

**PROGRAMME D'APPUI AU DÉVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE  
L'AGROALIMENTAIRE EN RÉGION**

**OPTIMISER LA PRODUCTIVITÉ DE LA FRAMBOISE HORS-SOL SOUS ABRIS EN  
AUTOMATISANT L'IRRIGATION À L'AIDE D'OUTILS DE MESURE D'ÉTATS  
HYDRIQUE DU SUBSTRAT**

**Projet No. 6317862**

**ANNÉE(S) 2019-2020**

**RAPPORT FINAL**

Réalisé par :  
Marie-Hélène Goyette, agr. M.Sc.  
Denis Canuel, technicien agricole  
Gabriel Gosselin

Ferme François Gosselin

Février 2021

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région.

**Québec** 

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

## **PERSONNES IMPLIQUÉES DANS LA RÉALISATION DU PROJET**

Marie-Hélène Goyette, agr., M.Sc., Ferme François Gosselin

Denis Canuel, technicien agricole, Ferme François Gosselin

Gabriel Gosselin, Ferme François Gosselin

Philippe-Antoine Taillon, agr., MAPAQ, Direction régionale Capitale-Nationale

Stéphanie Tellier, agr., M.Sc., MAPAQ, Direction régionale Capitale-Nationale

Jenny Leblanc, agr., MAPAQ, Direction régionale Capitale-Nationale

Geneviève Lachance, MAPAQ, étudiante d'été

Gilbert Bilodeau, agr., IQDHO

## **LE RAPPORT PEUT ÊTRE CITÉ COMME SUIT**

**GOYETTE, M.H, CANUEL, D., GOSSELIN, G., TAILLON, P.A, TELLIER, S., 2021,**  
*Optimiser la productivité de la framboise hors-sol sous abris en automatisant l'irrigation à l'aide d'outils de mesure d'états hydriques du substrat, Projet PADAAR, 50 pages.*

## Table des matières

RÉSUMÉ DU PROJET .....	5
OBJECTIFS.....	5
INFRASTRUCTURES DE PRODUCTION .....	6
MÉTHODOLOGIE 2019 .....	7
Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments.....	8
Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité .....	8
Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.....	11
RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS 2019 .....	12
Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments.....	12
Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité .....	12
Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.....	15
MÉTHODOLOGIE 2020 .....	19
Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments.....	19
Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité .....	19
Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.....	22
RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS 2020 .....	23
Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'un pyranomètre .....	23
Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité .....	25
Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.....	30
APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE.....	39
RÉFÉRENCES.....	40
POINT DE CONTACT POUR INFORMATION .....	40
REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS .....	40
REMERCIEMENTS.....	40
ANNEXES .....	41

## Liste des tableaux

Tableau 1. Date de début et fin des récoltes en 2019 .....	7
Tableau 2 : Paramètres physicochimiques suggérés pour une culture hors-sol de framboise sous abri.....	9
Tableau 3 : Données solutions irriguées, solutions lessivées, consommation journalière en eau et CE pour la production hâtive en 2019 .....	12
Tableau 4 : Données solutions irriguées, solutions lessivées, consommation journalière en eau et CE pour la production tardive en 2019.....	13
Tableau 5 : Consommation (mg/m <sup>2</sup> /jour) par semaine d'une culture de framboises cultivées (production hâtive) en hors-sol sous-abri (production hâtive) .....	17
Tableau 6 : Consommation (mg/m <sup>2</sup> /jour) par semaine d'une culture de framboises cultivées (production hâtive) en hors-sol sous-abri (production tardive).....	18
Tableau 7. Date de début et fin des récoltes en 2020. ....	19
Tableau 8 : Programmation du pyranomètre .....	23
Tableau 9 : Exemples de données d'irrigation recueillies quotidiennement (2020).....	26
Tableau 10 : Paramètres obtenus sur l'entreprise pour les deux années .....	27
Tableaux 11 et 12 : Consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) de la culture de framboises hors-sol (production hâtive) 2019-2020 .....	33
Tableaux 13 et 14 : consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) de la culture de framboises hors-sol (production tardive) 2019-2020.....	34
Tableau 15 : Estimation de l'importation en éléments nutritifs de la récolte de framboises .....	38
Tableau 16 : Caractérisation des pertes en éléments nutritifs .....	38

## Liste des figures

Figure 1. Plan des tunnels en 2019 .....	7
Figure 2 : Exemple d'emplacement des dalles de lessivage dans l'abri .....	9
Figure 3 : Relation entre le rayonnement global journalier (Joules/cm <sup>2</sup> ) et la consommation en eau de la culture (ml/m <sup>2</sup> /joules/cm <sup>2</sup> ) pour la production hâtive .....	14
Figure 4 : Relation entre le rayonnement global journalier (Joules/cm <sup>2</sup> ) et la consommation en eau de la culture (ml/m <sup>2</sup> /joules/cm <sup>2</sup> ) pour la production tardive .....	15
Figure 5 : Automatisation de l'irrigation par le pyranomètre .....	24
Figure 6 : Solution nutritive consommée par joule de rayonnement solaire pour 2019 et 2020 (production hâtive) .....	28
Figure 7 : Solution nutritive consommée par joule de rayonnement solaire pour 2019 et 2020 (production tardive) .....	28
Figure 8 : Coefficient cultural pour la framboise en plein champ (Bergeron, 2008) .....	29
Figure 9 : Exemple de rapport d'analyse des éléments de la solution irriguée du laboratoire.....	30
Figure 10 : Exemple de rapport d'analyse des éléments de la solution lessivée du laboratoire.....	31
Figure 11 : Estimation de la consommation en éléments de la culture 2019-2020.....	35
Figure 12 : Évolution de la consommation en azote (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> et NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	36
Figure 13 : Évolution de la consommation en phosphore (P) et en potassium (K) .....	37

## RÉSUMÉ DU PROJET

Le présent projet a eu lieu à la Ferme François Gosselin située à Saint-Laurent-de-l'Île-d'Orléans (46° 51' 27.983" N 71° 3' 47.65"O). L'entreprise est spécialisée dans la culture des fraises depuis plus de 30 ans et s'est plus récemment intéressée à la production de framboises (cultivar TULAMEEN) en culture hors-sol sous abri. Après une saison passée dans la pépinière de la ferme suivit d'un hiver sous bâches à l'extérieur ou en entrepôt réfrigéré, les longues cannes de framboisiers sont repiquées dans des pots de plus grande capacité (10 litres avec un substrat de fibre de coco) pour la production de fruits. Dans le cadre du présent projet, l'expérience a été réalisée sur deux années (2019 et 2020) ainsi que sur deux types de production, c'est à dire une culture hâtive et une culture tardive. Dans le cadre du projet, l'entreprise cherchait à bonifier l'état de ses connaissances en ce qui a trait à la consommation en eau de la culture des framboisiers hors-sol, mais également en ce qui concerne la consommation en éléments nutritifs de cette dernière. Enfin, pour optimiser les besoins en eau des framboisiers en culture hors-sol, le projet a examiné les possibilités pouvant mener à l'automatisation du système d'irrigation via les données recueillies par un pyranomètre.

## OBJECTIFS

Le présent projet visait à répondre à 3 objectifs soit :

- 1) Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments ;
- 2) Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité ;
- 3) Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.

## INFRASTRUCTURES DE PRODUCTION

Les essais se sont déroulés dans des grands tunnels de type Viking de dimension de 7 m x 56 m. Dans ces tunnels 2 rangs de framboisiers en pots de 10L y étaient cultivés. L'espacement entre les deux rangs était de 3 mètres tandis que l'espacement entre les rangs et le côté du tunnel était de 2 mètres (photo 1). Chaque pot contenait 2 longues cannes de framboise TULAMEEN et les pots étaient enlignés sur le rang à une densité de 1,7 plant/m<sup>2</sup> (5,9 plants/mètre linéaire).



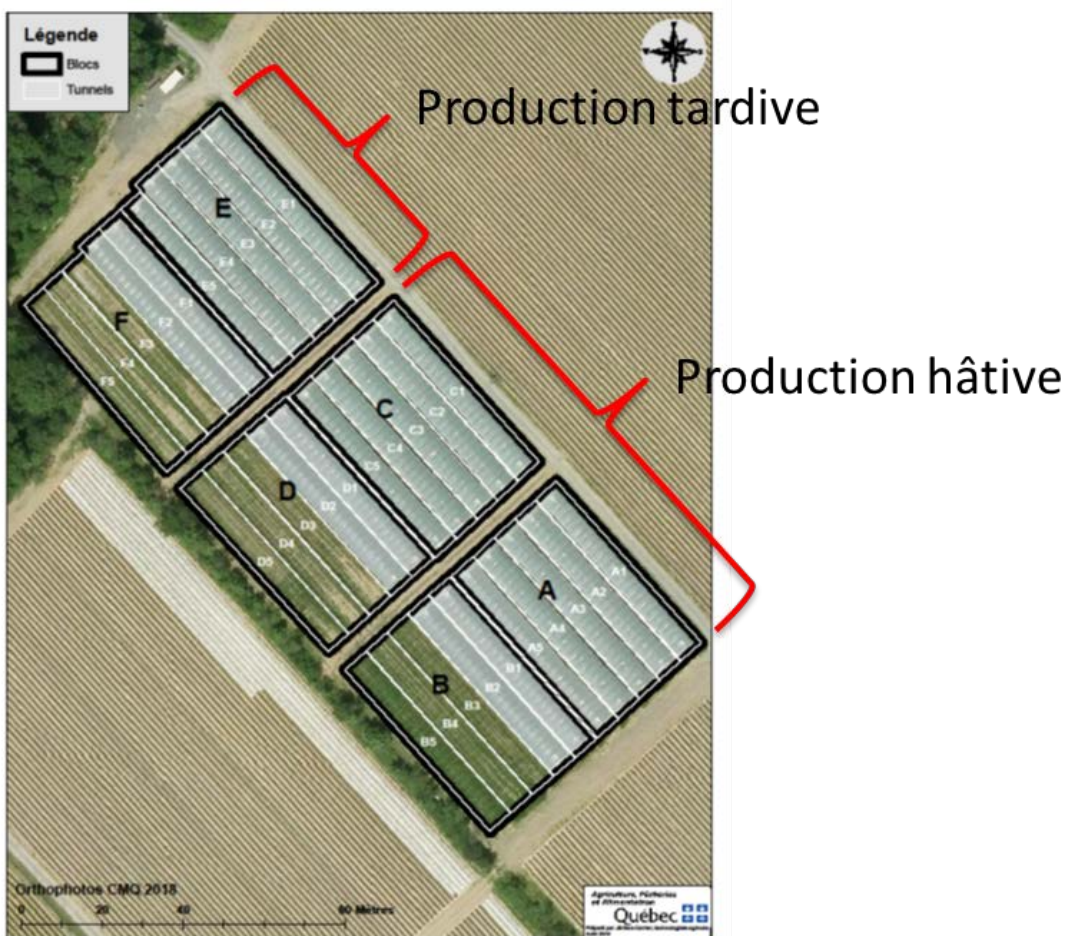
Photo 1 : Grands tunnels de framboisiers TULAMEEN  
Source : Philippe-Antoine Taillon, MAPAQ

Les plants étaient cultivés dans un substrat de fibre de coco provenant de l'entreprise Dutch Plantin BV qui exploite des sites de production en Afrique, en Asie et aux Pays-Bas.

## MÉTHODOLOGIE 2019

Lors de la saison 2019, pour la culture hâtive, les plants ont été implantés dans les pots de 10 L entre le 7 et le 15 mai. Pour la culture tardive, les plants ont été implantés dans les pots de 10 L le 6 et 7 juin, selon le plan présenté à la figure 1.

Figure 1. Plan des tunnels en 2019



Les dates de début et de fin de récolte de la production hâtive et tardive sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Date de début et fin des récoltes en 2019

	Production hâtive (>40 kg/jour)	Production tardive (>40 kg/jour)
Début	23 juillet	14 août
Fin	7 septembre	30 septembre

### **Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments**

L'automatisation de l'irrigation à l'aide d'outils n'a pas pu être réalisée au cours de l'année 1.

### **Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité**

Afin d'évaluer la consommation en eau des framboisiers cultivés en hors-sol et sous abri, deux stations de prises de données ont été installées dans les grands tunnels. Ces stations comprenaient chacune une dalle de lessivage installée sous six pots (deux plants / pot), ainsi qu'un récipient de captage de la solution irriguée pour un pot (2 goutteurs) (photo 2).



Photo 2 : Dalle de lessivage et récipient de captage de la solution irriguée pour un pot  
Source : Philippe-Antoine Taillon, MAPAQ

Les données sur les solutions irriguées et lessivées ont été recueillies de la semaine 20 (semaine du 12 mai 2019) à la semaine 36 (semaine du 1<sup>er</sup> septembre 2019).



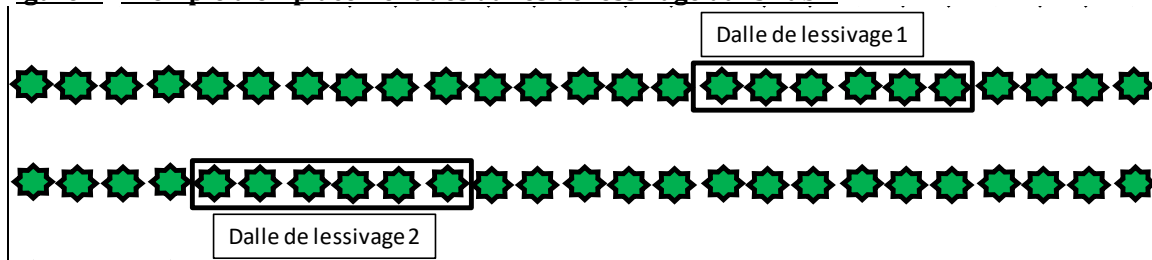
a) Quantité de solution irriguée quotidienne

Les solutions irriguées étaient mesurées chaque matin avant la première irrigation. Pour ce faire, l'eau du récipient de captage avec 2 goutteurs qui avait recueilli l'eau d'irrigation de la journée précédente était mesurée à l'aide d'un cylindre gradué. La conductivité électrique (CE) et le pH de la solution irriguée étaient également mesurés à l'aide d'un combo pH-mètre/CE-mètre de marque HANNA.

b) Quantité de solution lessivée (partie de solution nutritive perdue) quotidienne.

Les solutions lessivées étaient mesurées le matin avant la première irrigation. Pour ce faire, l'eau lessivée de la dalle de lessivage installée sous six pots (deux plants / pot) de la journée précédente était mesurée à l'aide d'un cylindre gradué. La figure 2 montre un exemple d'emplacement de dalles de lessivage dans l'abri.

**Figure 2 : Exemple d'emplacement des dalles de lessivage dans l'abri**



Le pourcentage de drainage était ensuite établi. Nous visions un pourcentage de drainage d'environ 15-30%. Si le pourcentage de drainage était trop faible ou trop élevé ou si la CE était à l'extérieur des valeurs désirées (tableau 2), on réajustait la quantité de solutions irriguée. Ces données étaient évaluées plusieurs fois par jour et selon le climat afin d'ajuster les quantités de solutions irriguées si besoin était.

**Tableau 2 : Paramètres physicochimiques suggérés pour une culture hors-sol de framboise sous abri.**

Paramètre	En période de végétation		En période de floraison & fructification	
	Solution irriguée	Solution lessivée	Solution irriguée	Solution lessivée
pH	5,8	5,8-6,2	5,8	5,8-6,2
C.E.	1,2 (1.6)	1,6 (1.6)	1,2 - 1,4 (1.6)	1,8 (2.8)

Adapté de : Agroscope, 2017

c) Consommation en eau journalière de la culture

La consommation en eau journalière de la culture a été calculée pour tous les jours en soustrayant la solution lessivée de la solution irriguée dans une table de calcul Excel.

d) Valeurs de CE et de pH des solutions irriguées et lessivées quotidiennes (paramètres physicochimiques à respecter; tableau 1).

Chaque jour, lors des prises de données des solutions irriguées et lessivées, la conductivité électrique (en mS/cm) et le pH de chaque solution ont été mesurés à l'aide d'un instrument de mesure combinant la mesure de la CE et du pH (combo pH-mètre/CE-mètre de marque HANNA). Toutes les données ont été consignées dans un fichier pour en faire le suivi et en noter les variations dans le temps et selon le climat quotidien. Ce suivi a permis ainsi d'ajuster la concentration en fertilisant (CE) en cas de besoin. Durant les journées chaudes et ensoleillées, le pourcentage de lessivage a été augmenté et la CE de la solution irriguée a parfois été réduite afin de contrôler la CE au lessivage et a permis de réduire la quantité de fertilisants lessivés.

e) Le rayonnement global journalier (Joules /cm<sup>2</sup>/jour).

Les données de luminosité ont été recueillies grâce à un pyranomètre installé en haut des grands tunnels de la ferme.

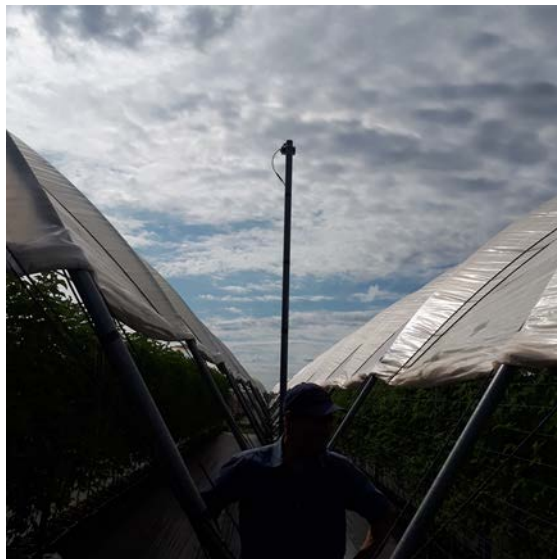


Photo 3 : Pyranomètre installé en haut des grands tunnels  
Source : Philippe-Antoine Taillon, MAPAQ

En 2019, lors du début du projet, les données de luminosité ont été recueillies pendant quelques semaines à partir de la station météo située dans la municipalité de Saint-Laurent, à l'île d'Orléans. Ceci puisque le pyranomètre installé sur la ferme n'était pas encore fonctionnel.

L'objectif était de calculer le ratio de consommation de la culture en fonction du rayonnement global en divisant la consommation de la culture par le rayonnement global journalier. Ce ratio demeure inconnu pour la culture de la framboise, mais se situe en moyenne à 2,0 à 2,5 ml/m<sup>2</sup> pour chaque joule de lumière reçu par cm<sup>2</sup> dans la plupart des cultures tuteurées (Turcotte, G. & coll., 2015).

**Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.**

Des analyses d'eau irriguée et lessivée ont été effectuées en laboratoire toutes les deux semaines (entre les semaines 23 et 37). La CE, le pH et la teneur en éléments nutritifs majeurs et mineurs ont été analysés à chaque fois. Les analyses ont permis de connaître les concentrations en mg/l de tous les éléments nutritifs (majeurs et mineurs). Les quantités d'eau (ml/m<sup>2</sup>) apportées, consommées et lessivées étant connues, il a été possible de déterminer la consommation réelle de la culture durant la saison en soustrayant les quantités (mg/m<sup>2</sup>) de chaque élément nutritif de la solution lessivée à la solution irriguée.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS 2019

### Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments

L'automatisation de l'irrigation à l'aide d'outils n'a pas pu être réalisée au cours de l'année 1.

### Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité

Les éléments des points a à d listés dans la méthodologie décrite précédemment sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

**Tableau 3 : Données solutions irriguées, solutions lessivées, consommation journalière en eau et CE pour la production hâtive en 2019**

Semaine	Rendement	Irrigation						
		Lumière	CE		mL/m <sup>2</sup> /jour			mL/m <sup>2</sup> /Jo
		kg/m <sup>2</sup>	J/cm <sup>2</sup>	Donné	Lessivé	Donné	Lessivé	Consommé
20		2028	0,0	0,0	563		563	0,3
21		1547	0,0	0,0	393	0	393	0,3
22		2451	1,1	0,6	1258	32	1250	0,5
23		2171	1,7	1,0	2019	157	1981	0,9
24		1783	2,1	1,6	2425	542	2291	1,3
25		2151	1,8	1,6	3793	1101	3522	1,6
26		2383	1,8	2,2	4928	1324	4603	1,9
27		2410	1,5	1,8	5289	1356	4956	2,1
28		2568	1,4	1,9	5652	1396	5310	2,1
29	0,01	2307	1,4	1,9	5925	1349	5594	2,4
30	0,10	2482	1,3	2,6	6188	1254	5880	2,4
31	0,59	2138	1,0	2,9	6313	1107	6041	2,8
32	0,45	1989	1,3	2,4	5684	1417	5336	2,7
33	0,52	1958	1,3	2,6	5083	1440	4729	2,4
34	0,34	1753	1,1	2,4	4495	1101	4225	2,4
35	0,18	1901	1,4	2,1	4370	1098	4100	2,2
36	0,05	1487	1,3	2,5	3498	737	3317	2,2

\* Début récolte à la semaine 29

\*\* ml/m<sup>2</sup>/ jour = Quantité fournie à 0,83 pots de 10 l/m<sup>2</sup>

**Tableau 4 : Données solutions irriguées, solutions lessivées, consommation journalière en eau et CE pour la production tardive en 2019**

Semaine	Rendement total	Lumière	Irrigation					
			CE		mL/m <sup>2</sup> /jour			mL/m <sup>2</sup> /Joule
	kg/m <sup>2</sup>	J/cm <sup>2</sup>	Donné	Lessivé	Donné	lessivé	Consommé	Consommé
27		2410	1,5	1,9	4382	761	3745	1,6
28		2568	1,4	1,7	5829	1106	4723	1,8
29		2307	1,4	1,6	6043	1140	4966	2,2
30		2482	1,3	2,1	6132	1288	4843	2,0
31		2138	1,0	1,9	6993	1091	5059	2,4
32	0,00	1989	1,3	1,9	5874	1281	4593	2,3
33	0,10	1958	1,3	2,7	6156	1234	4922	2,5
34	0,52	1753	1,1	3,0	5473	1095	4378	2,5
35	0,42	1901	1,4	2,9	5864	1196	4668	2,5
36	0,46	1487	1,3	2,9	4093	878	3215	2,2
37	0,43	1827	1,5	2,9	3938	912	3156	1,7

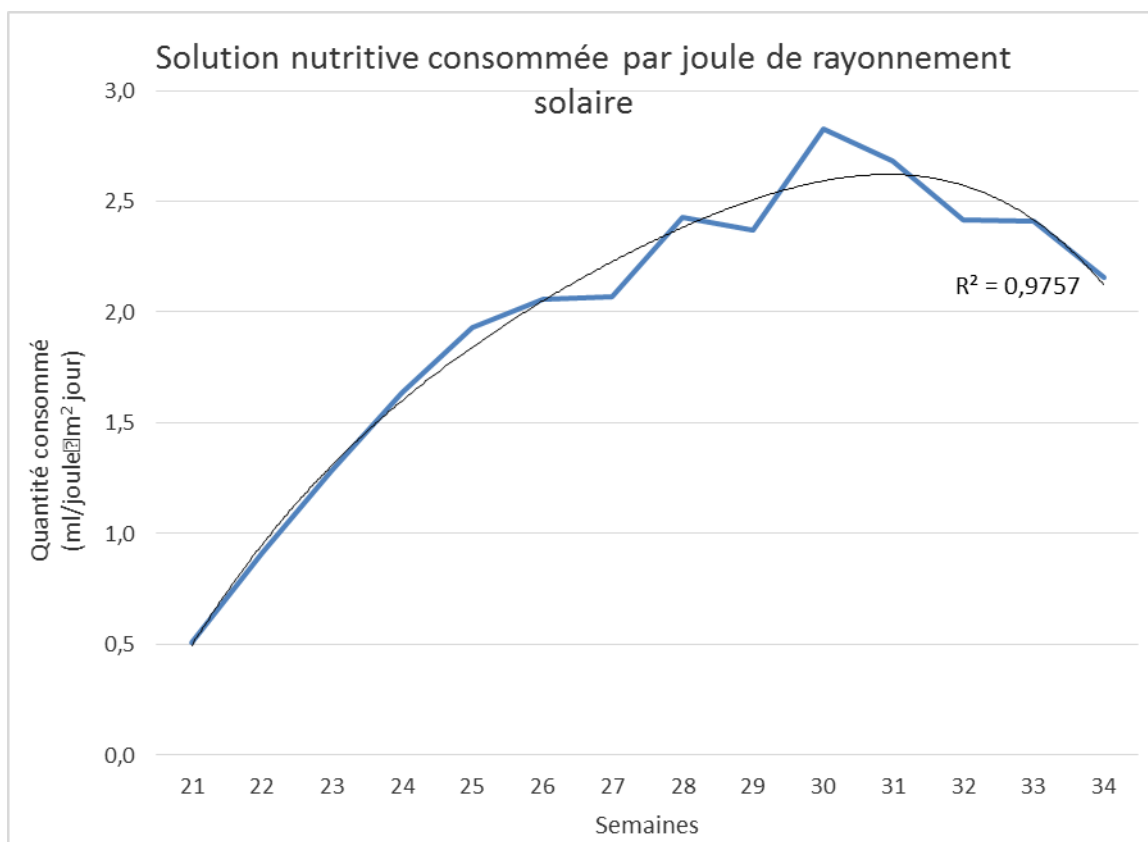
\*Début récolte semaine 32

\*\* ml/m<sup>2</sup>/ jour = Quantité fournie à 0,83 pots de 10 l/ m<sup>2</sup>

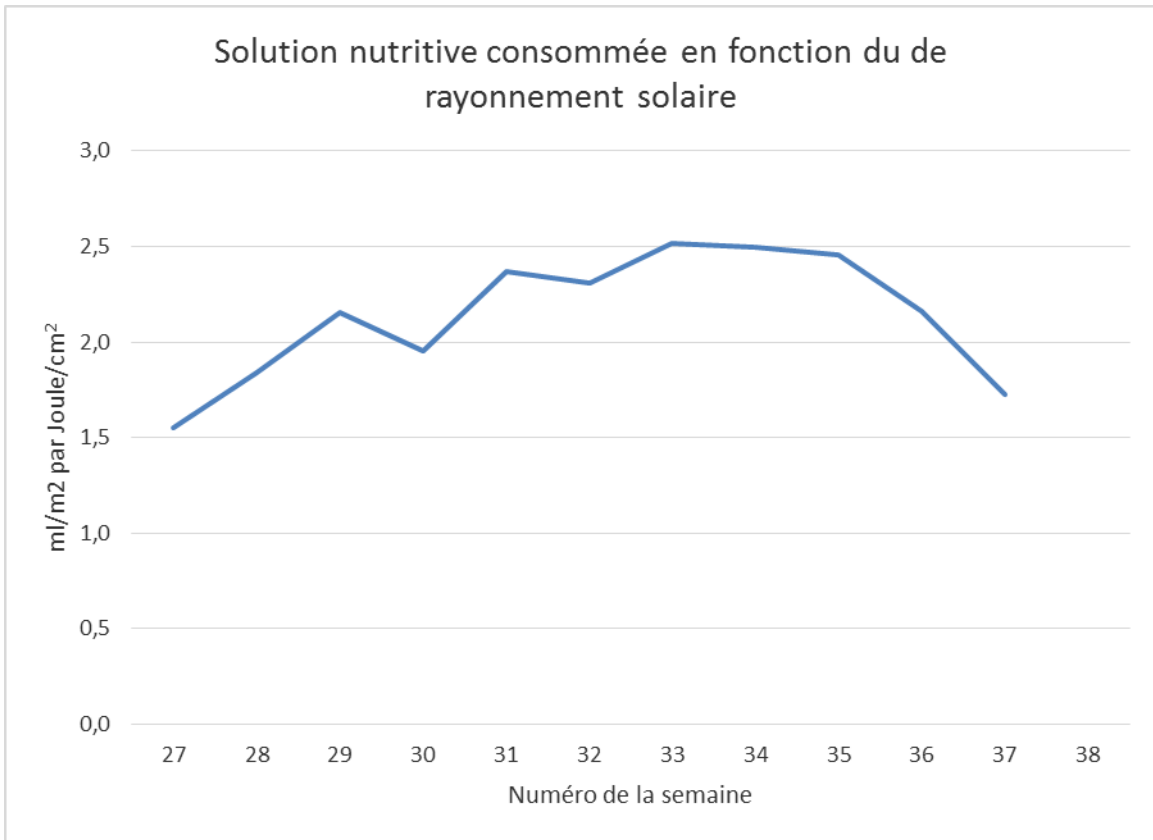
e) Le rayonnement global journalier (Joules /cm<sup>2</sup>).

Tel que présenté aux figures 3 et 4, les données recueillies ont permis de montrer une relation linéaire entre le rayonnement global journalier (Joules/cm<sup>2</sup>/jour) et les besoins en eau de la culture à partir du stade « début récolte » de la culture. La valeur de consommation journalière semble se situer entre 2,0 et 2,5 ml/m<sup>2</sup>/joules/cm<sup>2</sup> (moyenne des valeurs de la semaine 25 à la semaine 34 pour la production hâtive et de la semaine 27 à la semaine 37 pour la production tardive). L'expérience sera à refaire pour l'année 2 en tenant compte cette fois-ci, des données de rayonnement global journalier pris directement sur le site d'expérimentation.

**Figure 3: Relation entre le rayonnement global journalier (Joules/cm<sup>2</sup>) et la consommation en eau de la culture (ml/m<sup>2</sup>/joules/cm<sup>2</sup>) pour la production hâtive**



**Figure 4 : Relation entre le rayonnement global journalier (Joules/cm<sup>2</sup>) et la consommation en eau de la culture (ml/m<sup>2</sup>/joules/cm<sup>2</sup>) pour la production tardive**



**Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière.**

Les analyses de solutions irriguées et lessivées effectuées en laboratoire toutes les deux semaines (entre les semaines 23 et 37) ont permis de déterminer les CE, pH, éléments nutritifs majeurs et mineurs.

Les résultats ont été compilés dans un tableau et ont permis de noter l'évolution de la consommation des différents éléments nutritifs dans le temps et en fonction du stade de croissance de la culture.

Les tableaux 5 et 6 présentent la consommation des divers éléments nutritifs à chaque semaine pour une production hâtive et une production tardive. Tel que présenté dans ces tableaux, les besoins croissent à partir du début de la saison, et ce jusqu'à la mi-saison. On remarque ensuite une décroissance de la demande en éléments nutritifs. Les besoins en azote et en calcium sont en augmentation constante de la semaine 23 à la semaine 27 pour ensuite diminuer. De leur côté, le potassium, le phosphore et le magnésium montrent une augmentation continue de leur consommation de la semaine 23 à la semaine 29 pour ensuite entamer une décroissance. On remarque également un lien entre les diminutions de consommation en éléments fertilisants et le début des récoltes. En effet, les premiers fruits ont été cueillis durant la semaine 28 pour atteindre un plein potentiel de récolte lors de la semaine 29.



**Tableau 5 : Consommation (mg/m<sup>2</sup>/jour) par semaine d'une culture de framboises cultivées (production hâtive) en hors-sol sous-abri (production hâtive)**

**Production hâtive 2019**

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) d'une culture de framboises hors-sol sous tunnel - Plantation hâtive																
Semaine	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j
20	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
21	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
22	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
23	21,71	324,79	4,28	0,00	83,51	266,73	358,48	81,18	263,66	10,40	0,25	1,26	0,31	5,26	0,29	0,17
24	31,59	437,40	-15,02	0,00	107,94	364,81	476,19	97,96	307,63	-32,60	-1,04	1,75	0,37	7,46	0,34	0,24
25	40,88	924,99	16,89	0,00	157,28	471,89	468,64	135,59	343,72	-1,99	0,54	1,97	0,95	8,69	0,42	0,15
26	52,98	1130,30	19,55	0,00	191,16	578,31	538,73	152,44	330,89	-13,45	0,50	2,54	1,15	11,17	0,52	0,19
27	36,38	490,86	169,43	0,00	230,52	504,79	434,96	168,70	436,37	10,58	1,16	2,00	0,80	5,18	1,05	0,41
28	35,79	474,26	165,90	0,00	225,03	488,10	417,45	161,80	409,42	8,90	1,12	1,97	0,78	5,07	1,02	0,40
29	28,17	628,34	3,80	0,00	163,94	526,86	641,42	151,60	440,37	35,76	2,07	3,07	0,87	13,97	0,35	0,39
30	37,95	583,73	9,26	0,00	157,90	436,40	473,23	112,98	502,97	23,68	2,03	3,01	0,87	11,99	0,73	0,11
31	29,09	384,92	6,62	0,00	98,24	261,13	290,67	56,99	285,64	11,79	1,51	2,31	0,64	9,08	0,49	0,08
32	28,00	373,48	12,75	0,00	104,46	398,41	317,09	23,53	257,18	21,53	2,18	2,89	0,46	10,84	0,73	0,22
33	24,42	243,88	10,48	0,00	63,48	273,48	202,09	-13,42	107,91	9,56	1,81	2,53	0,37	9,23	0,55	0,19
34	18,18	246,86	10,26	0,00	60,77	231,44	178,32	13,50	81,65	5,47	1,26	1,99	0,26	7,81	0,12	0,04
35	22,65	382,28	13,92	0,00	110,94	395,00	317,75	51,77	249,96	19,93	1,77	2,47	0,38	9,99	0,28	0,05
sustrat	277,71	-644,84	-77,38	-	-1331,04	-3285,08	-126,65	-1766,87	-5421,48	-676,91	-8,51	0,52	-2,49	-5,42	-1,38	0,00
<b>Total</b>	<b>685,50</b>	<b>6626,07</b>	<b>443,13</b>	<b>0,00</b>	<b>1755,15</b>	<b>5197,36</b>	<b>5115,02</b>	<b>1208,05</b>	<b>4017,36</b>	<b>157,61</b>	<b>16,20</b>	<b>30,29</b>	<b>8,21</b>	<b>115,77</b>	<b>6,88</b>	<b>2,63</b>

\* mg/m<sup>2</sup>/ jour = Quantité fournie à 0,83 pots de 10 l/ m<sup>2</sup>

**Tableau 6 : Consommation (mg/m<sup>2</sup>/jour) par semaine d'une culture de framboises cultivées (production hâtive) en hors-sol sous-abri (production tardive)**

**Production tardive 2019**

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /jour) d'une culture de framboise hors-sol sous tunnel - Production tardive																
Semaine	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j
24	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
25	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
26	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
27	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
28	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
29	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
30	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
31	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
32	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
33	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
34	21,3	223,3	13,1	0,0	75,8	254,1	213,7	9,2	51,9	3,5	1,7	2,5	0,3	8,6	0,2	0,0
35	28,7	466,3	18,8	-101,4	150,3	583,5	399,6	46,9	279,9	18,9	2,3	3,4	0,3	11,6	0,3	0,1
36	19,2	287,9	12,7	0,0	33,4	274,9	225,8	13,4	98,8	10,2	1,1	1,8	0,2	6,3	0,2	0,1
37	20,8	371,0	12,9	-34,8	28,2	366,6	242,8	-2,0	-9,2	6,5	1,1	1,9	-0,1	7,2	0,0	0,1
38	10,8	241,9	9,2	0,0	62,5	-54,2	211,9	31,0	101,3	7,5	0,8	1,9	0,7	7,0	0,4	0,0
39	5,6	112,1	4,1	-37,9	21,2	-55,8	103,1	-0,1	7,3	1,9	0,3	0,9	0,2	3,0	0,0	0,0
40	10,4	203,5	6,6	-19,1	68,1	235,5	189,9	36,3	164,7	13,9	0,8	1,1	0,0	4,2	0,1	0,0
Substrat	277,7	-644,8	-77,4	-	-1331,0	-3285,1	-126,6	-1766,9	-5421,5	-676,9	-8,5	0,5	-2,5	-5,4	-1,4	0,0
<b>Total</b>	<b>69,18</b>	<b>977,47</b>	<b>44,61</b>	<b>0,00</b>	<b>259,49</b>	<b>1112,57</b>	<b>839,14</b>	<b>69,53</b>	<b>430,59</b>	<b>32,52</b>	<b>5,11</b>	<b>7,63</b>	<b>0,76</b>	<b>26,56</b>	<b>0,71</b>	<b>0,24</b>

\* mg/m<sup>2</sup>/ jour = Quantité fournie à 0,83 pots de 10 l/ m<sup>2</sup>

## MÉTHODOLOGIE 2020

Lors de la saison 2020, pour la culture hâtive, les plants ont été implantés dans les pots de 10 L entre le 5 et 8 mai. Pour la culture tardive, les plants ont été implantés dans les pots de 10 L le 5 juin. Les récoltes ont eu lieu aux dates présentées au tableau 7.

**Tableau 7. Date de début et fin des récoltes en 2020.**

	Production hâtive (>40 kg/jour)	Production tardive (>40 kg/jour)
Début	16 juillet	13 août
Fin	31 août	27 septembre

### **Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'instruments**

Au départ, quatre tensiomètres devaient être installés dans les pots de framboisiers sous tunnel, afin de suivre la tension dans le substrat en continu. Toutefois, dû au manque de fiabilité des tensiomètres dans des pots de 10 litres, ces derniers n'ont pas été retenus en ce qui concerne le processus d'automatisation de l'irrigation de la culture de framboises. Néanmoins, l'automatisation de l'irrigation a pu être réalisée à l'aide d'un pyranomètre (capteur qui permet sur une surface donnée de mesurer le rayonnement global ( $W/m^2$ )). Les données de luminosité captées durant toute la journée ont été recueillies de façon automatique grâce au système Simplicollect et ont permis d'ajuster les fréquences d'irrigation selon les conditions lumineuses. À noter qu'un facteur de correction a été établi afin d'ajuster les fréquences d'arrosage aux autres paramètres environnementaux.

### **Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité**

Un dispositif a été mis en place afin d'évaluer la consommation en eau des framboisiers cultivés en hors-sol et sous abri. Ce dernier était constitué d'un pyranomètre permettant de comptabiliser le rayonnement global journalier ainsi que de deux stations de prises de données d'irrigation. Chaque station comprenait une dalle de lessivage installée sous six pots (deux plants/pot) ainsi qu'un récipient de

captage de la solution irriguée contenant 2 goutteurs, soit l'équivalent d'un pot selon le même principe qu'en 2019 (photo 2). Les deux stations ont été disposées de façon à ne pas avoir d'effet de bordure dans l'abri. Les données ont été recueillies quotidiennement entre les semaines 20 et 36 en 2019 et entre les semaines 21 et 35 en 2020.

À partir de ce dispositif, les données suivantes ont été recueillies quotidiennement :

a) Quantité de solution irriguée quotidienne

Tout comme en 2019, les solutions irriguées étaient mesurées chaque matin avant la première irrigation. Pour ce faire, l'eau du récipient de captage avec 2 goutteurs qui avait recueilli l'eau d'irrigation de la journée précédente était mesurée à l'aide d'un cylindre gradué. La CE et le pH de la solution irriguée étaient également mesurés à l'aide d'un combo pH-mètre/CE-mètre de marque HANNA.

b) Quantité de solution lessivée (partie de solution nutritive perdue) quotidienne.

Tout comme en 2019, les solutions lessivées étaient mesurées le matin avant la première irrigation. Pour ce faire, l'eau lessivée de la dalle de lessivage installée sous six pots (deux plants/pot) de la journée précédente était mesurée à l'aide d'un cylindre gradué le matin avant la première irrigation. Le pourcentage de drainage était ensuite établi. On visait un pourcentage de drainage d'environ 15-30% selon les conditions.

c) Consommation en eau journalière de la culture

Tout comme en 2019, la consommation en eau journalière de la culture a été calculée pour tous les jours en soustrayant la solution lessivée de la solution irriguée dans une table de calcul Excel.

d) Valeurs de CE et de pH des solutions irriguées et lessivées quotidiennes (paramètres physicochimiques à respecter; tableau 1).

À chaque jour comme en 2019, lors des prises de données des solutions irriguées et lessivées, la conductivité électrique (en mS/cm) et le pH de chaque solution ont été mesurés à l'aide d'un instrument de mesure combinant la mesure de la CE et du pH

(combo pH-mètre/CE-mètre de marque HANNA). Toutes les données ont été consignées dans un fichier pour en faire le suivi et en noter les variations dans le temps et selon le climat quotidien. Ce suivi a permis ainsi d'ajuster la concentration en fertilisant (CE) en cas de besoin. Durant les journées chaudes et ensoleillées, le pourcentage de lessivage a été augmenté et la CE de la solution irriguée a parfois été réduite afin de contrôler la CE au lessivage et a permis de réduire la quantité de fertilisants lessivés.

e) Le rayonnement global journalier (Joules/cm<sup>2</sup>).

Pour la saison 2020, nous avons calculé le ratio de consommation de la culture en fonction du rayonnement global en divisant la consommation de la culture par le rayonnement global journalier à partir du pyranomètre installé à la ferme.

**Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière**

Le troisième objectif était de déterminer les besoins en éléments nutritifs des framboisiers cultivés en hors-sol et sous-abri. Pour répondre à cet objectif, tout comme en 2019, des analyses de solutions irriguées et de solutions lessivées ont été effectuées en laboratoire à intervalle de deux semaines. Les analyses ont permis de connaître les concentrations en mg/L de tous les éléments nutritifs (majeurs et mineurs). Par la suite, en soustrayant les concentrations de chaque élément nutritif de la solution lessivée à la solution irriguée, il devient possible de déterminer la consommation réelle de la culture durant la saison.

## RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS 2020

### Objectif 1 : Automatiser l'irrigation à l'aide d'un pyranomètre

L'automatisation de l'irrigation à l'aide du pyranomètre a pu être réalisée en fin de saison durant la deuxième année du projet en 2020. Après quelques ajustements concernant les autres facteurs environnementaux, il a été possible d'atteindre des résultats satisfaisants. Le tableau 8 montre un exemple de la programmation des irrigations installée sur le pyranomètre.

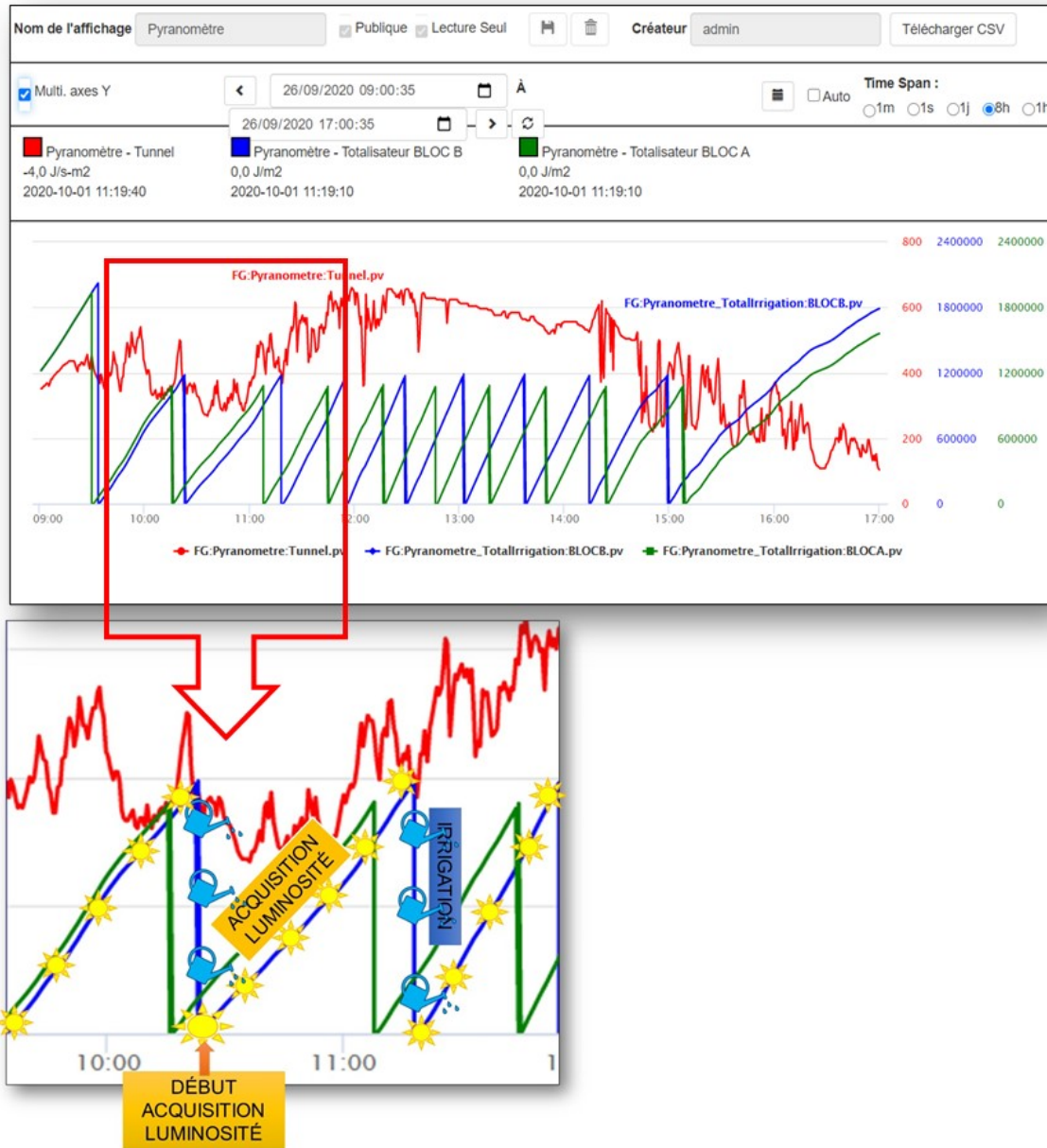
**Tableau 8 : Programmation du pyranomètre**

Lever du soleil (LS) (ex: 5h00)  
Coucher du soleil (CS) (ex: 20h30)

Période 1 (matin)		Période 2 (mi-journée)		Période 3 (après-midi)		Période 4 (soir et nuit)	
Heure de départ	3h00 ApLS (8h00)	Heure de départ	5h30 ApLS (10h30)	Heure de départ	7h00 AvCS (13h30)	Heure de départ	3h30 AvCS (17h00)
Heure d'arrêt	5h30 ApLS (10h30)	Heure d'arrêt	7h00 AvCS (13h30)	Heure d'arrêt	3h30 AvCS (17h00)	Heure d'arrêt	3h00 ApLS (8h00)
Seuil de départ (J/cm <sup>2</sup> )	200	Seuil de départ (J/cm <sup>2</sup> )	150	Seuil de départ (J/cm <sup>2</sup> )	200	Seuil de départ (J/cm <sup>2</sup> )	0
Temps d'irrigation (minutes)	6	Temps d'irrigation (minutes)	6	Temps d'irrigation (minutes)	6	Temps d'irrigation (minutes)	0

Ensuite, la figure 5 montre un exemple d'automatisation de l'irrigation par le pyranomètre lors d'une journée typique ensoleillée. La courbe rouge indique les données de luminosité captées par le pyranomètre de façon instantanée durant la journée (J/s/m<sup>2</sup>). Les courbes bleue et verte montrent les acquisitions de luminosité ainsi que les irrigations générées par le système lorsque la consigne de luminosité est atteinte (200 J/cm<sup>2</sup>). Les irrigations sont régulées par deux valves, la valve A en vert et la valve B en bleu. La puissance du système d'irrigation utilisé à la ferme permet l'irrigation d'un seul bloc à la fois. Les deux valves ne pouvant donc pas irriguer simultanément, un petit décalage a été volontairement provoqué afin de générer une irrigation à la suite de l'autre.

Figure 5 : Automatisation de l'irrigation par le pyranomètre





## **Objectif 2 : Modéliser la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité**

Toutes les données de l'objectif 2, ont été recueillies quotidiennement pendant la saison de culture (entre les semaines 20 et 36 en 2019 et entre les semaines 21 et 35 en 2020). Le tableau 9 suivant montre quelques exemples de données d'irrigation recueillies en 2020 pour les semaines 26 et 27. On y retrouve les quantités de solutions irriguées et lessivées de même que la valeur de CE et pH des solutions. Le pourcentage de drainage est également inscrit de même que la consommation en solution nutritive de la culture. Enfin, la dernière colonne montre le rayonnement global journalier ( $\text{Joules}/\text{cm}^2/\text{jour}$ ). Ce dernier a été établi par la station météo située dans la municipalité de Saint-Laurent-de-l'île-d'Orléans en 2019 et via le pyranomètre de la ferme en 2020. Le récapitulatif des moyennes hebdomadaires de données d'irrigation est présenté en annexe 1. Pour le projet, les données ont été recueillies sur deux emplacements distincts dans les tunnels. En 2020, les prises de mesure ont été réalisées dans les stations C5 et E5.

Tableau 9 : Exemples de données d'irrigation recueillies quotidiennement (2020)

Tunnel C5 et E5			13%									66,2195														
Semaine	Date	Solution irriguée											Solution lessivée									Consommation			RGJ	
		Qté (ml)			Qté (ml/m <sup>2</sup> )	CE (mS)			pH			Qté/dalle (ml)			Qté (ml/m <sup>2</sup> )	CE (mS)			pH			% drainage	Qté (ml)	Qté (ml/m <sup>2</sup> )		Joules/cm <sup>2</sup>
		C5	E5	Moyenne	Moyenne	C5	E5	Moyenne	C5	E5	Moyenne	C5	E5	Moyenne	Moyenne	C5	E5	Moyenne	C5	E5	Moyenne					
	22-juin	1130	1230	1180	2029,1	1,79	1,79	1,79	5,98	5,98	5,98	3240,00	5590,00	4415,00	1265,32	2,04	1,98	2,01	6,62	6,60	6,61	62%	549	944,54	2591,748	
	23-juin	3280	3420	3350	5760,58	2,12	2,12	2,12	5,32	5,32	5,32	2380,00	3920,00	3150,00	902,778	2,61	2,25	2,43	6,26	6,34	6,30	16%	2900	4986,77	2435,184	
	24-juin	1130	1230	1180	2029,1	2,25	2,25	2,25	5,58	5,58	5,58	1500,00	2000,00	1750,00	501,543	2,76	2,39	2,58	6,39	6,38	6,39	25%	930	1599,21	861,336	
	25-juin	3290	3230	3260	5605,82	1,55	1,55	1,55	6,05	6,05	6,05	2480,00	4100,00	3290,00	942,901	3	2,52	2,76	6,33	6,27	6,30	17%	2790	4797,62	1487,304	
	26-juin	3290	3230	3260	5605,82	1,58	1,58	1,58	5,63	5,63	5,63	3460,00	3850,00	3655,00	1047,51	2,39	2,29	2,34	6,57	6,51	6,54	19%	2738	4707,96	1517,472	
	27-juin	2240	2440	2340	4023,81	1,33	1,33	1,33	5,56	5,56	5,56	3920,00	4700,00	4310,00	1235,23	2,1	1,86	1,98	6,89	6,97	6,93	31%	1724	2965,04	1158,8	
	28-juin	1280	1440	1360	2338,62	1,02	1,02	1,02	6,16	6,16	6,16	1970,00	2440,00	2205,00	631,944	1,71	1,46	1,59	6,97	7,07	7,02	27%	1045	1796,96	1543,7	
<b>26</b>	<b>moyenne</b>	<b>2234</b>	<b>2317</b>	<b>2275,7</b>	<b>3913,3</b>	<b>1,663</b>	<b>1,663</b>	<b>1,6629</b>	<b>5,754</b>	<b>5,754</b>	<b>5,7543</b>	<b>2707,14</b>	<b>3800</b>	<b>3253,6</b>	<b>932,5</b>	<b>2,373</b>	<b>2,107</b>	<b>2,24</b>	<b>6,576</b>	<b>6,591</b>	<b>6,5836</b>	<b>0,27996</b>	<b>1810,9</b>	<b>3114,01</b>	<b>1656,506</b>	
	29-juin	2200	2420	2310	3972,22	1,92	1,92	1,92	5,95	5,95	5,95	2410,00	3150,00	2780,00	796,737	1,77	1,52	1,65	6,94	6,87	6,91	20%	1913	3289,30	1951,3	
	30-juin	2080	2320	2200	3783,07	1,77	1,77	1,77	5,94	5,94	5,94	3600,00	3610,00	3605,00	1033,18	2,09	1,87	1,98	6,99	6,96	6,98	27%	1685	2897,49	1642,4	
	01-juil	2930	3240	3085	5304,89	1,65	1,65	1,65	5,66	5,66	5,66	3560,00	4700,00	4130,00	1183,64	2,04	1,9	1,97	7,02	6,92	6,97	22%	2495	4290,34	2939,2	
	02-juil	2970	3210	3090	5313,49	1,56	1,56	1,56	6,10	6,10	6,10	3810,00	4650,00	4230,00	1212,3	2,22	2,12	2,17	6,76	6,81	6,79	23%	2486	4274,38	1880,4	
	03-juil	3050	3480	3265	5614,42	1,63	1,63	1,63	5,98	5,98	5,98	2820,00	3370,00	3095,00	887,015	2,1	1,89	2,00	6,81	6,92	6,87	16%	2823	4854,12	2651	
	04-juil	3540	3960	3750	6448,41	1,77	1,77	1,77	5,86	5,86	5,86	4440,00	4920,00	4680,00	1341,27	1,98	2,2	2,09	6,72	6,69	6,71	21%	3081	5298,75	3080,8	
	05-juil	2620	2880	2750	4728,84	1,71	6,21	3,96	6,21	6,21	6,21	5680,00	5800,00	5740,00	1645,06	2,19	2,18	2,19	6,65	6,64	6,65	35%	1930	3318,78	1297,4	
<b>27</b>	<b>moyenne</b>	<b>2770</b>	<b>3073</b>	<b>2921,4</b>	<b>5023,6</b>	<b>1,716</b>	<b>2,359</b>	<b>2,0371</b>	<b>5,957</b>	<b>5,957</b>	<b>5,9571</b>	<b>3760</b>	<b>4314,3</b>	<b>4037,1</b>	<b>1157</b>	<b>2,056</b>	<b>1,954</b>	<b>2,005</b>	<b>6,841</b>	<b>6,83</b>	<b>6,8357</b>	<b>0,23412</b>	<b>2344,7</b>	<b>4031,88</b>	<b>2206,071</b>	
	06-juil	2800	2990	2895	4978,17	1,7	1,70	1,70	6,03	6,03	6,03	2870,00	3080,00	2975,00	852,623	1,89	2,16	2,03	6,82	6,73	6,78	17%	2470	4247,35	2782,8	
	07-juil	2920	3060	2990	5141,53	1,56	1,56	1,56	6,26	6,26	6,26	4220,00	4780,00	4500,00	1289,68	1,85	1,94	1,90	6,95	6,48	6,72	25%	2347	4036,09	2429	
	08-juil	2340	2670	2505	4307,54	1,49	1,49	1,49	5,87	5,87	5,87	1170,00	2100,00	1635,00	468,585	2,02	1,99	2,01	6,81	6,81	6,81	11%	2271	3905,90	2341,8	

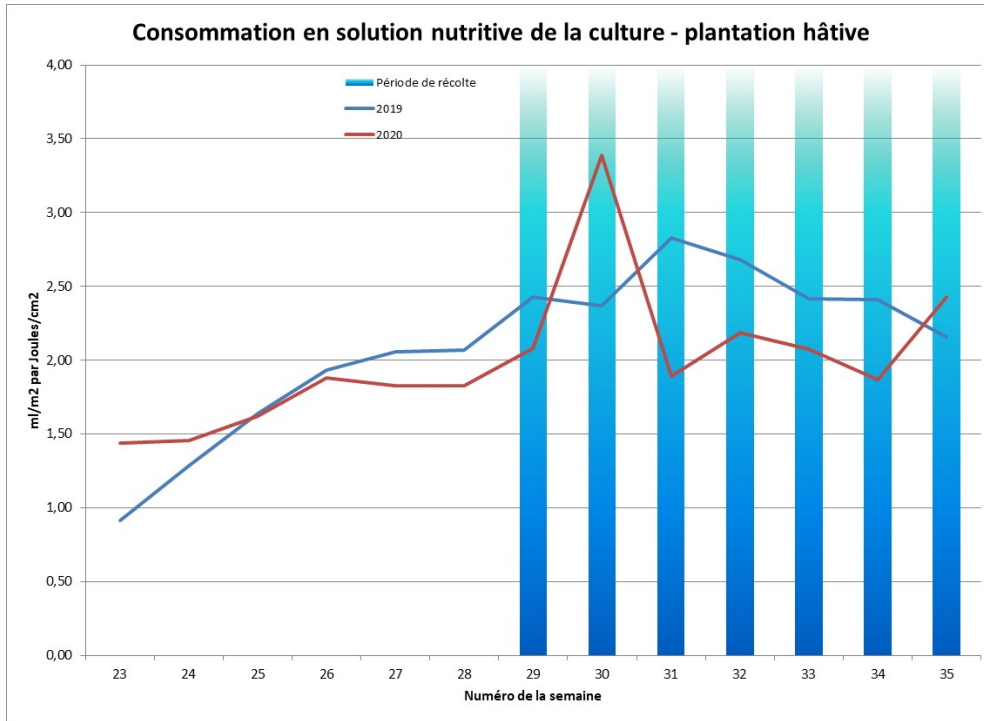
À la suite des deux années du projet, nous avons pu recenser les paramètres réalisés lors de l'essai dans la culture de framboise longue canne sous tunnel sous les conditions du Québec. Ces paramètres sont présentés dans le tableau 10.

**Tableau 10 : Paramètres obtenus sur l'entreprise pour les deux années**

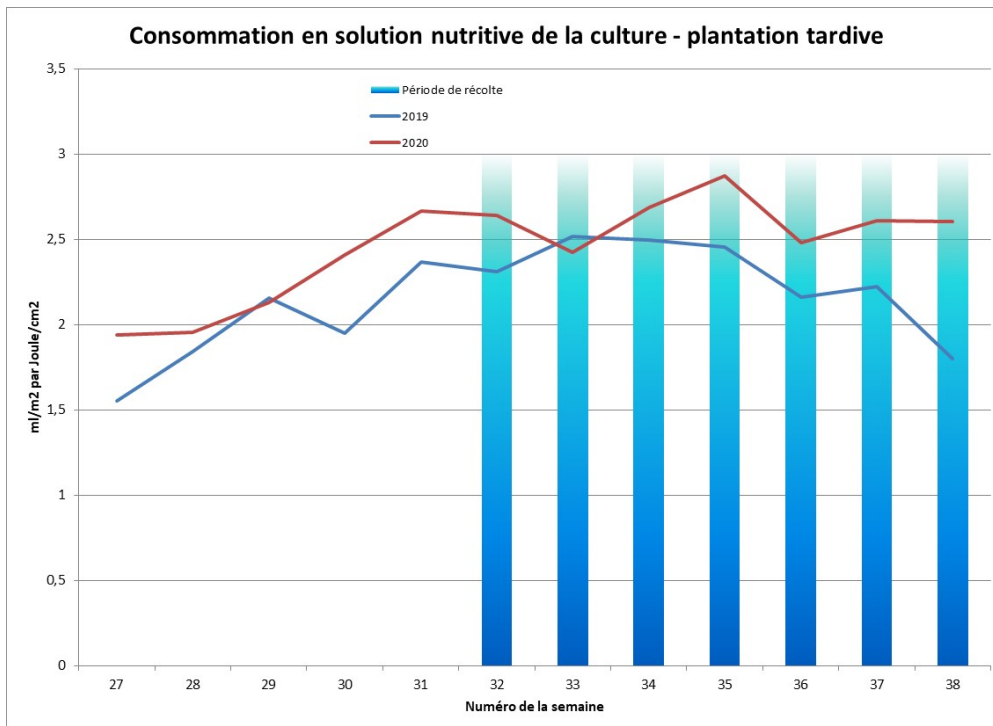
	Solution irriguée			Solution lessivée		
	Min	Max	Moyenne	Min	Max	Moyenne
CE (mS/cm)	1.1	2.1	1.5	1.7	3.1	2.3
pH	5.5	6.4	6.0	5.5	7.2	6.2

Les données ainsi recueillies nous ont également permis de calculer le ratio de consommation de la culture en fonction du rayonnement global en divisant la consommation journalière de la culture par le rayonnement global journalier. Des moyennes de consommation et de rayonnement global ont été effectuées pour chaque semaine de culture et ont permis d'obtenir le ratio moyen de consommation de la culture en fonction du rayonnement global. Les figures 6 et 7 montrent la variation de consommation en eau par joule de rayonnement solaire tout au long des saisons 2019 et 2020 pour les productions hâtives et tardives. De façon générale, un ratio moyen de 2,0 à 2,5 ml/m<sup>2</sup>/jour par J/cm<sup>2</sup> a été établi pour la culture de framboisiers hors-sol tant pour les productions hâtives que tardives.

**Figure 6 : Solution nutritive consommée par joule de rayonnement solaire pour 2019 et 2020 (production hâtive)**

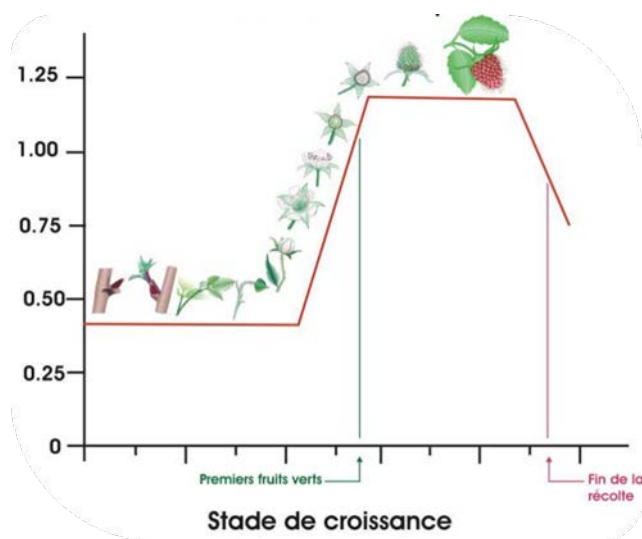


**Figure 7 : Solution nutritive consommée par joule de rayonnement solaire pour 2019 et 2020 (production tardive)**



L'expérience a également démontré une augmentation croissante des besoins en solution nutritive jusqu'à un pic de consommation à près de 3 ml/m<sup>2</sup>/joules/cm<sup>2</sup> lorsque la culture arrive en récolte, ceci en accord avec les coefficients culturaux utilisés pour l'irrigation de la framboise en plein champ (figure 8). La consommation décroît légèrement par la suite. Un graphique similaire est également présenté en annexe 2 avec les données de la pépinière pour l'année 2020.


**Figure 8 : Coefficient cultural pour la framboise en plein champ (Bergeron, 2008)**



### Objectif 3 : Évaluer la consommation en éléments fertilisants d'une culture de framboise hors-sol sous-abri en recueillant des données journalières et en réalisant des analyses de solutions de façon régulière

Des analyses des solutions irriguées et lessivées ont été effectuées en laboratoire toutes les deux semaines. Les CE, pH ainsi que les éléments nutritifs majeurs et mineurs ont été analysés à chaque fois. La figure 9 suivante montre un exemple de résultats provenant du laboratoire pour la solution irriguée alors que la figure 10 indique les résultats de la solution lessivée. Le récapitulatif de l'entièreté des analyses de solutions réalisées en laboratoire est présenté en annexe 3.

Figure 9 : Exemple de rapport d'analyse des éléments de la solution irriguée du laboratoire



Solution nutritive apportée

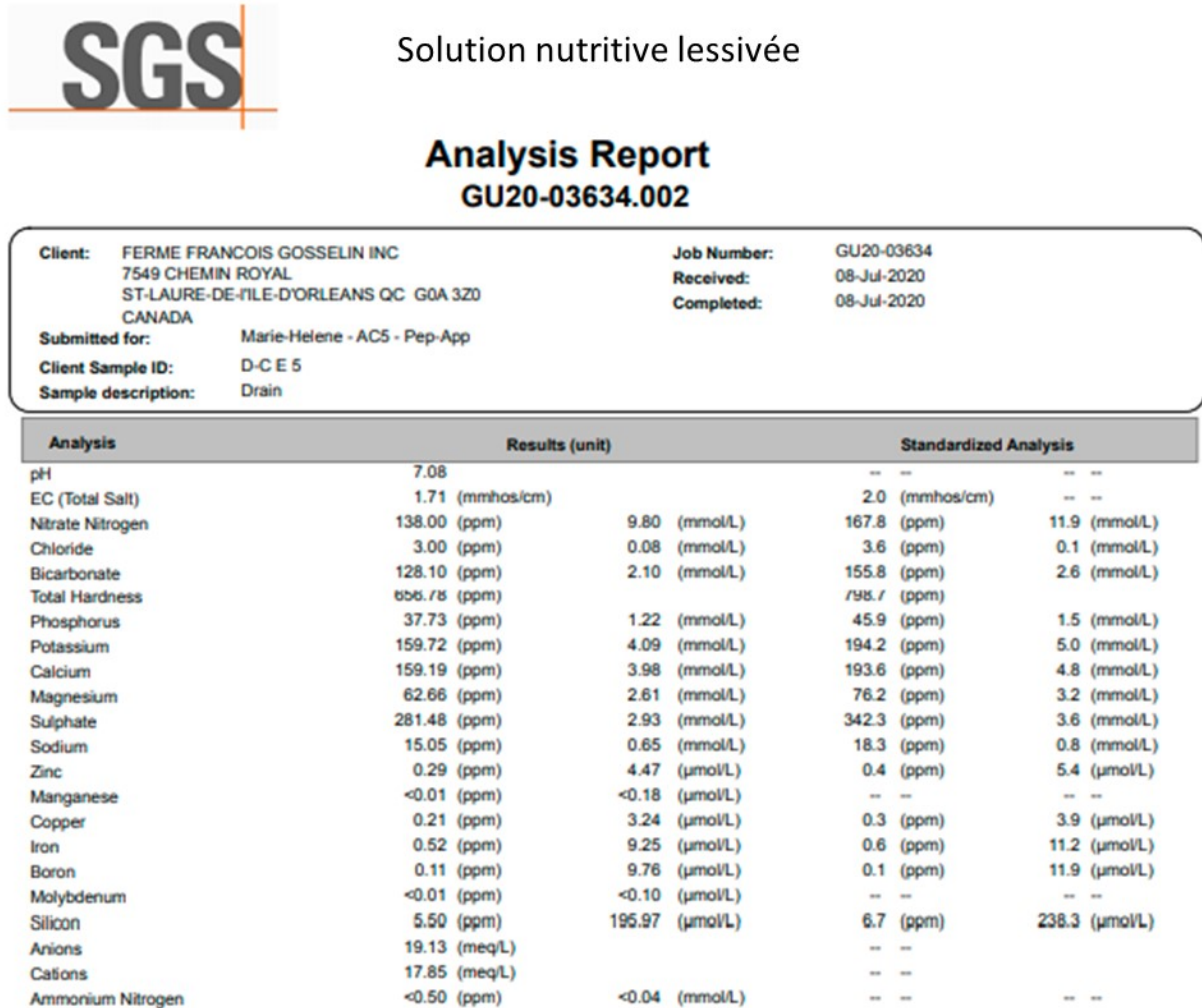
### Analysis Report

#### GU20-03634.001

<b>Client:</b> FERME FRANCOIS GOSSELIN INC 7549 CHEMIN ROYAL ST-LAURE-DE-TILE-D'ORLEANS QC G0A 3Z0 CANADA <b>Submitted for:</b> Marie-Helene - AC5 - Pep-App <b>Client Sample ID:</b> A-C 5 <b>Sample description:</b> Nutritive Solution	<b>Job Number:</b> GU20-03634 <b>Received:</b> 08-Jul-2020 <b>Completed:</b> 08-Jul-2020
---	--

Analysis	Results (unit)		Standardized Analysis	
pH	5.30		-- --	-- --
EC (Total Salt)	1.43 (mmhos/cm)		2.0 (mmhos/cm)	-- --
Nitrate Nitrogen	120.00 (ppm)	8.52 (mmol/L)	171.6 (ppm)	12.2 (mmol/L)
Chloride	4.00 (ppm)	0.11 (mmol/L)	5.7 (ppm)	0.2 (mmol/L)
Bicarbonate	7.02 (ppm)	0.12 (mmol/L)	10.0 (ppm)	0.2 (mmol/L)
Total Hardness	508.59 (ppm)		727.3 (ppm)	
Phosphorus	32.88 (ppm)	1.06 (mmol/L)	47.0 (ppm)	1.5 (mmol/L)
Potassium	112.40 (ppm)	2.88 (mmol/L)	160.7 (ppm)	4.1 (mmol/L)
Calcium	133.59 (ppm)	3.34 (mmol/L)	191.0 (ppm)	4.8 (mmol/L)
Magnesium	41.35 (ppm)	1.72 (mmol/L)	59.1 (ppm)	2.5 (mmol/L)
Sulphate	173.49 (ppm)	1.80 (mmol/L)	248.1 (ppm)	2.6 (mmol/L)
Sodium	7.22 (ppm)	0.31 (mmol/L)	10.3 (ppm)	0.4 (mmol/L)
Zinc	0.37 (ppm)	5.61 (µmol/L)	0.5 (ppm)	8.0 (µmol/L)
Manganese	0.51 (ppm)	9.28 (µmol/L)	0.7 (ppm)	13.3 (µmol/L)
Copper	0.17 (ppm)	2.72 (µmol/L)	0.2 (ppm)	3.9 (µmol/L)
Iron	1.86 (ppm)	33.35 (µmol/L)	2.7 (ppm)	47.7 (µmol/L)
Boron	0.14 (ppm)	12.93 (µmol/L)	0.2 (ppm)	18.5 (µmol/L)
Molybdenum	0.03 (ppm)	0.34 (µmol/L)	0.0 (ppm)	0.5 (µmol/L)
Silicon	<1.00 (ppm)	<35.60 (µmol/L)	-- --	-- --
Anions	13.48 (meq/L)		-- --	
Cations	13.49 (meq/L)		-- --	
Ammonium Nitrogen	3.18 (ppm)	0.23 (mmol/L)	4.5 (ppm)	0.3 (mmol/L)

Figure 10 : Exemple de rapport d'analyse des éléments de la solution lessivée du laboratoire



À partir de ces résultats de laboratoire, les concentrations de tous les éléments (mg/l) pour les solutions irriguées et lessivées ont été multipliées par la consommation en eau (ml/m<sup>2</sup>/j) de la culture. Ce calcul a permis d'obtenir les quantités d'éléments en mg/m<sup>2</sup>/j pour les solutions irriguées et lessivées. Les mêmes analyses et calculs ont été effectués pour la pépinière en 2020 et se retrouvent en annexe 4.

Ensuite, les éléments de la solution lessivée ont été soustraits de la solution irriguée afin d'établir la consommation des différents éléments par les plants. Des ajustements ont pu être réalisés en cours de production. Par exemple, un élément absent de la solution lessivée indiquait nécessairement une consommation complète de ce dernier et éventuellement une carence. La quantité de cet élément était alors revue à la hausse. À l'inverse, une trop grande quantité d'un élément dans la solution lessivée pourrait indiquer un apport trop élevé et donc une perte de fertilisant. Dans ce cas, la quantité de cet élément doit être revue à la baisse.

Les tableaux 11, 12, 13 et 14 suivants indiquent l'estimation de la consommation des différents éléments nutritifs au cours de la saison de culture de même que le bilan approximatif de ces derniers. Les résultats ont ainsi permis de noter l'évolution de la consommation des différents éléments nutritifs dans le temps et en fonction du stade de croissance de la culture. Notons qu'il y a plusieurs données manquantes dans le tableau des éléments consommés pour la production tardive de 2019. En effet, la décision de bonifier le projet avec les données de la production de framboises tardives a été décidée trop tard en saison pour être en mesure d'obtenir tous les résultats nécessaires. Il demeure toutefois que les résultats de la saison 2020 sont complets.

À noter que ce qui est resté dans le substrat à la fin de la culture doit être retiré de la consommation, d'où les valeurs négatives retrouvées dans les tableaux suivants. L'azote, le calcium, le potassium, le phosphore et le magnésium sont les éléments les plus consommés par la culture. On remarque généralement une croissance des besoins en éléments nutritifs du début de la saison, et ce jusqu'à la mi-saison. Après le début des récoltes, la demande en éléments nutritifs décroît.



Tableaux 11 et 12 : Consommation moyenne (mg/m<sup>2</sup>/j) de la culture de framboises hors-sol (production hâtive) 2019-2020

Production hâtive 2019

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) d'une culture de framboises hors-sol sous tunnel - Plantation hâtive																
Semaine	NH <sub>4</sub> mg/m <sup>2</sup> /j	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/m <sup>2</sup> /j	Cl mg/m <sup>2</sup> /j	HCO <sub>3</sub> mg/m <sup>2</sup> /j	P mg/m <sup>2</sup> /j	K mg/m <sup>2</sup> /j	Ca mg/m <sup>2</sup> /j	Mg mg/m <sup>2</sup> /j	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/m <sup>2</sup> /j	Na mg/m <sup>2</sup> /j	Zn mg/m <sup>2</sup> /j	Mn mg/m <sup>2</sup> /j	Cu mg/m <sup>2</sup> /j	Fe mg/m <sup>2</sup> /j	B mg/m <sup>2</sup> /j	Mo mg/m <sup>2</sup> /j
20	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
21	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
22	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
23	21,71	324,79	4,28	0,00	83,51	266,73	358,48	81,18	263,66	10,40	0,25	1,26	0,31	5,26	0,29	0,17
24	31,59	437,40	-15,02	0,00	107,94	364,81	476,19	97,96	307,63	-32,60	-1,04	1,75	0,37	7,46	0,34	0,24
25	40,88	924,99	16,89	0,00	157,28	471,89	468,64	135,59	343,72	-1,99	0,54	1,97	0,95	8,69	0,42	0,15
26	52,98	1130,30	19,55	0,00	191,16	578,31	538,73	152,44	330,89	-13,45	0,50	2,54	1,15	11,17	0,52	0,19
27	36,38	490,86	169,43	0,00	230,52	504,79	434,96	168,70	436,37	10,58	1,16	2,00	0,80	5,18	1,05	0,41
28	35,79	474,26	165,90	0,00	225,03	488,10	417,45	161,80	409,42	8,90	1,12	1,97	0,78	5,07	1,02	0,40
29	28,17	628,34	3,80	0,00	163,94	526,86	641,42	151,60	440,37	35,76	2,07	3,07	0,87	13,97	0,35	0,39
30	37,95	583,73	9,26	0,00	157,90	436,40	473,23	112,98	502,97	23,68	2,03	3,01	0,87	11,99	0,73	0,11
31	29,09	384,92	6,62	0,00	98,24	261,13	290,67	56,99	285,64	11,79	1,51	2,31	0,64	9,08	0,49	0,08
32	28,00	373,48	12,75	0,00	104,46	398,41	317,09	23,53	257,18	21,53	2,18	2,89	0,46	10,84	0,73	0,22
33	24,42	243,88	10,48	0,00	63,48	273,48	202,09	-13,42	107,91	9,56	1,81	2,53	0,37	9,23	0,55	0,19
34	18,18	246,86	10,26	0,00	60,77	231,44	178,32	13,50	81,65	5,47	1,26	1,99	0,26	7,81	0,12	0,04
35	22,65	382,28	13,92	0,00	110,94	395,00	317,75	51,77	249,96	19,93	1,77	2,47	0,38	9,99	0,28	0,05
sustrat	277,71	-644,84	-77,38	-	-1331,04	-3285,08	-126,65	-1766,87	-5421,48	-676,91	-8,51	0,52	-2,49	-5,42	-1,38	0,00
<b>Total</b>	<b>685,50</b>	<b>6626,07</b>	<b>443,13</b>	<b>0,00</b>	<b>1755,15</b>	<b>5197,36</b>	<b>5115,02</b>	<b>1208,05</b>	<b>4017,36</b>	<b>157,61</b>	<b>16,20</b>	<b>30,29</b>	<b>8,21</b>	<b>115,77</b>	<b>6,88</b>	<b>2,63</b>

Production hâtive 2020

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) d'une culture de framboises hors-sol sous tunnel - Plantation hâtive																
Semaine	NH <sub>4</sub> mg/m <sup>2</sup> /j	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/m <sup>2</sup> /j	Cl mg/m <sup>2</sup> /j	HCO <sub>3</sub> mg/m <sup>2</sup> /j	P mg/m <sup>2</sup> /j	K mg/m <sup>2</sup> /j	Ca mg/m <sup>2</sup> /j	Mg mg/m <sup>2</sup> /j	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/m <sup>2</sup> /j	Na mg/m <sup>2</sup> /j	Zn mg/m <sup>2</sup> /j	Mn mg/m <sup>2</sup> /j	Cu mg/m <sup>2</sup> /j	Fe mg/m <sup>2</sup> /j	B mg/m <sup>2</sup> /j	Mo mg/m <sup>2</sup> /j
20	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
21	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
22	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
23	32,39	462,23	10,27	69,99	104,29	349,79	494,80	125,76	395,09	23,01	1,03	1,37	0,38	4,90	0,34	0,07
24	38,06	543,16	12,07	82,24	122,55	411,03	581,42	147,78	464,26	27,04	1,21	1,61	0,44	5,75	0,40	0,08
25	51,25	705,24	9,02	19,53	229,09	729,62	772,96	194,59	651,72	29,22	1,30	2,01	1,68	12,02	1,13	0,16
26	31,39	377,83	4,75	-12,65	126,43	415,08	405,39	93,61	299,54	11,53	0,64	1,25	0,85	7,11	0,66	-0,01
27	22,08	671,57	24,56	-123,55	184,12	587,71	740,08	210,92	859,72	31,25	2,25	3,64	0,93	12,61	0,85	0,20
28	16,27	470,01	17,60	-117,39	128,88	403,47	516,52	143,72	580,57	20,13	1,61	2,69	0,65	9,24	0,61	0,15
29	12,43	380,59	6,62	41,45	138,46	363,20	434,07	108,04	469,93	21,54	1,35	2,51	0,62	10,07	0,75	0,19
30	17,39	618,42	10,56	83,75	218,53	606,61	694,37	189,01	791,57	37,38	2,02	3,43	0,93	14,07	1,11	0,26
31	5,62	89,26	9,49	13,89	52,46	112,94	100,54	8,10	66,33	10,47	0,55	1,33	0,53	4,07	0,50	0,07
32	11,41	331,93	18,92	54,93	153,16	365,97	357,65	82,71	385,97	36,94	1,24	2,48	1,21	8,39	1,09	0,13
33	15,28	315,89	8,31	41,07	147,14	382,63	375,00	112,12	386,91	24,93	1,58	1,66	0,45	9,10	0,63	0,27
34	11,95	221,96	6,24	29,36	104,60	274,56	263,06	76,77	260,12	15,97	1,20	1,29	0,30	6,95	0,47	0,21
35	7,29	172,80	8,11	142,17	57,58	179,91	116,62	49,61	211,13	11,05	0,76	1,81	0,07	4,88	0,45	0,19
sustrat	277,71	-644,84	-77,38	-	-1331,04	-3285,08	-126,65	-1766,87	-5421,48	-676,91	-8,51	0,52	-2,49	-5,42	-1,38	0,00
<b>Total</b>	<b>550,51</b>	<b>5360,89</b>	<b>146,51</b>	<b>578,38</b>	<b>1767,30</b>	<b>5182,53</b>	<b>5852,47</b>	<b>1542,73</b>	<b>5822,87</b>	<b>300,45</b>	<b>16,73</b>	<b>27,59</b>	<b>9,03</b>	<b>109,16</b>	<b>9,00</b>	<b>1,99</b>

Tableaux 13 et 14 : consommation moyenne (mg/m<sup>2</sup>/j) de la culture de framboises hors-sol (production tardive) 2019-2020

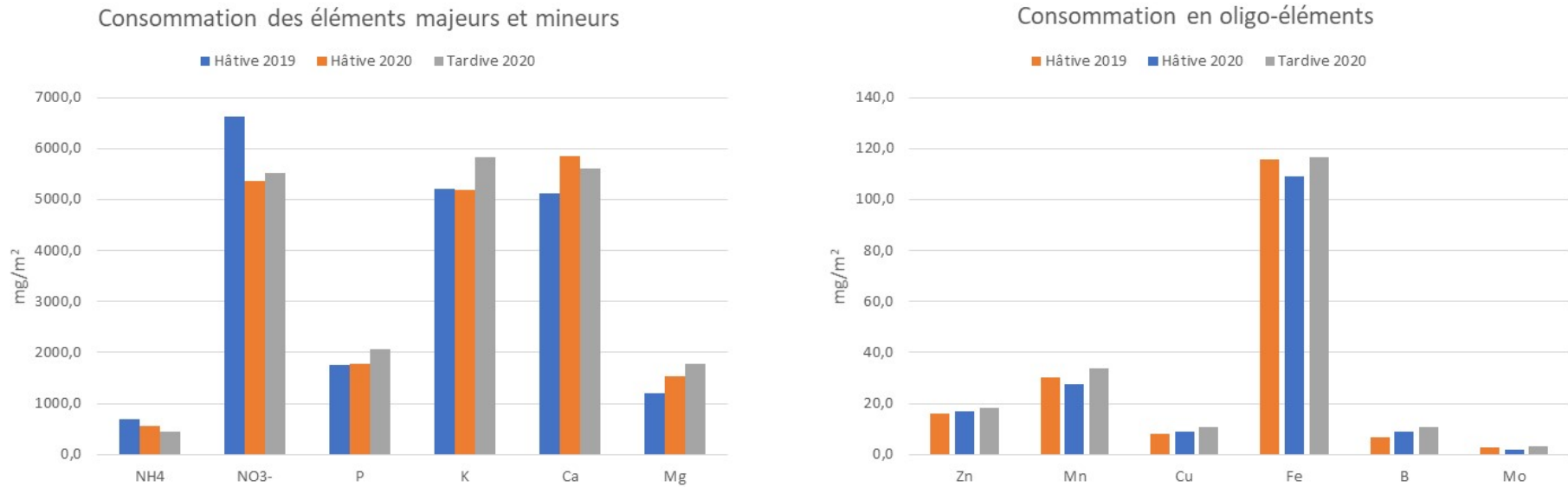
Production tardive 2019

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /jour) d'une culture de framboise hors-sol sous tunnel - Production tardive																
Semaine	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j
24	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
25	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
26	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
27	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
28	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
29	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
30	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
31	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
32	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
33	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
34	21,3	223,3	13,1	0,0	75,8	254,1	213,7	9,2	51,9	3,5	1,7	2,5	0,3	8,6	0,2	0,0
35	28,7	466,3	18,8	-101,4	150,3	583,5	399,6	46,9	279,9	18,9	2,3	3,4	0,3	11,6	0,3	0,1
36	19,2	287,9	12,7	0,0	33,4	274,9	225,8	13,4	98,8	10,2	1,1	1,8	0,2	6,3	0,2	0,1
37	20,8	371,0	12,9	-34,8	28,2	366,6	242,8	-2,0	-9,2	6,5	1,1	1,9	-0,1	7,2	0,0	0,1
38	10,8	241,9	9,2	0,0	62,5	-54,2	211,9	31,0	101,3	7,5	0,8	1,9	0,7	7,0	0,4	0,0
39	5,6	112,1	4,1	-37,9	21,2	-55,8	103,1	-0,1	7,3	1,9	0,3	0,9	0,2	3,0	0,0	0,0
40	10,4	203,5	6,6	-19,1	68,1	235,5	189,9	36,3	164,7	13,9	0,8	1,1	0,0	4,2	0,1	0,0
Substrat	277,7	-644,8	-77,4	-	-1331,0	-3285,1	-126,6	-1766,9	-5421,5	-676,9	-8,5	0,5	-2,5	-5,4	-1,4	0,0
<b>Total</b>	<b>69,18</b>	<b>977,47</b>	<b>44,61</b>	<b>0,00</b>	<b>259,49</b>	<b>1112,57</b>	<b>839,14</b>	<b>69,53</b>	<b>430,59</b>	<b>32,52</b>	<b>5,11</b>	<b>7,63</b>	<b>0,76</b>	<b>26,56</b>	<b>0,71</b>	<b>0,24</b>

Production tardive 2020

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /jour) d'une culture de framboise hors-sol sous tunnel - Production tardive																
Semaine	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j
24	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!
25	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!
26	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!	#REF!
27	17,3	609,9	19,5	17,5	162,6	564,5	685,5	203,8	880,4	32,8	1,8	2,9	0,8	9,5	0,7	0,2
28	15,8	558,1	17,8	15,9	148,8	516,4	627,3	186,4	805,6	29,9	1,7	2,6	0,8	8,7	0,6	0,2
29	13,3	511,2	8,7	75,3	178,3	507,6	570,0	161,2	664,7	31,8	1,6	2,6	0,7	10,8	0,9	0,2
30	13,3	537,8	9,0	83,7	185,8	538,5	596,6	173,3	707,0	34,1	1,6	2,5	0,8	10,7	0,9	0,2
31	8,8	339,9	12,9	-7,7	132,0	337,3	340,7	91,5	367,0	30,3	1,0	1,8	1,0	6,5	0,9	0,1
32	9,6	348,3	13,4	-50,2	130,4	335,9	336,9	84,0	320,4	26,8	1,0	2,0	1,1	7,2	1,0	0,1
33	16,7	538,8	10,4	18,4	237,6	599,6	635,9	197,0	683,4	48,2	2,0	1,9	1,0	11,6	0,9	0,3
34	16,0	506,8	9,8	10,0	223,1	564,0	596,9	183,3	629,5	44,0	1,9	1,8	0,9	11,1	0,9	0,3
35	8,6	340,5	12,8	166,3	107,2	340,5	274,0	104,4	417,8	30,9	1,1	2,3	0,4	7,6	0,6	0,2
36	8,0	255,9	12,1	138,5	74,0	256,8	172,6	64,0	258,4	15,6	0,9	2,4	0,2	6,9	0,5	0,2
37	8,3	223,0	8,3	142,4	151,0	353,6	138,5	72,7	216,5	9,0	0,9	2,5	1,0	6,0	1,1	0,3
38	13,0	375,6	13,3	227,3	251,0	581,3	258,4	131,1	419,1	20,1	1,6	3,9	1,6	9,7	1,8	0,4
39	11,3	284,9	21,5	-54,6	54,3	264,6	288,6	90,5	242,2	15,7	0,9	3,5	0,4	8,1	0,0	0,4
40	2,7	79,4	5,3	-8,8	17,4	76,1	81,4	26,9	80,8	5,7	0,3	0,8	0,1	2,1	0,0	0,1
Substrat	277,7	-644,8	-77,4	-	-1331,0	-3285,1	-126,6	-1766,9	-5421,5	-676,9	-8,5	0,5	-2,5	-5,4	-1,4	0,0
<b>Total</b>	<b>127,39</b>	<b>4547,23</b>	<b>126,40</b>	<b>525,66</b>	<b>1579,63</b>	<b>4560,99</b>	<b>4836,57</b>	<b>1448,76</b>	<b>5734,28</b>	<b>324,46</b>	<b>14,63</b>	<b>22,66</b>	<b>7,70</b>	<b>90,73</b>	<b>7,76</b>	<b>1,99</b>

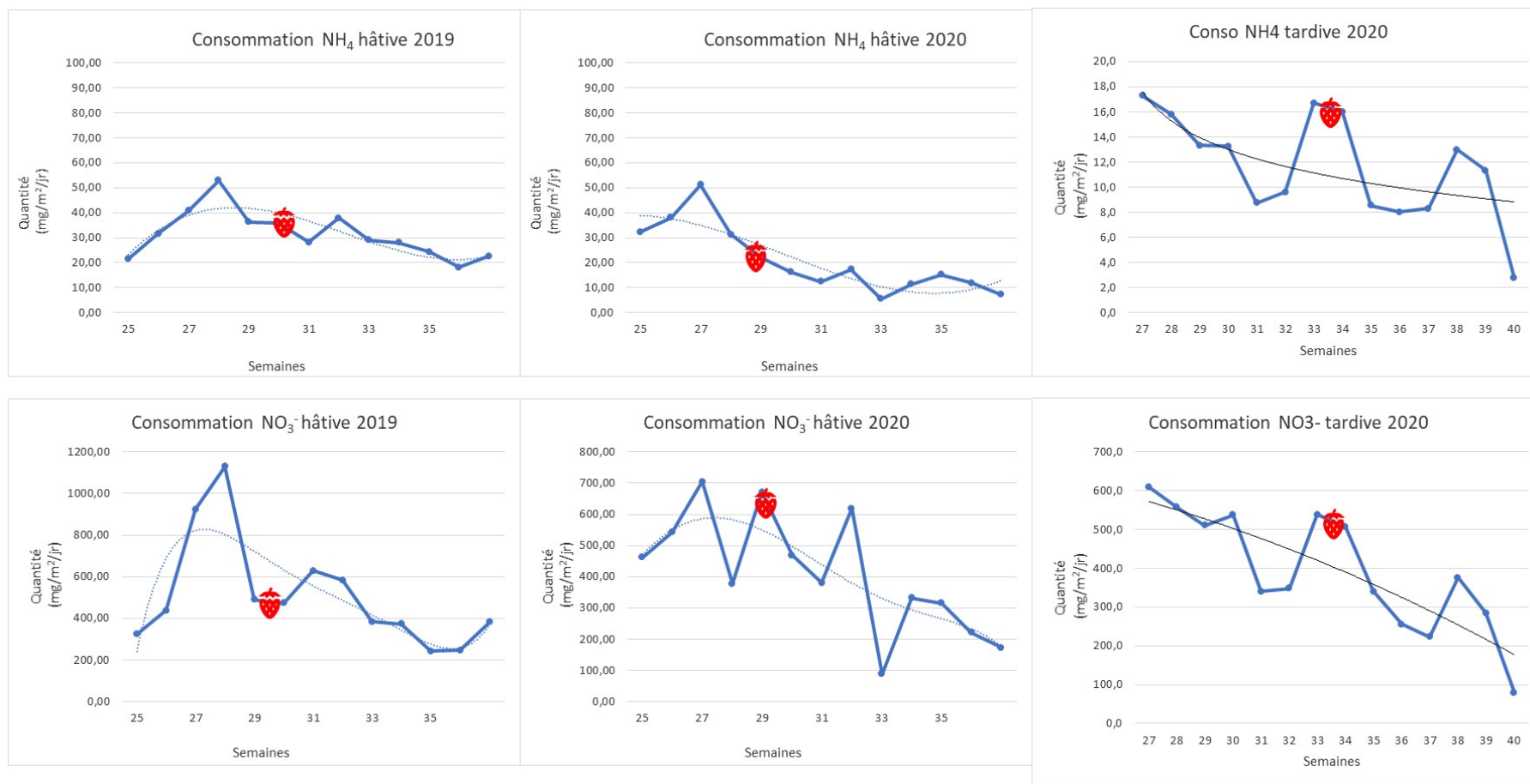
**Figure 11 : Estimation de la consommation en éléments de la culture 2019-2020**



On remarque sur la figure 11 que la plupart éléments sont consommés de manière équivalente tant pour la saison 2019 que pour la saison 2020. Toutefois, les plants semblent avoir été plus gourmands en azote durant la saison 2019 alors que le calcium et le magnésium sont deux éléments ayant été consommés de façon plus importante en 2020.

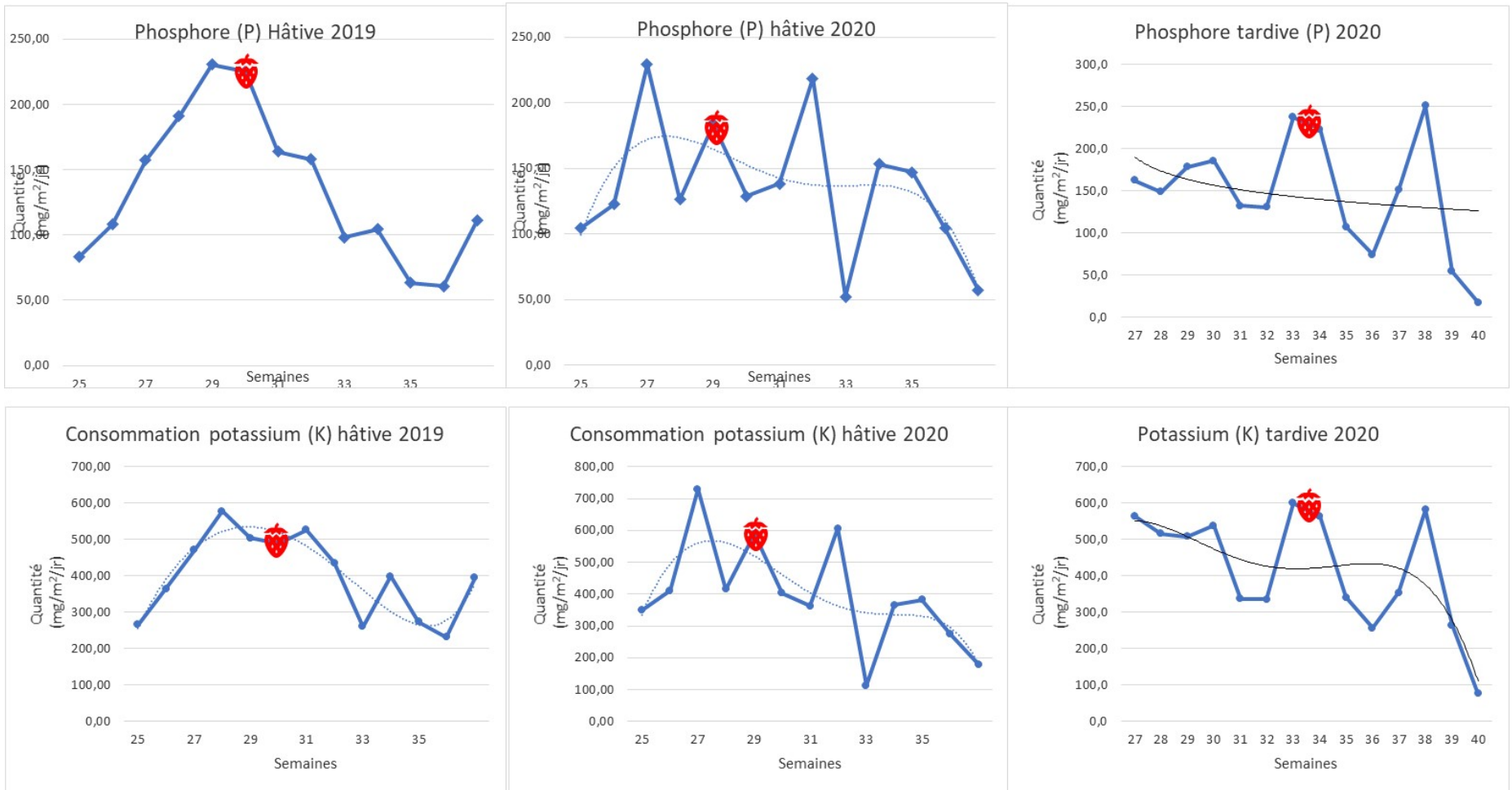
Les figures 12 et 13 qui suivantes montrent la consommation dans le temps des éléments majeurs. Sur les figures, le début de la récolte est indiqué par une fraise rouge.

Figure 12 : Évolution de la consommation en azote (NO<sub>3</sub>- et NH<sub>4</sub>+)



Les besoins en azote sont en augmentation constante jusqu'au début de la récolte (indiquée par une fraise rouge sur les graphiques). Les besoins azotés diminuent graduellement ensuite.

**Figure 13 : Évolution de la consommation en phosphore (P) et en potassium (K)**



De leur côté, le potassium et le phosphore montrent une augmentation de leur consommation continue de la semaine 23 à la semaine 29 pour ensuite entamer une décroissance. On remarque également un lien entre les diminutions de consommation en ces éléments fertilisants et le début des récoltes.

Dans le cadre du projet, nous avons également réalisé des analyses de fruits qui nous ont permis de réaliser une estimation de l'importation en éléments nutritifs de la récolte de framboises tel que présenté dans le tableau 15.

**Tableau 15 : Estimation de l'importation en éléments nutritifs de la récolte de framboises**

		Analyse de nutriments dans les fruits (mg/100 gramme de matière humide)										
	% MS	% MH	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	Fe	B
Analyse moyenne	13%	87%	193,3	38,9	224,7	72,1	40,2	0,4	0,6	0,1	1,3	0,3
% exportée dans la récolte			59%	49%	96%	31%	74%	59%	41%	22%	25%	85%

De plus, avec les données recueillies, il nous a également été possible de caractériser les pertes en éléments nutritifs, tel que présenté dans le tableau 16.

**Tableau 16 : Caractérisation des pertes en éléments nutritifs**

	N total	P	K	Ca	Mg	Éléments mineurs	Total
kg/ha	151	53	155	168	66	1,77	595

## **APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE**

Le projet pourrait apporter des résultats pouvant aider le secteur de la framboise cultivée en hors-sol et sous abri. En effet, il pourrait s'avérer judicieux pour l'industrie de pouvoir automatiser la gestion de l'irrigation grâce à des outils de mesure comme le pyranomètre. Les essais effectués lors de l'année 2 ont confirmé son utilité et son potentiel. Le projet a également modélisé la consommation en eau d'une culture hors-sol de framboise sous abri en fonction de la luminosité. Les résultats sont intéressants et ils pourraient servir à guider les producteurs dans leur prise de décision concernant l'irrigation. Ensuite, l'estimation de la consommation en éléments nutritifs de la culture pourrait permettre d'établir un plan de fertilisation plus précis en ce qui concerne les besoins réels des framboisiers cultivés en hors-sol et sous abri. Différentes formules fertilisantes pourraient être établies dans le temps et en fonction du stade de croissance des plants.

## RÉFÉRENCES

AGROSCOPE, 2017, Guide des petits fruits 2017, Ed. Fruit-Union Suisse

BERGERON, 2008, Réflexion sur l'irrigation de la framboise, Journée d'information sur la framboise, 4 mars 2008.

<https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/Conf%C3%A9rence%20irrigation%20framboise%20st-nicolas%20VERSION%20AGRIRESEAU%202008.pdf>

TURCOTTE, G., LAROUCHE, R., CARRIER, A., LAMBERT, L., 2015, Production de la tomate en serre au Québec, Guide technique, 297 pages.

<https://www.agrireseau.net/documents/95590/production-de-la-tomate-de-serre-au-quebec-guide-technique-de-297-pages>

## POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Ferme François Gosselin  
Gabriel Gosselin  
418-575-1362

## REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Nous aimerions adresser nos sincères remerciements à nos partenaires Dubois Agrinovation et de SimpliCollect tant pour l'aspect matériel que l'expertise apportée lors du déroulement du projet.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Jenny Leblanc, agr. MAPAQ, Direction régionale Capitale-Nationale et Gilbert Bilodeau, agr. IQDHO qui se sont impliqués dans le projet au cours de la première année.



## ANNEXES

### Annexe 1 : Données d'irrigation hebdomadaires

Hâtives 2019

Semaine	Rdt		Lumière		Irrigation											
	Tot	Cal	SmI	EffLu	CE		mL/m 2/j			mL/Jo	CE*L					
	kg/m 2	gr	J/cm2	J/g	Don	Less	Don	Less	Cons	(m 2)	Don	Less	Cons	CEL/kg		
20			2028,33	#REF!			0,00	0,00	563,16	#REF!	563,16	0,28	0,00	#REF!	#REF!	#REF!
21			1546,51	#REF!			0,00	0,00	393,05	0,00	393,05	0,25	0,00	0,00	0,00	#REF!
22			2451,34	#REF!			1,08	0,61	1257,75	31,93	1249,90	0,51	1,36	0,02	1,34	#REF!
23			2170,83	#DIV/0!			1,74	1,05	2019,27	157,22	1980,65	0,91	3,51	0,16	3,34	#REF!
24			1783,36	#DIV/0!			2,13	1,60	2424,60	542,49	2291,34	1,28	5,15	0,87	4,29	#DIV/0!
25			2151,10	#DIV/0!			1,80	1,64	3792,89	1101,35	3522,34	1,64	6,84	1,80	5,04	#DIV/0!
26			2382,64	#DIV/0!			1,80	2,19	4927,82	1323,66	4602,65	1,93	8,88	2,90	5,97	#DIV/0!
27			2409,50	#DIV/0!			1,48	1,85	5288,93	1355,60	4955,92	2,06	7,84	2,50	5,34	#DIV/0!
28			2568,19	#DIV/0!			1,37	1,87	5652,49	1396,13	5309,53	2,07	7,72	2,62	5,10	#DIV/0!
29	0,01		2306,60	394,99	0,00	1,10	1,36	1,88	5925,17	1349,05	5593,77	2,43	8,04	2,53	5,51	880,97
30	0,10		2481,70	24,14	0,04	1,09	1,33	2,58	6188,02	1254,47	5879,85	2,37	8,24	3,24	5,00	52,87
31	0,59		2137,96	4,19	0,26	1,10	1,01	2,89	6313,30	1107,08	6041,34	2,83	6,35	3,20	3,15	8,88
32	0,45		1988,73	5,11	0,20	1,03	1,33	2,41	5684,43	1417,42	5336,23	2,68	7,58	3,41	4,17	10,08
33	0,52		1958,34	4,23	0,23	0,98	1,31	2,65	5082,58	1439,53	4728,95	2,41	6,67	3,81	2,85	7,88
34	0,34		1752,86	6,01	0,15	0,91	1,12	2,38	4495,46	1100,53	4225,12	2,41	5,02	2,62	2,40	10,05
35	0,18		1901,14	10,51	0,08	0,85	1,42	2,05	4370,18	1098,07	4100,44	2,16	6,18	2,25	3,93	17,38
36	0,05		1487,43	34,72	0,02	0,84	1,33	2,47	3498,11	736,96	3317,07	2,23	4,65	1,82	2,83	56,82

Tardives 2019

Semaine	Rendement total	RGJ	EffLu	Irrigation											
				CE				mL/m2/j			mL/Jo	CE*L			
				kg/m 2	J/cm2	J/g	Don	Less	Don	less	Cons	(m 2)	Don	Less	Cons
24		1783,36				#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#REF!
25		2151,10				#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#REF!
26		2382,64				#DIV/0!	#DIV/0!	0	#DIV/0!	0	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#REF!
27		2409,50				1,5	1,9	4382,5	760,9	3745,1	1,55	6,69	1,21	5,48	#DIV/0!
28		2568,19				1,4	1,7	5829,4	1106,3	4723,1	1,84	7,96	1,86	6,10	#DIV/0!
29		2306,60				1,4	1,6	6043,1	1139,8	4965,7	2,15	8,20	1,77	6,43	#DIV/0!
30		2481,70				1,3	2,1	6131,5	1288,5	4843,1	1,95	8,16	2,72	5,44	#DIV/0!
31		2137,96				1,0	1,9	6992,9	1091,0	5058,8	2,37	7,03	3,68	3,35	#DIV/0!
32	0,00	1988,73	820,89	0,00	1,05	1,3	1,9	5873,6	1280,7	4592,9	2,31	7,84	2,43	5,40	1803,6
33	0,10	1958,34	21,19	0,05	1,00	1,3	2,7	6156,1	1233,6	4922,5	2,51	8,07	3,34	4,73	45,5
34	0,52	1752,86	3,88	0,24	0,92	1,1	3,0	5473,2	1095,2	4378,0	2,50	6,11	3,30	2,81	8,6
35	0,42	1901,14	4,48	0,19	0,86	1,4	2,9	5863,8	1195,9	4667,8	2,46	8,30	3,45	4,85	10,2
36	0,46	1487,43	4,04	0,21	0,85	1,3	2,9	4092,6	877,8	3214,8	2,16	5,44	2,54	2,90	8,9
37	0,43	261,00	4,02	0,19	0,78	1,5	2,9	3937,8	911,9	3156,2	12,09	5,90	2,26	3,64	8,2
38	0,26	0,00	4,60	0,12	0,55	1,3	2,6	3549,7	737,0	2812,7	#DIV/0!	4,53	1,89	2,65	14,4
39	0,00	0	#DIV/0!	0,00	#DIV/0!	1,1	2,1	2095,4	599,4	1496,0	#DIV/0!	2,37	1,24	1,14	#DIV/0!
40	0,00	0				1,0	1,5	2837,3	429,9	343,9	#DIV/0!	2,81	3,62	-0,81	#DIV/0!

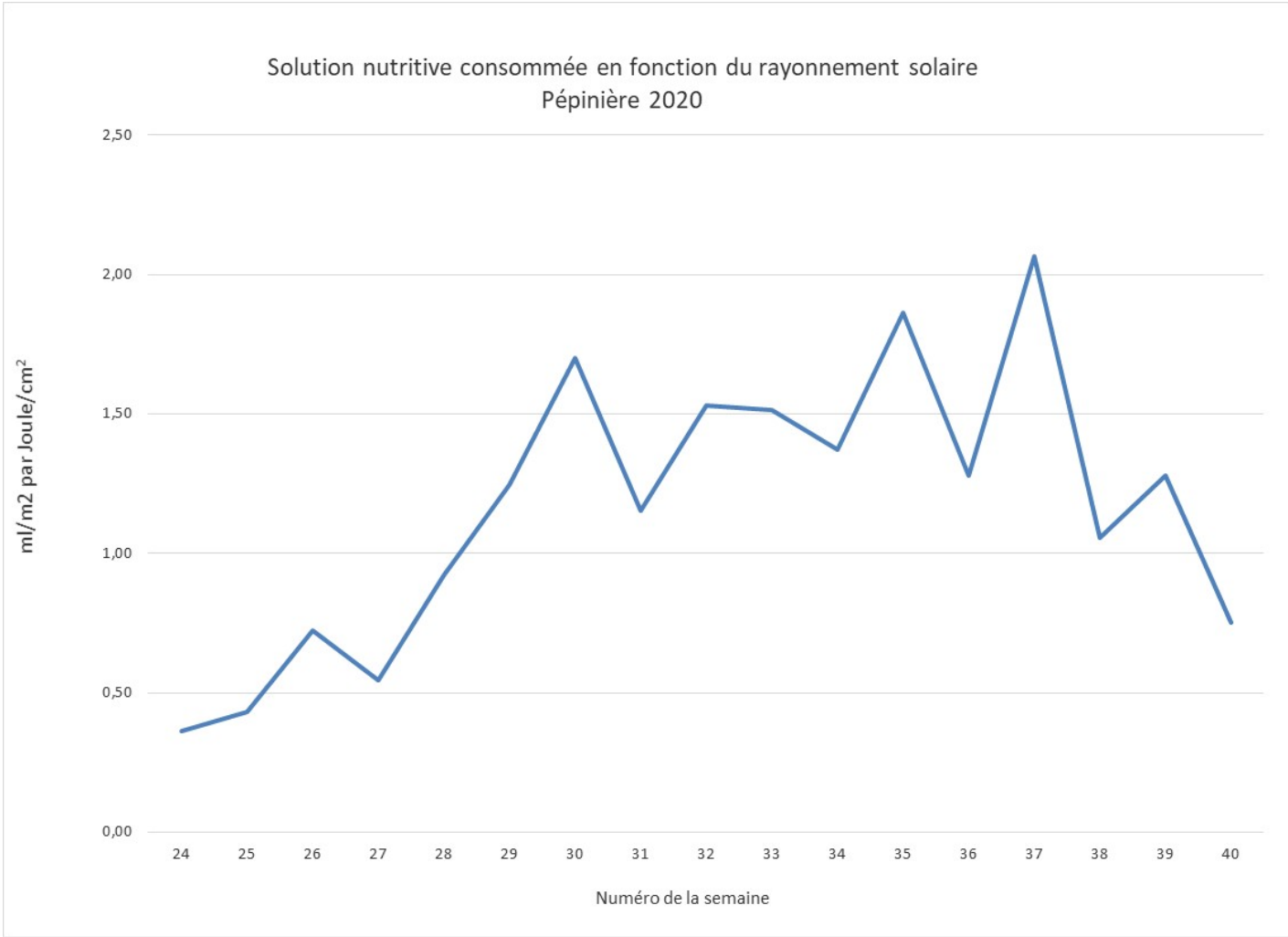
Hâtive 2020

Semaine	Rdt		Lumière		Irrigation											
	Tot	Cal	Sml	EffLu	CE		mL/m2/j			mL/Jo	CE*L					
	kg/m2	gr	J/cm2	J/g	Don	Less	Don	Less	Cons	(m2)	Don	Less	Cons	CEL/kg		
20			#DIV/0!	#REF!			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#REF!
21			#DIV/0!	#REF!			1,34	#DIV/0!	3834,66	28,66	3810,09	#DIV/0!	5,14	#DIV/0!	#DIV/0!	#REF!
22			2235,00	#REF!			1,35	1,68	3520,22	282,87	3170,90	1,42	4,75	0,59	4,16	#REF!
23			2248,71	#DIV/0!			1,58	1,49	3296,43	80,33	3227,57	1,44	5,22	0,10	5,12	#DIV/0!
24			2169,08	#DIV/0!			1,92	1,77	3785,53	726,73	3162,62	1,46	7,28	1,10	6,18	#DIV/0!
25			2888,11	#DIV/0!			1,90	2,24	5521,07	975,04	4685,32	1,62	10,47	1,87	8,60	#DIV/0!
26			1656,51	#DIV/0!			1,66	2,24	3913,27	932,46	3114,01	1,88	6,51	1,79	4,72	#DIV/0!
27			2206,07	#DIV/0!			2,04	2,01	5023,62	1157,03	4031,88	1,83	10,23	1,99	8,25	#DIV/0!
28			2194,76	#DIV/0!			1,58	2,22	4801,30	930,41	4003,81	1,82	7,59	1,77	5,82	#DIV/0!
29	0,06		1951,47	31,70	0,03	0,81	1,55	2,84	4827,10	900,73	4055,04	2,08	7,47	2,19	5,27	98,26
30	0,51		2192,09	4,15	0,20	0,85	1,25	2,85	8120,09	802,06	7432,61	3,39	10,15	1,96	8,19	12,64
31	0,57		1765,86	3,71	0,23	0,85	1,32	2,90	4033,64	806,36	3342,47	1,89	5,33	2,00	3,33	11,29
32	0,41		1863,99	4,80	0,16	0,79	2,10	3,48	4685,85	718,54	4069,96	2,18	9,82	2,14	7,68	13,65
33	0,44		2253,03	4,38	0,18	0,78	1,32	3,18	5453,51	914,04	4670,05	2,07	7,21	2,49	4,71	14,45
34	0,29		1822,90	6,65	0,12	0,79	1,41	3,59	4026,27	718,95	3410,03	1,87	5,66	2,21	3,45	17,76
35	0,15		1413,33	12,81	0,06	0,80	1,31	3,49	3742,95	760,05	3427,36	2,43	4,90	1,10	3,80	34,16
36	0,04		1485,79	42,20	0,02	0,74	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	91,94

Tardive 2020

Semaine	Rendement total	RGJ	EffLu	Irrigation											
				CE				mL/m2/j			mL/Jo	CE*L			
				kg/m 2	J/cm2	J/g	Don	Less	Don	less	Cons	(m 2)	Don	Less	Cons
24		2169,08				1,9	2,4	653	23	639	0,29	1,27	0,03	1,23	#REF!
25		2888,11				1,9	2,6	2294	262	2070	0,72	4,35	0,57	3,78	#REF!
26		1656,51				1,7	3,1	2525	172	2378	1,44	4,20	0,46	3,74	#REF!
27		2206,07				1,7	1,7	4903,3	646,1	4278,6	1,94	8,41	1,08	7,33	#DIV/0!
28		2194,76				1,6	1,8	4878,7	589,6	4289,1	1,95	7,71	1,04	6,67	#DIV/0!
29		1951,47				1,5	1,8	4949,9	655,9	4151,2	2,13	7,66	1,46	6,20	#DIV/0!
30		2192,09				1,3	1,8	5684,4	405,7	5278,7	2,41	7,51	0,74	6,77	#DIV/0!
31		1765,86				1,3	1,7	5222,6	512,6	4710,0	2,67	6,90	0,85	6,05	#DIV/0!
32	0,10	1863,99	19,69	0,04	0,87	1,4	2,1	5598,5	681,7	4916,8	2,64	7,71	1,43	6,28	63,4
33	0,12	2253,03	16,80	0,05	0,86	1,3	2,5	5876,0	417,6	5458,4	2,42	7,76	1,04	6,73	55,1
34	0,46	1822,90	4,27	0,20	0,86	1,4	2,8	5306,1	407,8	4898,3	2,69	7,46	1,14	6,32	13,8
35	0,42	1413,33	4,74	0,18	0,87	1,3	3,0	4630,6	663,9	4061,5	2,87	6,06	1,70	4,36	15,4
36	0,39	1485,79	4,65	0,17	0,81	1,3	2,7	4888,5	1202,9	3685,6	2,48	6,31	3,24	3,07	14,7
37	0,42	1015,41	3,78	0,18	0,69	1,5	2,9	3466,2	818,4	2647,7	2,61	5,07	2,33	2,74	11,0
38	0,22	1498,73	5,87	0,10	0,58	1,6	2,7	5072,8	1170,5	3902,2	2,60	7,88	3,18	4,70	15,2
39	0,14	1502,46	11,46	0,06	0,72	1,3	2,1	5045,7	1613,1	3432,6	2,28	6,75	3,39	3,36	24,5

Annexe 2 : Solution nutritive consommée par joule de rayonnement solaire (pépinière 2020)



## Annexe 3 : Récapitulatif des analyses de laboratoire

### Solution irriguée 2019

Solution nutritive	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo	K/Ca	K/Ca+Mg	NO3/NH4	
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
20																					
21																					
22																					
23	1,69	10,5	161,6	4,77		42,13	132	179,2	41,84	137,22	11,1	0,3	0,62	0,16	2,57	0,15	0,08	0,7	0,6	0,9	
24	1,69	10,5	161,6	4,77		42,13	132	179,2	41,84	137,22	11,1	0,3	0,62	0,16	2,57	0,15	0,08	0,7	0,6	0,9	
25	1,85	11,1	310,0	6,6		53,59	156,70	186,3	56,86	192,0	8,82	0,31	0,54	0,3	2,44	0,1	0,04	0,8	0,6	1,0	
26	1,85	11,1	310,0	6,6		53,59	156,70	186,3	56,86	192,0	8,82	0,31	0,54	0,3	2,44	0,1	0,04	0,8	0,6	1,0	
27	1,9	9,0	155,6	44,9		63,9	158,5	149,0	58,2	186,8	8,6	0,3	0,5	0,2	1,4	0,3	0,1	1,1	0,8	0,9	
28	1,9	9,0	155,6	44,9		63,9	158,5	149,0	58,2	186,8	8,6	0,3	0,5	0,2	1,4	0,3	0,1	1,1	0,8	0,9	
29	1,0	3,7	107,4	1,5		32,3	103,9	113,3	34,7	119,3	9,0	0,3	0,4	0,1	1,8	0,1	0,1	0,9	0,7	1,0	
30	1,4	6,7	152,0	2,0		45,8	134,7	140,2	43,3	167,4	9,2	0,4	0,5	0,2	2,2	0,2	0,0	1,0	0,7	1,0	
31	1,4	6,7	152,0	2,0		45,8	134,7	140,2	43,3	167,4	9,2	0,4	0,5	0,2	2,2	0,2	0,0	1,0	0,7	1,0	
32	1,0	3,6	92,0	2,0		28,2	91,1	80,7	21,1	95,2	7,7	0,3	0,4	0,1	1,5	0,1	0,0	1,1	0,9	1,0	
33	1,0	3,6	92,0	2,0		28,2	91,1	80,7	21,1	95,2	7,7	0,3	0,4	0,1	1,5	0,1	0,0	1,1	0,9	1,0	
34	1,1	4,1	100,0	3,0		34,5	115,2	96,6	23,6	105,5	8,9	0,4	0,5	0,1	1,9	0,1	0,0	1,2	1,0	1,0	
35	1,1	4,1	100,0	3,0		34,5	115,2	96,6	23,6	105,5	8,9	0,4	0,5	0,1	1,9	0,1	0,0	1,2	1,0	1,0	
36	1,1	4,1	104,0	3,0		24,0	106,1	95,6	20,3	92,3	8,3	0,3	0,4	0,1	1,8	0,1	0,0	1,1	0,9	1,0	
37	1,1	4,1	104,0	3,0		24,0	106,1	95,6	20,3	92,3	8,3	0,3	0,4	0,1	1,8	0,1	0,0	1,1	0,9	1,0	
38	1,2	2,9	105,0	3,0		29,7	29,7	105,5	23,2	105,1	9,6	0,4	0,5	0,3	2,2	0,1	0,0	0,3	0,2	1,0	
39	1,2	2,9	105,0	3,0		29,7	29,7	105,5	23,2	105,1	9,6	0,4	0,5	0,3	2,2	0,1	0,0	0,3	0,2	1,0	
40	1,1	4,1	100,0	3,0		34,5	115,2	96,6	23,6	105,5	8,9	0,4	0,5	0,1	1,9	0,1	0,0	1,2	1,0	1,0	

### Solution lessivée hâtive 2019

Solution lessivée pour C5 et E5	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo	K/Ca	K/Ca+Mg	3/(NO3+N)	
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
20																					
21																					
22																					
23	0,50	0,25	32,00	17,07		11,86	21,79	40,59	17,11	63,99	38,36	1,13	0,08	0,07	0,22	0,07	0,00	0,54	0,38	0,99	
24	0,50	0,25	32,00	17,07		11,86	21,79	40,59	17,11	63,99	38,36	1,13	0,08	0,07	0,22	0,07	0,00	0,54	0,38	0,99	
25	1,74	0,17	214,00	7,23		39,53	104,00	212,80	72,13	353,70	33,41	0,59	0,03	0,26	0,32	0,09	0,00	0,49	0,37	1,00	
26	1,74	0,17	214,00	7,23		39,53	104,00	212,80	72,13	353,70	33,41	0,59	0,03	0,26	0,32	0,09	0,00	0,49	0,37	1,00	
27	2,04	0,28	118,00	11,53		24,80	116,30	141,60	56,32	266,37	20,08	0,19	0,00	0,08	0,37	0,08	0,00	0,82	0,59	1,00	
28	2,04	0,28	118,00	11,53		24,80	116,30	141,60	56,32	266,37	20,08	0,19	0,00	0,08	0,37	0,08	0,00	0,82	0,59	1,00	
29	1,62	0,49	139,80	5,09		58,12	187,10	161,20	78,03	320,10	22,33	0,19	0,00	0,10	0,29	0,08	0,00	1,16	0,78	1,00	
30	2,76	0,59	254,00	2,00		91,71	294,09	289,56	117,66	398,90	25,25	0,20	0,01	0,10	0,61	0,27	0,01	1,02	0,72	1,00	
31	2,76	0,59	254,00	2,00		91,71	294,09	289,56	117,66	398,90	25,25	0,20	0,01	0,10	0,61	0,27	0,01	1,02	0,72	1,00	
32	2,24	0,50	232,00	2,00		77,90	210,86	210,62	93,79	324,90	25,75	0,28	0,02	0,11	0,82	0,25	0,01	1,00	0,69	1,00	
33	2,24	0,50	232,00	2,00		77,90	210,86	210,62	93,79	324,90	25,75	0,28	0,02	0,11	0,82	0,25	0,01	1,00	0,69	1,00	
34	2,29	0,63	183,00	3,00		84,39	257,10	229,43	82,13	349,18	30,85	0,49	0,06	0,13	0,87	0,29	0,01	1,12	0,83	1,00	
35	2,29	0,63	183,00	3,00		84,39	257,10	229,43	82,13	349,18	30,85	0,49	0,06	0,13	0,87	0,29	0,01	1,12	0,83	1,00	
36	2,13	0,49	180,00	4,00		60,44	222,76	189,33	62,71	299,53	25,07	0,43	0,04	0,13	0,83	0,16	0,03	1,18	0,88	1,00	

## Solution lessivée tardive 2019

Solution lessivée selon analyse pour A5	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
Semaine	mS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
27																	
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33																	
34	2,76	1,41	278,00	3,00		96,87	322,98	270,40	101,86	447,00	38,65	0,45	0,02	0,14	1,75	0,28	0,01
35	2,72	2,00	227,00	3,00	79,91	86,59	225,07	259,56	103,12	406,71	38,27	0,57	0,03	0,32	2,34	0,34	0,01
36	2,90	0,56	243,00	2,00		93,69	269,03	267,72	96,22	394,09	33,76	0,47	0,04	0,21	2,44	0,20	0,01
37	2,87	0,50	187,00	3,00	37,82	105,45	203,44	278,68	117,41	533,56	39,85	0,65	0,06	0,55	2,14	0,39	0,01
38	2,24	0,49	200,00	3,00		63,53	202,11	237,94	70,62	367,16	35,55	0,64	0,02	0,40	1,88	0,14	0,01
39	1,84	0,50	153,00	3,00	56,43	58,84	173,44	167,85	70,60	309,12	26,33	0,62	0,11	0,54	2,21	0,35	0,01
40	1,84	0,50	153,00	3,00	56,43	58,84	173,44	167,85	70,60	309,12	26,33	0,62	0,11	0,54	2,21	0,35	0,01

## Solution irriguée 2020

Solution nutritive	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo	K/Ca	K/Ca+Mg	NO3/NH4
Semaine	mS/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm			
20																				
21																				
22																				
23	1,5	9,5	135,0	3,0	20,4	30,5	102,2	144,5	36,7	115,4	6,7	0,3	0,4	0,1	1,4	0,1	0,0	0,7	0,6	0,9
24	1,5	9,5	135,0	3,0	20,4	30,5	102,2	144,5	36,7	115,4	6,7	0,3	0,4	0,1	1,4	0,1	0,0	0,7	0,6	0,9
25	1,8	9,1	153,0	2,0	16,2	47,8	145,8	172,2	47,7	167,0	8,5	0,3	0,4	0,4	2,3	0,2	0,0	0,8	0,7	0,9
26	1,8	9,1	153,0	2,0	16,2	47,8	145,8	172,2	47,7	167,0	8,5	0,3	0,4	0,4	2,3	0,2		0,8	0,7	0,9
27	1,4	3,2	120,0	4,0	7,0	32,9	112,4	133,6	41,4	173,5	7,2	0,4	0,5	0,2	1,9	0,1	0,0	0,8	0,6	1,0
28	1,4	3,2	120,0	4,0	7,0	32,9	112,4	133,6	41,4	173,5	7,2	0,4	0,5	0,2	1,9	0,1	0,0	0,8	0,6	1,0
29	1,5	2,7	120,0	2,0	20,1	40,9	121,6	132,2	39,9	160,2	7,8	0,4	0,5	0,2	2,2	0,2	0,0	0,9	0,7	1,0
30	1,5	2,7	120,0	2,0	20,1	40,9	121,6	132,2	39,9	160,2	7,8	0,4	0,5	0,2	2,2	0,2	0,0	0,9	0,7	1,0
31	1,4	1,9	81,0	3,0	13,7	33,2	84,0	85,7	25,4	107,9	8,8	0,2	0,4	0,2	1,4	0,2	0,0	1,0	0,8	1,0
32	1,4	1,9	81,0	3,0	13,7	33,2	84,0	85,7	25,4	107,9	8,8	0,2	0,4	0,2	1,4	0,2	0,0	1,0	0,8	1,0
33	1,29	2,82	103	2	12,51	45,81	114,61	123,04	40,13	147,02	10,88	0,36	0,31	0,18	1,99	0,17	0,05	0,9	0,7	1,0
34	1,29	2,82	103	2	12,51	45,81	114,61	123,04	40,13	147,02	10,88	0,36	0,31	0,18	1,99	0,17	0,05	0,9	0,7	1,0
35	1,21	2	101	3	44,84	33,99	100,72	92,46	35,85	142,57	11,74	0,31	0,46	0,12	1,86	0,17	0,05	1,1	0,8	1,0
36	1,21	2	101	3	44,84	33,99	100,72	92,46	35,85	142,57	11,74	0,31	0,46	0,12	1,86	0,17	0,05	1,1	0,8	1,0
37	1,42	2,44	105	3	48,5	66,28	145,33	102,21	47,07	182,08	11,58	0,41	0,72	0,4	2,18	0,4	0,08	1,4	1,0	1,0
38	1,42	2,44	105	3	48,5	66,28	145,33	102,21	47,07	182,08	11,58	0,41	0,72	0,4	2,18	0,4	0,08	1,4	1,0	1,0
39	1,25	2,27	105	5	9,15	30,15	108,23	110,77	40,86	150,38	11,89	0,38	0,68	0,26	2,26	0,12	0,08	1,0	0,7	1,0
40	1,25	2,27	105	5	9,15	30,15	108,23	110,77	40,86	150,38	11,89	0,38	0,68	0,26	2,26	0,12	0,08	1,0	0,7	1,0

## Solution lessivée hâtive 2020

Solution lessivée pour C5 et E5	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo	K/Ca	K/Ca+Mg	3/(NO3+N)	
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
20																					
21																					
22																					
23	1,49	9,46	135,00	3,00	20,44	30,46	102,16	144,51	36,73	115,39	6,72	0,30	0,40	0,11	1,43	0,10	0,02	0,71	0,56	0,93	
24	1,49	9,46	135,00	3,00	20,44	30,46	102,16	144,51	36,73	115,39	6,72	0,30	0,40	0,11	1,43	0,10	0,02	0,71	0,56	0,93	
25	1,71	1,06	141,00	2,00	57,95	37,15	89,31	174,92	63,79	246,30	15,49	0,39	0,01	0,45	0,83	0,11	0,01	0,51	0,37	0,99	
26	1,71	1,06	141,00	2,00	57,95	37,15	89,31	174,92	63,79	246,30	15,49	0,39	0,01	0,45	0,83	0,11	0,01	0,51	0,37	0,99	
27	1,71	0,50	138,00	3,00	128,10	37,73	159,72	159,19	62,66	281,48	15,05	0,29	0,01	0,21	0,52	0,11	0,01	1,00	0,72	1,00	
28	1,71	0,50	138,00	3,00	128,10	37,73	159,72	159,19	62,66	281,48	15,05	0,29	0,01	0,21	0,52	0,11	0,01	1,00	0,72	1,00	
29	3,07	1,27	260,00	4,00	70,46	78,02	290,40	268,41	108,40	392,97	20,86	0,47	0,03	0,21	1,00	0,23	0,01	1,08	0,77	1,00	
30	3,07	1,27	260,00	4,00	70,46	78,02	290,40	268,41	108,40	392,97	20,86	0,47	0,03	0,21	1,00	0,23	0,01	1,08	0,77	1,00	
31	2,53	1,49	235,00	2,00	41,18	79,29	221,55	241,95	95,11	370,12	24,78	0,30	0,03	0,33	1,24	0,24	0,01	0,92	0,66	0,99	
32	2,53	1,49	235,00	2,00	41,18	79,29	221,55	241,95	95,11	370,12	24,78	0,30	0,03	0,33	1,24	0,24	0,01	0,92	0,66	0,99	
33	3,05	0,50	272,00	3,00	30,20	114,01	270,03	327,39	117,46	455,31	37,58	0,45	0,08	0,58	2,11	0,33	0,01	0,82	0,61	1,00	
34	3,05	0,50	272,00	3,00	30,20	114,01	270,03	327,39	117,46	455,31	37,58	0,45	0,08	0,58	2,11	0,33	0,01	0,82	0,61	1,00	
35	3,29	1,00	293,00	5,00	48,80	99,32	282,76	319,84	118,56	454,31	45,28	0,62	0,07	0,52	3,29	0,30	0,01	0,88	0,64	1,00	
36	3,29	1,00	293,00	5,00	48,80	99,32	282,76	319,84	118,56	454,31	45,28	0,62	0,07	0,52	3,29	0,30	0,01	0,88	0,64	1,00	

## Solution lessivée tardive 2020

Solution lessivée selon analyse pour A5	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
27	1,67	2,12	143,00	6,00	35,38	45,87	144,09	149,47	58,83	208,76	14,45	0,54	0,18	0,25	2,12	0,24	0,01
28	1,67	2,12	143,00	6,00	35,38	45,87	144,09	149,47	58,83	208,76	14,45	0,54	0,18	0,25	2,12	0,24	0,01
29	3,07	1,27	260,00	4,00	70,46	78,02	290,40	268,41	108,40	392,97	20,86	0,47	0,03	0,21	1,00	0,23	0,01
30	3,07	1,27	260,00	4,00	70,46	78,02	290,40	268,41	108,40	392,97	20,86	0,47	0,03	0,21	1,00	0,23	0,01
31	1,42	0,50	94,00	3,00	124,44	51,01	122,49	130,71	54,37	267,97	21,33	0,18	0,01	0,13	0,39	0,08	0,01
32	1,42	0,50	94,00	3,00	124,44	51,01	122,49	130,71	54,37	267,97	21,33	0,18	0,01	0,13	0,39	0,08	0,01
33	1,92	0,50	150,00	3,00	105,23	70,59	166,78	193,46	82,38	372,58	31,90	0,35	0,01	0,16	0,61	0,19	0,01
34	1,92	0,50	150,00	3,00	105,23	70,59	166,78	193,46	82,38	372,58	31,90	0,35	0,01	0,16	0,61	0,19	0,01
35	2,72	2,00	227,00	3,00	79,91	86,59	225,07	259,56	103,12	406,71	38,27	0,57	0,03	0,32	2,34	0,34	0,01
36	2,72	2,00	227,00	3,00	79,91	86,59	225,07	259,56	103,12	406,71	38,27	0,57	0,03	0,32	2,34	0,34	0,01
37	2,87	0,50	187,00	3,00	37,82	105,45	203,44	278,68	117,41	533,56	39,85	0,65	0,06	0,55	2,14	0,39	0,01
38	2,87	0,50	187,00	3,00	37,82	105,45	203,44	278,68	117,41	533,56	39,85	0,65	0,06	0,55	2,14	0,39	0,01
39	1,84	0,50	153,00	3,00	56,43	58,84	173,44	167,85	70,60	309,12	26,33	0,62	0,11	0,54	2,21	0,35	0,01
40	1,84	0,50	153,00	3,00	56,43	58,84	173,44	167,85	70,60	309,12	26,33	0,62	0,11	0,54	2,21	0,35	0,01



## Solution nutritive pépinière 2020

Solution nutritive	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo	K/Ca	K/Ca+Mg	NO3/NH4
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm			
27	1,9	21,7	171,0	3,0	18,0	37,8	107,7	191,8	52,1	198,7	8,8	0,4	1,5	0,1	3,5	0,1	0,0	0,56	0,44	7,88
28	1,9	21,7	171,0	3,0	18,0	37,8	107,7	191,8	52,1	198,7	8,8	0,4	1,5	0,1	3,5	0,1	0,0	0,56	0,44	7,88
29	1,5	15,4	130,0	20,1	20,1	31,1	77,2	140,1	39,0	150,5	8,3	0,3	1,0	0,1	2,3	0,1	0,0	0,55	0,43	8,44
30	1,5	15,4	130,0	20,1	20,1	31,1	77,2	140,1	39,0	150,5	8,3	0,3	1,0	0,1	2,3	0,1	0,0	0,55	0,43	8,44
31	1,35	11,90	114,00	3,00	21,05	29,21	70,00	118,58	42,64	155,53	9,87	0,37	1,35	0,19	5,15	0,12	0,12	0,59	0,43	9,58
32	1,35	11,90	114,00	3,00	21,05	29,21	70,00	118,58	42,64	155,53	9,87	0,37	1,35	0,19	5,15	0,12	0,12	0,59	0,43	9,58
33	1,35	20,50	120,00	3,00	14,03	20,79	66,57	135,13	28,93	112,97	10,66	0,26	0,14	0,08	1,97	0,13	0,12	0,49	0,41	5,85
34	1,35	20,50	120,00	3,00	14,03	20,79	66,57	135,13	28,93	112,97	10,66	0,26	0,14	0,08	1,97	0,13	0,02	0,49	0,41	5,85
35	1,45	17,00	137,00	3,00	24,40	24,57	68,70	127,50	31,51	111,86	12,31	0,27	0,61	0,06	2,14	0,12	0,01	0,54	0,43	8,06
36	1,45	17,00	137,00	3,00	24,40	24,57	68,70	127,50	31,51	111,86	12,31	0,27	0,61	0,06	2,14	0,12	0,01	0,54	0,43	8,06
37	1,82	29,20	183,00	3,00	49,72	28,70	94,06	167,72	39,51	141,28	12,42	0,34	1,21	0,28	2,90	0,14	0,03	0,56	0,45	6,27
38	1,82	29,20	183,00	3,00	49,72	28,70	94,06	167,72	39,51	141,28	12,42	0,34	1,21	0,28	2,90	0,14	0,03	0,56	0,45	6,27
39	1,38	7,69	115,00	3,00	20,74	60,51	159,50	111,82	40,99	179,75	12,21	0,29	0,51	0,23	1,82	0,19	0,04	1,43	1,04	14,95
40	1,38	7,69	115,00	3,00	20,74	60,51	159,50	111,82	40,99	179,75	12,21	0,29	0,51	0,23	1,82	0,19	0,04	1,43	1,04	14,95

## Solution lessivée pépinière 2020

Solution lessivée selon analyse pour pépinière	CE	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
Semaine	m S/cm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
27	1,67	2,12	143,00	6,00	35,38	45,87	144,09	149,47	58,83	208,76	14,45	0,54	0,18	0,25	2,12	0,24	0,01
28	1,67	2,12	143,00	6,00	35,38	45,87	144,09	149,47	58,83	208,76	14,45	0,54	0,18	0,25	2,12	0,24	0,01
29	2,13	1,19	172	5	70,76	50,26	63,27	255,79	77,91	347,77	21,99	0,43	0,16	0,09	1,87	0,07	0,01
30	2,13	1,19	172	5	70,76	50,26	63,27	255,79	77,91	347,77	21,99	0,43	0,16	0,09	1,87	0,07	0,01
31	1,61	1,1	129	5	105,53	26,03	26,76	203,29	61,36	349,92	26,16	0,27	0,04	0,17	1,2	0,05	0,01
32	1,61	1,1	129	5	105,53	26,03	26,76	203,29	61,36	349,92	26,16	0,27	0,04	0,17	1,2	0,05	0,01
33	2,7	1,28	260	3	41,48	68,15	110,25	381,65	81,9	371,27	36,64	0,43	0,35	0,15	2,16	0,14	0,01
34	2,7	1,28	260	3	41,48	68,15	110,25	381,65	81,9	371,27	36,64	0,43	0,35	0,15	2,16	0,14	0,01
35	2,63	4	240	3	21,96	50,73	67,01	354,83	77,15	361,28	43,78	0,87	1,28	0,18	5,22	0,04	0,01
36	2,63	4	240	3	21,96	50,73	67,01	354,83	77,15	361,28	43,78	0,87	1,28	0,18	5,22	0,04	0,01
37	2,36	12,5	221	3	75,64	33,14	97,1	286,15	64,89	264,98	26,86	0,62	1,05	0,25	4,26	0,07	0,01
38	2,36	12,5	221	3	75,64	33,14	97,1	286,15	64,89	264,98	26,86	0,62	1,05	0,25	4,26	0,07	0,01
39	2	1,84	149	5	128,1	79,32	237,81	192,32	61	359,29	29,33	0,77	0,48	0,37	2,5	0,11	0,01
40	2	1,84	149	5	128,1	79,32	237,81	192,32	61	359,29	29,33	0,77	0,48	0,37	2,5	0,11	0,01

#### Annexe 4 : Estimation de la consommation pépinière 2020

Estimation de la consommation moyenne (mg/m <sup>2</sup> /j) d'une culture de framboises hors-sol sous tunnel - Pépinière																
Consommation	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl	HCO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
Semaine	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j	mg/m <sup>2</sup> /j
27	60,99	295,72	0,08	1,37	44,61	107,16	347,71	67,61	281,14	4,78	0,42	4,29	-0,04	7,12	0,03	0,10
28	51,76	297,45	2,17	13,53	53,38	140,09	343,21	77,16	308,28	9,06	0,54	3,65	0,05	6,70	0,11	0,09
29	52,18	326,50	65,78	19,51	71,83	221,35	302,27	79,57	273,38	13,13	0,76	3,43	0,18	6,71	0,40	0,10
30	58,86	455,10	76,05	59,08	106,68	280,41	472,24	129,89	488,49	26,25	1,08	3,92	0,25	8,47	0,48	0,11
31	63,38	440,61	9,34	-33,50	122,77	344,28	361,17	146,38	356,63	17,07	1,64	7,31	0,80	26,41	0,58	0,64
32	74,27	527,37	11,38	-29,60	146,04	405,33	441,16	176,88	449,20	22,36	1,94	8,56	0,95	31,02	0,69	0,75
33	117,74	335,17	13,29	23,65	25,67	233,59	252,83	53,86	138,17	10,79	0,91	0,33	0,26	8,46	0,56	0,69
34	119,70	442,19	14,64	40,35	52,95	280,10	406,95	86,93	286,77	25,41	1,09	0,47	0,32	9,42	0,62	0,11
35	72,58	426,39	11,06	91,80	70,60	254,52	296,49	81,32	221,98	21,36	0,54	1,74	0,13	5,54	0,50	0,04
36	91,6	510,3	13,7	113,7	83,1	314,5	330,6	93,3	235,1	21,5	0,6	2,0	0,1	6,4	0,6	0,0
37	83,8	386,3	6,9	89,8	62,1	214,6	272,8	66,7	206,5	14,7	0,5	3,0	0,7	5,4	0,4	0,1
38	70,00	295,50	5,47	64,63	47,87	168,44	186,90	46,56	133,41	8,15	0,34	2,37	0,54	3,92	0,33	0,07
39	23,73	260,37	5,93	-31,79	136,28	336,89	216,27	86,67	308,65	17,14	0,35	1,30	0,46	4,01	0,54	0,12
40	10,88	98,82	1,99	-35,38	51,51	120,68	71,15	31,07	88,02	3,39	0,04	0,53	0,16	1,49	0,23	0,06
<b>Total</b>	<b>763,09</b>	<b>4056,79</b>	<b>217,43</b>	<b>363,00</b>	<b>777,62</b>	<b>2581,28</b>	<b>3554,59</b>	<b>992,86</b>	<b>3039,19</b>	<b>171,68</b>	<b>9,50</b>	<b>35,72</b>	<b>3,07</b>	<b>116,18</b>	<b>4,62</b>	<b>2,67</b>

#### Annexe 5 : Rendements vendables

Productions	kg/plant	kg/m <sup>2</sup>	kg/m linéaire
Hâtive 2019	1,37	2,24	6,99
Tardive 2019	1,35	2,21	7,89
Hâtive 2020	1,39	2,49	7,78
Tardive 2020	1,44	2,28	8,15