

## Programme de Soutien à l'Innovation Horticole

# IMPACT DU TYPE DE PAILLIS ET DU MODE D'IRRIGATION SUR LA SALUBRITÉ DE LA FRAISE

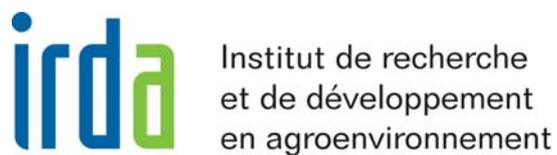
Avancement des travaux

Projet PSIH08-1-904

Mylène Généreux

Caroline Côté

février 2009



## **LISTE DES PARTICIPANTS**

Caroline Côté	Responsable scientifique, agronome, Ph.D. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) 3300 rue Sicotte, St-Hyacinthe (Québec) J2S 7B8
Mylène Généreux	professionnelle de recherche, M.Sc., salubrité des produits horticoles et hygiène du milieu. IRDA.
Lucie Caron	agronome, conseillère en horticulture. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), direction régionale de l'Outaouais-Laurentides, secteur Laurentides.
Daniel Lalonde	agronome, conseiller en horticulture. MAPAQ, direction régionale de l'Outaouais-Laurentides, secteur Laurentides.
Normand Legault	président du Syndicat horticole et fruitier Outaouais-Laurentides.

## **REMERCIEMENTS**

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme de soutien à l'innovation horticole.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES PARTICIPANTS.....	2
REMERCIEMENTS.....	2
1. INTRODUCTION.....	4
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	5
2.1 Dispositif expérimental.....	5
2.2 Évaluation de la salubrité : échantillonnages et analyses microbiologiques.....	6
2.2.1 Échantillonnage de la paille, des fraises et de l'eau d'irrigation.....	6
2.2.2 Méthodes d'analyse microbiologique.....	7
2.2.3 Prise de données climatiques.....	9
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	9
3.1 Caractérisation microbiologique de l'eau d'irrigation.....	9
3.2 Caractérisation microbiologique de la paille et des fraises.....	10
3.3 Données climatiques.....	11
4. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	13
5. CONCLUSIONS.....	14
RÉFÉRENCES.....	15
ANNEXE.....	16

## 1. INTRODUCTION

Les exigences grandissantes du marché en ce qui a trait à la salubrité des produits font en sorte que les producteurs maraîchers et fruitiers du Québec sont confrontés depuis quelques années à une nouvelle réalité. Avec l'accès aux marchés nord-américains, les producteurs doivent parfois se plier à certaines exigences au point de vue salubrité afin de maintenir leur marché. Par exemple, les producteurs exportant vers les États-Unis doivent déjà respecter certaines exigences portant sur la qualité microbiologique de l'eau d'irrigation, générant parfois des coûts considérables.

Puisque le nombre de cas d'infections d'origine alimentaire liées à la consommation de fruits et/ou de légumes frais augmente chaque année (Beuchat et Ryu, 1997), l'innocuité des produits préoccupe davantage les intervenants de l'agroalimentaire et ce, jusqu'aux consommateurs. Il devient donc impératif de répertorier les diverses sources potentielles de contamination des produits. Bien que d'autres sources soient à contrôler, l'eau d'irrigation a été reconnue comme une source potentielle de contamination des cultures (Steele *et al.*, 2005). Ainsi, l'eau utilisée pour irriguer les cultures pourrait contenir des microorganismes pathogènes pour l'humain (Steele et Odumeru, 2004). Les recommandations à l'égard du contenu maximal en coliformes fécaux de l'eau destinée à l'irrigation varient généralement entre 100 UFC/ 100 mL (CCME, 1999) et 1 000 UFC/ 100 mL (EPA, 1973). Chez certains producteurs, l'eau destinée à l'irrigation peut directement être prélevée d'un cours d'eau. Le risque que les récoltes soient elles-mêmes contaminées par cette eau est toutefois mal connu, puisque peu de données scientifiques rigoureuses sont disponibles sur le sujet. L'impact final sur la qualité des aliments est d'autant plus inconnu que plusieurs paramètres doivent être considérés. Outre le contenu microbien de l'eau d'irrigation, plusieurs paramètres influencent le risque de contamination des récoltes, notamment le potentiel de survie des microorganismes sur les cultures (Steele et Odumeru, 2004), de même que les conditions climatiques et la texture du sol (Sadovski et al., 1978). Il est reconnu que la pluviométrie, l'humidité, le rayonnement ultraviolet (UV) et la température font partie des paramètres influençant la survie des bactéries dans l'environnement. Il est donc raisonnable de croire que le risque de contamination des cultures dépend de ces facteurs. Par ailleurs, une gestion raisonnée de l'eau peut contribuer à réduire le risque de contamination des récoltes. Par exemple, il peut être suggéré d'utiliser une source d'eau de meilleure qualité pour irriguer des produits qui seront généralement consommés crus (Cifuentes, 2000). Il est également possible de favoriser l'utilisation d'une eau de meilleure qualité lorsque le délai entre l'irrigation et la récolte est très court.

La fraise est un produit qui est très souvent consommé cru, d'où un risque plus grand d'infection si les cultures sont contaminées. Bien que certaines études suggèrent que des procédés de production tels que l'utilisation d'un paillis de plastique (Steele et Odumeru, 2004) et d'un système d'irrigation goutte-à-goutte (Sadovski et al., 1978) ont un impact sur la salubrité des produits, peu de données ont été publiées sur la fraise. Au Québec, cette culture est généralement produite sur paillis de plastique ou de paille, et est irriguée par aspersion ou par goutte-à-goutte. Or, il est reconnu que le paillis de plastique contribue généralement à restreindre la contamination microbiologique des produits (Sadovski et al., 1978). C'est dans la région des Laurentides que sont retrouvées les plus grandes superficies québécoises cultivées en fraises, soit 313,3 hectares (MAPAQ, 2007). Dans cette région, la plupart des producteurs de fraises irriguent leurs cultures avec de l'eau de surface, une source d'eau dont le contenu en *E. coli* peut excéder les standards du CCME, d'où le risque potentiel de contaminer les fraises lors des irrigations. De plus, en conditions réelles, les producteurs de fraises procèdent souvent à une irrigation peu de temps avant la récolte, de l'ordre de 1 jour et moins. Il est parfois difficile pour les producteurs d'augmenter le délai entre l'irrigation et la récolte, puisque l'irrigation fait partie intégrante de la gestion de la culture (ex. protection contre le gel et les températures excessives). Une étude a donc été menée dans la région des Laurentides au cours de l'été 2008 afin de préciser l'impact d'une eau d'irrigation contenant plus de 1 000 UFC/100 mL en *E. coli* sur la salubrité de la fraise en fonction du mode d'irrigation et du type de paillis.

## **2. MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 Dispositif expérimental**

Des parcelles expérimentales de fraises ont été mises en place à St-Eustache, dans les basses Laurentides, chez un producteur de fraises établi dans la région depuis plusieurs années. Les parcelles regroupaient quatre répétitions de quatre traitements, pour un total de seize parcelles disposées en split plot où le mode d'irrigation était en parcelle principale. La disposition des parcelles sur le terrain est jointe en annexe et les traitements sont résumés au tableau 1. D'une largeur de 8 m et d'une longueur de 7 m, chaque parcelle comportait 4 buttes incluant chacune 4 rangs de fraises à jours neutres (variété 6-15) espacés de 30 cm. Seules les deux buttes du centre ont été utilisées pour l'échantillonnage. L'espacement entre les plants était également de 30 cm, tandis que 60 cm séparaient chaque butte. Les parcelles ont été mises en place dans une fraisière de 3<sup>e</sup> année. Puisque celle-ci était établie sur du paillis de plastique et qu'un système d'irrigation par goutte-à-goutte était installé sur la totalité du

terrain, le plastique a été enlevé et la canalisation remplacée par des tuyaux non troués dans les parcelles qui devaient être sur paille et/ou irriguée par aspersion. La paille utilisée provenait d'une entreprise agricole située à proximité de la fraisière. L'entretien phytosanitaire des cultures a été réalisé par le propriétaire.

**Tableau 1. Traitements effectués**

<b>Traitements</b>	<b>Description</b>
<b>1</b>	<b>Paillis de plastique et irrigation par aspersion</b>
<b>2</b>	<b>Paillis de plastique et irrigation par goutte-à-goutte</b>
<b>3</b>	<b>Paillis de paille et irrigation par aspersion</b>
<b>4</b>	<b>Paillis de paille et irrigation par goutte-à-goutte</b>

## **2.2 Évaluation de la salubrité : échantillonnages et analyses microbiologiques**

### **2.2.1 Échantillonnage de la paille, des fraises et de l'eau d'irrigation**

Le 13 juin 2008, trois échantillons de paille ont été prélevés afin de vérifier qu'elle ne représentait pas en une source externe de *E. coli*. Chaque échantillon contenait dix prélèvements de paille prise au hasard à même les parcelles. Les trois échantillons ont été traités séparément.

La première irrigation a été réalisée le 17 juin 2008. D'abord, avec des gants de latex, les fraises ont été échantillonnées avant irrigation à raison de 25 fraises par parcelle et mises dans des sacs en plastique stériles. Puis, toutes les parcelles ont été irriguées en même temps pendant environ 1 heure à partir d'une rivière avoisinante. Pendant l'irrigation, des échantillons d'eau ont été prélevés directement dans le cours d'eau ainsi qu'à la sortie du réseau d'irrigation par aspersion et par goutte-à-goutte, à raison de 3 échantillons au début de l'irrigation, 3 environ 30 minutes plus tard et 3 derniers à la fin. Suite à l'irrigation, 25 fraises par parcelle ont été prélevées 1 heure post-irrigation, 4 heures post-irrigation, le lendemain et 2 jours après.

Le 25 juin 2008, une seconde irrigation a été effectuée selon une démarche identique à celle utilisée lors de la première irrigation, à une exception près. Afin d'améliorer l'uniformité du niveau

d'eau appliqué dans les parcelles irriguées par aspersion, l'irrigation a été basée sur le niveau d'eau mesuré par parcelle plutôt que sur le temps total de l'irrigation. De cette façon, les gicleurs ont été fermés lorsque 25 mm d'eau étaient mesurés dans chacun des pluviomètres. Il a fallu entre 30 minutes et 1h30 pour que toutes les parcelles irriguées par aspersion aient reçu le niveau d'eau escompté. Par ailleurs, les parcelles irriguées par goutte-à-goutte ont été irriguées durant 1 heure, selon la pratique usuelle du propriétaire.

### **2.2.2 Méthodes d'analyse microbiologique**

Tous les échantillons de paille, d'eau et de fraises prélevés avant, pendant et après les irrigations ont été conservés à des températures variant entre 2 et 8 °C jusqu'aux analyses. Le traitement des échantillons a été effectué dans un délai de 24 heures suivant leur prélèvement. Au laboratoire, les 25 fraises incluses dans chacun des échantillons ont été coupées de façon aseptique en morceaux d'environ un gramme. Après homogénéisation, les échantillons ont été soumis à différentes analyses de dénombrement et d'enrichissement et ce, suite à un passage au mélangeur ou non. L'identification des bactéries a été confirmée par des tests biochimiques standards.

- **Dénombrement de *Escherichia coli***

Pour les échantillons de fraises et de paille, les populations de *E. coli* ont été dénombrées selon le test *E. coli* / coliformes sur Pétrifilms™ (3M Microbiology, 2004). En bref, 2 lots de 25 g d'échantillon homogénéisé ont été ajoutés à 225 mL d'eau peptonée 0.1%. Un des deux lots a été passé au mélangeur. Des dilutions successives 1 dans 10 ont été effectuées et inoculées sur Pétrifilms. Après 48 h d'incubation à 35 °C, les colonies typiques bleutées associées à des bulles de gaz ont été identifiées comme étant des *E. coli*.

Les populations de *E. coli* dans les échantillons d'eau d'irrigation ont été dénombrées selon une méthode de filtration sur membrane. C'est la méthode M.A. 700-Ec-mTec 1.0 du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), intitulée « Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* thermotolérant : méthode par filtration sur membrane utilisant le milieu de culture mTEC modifié », mise à jour en août 2005, qui a été retenue (CEAEQ, 2005). La méthode consiste à filtrer, à travers une membrane d'une porosité de 0,45 µm, trois volumes déterminés de l'échantillon et

d'incuber ensuite cette membrane sur une gélose mTEC modifiée. Les volumes à filtrer sont fonction de la turbidité de l'échantillon. Suite à une première incubation de 2 heures à 35 °C pour faciliter la réactivation des bactéries endommagées, les géloses sont incubées à 44,5 °C pendant 24 heures. Dans ces conditions, les bactéries *E. coli* forment des colonies allant du rouge au magenta. Les confirmations ont été réalisées par des tests biochimiques.

- **Enrichissement de *Escherichia coli***

Tous les échantillons de fraises ont été traités en parallèle via une méthode d'enrichissement de *E. coli* afin de détecter la présence de la bactérie malgré de faibles concentrations. Puisqu'il n'existe pas de méthode officielle pour arriver à cette fin à partir de fruits ou de légumes, c'est la méthode MA. 700 – Ecct 1.0 du CEAEQ intitulée « Recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence » qui a été retenue, bien qu'elle soit implantée pour l'analyse d'échantillons d'eau (CEAEQ, 2003). Brièvement, 10 g d'échantillon homogénéisé de fraises ont été ajoutés dans une bouteille incluant 90 mL d'eau stérile. Une capsule de réactif Colilert® a ensuite été versée dans la bouteille et le tout bien homogénéisé afin de bien dissoudre le réactif. La bouteille a finalement été incubée à 44,5 °C pendant 24 heures. Lors de la lecture, les bouteilles dont le contenu était jaune et fluorescent sous rayons ultraviolets (366 nm) étaient notées comme étant positives.

Tel que mentionné plus tôt, les échantillons de fraises ont été soumis à deux modes de préparation différents. D'une part, 10 g de fruits coupés en pièces d'un gramme ont directement été ajoutés à la bouteille incluant les 90 mL d'eau stérile. D'autre part, 10 g de fraises en pièces d'un gramme ont été ajoutés à 90 mL d'eau stérile, passés au mélangeur et remis dans la bouteille avant l'ajout final du réactif Colilert®. Puisque ce dernier mode de préparation ne permettait pas une lecture claire des bouteilles, seul le premier a été conservé lors des analyses des fraises issues de la seconde irrigation. En effet, la couleur rosée des fraises broyées interférait avec la couleur jaune que devait prendre le milieu de culture. Ainsi, il était impossible d'interpréter correctement les résultats.

### 2.2.3 Prise de données climatiques

Durant toute la durée de l'étude, les données de pluviométrie, de température de l'air et de rayonnement ultraviolet (UV) ont été prises via une station météorologique appartenant au Réseau Pommiers située à St-Joseph-du-Lac, à environ 15 km du site expérimental. De plus, les pluviomètres ayant servi à mesurer les niveaux d'eau appliqués lors des irrigations ont été laissés sur place afin de mesurer la pluviométrie sur le site lors des échantillonnages quotidiens. La mesure du rayonnement UV a été rendue possible grâce à l'installation sur la station météorologique d'un radiomètre UV (Eppley Laboratories, modèle TUVR), qui mesure la radiation solaire UV entre 295 et 385 nm, soit une bonne partie des UV de types A et B. Le rayonnement UV mesuré durant l'expérimentation renseigne toutefois sur la radiation totale captée par les cultures.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Caractérisation microbiologique de l'eau d'irrigation

Les niveaux de *E. coli* détectés dans les échantillons d'eau ont généralement été moins élevés que 1 000 UFC/ 100 mL. En moyenne, l'eau utilisée lors de la première irrigation avait un contenu de 573 UFC/100 mL, alors que la deuxième irrigation a été effectuée avec une eau contenant une moyenne de 793 UFC/100 mL. Les tableaux 2 et 3 résument les résultats obtenus concernant l'eau lors des irrigations du 17 et du 25 juin, respectivement.

**Tableau 2. Dénombrement des populations de *E. coli* dans l'eau d'irrigation pour l'irrigation du 17 juin**

Source	Contenu de l'eau en <i>E. coli</i> (UFC/100 mL)		
	Début de l'irrigation	Mi-temps	Fin de l'irrigation
Rivière	380	540	460
Sortie du réseau d'aspersion	690	680	520
Sortie du réseau goutte-à-goutte	700	520	670

**Tableau 3. Dénombrement des populations de *E. coli* dans l'eau d'irrigation pour l'irrigation du 25 juin**

Source	Contenu de l'eau en <i>E. coli</i> (UFC/100 mL)		
	Début de l'irrigation	Mi-temps	Fin de l'irrigation
Rivière	790	700	760
Sortie du réseau d'aspersion	280	670	680
Sortie du réseau goutte-à-goutte	1327	840	1091

Quoique les niveaux de *E. coli* mesurés dans l'eau d'irrigation soient en deçà du seuil prévu au protocole de 1 000 UFC/100 mL, ils dépassent le critère recommandé par le CCME (100 UFC/100 mL). Les charges de *E. coli* dans un cours d'eau sont très variables dans le temps et dépendent de plusieurs facteurs qui demeurent hors contrôle, notamment la pluviométrie, le ruissellement, la topographie du bassin versant, les activités agricole et humaine, ainsi que la faune.

### 3.2 Caractérisation microbiologique de la paille et des fraises

Aucun échantillon de paille n'a été trouvé positif à *E. coli* selon la méthode utilisée. Pour ce qui est des échantillons de fraises analysés par Pétrifilms (méthode de dénombrement), aucun échantillon n'a été trouvé positif. La présence de *E. coli* a été détectée dans quelques échantillons de fraises via la méthode d'enrichissement par le milieu Colilert®. Le tableau 4 présente les parcelles où les fraises ont été trouvées positives à *E. coli* et ce, pour les deux irrigations.

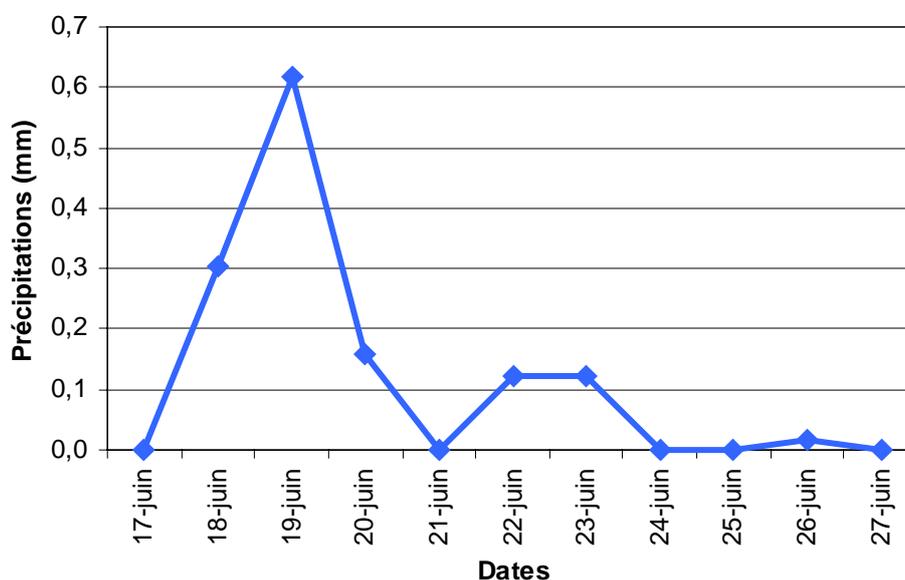
**Tableau 4. Présence de *E. coli* dans les fraises selon la méthode d'enrichissement par Colilert®**

Date	Moment d'échantillonnage	Parcelle positive	Traitement
17 juin	Avant la 1 <sup>ère</sup> irrigation	10	Goutte-à-goutte et paillis de paille
17 juin	1 heure après la 1 <sup>ère</sup> irrigation	13	Aspersion et paillis de plastique
19 juin	2 jours après la 1 <sup>ère</sup> irrigation	1	Aspersion et paillis de paille
25 juin	1 heure après la 2 <sup>e</sup> irrigation	2	Aspersion et paillis de plastique
25 juin	4 heures après la 2 <sup>e</sup> irrigation	14	Aspersion et paillis de paille

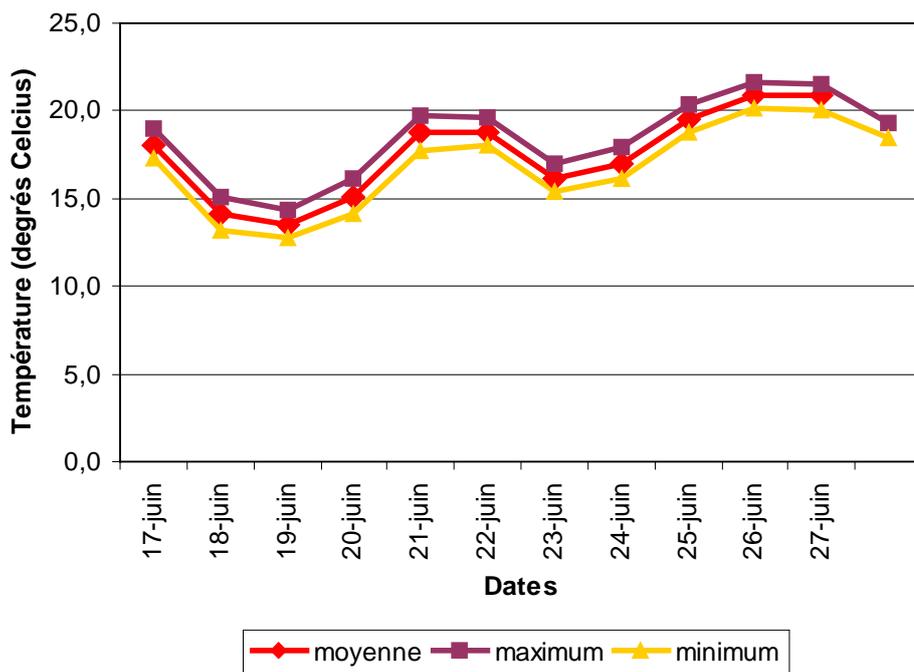
D'une façon générale, des bactéries *E. coli* ont été retrouvées dans 5 échantillons de fraises sur 160 échantillons analysés (3%). Puisque la présence de *E. coli* dans les fruits n'a pu être détectée que par une méthode d'enrichissement seulement, les populations bactériennes sont donc en très faible nombre, soit entre 1 et 10 UFC/ g de fraises. La présence de bactéries avant la première irrigation peut sous-entendre qu'il y a eu une source externe de contamination. Une des hypothèses pouvant expliquer ce résultat est la présence importante sur le site de petits rongeurs (mulots et souris), ainsi que d'une famille de marmottes. Finalement, aucun lien ne peut être établi entre les résultats obtenus et les traitements, puisque le nombre de données positives est très faible.

### 3.3 Données climatiques

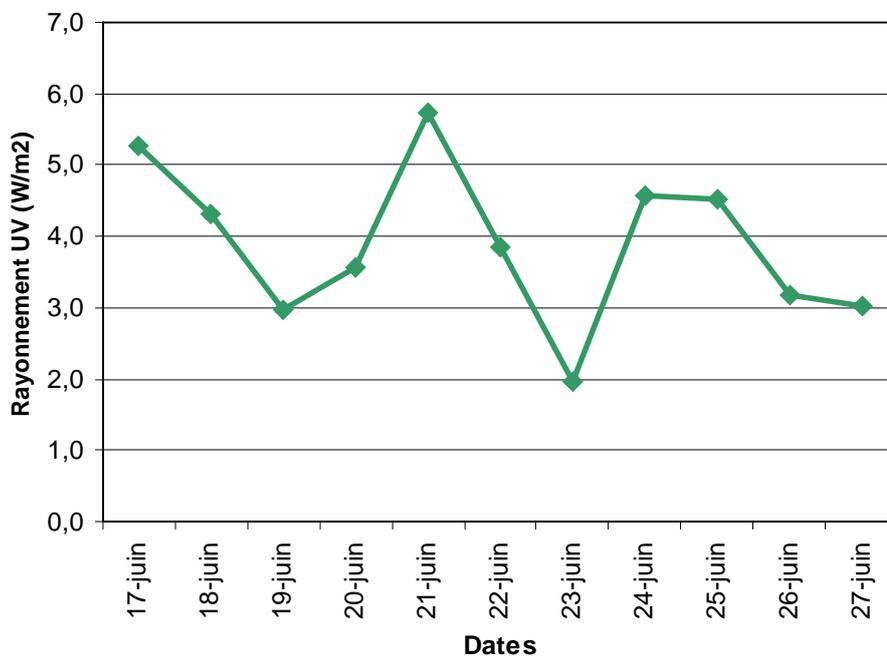
Les données de pluviométrie, de température de l'air et de rayonnement UV collectées à la station météorologique de St-Joseph-du-Lac sont présentées aux figures 1, 2 et 3, respectivement. Aucun niveau d'eau significatif n'a été mesuré dans les pluviomètres laissés sur le site expérimental.



**Figure 1. Précipitations journalières mesurées à la station météorologique de St-Joseph-du-Lac**



**Figure 2. Températures journalières maximales, minimales et moyennes mesurées à la station météorologique de St-Joseph-du-Lac**



**Figure 3. Rayonnement UV journalier mesuré à la station météorologique de St-Joseph-du-Lac**

De façon générale, il est difficile de vérifier l'influence directe des conditions climatiques sur la présence de *E. coli* sur les fraises analysées dans cette étude. En effet, très peu de bactéries ont été détectées peu de temps après les irrigations (1 heure et 4 heures) malgré le fait que l'eau d'irrigation en contenait plus de 500 UFC /100 mL. Aucune précipitation n'a été notée suite aux deux irrigations. De plus, les températures rencontrées lors du 17 et du 25 juin auraient pu être favorables à la survie des bactéries, puisqu'elles n'étaient pas extrêmes. Enfin, la radiation UV observée durant toute la durée de l'expérimentation peut être également considérée comme faible (voir tableau 5) (Bashi et Aylor, 1983). De façon générale, aucun lien ne peut être établi entre les conditions climatiques et les résultats, puisque peu de données sont positives. Les conditions climatiques jouent cependant un rôle important sur la survie des microorganismes dans l'environnement, d'où la reprise de l'étude en 2009.

**Tableau 5. Valeurs catégorisées de rayonnement solaire UV**

	<b>Radiation UV (W/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Faible</b>	3,5 à 14
<b>Moyenne</b>	14 à 31,5
<b>Forte</b>	31,5 à 45

(Adapté de Bashi et Aylor, 1983)

#### **4. DISCUSSION GÉNÉRALE**

Les résultats issus de cette étude tendent à montrer un risque faible à retrouver la bactérie *E. coli* sur des fraises irriguées avec de l'eau dont la charge bactérienne est environ de 700 UFC/100mL et ce, malgré un suivi peu de temps après la fin de l'irrigation. En effet, très peu d'échantillons ont été trouvés positifs et plusieurs hypothèses peuvent être émises pour expliquer ce phénomène :

- 1- Les faibles précipitations ont pu provoquer l'assèchement rapide des produits et une survie moins importante des bactéries.
- 2- Les faibles doses de rayons UV ont pu suffire à enrayer des populations bactériennes peu élevées sur les cultures.
- 3- Les fraises pourraient libérer un composé bactéricide qui limiterait la survie des bactéries à leur surface.

Bien que les résultats obtenus lors de la première année d'étude suggèrent une faible probabilité de retrouver des *E. coli* sur les fraises suite à l'irrigation, quelques détails d'ordre méthodologique seront optimisés lors de la deuxième année du projet de recherche. Ainsi, le système d'irrigation sera amélioré afin de s'assurer que les quantités d'eau appliquées sur les parcelles soient uniformes et ce, malgré l'association entre le système goutte-à-goutte et le système d'aspersion.

## 5. CONCLUSIONS

Il n'a pas été possible d'établir de lien clair entre le mode d'irrigation et le type de paillis sur la salubrité de la fraise, car peu d'échantillons positifs ont été détectés. De cette façon, il reste encore à étudier l'impact de ces pratiques dans un autre contexte où les conditions climatiques et le contenu microbien de l'eau d'irrigation seront différents.

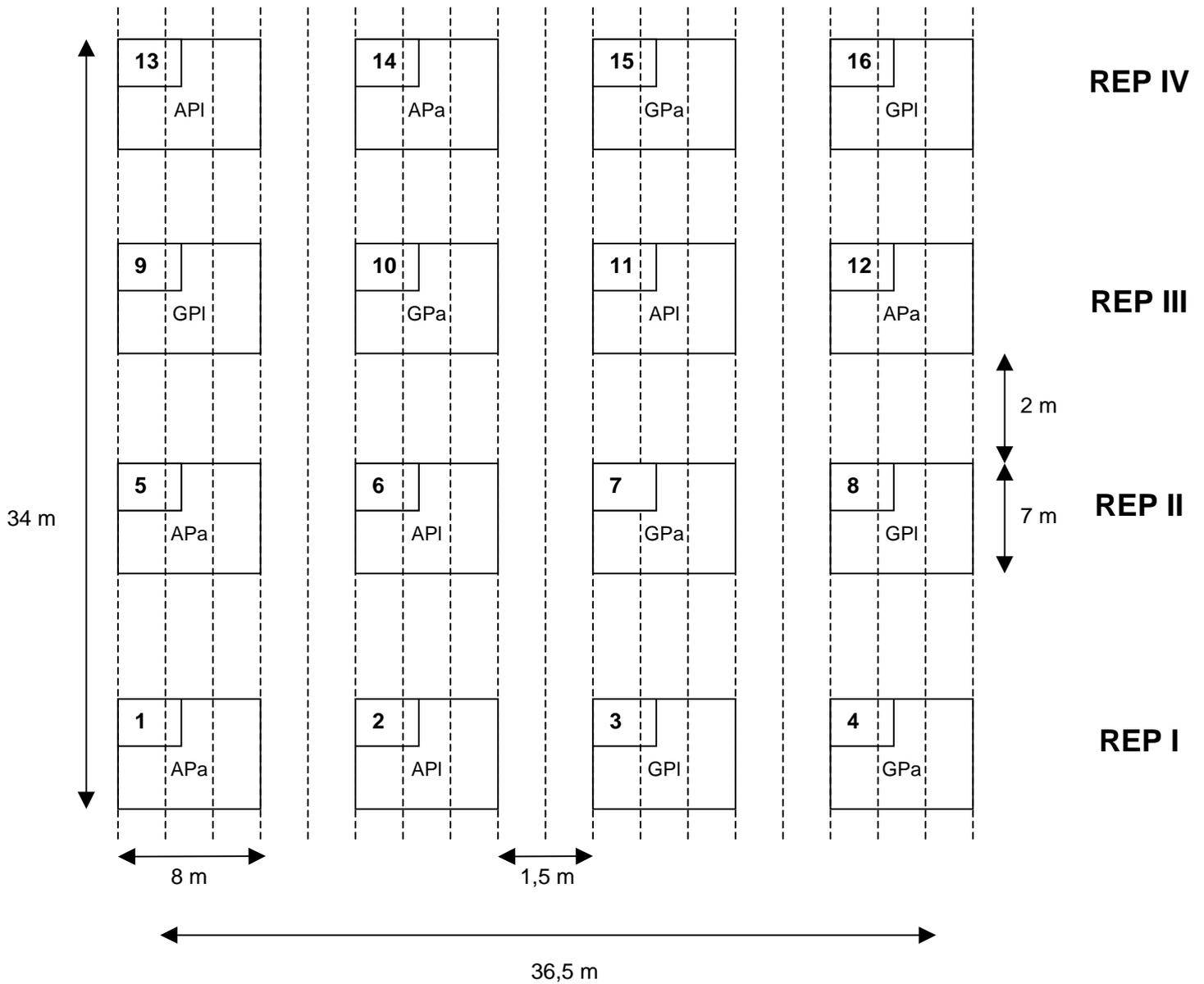
La saison d'étude 2009 pourrait permettre de vérifier si le niveau de contamination des fraises demeure faible en dépit du fait que l'eau d'irrigation utilisée contiendrait un niveau plus élevé en *E. coli*. Dans ce cas, les liens avec les données climatiques pourraient également être plus faciles à établir. Par contre, si peu de bactéries sont détectées malgré un contenu élevé dans l'eau d'irrigation, il sera intéressant de pousser un peu plus loin les hypothèses émises dans ce rapport.

Cette étude a tout de même permis d'en savoir davantage sur les effets que peuvent avoir le mode d'irrigation et le type de paillis sur la salubrité des fraises et ce, dans les conditions climatiques de 2008. Ce projet a permis d'instaurer des bases en prévision de recherches futures comparables, puisqu'un tel projet n'avait jamais été réalisé au Québec.

## RÉFÉRENCES

- Anonymous, 1973. Water quality criteria. Ecological research Series. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA R3-73-033.
- Bashi E., D.E. Aylor, 1983. Survival of detached sporangia of *Peronospora destructor* and *Peronospora tabacina*. *Phytopathology* 73: 1135-1139.
- Beuchat L. R., J-H. Ryu, 1997. Produce handling and processing practices. *Emerging Infectious diseases* 3 (4): 459-465
- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 1999. Canadian water quality guidelines for the protection of agricultural water uses, p. 2 *In* Canadian environmental quality guidelines. CCME publications, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), 2005. Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* thermotolérant : méthode par filtration sur membrane utilisant le milieu de culture mTEC modifié. M.A » 700 – Ec-mTEC 1.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 20 p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), 2003. Recherche des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert® : méthode présence/absence, MA. 700 – Ecct. 1.0, Ministère de l'Environnement du Québec, 12 p.
- Cifuentes E. *et al.*, 2000. Health risks in agricultural villages practicing wastewater irrigation in central Mexico: perspectives for protection. *Schriftenr. Ver Wasser. Boden. Lufthyg.* 105 : 249-256.
- Sadovski A.Y. *et al.*, 1978. High levels of microbial contamination of vegetables irrigated with waste water by the drip method. *Applied and Environmental Microbiology* 36: 824-830.
- Steele *et al.*, 2005. Microbial assessment of irrigation water used for production of fruit and vegetables in Ontario, Canada. *Journal of Food Protection* 68 (7) : 1388-1392
- Steele M. et Odumeru J., 2004. Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *Journal of Food Protection* 67(12) : 2839-2849.

**ANNEXE**  
**Dispositif expérimental sur le terrain**



**Légende**

**APa** : Irrigation par aspersion et paillis de paille

**GPa** : Irrigation par goutte-à-goutte et paillis de paille

**API** : Irrigation par aspersion et paillis de plastique

**GPI** : Irrigation par goutte-à-goutte et paillis de plastique

--- : 1 butte de 4 rangs de fraises

