

RAPPORT FINAL

LE DÉFI DE L'EAU : L'ÎLE D'ORLÉANS SE MOBILISE



Carl Boivin, Jérémie Vallée, Philippe-Antoine Taillon et Daniel Bergeron

Rapport présenté à la MRC de l'Île d'Orléans dans le cadre du Fonds de la région de la Capitale-Nationale
Mai 2020

Ce projet a été financé par le Fonds de la région de la Capitale-Nationale

Les entreprises suivantes ont aussi participé financièrement à la réalisation de ce projet :

Soleno

Dubois Agrinovation

Ferme Onésime Pouliot

Ferme des Pionniers

Ferme Jean-Claude Pouliot

Ferme Maurice et Philippe Vaillancourt

Ferme Daniel Blais



L'IRDA a été constitué en mars 1998 par quatre membres fondateurs, soit le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI).

L'IRDA est une corporation de recherche à but non lucratif qui travaille à chaque année sur une centaine de projets de recherche en collaboration avec de nombreux partenaires du milieu agricole et du domaine de la recherche.

Notre mission

L'IRDA est un institut de recherche et de développement qui a pour mission de soutenir le développement d'une agriculture durable au Québec en favorisant le recours à l'innovation et aux partenariats.

Pour en savoir plus

www.irda.qc.ca

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU PROJET

- Responsable du projet : Carl Boivin, agr., M. Sc. – IRDA
- Jérémie Vallée, agr., B. Sc. – IRDA
- Antoine Lamontagne, Technicien agricole – IRDA
- Stéphane Godbout, ing., agr., Ph. D. – IRDA
- Joahnn Palacios, ing., M. Sc. – IRDA
- Philippe-Antoine Taillon, agr. – DRCN du MAPAQ
- Daniel Bergeron, agr., M. Sc. – DRCN du MAPAQ
- Julie Goudreault, MRC de l'Île-d'Orléans
- Daniel Pouliot, agr. – Ferme Onésime Pouliot
- Gaétan Rouleau – Ferme des Pionniers
- Jean-Claude Pouliot – Ferme Jean-Claude Pouliot
- Philippe Vaillancourt – Ferme Maurice et Philippe Vaillancourt
- Frédéric Blais – Ferme Daniel Blais

COLLABORATEURS

- Richard Bossinotte, directeur des ventes, Soleno
- Daniel Nadeau agr., Soleno Textiles
- Mathieu Plante, Dubois Agrinovation

Les lecteurs qui souhaitent commenter ce rapport peuvent s'adresser à :

Carl Boivin
IRDA
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8
418 643-2380, poste 430
carl.boivin@irda.qc.ca

Pour citer ce document : Boivin, C., J. Vallée, P.-A. Taillon et D. Bergeron. 2020. Le défi de l'eau : l'Île d'Orléans se mobilise. Rapport remis à la MRC de l'Île d'Orléans. IRDA. 53 p.

TABLE DES MATIÈRES

1	Objectifs.....	8
2	Calendrier de réalisation	9
3	Sites où les essais ont été réalisés.....	10
4	Fiches synthèses	11
	Fiche 1 – Valoriser les précipitations pour le lavage des produits agricoles.....	13
	Fiche 2 – Valoriser les précipitations dans les bâtiments qui hébergent la main-d’œuvre	14
	Fiche 3 – Valoriser les précipitations en productions animales	17
	Fiche 4 – Valoriser les précipitations dans les cultures abritées : un exemple dans la framboise	21
	Fiche 5 – Valoriser les précipitations dans les traitements phytosanitaires	23
	Fiche 6 – Améliorer l’efficacité des précipitations en repensant l’architecture du système cultural.....	25
	Fiche 7 – Évaluer la pertinence de l’irrigation dans la production de plantes fourragères	33
	Fiche 8 – Autres stratégies de captage des précipitations à l’échelle de la ferme	36
5	Conclusion	41
6	Bibliographie.....	42
7	Annexes	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma de l'arrangement du contenu des fiches n° 1 à 5 où différents scénarios font le « pont » entre une cible d'approvisionnement en eau et la source pour combler celle-ci.	12
Figure 2. Consommation quotidienne en eau (l/personne) entre le 15 août et le 15 septembre 2019.....	15
Figure 3. Chronique du volume d'eau recueilli sur deux moitiés de chapelle (268 m ²) et la pluviométrie (mm), 15 août au 14 septembre 2019.	21
Figure 4. Chronique de la teneur en eau volumique du sol (cm ³ eau/cm ³ sol) et la pluviométrie cumulative (mm), 4 septembre 2019.	26
Figure 5. Chronique de la teneur en eau volumique du sol (cm ³ eau /cm ³ sol) et la pluviométrie cumulative (mm), 12 juillet 2019.	27
Figure 6. Schéma du déplacement de sol effectué pour l'architecture modifiée.....	28
Figure 7. Schéma de la Butte repensée et de la Butte conventionnelle au moment du renchaussage.	29
Figure 8. Quantité d'eau supplémentaire (mm/ha) à la culture pour une RFU de 21 mm d'eau/30 cm de sol.	30
Figure 9. Quantité d'eau supplémentaire (mm/ha) à la culture pour une RFU de 32 mm d'eau/ 30 cm de sol.	30
Figure 10. Rendement vendable (quintaux/acre) selon le traitement, saison 2019.....	31
Figure 11. Pluviométrie (mm), irrigations et coupes de foin, saison 2019.....	34
Figure 12. Matière sèche de la biomasse (g) selon la coupe de foin et le traitement.	35
Figure 13. Accumulation d'eau dans l'entre-rang.	37
Figure 14. Jonction entre les chapelles où l'installation de la gouttière a été planifiée, 10 juillet 2019.	44
Figure 15. Installation de la gouttière à la jonction des chapelles, 24 juillet 2019.	45
Figure 16. Vue transversale d'une butte de sol (fraisiers à jours neutres) et positionnement du tube de goutte-à-goutte.	46
Figure 17. Système cultural typique de la culture de la pomme de terre, 9 juillet 2019.....	47
Figure 18. Buttes et entre-rangs - système cultural de fraises à jours neutres, 14 août 2019.	48
Figure 19. Imperméabilisation d'un entre-rang, 30 juillet 2019.	49
Figure 20. Modification de l'architecture du système cultural de la pomme de terre (Butte repensée), 7 juin 2019.....	50
Figure 21. Allure finale de la Butte repensée après le renchaussage, 9 juillet 2019.	51
Figure 22. Vue partielle du dispositif expérimental avec 2 parcelles irriguées, 14 août 2019.	52
Figure 23. Récolte manuelle de la biomasse aérienne des parcelles (quadrat de 1 m ²), 22 juillet 2019.....	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Volume requis du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 5 m ³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 1315 m ² du 1 ^{er} juillet au 15 septembre (2015 à 2019).	13
Tableau 2. Volume requis de réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 3 m ³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 130 m ² du 1 ^{er} mai au 31 octobre (2015 à 2019).	15
Tableau 3. Surface de captage requise (m ²) selon le nombre de jours où la cible de 3 m ³ peut être comblée avec un réservoir de 15 m ³ et les précipitations et du 1 ^{er} mai au 31 octobre (2015 à 2019).	15
Tableau 4. Volume requis du réservoir (m ³) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 15,1 m ³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 2096 m ² du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production laitière.	18
Tableau 5. Volume requis du réservoir (m ³) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 13,5 m ³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 3744 m ² du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production porcine en croissance-finition.	18
Tableau 6. Volume requis du réservoir (m ³) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 12,8 m ³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 1462 m ² du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production avicole, pondeuses.	18
Tableau 7. Volume d'eau provenant de la pluie (m ³) qui peut être récupéré selon la surface de captage propre à un scénario et la période annuelle d'utilisation.	19
Tableau 8. Surface de captage requise (m ²) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 15,1 m ³ peut être comblée avec un réservoir de 45 m ³ et les précipitations et du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Laitier.	20
Tableau 9. Surface de captage requise (m ²) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 13,5 m ³ peut être comblée avec un réservoir de 40 m ³ et les précipitations et du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Porc (croissance-finition).	20
Tableau 10. Surface de captage requise (m ²) selon le n ^{bre} de jours où la cible de 12,8 m ³ peut être comblée avec un réservoir de 40 m ³ et les précipitations et du 1 ^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Avicole (pondeuses).	20
Tableau 11. Proportion (%) du besoin total en eau du système cultural de framboisiers en pots qui aurait pu être comblée avec les précipitations récupérées avec une surface de 268 m ² , selon la saison de production.	22
Tableau 12. Capacité de stockage nécessaire (m ³) pour combler une proportion donnée des besoins en eau avec un tunnel parapluie (%) selon la pluviométrie de la saison de production.	22
Tableau 13. Volume d'eau requis pour la saison (m ³) selon le volume appliqué par ha et la superficie à couvrir.	23
Tableau 14. Volume d'eau requis par tour hebdomadaire (m ³) selon le volume d'eau requis pour la saison et le nombre de tours effectués pour la saison.	23
Tableau 15. Surface de captage nécessaire (m ²) pour atteindre le volume d'eau requis par tour hebdomadaire selon la période considérée et les précipitations mesurées pour cette période - Saison 2019.	24
Tableau 16. Hauteur d'eau provenant des précipitations ayant le potentiel d'être valorisées par la culture (HEPPVC) selon l'architecture de la butte.	32
Tableau 17. Volume potentiel d'approvisionnement en eau selon la période annuelle de captage des précipitations et la proportion de la surface du champ qui est utilisée à cette fin.	38
Tableau 18. Volume d'eau nécessaire (m ³) pour irriguer 1 ha, selon la hauteur apportée par épisode et le nombre d'épisodes.	39
Tableau 19. Volume d'eau récupérable (m ³) selon la hauteur de la précipitation et la surface de captage (ha). ...	39

MISE EN CONTEXTE

Une étude publiée il y a quelques années par la firme d'ingénierie BPR Groupe-conseil révélait que sur les plans quantitatif et qualitatif, la problématique de l'approvisionnement en eau à des fins agricoles sur l'Île d'Orléans était majeure (BPR Groupe-conseil, 2003). D'autant plus que 95 % de ce territoire est à vocation agricole. La difficulté de trouver de l'eau en profondeur et les rivières qui ont un faible débit expliquent en partie cette problématique et la nécessité de s'approvisionner en eau au moyen d'étangs. Bien qu'il y ait plus de 600 étangs de rétention qui ont été aménagés au cours des ans sur le territoire de la MRC, les réserves actuelles sont insuffisantes pour répondre aux besoins. La forte proportion de graviers dans les sols et leur faible épaisseur sont aussi des facteurs qui accentuent la dépendance à l'irrigation.

L'idée de ce projet est de profiter de la mobilisation de producteurs agricoles de l'Île d'Orléans, d'équipes de recherche de l'IRDA, d'intervenants du MAPAQ, d'entreprises privées œuvrant dans des secteurs connexes à celui de l'agriculture, pour explorer et expérimenter de nouvelles approches et façons de faire pour maintenir, développer et mettre en valeur le secteur bioalimentaire de la MRC. Ce projet a comme objectif d'évaluer des solutions qui ont le potentiel de diminuer, voire éliminer, le déficit hydrique tant à l'échelle de l'entreprise qu'à celle de l'Île d'Orléans.

Ce projet s'inscrit dans les objectifs poursuivis par le plan de développement de la zone agricole (PDZA) de la MRC de l'Île-d'Orléans. Ce dernier vise à favoriser pleinement le développement agricole du territoire. Le PDZA s'est appuyé sur une démarche de concertation entre les principaux acteurs concernés par le développement agricole dans la MRC et a été adopté en 2015. Il a permis d'identifier certaines faiblesses de son territoire, dont : 1) l'absence d'un cours d'eau d'importance à l'Île d'Orléans et un réseau hydrographique de faible importance; et 2) la difficulté d'approvisionnement en eau pour les producteurs agricoles étant donné que l'alimentation souterraine en eau constitue la principale source d'approvisionnement en eau potable et que certains puits manquent d'eau.

L'un des principaux enjeux du PDZA est donc d'assurer une disponibilité de la ressource en eau aux producteurs agricoles de l'Île. Un plan d'action mobilisateur a vu le jour et les acteurs ont ciblé en priorité l'accès et la disponibilité en eau de bonne qualité à des fins agricoles pour protéger l'environnement de la MRC et assurer une pérennité des exploitations agricoles.

1 OBJECTIFS

- Évaluer des solutions* qui ont le potentiel d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau et/ou la proportion des précipitations qui peuvent être valorisées dans les différentes activités** des entreprises agricoles.
- Acquérir des données et des connaissances en vue de développer un projet de grande envergure et de diminuer le risque pour les entreprises qui y participeront.
- Acquérir des connaissances sur la pertinence d'irriguer les plantes fourragères.
- Partager l'information entre les entreprises agricoles.

*Solutions évaluées :

1. Capter l'eau provenant des précipitations qui est interceptée par la toiture de bâtiments, tunnels ou entre-rangs, à l'aide d'ouvrages tels que des gouttières, bâches, membranes, etc.
2. Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau des systèmes culturaux.
3. Intervenir en modifiant l'architecture du système cultural afin d'augmenter son potentiel de rétention en eau qui peut être valorisé par la culture (fraise et pomme de terre).

**Activités visées :

- Irrigation, besoin en eau pour la main-d'œuvre qui est hébergée sur l'entreprise (hygiène, toilette), pulvérisateur de pesticides, lavage des légumes, abreuvement des animaux.

2 CALENDRIER DE RÉALISATION

Principales étapes	Début	Fin
Rencontres d'échanges et de travail ayant trait à l'architecture du système cultural.	Juin 2019	Juill. 2019
Identifier des interventions pour modifier le système cultural qui ont le potentiel d'augmenter le volume d'eau qui peut être valorisé par la culture.	Juin 2019	Juill. 2019
Essais à petite échelle dans un système cultural de pommes de terre.	Août 2019	Sept. 2019
Établir un état de la situation des besoins, de l'utilisation et du potentiel de captage et de stockage d'eau pour les entreprises participantes.	Juin 2019	Août 2019
Établir un portrait des structures et infrastructures des fermes pour faciliter la sélection des ouvrages de captage, de transport et de stockage de l'eau.	Juill. 2019	Août 2019
Essais à petite échelle d'ouvrages de captage.	Juill. 2019	Sept. 2019
Rencontres d'échanges et de travail sur les résultats de la saison.	Nov. 2019	Février 2020
Production du rapport final.	Nov. 2019	Mai 2020

3 SITES OÙ LES ESSAIS ONT ÉTÉ RÉALISÉS

Les essais ont eu lieu à l'Île d'Orléans, à l'été 2019, sur des fermes spécialisées dans la production de pommes de terre, de petits fruits et de plantes fourragères destinées à l'alimentation d'un troupeau laitier. Les essais à petite échelle sur la modification de l'architecture du système cultural se sont déroulés à la ferme des Pionniers (46.896965°, -70.954117°) pour la culture de la pomme de terre et à la ferme Maurice et Philippe Vaillancourt pour la fraise (46.877434°, -71.005977°). Les essais portant sur les structures de captage de l'eau ont été mise en place dans la culture de la fraise à jours neutres à la ferme Maurice et Philippe Vaillancourt, à la ferme Onésime Pouliot (46.914539°, -70.959021°) dans un contexte de production de framboises sous abri (parapluie) et à la ferme Jean-Claude Pouliot (46.907595°, -70.924193°) pour les toitures de bâtiments agricoles. Des plus, les essais portant sur l'irrigation des plantes fourragères ont également eu lieu à la ferme Jean-Claude Pouliot.

4 FICHES SYNTHÈSES

Ce rapport est composé de huit fiches synthèses, où les cinq premières ont trait à la valorisation de l'eau provenant des précipitations pour un usage donné en agriculture. Les trois fiches suivantes concernent l'amélioration de l'efficacité des précipitations dans les systèmes culturaux de la fraise à jours neutres et de la pomme de terre, l'évaluation de la pertinence de l'irrigation dans les plantes fourragères et enfin, différentes stratégies de captage des précipitations.

Les cinq usages de l'eau qui font l'objet des cinq premières fiches sont le lavage des produits agricoles, l'eau utilisée dans les bâtiments qui hébergent la main-d'œuvre sur la ferme, l'abreuvement des animaux, l'irrigation de framboisiers en pots sous abri et les traitements phytosanitaires. Chacune de ces fiches a été construite de la même manière. Une cible d'approvisionnement en eau est tout d'abord déterminée. L'étape suivante implique de combler cette cible avec l'eau provenant des précipitations (Figure 1).

Selon le contexte de l'entreprise, ces cibles d'approvisionnement pourraient être comblées avec différentes sources ou combinaisons de sources. Dans le présent exercice, l'eau provenant des précipitations a été la seule source d'approvisionnement considérée. Généralement, les scénarios en présence ont comme objectif de combler 25, 50, 75 et 100 % de la cible d'approvisionnement avec les précipitations.

Cependant, les précipitations sont très variables en termes de fréquence, de durée, d'intensité et de hauteur d'eau reçue par ou entre les épisodes. C'est pourquoi il a fallu faire intervenir différents scénarios « pont » pour évaluer le potentiel de valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ces scénarios impliquent le captage et le stockage des précipitations. Selon la cible d'approvisionnement, différentes combinaisons de superficie de captage et de volume d'ouvrage de stockage ont été générées. Les précipitations qui ont été utilisées sont celles des années 2015 à 2019, selon la période considérée.

Des facteurs ont été ignorés par ce projet et devront être considérés dans des projets éventuels avant de proposer un cadre d'utilisation de cette source d'approvisionnement en eau. Mentionnons par exemple, les équipements nécessaires, le transport possible de l'eau entre le lieu de captage et de stockage, les risques, les traitements physiques et chimiques et les coûts.

Liste des fiches

Fiche 1 – Valoriser les précipitations pour le lavage des produits agricoles.....	13
Fiche 2 – Valoriser les précipitations dans les bâtiments qui hébergent la main-d'œuvre	14
Fiche 3 – Valoriser les précipitations en productions animales	17
Fiche 4 – Valoriser les précipitations dans les cultures abritées : un exemple dans la framboise	21
Fiche 5 – Valoriser les précipitations dans les traitements phytosanitaires	23
Fiche 6 – Améliorer l'efficacité des précipitations en repensant l'architecture du système culturel.....	25
Fiche 7 – Évaluer la pertinence de l'irrigation dans la production de plantes fourragères	33
Fiche 8 – Autres stratégies de captage des précipitations à l'échelle de la ferme	36

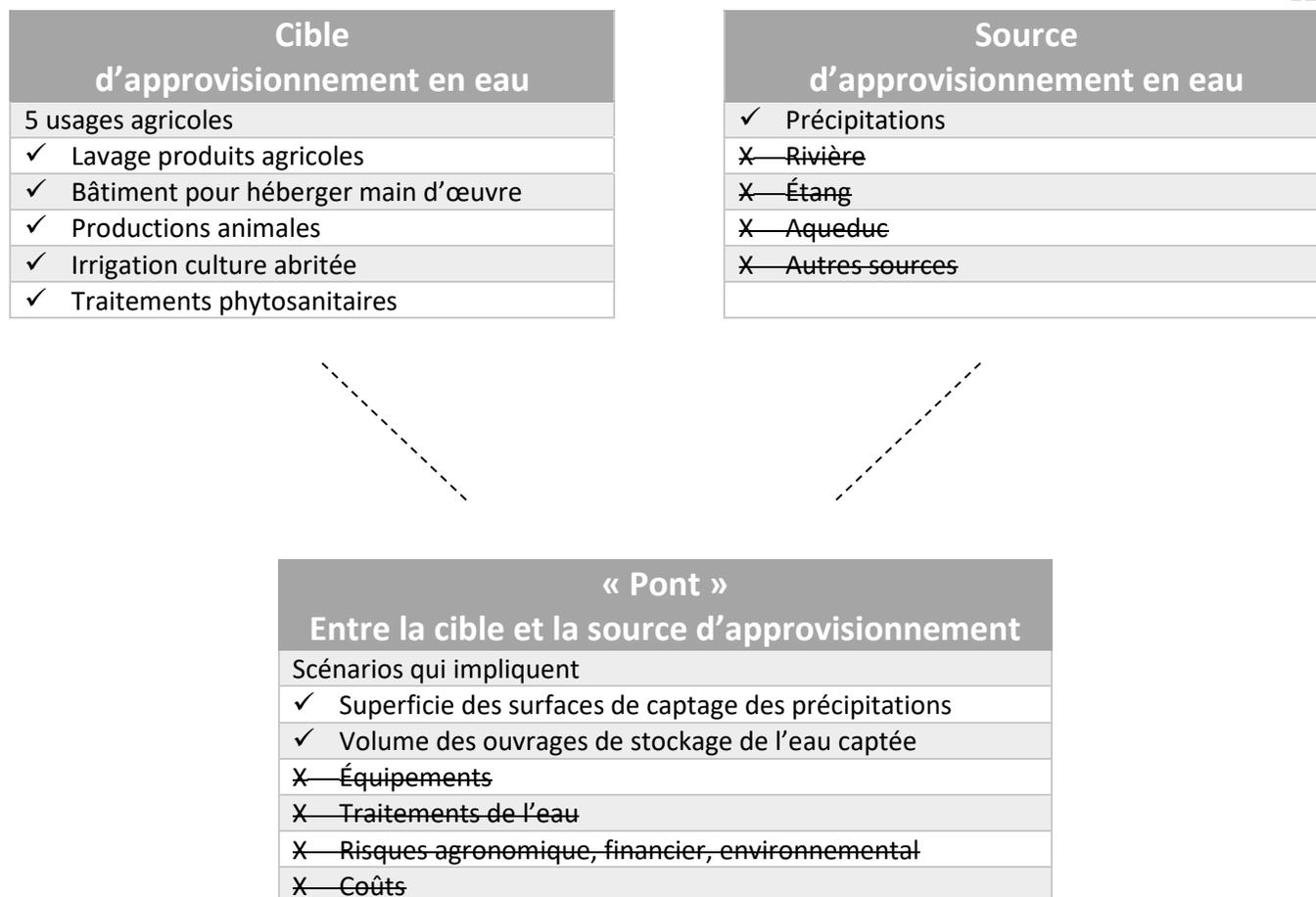


Figure 1. Schéma de l'arrangement du contenu des fiches n° 1 à 5 où différents scénarios font le « pont » entre une cible d'approvisionnement en eau et la source pour combler celle-ci.

FICHE 1 – VALORISER LES PRÉCIPITATIONS POUR LE LAVAGE DES PRODUITS AGRICOLES

CIBLE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LE LAVAGE DE LÉGUMES : 5 m³/jour

La cible d'approvisionnement a été fixée à 5 m³/jour, et ce, du 1^{er} juillet au 15 septembre, soit une période de 77 jours. Cette cible a été déterminée à la suite d'une entrevue effectuée auprès d'une entreprise située à l'Île-d'Orléans qui utilise, entre autres, l'eau à des fins de nettoyage des légumes. De plus, ces activités de lavage sont réalisées dans un bâtiment où la surface de toit exploitable pour le captage des précipitations est de 1315 m².

VOLUME REQUIS DE RÉSERVOIR AVEC UNE SURFACE DE CAPTAGE DE 1315 m²

Le besoin total en eau, pour la période considérée, est de 385 m³ (5 m³/jour x 77 jours) et la surface de captage permet, selon l'année, de récupérer un maximum de 242 à 373 m³. Avec l'objectif d'avoir quotidiennement une réserve d'au moins 5 m³ d'eau provenant des précipitations, et ce, durant 77 jours consécutifs, il aurait fallu un réservoir de 65 m³ en 2018 et jusqu'à 156 m³ en 2017 (Tableau 1). En diminuant à 39 jours (discontinus) où une réserve d'au moins 5 m³ est disponible, le volume requis du réservoir varie de 20 à 45 m³ selon l'année. Dans cette démonstration, le réservoir est réputé être plein au 1^{er} juillet et c'est pourquoi il est possible d'atteindre la cible de 77 jours (100 %) de couverture. Sans cette réserve de départ, la surface de toit ne permet pas de récupérer un volume suffisant d'eau. De plus, cet exercice considère que 100 % des précipitations sont récupérées.

Tableau 1. Volume requis du réservoir (m³) selon le nombre de jours où la cible de 5 m³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 1315 m² du 1^{er} juillet au 15 septembre (2015 à 2019).

Période annuelle d'utilisation	Volume du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 5 m ³ est atteinte			
	19 jours (25 %)	39 jours (50 %)	58 jours (75 %)	77 jours (100 %)
2015	10	37	61	132
2016	9	20	50	115
2017	15	45	116	156
2018	10	24	40	65
2019	10	25	73	145
Moyenne	11	30	68	123

La valeur est arrondie à l'entier supérieur.

L'évaluation du volume requis ou « raisonnable » d'un réservoir pourrait faire intervenir différents scénarios où par exemple, une proportion de la cible quotidienne d'approvisionnement en eau pourrait être comblée par une autre source, comme un puits artésien. Par ailleurs, il pourrait aussi être envisagé de réutiliser l'eau de lavage pour d'autres besoins comme l'irrigation. Enfin, la cible retenue dans la démonstration précédente pourrait être revue à la hausse ou à la baisse, selon le légume à laver et l'efficacité des installations.

Ce projet avait d'abord comme objectif d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau que représente le captage des précipitations. Il visait aussi à acquérir des données et connaissances en vue de développer un projet de grande envergure qui souhaite proposer un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

FIGE 2 – VALORISER LES PRÉCIPITATIONS DANS LES BÂTIMENTS QUI HÉBERGENT LA MAIN-D'ŒUVRE

CIBLE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR UN BÂTIMENT HÉBERGEANT 20 TRAVAILLEURS : 3 m³/jour

En 2020, le Québec attend près de 16 000 travailleurs étrangers et ces derniers sont généralement hébergés directement à la ferme. Seulement pour l'île d'Orléans, c'est entre 800 et 1000 travailleurs. Cette situation implique de fournir des infrastructures adéquates et l'approvisionnement en eau peut devenir problématique. En effet, les bâtiments sont généralement desservis par des puits artésiens plutôt que par un aqueduc municipal.

Pour connaître le volume d'eau qu'a utilisé un groupe de 20 travailleurs hébergés sur la ferme, un débitmètre a été installé sur l'arrivée d'eau desservant leur habitation. Cette dernière était approvisionnée avec un puits artésien. Ainsi, du 15 août au 15 septembre, l'utilisation moyenne quotidienne s'est élevée à près de 152 litres par travailleur ou un besoin total de 3 m³/jour pour les 20 travailleurs (

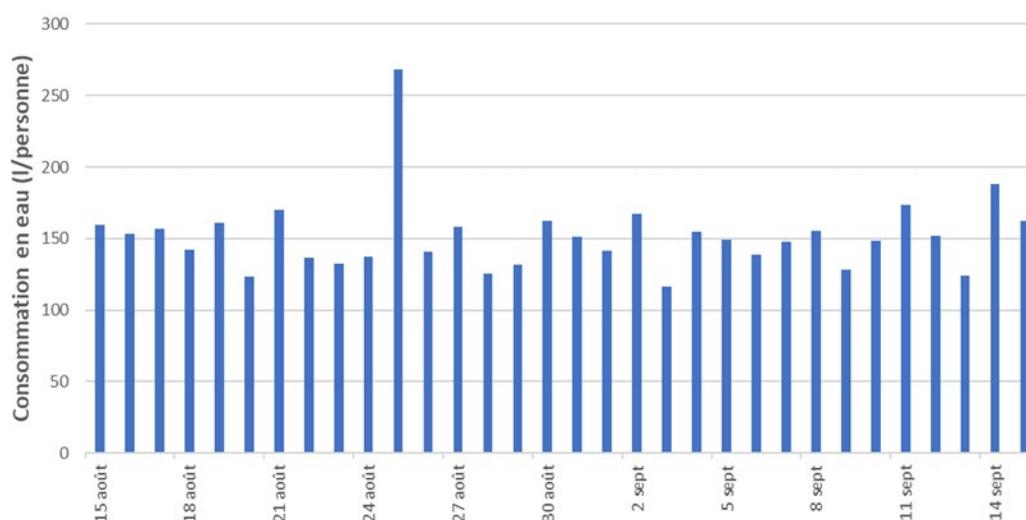


Figure 2). À titre comparatif, la moyenne canadienne et québécoise, pour le secteur résidentiel, était respectivement de 220 et 240 litres en 2017 (Statistique Canada, 2020).

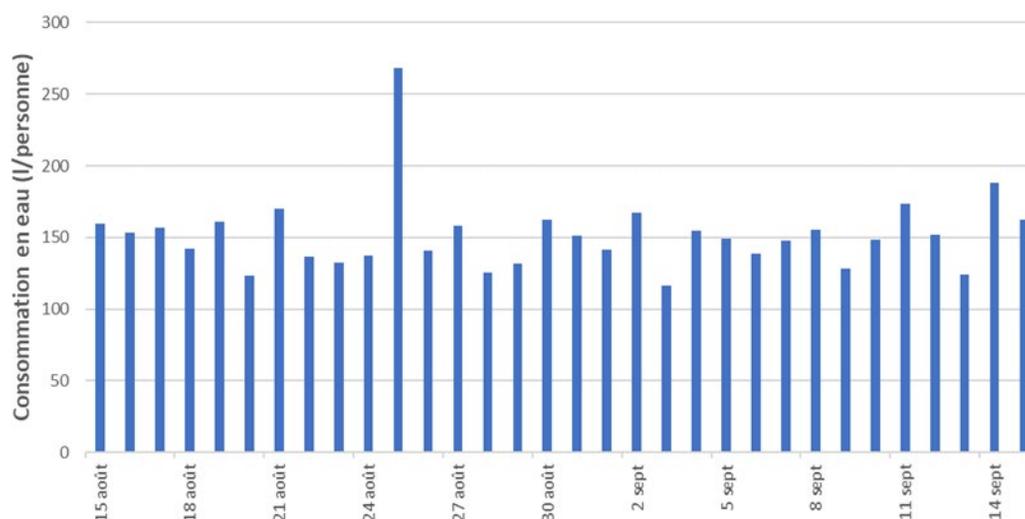


Figure 2. Consommation quotidienne en eau (l/personne) entre le 15 août et le 15 septembre 2019.

VOLUME REQUIS DE RÉSERVOIR AVEC UNE SURFACE DE CAPTAGE DE 130 m²

Le bâtiment où logent les 20 travailleurs compte 2 étages et un toit dont la surface exploitable pour le captage des précipitations est de 130 m². Pour répondre au besoin quotidien de 3 m³/jour, entre le 1^{er} mai et le 31 octobre avec les précipitations enregistrées pour la même période, il faudrait un réservoir d'une capacité de près de 500 m³ (Tableau 2). Le besoin total pour la période considérée est de 552 m³ et selon l'année, les 130 m² de toiture permettent de récupérer un maximum de 80 à 93 m³, en considérant que 100 % des précipitations sont récupérées. Dans cette démonstration, le réservoir est réputé être plein au 1^{er} mai et c'est pourquoi il est possible d'atteindre la cible de 184 jours (100 %) de couverture. Sans cette réserve de départ, la surface de toit ne permet pas de récupérer un volume suffisant d'eau. De plus, en comblant seulement le besoin quotidien 25 % du temps, soit 46 jours (discontinus), il faudrait quand même un réservoir d'au moins 110 m³.

Tableau 2. Volume requis de réservoir (m³) selon le nombre de jours où la cible de 3 m³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 130 m² du 1^{er} mai au 31 octobre (2015 à 2019).

Période annuelle d'utilisation	Volume du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 3 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	124	237	361	483
2016	116	236	356	469
2017	124	247	369	482
2018	126	252	368	479
2019	121	250	365	485
Moyenne	122	244	364	480

La valeur en m³ est arrondie à l'entier supérieur.

SURFACE DE CAPTAGE NÉCESSAIRE AVEC UN RÉSERVOIR DE 15 m³

Maintenant, au lieu que l'analyse aboutisse à un volume donné de réservoir, débutons plutôt celle-ci avec un volume donné de stockage. Quelle surface de captage permettrait donc de répondre en tout ou en partie à la cible d'approvisionnement en eau avec un réservoir de 15 m³, soit un volume plus raisonnable.

En considérant la pluviométrie de 2016, la superficie actuelle du toit devrait être 3 fois plus grande pour combler le besoin quotidien 25 % du temps ou 46 jours (Tableau 3). Ce qui serait un peu plus réaliste si le bâtiment n'avait qu'un seul étage. Cependant, la toiture recherchée devrait être de 12 à 20 fois plus grande pour combler le besoin quotidien 75 % du temps (138 jours) avec les précipitations. Il faudrait alors mettre à profit la toiture de bâtiments situés à proximité pour augmenter la surface de captage (ex. entrepôts). Le nombre de jours sans précipitations est un facteur limitatif et comme ce dernier est supérieur à 5 jours, soit l'autonomie maximale d'un réservoir de 15 m³, pour les 5 années considérées, il est impossible d'atteindre la cible de 100 %.

Tableau 3. Surface de captage requise (m²) selon le nombre de jours où la cible de 3 m³ peut être comblée avec un réservoir de 15 m³ et les précipitations et du 1^{er} mai au 31 octobre (2015 à 2019).

Période annuelle d'utilisation	Surface de captage (m ²) selon le nombre de jours où la cible de 3 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	478	828	1761	
2016	387	806	1392	
2017	441	993	2271	Impossible
2018	398	841	2595	

2019	441	787	2110
Moyenne	429	851	2026

La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

L'évaluation du volume requis ou « raisonnable » d'un réservoir pourrait faire intervenir différents scénarios où par exemple, une proportion de la cible quotidienne d'approvisionnement en eau pourrait être comblée par une autre source, comme un puits artésien. Ainsi, l'approvisionnement en eau potable pourrait être assuré par cette source et les autres besoins (hygiène, toilette, etc.) seraient comblés par l'eau provenant des précipitations.

L'objectif premier de ce projet était d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau provenant des précipitations pour différents usages agricoles. De plus, il visait l'acquisition de données et de connaissances en vue de développer un projet de grande envergure duquel découlera un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements requis et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

FICHE 3 – VALORISER LES PRÉCIPITATIONS EN PRODUCTIONS ANIMALES

CIBLES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR L'ABREUVEMENT DES ANIMAUX

Des cibles d'approvisionnement en eau pour l'abreuvement des animaux ont été identifiées pour des scénarios en productions laitière, porcine et avicole. Ces scénarios excluent l'eau nécessaire pour le lavage des aires intérieures et des équipements. De plus, la période considérée par cet exercice s'étend du 1^{er} mai au 31 octobre, soit 184 jours. Enfin, les spécificités ayant trait à chacune des productions sont énumérées ci-dessous.

Production laitière

- Cheptel considéré : 110 vaches en lactation, 17 vaches taries, 65 génisses (5 à 24 mois), 11 veaux laitiers (0 à 4 mois), 99 veaux gardés une semaine;
- Cible d'approvisionnement pour l'abreuvement¹ : 15,1 m³/jour (MAAARO, 2019);
- Superficie de la toiture exploitable pour le captage : 2096 m² (cas réel).

Production porcine en croissance-finition

- Cheptel considéré : 2995 porcs à l'engraissement;
- Cible d'approvisionnement pour l'abreuvement¹ : 13,5 m³ (MAAARO, 2019);
- Superficie de la toiture considérée : 3744 m² (CNSAE, 2014).

Production avicole, pondeuses

- Cheptel considéré : 40 000 poules pondeuses (20 000 pondeuses/étage);
- Cible d'approvisionnement pour l'abreuvement¹ : 12,8 m³/jour (MAAARO, 2019);
- Superficie de la toiture exploitable pour le captage : 1462 m² (cas réel).

VOLUME REQUIS DE RÉSERVOIR SELON LA CIBLE D'APPROVISIONNEMENT ET LA SURFACE DE CAPTAGE

La quantité d'eau récupérable a été calculée selon un coefficient de restitution de 100 %. En pratique, ce coefficient serait moindre en fonction de la nature de la toiture et du système de récupération en place. De plus, pour chacun des scénarios évalués, le réservoir est rempli au maximum de sa capacité au 1^{er} mai. Le volume de réservoir requis pour atteindre une cible donnée d'approvisionnement en eau avec la pluie est présenté selon la production et l'année au Tableau 4, au Tableau 5 et au Tableau 6.

¹ L'eau nécessaire pour le lavage des locaux et des équipements n'est pas considérée.

Pour répondre à la cible quotidienne d’approvisionnement en eau durant 184 jours consécutifs, selon la superficie de captage considérée, il faudrait en moyenne un réservoir de 1521 m³ pour la production laitière (Tableau 4), 481 m³ pour la production porcine (Tableau 5) et 1470 m³ pour la production avicole (Tableau 6).

Tableau 4. Volume requis du réservoir (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 15,1 m³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 2096 m² du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production laitière.

Période annuelle d'utilisation	Volume du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 15,1 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	149	524	1041	1526
2016	55	447	901	1436
2017	134	619	1128	1640
2018	59	466	954	1435
2019	175	644	1132	1567
Moyenne	114	540	1031	1521

La valeur en m³ est arrondie à l’entier supérieur.

Tableau 5. Volume requis du réservoir (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 13,5 m³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 3744 m² du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production porcine en croissance-finition.

Période annuelle d'utilisation	Volume du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 13,5 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	26	64	144	496
2016	23	61	145	333
2017	27	87	318	728
2018	27	68	133	413
2019	27	62	145	436
Moyenne	26	69	177	481

La valeur en m³ est arrondie à l’entier supérieur.

Tableau 6. Volume requis du réservoir (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 12,8 m³ peut être comblée avec les précipitations captées sur une surface de 1462 m² du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Production avicole, pondeuses.

Période annuelle d'utilisation	Volume du réservoir (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 12,8 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	265	600	1055	1476
2016	157	577	985	1393
2017	226	641	1109	1545
2018	105	576	987	1422
2019	265	690	1111	1512
Moyenne	204	617	1049	1470

La valeur en m³ est arrondie à l’entier supérieur.

Le besoin total en eau pour la période considérée (184 jours) est respectivement de 2778, 2484 et 2355 m³ pour les productions laitière, porcine et avicole. La surface de toiture exploitable dans ces trois scénarios aurait permis de récupérer en moyenne, avec un coefficient de restitution de 100 %, 1355, 2421 et 945 m³ d'eau, respectivement pour le laitier, le porcin et l'avicole (Tableau 7). Cela explique pourquoi, aux tableaux précédents, le volume requis de réservoir devient rapidement important et surtout, que ce dernier soit réputé plein au 1^{er} mai. Sans cette réserve de départ, la surface de toit ne permet pas de récupérer un volume suffisant d'eau durant toute la période.

Tableau 7. Volume d'eau provenant de la pluie (m³) qui peut être récupéré selon la surface de captage propre à un scénario et la période annuelle d'utilisation.

Période annuelle d'utilisation	Volume d'eau (m ³) qui aurait pu être capté selon le scénario		
	Scénario laitier (2096 m ²)	Scénario porcin (3744 m ²)	Scénario avicole (1462 m ²)
2015	1287	2298	897
2016	1506	2690	1051
2017	1334	2382	930
2018	1357	2423	946
2019	1293	2310	902
Moyenne	1355	2421	945

La valeur en m³ est arrondie à l'entier supérieur.

DIMENSIONS DE LA SUPERFICIE REQUISE DE CAPTAGE

Les superficies de captage présentées précédemment sont des cas de figure « prudents » pour les trois systèmes de productions décrits. Cependant, il existe aussi une multitude de possibilités concernant la superficie de toiture exploitable sur une entreprise. L'exercice suivant débute avec un volume de réservoir, qui remplit au maximum de sa capacité, peut assurer un approvisionnement en eau durant 3 jours consécutifs, selon la production. Il implique ensuite de revisiter la pluviométrie de 2015 à 2019 afin d'obtenir une surface de captage qui pourrait répondre en tout ou en partie à la cible d'approvisionnement en eau quotidien.

Ainsi, avec un réservoir de 45 m³ (production laitière) et une surface moyenne de 2575 m², la cible quotidienne serait atteinte à raison de 46 jours durant la période comprise entre le 1^{er} mai et le 31 octobre (Tableau 8). Pour doubler le nombre de jours (96 jours), il faudrait tripler la surface de captage (moyenne de 7812 m²). En ce qui a trait à la production porcine, le volume requis de réservoir pour assurer 3 jours d'autonomie, au maximum de sa capacité, est de 40 m³. Avec un tel réservoir, la surface moyenne de captage qui permettrait d'atteindre la cible d'approvisionnement en eau durant 46 jours est de 2291 m² (Tableau 9). La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

Tableau 9). Comme pour la production laitière, pour doubler la cible d'approvisionnement, il faudrait tripler la surface de captage (moyenne de 7004 m²). Enfin, avec la production avicole, une surface moyenne de 2081 m² serait requise pour s'assurer d'atteindre la cible d'approvisionnement en eau durant 46 jours, et ce, avec un réservoir de 40 m³ (Tableau 10). Encore une fois, il faudrait tripler la surface de captage (moyenne 5145 m²), pour doubler le nombre de jours où la cible quotidienne d'approvisionnement serait atteinte.

Peu importe la production, il devient difficile d'atteindre la cible quotidienne d'approvisionnement durant 138 jours (75 % de la période) avec les volumes de réservoir retenus.

Tableau 8. Surface de captage requise (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 15,1 m³ peut être comblée avec un réservoir de 45 m³ et les précipitations et du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Laitier.

Période annuelle d'utilisation	Surface de captage (m ²) selon le nombre de jours où la cible de 15,1 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	2795	6288		
2016	2276	5920		
2017	2732	8386	> 10 000	> 10 000
2018	2561	9843		
2019	2509	8624		
Moyenne	2575	7812		

La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

Tableau 9. Surface de captage requise (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 13,5 m³ peut être comblée avec un réservoir de 40 m³ et les précipitations et du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Porc (croissance-finition).

Période annuelle d'utilisation	Surface de captage (m ²) selon le nombre de jours où la cible de 13,5 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	2698	5618		
2016	2033	5359		
2017	2141	7495	> 10 000	> 10 000
2018	2323	8842		
2019	2261	7705		
Moyenne	2291	7004		

La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

Tableau 10. Surface de captage requise (m³) selon le n^{bre} de jours où la cible de 12,8 m³ peut être comblée avec un réservoir de 40 m³ et les précipitations et du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) – Avicole (pondeuses).

Période annuelle d'utilisation	Surface de captage (m ²) selon le nombre de jours où la cible de 12,8 m ³ est atteinte			
	46 jours (25 %)	92 jours (50 %)	138 jours (75 %)	184 jours (100 %)
2015	2266	4354		
2016	1883	4531		
2017	2130	5819	> 10 000	> 10 000
2018	2016	5689		
2019	2110	5334		
Moyenne	2081	5145		

La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

Répondre à 100 % du besoin avec un approvisionnement en eau provenant des précipitations implique des surfaces de captage et des volumes de réservoirs trop importants. De plus, il ne faut pas oublier que la période considérée ne représente que la moitié d'une année. Cependant, il reste tout de même que les volumes de pluie pouvant être valorisés selon le type de bâtiment sont importants. L'Institut national de la recherche agronomique (INRA) indique que la quantité d'eau nécessaire à l'abreuvement des animaux représente environ 70-75 % des besoins totaux de la ferme en excluant les besoins reliés à l'irrigation (Boudon, 2012). De combler les besoins autres que ceux ayant trait à l'abreuvement, avec l'eau provenant des précipitations, pourrait être une voie à étudier.

L'objectif premier de ce projet était d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau provenant des précipitations pour différents usages agricoles. De plus, il visait l'acquisition de données et de connaissances en vue de développer un projet de grande envergure duquel découlera un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements requis et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

FICHE 4 – VALORISER LES PRÉCIPITATIONS DANS LES CULTURES ABRITÉES : UN EXEMPLE DANS LA FRAMBOISE

CIBLE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR UN SYSTÈME CULTURAL DE 240 POTS DE FRAMBOISIERS : 111 m³

Un essai de captage de l'eau de pluie a été conduit avec des structures de type « tunnel parapluie » à la ferme Onésime Pouliot. Un tunnel mesurait 5,95 m de largeur par 45 m de longueur, pour une surface de captage d'environ 268 m². Un total de 240 pots de framboisiers étaient en production sous un tunnel. Ce système cultural a besoin de 111 m³ d'eau du 15 mai au 15 octobre et le besoin quotidien varie de 0,48 à 0,84 m³ (Pouliot, 2019).

VOLUME D'EAU RÉCUPÉRÉ AVEC UNE SURFACE DE CAPTAGE DE 268 m²

L'eau de pluie récupérée par la surface de captage de 268 m² était dirigée vers une gouttière fabriquée pour cet essai et qui a été installée à la jonction de deux chapelles (Figure 14 et Figure 15). La pente de cette gouttière assurait que l'eau soit recueillie dans un réservoir de 1 m³. Ce dernier servait à mesurer le volume d'eau capté, selon l'épisode de pluie et le moment où il est survenu. Pour ce faire, des capteurs de pression ont été installés à intervalles réguliers de façon à ce qu'ils indiquent la hauteur d'eau en continu. Ces capteurs ont été calibrés sur place en remplissant le réservoir avec un débit d'eau connu (Tx-80, Seametrics). Aussi, le réservoir devait pouvoir mesurer des volumes d'eau qui étaient supérieurs à son volume. Ainsi, lorsque le volume d'eau accumulé par le réservoir atteignait 900 litres, un siphon cloche permettait de vidanger le contenu. De plus, un débitmètre (Tx-80, Seametrics,) avait été installé à la sortie du siphon pour mesurer le volume d'eau recueilli.

Les volumes d'eau recueillis entre le 15 août et le 14 septembre sont présentés à la Figure 3. Le positionnement de la gouttière a permis de récolter de l'eau sur une surface équivalente à un tunnel, soit 268 m². La journée du 22 août a été exclue, car l'intensité de la pluie a été trop importante, ce qui a dépassé la capacité du siphon à vider le bassin. En excluant la journée du 22 août, la pluviométrie totale s'est élevée à 144,6 mm (15 août au 14 septembre). Le volume total d'eau récupéré durant cette période a été de 38,6 m³ tout près de la valeur théorique qui est de 38,7 m³ (144,6 mm sur 268 m²).

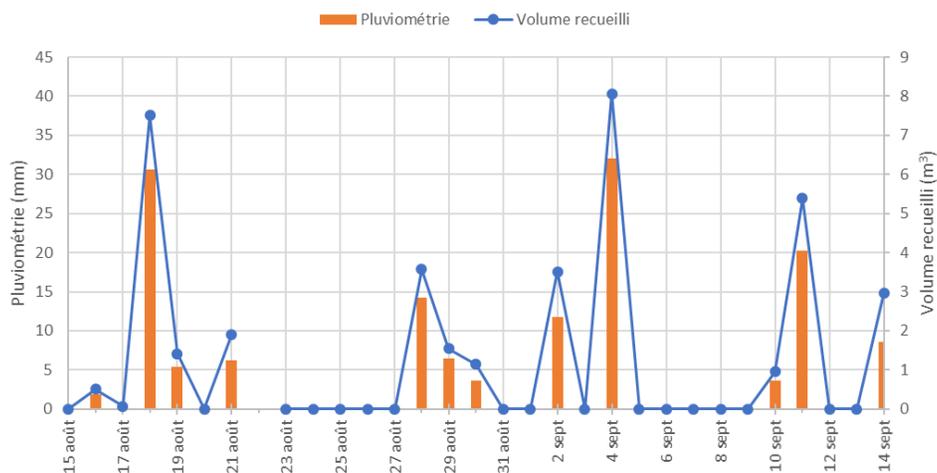


Figure 3. Chronique du volume d'eau recueilli sur deux moitiés de chapelle (268 m²) et la pluviométrie (mm), 15 août au 14 septembre 2019.

ÉVALUER LA PROPORTION DU BESOIN EN EAU QUI POURRAIT ÊTRE COMBLÉE PAR LE CAPTAGE DES PRÉCIPITATIONS

Le besoin total en eau pour la saison de production est évalué à 111 m³ pour ce système cultural (Pouliot, 2019). Pour évaluer si un approvisionnement en eau provenant des précipitations aurait pu combler ce besoin, une simulation a été réalisée en y comparant la pluviométrie du 1^{er} mai au 31 oct. (2015 à 2019) (Tableau 11).

Tableau 11. Proportion (%) du besoin total en eau du système cultural de framboisiers en pots qui aurait pu être comblée avec les précipitations récupérées avec une surface de 268 m², selon la saison de production.

Saison de production	Volume d'eau récupéré (m ³)	Proportion du besoin total comblée (%)
2015	139,6	126
2016	142,9	129
2017	119,9	108
2018	157,7	142
2019	136,3	123
Moyenne	139,3	125

Peu importe l'année, le besoin total en eau du système cultural peut être comblé par les précipitations et la surface de captage du système en question. Toutefois, il est important de pouvoir combler ce besoin quotidiennement. Cela implique de stocker l'eau dans un réservoir ou un étang. La suite de l'exercice s'intéresse au volume requis de réservoir pour combler le besoin quotidien durant une proportion ou la totalité de la saison. L'objectif est d'avoir quotidiennement une réserve d'au moins 1 m³ d'eau provenant des précipitations. Pour atteindre cet objectif durant toute la période (159 jours), il faudrait un réservoir ou un étang de 16 à 27 m³, selon l'année (Tableau 12). Toutefois, en diminuant l'objectif à 119 jours (discontinus), soit 75 % de la période, le volume requis de stockage serait de 3 à 4 m³. Dans cette démonstration, le réservoir est réputé être plein au 15 mai.

Tableau 12. Capacité de stockage nécessaire (m³) pour combler une proportion donnée des besoins en eau avec un tunnel parapluie (%) selon la pluviométrie de la saison de production.

Période annuelle d'utilisation	Volume de stockage (m ³) selon le nombre de jours où la cible de 1 m ³ est atteinte			
	40 jours (25 %)	80 jours (50 %)	119 jours (75 %)	159 jours (100 %)
2015	1,5	3	5	19
2016	1,5	3	5	16
2017	1,7	4	9	27
2018	1,7	4	6	15
2019	1,5	3	5	22
Moyenne	1,6	3,5	6	20

Maintenant, pour atteindre quotidiennement la cible d'approvisionnement pour un système cultural de 1 ha, il faudrait une capacité de stockage allant de 489 à 954 m³, selon l'année (2015 à 2019). La limite maximale s'explique par une longue période où seulement 9,4 mm sont tombés durant 26 jours consécutifs. Si le besoin total en eau pour la saison (4868 m³) doit être stocké dans un étang qui n'est alimenté que par la fonte de la neige, le volume de dernier devra nécessairement être supérieur à 5000 m³. Cependant, si ce même étang est alimenté par l'eau captée par le revêtement de 1 ha de tunnels, le volume de cet étang pourrait être de 5 à 10 fois inférieur.

L'objectif premier de ce projet était d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau provenant des précipitations pour différents usages agricoles. De plus, il visait l'acquisition de données et de connaissances en vue de développer un projet de grande envergure duquel découlera un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements requis et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

FICHE 5 – VALORISER LES PRÉCIPITATIONS DANS LES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES

CIBLES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POUR LES TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES : 3,6 À 17,7 m³/ha

Des cibles d'approvisionnement en eau pour les traitements phytosanitaires allant de 3,6 à 5,0 m³/ha/saison, pour la pomme de terre et allant de 10,7 à 17,7 m³/ha/saison pour la fraise à jours neutres, ont été déterminées avec l'aide de conseillers agricoles. Plusieurs facteurs vont influencer à la baisse ou à la hausse le volume d'eau utilisé à cette fin (conditions météorologiques, cultivars, produit utilisé, etc.).

Maintenant, ces cibles ont été ajustées selon différentes valeurs de superficies allant jusqu'à 100 ha (Tableau 13). Par exemple, une entreprise qui cultive 100 ha en pommes de terre et qui utilise un volume d'eau de 5 m³/ha/saison pour les traitements phytosanitaires, aurait besoin de 500 m³ d'eau durant la saison.

Tableau 13. Volume d'eau requis pour la saison (m³) selon le volume appliqué par ha et la superficie à couvrir.

Volume d'eau/ha/saison (m ³)	Volume d'eau requis pour la saison (m ³) selon la superficie à couvrir					
	1 ha	5 ha	10 ha	25 ha	50 ha	100 ha
3	3	15	30	75	150	300
5	5	25	50	125	250	500
10	10	50	100	250	500	1000
15	15	75	150	375	750	1500
20	20	100	200	500	1000	2000

Le volume d'eau requis pour couvrir une superficie donnée au Tableau 13 a été fractionné en volume d'eau requis hebdomadairement selon le nombre de tours par saison (Tableau 14). Un tour correspond à une application de pesticides sur l'ensemble de la superficie, ce qui est une simplification de la réalité. Pour l'entreprise de 100 ha, citée en exemple au paragraphe précédent, son besoin hebdomadaire pourrait être de 42 m³ d'eau si une douzaine de tours est faite durant la saison. L'intérêt de découper ainsi le volume d'eau requis est de pouvoir évaluer si ces cibles peuvent être atteintes avec les précipitations enregistrées durant les semaines considérées.

Tableau 14. Volume d'eau requis par tour hebdomadaire (m³) selon le volume d'eau requis pour la saison et le nombre de tours effectués pour la saison.

Volume d'eau/saison (m ³)	Volume d'eau requis (m ³) par tour hebdomadaire selon le nombre de ces derniers		
	10 tours	12 tours	15 tours
3	0,3	0,25	0,2
15	1,5	1,3	1,0
50	5	4	3
125	13	10	8
250	25	21	17
500	50	42	33
750	75	63	50
1500	150	125	100
2000	200	167	133

Les précipitations mesurées en 2019 ont été cumulées sur une base hebdomadaire où la première semaine se termine le 7 juin. Ces informations sont présentées au Tableau 15 dans les deux premières lignes.

Avant de poursuivre l'exercice, il est important de mentionner que plusieurs éléments ont été simplifiés. Premièrement, selon la superficie à couvrir, plus d'une journée peut être nécessaire pour effectuer un tour. Ensuite, le volume d'eau récupéré est un cumulatif pour la période considérée. Les traitements ne sont pas faits à date fixe et fort probablement pas toujours à la dernière journée des périodes présentées.

SURFACE DE CAPTAGE NÉCESSAIRE POUR ATTEINDRE UNE CIBLE D'APPROVISIONNEMENT EN EAU SUR UNE BASE HEBDOMADAIRE

Poursuivons l'exemple, amorcé précédemment, avec l'entreprise fictive de pommes de terre où la cible d'approvisionnement en eau sur une base hebdomadaire est de 42 m³. Hormis pour les semaines se terminant le : 5 et 26 juillet et le 16 août, la surface de captage nécessaire pour atteindre la cible d'approvisionnement est raisonnable* et se situe entre 959 et 3529 m² (Tableau 15). Il peut être intéressant d'avoir plusieurs points de captage sur l'entreprise afin de diminuer la distance parcourue avec le pulvérisateur entre les remplissages. De plus, l'utilisation de réservoirs mobiles pourrait aussi faciliter la tâche.

Tableau 15. Surface de captage nécessaire (m²) pour atteindre le volume d'eau requis par tour hebdomadaire selon la période considérée et les précipitations mesurées pour cette période - Saison 2019.

Période se terminant le :	07-juin	14-juin	21-juin	28-juin	05-juil	12-juil	19-juil	26-juil	02-aout	09-aout	16-aout	23-aout	
Précipitations (mm) pour la période :	39,5	36,6	31,2	26,3	6,5	15,2	11,9	0,9	13,4	26,5	8,1	43,8	
Surface de captage nécessaire (m ²) pour atteindre la cible d'approvisionnement hebdomadaire avec les précipitations cumulatives selon la période													
Volume d'eau requis par tour hebdomadaire (m ³)	0,25	7	7	8	10	39	17	21	278	19	10	31	6
	1,3	33	36	42	49	200	86	109	1444	97	49	160	30
	4	101	109	128	152	615	263	336	4444	299	151	494	91
	10	253	273	321	380	1538	658	840	11 111	746	377	1235	228
	21	532	574	673	798	3231	1382	1765	23 333	1567	792	2593	479
	42	1063	1148	1346	1597	6462	2763	3529	46 667	3134	1585	5185	959
	63	1595	1721	2019	2395	9692	4145	5294	70 000	4701	2377	7778	1438
	125	3165	3415	4006	4753	19231	8224	10504	138889	9328	4717	15432	2854
	167	4228	4563	5353	6350	25692	10987	14034	185556	12463	6302	20617	3813

La valeur en m² est arrondie à l'entier supérieur.

* Ce projet avait d'abord comme objectif d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau que représente le captage des précipitations. Il visait aussi à acquérir des données et connaissances en vue de développer un projet de grande envergure qui souhaite proposer un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

FICHE 6 – AMÉLIORER L’EFFICACITÉ DES PRÉCIPITATIONS EN REPENSANT L’ARCHITECTURE DU SYSTÈME CULTURAL

Un système cultural efficace s’appuie nécessairement sur la présence de carrefours de prélèvement en eau et en nutriments. Ce carrefour fait référence au point de rencontre de quatre éléments qui sont essentiels au développement de la culture, soit le sol, les racines, les éléments nutritifs et l’eau. Pour que les éléments nutritifs et l’eau présents dans le sol puissent être prélevés par la plante, il faut d’abord que ce dernier soit colonisé par les racines. Il faut ensuite que l’eau et les éléments nutritifs soient à la portée des racines et qu’ils soient en quantité suffisante pour répondre au besoin de la plante.

C’est parfois une question de temps pour que le système racinaire colonise le sol et fasse naître ou agrandisse des carrefours ou encore un épisode de pluie ou d’irrigation pour en réveiller d’autres. Favoriser ces carrefours, c’est aussi augmenter l’autonomie du système cultural entre deux apports d’eau et une stratégie pour profiter davantage de l’eau provenant des précipitations. En s’intéressant aux systèmes culturaux de la fraise à jours neutres et de la pomme de terre, force est de constater qu’ils peuvent être améliorés, du moins, d’un point de vue de la place qu’occupent actuellement les carrefours.

SOL BUTTÉ ET RECOUVERT DE PAILLIS - UN EXEMPLE DANS LA FRAISE À JOURS NEUTRES

La fraise à jours neutres, comme plusieurs autres productions, est produite sur un sol façonné en butte aplatie dont la surface est recouverte de paillis de plastique imperméable et généralement irriguée à l’aide d’un tube de goutte-à-goutte qui est placé à la surface du sol ou légèrement enfoui au centre (Figure 16). Dans ce type de système, une proportion de l’eau provenant des précipitations est détournée dans les entre-rangs et ces derniers peuvent couramment représenter 40 % de la surface du système cultural. Selon la méthode d’installation du paillis, ce dernier peut créer une barrière à la colonisation de l’entre-rang par les racines et par conséquent, au prélèvement de l’eau qui s’y retrouve. Par ailleurs, une proportion importante de la butte, en périphérie du tube de goutte-à-goutte, peut devenir hors de portée du système d’irrigation dans des conditions de sols légers ou drainants (Boivin et Deschênes, 2011).

Interventions réalisées

Un essai a été réalisé dans un contexte de production de fraises à jours neutres à la ferme Maurice et Philippe Vaillancourt pour évaluer si un paillis tressé (de type couvre-sol de pépinière), qui est perméable à l’eau, peut améliorer l’efficacité de la pluie à humidifier la butte de sol. L’idée n’était pas de recommander ce type de paillis, mais plutôt d’observer l’impact d’un paillis qui serait perméable à l’eau. Pour ce faire, lors du façonnement des buttes au printemps, quatre de ces dernières ont été recouvertes d’un paillis de polyéthylène tressé perméable à l’eau, alors que les autres buttes ont été recouvertes avec un paillis conventionnel. Le statut hydrique du sol en différents endroits dans la butte a fait l’objet d’un suivi en continu à l’aide de sondes TDR dans les deux types de paillis.

Épisodes de pluie et évolution du statut hydrique du sol

L'évolution du statut hydrique du sol lors de deux événements de pluie est présentée à la Figure 4 et à la Figure 5, respectivement pour le 4 septembre et le 12 juillet. La zone de sol en question est celle sous la « ligne » formée par l'une des rangées de fraisiers que l'on retrouve généralement sur une butte. Les sondes TDR ont mesuré en continu la teneur en eau moyenne des 30 premiers cm de sol.

Le 4 septembre, la hauteur reçue a été de 6 mm. La réponse de la sonde TDR installée dans la butte avec paillis de type pépinière (paillis perméable) indique que l'eau pénètre bien au travers du paillis et permet d'humecter le sol, même avec une faible hauteur d'eau reçue. Dans le cas du paillis de plastique imperméable, la réponse de la sonde à la pluie a été très faible, voire inexistante (Figure 4).

La hauteur d'eau reçue le 12 juillet a été plus importante, soit près de 33 mm. Dès les premiers millimètres d'eau reçus, la sonde TDR installée dans le paillis de pépinière a répondu presque instantanément. Alors que pour le paillis de plastique, la sonde a aussi mesuré une augmentation de la teneur en eau du sol, mais seulement après quelques millimètres. Cet aspect démontre que même si le paillis de plastiques est imperméable à l'eau, la présence des trous de plantation et la forme « entonnoir » du fraisier permettent à l'eau de s'engouffrer dans la butte et humecter le sol (Figure 5).

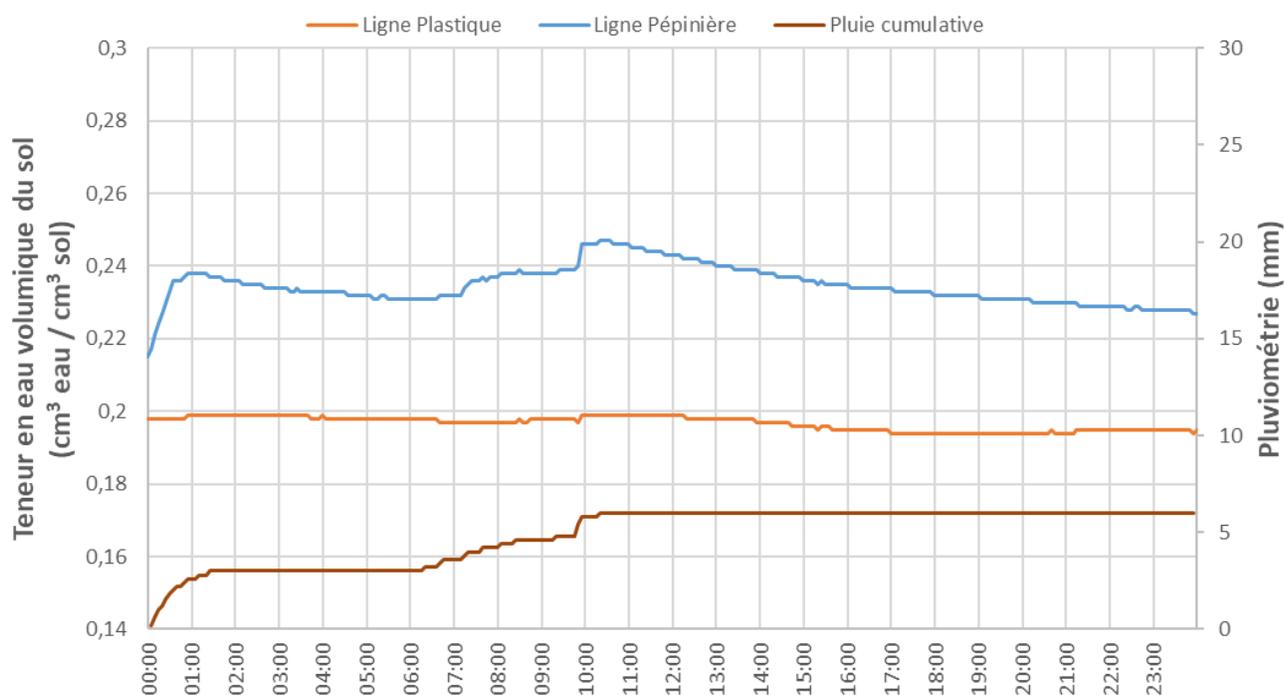


Figure 4. Chronique de la teneur en eau volumique du sol ($\text{cm}^3 \text{ eau} / \text{cm}^3 \text{ sol}$) et la pluviométrie cumulative (mm), 4 septembre 2019.

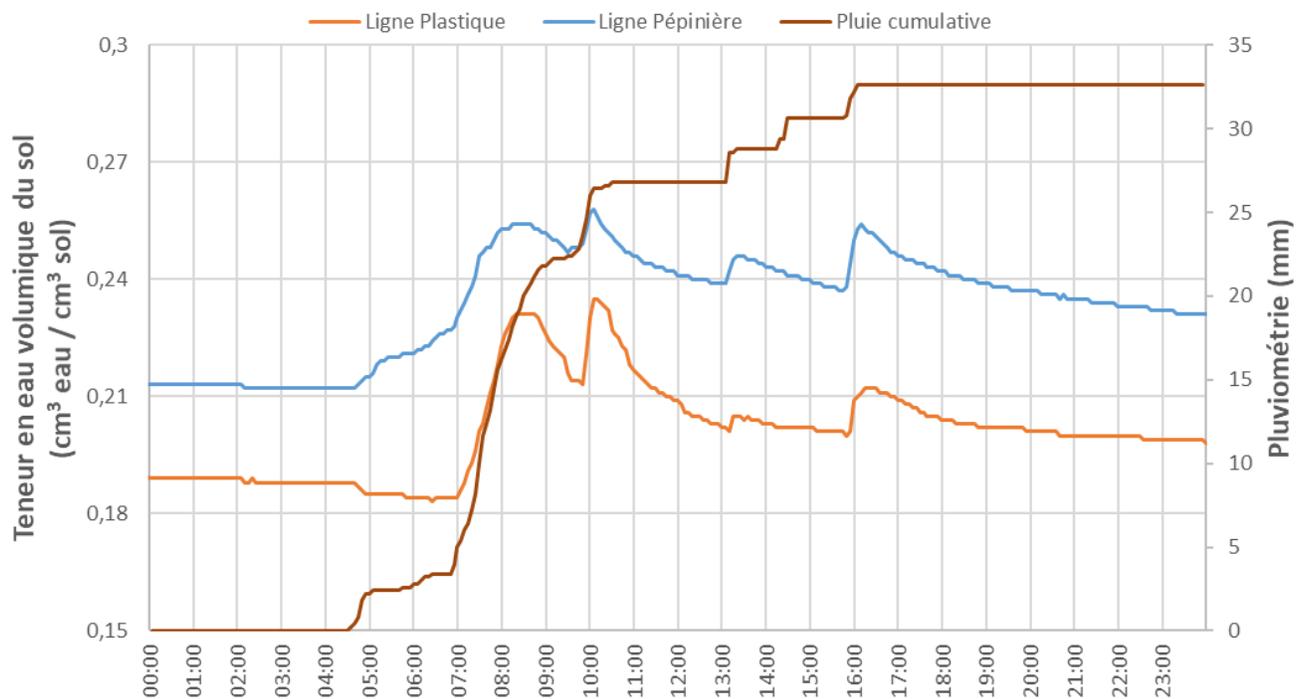


Figure 5. Chronique de la teneur en eau volumique du sol ($\text{cm}^3 \text{ eau} / \text{cm}^3 \text{ sol}$) et la pluviométrie cumulative (mm), 12 juillet 2019.

SOL BUTTÉ - UN EXEMPLE DANS LA POMME DE TERRE

Le système cultural de la pomme de terre est constitué de buttes de sol étroites, façonnées au cours de la saison de croissance (Figure 17). La forme convexe du sol butté et l'architecture du plant de pommes de terre, lorsqu'il est bien développé, détournent l'eau provenant de la pluie et des irrigations par aspersion vers les entre-rangs. L'eau qui se retrouve dans l'entre-rang peut, dans des proportions variables, réhumecter la butte elle-même, être prélevée par les racines à proximité ou tout simplement ne pas être utilisée par la culture. Bien qu'il soit possible que le système racinaire ait colonisé l'entre-rang, les apports d'engrais ne ciblent généralement pas cette zone de sol. Conséquemment, l'absence ou le peu d'engrais présent dans l'entre-rang ne permet pas de qualifier cette zone de « carrefour » de prélèvement en eau et en éléments nutritifs (Boivin et coll., 2018). Ce « détournement » de l'eau fait que le centre de la butte est une zone plus difficilement atteignable par l'eau. Pour augmenter la proportion du système cultural qui peut être qualifiée de carrefour, il faut améliorer l'architecture de ce système.

Interventions réalisées

Les essais réalisés dans le système cultural de la pomme de terre ont eu lieu à la ferme des Pionniers avec le cultivar de pomme de terre *Caribou*. Pour tenter de convertir les entre-rangs en un carrefour de prélèvement, un travail de sol a été effectué à l'aide d'un sarcléur modifié. Le tout a été réalisé tôt en saison (7 juin) pour ne pas affecter les plants lors de l'opération (Figure 20). L'idée principale est de déplacer du sol de deux entre-rangs et de le faire converger vers un entre-rang central (Figure 6). Ceci permet d'augmenter le volume de sol qui est plus facilement colonisable par le système racinaire et par le fait même, d'augmenter la réserve en eau pour la culture. Lors du renchaussage une proportion d'engrais a été appliquée dans cette nouvelle zone. Ainsi, 3 traitements ont été comparés :

- T1 - Architecture conventionnelle avec fertilisation standard (témoin).
- T2 - Architecture modifiée par ajout de sol dans l'entre-rang avec 50 % de la dose d'engrais au renchaussage dans la zone de l'entre-rang.
- T3 - Architecture conventionnelle avec 50 % de la dose d'engrais au renchaussage dans la zone de l'entre-rang.

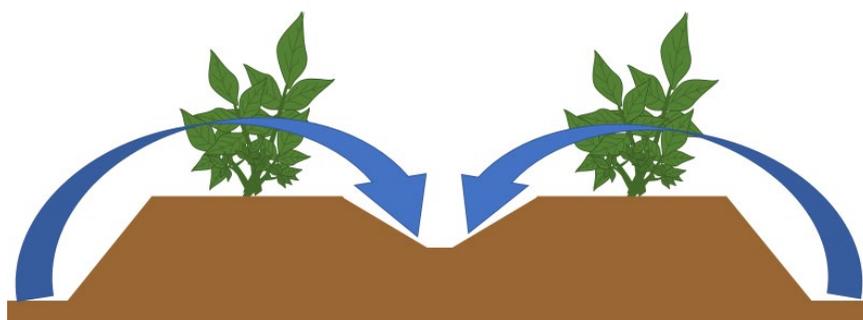


Figure 6. Schéma du déplacement de sol effectué pour l'architecture modifiée.

L'apport supplémentaire en sol dans l'entre-rang a été considéré lors du rencaissage. À ce moment, le sol supplémentaire présent dans l'entre-rang représentait une bande qui s'étendait des épaules de la butte jusqu'à la partie la plus basse de l'entre-rang (Figure 7). En théorie, si le système cultural de la pomme de terre n'était pas butté, il serait possible de représenter la surface de sol pouvant être colonisée par le système racinaire comme étant un rectangle dont la hauteur représente la profondeur racinaire et la longueur comme étant la distance centre-centre. En transposant une profondeur racinaire de 30 cm et une distance centre-centre des buttes 91,4 cm, l'aire obtenue s'élèverait à 2743 cm². Dans le cas d'un sol butté de manière conventionnelle, l'aire représentant le sol pouvant être à la portée du système racinaire (vue de face de la butte) atteint 2171 cm² tandis qu'elle s'élève à 2358 cm² dans le cas de l'architecture modifiée. Rapporté à l'hectare et en considérant que seul un entre-rang sur 2 peut être amélioré, le carrefour de prélèvement en eau et en nutriments pourrait s'accroître de près de 102 m³ de sol soit, une augmentation d'un peu plus de 4 %.

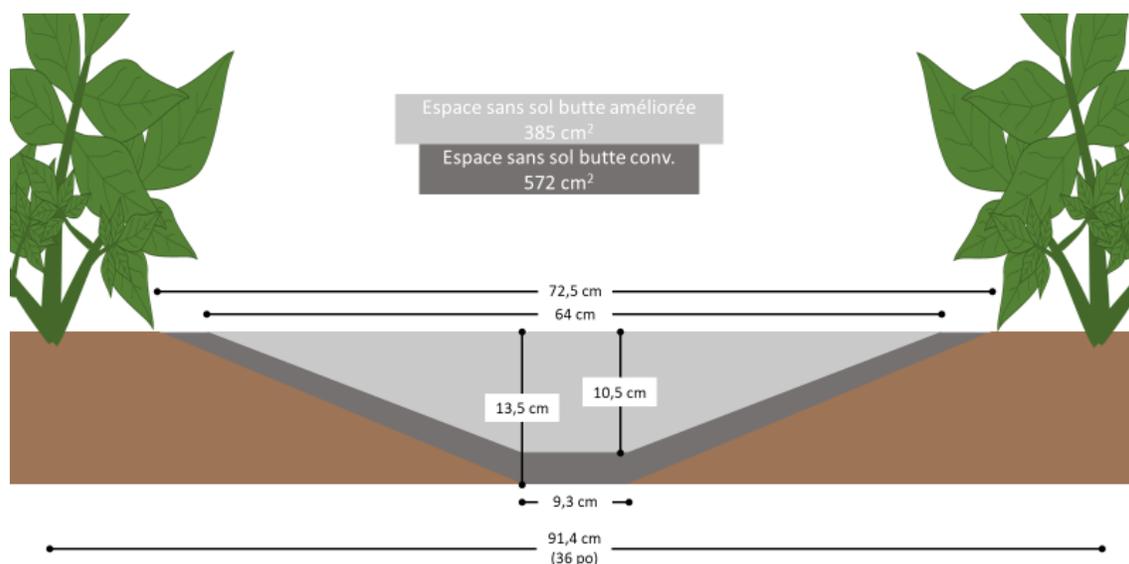


Figure 7. Schéma de la Butte repensée et de la Butte conventionnelle au moment du rencaissage.

Le volume de sol supplémentaire apporté dans l'entre-rang permet de fournir une quantité d'eau supplémentaire à la culture (Figure 8). En supposant une réserve facilement utilisable en eau (RFU) de l'ordre de 21 mm pour 30 cm de sol, la hauteur d'eau supplémentaire apportée par les modifications des essais atteint 0,7 mm. Dans la mesure où la machinerie permettrait de combler complètement l'entre-rang, la RFU pourrait augmenter jusqu'à environ 2,2 mm soit une augmentation d'un peu plus de 10 %. Dans un sol possédant une meilleure RFU (32 mm pour 30 cm de profondeur) les augmentations représentent 1,1 mm dans le cas des présents essais jusqu'à environ 3,3 mm si l'entre-rang était complètement comblé (Figure 9).

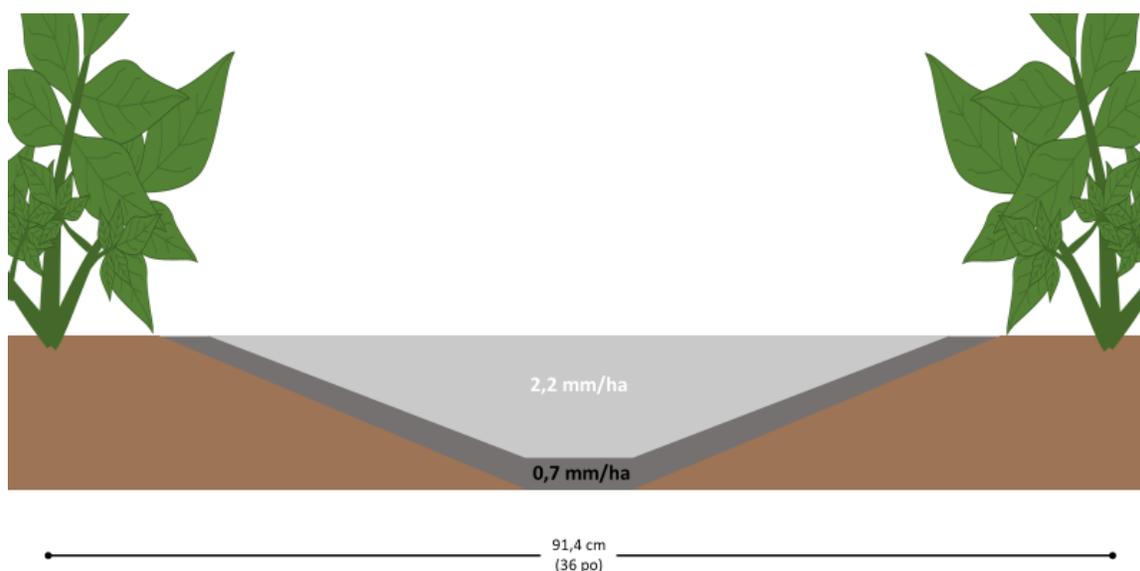


Figure 8. Quantité d'eau supplémentaire (mm/ha) à la culture pour une RFU de 21 mm d'eau/30 cm de sol.

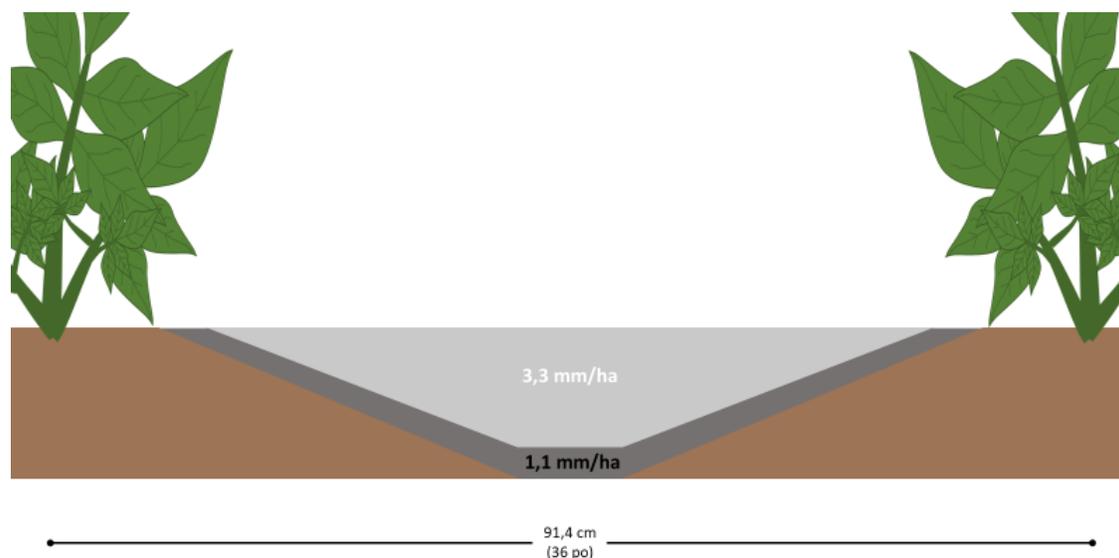
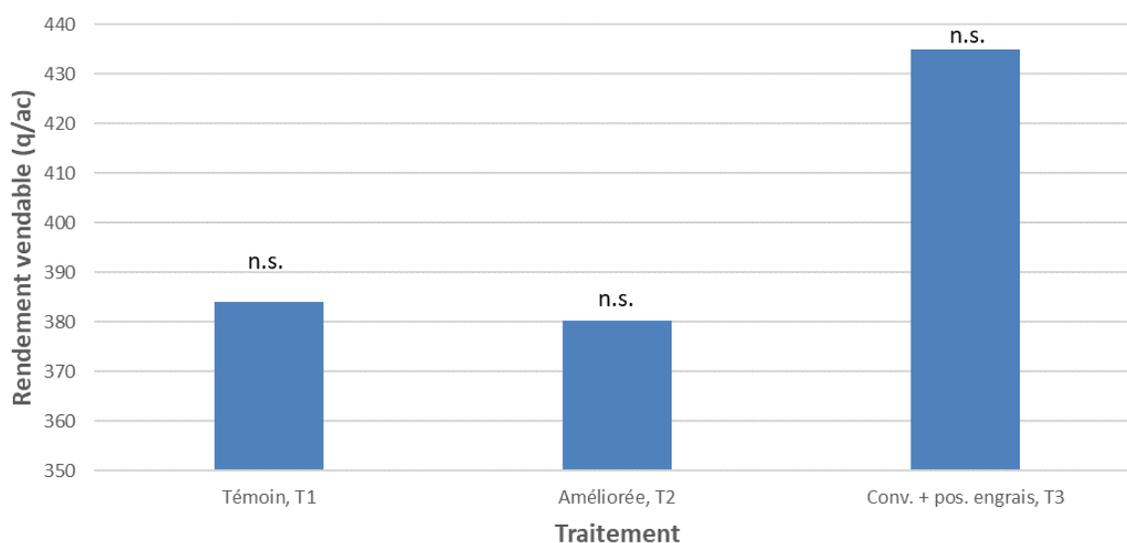


Figure 9. Quantité d'eau supplémentaire (mm/ha) à la culture pour une RFU de 32 mm d'eau/30 cm de sol.

Rendements en tubercules selon les interventions réalisées

Le rendement en tubercules a été mesuré le 11 octobre en récoltant 4 m linéaires de rang. Les tubercules ont été classés, pesés et dénombrés selon les catégories vendable et non vendable. Le classement des pommes de terre s'est fait selon les règles de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA, 2015). Les résultats ont été analysés à l'aide d'un modèle d'ANOVA à un facteur fixe (traitement) (PROC MIXED, SAS). Il n'y a eu aucun effet significatif des traitements sur le rendement vendable en tubercules (Figure 10). Le rendement vendable du Témoin (T1 : 384 q/ac) comparativement au traitement de la Butte repensée (T2 : 380 q/ac) et de la Butte conventionnelle avec placement d'une proportion de l'engrais dans l'entre-rang (T3 : 435 q/ac) ne sont pas statistiquement différents.



n.s. : aucune différence significative

Figure 10. Rendement vendable (quintaux/acre) selon le traitement, saison 2019.

Diminuer le déficit hydrique avec une butte améliorée

Selon le plan de développement de la zone agricole (PDZA) de la MRC de l'Île-d'Orléans, la superficie en culture de légumes, incluant les pommes de terre, était de 1568 ha en 2010. De plus, le nombre d'entreprises déclarant des activités dans le secteur de la production de pommes de terre était prédominant. Il est donc raisonnable de conclure que les superficies en pommes de terre peuvent représenter une proportion importante des superficies en légumes. À des fins de démonstration du potentiel de la butte améliorée, une superficie de 1000 ha en culture de pommes de terre a été retenue.

La butte améliorée permet de conserver une quantité d'eau supplémentaire, lorsque comparée à la butte conventionnelle. Cette quantité est variable en fonction de la quantité de sols ajoutée au carrefour de prélèvement en eau et en éléments nutritifs de même que la capacité de rétention en eau du sol. Tel que démontré précédemment, l'augmentation serait entre 0,7 et 2,2 mm, pour un sol qui a une RFU de 20 mm pour 30 cm de sol.

Une simulation a été réalisée grâce aux mesures d'évapotranspiration et de pluviométrie historique entre 2015 et 2019 pour l'Île-d'Orléans. Un bilan hydrique pour une culture de pomme de terre de 130 jours de croissance (date de plantation théorique au 25 mai de chaque année) a donc permis de mettre en lumière la hauteur d'eau provenant des précipitations qui est potentiellement utilisable par la culture (Tableau 16).

Tableau 16. Hauteur d'eau provenant des précipitations ayant le potentiel d'être valorisées par la culture (HEPPVC) selon l'architecture de la butte.

Saison de production	HEPPVC Butte conventionnelle (mm)	HEPPVC Butte repensée (mm)	Écart (m ³ /ha)
2015	255	260	44
2016	281	283	23
2017	210	214	44
2018	299	308	98
2019	261	266	44

Dans cet exemple, une RFU de 20 mm a été utilisée pour la butte conventionnelle et de 22,2 mm pour la butte améliorée. L'écart de HEPPVC rapporté entre les différentes architectures s'élève entre 23 et 98 m³/ha pour l'ensemble de la saison. Extrapolé sur l'ensemble des superficies en culture de pommes de terre sur l'Île-d'Orléans, l'écart s'élève d'un facteur 1000 (23 000 à 98 000 m³).

Les résultats obtenus ne démontrent pas que la Butte repensée procure des bénéfices qui se traduisent par une augmentation du rendement en tubercules. En pratique, il est difficile de combler l'entre-rang avec le sol sans perturber la butte déjà en place. La machinerie utilisée dans ces essais exploratoires n'est pas destinée à cet usage. Les résultats démontrent qu'il est possible d'apporter une quantité supplémentaire de sol dans l'entre-rang et cet ajout permet d'augmenter la RFU de l'ordre de 0,7 mm. Cette augmentation peut représenter jusqu'à 14 % du besoin en eau quotidien de la pomme de terre, pour une journée où les besoins sont de 4 à 5 mm.

Il ne faut pas oublier que le sol ajouté dans cet entre-rang provient des deux entre-rangs qui sont adjacents à la Butte repensée. Il ne faut donc pas exclure que cette bonification d'un entre-rang, se fasse au détriment d'un autre. Toutefois, si les entre-rangs pourvoyeurs sont ceux qui sont compactés par le passage du tracteur, ces derniers ne participent peut pas de façon importante à l'approvisionnement en eau à la culture.

EST-CE PERTINENT DE POURSUIVRE LA RÉFLEXION À PROPOS DE L'ARCHITECTURE DES SYSTÈMES CULTURAUX?

En sol léger ou drainant, les systèmes cultureux actuels sont grandement dépendants de l'irrigation, d'autant plus qu'une proportion du volume de sol les constituant est hors d'atteinte ou difficilement atteignable par les apports en eau. En augmentant la proportion du système cultural qui joue le rôle de carrefour de prélèvement, il est possible de diminuer cette dépendance à l'irrigation en augmentant l'efficacité de la pluie. Ces essais ont exploré différentes pistes pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau. Les résultats obtenus indiquent qu'il est possible de profiter davantage de l'eau provenant des précipitations. Aussi, imaginer des interventions qui pourraient être apportées aux systèmes cultureux est une chose, mais pouvoir les concrétiser avec de la machinerie spécialisée pour les systèmes actuels en est une autre. Enfin, nous sommes déterminés à poursuivre d'autres essais et tout aussi convaincus de la pertinence agronomique, économique et environnementale d'intervenir pour modifier le système cultural actuel de la fraise à jours neutres et de la pomme de terre.

FICHE 7 – ÉVALUER LA PERTINENCE DE L'IRRIGATION DANS LA PRODUCTION DE PLANTES FOURRAGÈRES

CONTEXTE ET PRÉSENTATION DU SITE

Les plantes fourragères occupent près de 1 Mha au Québec (MAPAQ, 2018). Les producteurs laitiers et de bovins de boucherie s'appuient grandement sur les fourrages pour l'alimentation des animaux. Plusieurs de ces entreprises ont dû composer avec des rendements largement insuffisants en fourrages avec les conséquences économiques que cela a engendrées. La rareté a occasionné une flambée des prix et même contraint des producteurs à diminuer leur cheptel. Les saisons 2017, 2018 et 2019 ont été marquées par des périodes de sécheresse plus ou moins importantes dans plusieurs régions (AAC, 2019). Ces conditions propices aux stress hydriques sont responsables de la diminution considérable des quantités de fourrages récoltés. En 2018, 47 M\$ ont été réclamés auprès de la Financière agricole du Québec (FADQ, 2019). Plusieurs entreprises se questionnent maintenant sur la pertinence d'adopter l'irrigation comme une « assurance récolte ». Si cette pratique venait qu'à être adoptée à l'Île d'Orléans, la problématique du déficit hydrique et les conflits entre usagers pourraient être favorisés.

À l'été 2019, des essais ont été menés à la ferme Jean-Claude Pouliot dans une luzernière de 3 ans implantée dans un loam argileux graveleux de la série Orléans. Cette série de sol possède généralement une grande proportion de détritiques (particules de sol dont le diamètre est supérieur à 2 mm), ce qui lui procure un comportement et une réserve en eau du sol facilement utilisable (RFU) qui se rapproche davantage de celle d'un sable grossier. La RFU peut varier grandement d'un sol à l'autre selon la texture et la profondeur d'enracinement de la culture. La RFU peut être exprimée en hauteur d'eau par hauteur de sol. Les sols sableux peuvent avoir une RFU de l'ordre de 12 à 15 mm, pour un enracinement de la culture de 30 cm de sol, alors que pour un loam bien structuré, cette valeur peut être de l'ordre de 30 à 40 mm (Boivin et coll., 2016).

Deux traitements d'irrigation (Irrigué et Non irrigué) ont été répétés quatre fois à l'intérieur d'un dispositif expérimental complètement aléatoire. L'irrigation a été apportée à raison de quatre gicleurs (Wobblers-Xcel, Senninger) disposés sous forme d'un patron carré (Figure 22). Une consigne de déclenchement a été déterminée avec la méthode du « Point tournant » (Boivin et coll., 2018) et l'atteinte de cette consigne était surveillée à l'aide d'un tensiomètre (Irrometer + RSUV). Le prélèvement en eau de la culture a été suivi à l'aide de sondes TDR (CS625, Campbell Scientific). Les sondes ont été disposées de manière à suivre le prélèvement en eau, en continu durant l'été, jusqu'à une profondeur de 70 cm. Le suivi du prélèvement en eau a été réalisé dans une parcelle irriguée et une non irriguée.

PRÉLÈVEMENT EN EAU ET IRRIGATIONS

À partir du 1^{er} juillet, le prélèvement en eau de la culture est devenu très intense et soutenu. Dans les 30 premiers cm, le prélèvement quotidien a atteint des valeurs se situant entre 5 et 7 mm. Dans les parcelles irriguées, le prélèvement en eau a été très actif dans les 30 premiers cm tandis qu'il a été presque inexistant entre 30 et 70 cm de profondeur. Dans les parcelles non irriguées, à mesure que le sol s'asséchait dans les 30 premiers cm du sol, le prélèvement entre 30 et 50 cm a débuté. Toutefois, il semble que le système racinaire à cette profondeur ne puisse être en mesure de combler totalement le ralentissement du prélèvement en surface. Dans les conditions où le suivi a été effectué, le prélèvement en eau au-delà de 50 cm est minime et probablement négligeable en

regard des besoins importants en eau de la culture. La réputation de cette culture à l'enracinement profond laisse penser qu'elle ne peut pas souffrir d'un stress hydrique. Certes, il s'agit d'un avantage, mais il faut garder en tête que l'essentiel de l'activité microbienne et les éléments minéraux sont davantage dans les premiers cm de sol.

Un total de 9 épisodes d'irrigation a eu lieu, soit 2 avant la 1^{re} coupe du 20 juin, 2 entre la 1^{ère} et la 2^e coupe du 22 juillet et cinq entre la 2^e et 3^e coupe du 28 août (Figure 11). Chaque épisode d'irrigation apportait une hauteur d'eau d'environ 20 mm. La pluviométrie mesurée au site a été de 82 mm entre le 20 juin et le 22 juillet et de 88 mm entre le 23 juillet et le 28 août.

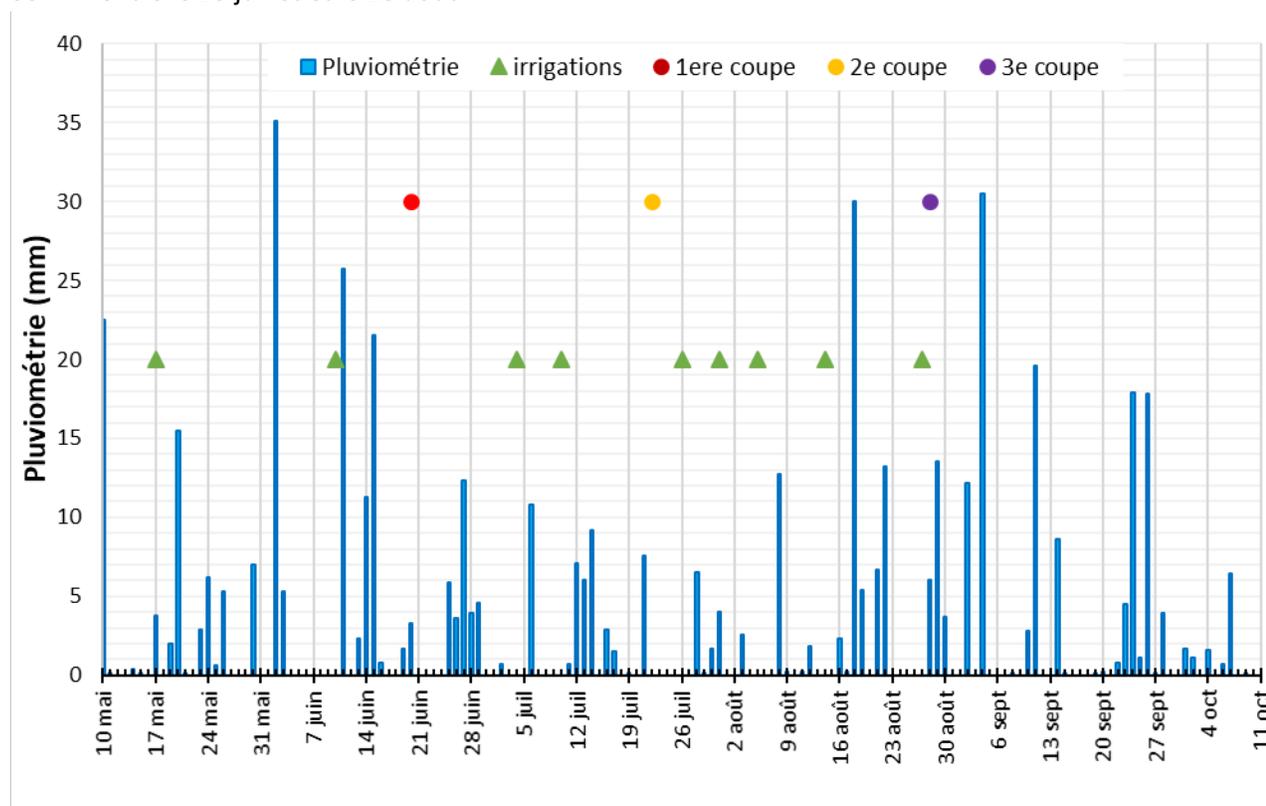
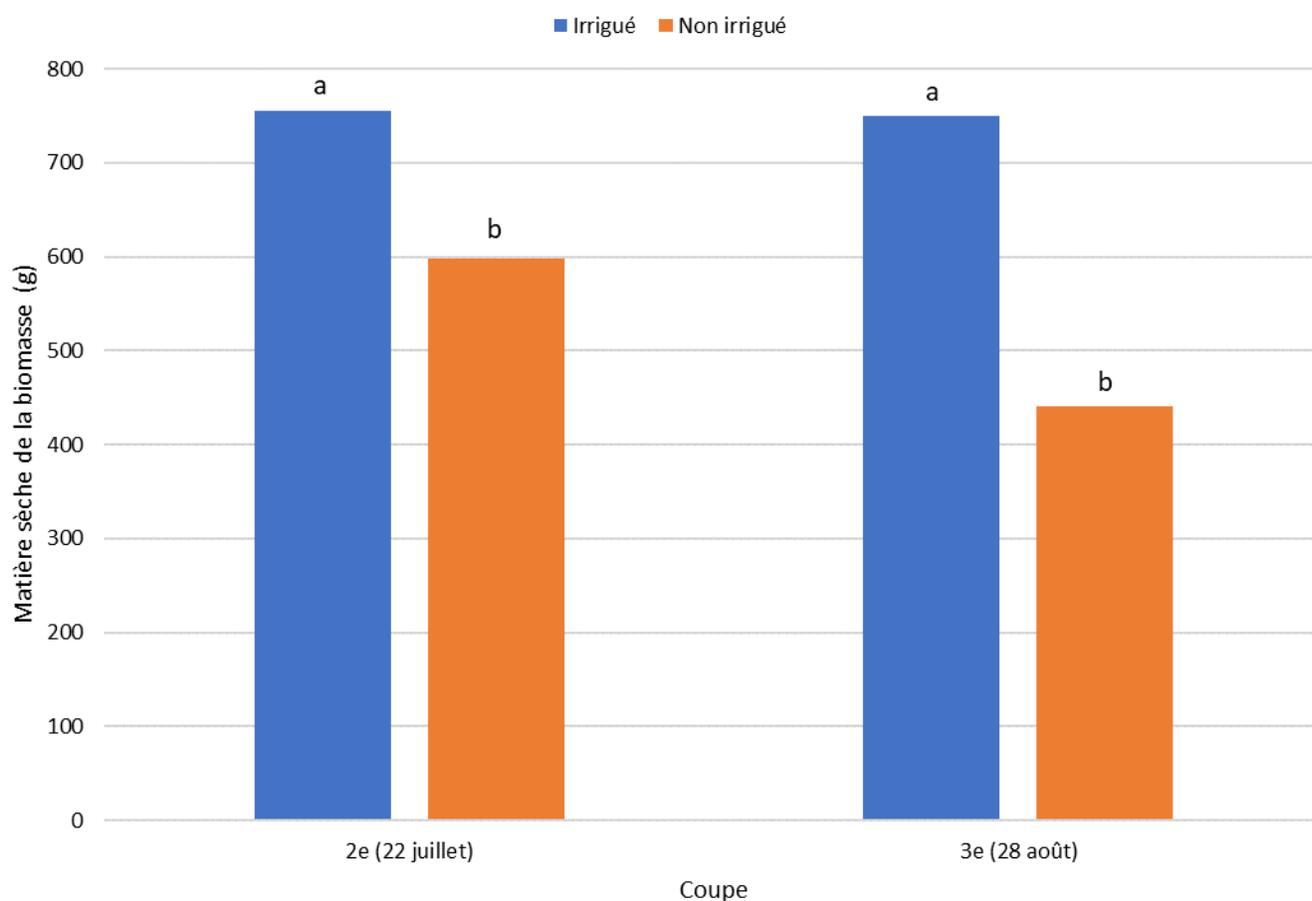


Figure 11. Pluviométrie (mm), irrigations et coupes de foin, saison 2019.

RENDEMENTS ET QUALITÉ

La 1^{ère}, 2^e et 3^e coupe ont respectivement eu lieu le 20 juin, le 22 juillet et le 28 août. Le rendement a été mesuré lors de la 2^e et 3^e coupe en prélevant la biomasse aérienne sur 2 m² (2 mesures répétées de 1 m²) (Figure 23). Les résultats sont présentés à la (Figure 12). Lors de la 2^e coupe, le rendement moyen en matière sèche des plants provenant des parcelles irriguées a été 26 % plus élevé. À la 3^e coupe, la tendance s'est accentuée avec une différence de 70 %, en faveur des parcelles irriguées. Les différences observées lors des 2^e et 3^e coupes sont statistiquement significatives à $p < 0,0001$. Il est à noter que le rendement de la 3^e coupe a été très similaire à celui de la 2^e coupe, pour les parcelles irriguées. Du côté de la valeur nutritive des fourrages, la protéine brute des fourrages irrigués a été légèrement inférieure à celle des fourrages non irrigués (21,7 % contre 24,3 %). De plus, la digestibilité des fourrages irrigués a également été plus faible avec une valeur ADF à 34,4 % contre 24,3 % pour les fourrages non irrigués.



Différences statistiquement significatives au seuil de $p < 0,0001$

Figure 12. Matière sèche de la biomasse (g) selon la coupe de foin et le traitement.

QUELLE EST LA SUITE?

Cet essai avait comme objectif d'acquies des connaissances sur la pertinence d'irriguer les plantes fourragères et les résultats actuels y sont « agronomiquement » favorables. Il faut toutefois garder en tête que le niveau du risque de subir un stress hydrique est différent pour chaque entreprise et pour chaque champ (sol, culture, région, etc.). Quantifier ce risque est certainement la première étape avant de prendre la décision qui mènera à adopter ou non l'irrigation. L'étape suivante est assurément de définir la pertinence économique de cette pratique. Pour ce faire, il faudra certainement bonifier le volet agronomique en poursuivant des essais et aussi en définissant les contextes (prix des terres, systèmes d'irrigation, prix foin, niveau de couverture d'assurance, etc.) où la rentabilité de l'irrigation peut s'exprimer, tout en y incluant les volumes d'eau qui seront nécessaires à atteindre les objectifs visés par l'irrigation.

FICHE 8 – AUTRES STRATÉGIES DE CAPTAGE DES PRÉCIPITATIONS À L'ÉCHELLE DE LA FERME

L'ENTRE-RANG COMME UNE SURFACE POUR LE CAPTAGE

Dans les systèmes culturaux où le sol est façonné en buttes, il y a inévitablement une proportion de la superficie du champ qui est occupée par des entre-rangs (Figure 18). Les entre-rangs servent notamment aux passages de la machinerie et de la main-d'œuvre. Ces passages répétés compactent le sol qui devient alors un milieu peu propice à la colonisation par le système racinaire de la culture.

En ce qui a trait au système cultural de la fraise à jours neutres, les entre-rangs sont généralement garnis avec de la paille, à la suite de l'implantation des fraisiers, pour contrôler les mauvaises herbes et aussi pour éviter que les fruits soient éclaboussés par sol durant un épisode de pluie. Selon les spécificités du site (sol, paillis, culture, etc.) l'eau qui entre en contact avec les entre-rangs ou qui y est détournée, n'est pas forcément valorisable par la culture. La compaction du sol et le ruissellement de l'eau hors du champ, l'absence de racines ou encore la méthode utilisée pour maintenir le paillis de plastique en place (partie qui est enfouie dans le sol) qui peut devenir une barrière physique pour l'eau et les racines, sont tous des facteurs qui sont défavorables au potentiel de valorisation de l'eau qui se retrouve dans les entre-rangs.

La surface occupée par un certain nombre d'entre-rangs pourrait être utilisée pour y installer une structure de captage de l'eau de pluie. L'eau de pluie pourrait alors être acheminée à l'extérieur du champ pour ensuite y être canalisée vers un étang. Pour évaluer la faisabilité de cette idée, un essai exploratoire a été mis en place à la ferme Maurice et Philippe Vaillancourt à l'été 2019 dans un système cultural de fraises à jours neutres. Un entre-rang a été imperméabilisé à l'aide d'un paillis de plastique blanc (Figure 19). Ce paillis a été déroulé directement sur l'entre-rang paillé puis collé sur les buttes adjacentes. Le paillis a été déroulé sur une longueur de près de 70 m dans un champ où la pente est d'environ 1,6 %. L'eau récupérée était ensuite canalisée dans un réservoir de 1 m³. Ce dernier servait à mesurer le volume d'eau capté, selon l'épisode de pluie et le moment où il est survenu. Pour ce faire, des capteurs de pression ont été installés à intervalles réguliers de façon à ce qu'ils indiquent la hauteur d'eau en continu. Ces capteurs ont été calibrés sur place en remplissant le réservoir avec un débit d'eau connu (Tx-80, Seametrics). Aussi, le réservoir devait pouvoir mesurer des volumes d'eau qui étaient supérieurs à son volume. Ainsi, lorsque le volume d'eau accumulé par le réservoir atteignait 900 litres, un siphon cloche permettait de vidanger le contenu. De plus, un débitmètre (Tx-80, Seametrics,) avait été installé à la sortie du siphon pour mesurer le volume d'eau recueilli.

Des accumulations d'eau ont été observées à plusieurs endroits dès la première pluie (Figure 13). La faible pente du champ ainsi que l'installation du plastique qui s'est fait directement sur la paille expliquent cette accumulation d'eau non désirée. Pour éviter tout préjudice à la culture, le paillis de plastique a rapidement été retiré.



Figure 13. Accumulation d'eau dans l'entre-rang.

Potentiel d'approvisionnement en eau

Il n'y a pas de valeurs standards pour le ratio butte/entre-rang, mais 60-40 %, en faveur de la butte est réaliste pour un système où la distance centre à centre de deux buttes adjacentes est de 1,32 m. Ce ratio, une fois appliqué pour un champ de 100 m x 100 m (1 ha), implique que 20 % de la superficie du champ sera utilisé pour capter l'eau des précipitations si 1 entre-rang sur 2 est « imperméabilisé », 13 % avec 1 entre-rang sur 3 et 10 % avec 1 entre-rang sur 4. Avec une telle superficie de captage, il est possible d'évaluer le volume d'eau qui aurait été récupéré avec selon une période précise. La période retenue débute le 1^{er} mai et se termine le 31 octobre et cet exercice a été fait pour les années de 2015 à 2019 (Tableau 17).

Le potentiel d'approvisionnement en eau, à 100 % d'efficacité, varie entre 614 et 1437 m³/ha selon la proportion occupée par la surface de captage et la saison. De tels volumes sont suffisants pour assurer plusieurs épisodes d'irrigation. Par exemple, pour répondre au besoin en eau d'un système cultural de fraises à jours neutres lors d'une journée où l'ET_p est 5,5 mm, il faut environ 50 m³/ha/jour ou 3 épisodes d'irrigations (Boivin et coll., 2018). Par conséquent, à un peu moins que 17 m³/épisode d'irrigation, le volume d'eau récupéré pourrait être suffisant pour assurer de 36 à 86 épisodes d'irrigation.

Tableau 17. Volume potentiel d’approvisionnement en eau selon la période annuelle de captage des précipitations et la proportion de la surface du champ qui est utilisée à cette fin.

Période annuelle de captage	Proportion de la surface du champ utilisée pour capter les précipitations		
	20 %	13 %	10 %
2015	1228	818	614
2016	1437	958	719
2017	1272	848	636
2018	1294	863	647
2019	1234	823	617

Des défis à relever

Aménager les entre-rangs de manière à pouvoir les utiliser comme surface de captage des précipitations comporte un certain nombre de défis. Ces surfaces sont déjà utilisées pour le passage de la machinerie et des travailleurs. À moins qu’une cohabitation entre ces opérations culturales et le captage soit possible, il est inconcevable de réquisitionner l’ensemble des entre-rangs. Il y a aussi la pente du champ, qui doit être suffisante pour assurer un écoulement hors du système cultural. Par ailleurs, aux volumes d’eau présentés au Tableau 17, devrait s’ajouter une certaine proportion de la pluie qui tombe directement sur la butte en culture peut d’une certaine manière se retrouver dans l’entre-rang et fournir un volume d’eau supplémentaire. Toutefois, il est difficile de chiffrer cet apport, car l’eau peut pénétrer par les trous de plantation et aussi s’infiltrer à la jonction de l’épaule de la butte et de l’entre-rang, où le paillis entre dans le sol.

Ce projet avait d’abord comme objectif d’évaluer le potentiel d’approvisionnement en eau que représente le captage des précipitations. Il visait aussi à acquérir des données et connaissances en vue de développer un projet de grande envergure qui souhaite proposer un cadre d’utilisation de la valorisation de l’eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l’eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s’exprimer pourront alors être considérés.

Il est difficile d’évaluer le pourcentage d’imperméabilisation optimal pour chaque culture et chaque contexte de production, sans effectuer des essais de faisabilité en contexte de production. De plus, selon le système cultural, la proportion de l’eau de pluie qui aboutit dans l’entre-rang et qui peut quand même être valorisée par la culture sera différente et difficile à estimer. Ainsi, il est difficile de chiffrer le potentiel de récupération de cette mesure pour l’ensemble des superficies occupé par les systèmes culturaux buttés et avec paillis de plastique sur l’île-d’Orléans.

STRUCTURES MOBILES DE CAPTAGE

Les étangs d'irrigation sont des ouvrages communs sur les entreprises qui ont recours à l'irrigation. En général, ces étangs sont au maximum de leur capacité au printemps, dû à la fonte de la neige. En absence d'une autre source d'approvisionnement durant l'été, ces derniers peuvent rapidement être à sec. Par exemple, pour 1 ha en pommes de terre, il faudrait une réserve en eau de 3000 m³ si le nombre d'épisodes d'irrigation (20 mm/épisode) devait atteindre 15 (Tableau 18). Le volume nécessaire sera inévitablement variable selon les conditions météorologiques, le type de sol, la culture et son stade de développement, la profondeur d'enracinement, le système d'irrigation, etc.

Tableau 18. Volume d'eau nécessaire (m³) pour irriguer 1 ha, selon la hauteur apportée par épisode et le nombre d'épisodes.

Hauteur d'eau apportée (mm)	Nombre d'épisodes d'irrigation											
	1	3	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80
1,7*	17	51	85	170	255	340	510	680	850	1020	1190	1360
20**	200	600	1000	2000	3000							

* Goutte à goutte, ** Aspersion.

Sans même pouvoir stocker tout le volume d'eau nécessaire pour une saison, la superficie de terrain occupée par un étang peut rapidement devenir contraignante, surtout lorsqu'il s'agit de superficie cultivable. Un réapprovisionnement en saison permettrait donc de diminuer le volume nécessaire. Advenant que l'approvisionnement en eau souterraine ou autres sources de surface soit insuffisant ou impossible, le recours à une bâche « mobile » pourrait s'avérer un moyen à considérer afin d'ajouter une source d'approvisionnement en eau. Cela impliquerait de déployer ponctuellement une bâche sur une surface cultivée ou non, lors d'un épisode de pluie important et à un endroit où il serait possible d'acheminer l'eau récupérée vers un étang. Par exemple, une bâche recouvrant 1 ha permettrait de récupérer 300 m³ lors d'un épisode de pluie de 30 mm.

Tableau 19. Volume d'eau récupérable (m³) selon la hauteur de la précipitation et la surface de captage (ha).

Hauteur précipitations (mm)	Superficie de captage (ha)			
	0,5	1	1,5	2
5	25	50	75	100
10	50	100	150	200
15	75	150	225	300
20	100	200	300	400
25	125	250	375	500
30	150	300	450	600
35	175	350	525	700
40	200	400	600	800
45	225	450	675	900
50	250	500	750	1000

Le recours à des bâches pourrait aussi être utilisé à des fins d'ouvrages permanents. Par exemple, le pourtour d'un étang pourrait être imperméabilisé et ainsi augmenter la surface de captage de ce dernier. Par ailleurs, des billes ou des balles flottantes pourraient être utilisées à la surface d'un étang pour diminuer les pertes en eau par évaporation.

ACCUMULATION DE NEIGE ET CONTRÔLE DU MOMENT DE LA FONTE

La neige constitue une proportion non négligeable de la pluviométrie totale annuelle. Selon le sommaire nivométrique géostatistique pour le Québec, l'équivalent en eau moyen que représente le couvert de neige au sol à la fin de mars pour la région de la Capitale-Nationale, entre 1963 et 2015, est de 216 mm (MELCC, 2019). Avec la fonte progressive de la neige, cette quantité d'eau est éventuellement remise en circulation dans le réseau hydrographique. Dans un contexte où la neige pourrait être amoncelée et protégée, elle pourrait constituer une réserve en eau tel un étang.

L'équivalent en eau de la neige (ÉEN) est un paramètre qui peut être mesuré par des équipements spécialisés ou par une campagne d'échantillonnage. De manière théorique, l'ÉEN peut également être obtenue (mm) en multipliant la hauteur de neige au sol (m) par la densité relative de la neige (kg/m^3) (Goodison et coll., 1981 cité dans Fierz et coll., 2009). La densité relative de la neige peut varier entre 10 et 350 kg/m^3 , soit un rapport hauteur de neige/ÉEN entre 2,85:1 et 100:1 (Judson et Doesken, 2000 cités dans Cox, 2005).

Dans une situation où la neige issue des précipitations moyennes serait conservée et protégée (selon l'ÉEN à la fin du mois de mars 1963-2015), le potentiel théorique de captage serait de l'ordre de $2160 \text{ m}^3/\text{ha}$. Pour diminuer la superficie couverte pour la neige, il serait peut-être envisageable de réaliser des amoncèlements au champ. Amoncelée de manière mécanique, la neige aurait probablement une forte densité. En supposant qu'une neige soufflée et amoncelée possède une densité de 350 kg/m^3 , il revient à dire que pour chaque m^3 de neige amoncelée, 350 l d'eau pourrait être conservé.

Ce projet avait comme objectif d'évaluer le potentiel d'approvisionnement en eau que représente le captage des précipitations. Il visait aussi à acquérir des données et connaissances en vue de développer un projet de grande envergure qui souhaite proposer un cadre d'utilisation de la valorisation de l'eau provenant des précipitations. Ainsi, des éléments comme la qualité physico-chimique de l'eau récupérée, transportée et stockée, les coûts, les risques, les traitements et les contextes où la rentabilité de cette pratique peut s'exprimer pourront alors être considérés.

5 CONCLUSION

Sur le plan du volume récupérable, les résultats de ce projet démontrent que les précipitations sont une source d’approvisionnement en eau qui a certainement un potentiel pour différents usages agricoles. Il reste toutefois plusieurs éléments à préciser avant de pouvoir recommander l’adoption de cette source d’approvisionnement. Il y a tout d’abord les différents moyens techniques requis pour le captage, le transport et le stockage de l’eau récupérée des précipitations qui devront être précisées. La qualité physico-chimique et microbiologique de l’eau devra aussi être décrite, et ce, du captage, jusqu’au moment où elle sera utilisée. Selon l’usage visé, des procédés de traitements devront également être considérés. De plus, les risques financiers, agronomiques et environnementaux devront être identifiés et détaillés, tout comme les coûts pour l’adoption de la pratique et son efficacité, selon les usages et les structures en présence.

Qu’ils proviennent du secteur municipal, industriel, agricole ou encore récréatif, les usagers de l’eau sont nombreux. À un moment où plusieurs entreprises se questionnent sur la pertinence d’adopter ou non l’irrigation dans les cultures fourragères et aussi dans d’autres cultures comme la pomme de terre, la diversification des sources d’approvisionnement et repenser l’architecture des systèmes culturaux sont des stratégies prometteuses qui pourraient prévenir certains conflits entre les usagers et diminuer le risque de déficit hydrique.

Enfin, peu importe la façon, si l’eau est captée et stockée dans des ouvrages ou dans un système cultural, les risques d’érosion sont diminués, les réseaux hydrauliques sont moins sollicités et cela a un effet positif sur l’environnement, en plus de favoriser une bonne cohabitation avec les résidents qui côtoient les agriculteurs.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). 2015. Manuels d'inspection des légumes frais – Pomme de terre, 2. Calibre. <http://www.inspection.gc.ca/aliments/fruits-et-legumes-frais/inspection-de-la-qualite/manuels-d-inspection-des-legumes-frais/pommes-de-terre/fra/1387374793841/1387374861996?chap=2> [Consultée le 24 janvier 2018].
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2019. Outils de surveillance des sécheresses au Canada, [En ligne], <https://ouvert.canada.ca/data/fr/dataset/292646cd-619f-4200-afb1-8b2c52f984a2> [Consultée le 15 mai 2020].
- Boivin, C. et P. Deschênes. 2011. Stratégies d'irrigation dans la fraise à jours neutres, Rapport final présenté au CDAQ, 80 p. et annexes.
- Boivin, C., J. Vallée, P. Deschênes, M. Guillou et D. Bergeron. 2016. Caractérisation de l'usage de l'eau en irrigation, Rapport de recherche. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement. 229 p.
- Boivin et coll. 2018. Gestion raisonnée de l'irrigation – Guide technique. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 312 p.
- Boudon, A. 2012. Abreuvement des vaches laitières : aspects quantitatifs et qualitatifs, Journée Vache Laitière AFTAA, 7 novembre. 36 p. https://relaiswebcasting.com/aftaa/2_Anne_Boudon_AFTAA_VL_2012-11-7.pdf
- BPR Groupe-conseil. (2003). Analyse des questions d'approvisionnement en eau pour le secteur de l'agriculture – Programme national d'approvisionnement en eau – Province de Québec. Rapport présenté à Agriculture et Agroalimentaire Canada. Québec, Canada, 68 p. et annexes.
- Cox, J. 2005. The Snow/Snow Water Equivalent Ratio and its Predictability across Canada, Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, McGill University, Montréal. 90 p.
- Fierz, C., R.L. Armstrong, Y. Durand, P. Etchevers, E. Greene, D.M. McClung, K. Nishimura, P.K. Satyawali, et S.A. Sokratov. 2009. The International Classification for Seasonal Snow on the Ground. IHP-VII Technical Documents in Hydrology N°83, IACS Contribution N°1, UNESCO-IHP, Paris.
- Financière agricole du Québec (FADQ). 2019. Statistiques en assurance récolte 2018, mis à jour le 2019-03-13, [En ligne], <https://www.fadq.qc.ca/fileadmin/fr/statistiques/assurance-recolte/statistiques-annuelles-2018.pdf> [Consultée le 15 mai 2020].
- Goodison, B. E., H.L. Ferguson et G.A. McKay. 1981. Measurement and data analysis, Handbook of Snow, p. 191–274. The Blackburn Press, Caldwell, NJ, É.-U.
- Judson, A. et N. Doesken. 2000. Density of freshly fallen snow in the central Rocky Mountains, Bulletin of the American Meteorological Society, 81. p. 1577-1587.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales (MAAARO). 2019. Les exigences en eau du bétail, Fiche technique. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm>

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 2018. Portrait-diagnostic sectoriel de l'industrie des plantes fourragères au Québec, Direction du développement des secteurs agroalimentaire, 23 p.

Ministère de l'Environnement et Lutte contre les changements climatiques (MELCC). 2019. Sommaire nivométrique géostatistique pour le Québec. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/climat/Faits-saillants/2019/mars.htm> [Consulté le 13 janvier 2020].

Pouliot, D. 2019. Ferme Onésime Pouliot. Communication personnelle.

Statistique Canada. 2020. Utilisation d'eau potable selon le secteur et utilisation quotidienne moyenne, Tableau : 38-10-0271-01. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/tv.action?pid=3810027101> [Consulté le 4 février 2020].

7 ANNEXES



Figure 14. Jonction entre les chapelles où l'installation de la gouttière a été planifiée, 10 juillet 2019.



Figure 15. Installation de la gouttière à la jonction des chapelles, 24 juillet 2019.



Figure 16. Vue transversale d'une butte de sol (fraisiers à jours neutres) et positionnement du tube de goutte-à-goutte.



Figure 17. Système cultural typique de la culture de la pomme de terre, 9 juillet 2019.



Figure 18. Buttes et entre-rangs - système cultural de fraises à jours neutres, 14 août 2019.



Figure 19. Imperméabilisation d'un entre-rang, 30 juillet 2019.



Figure 20. Modification de l'architecture du système cultural de la pomme de terre (Butte repensée), 7 juin 2019.



Figure 21. Allure finale de la Butte repensée après le renchaussage, 9 juillet 2019.



Figure 22. Vue partielle du dispositif expérimental avec 2 parcelles irriguées, 14 août 2019.



Figure 23. Récolte manuelle de la biomasse aérienne des parcelles (quadrat de 1 m²), 22 juillet 2019.