai-1 juin	0,11	0,18*	0,17*
P2	2-21 juin	0,18*	0,10	0,13†
P3-P4	22 juin-17 août	0	0	0

†, * Significatifs aux seuils 0,1 et 0,05, respectivement.

Les valeurs quotidiennes de température maximale du sol dans chacune des unités expérimentales (U.É.) du groupe des « 36 » ont été regroupées en une valeur moyenne pour chacune des 6 périodes identifiées en 4.1.4, pour 2021 et pour chacune des 3 périodes identifiées en 4.1.5. Ces moyennes de température maximale du sol selon la période et pour chacune des U.É. ont été mises en relation avec la proportion de sable grossier (0,5 à 1 mm) mesurée dans l'U.É. correspondante. Les U.É. avec « Trancheuse » ont été exclues de cette relation compte tenu de son impact marqué sur la température du sol (Figure 8, Figure 9 et Figure 10). La proportion de sable grossier varie entre 22 et 57 % (Tableau 18). Les coefficients de détermination (R^2) obtenus sont présentés au Tableau 15 pour 2021 et au Tableau 16 pour 2022. Les valeurs de R^2 obtenues pour les périodes 3 à 6 en année de végétation (2021) et celles obtenues pour la dernière période de 2022, sont suffisamment élevées pour y accorder de l'intérêt. Cette relation indique que plus la proportion de sable « grossier » est élevée, plus la température maximale atteinte quotidiennement est basse.

Tableau 15. Coefficient de détermination (R^2) issu de la mise en relation entre la température moyenne maximale du sol pour une période donnée (2021) et la proportion de sable grossier – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.

	Période	R^2
P1	1 mai-8 juin	0,02
P2	9-22 juin	0,06
P3	23 juin-31 juil.	0,29**
P4	1-31 août	0,36**
P5	1 sept.-16 oct.	0,34**
P6	17-25 oct.	0,45***

, * Significatifs aux seuils 0,01 et 0,001, respectivement.

Tableau 16. Coefficient de détermination (R^2) issu de la mise en relation entre la température moyenne maximale du sol pour une période donnée (2022) et la proportion de sable grossier – Groupe des 36 U.É. « Trancheuse » exclue.

	Période	R^2
P1	14 mai-1 juin	0
P2	2-21 juin	0,09
P3-P4	22 juin-17 août	0,37**

** Significatif à 0,01.

4.9 Coûts engendrés avec les interventions

Le profil de bleuetière retenue pour évaluer les coûts engendrés par les interventions a une superficie de 20 ha, où annuellement, 50 % de la superficie est en végétation et 50 % est en production. Dans un premier temps, les coûts retenus pour l'engrais, le travail du sol et l'irrigation sont présentés. Par la suite, des scénarios de revenus et de coût sont présentés selon les contextes étudiés avec l'irrigation. Étant donné qu'aucun gain de rendement n'a été obtenu avec le travail de sol et l'engrais, seulement des scénarios de coût sont présentés.

4.9.1 Engrais

Quantité d'Acti-Sol : 544 kg/ha à 319 \$/500 kg. Coût pour l'épandage de fertilisants présenté dans le budget pour les canneberges biologiques a été retenu et il s'élève à 5,64 \$/ha (tracteur de 60 HP).

4.9.2 Travail du sol

La valeur à neuf des équipements utilisés est présentée à titre informatif. Pour la « Trancheuse », soit « Imants modèle EQU SW210 Shockwave » le coût à l'achat est de 38 000 \$. Pour la « Piqueuse » soit « Toro modèle 09935 ProCore SR72 » le coût est de 56 000 \$. En ce qui a trait à l'utilisation de cette machinerie, le coût pour un fauchage de finition à forfait a été retenu et ce dernier s'élève à 373 \$/ha (CRAAQ, 2022).

4.9.3 Irrigation

Deux scénarios de coût sont présentés pour l'irrigation. Soit un premier où le système d'irrigation devra être déplacé et où intervenir avec l'irrigation se limite à l'année de production. Le deuxième scénario implique un système fixe où intervenir avec l'irrigation est possible en végétation et en production.

4.9.3.1 *Scénario 1 - Système d'irrigation par aspersion déplaçable qui permet de couvrir 10 ha en année de production*

Approvisionnement

- Pompe PTO avec tracteur 125 HP
- 150 m de la source d'eau
- Tuyaux d'aluminium et 300 gicleurs
- 164 000 \$ + transport + taxes
- 16 400 \$/ha

4.9.3.2 *Scénario 2 - Système d'irrigation par aspersion enfoui qui permet de couvrir 20 ha, soit l'ensemble du cycle de production (végétation et production)*

Approvisionnement

- Pompes (2) électriques 150 HP
- 150 m de la source d'eau
- Tuyau HDPE (...) et 600 gicleurs
- 304 174\$ + transport + taxes
- 15 209 \$/ha

Autres coûts

- Ligne électrique : +/- 30 000 à 40 000 \$/km
- Installation électrique à la station de pompage : +/- 5000 à 10 000 \$
- Fusion des tuyaux : +/- 35 000 \$
- Enfouissement des tuyaux : +/- 10 000 \$
- Total max : 95 000 \$
- 4500 \$/ha

4.9.3.3 Scénarios de revenus selon qu'il y ait ou non possibilité d'intervenir avec l'irrigation

Les rendements moyens obtenus selon le que le contexte ait été « Sans irrigation », « Irrigation Production » et « Irrigation VG+P » (irrigation en végétation et en production) sont présentés au Tableau 17. Un revenu conséquent au rendement obtenu est présenté pour un ha ainsi que pour 10 ha.

Tableau 17. Revenu conséquent au rendement obtenu selon que le contexte ait été « Sans irrigation », « Irrigation Production » et « Irrigation VG+P ».

	« Sans Irrigation »	« Irrigation Production »	« Irrigation VG + P »
Rendement moyen mesuré (kg/ha)	4114	5523	7259
Revenu/ha à 1,63 \$/kg	6706 \$	9002 \$	11 832 \$
Revenu pour 10 ha	67 058 \$	90 025 \$	118 833 \$

4.9.4 Coût pour apporter de l'engrais en production

À raison d'un coût de 319 \$/500 kg d'Acti-Sol et une dose de 544 \$/ha, cela représente 3471 \$ pour couvrir les 10 ha en année de production. Auquel s'ajoute un coût de 5,64 \$/ha pour l'application ou 56 \$ pour 10 ha. Le coût total estimé pour l'opération est donc de 3527 \$.

4.9.5 Coût pour intervenir avec un travail de sol

À raison d'un coût estimé à 373 \$/ha pour intervenir avec une « Piqueuse » ou une « Trancheuse » avec une formule à forfait, le coût pour 10 ha est de 3730 \$.

5 Analyse et discussion selon les objectifs

5.1 Améliorer les conditions environnementales ayant trait au sol (température, densité apparente et statut hydrique et nutritionnel) afin d'en favoriser le pouvoir de minéralisation.

Globalement, le travail du sol a eu un impact sur la température de celui-ci. Cet effet a pu être mesuré pour certaines périodes en 2021 et 2022 et l'amplitude de celui-ci est différente selon qu'il s'agisse de la « Piqueuse » ou de la « Trancheuse ». Cet effet est attribuable à l'impact négatif qu'a eu le travail du sol sur le développement de la biomasse aérienne (Figure 17 et Figure 22). Avant l'émergence des ramets en 2021, les températures moyennes ont été comparables (Figure 11). S'il faut attendre des mesures quantitatives à l'automne pour constater l'effet de la « Piqueuse » sur la biomasse aérienne, ceux de la « Trancheuse » sont rapidement devenus observables à l'œil nu (Figure 17 a). Laissant davantage de surface de sol directement exposée au soleil, la température moyenne tend à être plus élevée avec la « Trancheuse » du 23 juin au 31 août (Figure 11) et du 22 juin au 17 août (récolte) en 2022. Cette tendance s'observe aussi avec la « Piqueuse », mais de façon plus faible. Cet effet connu, les unités expérimentales (U.É.) avec « Trancheuse » ont été exclues des relations qui ont été effectuées entre les différents paramètres mesurés dans le groupe des « 36 U.É. ».

Durant la période qui précède le développement de la biomasse aérienne, la surface du sol est davantage exposée aux rayons du soleil et dans ces conditions, l'épaisseur de la couche d'humus a eu un effet sur la température du sol et cet effet est particulièrement présent en année de végétation (Tableau 13 et Tableau 14). Plus cette couche est mince, plus la température moyenne du sol tend à être élevée. Les ramets doivent émerger du sol et entrer en croissance active avant d'agir comme un « parasol ». La période où la surface du sol est exposée est plus longue en année de végétation, car en saison de production, il y a déjà du matériel ligneux qui a été produit l'année précédente, sur lequel la croissance peut rapidement démarrer.

Une fois le couvert végétal bien développé, soit après la fin juin, cette couche d'humus n'a plus d'effet mesurable sur la température moyenne du sol. À ce moment, la proportion du sable grossier, qui varie entre 22 et 57 % de la granulométrie totale, devient un facteur qui explique en partie les températures moyennes de sol observées (Tableau 15 et Tableau 16). Cette relation indique que plus la proportion de sable grossier est élevée, plus les températures maximales moyennes atteintes sont basses.

Le travail du sol a permis de diminuer la résistance du sol à la pénétration. Les valeurs obtenues avant le travail du sol (temps témoin) ont été comparables entre les traitements (avril 2021), ce qui était souhaitable. Globalement, les valeurs moyennes ont été près de 1500 kPa pour l'horizon 0-15 cm et près de 3000 kPa pour l'horizon 15-30 cm (Figure 6). Lors de la deuxième campagne de mesures effectuées en post-travail du sol (septembre 2022), les valeurs moyennes pour l'horizon 0-15 cm ont été de 1345 et 1080 kPa, respectivement pour la « Piqueuse » et la « Trancheuse » et de 1427 kPa pour le témoin « Aucun travail » (Figure 7). Pour l'horizon 15-30 cm, les valeurs ont été respectivement de 2153, 2010 et 1799 kPa pour « Aucun travail », « Piqueuse » et « Trancheuse ».

Des conditions propices à ce que le statut hydrique du sol exerce une contrainte au prélèvement en eau de la culture ont été observées en 2021 et 2022 en contexte où intervenir avec l'irrigation n'était pas permis. Les coefficients culturaux (K_{c-TDR}) moyens mesurés dans les U.É. « Irrigation Végétation + Production » sont supérieurs à ceux des autres traitements (Tableau 6). Pour maintenir les U.É. en contexte de confort hydrique, 10 épisodes d'irrigation ont été nécessaires en 2021 et 4 en 2022 (contexte où intervenir avec l'irrigation est permis).

L'apport d'engrais en année de production n'a affecté aucun des paramètres mesurés dans ce projet.

5.2 Mesurer l'impact sur le rendement en fruits des interventions réalisées pour améliorer les conditions environnementales.

Le travail du sol qui a été réalisé avant la reprise végétative en 2021 avec la « Piqueuse » n'a pas permis d'augmenter les rendements (Figure 24). Ces derniers ont toutefois été affectés négativement avec la « Trancheuse ».

Le statut hydrique du sol a eu un effet significatif sur les rendements moyens en fruits. Un gain de rendement de 25 % a été observé lorsque la culture a été maintenue en situation de confort hydrique en année de production avec l'irrigation (Tableau 11). Ce gain a été de 65 % lorsque l'irrigation a été utilisée en années de végétation et production.

Maintenant, qu'il y ait eu apport d'engrais en végétation seulement, en végétation et en production ou aucun apport d'engrais, aucune différence significative n'a été observée entre les rendements moyens (Tableau 9). Il ne faut toutefois pas interpréter ces résultats comme une recommandation de ne pas fertiliser.

5.3 Comparer les gains en rendements obtenus aux coûts engendrés avec les interventions.

En absence de travail de sol, les rendements moyens mesurés avec « Sans Irrigation », « Irrigation Production » et « Irrigation Végétation et Production » sont respectivement de 4414, 5523 et 7259 kg/ha. Toujours dans le même ordre, ces rendements, mis en relation avec un prix pour la vente de 1,63 \$/kg, génèrent respectivement 6706, 9002 et 11 832 \$/ha.

5.4 Renforcer l'approche du « prélèvement en eau » comme un indicateur du rendement effectif en fruits.

Cet objectif s'appuie sur les résultats des travaux mentionnés en introduction de ce rapport qui suggèrent que le rendement potentiel est suffisamment plus élevé que le rendement effectif pour s'intéresser aux facteurs de l'environnement qui peuvent être améliorés à court terme. Cette hypothèse repose sur les faibles coefficients culturaux (K_{c-TDR}) obtenus en contexte où la disponibilité en eau à la culture n'était pas un facteur limitatif. Cette relation entre les K_{c-TDR} et le rendement a été vérifiée une fois de plus dans ce projet. Cette relation ($R^2 = 0,29$) implique que plus le K_{c-TDR} moyen pour la saison 2022 est faible, plus le rendement le sera aussi (Figure 30). La même relation ($R^2 = 0,41$) s'observe entre ces K_{c-TDR} et le poids en biomasse aérienne (Figure 32).

Le pH_{eau} du sol semble être un facteur limitatif au rendement où une bonne corrélation avec le rendement a été obtenue (R^2 de 0,60) (Figure 26). Les pH_{eau} mesurés se situaient entre 4,8 et 5,1, où le rendement était plus élevé en conditions plus acides. Des K_{c-TDR} plus élevés ont aussi été mesurés dans des conditions plus acides (Figure 28).

En excluant des facteurs identifiés comme limitatifs au rendement dans ce projet, à savoir le travail du sol conséquent à la « Trancheuse » et « Sans irrigation », le pH_{eau} du sol semble avoir un impact sur le rendement.

Avec un K_c plus élevé, il est envisageable que la vulnérabilité au stress hydrique soit augmentée, mais celle-ci irait de pair avec une augmentation du rendement.

5.5 Diffuser les résultats

Journée de type portes ouvertes

Bleuet sauvage cultivé – Transfert de connaissance et démonstration à la ferme

20 septembre 2022

Bleuets Boréales Normandin

Normandin

35 participants

Fiche en annexe

Conférence

Irrigation : résultats d'un projet réalisé à Normandin

Journée bleuet du Saguenay-Lac-Saint-Jean

21 février 2023

Salle Desjardins Maria-Chapdelaine - Dolbeau-Mistassini

150 participants

Balado (prévu mai 2024)

Un balado portant sur ce projet sera produit et il sera disponible en ligne sur « (EAU)trement dit »

<https://eautrementdit.buzzsprout.com/>

6 Conclusion

Les mesures réalisées dans la bleuetière hôte ont permis de constater des améliorations aux conditions environnementales à la suite des interventions effectuées. L'expérimentation portait sur un site et un seul cycle de production (1 année en végétation et 1 année en production). De maintenir le statut hydrique du sol à un seuil qui évite une contrainte de prélèvement en eau à la culture a été celle qui a eu le plus d'impact sur le rendement en fruits. Intervenir avec l'irrigation pour maintenir la culture en contexte de confort hydrique a permis d'augmenter les rendements de 65 % comparativement à la situation où aucune intervention avec l'irrigation n'était possible. Les résultats ont démontré que dans le contexte dans lequel les essais ont été réalisés, il a été pertinent d'éviter une contrainte de prélèvement en eau à la culture tant en année de végétation que celle de production. Ils ont aussi démontré que la gestion raisonnée de l'irrigation, qui a eu cours durant le projet, a permis de diminuer efficacement la vulnérabilité au déficit hydrique (VADH) du système cultural en présence.

Le travail du sol, en l'occurrence celui effectué avec l'aérateur vertical Toro, Procore serie SR72, autrement appelé « Piqueuse », a permis de diminuer la résistance du sol à la pénétration sans affecter négativement le rendement en fruits. Le rendement obtenu avec le témoin « Sans travail » de sol indique que ce facteur n'a pas été limitatif pour le rendement. Sans qu'il soit possible de le valider dans le cadre de ce projet, ce travail de sol pourrait avoir un impact positif à moyen terme sur l'enracinement. L'enracinement est un facteur clé de la diminution de la VADH d'un système cultural, car une culture bien enracinée a accès à un plus grande réserve en eau. Enfin, il serait intéressant de poursuivre les essais avec cet outil dans un contexte où la densité du sol est un facteur limitatif.

Le travail du sol avec un l'aérateur rotatif Imants, Shockwave EQU SW210, autrement appelé « Trancheuse » a négativement affecté les rendements. Ce type de travail n'est pas une pratique à recommander dans un contexte comme celui où les essais ont été réalisés. Toutefois, combiné à l'irrigation et à la fertilisation, cela pourrait atténuer l'effet négatif de la trancheuse. D'autres essais sont nécessaires pour confirmer cette tendance observée. Ainsi, il pourrait y avoir un potentiel d'utilisation à explorer dans un contexte où l'objectif est de stimuler la croissance végétative pour régénérer des zones où la densité de plants est insuffisante, en visant un objectif moyen ou long terme.

Il est attendu que la VADH d'une bleuetière augmente au fur et à mesure que le rendement effectif augmente. Cependant, un statut hydrique du sol inadéquat n'est pas le seul facteur limitatif à la productivité d'une bleuetière. L'approche du « prélèvement en eau par la culture » pourrait devenir un outil pour évaluer la présence d'autres facteurs limitatifs. Sans toutefois pouvoir les identifier, une fois développé, cet outil serait utile pour sonner l'alarme. Dans un contexte où d'autres facteurs limitatifs que le stress hydrique sont écartés (fertilisation, pollinisation, compaction, etc.), l'irrigation démontre un bon potentiel de rentabilité pour le bleuet sauvage cultivé, et ce, sans même discuter de son potentiel comme méthode de protection contre le gel.

7 Références

- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2002. Le système canadien de classification des sols, 3^e édition, Presses scientifiques du CNRC, Ottawa, Canada, 196 p.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes et M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome.
- American Society of Civil Engineering (ASCE). 1990. Evaporation and irrigation water requirement. ASCE manuals and reports on Engineering Practice No 70. ASCE.
- Boivin, C., J. Vallée, A. Lamontagne et P.-O. Martel. 2020. Est-ce possible d'expliquer la variabilité du rendement à l'intérieur d'une bleuetière? IRDA. 41 p.
- Boivin, C., G. Bourgeois, J. Vallée, P. Deschênes, L. Belzile, P.-O. Martel et D. Bergeron. 2019. Régie raisonnée de l'eau pour le bleuet nain cultivé dans un contexte de climat variable et en évolution. IRDA. 200 p.
- Boivin et coll., 2018. Gestion raisonnée de l'irrigation – Guide technique. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 312 p.
- Brooks, M.E., K. Kristensen, K.J. van Benthem, A. Magnusson, C.W. Berg, A. Nielsen, H.J. Skaug, M. Maechler et B.M. Bolker. 2017. glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9(2), 378–400. doi:10.32614/RJ-2017-066.
- Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). 2022. Budget d'entreprise – Bleuet nain semi-cultivé (AGDEX 235/821b). 13 p.
- CRAAQ. 2017. Budget – Canneberges (AGDEX 233/821). 14 p.
- Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ). 1988. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. CPVQ. Québec. Agdex 533, méthode SS-1.
- Gee et Bauder. 1986. Particle-size analysis. p. 383-411. In A. Klute (ed) *Methods of soil analysis. Part 1*. ASA. Monograph No 9. 2nd edition. Madison, WI.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

8 Annexe

Tableau 18. Résultats des analyses de sol ayant trait au « Groupe des 36 U.É. ».

N° unité expérimentale (U.É.)	Travail sol	Irrigation	Engrais	% Détritus	% Humidité	pH *	pH SMP *	M.O. *	Sable très gros	Sable gros	Sable moyen	Sable fin	Sable très fin	Limon gros	Limon moyen	Limon fin	Sable	Limon	Argile	Texture
3	T	-	VP	8,2	18,2	4,9	5,9	4,1	10	37	30	9	5	0	1	2	92	3	5	S
6	T	VP	-	4,7	14,8	5,0	6,1	3,4	8	38	34	9	4	0	1	2	92	3	5	S
9	T	P	V	6,5	24,2	5,1	6,0	4,4	5	18	21	13	19	10	6	3	76	19	5	S-Lo
12	P	P	-	8,0	13,5	5,1	6,2	3,3	5	22	39	21	7	0	0	3	92	3	5	S
13	P	-	-	1,4	20,8	4,9	6,0	4,2	9	33	24	18	8	0	0	3	92	3	5	S
18	P	VP	VP	12,5	17	4,8	5,9	3,7	6	45	25	12	5	0	0	1	93	1	6	S
21	T	-	VP	6,3	16,5	5,0	6,0	3,3	9	50	23	8	4	0	0	1	93	1	6	S
23	T	P	VP																	
26	T	VP	VP	5,6	19,6	4,7	5,7	3,9	9	49	26	6	3	0	0	2	93	2	5	S
30	P	P	VP	7,5	17,2	4,9	5,9	3,7	12	49	19	8	3	1	2	1	92	4	4	S
33	P	-	-	5,3	20,3	4,9	5,9	4,5	9	57	18	6	2	0	1	3	91	4	5	S
36	P	VP	V	11,6	15,6	5,0	6,0	3,9	9	43	30	6	3	0	0	3	92	3	5	S
38	-	-	VP	12,3	16,7	5,0	6,0	4,0	10	44	25	9	4	0	0	2	92	2	6	S
41	-	VP	V	9,9	17,3	4,8	5,9	3,9	9	38	32	9	4	0	4	1	91	5	4	S
45	-	P	-	11,1	22,8	5,1	5,8	4,9	8	26	19	10	23	3	4	0	86	7	7	S-L
46	T	P	VP	4,0	16,4	5,2	6,2	3,4	5	20	23	34	10	0	0	1	92	1	7	S
49	T	-	V	5,2	16,1	5,0	6,1	3,8	8	27	31	17	8	1	0	3	92	4	4	S
54	T	VP	V	7,4	15,6	4,9	5,8	4,1	9	51	18	11	4	0	0	1	93	1	6	S
57	-	-	-	7,9	16,7	5,1	6,1	3,3	5	51	27	7	3	0	0	1	93	1	6	S
59	-	P	VP	7,4	16,9	4,9	6,0	3,6	11	46	24	7	3	0	1	2	92	3	5	S
63	-	VP	VP	5,6	15,7	5,1	6,1	3,2	11	46	26	7	3	0	1	2	92	3	5	S
64	-	P	VP	6,5	16,6	5,0	6,0	3,5	12	38	29	10	3	0	1	2	91	3	6	S
68	-	-	-	10,9	15,9	5,0	6,0	3,7	8	47	24	10	3	0	0	0	92	0	8	S
70	-	VP	VP	11,5	18,3	4,8	5,8	4,1	10	53	20	6	2	0	0	3	92	3	5	S
73	P	-	V	9,8	18,3	5,0	6,0	4,1	11	38	30	7	5	0	2	1	91	3	6	S
76	P	VP	V	8,5	16,2	5,0	6,0	3,8	11	40	33	6	3	0	0	0	92	0	8	S
81	P	P	VP	13,6	18,9	5,0	5,9	4,1	11	30	22	10	16	0	4	1	88	5	7	S-Lo
82	-	P	-	7,8	15,7	5,0	6,0	4,2	5	27	27	23	11	0	0	1	93	1	6	S
85	-	-	VP	9,6	18,1	5,0	6,0	3,9	9	33	31	13	6	0	3	1	92	4	4	S
90	-	VP	-	9,1	17,8	4,9	5,8	4,3	8	35	36	9	4	0	1	2	92	3	5	S
92	P	-	-	8,7	16,7	5,0	5,9	3,5	8	39	32	8	4	0	1	3	91	4	5	S
96	P	P	-	8,1	16,8	4,9	5,8	3,5	12	44	24	8	4	0	0	2	92	2	6	S
97	P	VP	VP	5,3	18,1	5,0	5,9	3,7	5	42	35	8	3	0	2	2	93	4	3	S
101	T	P	V	7,6	15,4	5,0	6,0	3,4	8	42	33	7	3	0	0	3	93	3	4	S
105	T	-	VP	7,5	18,1	4,9	5,9	4,3	11	49	19	9	4	0	1	1	91	2	7	S
108	T	VP	V	11,1	17,7	4,8	5,7	4,2	5	46	30	7	4	0	1	1	92	2	6	S
				8,1	17,4	5,0	5,9	3,8	8,6	39,8	26,8	10,5	5,7	0,4	1,1	1,7	91,3	3,2	5,5	

Tableau 19. Résultats des analyses de sol (pouvoir de minéralisation) ayant trait au « Groupe des 36 U.É. ».

N° unité expérimentale (U.É.)	Travail du sol	Irrigation	Engrais	MVA (g/cm ³) 2021	Épaisseur humus (cm)	N-NH4 0 jour 2021	N-NO3 0 jour 2021	N-NH4 10 jours 2021	N-NO3 10 jours 2021	N-NH4 0 jour 2022	N-NO3 0 jour 2022	N-NH4 10 jours 2022	N-NO3 10 jours 2022
3	T	-	VP	1,26	6,4	0,093	0	1,630	0	0,371	0	0,350	0
6	T	VP	-	1,40	4,8	0,086	0	0,250	0	0,391	0	0,202	0
9	T	P	V	1,39	4,8	0,175	0	0,146	0	0,389	0	0,334	0
12	P	P	-	1,41	5,6	0,230	0	0,268	0	0,305	0	0,344	0
13	P	-	-	1,35	4,6	0,088	0	0,164	0	0,395	0	0,281	0
18	P	VP	VP	1,31	7,1	0,142	0	0,252	0	0,352	0	0,261	0
21	T	-	VP	1,29	6,4	0,102	0	0,139	0	0,321	0	0,231	0
23	T	P	VP	1,23	5,7	0,112	0	0,237	0	0,282	0	0,320	0
26	T	VP	VP	1,29	5,4	0,263	0	0,480	0	0,384	0	0,338	0
30	P	P	VP	1,02	3,8	0,112	0	0,220	0	0,304	0	0,280	0
33	P	-	-	1,26	6,0	0,089	0	0,188	0	0,386	0	0,372	0
36	P	VP	V	1,34	3,4	0,130	0	0,110	0	0,414	0	0,322	0
38	-	-	VP	1,34	6,2	0,168	0	0,164	0,006	0,329	0	0,244	0
41	-	VP	V	1,14	6,4	0,174	0	0,182	0	0,386	0	0,376	0
45	-	P	-	1,16	6,2	0,104	0	0,264	0	0,348	0	0,264	0
46	T	P	VP	1,29	4,8	0,142	0	0,241	0,013	0,366	0	0,343	0
49	T	-	V	1,45	4,6	0,135	0	0,251	0	0,356	0	0,282	0
54	T	VP	V	1,32	6,5	0,158	0	0,298	0	0,315	0	0,330	0
57	-	-	-		5,4	0,054	0	0,171	0	0,381	0	0,325	0
59	-	P	VP	1,31	4,9	0,173	0	0,176	0	0,378	0	0,347	0
63	-	VP	VP	1,15	3,5	0,153	0	2,090	0	0,495	0	0,433	0
64	-	P	VP	1,26	4,4	0,186	0	0,180	0	0,299	0	0,287	0
68	-	-	-	1,46	4,8	0,135	0	0,207	0	0,307	0	0,212	0
70	-	VP	VP	0,94	6,0	0,104	0	0,118	0	0,339	0	0,231	0
73	P	-	V	1,24	6,0	0,395	0	0,220	0	0,412	0	0,266	0
76	P	VP	V	1,27	5,9	0,149	0,328	0,249	0	0,395	0	0,330	0
81	P	P	VP	1,07	5,1	0,162	0	0,174	0	0,362	0	0,329	0
82	-	P	-	1,39	4,9	0,127	0	0,176	0	0,362	0	0,274	0
85	-	-	VP	1,34	7,5	0,156	0	0,263	0	0,352	0	0,230	0
90	-	VP	-	1,15	7,5	0,131	0	0,163	0	0,438	0	0,325	0
92	P	-	-	1,18	5,6	0,105	0	0,162	0	0,412	0	0,324	0
96	P	P	-	1,29	4,8	0,152	0	0,222	0	0,363	0	0,263	0
97	P	VP	VP	1,39	4,1	0,217	0	0,264	0	0,314	0	0,241	0
101	T	P	V	1,12	5,1	0,095	0	0,182	0	0,453	0	0,470	0
105	T	-	VP	1,35	4,1	0,119	0	0,198	0	0,347	0	0,286	0
108	T	VP	V	1,25	5,1	0,155	0	0,351	0	0,868	0	0,616	0
				1,3	5,4	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0



Figure 33. Travail du sol avec la « Trancheuse » le 27 avril 2021.



Figure 34. Vue du dessous de la « Trancheuse » en position levée.



Figure 35. Vue intérieure de la « Trancheuse » en position levée.



Figure 36. Profondeur de travail de la « Trancheuse ». Le sol a été dégagé entre deux passages de couteaux.



Figure 37. Travail du sol avec la piqueuse le 27 avril 2021.



Figure 38. Vue du dessous de la « Piqueuse » en position levée.



Figure 39. Angle de travail des tiges de la « Piqueuse » (deux passages en sens contraire) rendu visible en insérant des piquets dans les trous.



Figure 40. Profondeur de travail de la « Piqueuse » indiquée par une marque sur un piquet faite à la hauteur du sol une fois ce dernier enfoncé dans le trou.



Figure 41. Tête d'un gicleur de marque Wobblers et hauteur de ce dernier par rapport au sol.



Figure 42. 27 avril 2021.



Figure 43. 13 mai 2021.



Figure 44. 10 septembre 2021 où la zone plus verte est celle qui était à la portée des gicleurs.



Figure 45. 5 octobre 2021.



Figure 46. 26 octobre 2021.



Figure 47. 12 mai 2022.



Figure 48. 1^{er} juin 2022.



Figure 49. 14 juillet 2022.

Tableau 20. Contrastes interactions à trois voies - Biomasse en post-croissance 2021.

<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>0.05303</td> <td>0.213</td> <td>78</td> <td>0.249</td> <td>0.9665</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>0.39838</td> <td>0.208</td> <td>78</td> <td>1.911</td> <td>0.1424</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>0.34535</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>1.666</td> <td>0.2249</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.36694</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-1.776</td> <td>0.1844</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.67853</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-3.291</td> <td>0.0042</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>-0.31159</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>-1.507</td> <td>0.2931</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.19862</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-0.963</td> <td>0.6025</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.03395</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>-0.161</td> <td>0.9859</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>0.16466</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>0.799</td> <td>0.7046</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	0.05303	0.213	78	0.249	0.9665	E=Aucun - E=VP	0.39838	0.208	78	1.911	0.1424	E=V - E=VP	0.34535	0.207	78	1.666	0.2249	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.36694	0.206	78	-1.776	0.1844	E=Aucun - E=VP	-0.67853	0.206	78	-3.291	0.0042	E=V - E=VP	-0.31159	0.207	78	-1.507	0.2931	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.19862	0.206	78	-0.963	0.6025	E=Aucun - E=VP	-0.03395	0.211	78	-0.161	0.9859	E=V - E=VP	0.16466	0.206	78	0.799	0.7046	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.9338</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>4.503</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.9075</td> <td>0.214</td> <td>78</td> <td>4.247</td> <td>0.0002</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>-0.0263</td> <td>0.216</td> <td>78</td> <td>-0.122</td> <td>0.9918</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=V, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.5138</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>2.444</td> <td>0.0438</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.6558</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>3.115</td> <td>0.0072</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.1420</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>0.672</td> <td>0.7807</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>-0.1431</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>-0.679</td> <td>0.7762</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.4751</td> <td>0.209</td> <td>78</td> <td>2.275</td> <td>0.0653</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.6183</td> <td>0.212</td> <td>78</td> <td>2.922</td> <td>0.0125</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.9338	0.207	78	4.503	0.0001	T=Aucun - T=Tran	0.9075	0.214	78	4.247	0.0002	T=Piq - T=Tran	-0.0263	0.216	78	-0.122	0.9918	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.5138	0.210	78	2.444	0.0438	T=Aucun - T=Tran	0.6558	0.211	78	3.115	0.0072	T=Piq - T=Tran	0.1420	0.211	78	0.672	0.7807	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	-0.1431	0.211	78	-0.679	0.7762	T=Aucun - T=Tran	0.4751	0.209	78	2.275	0.0653	T=Piq - T=Tran	0.6183	0.212	78	2.922	0.0125	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>0.33658</td> <td>0.218</td> <td>78</td> <td>1.543</td> <td>0.2768</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>0.00190</td> <td>0.218</td> <td>78</td> <td>0.009</td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.33467</td> <td>0.222</td> <td>78</td> <td>-1.506</td> <td>0.2936</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>-0.41172</td> <td>0.217</td> <td>78</td> <td>-1.897</td> <td>0.1464</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.26167</td> <td>0.217</td> <td>78</td> <td>-1.207</td> <td>0.4524</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>0.15005</td> <td>0.218</td> <td>78</td> <td>0.690</td> <td>0.7703</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>0.08735</td> <td>0.221</td> <td>78</td> <td>0.395</td> <td>0.9177</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>0.01527</td> <td>0.222</td> <td>78</td> <td>0.069</td> <td>0.9974</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.07207</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>-0.329</td> <td>0.9423</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	0.33658	0.218	78	1.543	0.2768	I=Aucun - I=VP	0.00190	0.218	78	0.009	1.0000	I=P - I=VP	-0.33467	0.222	78	-1.506	0.2936	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	-0.41172	0.217	78	-1.897	0.1464	I=Aucun - I=VP	-0.26167	0.217	78	-1.207	0.4524	I=P - I=VP	0.15005	0.218	78	0.690	0.7703	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	0.08735	0.221	78	0.395	0.9177	I=Aucun - I=VP	0.01527	0.222	78	0.069	0.9974	I=P - I=VP	-0.07207	0.219	78	-0.329	0.9423
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	0.05303	0.213	78	0.249	0.9665																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	0.39838	0.208	78	1.911	0.1424																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	0.34535	0.207	78	1.666	0.2249																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.36694	0.206	78	-1.776	0.1844																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.67853	0.206	78	-3.291	0.0042																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	-0.31159	0.207	78	-1.507	0.2931																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.19862	0.206	78	-0.963	0.6025																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.03395	0.211	78	-0.161	0.9859																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	0.16466	0.206	78	0.799	0.7046																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.9338	0.207	78	4.503	0.0001																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.9075	0.214	78	4.247	0.0002																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	-0.0263	0.216	78	-0.122	0.9918																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.5138	0.210	78	2.444	0.0438																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.6558	0.211	78	3.115	0.0072																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.1420	0.211	78	0.672	0.7807																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	-0.1431	0.211	78	-0.679	0.7762																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.4751	0.209	78	2.275	0.0653																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.6183	0.212	78	2.922	0.0125																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	0.33658	0.218	78	1.543	0.2768																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	0.00190	0.218	78	0.009	1.0000																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.33467	0.222	78	-1.506	0.2936																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	-0.41172	0.217	78	-1.897	0.1464																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.26167	0.217	78	-1.207	0.4524																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	0.15005	0.218	78	0.690	0.7703																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	0.08735	0.221	78	0.395	0.9177																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	0.01527	0.222	78	0.069	0.9974																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.07207	0.219	78	-0.329	0.9423																																																																																																																																																																																																																					
<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.04720</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>-0.225</td> <td>0.9724</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.07922</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>-0.377</td> <td>0.9248</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>-0.03202</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-0.156</td> <td>0.9867</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.44322</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>-2.143</td> <td>0.0878</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.05130</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-0.249</td> <td>0.9664</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>0.39192</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>1.890</td> <td>0.1484</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.14385</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-0.698</td> <td>0.7656</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.42592</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-2.072</td> <td>0.1023</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>-0.28207</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>-1.365</td> <td>0.3641</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.04720	0.210	78	-0.225	0.9724	E=Aucun - E=VP	-0.07922	0.210	78	-0.377	0.9248	E=V - E=VP	-0.03202	0.206	78	-0.156	0.9867	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.44322	0.207	78	-2.143	0.0878	E=Aucun - E=VP	-0.05130	0.206	78	-0.249	0.9664	E=V - E=VP	0.39192	0.207	78	1.890	0.1484	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.14385	0.206	78	-0.698	0.7656	E=Aucun - E=VP	-0.42592	0.206	78	-2.072	0.1023	E=V - E=VP	-0.28207	0.207	78	-1.365	0.3641	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.1855</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>0.880</td> <td>0.6545</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.6582</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>3.191</td> <td>0.0057</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.4728</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>2.242</td> <td>0.0705</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=V, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>-0.2106</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>-1.003</td> <td>0.5771</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.5616</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>2.707</td> <td>0.0224</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.7721</td> <td>0.212</td> <td>78</td> <td>3.648</td> <td>0.0014</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.2134</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>1.010</td> <td>0.5730</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.3115</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>1.513</td> <td>0.2905</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.0981</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>0.465</td> <td>0.8880</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.1855	0.211	78	0.880	0.6545	T=Aucun - T=Tran	0.6582	0.206	78	3.191	0.0057	T=Piq - T=Tran	0.4728	0.211	78	2.242	0.0705	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	-0.2106	0.210	78	-1.003	0.5771	T=Aucun - T=Tran	0.5616	0.207	78	2.707	0.0224	T=Piq - T=Tran	0.7721	0.212	78	3.648	0.0014	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.2134	0.211	78	1.010	0.5730	T=Aucun - T=Tran	0.3115	0.206	78	1.513	0.2905	T=Piq - T=Tran	0.0981	0.211	78	0.465	0.8880	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>0.23635</td> <td>0.222</td> <td>78</td> <td>1.063</td> <td>0.5398</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.15586</td> <td>0.224</td> <td>78</td> <td>-0.697</td> <td>0.7658</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.39222</td> <td>0.222</td> <td>78</td> <td>-1.764</td> <td>0.1885</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>-0.48800</td> <td>0.220</td> <td>78</td> <td>-2.215</td> <td>0.0748</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.58203</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>-2.663</td> <td>0.0252</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.09403</td> <td>0.221</td> <td>78</td> <td>-0.426</td> <td>0.9048</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>0.14211</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>0.648</td> <td>0.7938</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.46791</td> <td>0.218</td> <td>78</td> <td>-2.146</td> <td>0.0873</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.61002</td> <td>0.218</td> <td>78</td> <td>-2.792</td> <td>0.0179</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	0.23635	0.222	78	1.063	0.5398	I=Aucun - I=VP	-0.15586	0.224	78	-0.697	0.7658	I=P - I=VP	-0.39222	0.222	78	-1.764	0.1885	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	-0.48800	0.220	78	-2.215	0.0748	I=Aucun - I=VP	-0.58203	0.219	78	-2.663	0.0252	I=P - I=VP	-0.09403	0.221	78	-0.426	0.9048	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	0.14211	0.219	78	0.648	0.7938	I=Aucun - I=VP	-0.46791	0.218	78	-2.146	0.0873	I=P - I=VP	-0.61002	0.218	78	-2.792	0.0179
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.04720	0.210	78	-0.225	0.9724																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.07922	0.210	78	-0.377	0.9248																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	-0.03202	0.206	78	-0.156	0.9867																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.44322	0.207	78	-2.143	0.0878																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.05130	0.206	78	-0.249	0.9664																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	0.39192	0.207	78	1.890	0.1484																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.14385	0.206	78	-0.698	0.7656																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.42592	0.206	78	-2.072	0.1023																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	-0.28207	0.207	78	-1.365	0.3641																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.1855	0.211	78	0.880	0.6545																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.6582	0.206	78	3.191	0.0057																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.4728	0.211	78	2.242	0.0705																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	-0.2106	0.210	78	-1.003	0.5771																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.5616	0.207	78	2.707	0.0224																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.7721	0.212	78	3.648	0.0014																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.2134	0.211	78	1.010	0.5730																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.3115	0.206	78	1.513	0.2905																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.0981	0.211	78	0.465	0.8880																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	0.23635	0.222	78	1.063	0.5398																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.15586	0.224	78	-0.697	0.7658																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.39222	0.222	78	-1.764	0.1885																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	-0.48800	0.220	78	-2.215	0.0748																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.58203	0.219	78	-2.663	0.0252																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.09403	0.221	78	-0.426	0.9048																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	0.14211	0.219	78	0.648	0.7938																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.46791	0.218	78	-2.146	0.0873																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.61002	0.218	78	-2.792	0.0179																																																																																																																																																																																																																					
<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.10474</td> <td>0.205</td> <td>78</td> <td>-0.510</td> <td>0.8665</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>0.00685</td> <td>0.209</td> <td>78</td> <td>0.033</td> <td>0.9994</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>0.11160</td> <td>0.208</td> <td>78</td> <td>0.537</td> <td>0.8535</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.68730</td> <td>0.204</td> <td>78</td> <td>-3.364</td> <td>0.0034</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.83836</td> <td>0.205</td> <td>78</td> <td>-4.087</td> <td>0.0003</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>-0.15106</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>-0.716</td> <td>0.7548</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=Aucun - E=V</td> <td>-0.68180</td> <td>0.209</td> <td>78</td> <td>-3.261</td> <td>0.0047</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun - E=VP</td> <td>-0.64422</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>-3.126</td> <td>0.0069</td> </tr> <tr> <td>E=V - E=VP</td> <td>0.03758</td> <td>0.204</td> <td>78</td> <td>0.184</td> <td>0.9815</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.10474	0.205	78	-0.510	0.8665	E=Aucun - E=VP	0.00685	0.209	78	0.033	0.9994	E=V - E=VP	0.11160	0.208	78	0.537	0.8535	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.68730	0.204	78	-3.364	0.0034	E=Aucun - E=VP	-0.83836	0.205	78	-4.087	0.0003	E=V - E=VP	-0.15106	0.211	78	-0.716	0.7548	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	E=Aucun - E=V	-0.68180	0.209	78	-3.261	0.0047	E=Aucun - E=VP	-0.64422	0.206	78	-3.126	0.0069	E=V - E=VP	0.03758	0.204	78	0.184	0.9815	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.6702</td> <td>0.208</td> <td>78</td> <td>3.224</td> <td>0.0052</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.9208</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>4.355</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.2506</td> <td>0.211</td> <td>78</td> <td>1.190</td> <td>0.4624</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=V, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>0.0876</td> <td>0.208</td> <td>78</td> <td>0.420</td> <td>0.9073</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.3438</td> <td>0.206</td> <td>78</td> <td>1.669</td> <td>0.2237</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.2562</td> <td>0.212</td> <td>78</td> <td>1.207</td> <td>0.4527</td> </tr> </tbody> </table> <p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun - T=Piq</td> <td>-0.1750</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>-0.834</td> <td>0.6833</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun - T=Tran</td> <td>0.2698</td> <td>0.208</td> <td>78</td> <td>1.294</td> <td>0.4028</td> </tr> <tr> <td>T=Piq - T=Tran</td> <td>0.4448</td> <td>0.212</td> <td>78</td> <td>2.099</td> <td>0.0966</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.6702	0.208	78	3.224	0.0052	T=Aucun - T=Tran	0.9208	0.211	78	4.355	0.0001	T=Piq - T=Tran	0.2506	0.211	78	1.190	0.4624	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	0.0876	0.208	78	0.420	0.9073	T=Aucun - T=Tran	0.3438	0.206	78	1.669	0.2237	T=Piq - T=Tran	0.2562	0.212	78	1.207	0.4527	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	T=Aucun - T=Piq	-0.1750	0.210	78	-0.834	0.6833	T=Aucun - T=Tran	0.2698	0.208	78	1.294	0.4028	T=Piq - T=Tran	0.4448	0.212	78	2.099	0.0966	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>-0.14102</td> <td>0.220</td> <td>78</td> <td>-0.640</td> <td>0.7985</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.38962</td> <td>0.220</td> <td>78</td> <td>-1.769</td> <td>0.1869</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.24860</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>-1.135</td> <td>0.4957</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Piq, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>0.21550</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>0.984</td> <td>0.5889</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.42151</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>-1.921</td> <td>0.1396</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.63701</td> <td>0.220</td> <td>78</td> <td>-2.900</td> <td>0.0133</td> </tr> </tbody> </table> <p>Travail = T=Tran, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>estimate</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun - I=P</td> <td>-0.30462</td> <td>0.220</td> <td>78</td> <td>-1.384</td> <td>0.3543</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun - I=VP</td> <td>-0.59500</td> <td>0.217</td> <td>78</td> <td>-2.736</td> <td>0.0208</td> </tr> <tr> <td>I=P - I=VP</td> <td>-0.29037</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>-1.324</td> <td>0.3863</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	-0.14102	0.220	78	-0.640	0.7985	I=Aucun - I=VP	-0.38962	0.220	78	-1.769	0.1869	I=P - I=VP	-0.24860	0.219	78	-1.135	0.4957	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	0.21550	0.219	78	0.984	0.5889	I=Aucun - I=VP	-0.42151	0.219	78	-1.921	0.1396	I=P - I=VP	-0.63701	0.220	78	-2.900	0.0133	contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value	I=Aucun - I=P	-0.30462	0.220	78	-1.384	0.3543	I=Aucun - I=VP	-0.59500	0.217	78	-2.736	0.0208	I=P - I=VP	-0.29037	0.219	78	-1.324	0.3863
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.10474	0.205	78	-0.510	0.8665																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	0.00685	0.209	78	0.033	0.9994																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	0.11160	0.208	78	0.537	0.8535																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.68730	0.204	78	-3.364	0.0034																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.83836	0.205	78	-4.087	0.0003																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	-0.15106	0.211	78	-0.716	0.7548																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=V	-0.68180	0.209	78	-3.261	0.0047																																																																																																																																																																																																																					
E=Aucun - E=VP	-0.64422	0.206	78	-3.126	0.0069																																																																																																																																																																																																																					
E=V - E=VP	0.03758	0.204	78	0.184	0.9815																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.6702	0.208	78	3.224	0.0052																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.9208	0.211	78	4.355	0.0001																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.2506	0.211	78	1.190	0.4624																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	0.0876	0.208	78	0.420	0.9073																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.3438	0.206	78	1.669	0.2237																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.2562	0.212	78	1.207	0.4527																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Piq	-0.1750	0.210	78	-0.834	0.6833																																																																																																																																																																																																																					
T=Aucun - T=Tran	0.2698	0.208	78	1.294	0.4028																																																																																																																																																																																																																					
T=Piq - T=Tran	0.4448	0.212	78	2.099	0.0966																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	-0.14102	0.220	78	-0.640	0.7985																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.38962	0.220	78	-1.769	0.1869																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.24860	0.219	78	-1.135	0.4957																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	0.21550	0.219	78	0.984	0.5889																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.42151	0.219	78	-1.921	0.1396																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.63701	0.220	78	-2.900	0.0133																																																																																																																																																																																																																					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=P	-0.30462	0.220	78	-1.384	0.3543																																																																																																																																																																																																																					
I=Aucun - I=VP	-0.59500	0.217	78	-2.736	0.0208																																																																																																																																																																																																																					
I=P - I=VP	-0.29037	0.219	78	-1.324	0.3863																																																																																																																																																																																																																					

Tableau 21. Contrastes interactions à trois voies - Hauteur des plants en post-récolte 2022.

<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>0.947</td> <td>0.1882</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.272</td> <td>0.9600</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.923</td> <td>0.1883</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.395</td> <td>0.9177</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.974</td> <td>0.1763</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.147</td> <td>0.9882</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	0.947	0.1882	78	1	-0.272	0.9600	E=V / E=VP	0.923	0.1883	78	1	-0.395	0.9177	E=Aucun / E=VP	0.974	0.1763	78	1	-0.147	0.9882	<p>Engrais = E=V, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.239</td> <td>0.207</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.281</td> <td>0.4098</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>0.904</td> <td>0.190</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.478</td> <td>0.8821</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>0.730</td> <td>0.144</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.592</td> <td>0.2551</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.239	0.207	78	1	1.281	0.4098	T=Aucun / T=Tran	0.904	0.190	78	1	-0.478	0.8821	T=Piq / T=Tran	0.730	0.144	78	1	-1.592	0.2551	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.919</td> <td>0.183</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.423</td> <td>0.9062</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.808</td> <td>0.170</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.011</td> <td>0.5723</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.879</td> <td>0.181</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.626</td> <td>0.8065</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.919	0.183	78	1	-0.423	0.9062	I=Aucun / I=VP	0.808	0.170	78	1	-1.011	0.5723	I=P / I=VP	0.879	0.181	78	1	-0.626	0.8065
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	0.947	0.1882	78	1	-0.272	0.9600																																																																																
E=V / E=VP	0.923	0.1883	78	1	-0.395	0.9177																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.974	0.1763	78	1	-0.147	0.9882																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.239	0.207	78	1	1.281	0.4098																																																																																
T=Aucun / T=Tran	0.904	0.190	78	1	-0.478	0.8821																																																																																
T=Piq / T=Tran	0.730	0.144	78	1	-1.592	0.2551																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.919	0.183	78	1	-0.423	0.9062																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.808	0.170	78	1	-1.011	0.5723																																																																																
I=P / I=VP	0.879	0.181	78	1	-0.626	0.8065																																																																																
<p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>0.844</td> <td>0.1644</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.870</td> <td>0.6605</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.944</td> <td>0.1768</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.307</td> <td>0.9494</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>1.118</td> <td>0.2037</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.615</td> <td>0.8125</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	0.844	0.1644	78	1	-0.870	0.6605	E=V / E=VP	0.944	0.1768	78	1	-0.307	0.9494	E=Aucun / E=VP	1.118	0.2037	78	1	0.615	0.8125	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.104</td> <td>0.194</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.563</td> <td>0.8399</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.594</td> <td>0.313</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.376</td> <td>0.0516</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.444</td> <td>0.295</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.800</td> <td>0.1761</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.104	0.194	78	1	0.563	0.8399	T=Aucun / T=Tran	1.594	0.313	78	1	2.376	0.0516	T=Piq / T=Tran	1.444	0.295	78	1	1.800	0.1761	<p>Travail = T=Piq, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.721</td> <td>0.145</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.624</td> <td>0.2415</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.721</td> <td>0.143</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.651</td> <td>0.2308</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>1.000</td> <td>0.196</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.001</td> <td>1.0000</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.721	0.145	78	1	-1.624	0.2415	I=Aucun / I=VP	0.721	0.143	78	1	-1.651	0.2308	I=P / I=VP	1.000	0.196	78	1	0.001	1.0000
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	0.844	0.1644	78	1	-0.870	0.6605																																																																																
E=V / E=VP	0.944	0.1768	78	1	-0.307	0.9494																																																																																
E=Aucun / E=VP	1.118	0.2037	78	1	0.615	0.8125																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.104	0.194	78	1	0.563	0.8399																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.594	0.313	78	1	2.376	0.0516																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.444	0.295	78	1	1.800	0.1761																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.721	0.145	78	1	-1.624	0.2415																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.721	0.143	78	1	-1.651	0.2308																																																																																
I=P / I=VP	1.000	0.196	78	1	0.001	1.0000																																																																																
<p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.670</td> <td>0.3515</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.438</td> <td>0.0445</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>1.590</td> <td>0.2887</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.552</td> <td>0.0335</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.952</td> <td>0.1898</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.248</td> <td>0.9666</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.670	0.3515	78	1	2.438	0.0445	E=V / E=VP	1.590	0.2887	78	1	2.552	0.0335	E=Aucun / E=VP	0.952	0.1898	78	1	-0.248	0.9666	<p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.268</td> <td>0.229</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.314</td> <td>0.3915</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.558</td> <td>0.277</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.496</td> <td>0.0385</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.229</td> <td>0.217</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.168</td> <td>0.4759</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.268	0.229	78	1	1.314	0.3915	T=Aucun / T=Tran	1.558	0.277	78	1	2.496	0.0385	T=Piq / T=Tran	1.229	0.217	78	1	1.168	0.4759	<p>Travail = T=Tran, Engrais = E=V:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>1.697</td> <td>0.348</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.580</td> <td>0.0312</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>1.084</td> <td>0.219</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.397</td> <td>0.9169</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.638</td> <td>0.125</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.288</td> <td>0.0634</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	1.697	0.348	78	1	2.580	0.0312	I=Aucun / I=VP	1.084	0.219	78	1	0.397	0.9169	I=P / I=VP	0.638	0.125	78	1	-2.288	0.0634
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.670	0.3515	78	1	2.438	0.0445																																																																																
E=V / E=VP	1.590	0.2887	78	1	2.552	0.0335																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.952	0.1898	78	1	-0.248	0.9666																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.268	0.229	78	1	1.314	0.3915																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.558	0.277	78	1	2.496	0.0385																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.229	0.217	78	1	1.168	0.4759																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	1.697	0.348	78	1	2.580	0.0312																																																																																
I=Aucun / I=VP	1.084	0.219	78	1	0.397	0.9169																																																																																
I=P / I=VP	0.638	0.125	78	1	-2.288	0.0634																																																																																
<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.026</td> <td>0.1908</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.136</td> <td>0.9899</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.841</td> <td>0.1534</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.950</td> <td>0.6106</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.820</td> <td>0.1486</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.096</td> <td>0.5197</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.026	0.1908	78	1	0.136	0.9899	E=V / E=VP	0.841	0.1534	78	1	-0.950	0.6106	E=Aucun / E=VP	0.820	0.1486	78	1	-1.096	0.5197	<p>Engrais = E=V, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>0.972</td> <td>0.175</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.156</td> <td>0.9866</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.670</td> <td>0.283</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>3.030</td> <td>0.0092</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.718</td> <td>0.314</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.964</td> <td>0.0111</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	0.972	0.175	78	1	-0.156	0.9866	T=Aucun / T=Tran	1.670	0.283	78	1	3.030	0.0092	T=Piq / T=Tran	1.718	0.314	78	1	2.964	0.0111	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.995</td> <td>0.196</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.026</td> <td>0.9996</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.826</td> <td>0.162</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.974</td> <td>0.5952</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.830</td> <td>0.164</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.942</td> <td>0.6156</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.995	0.196	78	1	-0.026	0.9996	I=Aucun / I=VP	0.826	0.162	78	1	-0.974	0.5952	I=P / I=VP	0.830	0.164	78	1	-0.942	0.6156
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.026	0.1908	78	1	0.136	0.9899																																																																																
E=V / E=VP	0.841	0.1534	78	1	-0.950	0.6106																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.820	0.1486	78	1	-1.096	0.5197																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	0.972	0.175	78	1	-0.156	0.9866																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.670	0.283	78	1	3.030	0.0092																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.718	0.314	78	1	2.964	0.0111																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.995	0.196	78	1	-0.026	0.9996																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.826	0.162	78	1	-0.974	0.5952																																																																																
I=P / I=VP	0.830	0.164	78	1	-0.942	0.6156																																																																																
<p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.315</td> <td>0.2409</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.498</td> <td>0.2977</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>1.175</td> <td>0.2115</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.894</td> <td>0.6458</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.893</td> <td>0.1625</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.622</td> <td>0.8083</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.315	0.2409	78	1	1.498	0.2977	E=V / E=VP	1.175	0.2115	78	1	0.894	0.6458	E=Aucun / E=VP	0.893	0.1625	78	1	-0.622	0.8083	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.247</td> <td>0.232</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.189</td> <td>0.4632</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>2.209</td> <td>0.394</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>4.442</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.772</td> <td>0.329</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>3.083</td> <td>0.0079</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.247	0.232	78	1	1.189	0.4632	T=Aucun / T=Tran	2.209	0.394	78	1	4.442	0.0001	T=Piq / T=Tran	1.772	0.329	78	1	3.083	0.0079	<p>Travail = T=Piq, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>1.124</td> <td>0.225</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.582</td> <td>0.8303</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>1.018</td> <td>0.200</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.091</td> <td>0.9954</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.906</td> <td>0.180</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.496</td> <td>0.8733</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	1.124	0.225	78	1	0.582	0.8303	I=Aucun / I=VP	1.018	0.200	78	1	0.091	0.9954	I=P / I=VP	0.906	0.180	78	1	-0.496	0.8733
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.315	0.2409	78	1	1.498	0.2977																																																																																
E=V / E=VP	1.175	0.2115	78	1	0.894	0.6458																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.893	0.1625	78	1	-0.622	0.8083																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.247	0.232	78	1	1.189	0.4632																																																																																
T=Aucun / T=Tran	2.209	0.394	78	1	4.442	0.0001																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.772	0.329	78	1	3.083	0.0079																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	1.124	0.225	78	1	0.582	0.8303																																																																																
I=Aucun / I=VP	1.018	0.200	78	1	0.091	0.9954																																																																																
I=P / I=VP	0.906	0.180	78	1	-0.496	0.8733																																																																																
<p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.357</td> <td>0.2516</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.645</td> <td>0.2332</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.604</td> <td>0.1120</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.718</td> <td>0.0218</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.445</td> <td>0.0868</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-4.148</td> <td>0.0002</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.357	0.2516	78	1	1.645	0.2332	E=V / E=VP	0.604	0.1120	78	1	-2.718	0.0218	E=Aucun / E=VP	0.445	0.0868	78	1	-4.148	0.0002	<p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=P:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.358</td> <td>0.234</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.776</td> <td>0.1842</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.200</td> <td>0.204</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.076</td> <td>0.5317</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>0.884</td> <td>0.162</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.672</td> <td>0.7803</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.358	0.234	78	1	1.776	0.1842	T=Aucun / T=Tran	1.200	0.204	78	1	1.076	0.5317	T=Piq / T=Tran	0.884	0.162	78	1	-0.672	0.7803	<p>Travail = T=Tran, Engrais = E=Aucun:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>1.379</td> <td>0.273</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.621</td> <td>0.2428</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>1.008</td> <td>0.204</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.041</td> <td>0.9991</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.731</td> <td>0.147</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.557</td> <td>0.2704</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	1.379	0.273	78	1	1.621	0.2428	I=Aucun / I=VP	1.008	0.204	78	1	0.041	0.9991	I=P / I=VP	0.731	0.147	78	1	-1.557	0.2704
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.357	0.2516	78	1	1.645	0.2332																																																																																
E=V / E=VP	0.604	0.1120	78	1	-2.718	0.0218																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.445	0.0868	78	1	-4.148	0.0002																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.358	0.234	78	1	1.776	0.1842																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.200	0.204	78	1	1.076	0.5317																																																																																
T=Piq / T=Tran	0.884	0.162	78	1	-0.672	0.7803																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	1.379	0.273	78	1	1.621	0.2428																																																																																
I=Aucun / I=VP	1.008	0.204	78	1	0.041	0.9991																																																																																
I=P / I=VP	0.731	0.147	78	1	-1.557	0.2704																																																																																
<p>Travail = T=Aucun, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>0.968</td> <td>0.1742</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.182</td> <td>0.9820</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.949</td> <td>0.1767</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.283</td> <td>0.9570</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.980</td> <td>0.1803</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.109</td> <td>0.9935</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	0.968	0.1742	78	1	-0.182	0.9820	E=V / E=VP	0.949	0.1767	78	1	-0.283	0.9570	E=Aucun / E=VP	0.980	0.1803	78	1	-0.109	0.9935	<p>Engrais = E=V, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.106</td> <td>0.196</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.568</td> <td>0.8375</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.213</td> <td>0.210</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.112</td> <td>0.5097</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.096</td> <td>0.196</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.516</td> <td>0.8636</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.106	0.196	78	1	0.568	0.8375	T=Aucun / T=Tran	1.213	0.210	78	1	1.112	0.5097	T=Piq / T=Tran	1.096	0.196	78	1	0.516	0.8636	<p>Travail = T=Aucun, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.838</td> <td>0.168</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.883</td> <td>0.6524</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.831</td> <td>0.167</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.923</td> <td>0.6278</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.992</td> <td>0.194</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.040</td> <td>0.9991</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.838	0.168	78	1	-0.883	0.6524	I=Aucun / I=VP	0.831	0.167	78	1	-0.923	0.6278	I=P / I=VP	0.992	0.194	78	1	-0.040	0.9991
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	0.968	0.1742	78	1	-0.182	0.9820																																																																																
E=V / E=VP	0.949	0.1767	78	1	-0.283	0.9570																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.980	0.1803	78	1	-0.109	0.9935																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.106	0.196	78	1	0.568	0.8375																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.213	0.210	78	1	1.112	0.5097																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.096	0.196	78	1	0.516	0.8636																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.838	0.168	78	1	-0.883	0.6524																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.831	0.167	78	1	-0.923	0.6278																																																																																
I=P / I=VP	0.992	0.194	78	1	-0.040	0.9991																																																																																
<p>Travail = T=Piq, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.192</td> <td>0.2140</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.976</td> <td>0.5942</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.798</td> <td>0.1447</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.246</td> <td>0.4298</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.669</td> <td>0.1209</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.223</td> <td>0.0736</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.192	0.2140	78	1	0.976	0.5942	E=V / E=VP	0.798	0.1447	78	1	-1.246	0.4298	E=Aucun / E=VP	0.669	0.1209	78	1	-2.223	0.0736	<p>Engrais = E=Aucun, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>1.362</td> <td>0.239</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.757</td> <td>0.1909</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.947</td> <td>0.358</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>3.623</td> <td>0.0015</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.430</td> <td>0.262</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>1.950</td> <td>0.1316</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	1.362	0.239	78	1	1.757	0.1909	T=Aucun / T=Tran	1.947	0.358	78	1	3.623	0.0015	T=Piq / T=Tran	1.430	0.262	78	1	1.950	0.1316	<p>Travail = T=Piq, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.897</td> <td>0.178</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.548</td> <td>0.8480</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.609</td> <td>0.119</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.544</td> <td>0.0342</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.679</td> <td>0.134</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.964</td> <td>0.1281</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.897	0.178	78	1	-0.548	0.8480	I=Aucun / I=VP	0.609	0.119	78	1	-2.544	0.0342	I=P / I=VP	0.679	0.134	78	1	-1.964	0.1281
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.192	0.2140	78	1	0.976	0.5942																																																																																
E=V / E=VP	0.798	0.1447	78	1	-1.246	0.4298																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.669	0.1209	78	1	-2.223	0.0736																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	1.362	0.239	78	1	1.757	0.1909																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.947	0.358	78	1	3.623	0.0015																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.430	0.262	78	1	1.950	0.1316																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.897	0.178	78	1	-0.548	0.8480																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.609	0.119	78	1	-2.544	0.0342																																																																																
I=P / I=VP	0.679	0.134	78	1	-1.964	0.1281																																																																																
<p>Travail = T=Tran, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E=V / E=Aucun</td> <td>1.554</td> <td>0.2858</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>2.398</td> <td>0.0490</td> </tr> <tr> <td>E=V / E=VP</td> <td>0.821</td> <td>0.1470</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-1.100</td> <td>0.5170</td> </tr> <tr> <td>E=Aucun / E=VP</td> <td>0.528</td> <td>0.0974</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-3.460</td> <td>0.0025</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	E=V / E=Aucun	1.554	0.2858	78	1	2.398	0.0490	E=V / E=VP	0.821	0.1470	78	1	-1.100	0.5170	E=Aucun / E=VP	0.528	0.0974	78	1	-3.460	0.0025	<p>Engrais = E=VP, Irrigation = I=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T=Aucun / T=Piq</td> <td>0.930</td> <td>0.162</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.419</td> <td>0.9078</td> </tr> <tr> <td>T=Aucun / T=Tran</td> <td>1.050</td> <td>0.194</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.263</td> <td>0.9627</td> </tr> <tr> <td>T=Piq / T=Tran</td> <td>1.129</td> <td>0.205</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>0.668</td> <td>0.7829</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	T=Aucun / T=Piq	0.930	0.162	78	1	-0.419	0.9078	T=Aucun / T=Tran	1.050	0.194	78	1	0.263	0.9627	T=Piq / T=Tran	1.129	0.205	78	1	0.668	0.7829	<p>Travail = T=Tran, Engrais = E=VP:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>contrast</th> <th>ratio</th> <th>SE</th> <th>df</th> <th>null</th> <th>t.ratio</th> <th>p.value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I=Aucun / I=P</td> <td>0.645</td> <td>0.126</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.250</td> <td>0.0693</td> </tr> <tr> <td>I=Aucun / I=VP</td> <td>0.560</td> <td>0.109</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-2.989</td> <td>0.0104</td> </tr> <tr> <td>I=P / I=VP</td> <td>0.868</td> <td>0.171</td> <td>78</td> <td>1</td> <td>-0.721</td> <td>0.7521</td> </tr> </tbody> </table>	contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value	I=Aucun / I=P	0.645	0.126	78	1	-2.250	0.0693	I=Aucun / I=VP	0.560	0.109	78	1	-2.989	0.0104	I=P / I=VP	0.868	0.171	78	1	-0.721	0.7521
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
E=V / E=Aucun	1.554	0.2858	78	1	2.398	0.0490																																																																																
E=V / E=VP	0.821	0.1470	78	1	-1.100	0.5170																																																																																
E=Aucun / E=VP	0.528	0.0974	78	1	-3.460	0.0025																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
T=Aucun / T=Piq	0.930	0.162	78	1	-0.419	0.9078																																																																																
T=Aucun / T=Tran	1.050	0.194	78	1	0.263	0.9627																																																																																
T=Piq / T=Tran	1.129	0.205	78	1	0.668	0.7829																																																																																
contrast	ratio	SE	df	null	t.ratio	p.value																																																																																
I=Aucun / I=P	0.645	0.126	78	1	-2.250	0.0693																																																																																
I=Aucun / I=VP	0.560	0.109	78	1	-2.989	0.0104																																																																																
I=P / I=VP	0.868	0.171	78	1	-0.721	0.7521																																																																																



Aide-mémoire: culture du bleuët

Résumé de la journée du 20 septembre 2022 à Normandin

Méthodes de protection contre le gel

1. Bâche : gain maximal de 2 °C mesuré.
2. Machine à vent : gain maximal de 3 °C mesuré (portée de 1 à 2 ha). Inefficace en conditions venteuses.
3. Irrigation : protection mesurée jusqu'à - 6 °C.

Irrigation, travail du sol et fertilisation

- L'irrigation en végétation (2021) et en production (2022) a permis d'augmenter les rendements de 40 %.
- Travail du sol et fertilisation : Il faudra patienter jusqu'au rapport final (Hiver 2023).

Projets précédents

Ces projets s'inscrivent dans la suite logique de résultats obtenus depuis 2015:

- [Régie raisonnée de l'eau :](#)
- [Conditions environnementales et variabilité:](#)
- [Protection des fleurs contre le gel.](#)

Merci à nos partenaires financiers et de projet

PARTENARIAT
CANADIEN pour
L'AGRICULTURE

Canada Québec

Dubois
Agrinovation

Nutrablu

TURF CARE

Bleuetière Coopérative de Normandin

Bleuets Boréales Normandin



Des questions?

Carl Boivin, chercheur à l'IRDA
418 643-2380 p. 430
carl.boivin@irda.qc.ca

Figure 50. Résumé produit à la suite de la journée « Portes ouvertes » du 20 septembre 2022 à Normandin.