

Rapport final

No projet : IA216610

Optimisation des techniques de pose et développement de techniques de maintien des paillis de papier commerciaux en agriculture

Carl Boivin - IRDA
Antoine Lamontagne - IRDA
Jérémy Vallée - IRDA
Daniel Bergeron - DRCN du MAPAQ
Denis Potvin - IRDA

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

31 janvier 2019

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

Carl Boivin

Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA)

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

418 643-2380 poste 430

carl.boivin@irda.qc.ca

Section 2 - Partenaires

Équipe de réalisation

Carl Boivin - IRDA

Jérémy Vallée - IRDA

Antoine Lamontagne - IRDA

Denis Potvin - IRDA

Émilie Larochelle - IRDA

Daniel Bergeron - DRCN du MAPAQ

Jules Roberge - Ferme G. Roberge et Fils

Vincent et Marc-André Blouin - Ferme André Blouin

Mathieu Plante - Dubois Agrinovation

François Drolet - FPInnovations

Section 3 – Fiche de transfert

Paillis de papier en agriculture, les défis à relever

Carl Boivin, Antoine Lamontagne, Jérémie Vallée, Daniel Bergeron et Denis Potvin

No de projet : IA216610

Durée : 04/2016 – 01/2019

FAITS SAILLANTS

Réalisé par l'IRDA, la DRCN du MAPAQ, la Ferme André Blouin, la Ferme G. Roberge et fils et en collaboration avec FPInnovations et Dubois Agrinovation, ce projet avait comme objectif d'offrir une alternative pratique aux paillis de plastique. Afin qu'il devienne une alternative pratique, le paillis de papier doit s'installer mécaniquement, demeurer en place suffisamment longtemps sans se détériorer et ne pas affecter négativement la culture. Le paillis retenu a été le Planters de Ken-Bar, car il est noir et disponible commercialement. La vitesse maximale d'avancement à laquelle il a été possible de le poser, sans l'endommager, a été de 1,5 km/h (7 km/h pour celui en plastique). La période la plus critique s'échelonne de la pose jusqu'à ce que la culture puisse servir d'ancrage, quoique l'efficacité soit tributaire de l'architecture du plant. En 2017, le renchaussage périodique du paillis avec du sol, à la jonction air-sol, a été l'une des solutions les plus efficaces pour le maintenir en place. Cette zone subie de fortes tensions dues aux écarts d'humidité (portion du paillis qui est enterrée et celle hors sol) et aux cycles de mouillage-séchage dus aux précipitations. Déchiré, même un faible vent peut endommager de façon importante l'intégrité du paillis. Un renchaussage mécanique devient rapidement inévitable, mais difficile à envisager lorsque la culture se développe ou dans un système cultural ayant recours à des tuteurs (ex. tomates ou poivrons). Ces derniers agissent toutefois comme des ancrages pour le paillis. Les essais 2018 ont été réalisés chez deux entreprises situées à l'Île d'Orléans (Zucchini, courges « rampantes » et la tomate tuteurée). Malgré l'implantation d'un brise-vent artificiel ou naturel (seigle implanté à l'automne) les paillis ont rapidement subi d'importants dommages. Le renchaussage était planifié, mais le paillis n'était déjà plus en place au moment venu. Par ailleurs, la température du sol à 15 cm de profondeur (26 mai au 15 juin) indique que le sol recouvert de paillis de plastique peut régulièrement être plus élevé de 5 °C par rapport au paillis de papier. Un retard de croissance (premiers stades de développement) a été mesuré pour les cucurbitacées semées dans une butte recouverte de paillis de papier, soit de 53,4 à 61,6 % (poids en matières sèches des parties aériennes au 19 juin). Quoiqu'il soit possible de mécaniser la pose, il faudra attendre une génération de papier améliorée avant de prétendre qu'il puisse être une alternative pratique au paillis de plastique.

1. OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif général vise à offrir aux agriculteurs une alternative pratique aux paillis de plastique.

Objectifs spécifiques : 1) Accélérer la vitesse de pose du paillis de papier et 2) Développer et mettre à l'essai des techniques et outils pour maintenir au sol les paillis de papier durant la période critique.

Les essais terrain réalisés en 2017 ont été réalisés sur la ferme de recherche de l'IRDA située à Deschambault avec un sol loam sableux. Le volet ayant trait à l'accélération de la pose s'est principalement attardé à la modification de la Butteuse-Dérouleuse (modèle 2600 séries II de la compagnie Rain Flow). Les traitements comparés pour maintenir le paillis de papier au sol durant la période critique ont été séparés en deux groupes distincts, le groupe 1 « Maintien » (T1 à T6) et le groupe 2 « Brise vent » (T7 à T10) et ils sont définis au Tableau 1. Selon le groupe, les traitements ont été comparés entre eux à l'intérieur de plans en blocs complets aléatoires, afin de sélectionner les plus prometteurs. Ces derniers ont été utilisés pour les essais réalisés en 2018 en conditions de productions commerciales chez deux entreprises situées sur l'Île d'Orléans (Loam avec 10,9 et 49,1 % de pierrosité). Les paillis utilisés ont été le Planters (Papier noir, 22 kg/rouleau de 500 pi x 48 po de largeur), Q film* (Bio-plastique noir, 28,3 kg/rouleau de 5000 pi x 48 po de largeur) et un paillis témoin en polyéthylène noir (39 kg/rouleau de 4000 pi x 54 po de largeur).

Tableau 1. Description des traitements comparés (saison 2017).

Groupe	# du traitement	Nom	Manœuvre
	Groupe 1	T1	Ancrage
T2		Renchaussage	Recouvrement latéral périodique du paillis avec le sol
T3		Zones de rupture ciblées(sol)	Bandes de sol recouvrant la largeur de la butte à tous les 5 m
T4		Zones de rupture ciblées(ruban)	Bandes de ruban adhésif recouvrant la largeur de la butte à tous les 5 m
T5		Témoin plastique	Paillage de polyéthylène couramment utilisé en production commerciale
T6		Témoin Bio-Plastique dégradable	Paillage avec un plastique biodégradable commercial (Qfilm)
Groupe 2	T7	Brise-vent artificiel	Installation de brise-vent artificiels 1 entre-rang sur 4
	T8	Élévation de buttes	Élévation de certaines buttes dans le champ (1/5)
	T9	Brise-vent naturel	Implantation d'une culture à croissance rapide (Sorgho) 1 entre-rang sur 4
	T10	Élévation minimale	Reduction au minimum possible avec la machine de la hauteur pour l'ensemble des buttes

*2017 seulement

2. RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Les modifications apportées à la Butteuse-Dérouleuse n'ont pas permis d'augmenter la vitesse d'avancement au-delà de 1,5 km/h, sans endommager le papier. En ce qui a trait aux traitements du groupe 1, le T1 et le T2 ce sont avérés les plus efficaces pour maintenir le paillis en place (Figure 1). Les témoins (Plastique et Bio-plastique) n'ont subi aucun dommage durant la période d'essai. Aucun des traitements du groupe 2 ne s'est démarqué.

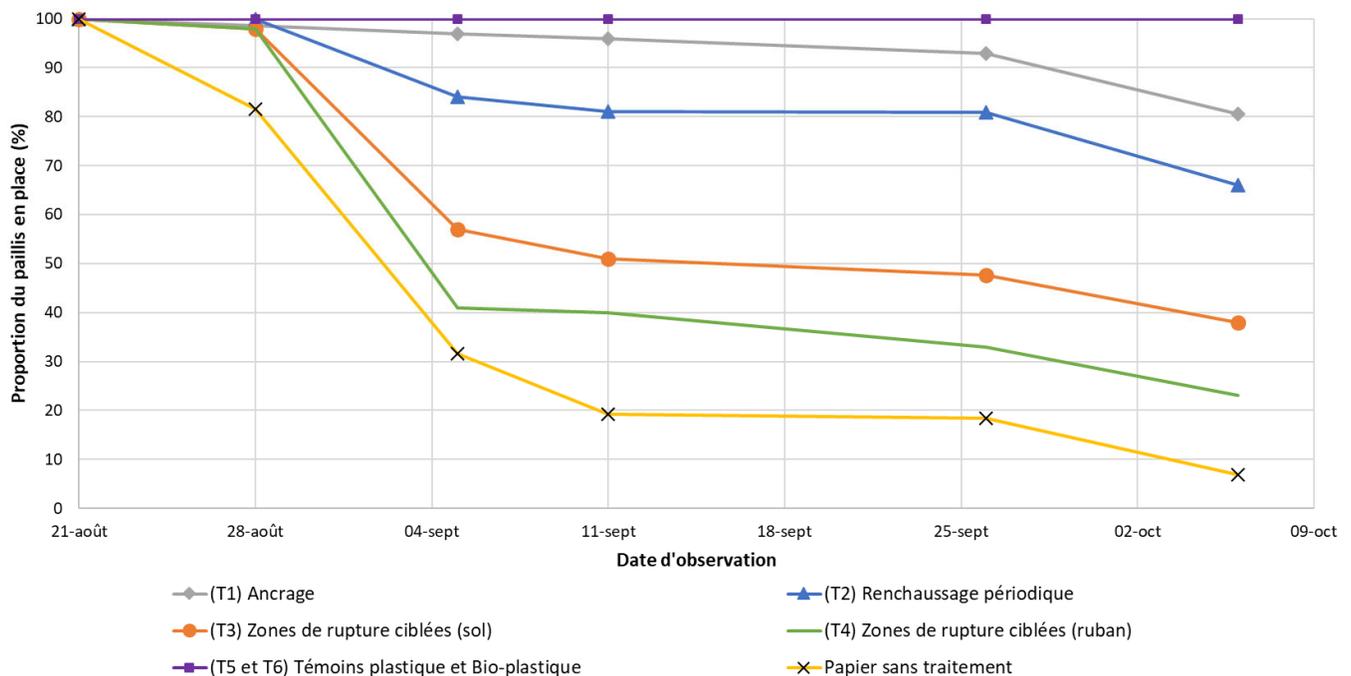


Figure 1. Proportion des paillis en place selon le traitement et la date (saison 2017).

Les essais 2018 ont débuté le 24 mai avec la pose des paillis (papier et plastique). Les premières mesures de suivi ont eu lieu six jours après l'installation des dispositifs et les résultats sont présentés à la Figure 2. Déjà à ce moment, un nombre important de déchirures longitudinales et transversales a été observé. De ce fait, le papier a commencé à être emporté par le vent le 2 juin lors d'une journée « moyenne », donc, sans qu'elle ait été particulièrement venteuse pour l'Île d'Orléans. Les 9 et 12 juin ont été des journées venteuses avec des rafales importantes. Pour cette période, environ 50 % du paillis de papier en place s'est fait emporter, et ce, pour l'ensemble des traitements, hormis le paillis de plastique. Le papier est en état de dégradation avancé et la pigmentation noire est presque inexistante à ce moment. La technique du renchaussage n'a donc pas pu être utilisée lors de l'essai.

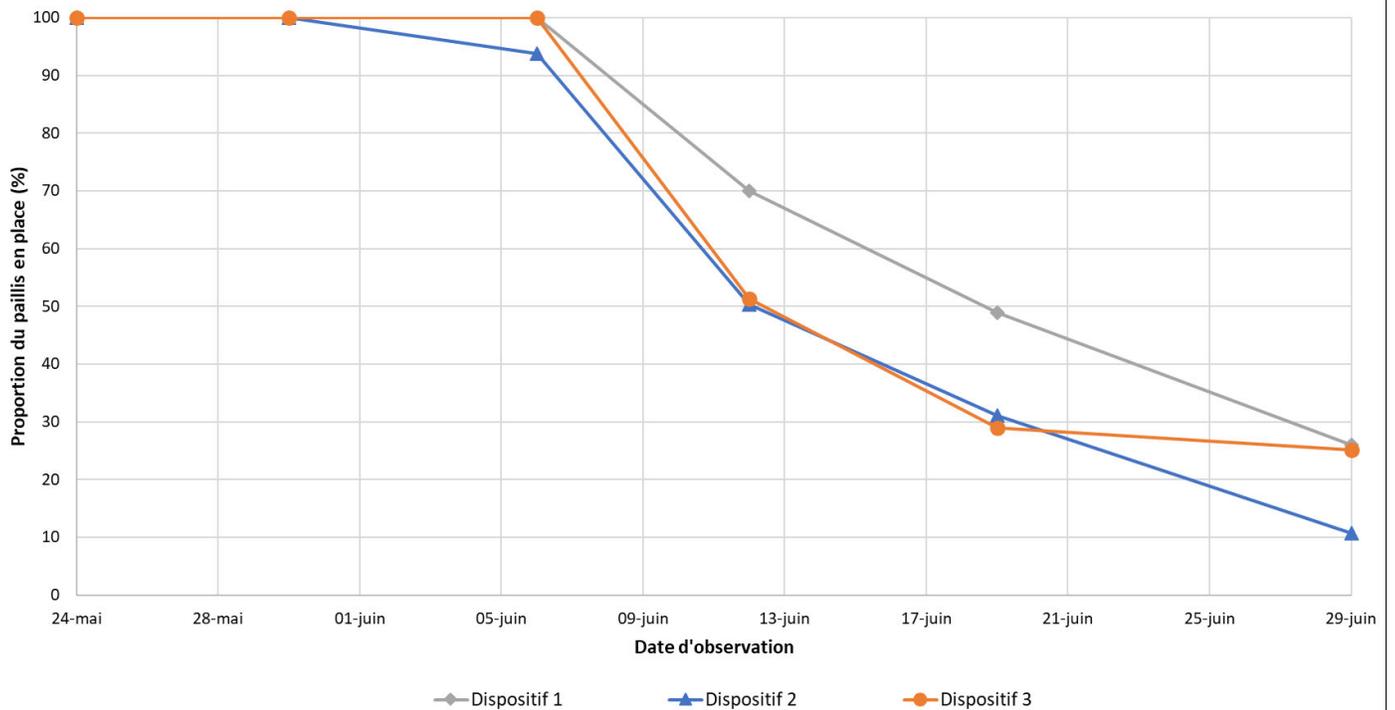


Figure 2. Proportion du paillis en place selon le traitement et la date (saison 2018).

Quoique la période d'observation fut courte, d'autres mesures ont pu être réalisées. La température du sol à 15 cm de profondeur (26 mai au 15 juin) indique que le sol recouvert de paillis de plastique peut régulièrement être plus élevé de 5 °C, comparativement au paillis de papier. Un retard de croissance (premiers stades de développement) a été mesuré pour les cucurbitacées semées dans une butte recouverte de paillis de papier, soit de 53,4 à 61,6 % (poids en matières sèches des parties aériennes au 19 juin), toujours comparativement au paillis de plastique.

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

Quoiqu'il soit possible de mécaniser la pose du paillis de papier, il faudra attendre une génération de papier améliorée avant de prétendre qu'il puisse être une alternative pratique au paillis de plastique.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Responsable du projet : Carl Boivin
 418 643-2380 poste 430
carl.boivin@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Section 4 - Activité de transfert et de diffusion scientifique

Ne s'applique pas

Section 5 - Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

Présentation du projet sur le site Internet de l'IRDA

<https://www.irda.qc.ca/fr/projets/optimisation-des-techniques-de-pose-et-developpement-des-techniques-de-maintien-des-paillis-de-papier-commerciaux-en-agriculture/>

Présentation du projet dans le bulletin d'information de l'IRDA « Agrosolutions Express » Août 2016

<https://irda.createand.com/campaigns/reports/viewCampaign.aspx?d=t&c=7DE8063E81A7E16F&ID=14E6D3134830FD46&temp=False&tx=0>

Le rapport sera disponible sur le site d'Agri-Réseau et celui de l'IRDA.

Section 6 – Grille de transfert des connaissances

1. Résultats Présentez les faits saillants (maximum de 3) des principaux résultats de votre projet.	2. Utilisateurs Pour les résultats identifiés, ciblez les utilisateurs qui bénéficieront des connaissances ou des produits provenant de votre recherche.	3. Message Concrètement, quel est le message qui devrait être retenu pour chacune des catégories d'utilisateurs identifiées? Présentez un message concret et vulgarisé. Quels sont les gains possibles en productivité, en rendement, en argent, etc.?	4. Cheminement des connaissances 3. a) Une fois le projet terminé, outre les publications scientifiques, quelles sont les activités de transfert les mieux adaptées aux utilisateurs ciblés? (conférences, publications écrites, journées thématiques, formation, etc.). 4. b) Selon vous, quelles pourraient être les étapes à privilégier en vue de maximiser l'adoption des résultats par les utilisateurs.
Le paillis de papier s'installe mécaniquement.	Équipementiers Producteurs	C'est une condition essentielle à l'adoption de ce type de paillis.	a) Conférence
Avec les mêmes conditions d'ensoleillement, la température d'un sol recouvert de paillis de papier sera plus basse qu'un sol recouvert de paillis de plastique noir.	Équipementiers Conseillers Producteurs	Certaines cultures implantées plus tard en saison pourraient profiter d'un environnement où le paillis de papier diminuerait le réchauffement dû au soleil.	b) Des essais supplémentaires seraient nécessaires.
Le paillis de papier Planters n'est pas une alternative pratique au paillis de plastique.	Équipementiers Conseillers Producteurs	Le papier se dégrade trop rapidement et ne demeure pas en place suffisamment longtemps.	b) Dans la mesure où de nouveaux paillis de papier seraient mis en marché, évaluer la performance de ces derniers.

Section 7 - Contribution et participation de l'industrie réalisées

Échanges sur les résultats, implication lors des essais préliminaires de pose mécanique des paillis et lors de l'implantation des dispositifs.

Section 8 - Rapport technique

1. Rappel des objectifs

L'objectif général vise à offrir aux agriculteurs une alternative pratique aux paillis de plastique. Plus spécifiquement, les objectifs sont :

1. Accélérer la vitesse de pose du paillis de papier.
2. Développer et mettre à l'essai des techniques et outils pour maintenir au sol les paillis de papier durant la période critique.

2. Méthodologie

2.1 Caractérisation de la Butteuse-Dérouleuse à paillis.

La butteuse dérouleuse utilisée a été le modèle 2600 séries II de la compagnie Rain Flow. C'est un équipement polyvalent dû aux nombreux ajustements possibles (hauteur et largeur de butte). La machine a été légèrement modifiée pour faciliter la pose de paillis de papier. Comme illustré à la figure 1 (annexe), les modifications reposent principalement sur le positionnement optimisé du rouleau de papier lors du déroulage qui permet de minimiser les tensions sur celui-ci au moment de la pose.

2.2 Spécifications des paillis utilisés

À titre de comparaison, un paillis de plastique en polyéthylène actuellement très utilisé par les producteurs pour différentes cultures a été installé. Un autre paillis, soit un film de bioplastique compostable (Qfilm, *FilmOrganic*), a été utilisé pour former d'autres buttes. Le tableau 1 présente les informations techniques sur les produits commerciaux utilisés pour les deux saisons d'essais en 2017 et 2018.

Tableau 1. Spécifications des paillis installés.

Paramètres	Paillis		
	Ken-Bar Planters	Q film*	Plastique noir embossé
Type	Papier	Bio-plastique	Polyéthylène
Couleur	noir	noir	noir
Longueur (pieds)	500	5000	4000
Largeur (pouces)	48	48	54
Épaisseur (mil)	6	0,5	1
Épaisseur (micron)	152,4	12,7	25,4
Poid/rouleau (kg)	22,4	28,3	39
Vitesse installation (km/h)	1,2	3,5 à 4	3,5 à 4
Vitesse maximum (km/h)	1,5	7	7

* saison 2017 seulement

2.3 Solutions essayées pour accélérer la vitesse lors de la pose

Certaines améliorations mécaniques ont été mises à l'essai afin de réduire la tension exercée sur le papier au moment du déroulage. En premier lieu, nous avons constaté que le paillis subit une pression importante par deux rouleaux d'acier traversant latéralement la butteuse (figure 2, en annexe). Ces rouleaux ont comme principal but de finaliser et de compacter légèrement le lit de plantation. L'installation d'origine de ces pièces sur la butteuse est fixe, il n'y a donc pas d'ajustement possible. Considérant que ces rouleaux ont un rôle de finition, ces derniers ont donc été retirés réduisant ainsi une partie de la tension exercée sur le papier.

En deuxième lieu, il est possible d'ajuster les roues plumbeuses (figure 2, en annexe) sur la partie arrière de la butteuse. Ces roues ont comme objectif de tenir le paillis au sol juste avant que le remblayage avec le sol s'effectue. En diminuant au minimum l'angle de ces roues, la tension exercée sur le paillis est diminuée.

2.4 Saison 2017 : Développement de techniques et outils de maintien au sol du paillis de papier

Les essais ont été réalisés à la ferme expérimentale de l'institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) située à Deschambault. Le buttage a été effectué dans un loam sableux. Les traitements comparés ont été séparés en deux groupes distincts, le groupe « maintien » (T1 à T6) et le groupe 2 « brise vent » (T7 à T10) et ils sont définis dans le tableau 2. Du paillis de papier a été déroulé sur une butte supplémentaire entre chaque répétition du groupe 1 (rang de garde).

Ainsi, le groupe de traitement 1 est composé de 7 rangs d'une longueur de 25 m. Il a été répété cinq fois (plan en blocs complets aléatoires). De plus, trois buttes de sol ont été formées servant de zone tampon du côté des vents dominants (ouest) et une butte à l'est. Un total de 39 buttes de 25 m a été nécessaire pour ce premier groupe.

Pour le groupe 2, quatre différents dispositifs expérimentaux visant à réduire l'effet du vent ont été implantés. Les 4 dispositifs comprenaient un total de 12 rangs de 15 m pouvant accueillir le paillis de papier et les différentes techniques utilisées pour protéger les rangs du vent mesuraient 30 m.

Un suivi hebdomadaire a été effectué. Les buttes ont été observées individuellement. Les mesures du papier restant ont été prises et notées pour chacun des traitements du groupe 1. Une appréciation visuelle générale a aussi été réalisée hebdomadairement pour le dispositif du groupe 2. Pour le suivi des conditions climatiques, une station météorologique d'Agrométéo est installée sur la ferme expérimentale de Deschambault a été utilisée. Ce sont ces données publiquement disponibles sur le site internet agrometeo.org qui ont été utilisées pour cette première saison.

Tableau 2. Caractérisation des différents traitements (saison 2017).

	# du traitement	Nom	Manceuvre
Groupe 1	T1	Ancrage	Pelletées de terre déposées sur le papier au centre de la butte à tous les mètres
	T2	Renchaussage	Recouvrement latéral périodique du paillis avec le sol
	T3	Zones de rupture ciblées(sol)	Bandes de sol recouvrant la largeur de la butte à tous les 5 m
	T4	Zones de rupture ciblées(ruban)	Bandes de ruban adhésif recouvrant la largeur de la butte à tous les 5 m
	T5	Témoin plastique	Paillage de polyéthylène couramment utilisé en production commerciale
	T6	Témoin Bio-Plastique dégradable	Paillage avec un plastique biodégradable commercial (Qfilm)
Groupe 2	T7	Brise-vent artificiel	Installation de brise-vent artificiels 1 entre-rang sur 4
	T8	Élévation de buttes	Élévation de certaines buttes dans le champ (1/5)
	T9	Brise-vent naturel	Implantation d'une culture à croissance rapide (Sorgho) 1 entre-rang sur 4
	T10	Élévation minimale	Reduction au minimum possible avec la machine de la hauteur pour l'ensemble des buttes

2.5 Sélection des traitements pour la saison 2018

Les systèmes culturaux retenus pour les essais en contexte de productions commerciales ont été ceux du type acaule (ex. fraise à jours neutres, brocoli, zucchini), des cultures tuteurées (ex. tomate, poivron, aubergine) ainsi que des plants produisant des ramifications rampantes (ex. citrouille, concombre, cantaloup). Ce sont des cultures, implantées au printemps sur un sol butté recouvert de paillis et généralement irriguées avec un système par goutte-à-goutte.

Certaines particularités font en sorte que des traitements ont été écartés d'emblée. Il est difficile d'envisager de renchasser périodiquement la base de la butte avec de la machinerie avec la présence de tuteurs (ex. tomate) ou sans endommager la culture (ex. concombre). Par ailleurs, il est de plus en plus fréquent d'observer un brise-vent dans les champs de fraises à jours neutres (T7). Pour la culture acaule, un renchaussage mécanique sera effectué périodiquement (T2). Aussi, la présence de tuteurs dans certaines cultures agira comme un traitement de type ancrage (T1).

2.6 Saison 2018 : Utilisation du paillis papier en situation de production commerciale.

2.6.1 Les dispositifs

Les trois dispositifs en situation de production commerciale ont été implantés sur deux entreprises agricoles différentes.

Les dispositifs 1 et 2 ont donc été implantés sur la Ferme G. Roberge et fils (Roberge), située à Saint-Pierre-de-l'Île-d'Orléans. À l'exception de la culture implantée, ces deux dispositifs sont analogues. Ils sont constitués de 3 rangs de 96 m de long, chacun divisé en 3 longueurs de 32 m (parcelle). Un rang tampon avec paillis de plastique a été déroulé de part et d'autre des dispositifs afin d'avoir une représentativité de l'emprise du vent sur le type de butte formée par la machinerie. Aléatoirement, chaque parcelle a été recouverte soit de paillis papier (traitement) ou de paillis plastique (témoin plastique). Ainsi, chaque dispositif est constitué de quatre parcelles de paillis papier et quatre parcelles de paillis plastique.

La mise en terre des graines s'est effectuée le lendemain de l'implantation des dispositifs. Pour le dispositif 1, le choix de la culture s'est arrêté sur une variété de cucurbitacées à croissance rapide et rampante. Pour le second dispositif, la culture du zucchini fut sélectionnée. Pour ces deux cultures, la distance de plantation entre deux semis sur le rang a été de 76 cm (en quinconces). Un renchaussage aux deux semaines était prévu pour la culture du zucchini.

Pour éviter de créer des tensions en faisant les trous de plantation, une vaporisation ciblée d'eau fut effectuée en premier lieu pour imbiber et, donc, ramollir le papier. Environ cinq minutes après la vaporisation, le papier était suffisamment fragilisé pour effectuer le trou de plantation grâce à un tuyau de polychlorure de vinyle (PVC) de 38 mm. dont le pourtour a été préalablement affuté (figures 3 et 4, en annexe).

Le brise-vent artificiel (filet Proteknet) précédemment coupé à une hauteur de 91 cm po. a été installé sur le côté ouest des dispositifs pour protéger les installations des vents dominants. À l'opposé, un boisé mature protégeait des vents de direction contraire.

Le dispositif 3 était installé à Sainte-Famille-de-l'Île-d'Orléans sur la Ferme André Blouin (Blouin). Le dispositif était constitué de quatre rangs (parcelles) de longueurs variées. La longueur des parcelles variait de 31 à 42 m. Sur ce site, il a été possible de comparer l'efficacité du paillis papier avec le plastique puisque le producteur a utilisé du paillis plastique pour le reste du champ.

Lors du déroulage, un tube goutte-à-goutte a été installé pour irriguer la culture. Les plants n'ont pas été mis en terre à ce moment en raison du risque de gel. Cette opération a été réalisée six jours plus tard. La même technique que celle utilisée dans les autres dispositifs pour effectuer les trous de plantation a été utilisée pour faire place aux jeunes plants de tomates préalablement démarrés en serre par le producteur. Après quelques jours de croissance, les tuteurs (barres d'armature en acier et cordage) ont été installés. Pour « briser » le vent et ainsi protéger les jeunes plants de tomates, des bandes de seigle avaient été implantées à l'automne précédent. Les bandes de céréales avaient déjà un impact sur la protection des paillis, car elles avaient plus de 70 cm. de hauteur au moment de la plantation des tomates. Bien que réfutée à la suite des essais 2017, une deuxième possibilité d'observer l'effet d'un brise-vent naturel sur les paillis de papier s'est alors présentée.

2.6.2 Instrumentation

Pour mesurer et comparer la capacité des deux différents paillis à réchauffer le sol, deux sondes de température (modèle 109, *Campbell Scientific*) ont été installées sur chacun des sites à une profondeur de 15 cm et reliées à un acquiiseur de données (CR200X, *Campbell Scientific*). Ce dernier enregistrait une valeur toutes les 15 minutes. Chacun des dispositifs avait deux boîtiers avec deux sondes (papier vs plastique) pour un total de quatre sondes.

Sur le site Roberge, à titre de référence, un anémomètre a été installé tout près du sol afin de connaître les conditions de vent à l'intérieur de la protection des brise-vents. L'anémomètre (05103, *R.M. Young Company*) a été relié à un acquiiseur de données (CR300, *Campbell Scientific*) qui effectuait une lecture à toutes les secondes, enregistrant la valeur maximale (rafale) et la moyenne de la vitesse du vent aux cinq minutes. Un pluviomètre (RG3-M, *Onset*) a aussi été relié sur ce même acquiiseur, cumulant les précipitations quotidiennement.

Pour analyser visuellement la situation au champ, des caméras utilisées pour la chasse (*Force-S, Spypoint*) ont été installées sur les différents dispositifs expérimentaux. Ce type de caméra a permis de photographier les sites à un intervalle de 4 photos par heure.

2.7 Analyses

Le sol des différents sites a été échantillonné et la granulométrie a été déterminée par la méthode de l'hydromètre en six points, suivie d'un tamisage des sables (Gee et Bauder, 1986). Le contenu en matière organique totale a été déterminé par perte au feu à 375 °C. Pour comparer les plants ayant crû sur des paillis de papier et sur des paillis de plastique, 3 plants consécutifs ont été récoltés en les coupant à leurs bases et séchés à 100 °C durant 48 heures.

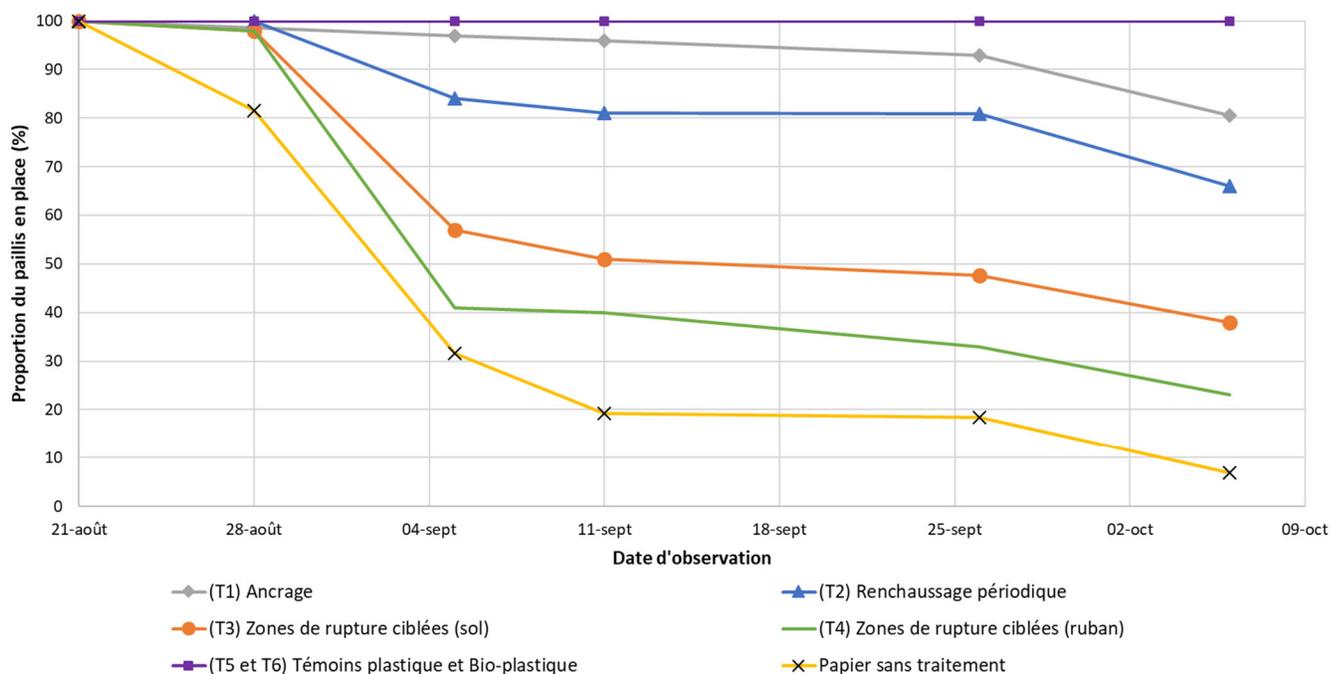
3. Résultats

3.1 Saison 2017

3.1.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques durant la période d'essai au champ en 2017 sont présentées à la figure 5 (annexes). Les journées avec de fortes précipitations ou avec des rafales importantes ont été identifiées comme des moments plus propices aux déchirures du paillis de papier. C'est pourquoi un suivi rigoureux a été effectué hebdomadairement ou suivant un épisode de vents intenses. Un peu plus de 200 mm d'eau sont tombés au cours de la période d'essai et la moyenne de la vitesse du vent a été de 5 km/h avec des pointes de 32 km/h (moyenne pour 1 heure).

3.1.2 Suivi terrain



Graphique 1. Proportion des paillis en place selon le traitement et la date d'observation, 2017.

3.1.2.1 Groupe 1 : Maintien

28 août

Après une semaine d'exposition aux conditions climatiques, aucune perte n'a été notée pour l'ensemble des traitements, et ce, malgré de fortes précipitations de pluie et de bonne vitesse de vent. Déjà, près de 20 % du paillis de papier installé sans traitement ont été endommagés en raison de présence de déchirures longitudinales (figure 6, en annexe). Quelques déchirures transversales étaient visibles et la pigmentation noire du papier commençait à s'estomper.

4 septembre

Il a été possible de constater l'efficacité de certains traitements (T1 et T2). La journée du 1^{er} septembre a été particulièrement venteuse et c'est à cette date que les plus grands dommages ont été observés. La portion du papier enfouie a commencé à se dégrader et des déchirures longitudinales étaient présentes sur l'ensemble des buttes. Quant à la butte sans intervention (Papier sans intervention), le papier a continué de se détériorer rapidement (plus que 30 % restant en 15 jours).

11 septembre

Situation très stable par rapport à la semaine précédente. Une journée de précipitation et de vent moyen a expliqué une perte d'environ 5 % de papier. Un second renchaussage (T2) a été effectué dans la semaine.

25 septembre

Cinq semaines après le début de l'essai, la situation reste stable, les conditions climatiques étaient idéales. Aucune perte ni dégradation n'a été notée. Un troisième renchaussage a été effectué.

6 octobre

Des précipitations mélangées avec de forts vents dans les journées du 27 et du 28 septembre ont expliqué la détérioration d'environ 10 % pour tous les traitements. La pigmentation noire était complètement disparue et l'état de dégradation du papier commençait à être avancé. La désinstallation du dispositif pour ce groupe de test s'est effectuée dans la semaine du 16 octobre, soit 6 semaines après l'implantation. À cette date, seulement 10 % du papier était encore visible au champ.

3.1.2.2 Groupe 2 : Brise-vent

Aucun traitement pour empêcher le vent d'endommager les papiers ne s'est démarqué. Le brise-vent artificiel a permis de limiter les dégâts sur 3 rangs (sur un total de 12). Le brise-vent naturel n'a pas eu le temps de croître suffisamment pour protéger le papier. L'élévation de certaines buttes n'a pas démontré d'efficacité comme méthode de protection. De plus, des déchirures sur le papier des buttes plus élevées sont rapidement apparues après l'installation. La cause de ce problème est une tension plus forte sur le papier près des épaules de la butte. De meilleurs résultats ont été visibles avec l'élévation minimale. L'emprise au vent est réduite en étant plus près du niveau du sol. L'essai aura duré moins de trois semaines et à ce moment, plus de 95 % du papier s'était envolé.

3.1.3 Solutions envisagées pour accélérer la pose

Un des objectifs est de diminuer les tensions sur le papier pour permettre un déroulage plus rapide. De toutes les solutions imaginées dans le cadre du projet actuel, aucune ne s'est avérée efficace. Premièrement, le retrait des rouleaux de pression n'a pas été concluant. Il était possible de dérouler le papier même sans ces rouleaux, mais le lit de plantation était trop meuble. Le papier déroulé était plus ample sur la butte. Il y avait donc un espace d'air non souhaitable entre le paillis de papier et le sol, en plus d'avoir une emprise au vent augmentée. La seconde solution ensuite essayée a été d'intervenir sur l'ajustement des roues plumbeuses. La diminution de l'angle de ces roues par rapport à la condition originale pour le déroulage du papier, nuisait beaucoup à l'efficacité de la pose. Effectivement, en diminuant la tension, le papier se retrouvait sans guide. Il avait donc tendance à se déplacer de droite à gauche sur la dérouleuse et le remblayage était beaucoup moins efficace.

3.2 Saison 2018 : Utilisation du paillis papier en situation de production commerciale.

3.2.1 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques durant la période d'essai au champ sur le site Roberge en 2018 sont présentées à la figure 7, en annexe. Il est tombé un peu plus de 142 mm de pluie entre le 25 mai et le 9 juillet 2018 (45 jours). La moyenne générale de la vitesse du vent sous la protection du brise-vent a été de 4,2 km/h et des rafales ont été aussi enregistrées à plus de 50 km/h.

À la suite de plusieurs incidents (aléa de la nature) avec le pluviomètre sur le site Blouin, les données de précipitations n'ont pas été retenues. Des renchaussages périodiques du paillis étaient prévus, mais la dégradation rapide combinée avec de forts vents lors des trois premières semaines a rendu l'exercice inutile au moment prévu, soit dans la semaine du 10 juin.

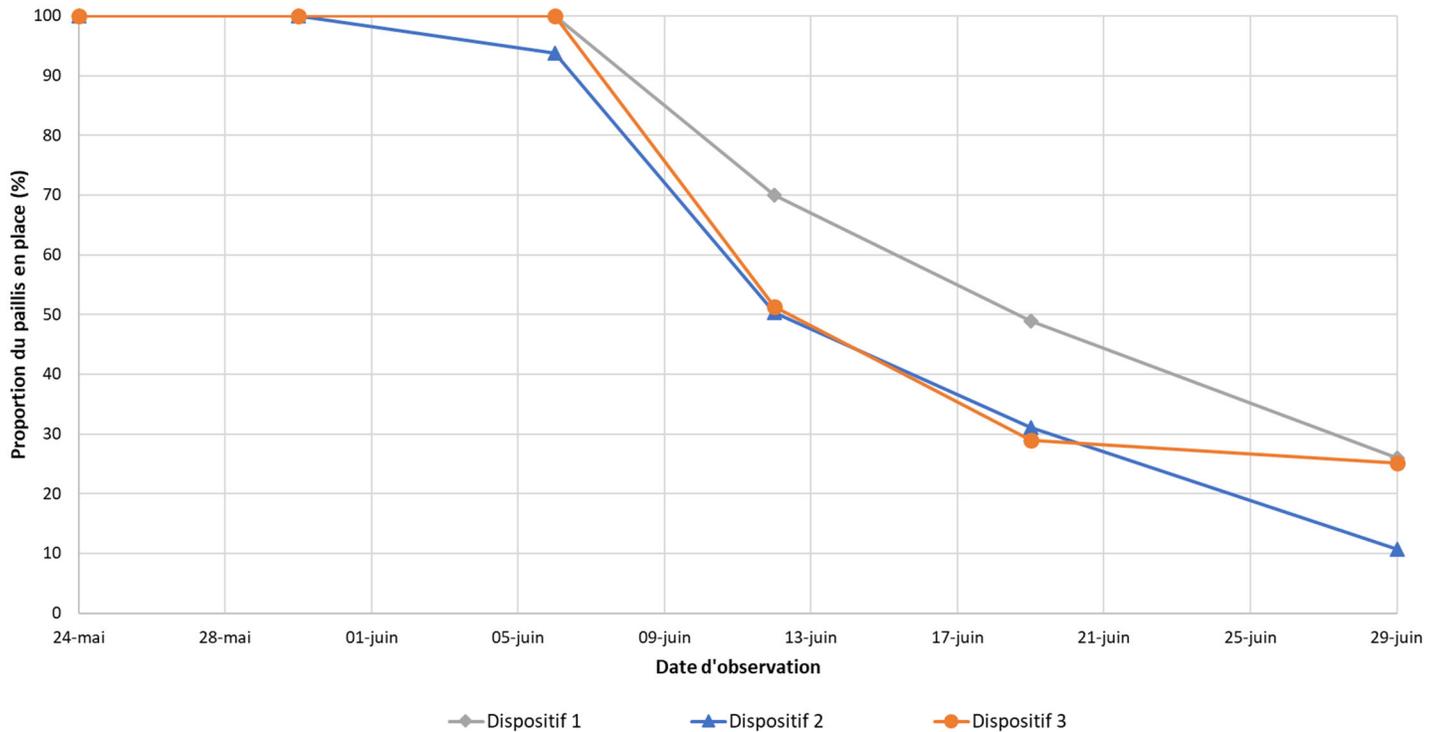
3.2.2 Évolution de l'état du paillis papier

Le déroulage des paillis a eu lieu sur les deux sites le 24 mai 2018 dans des conditions d'humidité idéale pour les besoins. Comme présenté au tableau 3, le pourcentage de détritrus (particules de sol ayant un diamètre > 2 mm) sur le site Roberge était élevé par rapport aux différents essais de déroulage effectué par le passé. Malgré quelques appréhensions, aucun problème (perforation, buttage, etc.) dû à ce point n'a été noté. La vitesse de pose pour le paillis papier a été de 1,3 km/h. Pour éviter que la butte recevant le plastique ne soit différente, le buttage s'est aussi effectué à 1,3 km/h.

Tableau 3. Résultats d'analyses par granulométrie et % de matière organique.

Site	Détritrus	M.O.	Sable			Argile	Texture
			%				
Roberge	49,1	16,1	40	34	26	Loam	
Blouin	10,9	3,2	37	37	26	Loam	

Les premières mesures de suivi ont eu lieu six jours après l'installation des dispositifs et sont présentées au graphique 2. Déjà, un nombre important de déchirures longitudinales et transversales étaient présentes. De ce fait, le papier a commencé à s'envoler le 2 juin lors d'une journée dans la moyenne, donc pas particulièrement venteuse pour l'Île d'Orléans. Les 9 et 12 juin ont été des journées venteuses avec des rafales importantes. Pour cette période, environ 50 % du paillis de papier en place s'est fait emporter, et ce, pour l'ensemble des traitements. Le papier est en état de dégradation avancé et la pigmentation noire du papier est presque inexistante à ce moment (figure 8, en annexe).



Graphique 2. Proportion du paillis en place selon le traitement et la date, 2018.

La caméra prenant des photos à intervalle régulier a permis de mettre en images le phénomène connu de tension créé par l'assèchement du papier à la suite d'une pluie (figures 9 et 10, en annexe). Pendant que le papier exposé au vent et au soleil sèche rapidement, la partie enfouie dans le sol reste humide, créant une zone très sensible. Les déchirures sont inévitables, augmentant grandement l'emprise au vent (figure 11, en annexe).

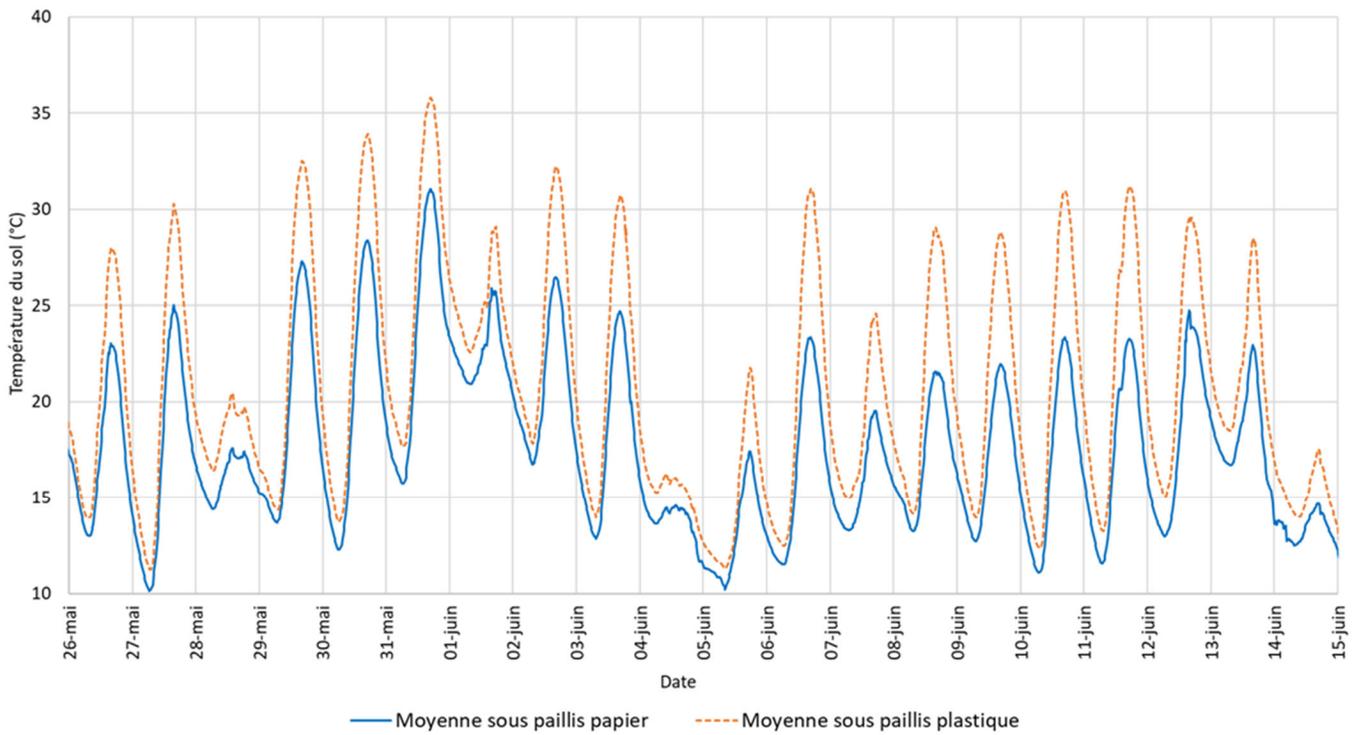
3.2.3 Évolution des températures dans le sol

Les données de températures recueillies sous les paillis (sol) sont présentées au graphique 3. On remarque une différence entre les températures moyennes. Quotidiennement, le sol de la butte avec le paillis de plastique tant à se réchauffer davantage que celui avec le paillis de papier, et ce, même par journée peu ensoleillée ou pluvieuse.

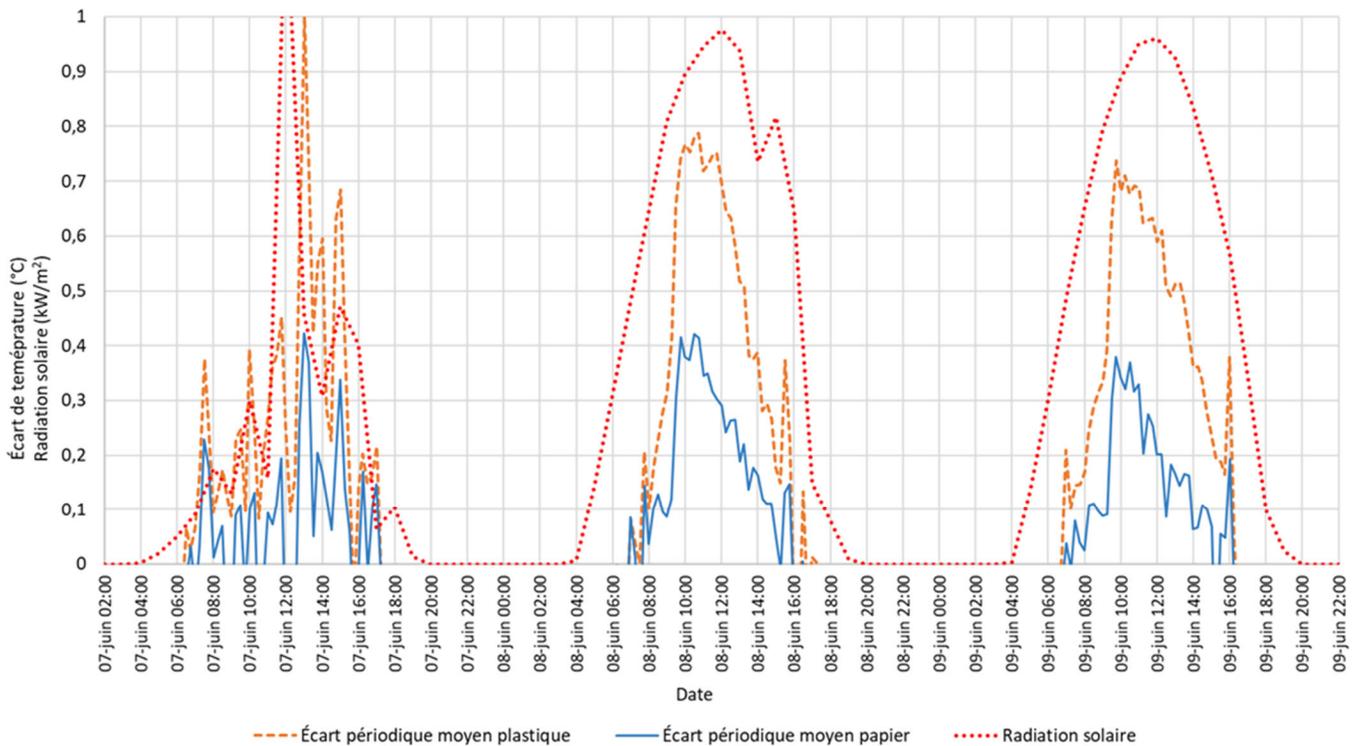
Pour illustrer ce phénomène, l'évolution moyenne de l'écart de température par intervalle de température est présentée au graphique 4. Les valeurs tracées dans ce graphique représentent la moyenne des différences entre 2 lectures de périodes continues d'une même sonde (ex. : température à 12:15 – température à 12:00 = Réchauffement ou refroidissement de la butte).

Étant donné que c'est le potentiel de réchauffement du sol qui est recherché, seules les valeurs positives sont illustrées au graphique. Les résultats pour les journées du 7 au 9 juin 2018 sont présentés. À titre de comparaison, la radiation solaire (station météo à proximité) pour l'ensemble de la journée est aussi montrée. La journée du 7 juin a été légèrement pluvieuse et le couvert nuageux a été présent pour presque l'ensemble de la journée. Pour cette journée, la station météo a mesuré une évapotranspiration potentielle (ET_p) pour cette journée de 2,8 mm, tandis qu'une ET_p de plus de 5,3 mm a été enregistrée pour le 8 et le 9 juin. De ce fait, la radiation solaire et l'évolution des températures dans la butte le 7 juin sont en dents de scie, mais la tendance du papier à avoir un potentiel de réchauffement moindre est apparente. Pour les journées suivantes, cette tendance est plus forte grâce à des journées particulièrement ensoleillées. Au plus fort de la journée, on constate une différence notable d'un peu moins du double de l'écart de température. En analysant en parallèle les deux graphiques, on peut aussi voir que même en période de refroidissement de la journée, le sol sous le plastique conserve une température supérieure.

Le graphique 3 indique qu'il est à remarquer que l'écart entre les deux traitements est moindre en début de saison. Il est possible que ce soit en raison de la dépigmentation au fil du temps qui explique ce phénomène. Une coloration plus foncée aura un meilleur potentiel de réchauffement.



Graphique 3. Évolution moyenne de la température du sol à 6 po sous les paillis (papier et plastique) pour la saison 2018. Chaque courbe illustre la moyenne de l'ensemble des sondes installées sur les 3 dispositifs.



Graphique 4. Exemple d'évolution moyenne de l'écart de température par intervalle de 15 minutes en relation avec la radiation solaire du 7 au 9 juin 2018.

3.2.4 Évolution des cultures

Le 4 juin, les cotylédons sont déjà développés pour le semis fait sur butte recouvert de paillis de plastique, tandis qu'ils sont plus difficiles à apercevoir sur les buttes de papier. Cette tendance se confirme visuellement lors des mesures de suivi du 19 juin (figure 12, en annexe) date à laquelle la collecte des plants pour la mesure de la masse sèche s'est effectuée. Les résultats sont présentés au tableau 4.

Sur le site Blouin, la masse sèche n'a pas été effectuée puisque les plants n'auront pas été en sol suffisamment longtemps pour considérer un effet paillis. Les plants de tomates ayant été démarrés en serre et transplantés le 31 mai, auront été soumis au traitement qu'un peu plus de 3 semaines, et visuellement, aucune différence ne justifiait la prise de masse sèche (figure 13, en annexe).

Tableau 4. Masse sèche comparative entre le paillis de plastique et de papier pour 9 plants selon la culture (site Roberge 2018).

Dispositif	Culture	Masse sèche sur paillis de plastique (g)	Masse sèche sur paillis de papier (g)	Papier/Plastique (%)
1	Cucurbitacée rampante	8,2	4,4	53,4
2	Zucchini	9,3	5,8	61,6

4. Conclusion

Ce projet avait comme objectif d'offrir une alternative pratique aux paillis de plastique. Afin qu'il devienne une alternative pratique, le paillis de papier se devait d'être rapide à installer et de demeurer en place suffisamment longtemps sans se détériorer. La vitesse maximale d'avancement à laquelle il a été possible de le poser le paillis de papier commercial « Planters » de Ken-Bar, sans l'endommager, a été de 1,5 km/h (7 km/h pour celui en plastique).

En 2017, le renchauffage périodique du paillis avec du sol, à la jonction air-sol, a été l'une des techniques les plus efficaces pour le maintenir en place. Cette zone subie de fortes tensions dues aux écarts d'humidité (portion du paillis qui est enterrée et celle hors sol) et aux cycles de mouillage-séchage dus aux précipitations. Dès l'apparition de déchirures longitudinales à la jonction « air-sol » du paillis, un faible vent peut endommager de façon importante l'intégrité du paillis. Un renchauffage mécanique devient inévitable en contexte commercial, mais rapidement difficile à envisager lorsque la culture se développe ou dans un système cultural ayant recours à des tuteurs (ex. tomates ou poivrons). Ces derniers agissent toutefois comme des ancrages pour le paillis.

Les essais 2018 ont été réalisés chez deux entreprises situées à l'Île d'Orléans (Zucchini, courges « rampantes » et la tomate tuteurée). Malgré l'implantation d'un brise-vent artificiel ou naturel (seigle implanté à l'automne) les paillis ont rapidement subi d'importants dommages. Le renchauffage était planifié, mais le paillis n'était déjà plus en place au moment venu. Par ailleurs, la température du sol à 15 cm de profondeur (26 mai au 15 juin) indique que le sol recouvert de paillis de plastique peut régulièrement être plus élevé de 5 °C par rapport au paillis de papier. Un retard de croissance (premiers stades de développement) a été mesuré pour les cucurbitacées semées dans une butte recouverte de paillis de papier, soit de 53,4 à 61,6 % (poids en matières sèches des parties aériennes au 19 juin). Quoiqu'il soit possible de mécaniser la pose, il faudra attendre une génération de papier améliorée avant de prétendre qu'il puisse être une alternative pratique au paillis de plastique.

ANNEXE



Figure 1. Modifications nécessaires pour optimiser la pose du paillis de papier. Elles consistent principalement à abaisser les supports pour le rouleau de papier.



Figure 2. Identification des pièces causant les tensions lors de l'installation. #1 Rouleau de pression #2 Roue plumbeuse.



Figure 3. Outil manuel utilisé pour effectuer les trous de plantation dans le paillis papier.



Figure 4. Zone humidifiée avec la vaporisation et trou formé par le tuyau de PVC.

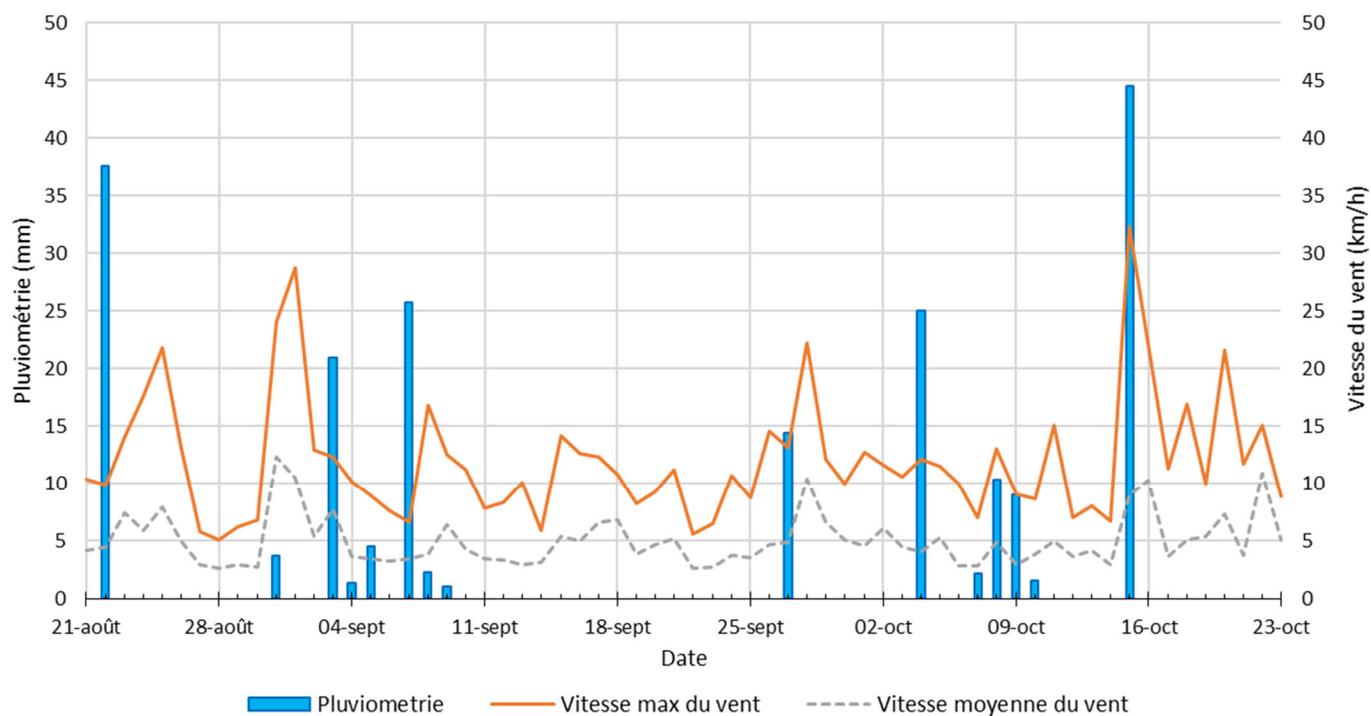


Figure 5. Conditions météorologiques (pluie et vitesse du vent) durant la période d'essai en 2017.



Figure 6. Déchirures longitudinales à la jonction air-sol.

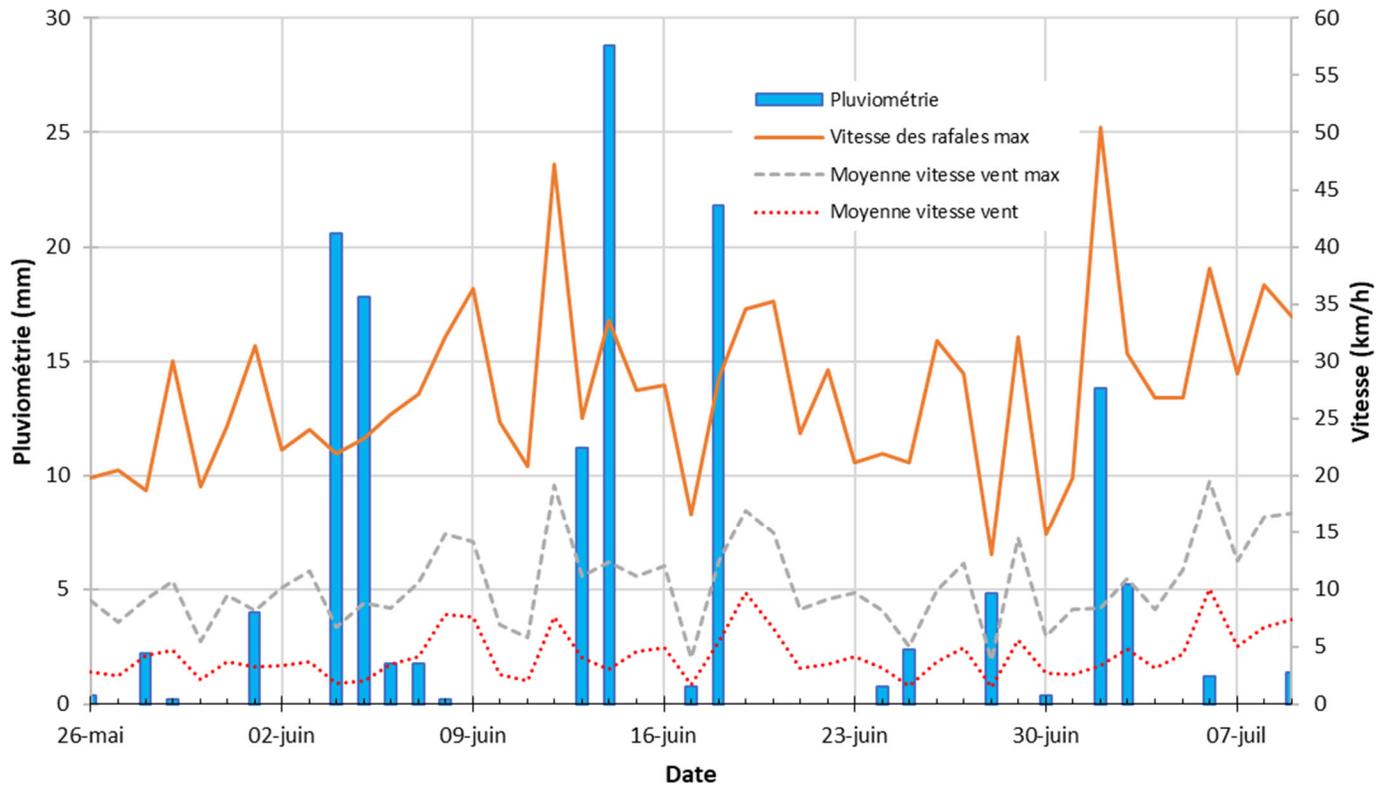


Figure 7. Conditions météorologiques (pluie et vitesse du vent) durant la période d'essai en 2018.



Figure 8. Photo prise le 9 juin 2018 qui démontre la décoloration du paillis papier en comparaison avec le plastique.



Figure 9. Photo prise le 5 juin 2018 à 8:56. Papier imbibé d'eau (plus de 70 mm de pluie en 48h) et très froissé.



Figure 10. Photo prise le 5 juin 2018 à 15:27. Papier presque asséché, le retrait du papier en séchant cause les déchirures longitudinales.



Figure 11. Emprise du papier au vent par suite des déchirures longitudinales.



Figure 12. Constat de la différence de croissance entre les plants sur paillis plastique et sur paillis papier.



Figure 13. Plants de tomates sur le site Blouin le 19 juin 2018. Aucune différence de croissance entre les traitements n'est observable.