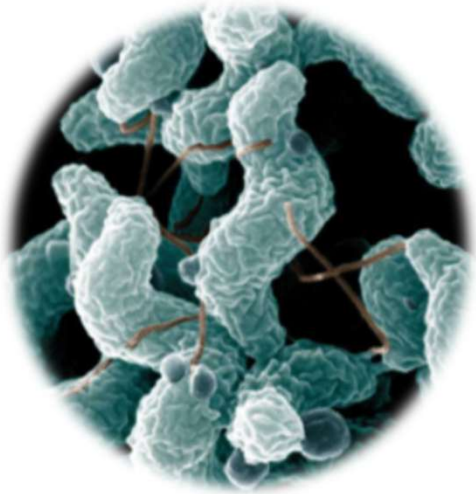




Caractérisation de l'innocuité des sous-produits issus de l'expérience LowTech et évaluation du risque sanitaire pour un usage en culture hydroponie

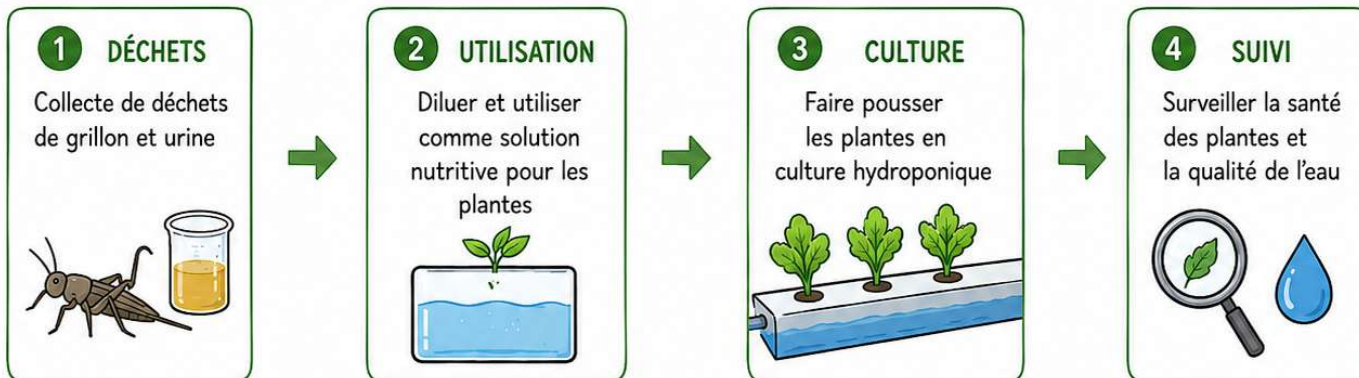


Najat NASSR & Marie-Paule NORINI

Valorisation des sous-produits pour la culture hydroponique



DÉMARCHE SIMPLE



PROBLÉMATIQUES À RENCONTRER

Mauvaise composition

- Manque ou excès de nutriments



Contamination

- Bactéries, moisissures, pathogènes



BONNES PRATIQUES



Bien filtrer



Contrôler le pH et la conductivité



Diluer correctement



Surveiller régulièrement



Évaluation sanitaire



Résultat :

Plantes en bonne santé et production durable





Démarche d'étude de l'évaluation du risque sanitaire

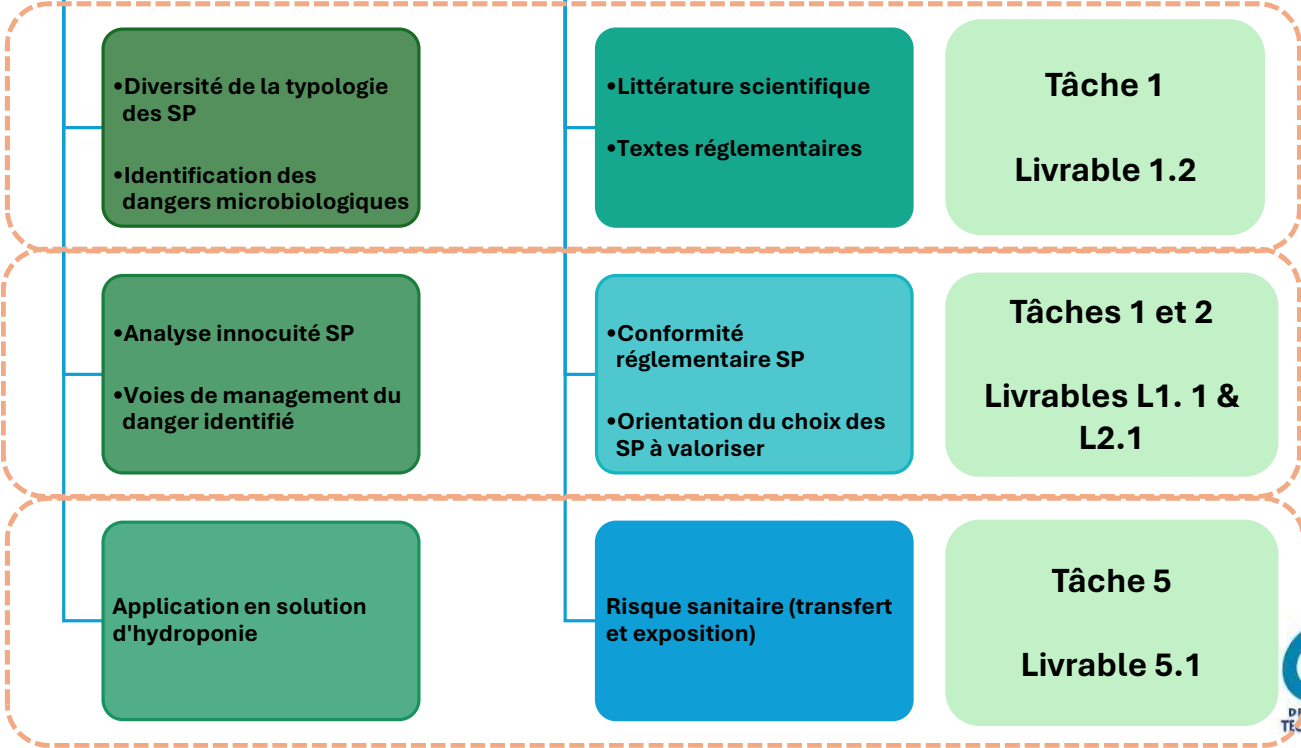


Problématique

Etude d'évaluation du risque sanitaire des (SP) valorisables en culture hydroponie

Constat

Données





Identification dangers: pathogènes humains

Selon les réglementations

Les indicateurs analysés sont considérés

- inducteurs d'hygiène des procédés
- critère de sécurité

Les valeurs seuils autorisées sont différentes

Indicateurs microbiens recherchés et commun aux réglementations

Hygiène des aliments
Eau
Matières fertilisantes

Escherichia coli β -glucuronidase positive
Entérocoques intestinaux
Salmonella sp.



Identification dangers: pathogènes humains

Valeurs seuils des indicateurs
dépendent des exigences de la
réglementation en vigueur

Hygiène des aliments

Eau

Matières fertilisantes

Méthodes d'analyses

Dénombrement

Objectif : déterminer la concentration
mais LQ i dépend de la méthode
utilisée

Recherche : présence /absence par
enrichissement

objectif : détection mais quantification



Indicateurs microbiens/Exigences réglementaires



Produits végétaux crus (fruits et légumes) - Commerce et détail

DESIGNATION	Champ d'application	Plan échantillonnage	Micro-organismes aérobies à 30°C par gramme	Flore lactique par gramme	E. coli par gramme	Staphylocoques coagulase + par gramme	Levures & moisissures par gramme	Salmonella dans 25 g
Végétaux crus (ni râpés, ni émincés) non assaisonnés	GMS Fabrication	n=1, c=0	500 000 (3)	-	10	-	-	Absence
	GMS MeV		50 000 000 (3)	-	100	-	-	Absence
	Rest. Collective		50 000 000 (3)	-	50	100	-	Absence
Légumes râpés ou émincés non assaisonnés	GMS Fabrication		-	100 000 (3)	10	-	-	Absence
	GMS MeV		-	1 000 000 (3)	100	-	-	Absence
	Rest. Collective		-	1 000 000 (3)	50	100	-	Absence
Mélanges de fruits frais et jus de fruits frais non pasteurisés	GMS Fabrication		-	1 000 (3)	10	-	1 000 (3)	Absence
	GMS MeV		-	10 000 (3)	100	-	10 000 (3)	Absence
Mélange de fruits frais	Rest. Rapide		-	10 000 (3)	10	-	50 000	Absence
Jus de fruits à base de concentré reconstitué sur site	Rest. Rapide		-	10 000	10	-	10 000	-

Critère de sécurité du règlement (CE) n°2073/2003

Limites de qualité d'eau destinées à la consommation humaine

Paramètres	Limite	Unité
<i>Escherichia coli</i>	0	/100 ml
Entérocoques	0	/100 ml

(Annexe du 14/5/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1221-2, R. 1221-3, R. 1221-4, R. 1221-5, R. 1221-6 et R. 1221-7 du code de la santé publique)

Règlement UE n°2018/1007 relatif et références ex limite de qualité des eaux brutes des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1221-2, R. 1221-3, R. 1221-4, R. 1221-5, R. 1221-6 et R. 1221-7 du code de la santé publique.

Valeurs seuils autorisées pour les matières fertilisantes

Micro-organismes à tester	Plans d'échantillonnage			Limite
	n	c	m	
<i>Salmonella</i> spp.	5	0	0	Absence dans 25 g ou 25 ml
<i>Escherichia coli</i> ou <i>Enterococcaceae</i>	5	5	0	1 000 dans 1 g ou 1 ml

Règlement UE n°2019/1009

Résultats Innocuité des SP valorisables

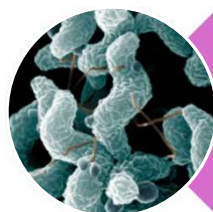


Nom de l'échantillon du substrat	<i>Campylobacter</i> spp. ufc/ml	<i>Escherichia coli</i> β -glucuronidase positive ufc/ml	Entérocoques intestinaux ufc/ml	<i>Salmonella</i> spp. ufc/10ml	<i>Listeria monocytogenes</i> ufc/ml
Mouches soldats noires	<100	440.000	>3.464.359	<10	<100
Biofiltre Douche	<100	<100	39	<10	<100
Douche	<100	<100	130	<10	<100
Biofiltre Urine	<100	<100	<23	<10	<100
Urine	<100	estimé 800	>3.464.359	<10	<100
Graines germées	<100	<100	81.172	<10	<100
Excrements grillons	<100	<400	>3.464.359	<10	<100

Valeurs < 100 ou <10 correspondent aux limites de quantification de la méthodologie

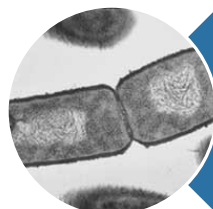
Discussion des résultats

Campylobacter
spp.



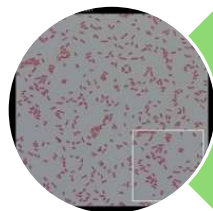
Tolérance réglementation alimentaire : **10^3 UFC/ g**
Deux espèces très infectieuses : **Campylobacter Coli et Campylobacter jejuni**
Résultats espèces potentiellement présentes SP : **$< 10^2$ UFC/ml ou g**

Listeria
monocytogenes



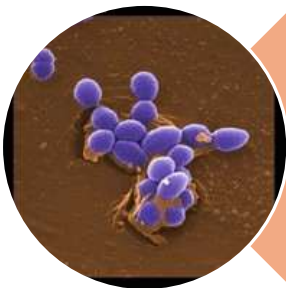
Tolérance réglementation alimentaire : **10^2 UFC/g**
Tolérance réglementaire MF : **Absence**
Résultats d'analyse SP : **$< 10^2$ UFC/ml ou g**

Salmonella
spp.



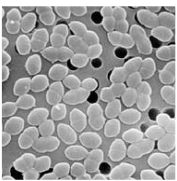
Tolérance réglementation alimentaire et matières fertilisantes : **Absence**
Résultats d'analyse SP : **$< 10^2$ UFC/ml /g**
Méthode d'analyse LQ pas enrichissement

Discussion des résultats



Escherichia coli
ou
Entérocoques

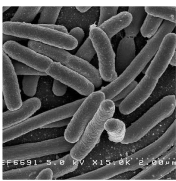
- *Tolérance réglementation eau de consommation : **Absence**
- *Tolérance réglementation Matières fertilisantes : **< 100 UFC/g (légume) ou < 1000 UFC/ g (autres usages)**
- *Tolérance réglementation alimentaire légumes frais : **10 UFC ou 50 UFC ou 100 UFC/ g (selon champ application)**



Escherichia ou
Entérocoques

Impact du biofiltre – SP liquides sur les entérocoques intestinaux

- ❑ *Urine : abattement de 5 Log*
- ❑ *Nécessité de filter les urines*
- ❑ *Eau de douche : concentration initiale faible , pas d'effet biofiltre*



SP solides et eaux de graines germées

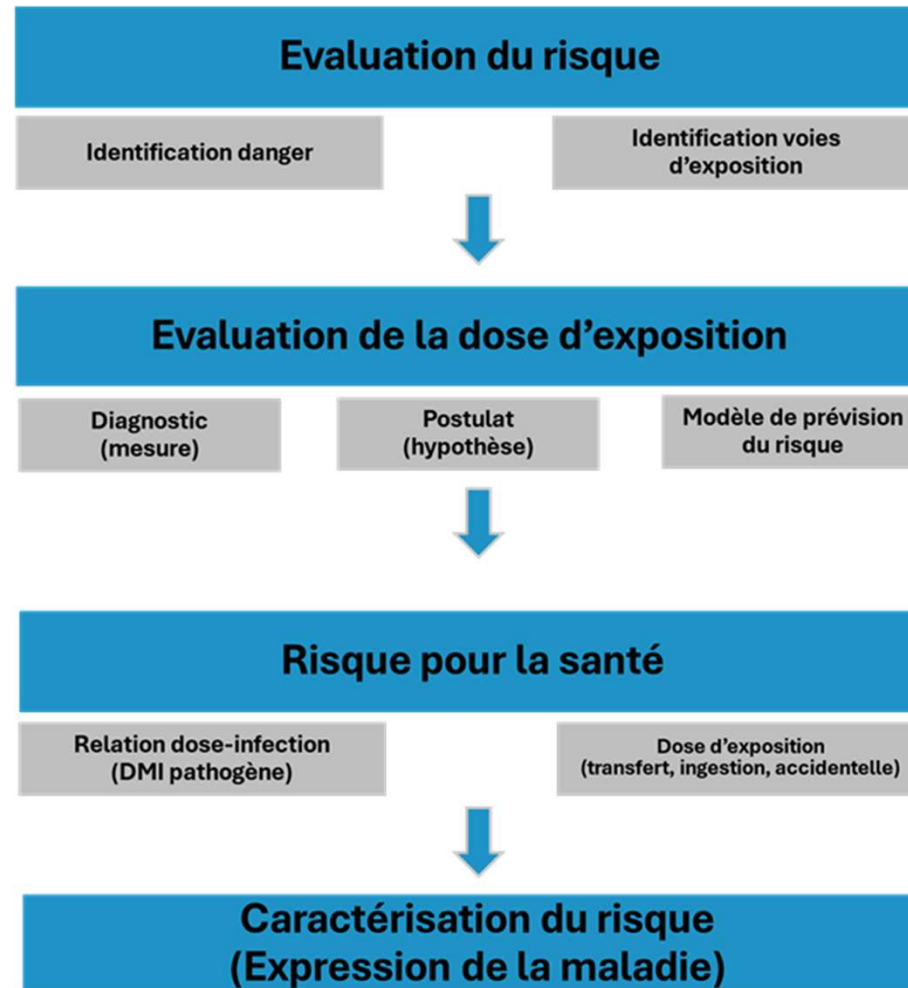
- ❑ *mouches de soldats : Forte concentration > valeurs seuils réglementaires -2 pathogènes*
- ❑ *excréments de grillons : non-conformité pour les entérocoques*
- ❑ *eaux de graines germées : concentration entérocoques > valeurs seuils réglementaires*

Nom de l'échantillon	Escherichia coli β-glucuronidase positive ufc/g	Entérocoques intestinaux ufc/g
Mouches soldats noires	4.10 ⁵	> 3.10 ⁶
Graines germées	< 10 ²	8.10 ⁴
Excréments grillons	< 4.10 ²	> 3.10 ⁶

Nom de l'échantillon	Escherichia coli β-glucuronidase positive ufc/ml	Entérocoques intestinaux ufc/ml
Biofiltre Douche	<100	39
Douche	<100	130
Biofiltre Urine	<100	<23
Urine	estimé 800	> 3.10 ⁶



Stratégie d'évaluation du risque sanitaire



Evaluation du risque microbiologique culture hydroponie

Composition de la solution d'hydroponie	<i>Escherichia coli</i> β -glucuronidase positive		Entérocoques intestinaux (ufc/mL)		<i>Salmonella</i> spp.
	Mise en culture	Fin de culture	Mise en culture	Fin de culture	Mise en culture
Solution d'Hogland	–	 <100	–	<10	–
85% eau de douche +15 % biofiltre urine	 <100	<100	96	<10	–
eau de douche + biofiltre urine + complément minéral (NPKS)	 <100	 <100	578	<10	–
eau de douche + biofiltre urine + complément organique	 <100	 <100	172	<10	–

Evaluation du risque microbiologique culture hydroponie



Stratégies et les règles de décisions identifiées pour le mangement du risque sanitaire pour urines filtrées et les eaux douches

le pH, la conductivité , dilutions (ratio de mélange) SP ont probablement réduit le risque sanitaire

Absence de *Salmonella sp.* dans la culture
Faible concentration en *E.Coli*, inférieur au seuil de détection

Pathogène : Entérocoques intestinaux

INTRANTS BRUTS		Urines	3×10^6 UFC/mL
		Eaux douches	$1,3 \times 10^2$ UFC/mL
APRÈS FILTRATION		Urines après filtration	< 23 UFC/mL
		Eaux douches après filtration	$3,9 \times 10^1$ UFC/mL
MÉLANGE DE CULTURE		Début culture (15% Urine et 85% eaux de douche)	$< LD$
		À la récolte	$< LD$ (LD: Limite de Détection)
SUIVI AVEC ENGRAIS		Engrais minéral	Début culture
			À la récolte
		Engrais organique	Début culture
			Organique à la récolte
			$1,7 \times 10^2$ UFC/mL
			$< LD$



Evaluation du risque



Risque de transfert vers les plantes et
d'exposition pour le consommateur :
ingestion des végétaux crus

type pathogène

concentration

Exposition due à la consommation des parties
aériennes des végétaux crus cultivées
systèmes de culture hydroponie

Exposition : $D = C \times V \times Q$

D D : dose moyenne d'exposition par culture

C C : concentration (UFC/ml) de l'agent pathogène dans
la solution d'hydroponie

V V : volume (ml/g) de la solution d'hydroponie pouvant
être en contact avec la partie consommable de la
plante.

Q Q : quantité (g) d'aliments crus





Evaluation quantitative du risque microbiologique exposition **aux entérocoques intestinaux** et

transfert vers les aliments crus (radis) en solution d'hydroponie

Tableau : Évaluation des Risques Microbiologiques (Entérocoques intestinaux) pour la Culture Hydroponique avec Radis

Solution Culture Hydroponique	Voie d'exposition	 Concentration (C : UFC/mL)	Volume (mL/g) en contact	Dose d'exposition (D) 	 Probabilité d'infection (P) (pour 10g)	 Risque journalier (J*P/DMI)
85% eau de douche + 15% biofiltre urine	Transfert vers la (radis)	 $9,6 \times 10^1$	1	1	$9,6 \times 10^{-3}$	$9,6 \times 10^{-7}$
eau de douche + biofiltre urine + complément minéral	Transfert vers la (radis)	 $5,7 \times 10^2$	1	1	$5,7 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-6}$
eau de douche + biofiltre urine + culture hydroponique avec radis	Transfert vers la (radis)	 $1,7 \times 10^2$	1	1	$1,7 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-6}$

Calculs basés sur : Consommation journalière (J) = 10 g ; Dose minimale infectieuse (DMI) = 10^5 UFC. Formules : $P = (D * J) / DMI$; $Risque = J * P / DMI$.



Stratégies - Gestion Pathogène - Systèmes Hydroponiques



Recherche spatiale n'est pas
seulement destinée à Mars ou
à la Lune



Développement agriculture

plus résiliente, économe
en eau

mieux protéger les
cultures contre les
maladies sur Terre



Stratégies -Gestion Pathogène - Systèmes Hydroponiques

Etudes spatiales permettent de répondre à des questions fondamentales

Comment produire des aliments avec un minimum de ressources ?



Comment recycler l'eau sans accumuler les pathogènes ?



Comment les maladies se propagent dans un système de culture des plantes fermé ?



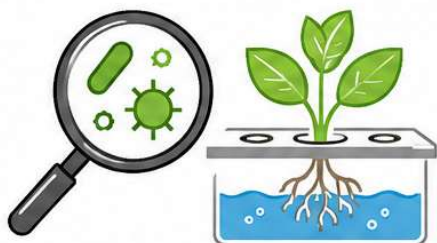
Surveillance sanitaire dans les systèmes hydroponiques



Problématiques étudiées aujourd'hui au niveau des cultures sous serre et bien avancées au Canada

Questions scientifiques :

1



Comment détecter
un pathogène avant
l'apparition des symptômes ?

2



Comment recycler l'eau
sans propager
les maladies ?

3



Quel microbiome protège
le mieux les racines ?

➤ **Collaborations en cours avec des chercheurs canadiens**