

La fraise en aquaponie

Salon de l'Aquaponie – 14/12/21

Catherine LEJOLIVET – EPLEFPA LOZERE



Sommaire

- 1- Le pilote aquaponique de La Canourgue – EPLEFPA Lozère
- 2 - La conduite générale des productions
- 3 – La Fraise en aquaponie
 - Conditions de culture
 - Protocoles conduits
 - Résultats physico-chimiques
 - Résultats sur les rendements
 - = f (type de plant, substrat, biotisation, superposition gouttière et solutions de ferti-irrigation)
- 4- Perspectives 2022

1- Le pilote aquaponique de La Canourgue Création 2015



Polyculture et biodiversité

Serre horticole de 400 m²



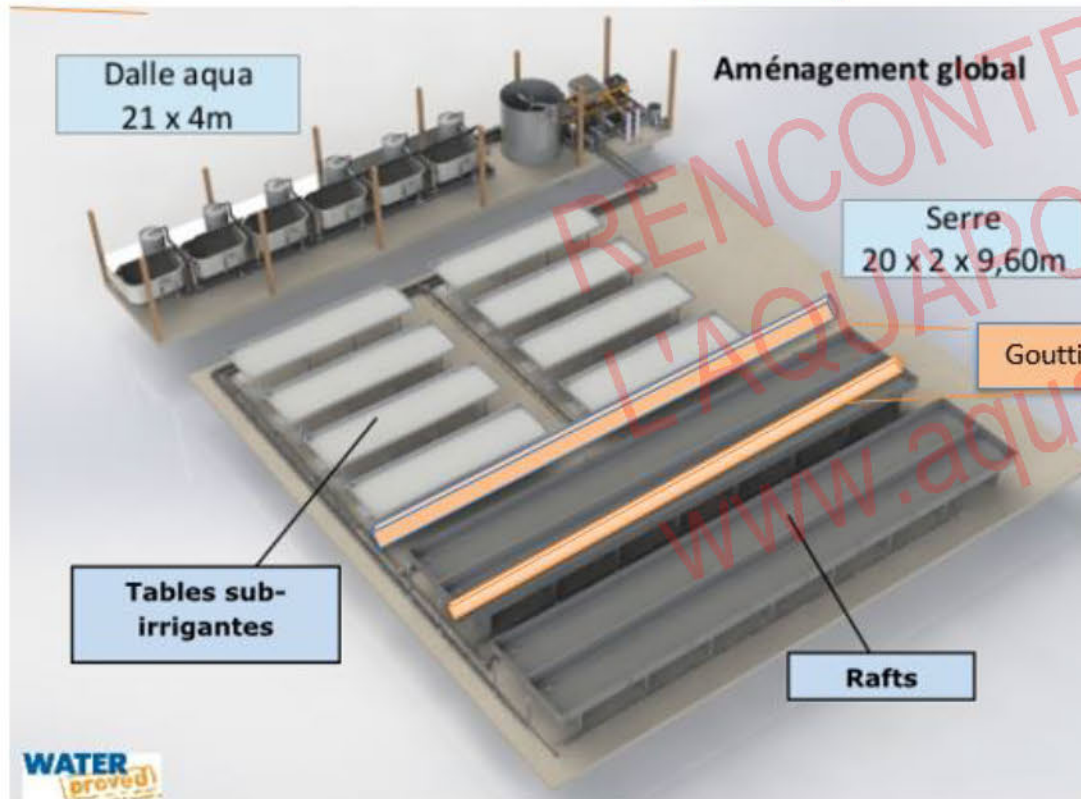
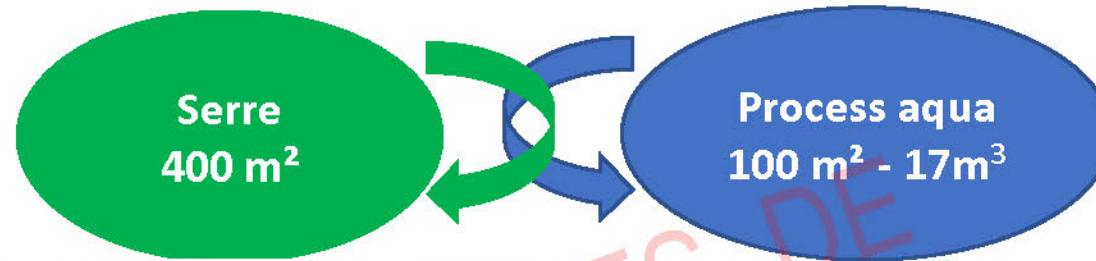
Zone aquacole de 100 m²

Extérieure à la serre

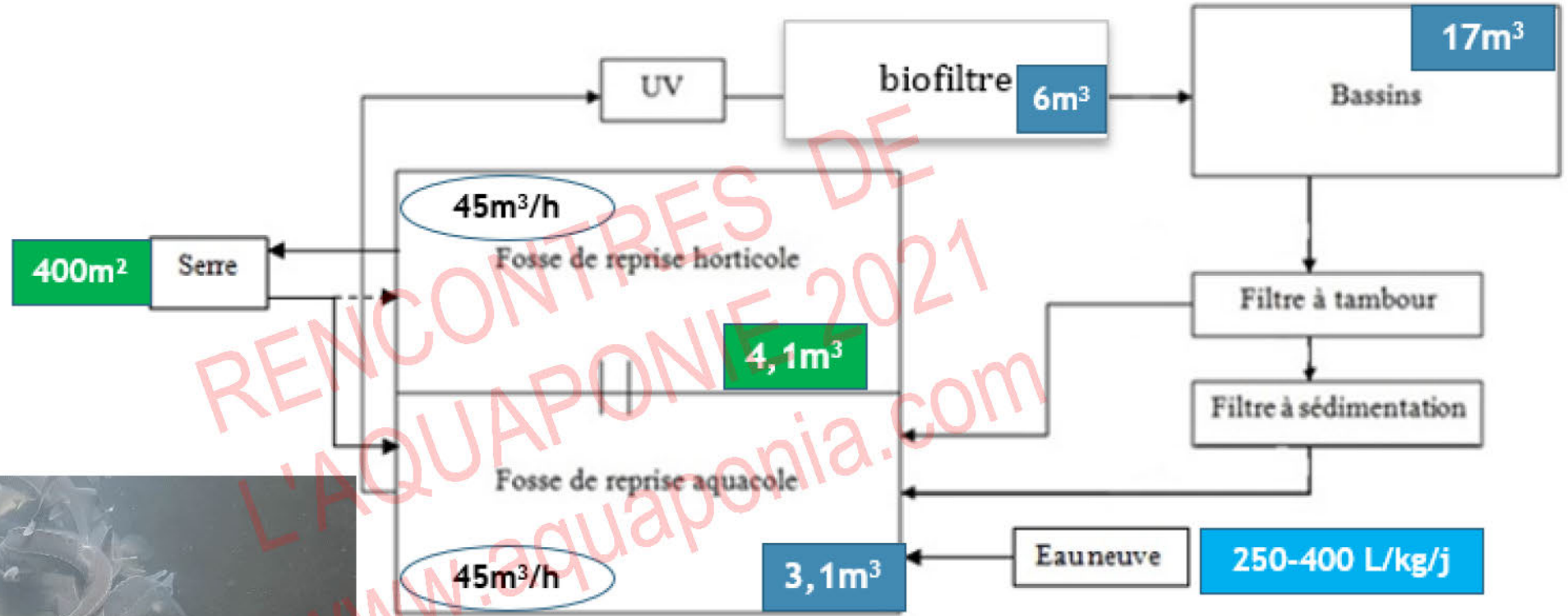
Sous bâtiment bardage bois, toiture bac acier et rideaux brise vent



Couplé en routine – Découplé lors de l'unique apport de Fer



Dimensionnement des équipements



Quelques éléments chiffrés...

Couplage : 4 semaines - Découplage : 2-3 semaines pour cure Fer

BOUCLE AQUACOLE	BOUCLE HORTICOLE
Volume total = 23 m ³	Volume total = 29 m ³ dont 24 m ³ de bassins raft
Bassins 16 m ³	Pompe bassins rafts : 45 m ³ /h max
Lit bio : 4m ³ média	Surface productive : 170 m ²
Pompe 45 m ³ /h max – TRH = 2,5-3	5 T.A.M : 50 m ²
Eau neuve = 250-400 L / kg aliment / j (1,4%/j)	4 bassins raft : 80 m ²
Espèces testées : Truite arc-en-ciel, esturgeon, carpe 1 espèce hiver-printemps et 1 espèce été-automne	3 gouttières suspendues fraises : 54 mL / 16 m ² 1 gouttière posée framboisiers : 16 mL / 16m ²
Densité élevage : 20-40kg/m ³	3 pilotes NFT : 36 mL / 7,2 m ²
Pas de thermorégulation : T° min hiver = 7°C T° max été : 23°C	Unique apport de FER (EDDHA 6% 4<pH<10) – 2 mg / L
	RATIO : 100-120 g /m² hiver 20 - 40g /m² le reste de l'année

Lutte biologique et pollinisateurs



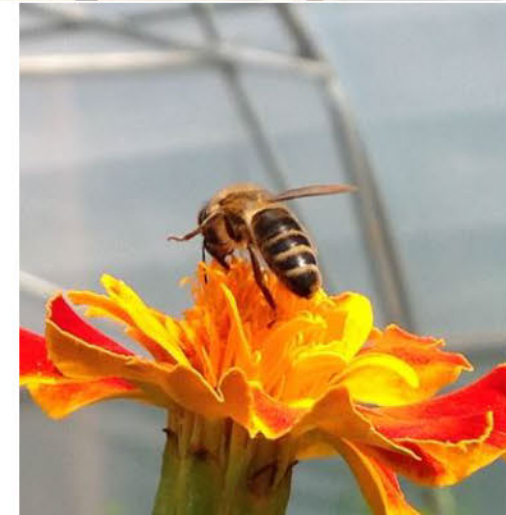
Figure X : Photo de la teigne du chou (*Plutella xylostella*). Source : Maël Marcellin



Figure X : Photo de pucerons sur une feuille de chou. Source : Maël Marcellin



- Conduite essais : Biocontrôle via planning d'introduction d'auxiliaires de culture
- Mini-ruche abeilles pour pollinisation



Diversification des espèces végétales

- Productions classiques alimentaires, ornementales et fruits :

Salades, Blettes, Oignons, Basilics, Menthes, Persil, Ciboulette, Thym, Romarin, Sauge, Sarriette, Verveine, Marjolaine, Millepertuis, Camomille, Physalis, Consoude, Œillets, Capucine, Zinnia géant, tomates, fraises, framboises, etc...



Diversification des espèces végétales



Résultats obtenus sur différentes espèces végétales en aquaponie couplée sans intrants complémentaires sauf Fer

ESPECE	DENSITE (nb/m ²)
Salade	16
Basilic	37 à 18
Menthe	24
Ciboulette	37
Thym	52 à 26
Romarin	52 à 26
Persil	52 à 26
Verveine	7
Souci	12
Cosmos	12,0
Œillet	52 à 26
Courgette	5,0
Capucine	6
Fraise	8 /mL ou 26/m ²

Culture	Rendement (g/m ²)	Semaines
Oignon	14000	13 à 15
Salade Batavia Brune	5505	7
Radis	3666	4 à 6
Blettes	14173	13 à 15
Pak choï	2467	11 à 12
Épinard	666	5 à 7
Basilic vert	1167	10
Ciboulette	3000	8 à 10
Persil	220	12
Menthe marocaine	2743	13



La Fraise en aquaponie



La Fraise en aquaponie

Conditions de culture

Production en sacs de 20 L de substrat sur gouttières



Plantation février – mars

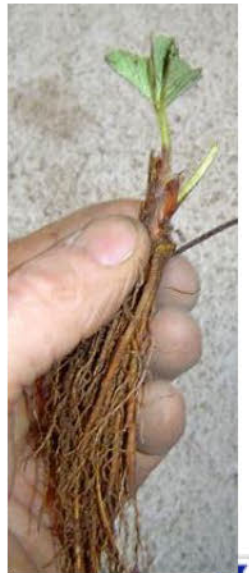
8 plants / sac / mL

4 goutteurs / sac

nombre d'irrigations = f(climat et stade développement)

Type de plant : mini tray plant – plant frigo

Variétés : Cijosée, Mara, Portola, San andreas



La Fraise en aquaponie

Les protocoles conduits

Protocole 1 : Variable type de plant + variable type de substrat

Protocole 2 : Variable type de plant + variable biotisation ou non

Protocole 3 : Variable variété + variable superposition gouttière

Protocole 4 : Variable solution ferti-irrigation

Données enregistrées sur saison de production

- nombre de fruits / plant et/ou par sac = 1 mL
- poids récolté / plant et/ou par sac
- Qualités sanitaire, nutritionnelle, organoleptique

Une physico-chimie atypique / préconisations CTIFL...



Stade	Période	T°C air	T°C eau	pH	EC mesurée ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	EC préconisée ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
Croissance foliaire	20/02-09/04	17.1 (+/- 3.9)	10.5 (+/- 1.8)	8.3 (+/- 0.2)	575 (+/- 44)	600 mini
Floraison	10/04-15/05	19.2 (+/- 4.1)	12.6 (+/- 1.6)	7.8 (+/- 0.1)	700 (+/- 67)	1600-1800
Récolte 1	15/05-31/07	27.6 (+/- 3.9)	20.3 (+/- 2.1)	7.8 (+/- 0.2)	700 (+/- 64)	800-1600
Récolte 2	01/08-09/10	24.3 (+/- 5.6)	18.7 (+/- 3.6)	7.7 (+/- 0.3)	724 (+/- 49)	

Une physico-chimie atypique / préconisations CTIFL... (suite)

Parameters of irrigation water - Eurofins Vergèze Laboratory	07-mars		11-avr		Mean values		CTIFLvalue (2003) leaves period	CTIFL value (2003) flowers and fruits periods
	mg.L ⁻¹	mEq.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mEq.L ⁻¹	mg.L ⁻¹	mEq.L ⁻¹	mEq.L ⁻¹	mEq.L ⁻¹
Suspended matters	<2	*	<2	*	*	*	*	*
Azote Kjeldahl	<1	*	1,5	*	*	*	*	*
Nitrates (N-NO ₃ ⁻)	17,9	1,27	50,5	3,59	56,27 +/- 18,42	3,99 +/- 1,31	11,80	14,00
Nitrites (N-NO ₂ ⁻)	0,012	0,001	0,066	0,005	0,068 +/- 0,022	0,005 +/- 0,002	*	*
Ammonium (N-NH ₄ ⁺)	0,054	0,004	0,022	0,002	0,075 +/- 0,06	0,005 +/- 0,004	2,20	0,00
Global Nitrogen	17,91	1,28	50,57	3,61	*	*	14,00	14,00
Phosphates P-PO ₄ ³⁻	9,1	0,88	3,72	0,36	3,93 +/- 0,64	0,38 +/- 0,06	2,26	2,26
Soufre - S-SO ₄ ²⁻	4,8	0,30	5,4	0,34	*	*	2,00	2,00
Chlorides	8,77	0,25	*	*	*	*	*	*
Calcium - Ca	89	4,44	110	5,49	*	*	7,00	8,50
Magnesium - Mg	14	1,15	17	1,40	*	*	2,00	2,00
Potassium	2,5	0,06	10	0,26	*	*	4,86	7,76
K ⁺ /(Ca ²⁺ +Mg ²⁺)	0,01		0,04		*		0,54	0,75
K ⁺ /Ca ²⁺	0,01		0,05		*		0,70	0,90

Proto 1 : types plant et substrat Proto 2 : types plant et biotisants

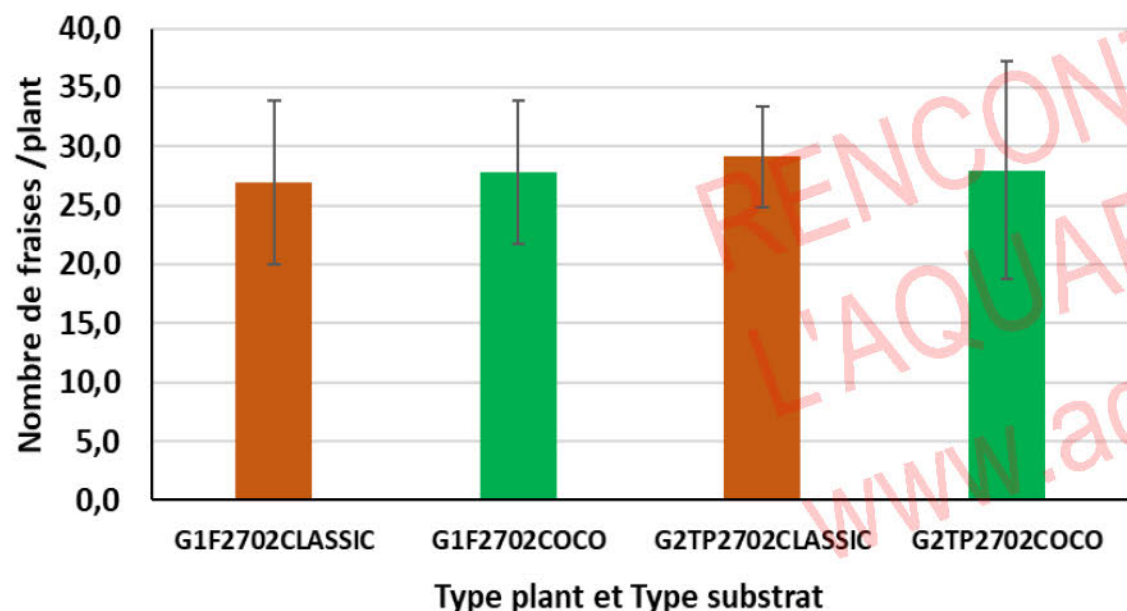
PROTOCOLE 1	G1F2702CLASSIC	G1F2702COCO	G2TP2702CLASSIC	G2TP2702COCO
Type plant	frigo	frigo	tray plant	tray plant
Date plantation	270218	270218	270218	270218
Tourbe (%)	50	50	50	50
Ecorces (%)	40	40	40	40
Fibre bois (%)	10	0	10	0
Fibre coco (%)	0	10	0	10
Biotisants	oui	oui	oui	oui
Période récolte	11/05-16/09			
Nbre semaines	19			
PROTOCOLE 2	G3FGBX N	G3FGBX B	G4TPGBX N	G4TPGBX B
Type plant	frigo	frigo	tray plant	tray plant
Date plantation	310318	310318	310318	310318
Tourbe (%)	0	0	0	0
Ecorces (%)	20	20	20	20
Fibre bois (%)	0	0	0	0
Fibre coco (%)	80	80	80	80
Biotisants	non	oui	non	oui
Période récolte	28/05-16/09			
Nbre semaines	16			

Variété
Cijosée

PROTOCOLE 1 : Frigo vs Tray plant + Fibre bois (classic) vs Fibre coco

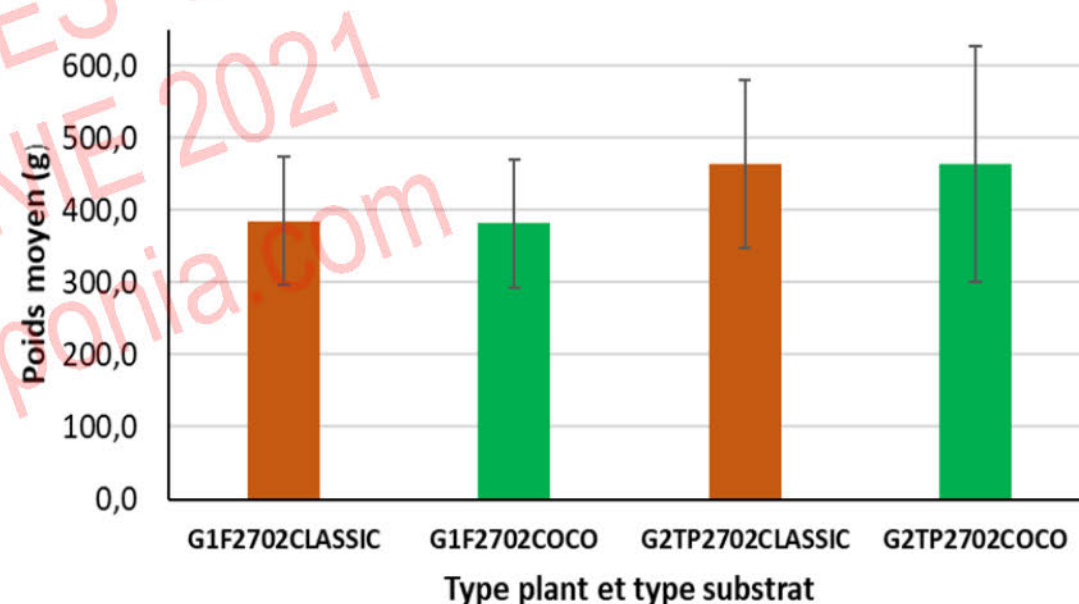
Variété
Cijosée

Protocole 1-2018 : effet type plant et effet fibre



Pas de différence significative (seuil 0,05)

Protocole 1-2018 : effet type plant fraisier et effet fibre

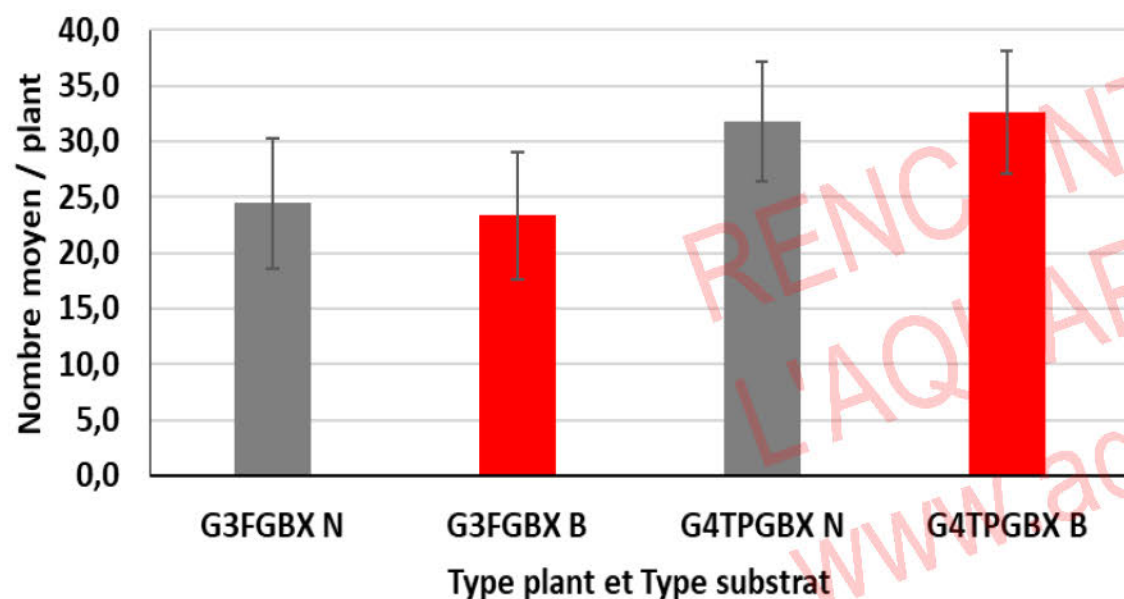


Pas de différence significative (seuil 0,05) entre coco et classic
TP supérieur à Frigo (seuil 0,05)

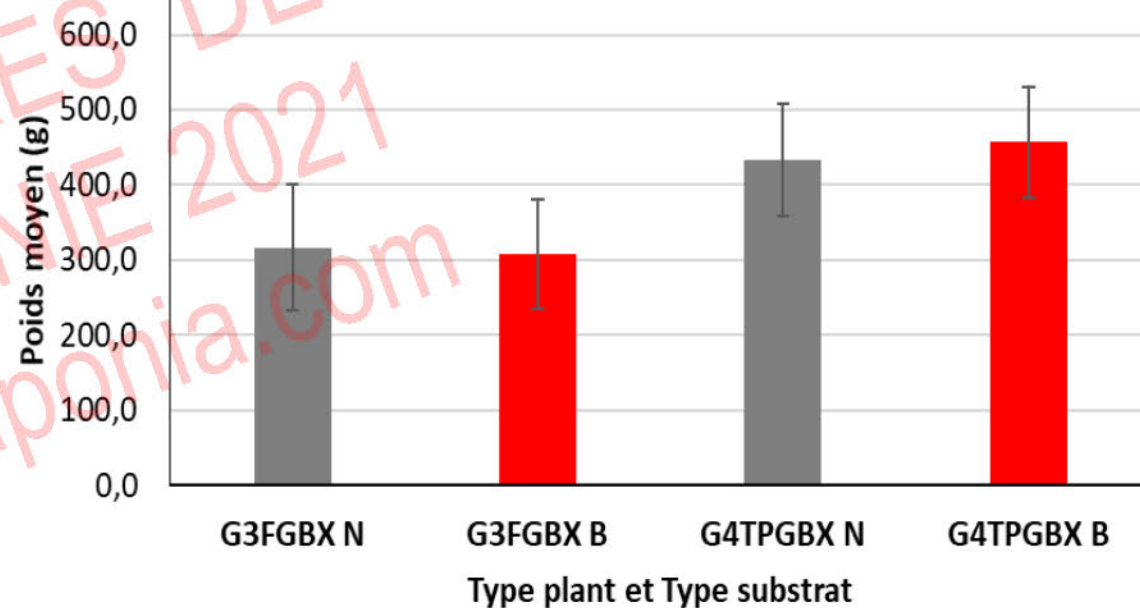
PROTOCOLE 2 : type de plant (frigo/Tray plant) + biotisation ou non

Variété
Cijosée

Protocole 2 -2018 : effet type plant fraisier et biotisation
substrat tomate



Protocole 2 -2018 : effet type plant fraisier et biotisation
substrat tomate



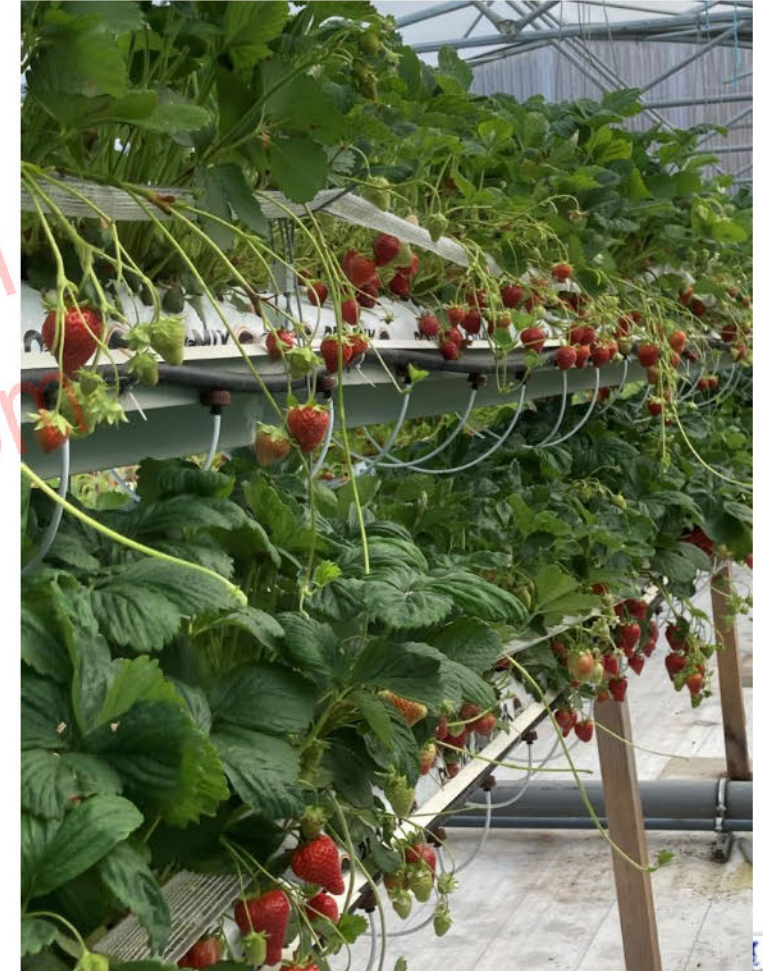
*TP supérieur à Frigo (seuil 0,05)

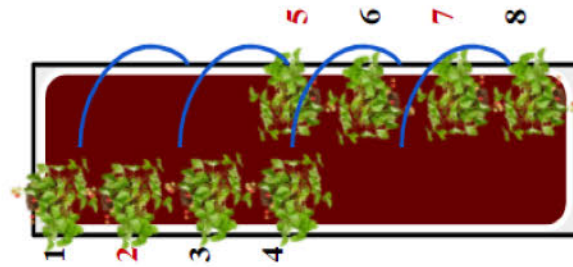
*Pas de différence significative (seuil 0,05) entre normal et biotisé

Protocole 3 : effet gouttière



Gouttière Témoin
Gouttières superposées





Le suivi de 27 plants par modalité, soit 3 plants par répétition (sac).
Plants suivis : 2,4 et 7

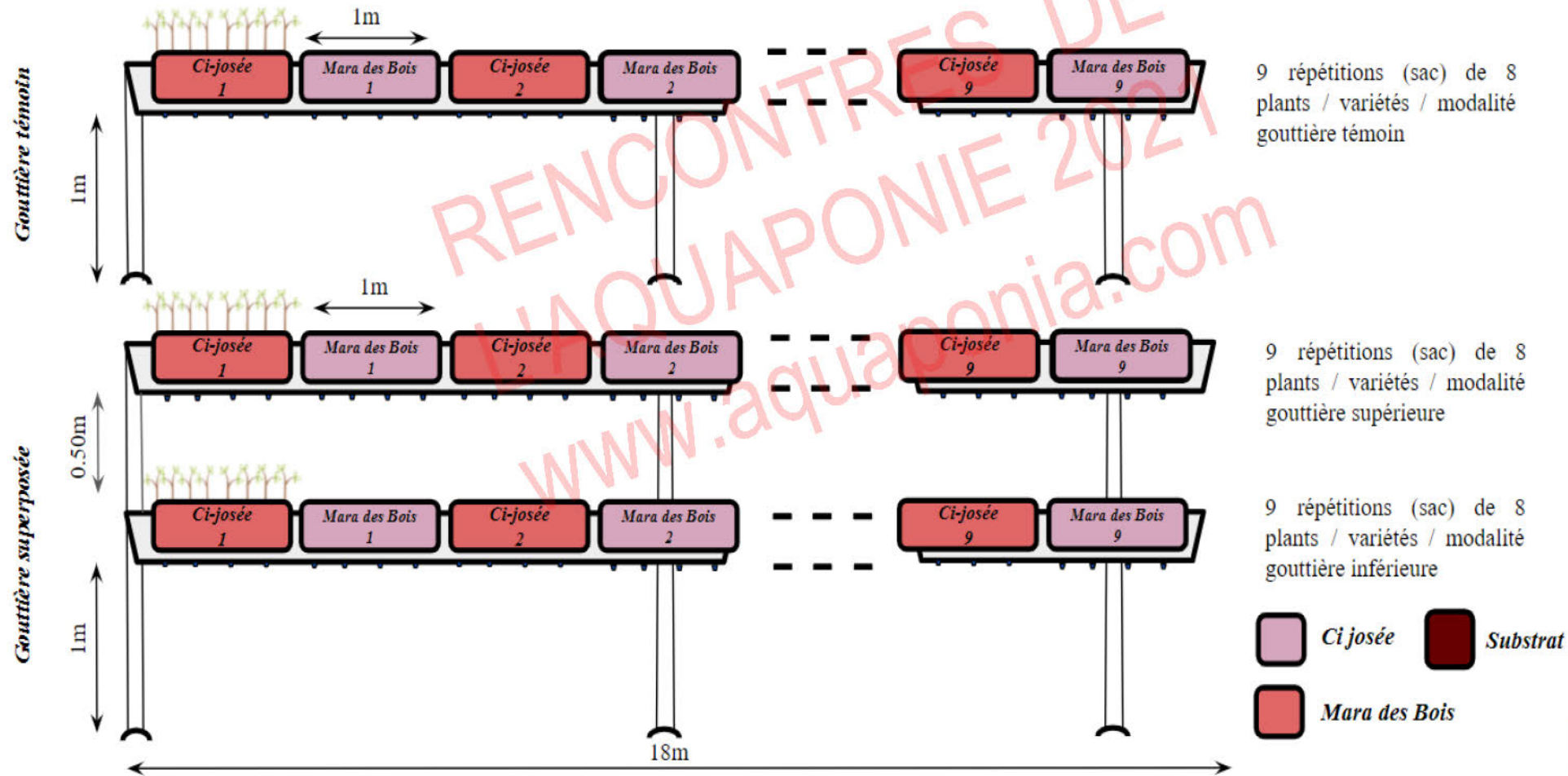


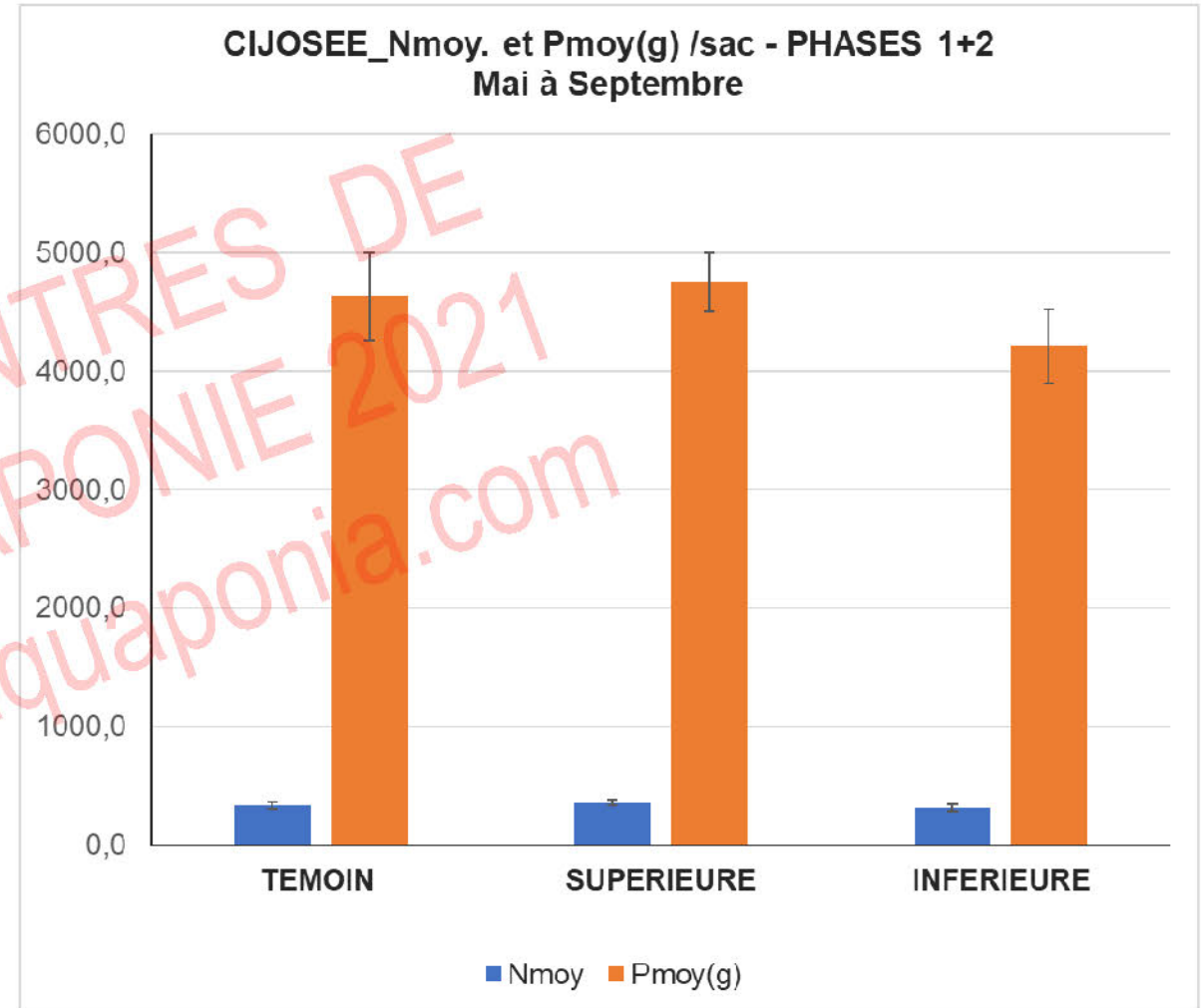
Schéma : D. EDOH, 2021

- Effet « gouttière » - Etude sac soit 1 mL ou 0,3 à 0,5 m²

CIJOSEE GOUTTIERES - PHASES 1+2_2021

SAC OU mL	TEMOIN	SUP	INF
Nmoy/sac	331,4	356,4	309,9
ET	31,3	24,5	31,7
Nmax/sac	365,0	387,0	358,0
Nmin/sac	281,0	303,0	250,0
Pmoy(g)/sac	4628,6	4751,5	4210,1
ET	371,6	245,2	316,6
Max(g)/sac	5044,8	5074,8	4658,6
Min(g)/sac	4065,2	4350,2	3641,4

**Gouttière inférieure moins productive
à l'échelle du sac (p<0,05)**



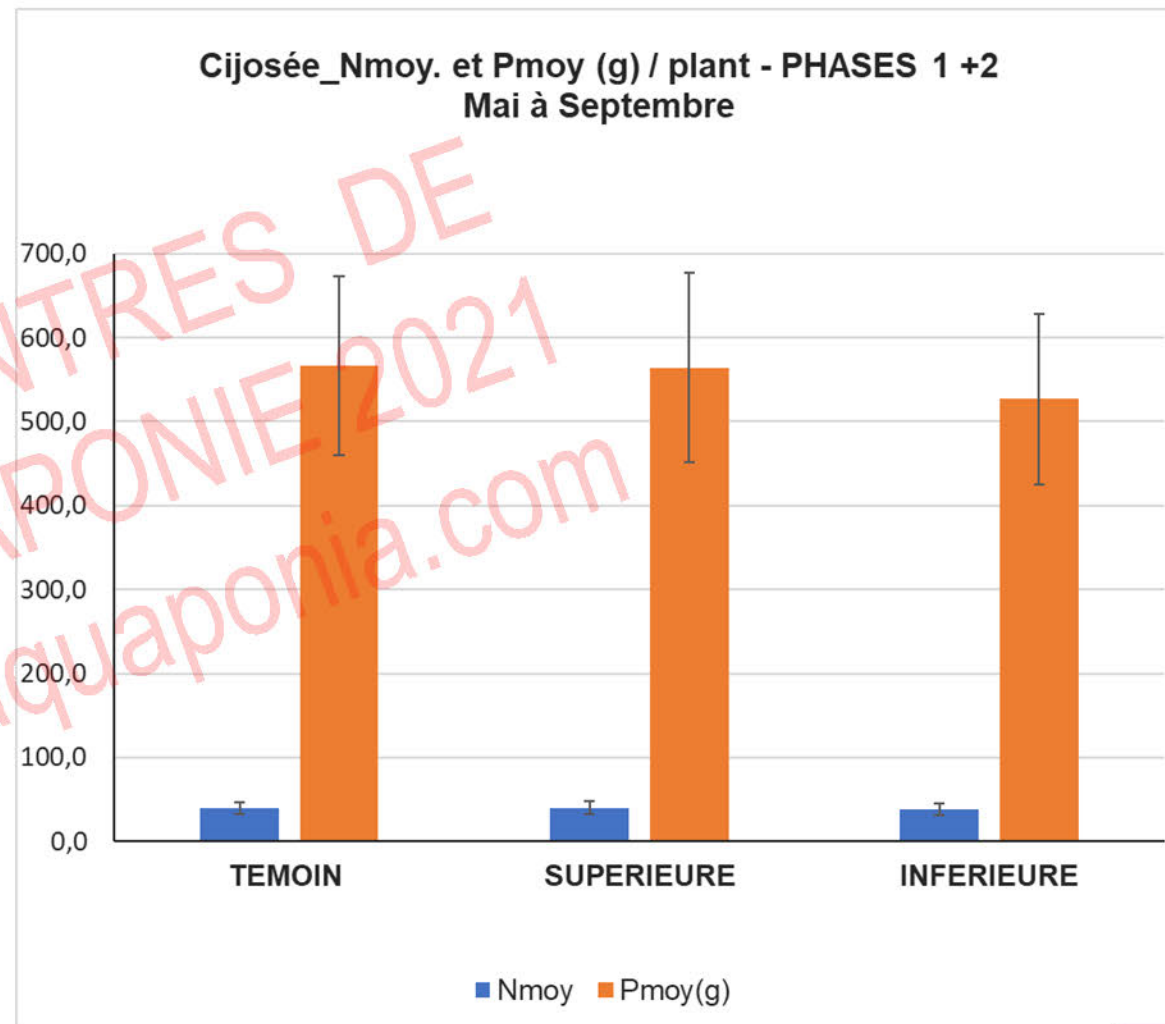
• Effet « gouttière » Etude plant

CIJOSEE GOUTTIERES - PHASES 1+2_2021

PLANT	TEMOIN	SUP	INF
Nmoy/plant	39,3	40,1	38,3
ET	7,3	7,3	6,7
Nmax/plant	54,0	61,0	50,0
Nmin/plant	26,0	27,0	26,0
Pmoy(g)/plant	566,7	564,2	526,9
ET	106,2	113,0	101,4
Max(g)/plant	742,2	780,2	774,5
Min(g)/plant	365,3	343,6	315,6

Pas de différence significative à l'échelle du plant ($p > 0,05$)

NB : 27 suivis individuellement / modalité



Bilan pour l'effet gouttières superposées ou non

Pour 0,5 m² investi au sol ou 1 mL de sac, même si gouttière inférieure moins productive que supérieure et témoin :

→ 1 niveau : 4630 g récoltés (+/- 370 g) sur

→ 2 niveaux : **8960 g** récoltés (+/- 560 g) soit **1,94 fois plus**

NB : 0,3 m² en début de saison et 0,5 m² en cours de récolte car effet feuillage

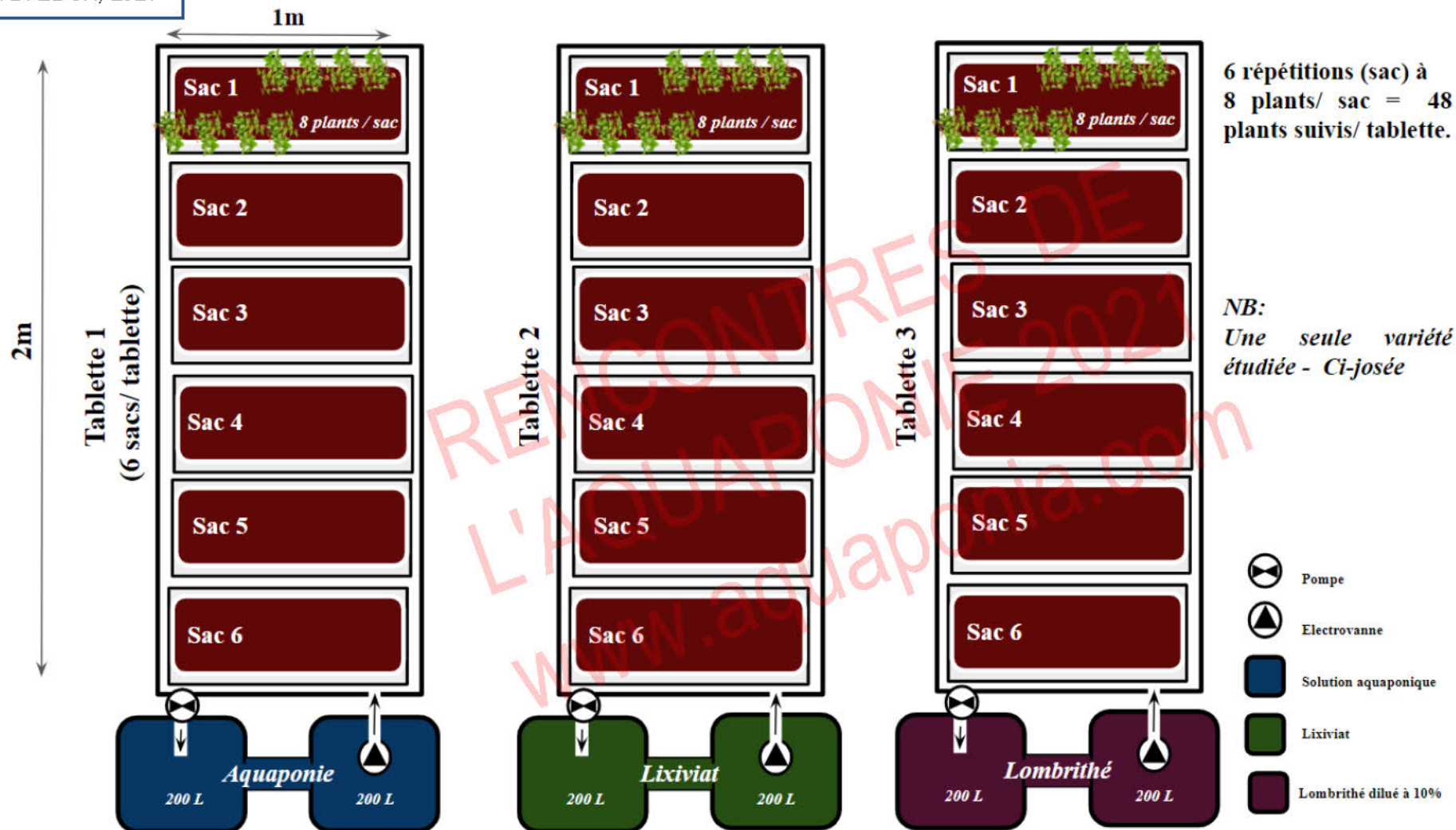
Protocole 4 : effet solution de ferti-irrigation



3 nouveaux pilotes tablettes indépendantes

Protocole 4 : effet solution de ferti-irrigation

Schéma : D. EDOH, 2021



Effet solution de ferti-irrigation

PHASE 1 5 semaines du 24/05 au 26/06

TABLETTE AQUAPONIE PH1		
BILAN PHASE 1 6 sacs 48 plants		
TABLETTE	Ntotal	Ptotal (kg)
TOTAL /1,8m²	870	12,170
/m²	483,3	6,8
/mL	145	2,0
PLANT	Nmoy	Pmoy(g)
Moyenne	18,1	253,5
ET	6,5	92,6

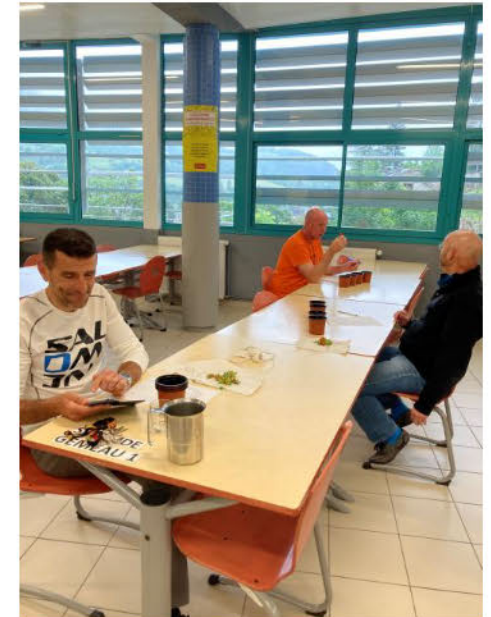
TABLETTE LIXIVIAT PH1		
BILAN PHASE 1 6 sacs 48 plants		
TABLETTE	Ntotal	Ptotal (kg)
TOTAL /1,8m ²	876	11,035
/m ²	486,7	6,1
/mL	146,0	1,8
PLANT	Nmoy	Pmoy(g)
Moyenne	18,3	229,9
ET	6,4	82,6

TABLETTE LOMBRITHE PH1		
BILAN PHASE 1 6 sacs 48 plants		
TABLETTE	Ntotal	Ptotal (kg)
TOTAL /1,8m²	817	10,341
/m²	453,9	5,7
/mL	136,2	1,7
PLANT	Nmoy	Pmoy(g)
Moyenne	17	215,4
ET	5,6	72,5

Caractéristiques des solutions biosourcées testées en 2021 sur production de fraises en tablettes (Cijosée)

ANALYSES SOLUTIONS APRES RENOUVELLEMENT 100% BACS			
mg/L	Aquaponie	Lixiviat	Lombrithé 10%
N-NO3	18,8 (+/-4,45)	20,05 (+/-14,3)	14,07 (+/-2,59)
P-PO4	2,85 (+/-0,63)	1,54 (+/-0,63)	1,15 (+/-0,46)
K	13,25 (+/-4,64)	23,36 (+/-5,20)	134,12 (+/-6,64)

Analyses complémentaires sur végétaux : % brix, analyse sensorielle, analyse nutritionnelle (LDM Alès)



Analyse sensorielle – traitement en cours

		Aquaponie	Lixiviat	Lombrithé
Notes finales	A	24,1%	31,6%	39,0%
	B	48,3%	34,2%	46,3%
	C	27,6%	34,2%	14,6%

% Brix : valeurs excellentes et notamment sur lombrithé dilué !

15/06/2021 - % brix		
Teneur en sucre Cijosée		
Gouttière	Teneur moyenne	ET
Témoin	8,83	0,29
Supérieure	8,33	0,29
Inférieure	7,00	0,00

P<0,05 - diff.significative

15/06/2021		
Teneur en sucre tablette Cijosée - % brix		
Tablette	Teneur moyenne	ET
Aquaponie	9,00	0,00
Lixiviat	11,33	0,29
Lombrithé	13,67	0,29

P<0,05 - diff.significative

BILAN ANALYSES NUTRITIONNELLES FRAISES 2021

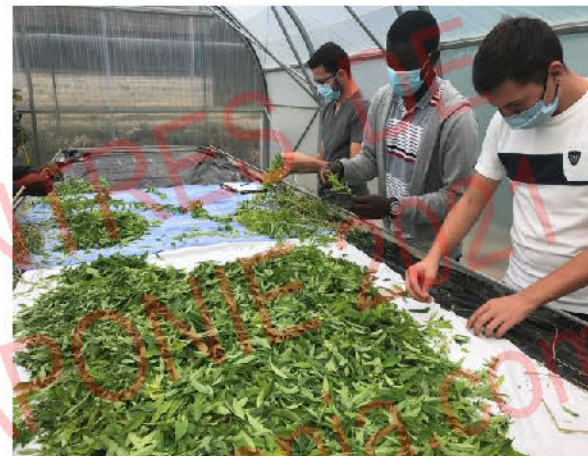
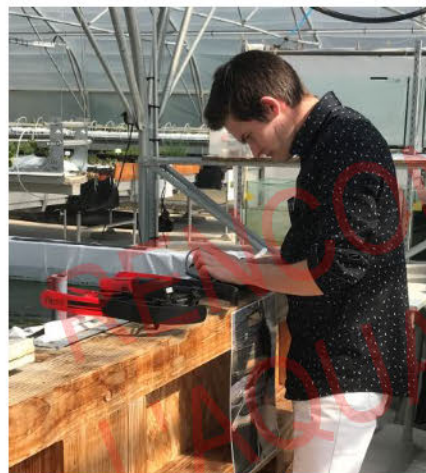
PARAMETRES	Gouttière Te	Gouttière inf.	Gouttière sup.	Tabl. AQUAPONIE	Tab. Lixiviat	Tab. Lombrithé	CIQUAL	guide aliments
Humidité	91,6	91,5	91,2	90,1	89,2	87,7		90,95
Lipides g/100g	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	<0,5	0,3
Protéines (N totalx6,25) g/100g	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,63	0,67
Cendres	0,24	0,24	0,26	0,31	0,37	0,43		
Glucides hors fibres g/100g	5,8	5,7	6,1	7	7,5	9,3	6,03	6,03
Fibres alimentaires totales	1,6	1,6	1,7	2	2,4	2,1	3,8	2,24
Bilan calories Kcal/100g	30	31	32	35	37	44	38,6	32
Mono+disaccharides (glucose+fructose+maltos e+saccharose+lactose) g/100g	5,8	5,5	6,2	6,8	7,6	9,4	6	7,68
Polyphénols totaux mg/kg	2186	1705	1899	1961	1896	2238		
Acide ascorbique mg/100g	19,3	27,4	14,9	15,1	5,3	14,2	54	58,8
Vitamine B9 ac.folique mg/100g	0,017	0,018	0,015	0,021	0,014	0,025		0,024

Analyse bactériologique fraises

Client	
Nom : LEGTA LOZERE - FERME AQUACOLE	LEGTAL LOZERE - FERME AQUACOLE
Adresse : CEMIN DE FRAISSINET	CHEMIN DE FRAISSINET
Commune : LA CANOURGUE	48500 LA CANOURGUE
ECHANTILLON	
Informations fournies par le client	
Produit : Fraises	N° de lot : FRA AP Ujode 14/06/21
Description du produit, observations : Fruits cueillis le 14/06/21.	

DATE DE PRELEVEMENT : 14/06/2021	DATE DE RECEPTION : 14/06/2021	DATE DE DEBUT D'ANALYSE : 14/06/2021
Prélèvements alimentaires		
Paramètres	Méthodes	Résultats
<u>Critères Sécurité</u>		
*C <i>Listeria monocytogenes</i> à 37°C UFC/g	NF EN ISO 11290-2	<100
*C <i>Salmonella</i> dans 25g /25 g	BKR 23/07 - 10/11	Non détectée
<u>Critères Hygiène des procédés</u>		
Moisissures à 25°C UFC/g	Symphony	<100
Levures à 25°C UFC/g	Symphony	<100
*C <i>Escherichia coli</i> Béta glucuronidase positive UFC/g	NF ISO 16649-2	<10
Bactéries lactiques mésophiles UFC/g	NF ISO 15214	<1000

Un programme : support pédagogique XXL !!!



8 – Perspectives 2022

- Orge : Legtpa La Canourgue - Cirad – Etudiant Burkina Faso
- Fruits rouges (HVA) : fraises, framboises, cassis, groseilles
- Poursuite étude solutions lixiviat et lombrithé sur prod.végétales
- Analyses sensorielles et nutritionnelles en laboratoire accrédité
- Valorisation résidus en produits biosourcés
(1/3 temps DGER – Animation et développement des territoires - 2021-2024)