

الجمهورية الديمقراطية الشعبية الجزائرية
République algérienne démocratique et populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمى

Université M'Hamed Bougara de Boumerdes
جامعة محمد بوقرة بومرداس

Faculté des Sciences



En vue de l'obtention du Diplôme de Master II en Agronomie

Spécialité: Production végétale

Thème :

**Suivi des rendements de la culture de la fraise
(*Fragaria ananassa duch*) conduite en hors sol
sur différents substrats locaux.**

Réalisé par : Adrouche Djamila

Soutenu le

Devant le jury composé de :

Mme ABDELLAOUI K.

Mme BELALIA N.

Mme CHEBOUTI-MEZIOU N.

Mme BOUSSAAD F.

Présidente M.A.A.

Examinatrice M.C.B.

Promotrice Pro.

Co-promotrice MRB

U.M.B.B.

U.M.B.B.

U.M.B.B.

I.N.R.A.A.

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire je remercie ALLAH qui m'a donné la patience et le courage nécessaires pour poursuivre mes études.

Je tiens à remercier sincèrement Madame CHEBOUTI-MEZIOU Najiba pour son écoute et sa disponibilité, Madame BOUSSAD Fariza pour son aide et ses orientations, et Mr..KIM Jae Ung, pour sa compréhension et ses conseils.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury :
Madame ABDELAOUI Karima MAA à UMBB d'avoir accepté de présider le jury et aussi
Madame BELALIA Nawel MCB à UMBB d'avoir accepté d'examiner ce document.

Mes remerciements vont aussi à :

Mr. ADJLANE, chef du département agronomie, et à tous les enseignants qui nous ont assurés les cours durant cette année 2020-2021.

M. CHETTOUH Abdelhamid, directeur de la station de Zéralda et à tous les membres de la formidable équipe qui travaille avec lui, pour leur collaboration et leur disponibilité.

Enfin, je n'oublie pas mon amie Rosa, qui m'a toujours encouragée.

Merci à toutes et à tous....

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Glossaire

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux et graphiques

Liste des figures et photos

Introduction	1
Chapitre I : Bibliographie	4
1.1. Origine du fraisier	4
1.2. Description morphologique	4
1.2.1. Racines.....	4
1.2.2. Tige ou Couronne	5
1.2.3. Feuilles.....	5
1.2.4. Stolon.....	5
1.2.5. Fleurs	6
1.2.6. Fruit	7
1.3. Types de variétés.....	9
1.3.1. Variétés non remontantes	9
1.3.2. Variétés remontantes	9
1.4. Cycle annuel du fraisier	10
1.5. Types de plants	11
1.5.1. Frigo.....	11
1.5.2. Motte.....	11
1.5.3. Trayplant	12
1.6. Culture du Fraisier, exigences environnementales.....	12
1.6.1. Température, et lumière	12
1.6.2. Terrain	13
1.6.3. Eau et fertilisants	13
1.6.4. Pollinisation	14

1.7. Maladies et ravageurs	15
1.7.1. Pourriture grise	15
1.7.2. Oïdium	15
1.7.3. Anthracnose	16
1.7.4. Verticilliose	16
1.8. Insectes et autres ravageurs	17
1.8.1. Thrips	17
1.8.2. Noctuelles	17
1.8.3. Pucerons	17
1.8.4. Acariens	18
1.8.5. Nématodes	19
1.9. Valeur nutritionnelle de la fraise	20
1.10. Production de la fraise	21
1.10.1. Dans le monde	21
1.10.2. En Algérie	22
1.11. Culture hors sol	25
1.11.1 Evolution.....	25
1.11.2. Substrats de culture hors sol	26
1.11.3. Généralités sur les substrats.....	26
Chapitre II. Matériel et Méthodes	28
2.1. Objectifs de l'étude..	28
2.2. Présentation du site	29
2.3. Dispositif expérimental	29
2.4. Mise en place de l'essai	30
2.4.1. Désinfection de la serre	30
2.4.2. Aménagement de la parcelle	30
2.4.3. Confection de tables et pose de paillage blanc	31
2.5. Substrats utilisés	32
2.5.1. Pouzzolane	32
2.5.2. Perlite	32
2.5.3. Poudre et granulés de liège	33
2.5.4. Composte de palmier dattier	33
2.5.5. Préparation des substrats	33

2.6. Matériel végétal	34
2.6.1. Variétés	34
2.6.2 Plantation	34
2.7. Besoins en éléments fertilisants	35
2.7.1. Composition de la solution fertilisante	35
2.8. Entretien de la culture.....	36
2.8.1. Fertirrigation	36
2.8.2. Pollinisation	37
2.8.3. Traitement phytosanitaire	37
2.9. Prise de données	37
Chapitre III. Résultats et discussion	38
3.1. Effet des substrats sur les rendements	38
3.2. Evolution mensuelle des récoltes	41
3.3. Discussion générale	42
3.3.1. Concernant les rendements	42
3.3.2. Concernant les substrats	43
3.4. Conclusion et perspectives	44
Références Bibliographiques.....	46
Annexes	53
Résumé.....	57

GLOSSAIRE

Conductivité : capacité d'un matériau à laisser passer et conduire le courant électrique. Elle se mesure en milli-Siemens par centimètre (mS/cm) à l'aide d'un conductimètre. L'inverse est la résistivité du matériau (Peltier, 2017).

Fertirrigation : conjugaison d'une alimentation hydrique et d'une nutrition afin d'apporter une solution nutritive aux cultures lors de l'arrosage. Aussi appelée « fertigation » ou « irrigation fertilisante » (Encyclopædia Universalis, 2018).

Cornaf : Les palmes du dattier sont insérées sur le stipe par un pétiole épais et bien développé "Cornaf". (DJERBI, 1994).

Plante vivace : une plante qui vit plus de deux années.

L'humidité relative de l'air correspond à la quantité de vapeur d'eau dans l'air par rapport à la capacité maximale que ce dernier peut en contenir. L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage (%) et dépend de la température et de la pression. Futura plantète.

La dormance est le stade de repos, végétatif pour une plante, destiné à lui permettre de passer la période de l'année défavorable d'un point de vue climatique, ou d'une façon plus générale, une période biologiquement défavorable.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACI : Agro Consulting International

Agroscope : « le centre de compétence de la Confédération [suisse] dans le domaine de la recherche agronomique et agroalimentaire »

CAW : Chambre d'Agriculture de Wilaya

CE ou Ec : conductivité électrique en mS/cm

CEC : capacité d'échange cationique

CTIFL : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

DSA : Direction des Services Agricoles

ENG ; Entreprise Nationale des Granulats, Unité Béni-Saf Pouzzolane.

GGR : Groupe Génie Rurale, Liège Béjaia

ITDAS: Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne

ITCMI: Institut technique des Cultures maraichères

INRAA: Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie

KOPIA : Korean Project on International Agricultur

pH : Unité de mesure de l'acidité, sur une échelle allant de 1 à 14.

SAU : Surface agricole utile.

TABLEAUX et GRAPHIQUES

Tableau 1: Composition moyenne pour 100g de fraise crue.....	19
Tableau 2 : Caractéristiques chimiques et physiques de quelques substrats ydroponiques...26	
Tableau 3 : Composition de la Solution nutritive.....	36
Tableau 4 : Analyse de la variance Anova.....	38
Tableau 5 : Traitements Phytosanitaires.....	54
Tableau 6 : Récoltes en gramme par plant par substrat durant le cycle.....	55
Tableau 7 : Rendements en gramme par plant par substrat par bloc.....	56
Tableau 8 : Rendements moyens cumulés (gramme/ plante) et (tonne/hectare).....	39
Graphique 1: Production mondiale de fraise par pays.....	20
Graphique 2 : Evolution des rendements (q/h) dans les trois wilayas.....	21
Graphique 3 : Production de la fraise gramme/plante par substrats.....	40
Graphique 4 : Evolution mensuelle des rendements par substrats.....	41

LISTE DE FIGURES et PHOTOS

Photo 1. : Aquarelle d'un plant de fraisier (Atlas des plantes de France 1891).....	8
<i>Atlas des plantes de France, A Masclef 1891 Fichier 103 Fragaria vesca L.</i>	
Figure 1. : Allongement et croissance d'un stolon	6
Figure 2. : Fleur avec pétale de couleur rose (variété inconnue).....	6
Figure 3. : Fleur avec pétale de couleur blanche variété Savana	6
Figure 4. : Akènes, styles et stigmates.....	7
Figure 5. : Grossissement du fruit, variété Savana.....	7
Figure 6. : Plant frigo	11
Figure 7.: Plant motte.....	11
Figure 8. : Trayplant.....	12
Figure 9. : Bourdon qui butine.....	14
Figure10. : Pourriture grise	15
Figure 11. : Oïdium sur fruit de fraisier	15
Figure 12. : Anthracnose sur fraise,	16
Figure 13. : Flétrissement de plants de fraise.....	16
Figure 14. : Dessèchement et tâches ternes sur fraise.....	17
Figure 15. : Noctuelle sur feuille.....	17
Figure 16. : Feuille de fraise infestée par les pucerons.....	17
Figure 17. : Dommages d'acariens sur fruits et feuilles de fraisier.....	18
Figure 18. : Lésions racinaires sur racines de fraisier.....	18
Figure 19. : Culture de la fraise Russicada sur terrain en pente 2017.....	22
Figure 20. : Localisation du site d'étude.....	27
Figure 21. : Serre multichapelle	27
Figure 22. : Fossés d'évacuation du drénât.....	29
Figure 23. : pose de paillage blanc Confection des tables Préparation des lits	30
Figure 24. ; Préparation des substrats.....	33
Figure 25. : Plantation.....	34
Figure 26. : Mise en place des goutteurs.....	34
Figure 27. : Vue générale de l'essai à la fin de la plantation.....	34

Introduction

La fraise étant très appréciée dans le monde, pour sa valeur nutritionnelle et économique, est cultivée en intensif, en sol et sous abris (tunnels et sous serres), ce qui a pour conséquence l'apparition de maladies et ravageurs liés aux sols. C'est pourquoi, le recours à l'utilisation de substrats de culture peut être envisagé afin de pallier aux problèmes liés aux différentes infestations d'origine telluriques. De plus, cultivée en système surélevé, les opérations culturales du fraisier sont plus agréables pour les employés, et cela permet de réduire de façon considérable les frais de récolte et d'entretien (Prémont, 2015).

Le Fraisier en hors sol peut être cultivé sur laine de roche, terreaux ou la fibre de coco, en Espagne le fraisier est aussi cultivé sur gravier et sable mais aussi sur du sol isolé par un film plastique (Vitre., 2003).

La production de la fraise en Algérie est considérée comme un atout créateur de richesse, elle a coïncidé avec le développement de la plasticulture durant la campagne 1989 -1990 ACI, (2020), exclusivement pratiquée en sol en utilisant des méthodes de culture conventionnelles. De 2010 à 2016, le groupe Cevi agro a été le premier à cultiver la fraise en hors sol sur des sacs de fibre de coco (importé).

La culture hors sol, d'après El-Kazzaz, (2017), est l'une des techniques largement répandue pour les cultures maraîchères et florales dans le monde. Elle se définit comme «toute méthode de culture de plantes sans l'utilisation du sol comme milieu d'enracinement, dans laquelle les nutriments inorganiques absorbés par les racines sont fournis via l'eau d'irrigation. Dans la culture hydroponique stricte le concept de base est assez simple. Lorsque les racines sont en suspension dans l'eau en mouvement, elles absorbent rapidement la nourriture et l'oxygène. Elle est également utilisée comme

un outil pour résoudre un large éventail de problèmes, y compris la réduction de la contamination des sols et des eaux souterraines. (Rouphael et *al.*, 2008).

Des études ont démontré l'importance des cultures en hors sol tel que le travail fait sur l'évaluation des rendements et de la qualité des fruits de cultivars de fraises cultivés dans deux systèmes (sol et substrat). (Secatto., 2013). Economiquement plus rentable les cultures hors sol utilisent moins de pesticides, un avantage qui a fait l'objet de plusieurs études comme celle qui traite l'importance de la production de fraises hors sol comme alternative à la fumigation des sols au bromure de méthyle.

(Ashwin., 2003) et celle sur la réduction des produits phytosanitaires en culture hors sol du fraisier. (Turquet., 2019). D'autres travaux qui traitent de l'optimisation de la fertirrigation de la fraise conduite en système hors sol. (Zérbino, 2018).

En Europe et aux Etats unis d'Amérique plusieurs travaux de recherche ont été réalisés sur les substrats locaux économiquement rentables, tels que les travaux de comparaison des substrats organiques avec des substrats minéraux sur la culture hors sol de la tomate. (Screttni., 2004).

Au Canada, des substrats à base de sciure et d'écorce de pins ont été étudiés pour identifier ceux qui sont le plus propices à la culture du fraisier, (Depardieu., 2016).

En Algérie, des études récentes sur le fraisier ont été menées, une à l'INRAA et l'autre à l'université de Khemis Méliana sur, l'itinéraire de la production de la fraise en hors sol. (Benmouhoub, 2020).

Et sur l'optimisation du pilotage de la fertigation dans une culture hydroponique cas de la fraise, la laitue et la tomate (Feurtas., 2020). Une étude a évalué l'aspect économique de la production de la fraise hors sol en Algérie. (Dahou, 2012).

Enfin, des travaux sur les propriétés physiques et chimiques et l'effet des substrats sur la production de jeunes plants de chêne liège en hors sol, en pépinière forestière, par Bouchaour., (2015) et Chouial.,(2005).

C'est donc, dans le cadre de la valorisation des produits locaux et du développement de substrats de substitution pour la culture hors-sol, afin de réduire les importations et d'accompagner au mieux les fraiseuriers pour améliorer les techniques de production, que cette étude est menée. Les essais ont été réalisés à l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI Staoueli), au niveau de la station de démonstration et de production de semences de Zéralda en collaboration avec l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) et le Centre d'Agriculture Coréen, (KOPIA). L'objectif étant d'identifier le ou les substrats les plus propices à la culture hors sol sous serre, dans notre cas il s'agit du fraisier.

Ce présent travail s'oriente autour de la problématique suivante : comparaison des rendements du fraisier sur plusieurs substrats locaux en adoptant une technique de culture surélevée.

Dans la première partie de ce travail, une synthèse bibliographique traitera du descriptif, de la culture du fraisier et quelques notions sur les substrats et la deuxième partie sera consacrée à l'expérimentation, la conduite de l'essai et en fin conclusion et perspectives.

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.1. Origine du fraisier

Le fraisier actuellement cultivé (*Fragaria X ananassa* Duch.), résulte d'un croisement entre un fraisier nord-américain (*Fragaria virginiana* Duch. et un fraisier sud-américain (*Fragaria chiloensis* Duch, espèces octoploïdes, ($2n = 8x = 56$ (L)). La découverte de nouvelles espèces a permis d'effectuer d'autres croisements mais *Fragaria x ananassa* Duch. est actuellement l'espèce la plus cultivée et regroupe l'ensemble des espèces cultivées de fraisier. (Bailly., 2018).

Du point de vue botanique, cette plante herbacée appartient à la grande famille des Rosacées du genre *Fragaria* formant une série polyploïde, le génome de base ayant 7 chromosomes. (Bosc., 1973).

1.2. Description morphologique

1.2.1. Racines

Le plant de fraise est herbacé à rhizome fasciculé plus ou moins développé, les racines primaires épaisses qui jouent le rôle de support naissent à la base des feuilles et sont pérennes elles se distinguent par leur couleur marron foncé, des racines secondaires ou nourricières, qui sont de couleur ivoire dont la fonction est l'absorption des nutriments et le stockage de réserve et ont une courte durée de vie. La profondeur du système racinaire est très variable, selon le type de sol, la plupart (90 %) se trouvant dans les 25 premiers cm. (Altamirano., 2004).

1.2.2. Tige ou couronne

La couronne est la partie centrale du fraisier qui repose sur la surface du sol et forme des racines à la base. La couronne est le principal point de croissance à partir duquel les bourgeons axillaires se forment, produisant à la fois une croissance végétative (verte) et des grappes de fleurs. (Bolda. et *al.*, 2015).

1.2.3. Feuilles

Les feuilles apparaissent en rosette et sont insérées dans la couronne, elles sont composées, trifoliées et se forment tout au long de la croissance, aux bords dentés, elles ont des stipules à leur base et leur épaisseur varie selon la variété, de couleur verte plus ou moins intense, leurs face inférieure est poilue. (Altamirano., 2003).

1.2.4. Stolon

Le stolon est une longue tige mince, rampante qui se forme à partir des bourgeons axillaires des feuilles situées à la base de la couronne, ils se développent en grande quantité lorsque les températures sont élevées.

A l'extrémité du stolon se forme une rosette de feuilles qui en contact avec le sol émet des racines qui vont donner naissance à une nouvelle plante avec les mêmes caractères que la plante mère. Dans une plantation commerciale il est préférable d'éliminer les stolons pour favoriser la production de fruits. (Bolda. et *al.*, 2015).

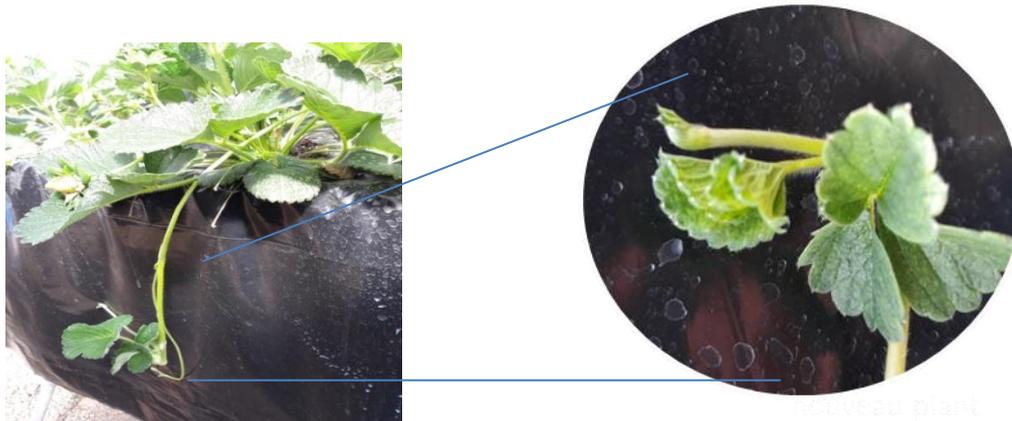


Figure 1. Allongement et croissance d'un stolon. (Originale).

Les stolons permettent la multiplication végétative et la formation de nouveaux plants (Fig1). La multiplication par graine est par contre presque exclusivement réservée à la création variétale. (Rissier et Navatel, 1997).

1.2.5 . Fleurs

Les fleurs sont regroupées en cyme. La fleur du fraisier est pédonculée avec un gros réceptacle qui s'hypertrophie après la fécondation et devient la partie charnue et comestible, de couleur blanche le nombre de pétales varie de 5 à 8 (Fig.2 et 3).



Figure 2 : Pétales rose. Variété Inconnue (originale)



Figure3 : Pétale blanche, Variété Savana (originale)

Sommairement, la fleur du fraisier est composée d'étamines (organes mâles), qui produisent le pollen, et de pistils (organes femelles). L'ovaire (partie inférieure du pistil contenant l'ovule) doit absolument être fécondé par le pollen pour former une graine et assurer le développement du fruit.

Une fleur peut contenir de 80 à 400 pistils. Le pistil est réceptif avant même que le pollen des étamines ne soit mature, ce qui encourage la pollinisation croisée. La fleur peut quand même être auto fertile, car le pistil demeure réceptif pendant une période suffisamment longue pour que son propre pollen devienne mature et féconde l’ovaire. (Thériault et Asselin., 2013).

1.2.6. Fruit

La fraise correspond au réceptacle charnu sur lequel sont disposés les akènes, ces derniers sont les véritables fruits au sens botanique du terme (Rissier et Navatel, 1997). Les akènes, communément appelés graines, sont des fruits secs indéhiscent, d’environ 1 mm de long qui sont insérés à la surface du réceptacle ou dans de petites dépressions plus ou moins profondes appelées cryptes ou alvéoles, la couleur des akènes peut être jaune, rouge, vert ou marron. (Altamirano, 2003). La grosseur du fruit est fonction du nombre d’akènes fécondés. (Bolda, et al., 2015).

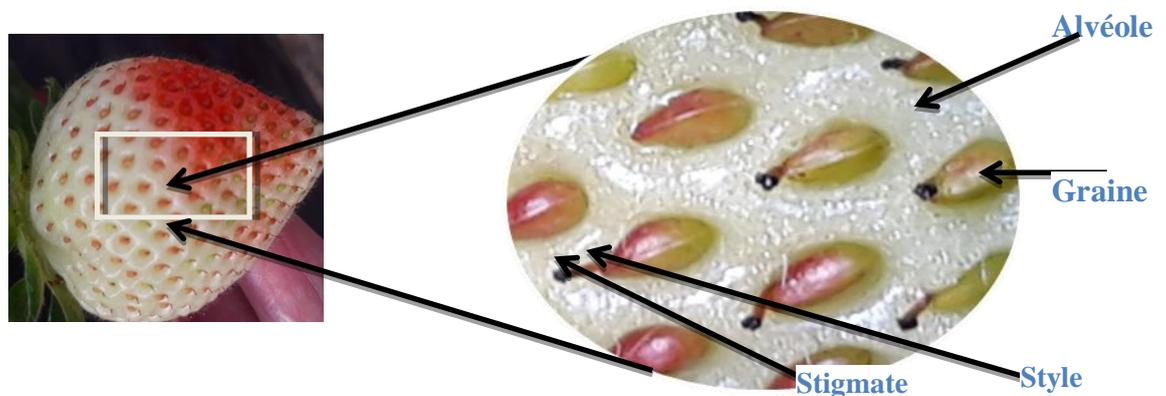
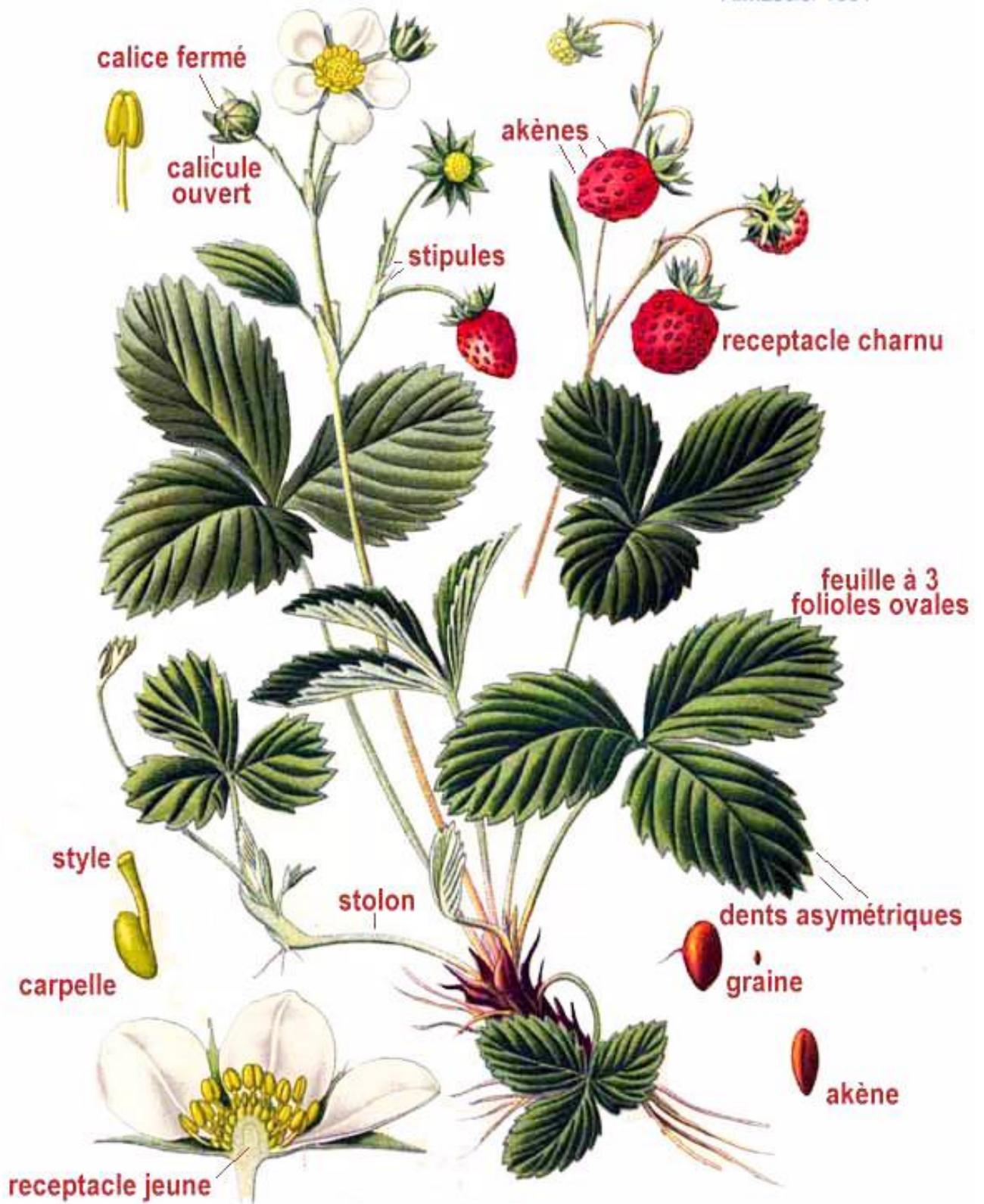


Figure 4 : grossissement montrant les akènes, styles et stigmates (originale)



Figure 5 : Grossissement du fruit, variété Savana. (Originale).



Pl. 05 Fraisier commun *Fragaria vesca* L.

Photo 1 : Aquarelle d'un plant de fraisier (Atlas des plantes de France 1891).

1.3. Types de variétés

1.3.1. Variétés non remontantes

Dites de jours courts qui présentent une initiation florale à l'automne et fleurissent au printemps suivant; elles ont besoin de journées courtes avec moins de 13h d'ensoleillement (automne et printemps) pour pouvoir fleurir avec des températures fraîches n'excédant pas les 15°C (Guttridge, 1985). Ces génotypes produisent des stolons pendant tout l'été. (Fouquin., 2020).

1.3.2. Variétés remontantes

Dites de jours longs qui ont la capacité de fleurir en continu tout au long de l'été et qui a contrario produisent peu voire pas de stolons. (Fouquin., 2020) tant que les températures le permettent, comprises entre 15 et 20 °C. (Guttridge., 1985) avec une photopériode supérieure à 12h. (Haddaoui., 2020).

Les variétés à floraison continue, remontantes, sont intéressantes du point de vue économique, car elles permettent d'allonger la période de production des fruits. (Fouquin, 2020). Cette particularité constitue un critère de choix pour le producteur en plus de la destination du produit, soit pour la consommation ou bien la transformation. (Zerbino , 2018).

1.4. Cycle annuel du fraisier

Le fraisier est une plante vivace, se caractérise par une morphologie évolutive (repos végétatif, émission de stolons, fructification).

- **En été**, sous l'action des jours longs et des températures élevées la croissance des organes végétatifs sont favorisés ;
- Sous l'action des jours décroissants et des températures devenant plus fraîches en automne, la croissance végétative ralentit, l'induction et l'initiation florale peuvent démarrer. Parallèlement, une accumulation de réserves se fait dans les racines et le rhizome pour permettre à la plante d'affronter l'hiver ;
- **En hiver**, les jours sont courts et les températures basses. Les plants entrent alors en dormance, stoppant croissance végétative et initiation florale.
- **Au printemps**, sous l'action des températures plus élevées et de l'augmentation de la durée du jour, la croissance redémarre. On observe le développement des hampes florales initiées à l'automne, puis la floraison et la fructification.

Dans certains cas, il peut y avoir une nouvelle initiation florale, notamment dans des conditions de production où le démarrage de la plante est stimulé pendant l'hiver, productions hors sol précoces. (Bosc et Massetani ; 1997).

1.5. Types de plants

Il existe de nombreux types de plants et chaque type possède ses particularités :

1.5.1. Plant frigo

Les plants sont produits à partir de pieds mères en sol. Les stolons sont arrachés pendant le repos végétatif du fraisier et conservés à des températures négatives jusqu'au moment de la plantation estivale (Bosc J-P et Bardet A., 2014). (Fig.6)



Figure 6. Plant frigo de fraisier (AnjouPlant 2019).

1.5.2. Plant motte

Le plant motte est un stolon raciné sur une motte, élevé pendant 3 à 4 semaines. (Carmentran , 2018). (Fig.7).



Figure 7. Plant motte de fraisier (AnjouPlant, 2019).

1.5.3. Trayplant

Le Plant est produit à partir d'un stolon (ou d'une motte), repiqué début août sur une motte conique d'un diamètre de 8 cm. Il grossit pendant l'automne sous aspersion fertilisante, chez un pépiniériste ou chez le producteur en suivant certaines règles. (Fig.8). Conservé en frigo entre 0 et 2°C pendant environ 1 mois, ou mise en frigo dit de conservation à -2°C après un arrêt de végétation de 4 à 9 mois (Carmentran., 2018).



Figure 8. Trayplant (AnjouPlant, 2019).

1.6. Culture du fraisier, exigences environnementales

1.6.1. Température et lumière

La connaissance des exigences du milieu est indispensable pour avoir une production quantitative et qualitative. En matière de température, le fraisier est une espèce microtherme qui supporte des températures très basses inférieures à +6°C. C'est durant le repos végétatif que les besoins en froid sont satisfaits pour lever la dormance des branches. (Bianchi., 1997).

Les besoins en froid sont faibles pour les cultivars de zone chaude ou tempérées, “ variétés méridionales ” alors qu'ils sont élevés pour les cultivars de zones froides.

Si ces besoins ne sont pas satisfaisants, l'initiation florale sera très faible et la fructification médiocre. En période florale, les basses températures (- de 2 °C) et excessives (+ de 34°C) sont défavorables (couleur des fleurs, malformation des fruits). Une bonne fécondation exige une température de 20°C et une humidité relative inférieure à 60%. La maturation normale du fruit nécessite une température optimale de 25-26°C. (Bianchi., 1997). La culture du fraisier est également influencée par la luminosité. C'est ainsi qu'en jours longs la plante produit des stolons. L'initiation florale est déclenchée par l'apparition de jours courts, mais lorsque les jours courts sont maintenus durant un temps prolongé, ils provoquent l'entrée en dormance des plantes. Pour lever cette dormance, il faut exposer les plants à une basse température (2°C- 10°C). Plus cette température est basse, plus courte est la durée nécessaire d'exposition au froid. Les fleurs centrales sont celles qui donnent les plus grosses fraises, il faudra donc les préserver du gel. (Zerbino., 2018).

1.6.2. Terrain

Même si le fraisier s'adapte à une large gamme de sols, il préfère des terres riches en matière organique, aérées bien drainées et avec une certaine capacité de rétention d'eau. Il craint les sols compacts mal drainés et redoute les chlorures même à des doses faibles de l'ordre de 0,5% et la teneur en calcaire actif doit être inférieure à 2%. La plus part des variétés de fraisier apprécient un sol à pH plutôt acide entre 6.0 et 7 une matière organique de 2 à 3% serait souhaitable (Altamirano., 1997).

1.6.3. Eau et fertilisants

C'est une plante très exigeante en eau, un stress hydrique de quelques jours peut entraîner une baisse de rendement. Les éléments nutritifs les plus importants dans la culture du fraisier, sont l'azote le phosphore et la potasse. La fertilisation du fraisier avant plantation est à adapter selon le sol. Ainsi, il est important de connaître la disponibilité de ces éléments minéraux avant la plantation. L'objectif est d'avoir : 80 à 100 unités d'azote, 120 de phosphore et de 150 à 200 unités de potasse. (Carmentran., 2018).

1.6.4. Pollinisation

Pour obtenir des fruits uniformes et d'un meilleur calibre, le travail des insectes pollinisateurs est nécessaire. La production peut être augmentée de 23% grâce à la pollinisation. Une étude menée par Allen et Gaede (1963) démontrent que des fraisiers mis en cage, sans insectes et sans vent, ne produiront que 20 % de fruits. Ces mêmes plants, sans insectes pollinisateurs, mais brassés par le vent, auront une mise à fruit de 77 %. Ce taux monte à 97 % lorsque des insectes pollinisateurs sont ajoutés. (Thériault, 2013). En production serricole, les bourdons sont fréquemment utilisés(Fig.9). Une ruche de 80 bourdons couvre une surface de 700 à 1000 m². (Carmentran., 20018).



Figure 9. Bourdon qui butine une fleur de fraisier (Originale).

1.7. Maladies et ravageurs

Le plant de fraisier est sujet à diverses maladies et attaques dues aux champignons, virus, insectes, acariens..etc les plus importantes sont :

1.7.1 Pourriture grise

Causée par le champignon *Botrytis cinerea*.

Un champignon qui endommage le fruit produisant une pourriture molle, et lorsqu'elle est très sévère, elle est entièrement recouverte d'un duvet gris. Son développement est favorisé avec une humidité élevée et une faible température, il peut pénétrer dans le fruit par les spores. Les manipulations excessives à la récolte, favorisent la propagation de la maladie. (Altamirano, 1997).



Figure 10. Pourriture grise sur fraise (O r i g i n a l e).

1.7.2. Oidium

Provoqué par *Podosphaera macularis*, ex-*Sphaerotheca humuli*,

Le blanc du fraisier (Fig.11) favorisé par les périodes humides et chaudes. On observe l'apparition de mycélium blanc qui s'étend sur les feuilles celles-ci se recroquevillent et sèchent. (Bianchi., 1997).



Figure11. Oidium sur fraise (Originale)

1.7.3. Anthracnose

Causée par le champignon *Colletotrichum fragariae*, la maladie se manifestant par des lésions rondes de 1 à 2 cm sur les fraises, avec le centre de la tache enfoncée en « coup de pouce » (Fig12) de couleur « bronzée », favorisée par temps doux et humide—éclaboussures de pluie. (Paulus.,1990).



Figure 12. Lésion « coup de pouce »(Originale).

1.7.4. Verticilliose

Le flétrissement Verticillien, maladie vasculaire causée par un champignon, le *Verticillium dahliae* ce champignon survit dans le sol pendant 8 à 12 ans, produit une flétrissement rapide de la plante en saison sèche, commençant par les feuilles périphériques, dommages qui surviennent généralement dans le première année de plantation. La maladie apparaît dans secteurs isolés du campus et est souvent confondu avec un manque d'eau, car il s'agit en fait d'une maladie vasculaire. (Fig.13). (Altamirano, 1997).



Figure13. Flétrissement de plant de fraise. (Gasq, 2018).

1.8. Insectes et autres ravageurs

1.8.1. Thrips

De petits insectes piqueurs, de couleur jaune brun qui s'attaquent aux fleurs et fruits. Ils provoquent le dessèchement voir l'avortement des fleurs et des taches ternes sur les fruits.(Fig14). (Péron, 2006).



Figure14. Dessèchement et taches ternes sur fraises (ACI. 2017).

1.8.2. Noctuelle

Les chenilles de ce lépidoptère s'attaquent à la fois aux feuilles et fruits des fraisiers. Les blessures constituent des portes d'entrée à d'autres parasites (champignons et bactéries) (Fig .15), (Péron, 2006).



Figure 15. Noctuelle sur feuille (ACI. 2017).

1.8.3. Pucerons

Insectes représentés par *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* qu'on retrouve sur le revers de nouvelles feuilles et les bourgeons. Les pucerons secrètent un miellat (Fig.16) qui provoque des dommages aux feuilles et aux fruits de plus, ils sont vecteurs de maladies virales. (Péron, 2006).



Figure.16. Feuille de fraise infestée par les pucerons (ACI,2017).

1.8.4. Acariens

Petites araignées visibles à l'œil nu, localisées sur la face inférieure des feuilles (Fig.17). On observe un aspect gris jaunâtre sur les feuilles qui se dessèchent avec un ralentissement du grossissement du fruit. En cas d'infestation sévère, le feuillage est couvert de toiles. (Péron., 2006).



Figure 17. Dommages d'acariens sur fruits et feuille, de fraise (ACI. 2017).

1.8.5. Nématodes, *Pratylenchus* sp.

Organismes microscopique vivant dans le sol et attaquent les racines causant l'apparition d'excroissances qui induit une réduction de la vigueur et de la production (Péron., 2006) (Fig.18),



Figure 18. Lésion racinaires sur fraisier. (ACI 2017).

Il existe d'autres maladies et d'autres ravageurs touchant le fraisier. Les mesures de prévention et de vigilance s'avèrent efficaces contre la plupart de ces maladies. Un paillage du sol et des arrosages au goutte-à-goutte, sans toucher les plants sont des moyens supplémentaires de prévenir les infections. Lorsque les plants sont infectés, quelle que soit la maladie, il faut supprimer et brûler les parties malades et ne pas cultiver au même endroit l'année suivante. Respecter les rotations et les techniques culturales, une fertilisation adaptée en azote, phosphore et potassium avec un bon drainage et bien entendu s'assurer de la qualité des plants. (Bué, 2015).

1.9. Valeur nutritionnelle de la fraise

Connue pour sa richesse en éléments nutritionnels la fraise est peu calorique, riche en vitamine B9, en fibres et avec 90.3% de matière fraîche, elle est désaltérante et grâce aux antioxydants et aux flavonoïdes qu'elle renferme elle stimule le système immunitaire. (Aprifel 2021).

Tableau 1. Composition moyenne pour 100 g de fraise crue

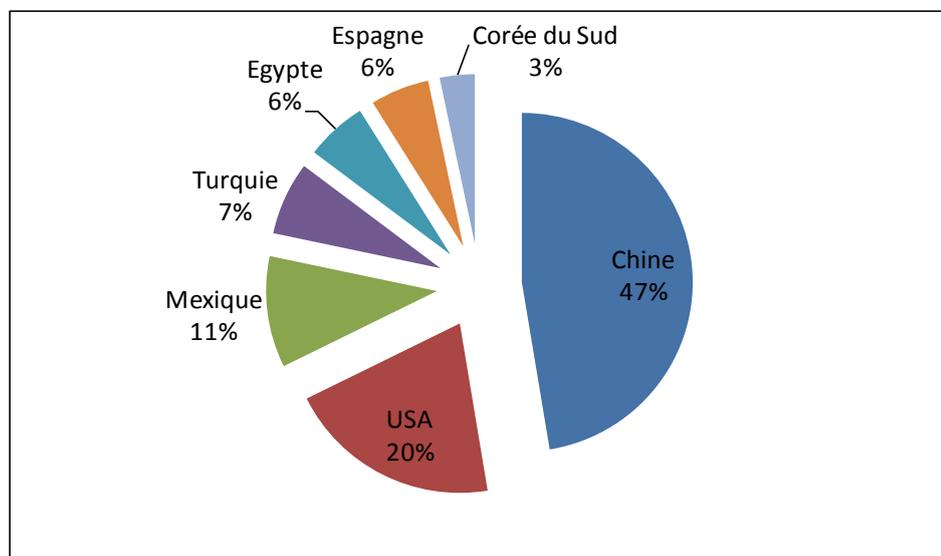
Nutriments	Teneur moyenne	Nutriments	Teneur moyenne
Energie	38,6 kcal	Manganèse	0,3 mg
Eau	90,3 g	Phosphore	23,6 mg
Protéines	0,8 g	Potassium	165,0 mg
Glucides	4,1 g	Sélénium	< 0,22µg
• Sucres	4,1 g	Sodium	2,6 mg
• Amidon	0,0 g	Zinc	0,1 mg
• Fibres alimentaires	2 g	Beta-Carotène	3,5 µg
Lipides	0,3 g	Vitamine E	0,2 mg
Calcium	14,9 mg	Vitamine K1	11,1 µg
Fer	0,3 mg	Vitamine C	67,0 mg
Iode	5,0 µg	Vitamine B3 ou PP ou Niacine	0,6 mg
Magnésium	13,0 mg	Vitamine B5 ou Acide pantothénique	0,3 mg
Vitamine B6	0,1 mg		
Vitamine B9 ou Folates totaux	43,0 µg		

(Aprifel 2021.)

1.10. Production de la fraise

1.10.1. Dans le monde

Au classement de 2019, la production mondiale de la fraise a atteint 9.2 Million de tonnes. La chine est le premier producteur dans le monde avec 3.04 M de tonnes couvrant 47% de la production mondiale, le deuxième producteur, les Etats Unies avec 1.3 Millions de tonnes suivi du Mexique de la Turquie de l’Egypte de l’Espagne et de la Corée du Sud. (NationMaster 2019).



Graphique 1 : Production mondiale de fraise par pays (NationMaster 2019).

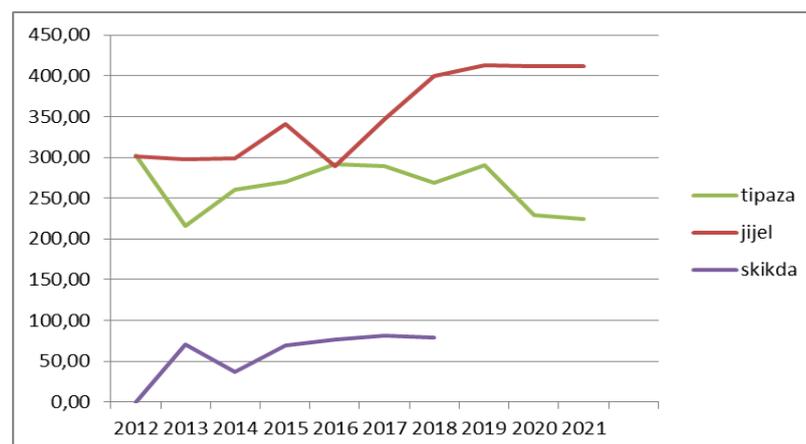
Les principaux pays exportateurs de fraises sont l'Espagne, les États-Unis le Mexique, avec une part combinée de 60% des exportations mondiales suivis par les Pays-Bas, la Belgique, l'Égypte, le Maroc, la Grèce et la Turquie, avec un volume de 25% supplémentaires. (Global strawberry 2020).

1.10.2. En Algérie

Considérant le vaste territoire de l'Algérie avec des conditions climatiques différentes la production du fraisier permet un étalement suffisamment long de la production, qu'elle soit destinée pour l'exportation, pour la consommation locale mais aussi la conserverie. (Bosc., 1973).

La production de la fraise est localisée dans la région centre (Tipaza, Alger et Blida), et à l'Est dans les wilayas de Jijel et Skikda. Dans l'ensemble, sur le territoire national les rendements sont moyens et varient entre 350 et 400 qx/ ha en plein champs et sous abris entre 400 et 500 qx/ha. (DSA Alger 2019).

En se basant sur les données statistiques (DSA, 2021), nous pouvons dire que pour l'année 2021 la wilaya de Jijel vient en première position, une évolution constante et stable dans le temps suivi de la wilaya de Tipaza cette dernière a connu une baisse de production suite à la réduction des superficies durant l'année pandémique (2019) et enfin la wilaya de Skikda dont la majorité de sa production est dédiée à la culture de la fraise endémique et ne peut être comparée avec les autres wilayas.



Graphique 2. Evolution sur 10 années des rendements (q/ha) dans les trois wilayas données DSA 2021.

- **Dans la wilaya de Skikda**, il convient d'ouvrir une parenthèse sur la fraise endémique de Skikda « Russicada ». En effet, selon les archives coloniales, les premières expériences d'implantation du fraisier a commencé en 1885 sur quelques hectares. De 1930 jusqu'à l'indépendance des générations Italiennes et Algériennes ont réussi à préserver cette culture à travers la maîtrise de son itinéraire technique.

Selon le président de l'association des producteurs de la fraise de Skikda, aujourd'hui la fraise de la région « lemkerkba » (la dodue), vieille de 136 ans, s'est adaptée aux conditions locales de la région et reste l'une des rares au monde à être encore cultivée de manière traditionnelle. Menée essentiellement en plein champs par les femmes qui assurent les travaux de binage et parfois de cueillette dans des conditions très pénibles. Occupant des sols des versants marins allant de Stora jusqu'à Oued Bibi, les superficies cultivées se nichent toutes sur des terres en pente (Fig.19) ci-dessous. En moyenne les rendements de la 'Mkerkba' ne dépassent pas les 50 quintaux à l'hectare (DSA 2021).



Figure 19. Culture de la fraise (Russicada 2017).

- **Dans la wilaya de Jijel**, selon les informations recueillies par le Secrétaire Général de la Chambre d'Agriculture de la wilaya, la fraise a évolué graduellement depuis 2002 en passant d'abord de la culture sous serre à la culture sous tunnel, les serres étant consacrées pour les autres cultures légumières, et ce, grâce aux efforts conjoints des services agricoles et l'association des producteurs de fraise, très impliquée auprès des producteurs de fraise. Les superficies sont passées de 4 ha en 2002 à 474 ha pour cette année (2021) avec des rendements moyens d'environ 413 q/ha. Ce qui place cette wilaya première à l'échelle nationale pour cette année.
- **Dans la wilaya de Tipaza** la production du fraisier a été initiée pour la première fois en plein champs en 1986, à cette époque seuls quelques agriculteurs ont tentés la culture du fraisier et ont travaillé sur la maîtrise de la technique culturale et même la production des plants par stolons, malheureusement rapidement abandonnées car la gestion des maladies était difficile et méconnue. La production a redémarré durant la campagne 1988- 1990 avec la reprise des importations des plants de fraisier et depuis, les superficies ont pris de l'ampleur jusqu'à atteindre près de 372 ha en 2021 avec un rendement moyen de près de 225 q/ha. (CAW 2021).

D'après les responsables des différentes structures agricoles (DSA, CAW 2021) et de l'avis de plusieurs producteurs de fraises, la culture du fraisier en Algérie fait face à plusieurs contraintes d'ordre économique, climatique mais aussi organisationnel ; les rendements fluctuent selon les années, en fonction de la disponibilité des plants et des prix des intrants ajouter à cela la difficulté de trouver la main d'œuvre et le remarquable changement climatique qui influe sur la réserve en eau des forages.

1.11. Culture Hors sol

1.11.1. Evolution

Bien que considérée comme culture moderne, historiquement, la culture en dehors du sol était une pratique essayée à plusieurs reprises à travers les âges. Les Egyptiens l'ont presque fait Il y a 4000 ans. (Ravive, 2008). Initiée dès 1860 par deux scientifiques Allemands « SACHS et KNOP » dans les laboratoires de recherches pour la compréhension des besoins nutritionnels des plantes. Plus tard cette technique a été perfectionnée par des scientifiques américains et anglais pendant la première moitié du 19ème siècle. C'est en 1980 qu'un véritable essor commercial de la technique a commencé, une évolution qui s'est faite à un rythme régulier et soutenu. (Vitre, 2003).

En Europe, les Pays Bas et la Belgique sont les précurseurs du développement des techniques hors sol et présentent les plus grandes superficies, suivit de la France de la grande Bretagne et de l'Espagne. Ailleurs dans le monde on retrouve le Japon et l'Afrique du sud. Aux Etats Unis d'Amérique, cette technique est peu répandue.

L'extension des superficies consacrées aux cultures hors sol n'a cessé d'augmenter, ce qui laisse à penser que c'est une technique qui répond aux attentes des producteurs à travers l'affranchissement des sols contaminés (salinité excessive, toxicité, pathogènes, etc.) et la meilleure performance agronomique des cultures (Urban, 2010).

1.11.2. Substrats de culture hors sol

Il existe un large éventail de substrats utilisés en hors sol, ils sont classés selon leurs origines naturelles ou industrielles minérales ou organiques. L'utilisateur pour faire son choix, se base souvent en priorité sur le coût, en privilégiant des matériaux localement disponibles tout en prenant en considération leurs avantages et limites. (Vitre, 2003).

1.11.3. Généralités sur les substrats

Le substrat joue un rôle important : il peut affecter la réponse de la plante à l'induction florale, permettant différents niveaux de vigueur végétative selon le cultivar. Le type de substrat peut interférer avec le potentiel de production des fraises et le temps, et même affecter les qualités organoleptiques (Savini, 2003).

Les propriétés physiques d'un substrat nous renseignent sur la texture et la structure des constituants solides du substrat. (Verges, 2021). Ainsi, une bonne porosité d'un substrat doit assurer la présence d'une proportion satisfaisante d'air et d'eau, un substrat stable doit présenter une structure homogène dans le temps et dans l'espace. (Vitre, 2003). Un substrat qui n'est pas inerte interfère chimiquement avec la phase liquide et donc, la composition de la solution nutritive, d'où l'importance de connaître la réactivité chimique des substrats.

Pour les propriétés biologiques des substrats, ils concernent les supports organiques. Ils permettent le développement d'une activité biologique avec la présence de micro-organismes qui entrent dans les processus de minéralisation et d'humification. Afin de s'assurer de cette activité, on peut évaluer le rapport C/N, (Prémont, 2015). De plus le substrat doit être exempt de maladies, de graines, d'adventices, ou de toutes autres substances toxiques, sans pour autant être stériles. En fin, sur le plan pratique,

les supports de culture devraient être recyclables, faciles à mettre en place et à désinfecter. (Sheikh, 2006)

Tous ces paramètres font que la qualité et la composition du substrat joue un rôle déterminant dans la rentabilité des cultures.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques et physiques de quelques substrats hydroponiques.

	Fibres de coco	Laine de roche	Vermiculite	Perlite	Argile expansée	Pouzzolane
Caractéristiques physiques						
Masse volumique apparente (kg/m ³)	40 à 90	50 à 70	80 à 130	80 à 120	400 à 800	500 à 1200
Porosité	95%	90 à 95	95%	90 à 95%	70 à 85	> à 70%
Disponibilité en eau	15 à 35%	70	5 à 10%	5 à 10%	1 à 10%	5 à 10%
Caractéristiques chimiques						
Capacité d'échange cationique (meq/100g)	25 à 90	Nulle	50 à 100	nulle	nulle	nulle
Electroconductivité (mS.cm-1)	0,3 et plus selon la provenance	Nulle	0,04 à 0,05	0,02	0,1 à 0,2 après lessivage	0,001 à 0,003
pH (eau)	5 à 6,5	7 à 9	6 à 8	Environ 7	7	6 à 7

(Hydrobox 2014).

Chapitre II. Matériel et Méthodes

2.1. Objectifs de l'étude

Dans le cadre de cette étude l'hypothèse suivante a été émise :

Les substrats locaux peuvent être utilisés comme alternatifs aux substrats importés comme la perlite et la fibre de coco.

Les objectifs de cette expérimentation sont :

- Identifier le, ou les substrats locaux les plus propices à la culture de la fraise en hors sol du point de vu rendement.
- Mettre en place un système de production hors sol avec des matériaux locaux qui permet de faciliter les opérations culturales.

2.2. Présentation du site

Le site d'expérimentation est situé à la station de démonstration et de production de semence de Zéralda (Fig.20) en zone littoral centre, sur une superficie agricole totale de 11,96 ha et d'une SAU de 07 ha.



Figure 20 : localisation du site d'étude

Google Earth Station expérimentale de Zéralda.



Figure 21. La serre multi-chapelle de la station expérimentale à Zéralda.

2.3. Dispositif expérimental

L'expérience a été menée dans une partie de la serre multi-chapelle, haute de 06 m, sur une superficie de 250 m². Couverte d'un plastique polyéthylène et présente deux (02) ouvrants verticaux et un (01) latéral. La serre dispose de deux (02) brasseurs d'air et quatre (04) extracteurs d'air, leur contrôle se fait manuellement en fonction des besoins d'aération. La serre est aussi équipée d'un système de refroidissement (cooling system) il permet de réduire les températures excessives en saison estivale. L'expérience a été présentée dans une conception de blocs complets aléatoires avec huit substrats en tant que traitements répliqués 4 fois. Les traitements utilisés sont mentionnés ci-dessous.

Date de plantation : 27.10.2020 Date de récolte : 03.01.2021 Fin de récolte : 07.06. 2021 Nbre de récoltes : 30 Densité : 15.2 /m ²							
Bloc 1	1.10cm	Bloc2	1.10cm	Bloc3	1.10cm	Bloc4	
100% PZ		80%PM 20%PR		50%PR 50%P		100%PM	
100% PM		100%PZ		100% LG		50%PM 50%LG	
80%PZ 20%LG		80%PM 20%PR		80%PZ 20%PR		80% PZ 20%PZ	
80%PM 20%PR		50%LG 50%PM		100% PZ		80%PM 20%PR	
100% LG		80%PZ 20%LG		100% PM		80%PZ 20%LG	
50%PR 50%PM		50%PR 50%PM		80%PZ 20%LG		100%PZ	
80% PZ 20%PR		100%LG		80%PM 20%PR		50%PR 50%PM	
50%LG 50%PM		100% PM		50%LG 50%PM		100%LG	

PZ : Pouzzolane
PM : Composte de palmier dattier
LG : Granulés de liège
PR : Perlite

2.4. Mise en place de l'essai

2.4.1. Désinfection de la serre (vide sanitaire)

Avant l'introduction de la culture un nettoyage à l'eau de javel a été fait, soit 0.3 ml d'eau de javel à 13% par l d'eau, appliqué sur toutes les structures de la serre à jet d'eau sur les parois, les ouvrants, l'insecte proof, les bordures les coins et le parterre. Une fois la serre nettoyée on utilise un acaricide et on cible les coins de la serre, endroits idéals pour les foyers d'acariens, notamment en période estivale où les températures sont propices pour leur développement. Après le traitement, la serre est fermée quelques jours pour faire un bon vide sanitaire.

2.4.2. Aménagement de la parcelle

Le système hydroponique étant du type ouvert, pour évacuer l'eau de drainage des fossés d'évacuation d'eau sont confectionnés sur un terrain qui présente une légère pente (2%) pour éviter la stagnation de l'eau d'irrigation (Fig22).



Figure 22 : Fossés d'évacuation du drainât

2.4.3. Confection des lits de culture et pose du paillage blanc

Le paillage blanc qui recouvre le parterre (le sol) a la faculté de réfléchir la lumière en direction des feuilles ce qui est avantageux pour la photosynthèse (Fig.23). Les lits de cultures de formes longitudinales, mobiles et pliables sont confectionnés sur site en suivant les recommandations et le modèle type mis en place au centre kopia à l'INRAA. Soutenues par des pieds en fer galvanisés, les tables (lits) de cultures sont surélevées à hauteur de 95 cm au-dessus du sol, (Fig.24) afin de faciliter les travaux culturaux et la cueillette.



Figures 23 : pose de paillage blanc ; confection des tables, et préparation des lits.

Avant de mettre le substrat, les lits se préparent, d'abord en déposant un film en plastique blanc à la base sur les barres en croix, ce film est étanche ne laisse pas passer l'eau et la solution nutritive. Par-dessus un autre film cette fois-ci, en tissu non tissé (produit local) ayant une maille qui permet l'aération uniquement, spécialement conçu pour divers usages y compris pour l'agriculture, d'une largeur de 60 cm et d'une profondeur de 20 cm.

2.5. Substrats

Pour répondre à la problématique de cette étude notre choix a été orienté vers des substrats locaux pour leur disponibilité et leur faible coût. C'est ainsi que les fibres de palmier compostées proviennent du sud du pays de l'ITDAS de Biskra, la poudre de liège non compostée de l'Est du pays, de GGR de Béjaia, et la pouzzolane de l'ENG de Beni- Saf à l'Ouest du pays.

Des analyses ont été faites au niveau du laboratoire INRAA de la division sol concernant les valeurs du pH, de la CE pour la pouzzolane, les granulés de liège et le compost de palmier dattier et sont reportés ci-dessous.

2.5.1. Pouzzolane

Roche d'origine volcanique, chimiquement inerte, présente une capacité d'échange très faible ou nulle, et un pH proche de la neutralité. Ce matériau se caractérise par une faible rétention en eau, et une très bonne porosité sa grande stabilité structurale lui assure une grande durabilité. (Martinez., 2016). Dans notre cas la pouzzolane été majoritairement formée de particules poussiéreuse < 2mm et une faible proportion à granulométrie grossières > 4mm, le pH est de 7.2 et une CE : 0.35ms/cm (INRAA 2021).

2.5.2. Perlite

Sable Siliceux volcanique chauffé à 1000°C provoque un gonflement de 20 fois le volume initiale, sous forme de flocons blancs légers, chimiquement inerte d'une porosité élevée associée à une très bonne capacité de rétention en eau avec une granulométrie entre 3 et 5 mm environ. Sa légèreté permet une mise en place rapide mais, très friable. Dans notre essai elle est importée d'Italie sa granulométrie est plutôt grossière (1 à 10mm) avec un pH de 7.2 et une conductivité électrique de 0,53ms/cm. (INRAA 2021).

2.5.3. Poudre et granulés de Liège non composté

Sous-produits agricole ou industriel, c'est un produit neutre et non toxique. Caractérisé par sa légèreté et donc facile à mettre en place, il a une grande porosité et une grande stabilité avec des particules fines moyennes et grossières qui varient de 0.5 à 8 mm. Bien que d'origine végétale, il n'est pas imputrescible. (Picard 1997). Dans notre expérience ce substrat a une granulométrie d'environ 0.5 à 4 mm, un pH de 6.96 et une CE de 0.96.ms/cm.(INRAA 2021).

2.5.4. Composte du palmier dattier

Ce substrat est issu du compostage de déchets du palmier dattier, (feuilles, Cornefs,.), chimiquement il n'est pas inerte, avec un pH de 7.3 et une CE de 3.14ms/cm.(INRAA 2021).

2.5.5. Préparation des substrats

Par mesure de précaution afin de minimiser l'apparition de différentes attaques ou maladies le substrat **compost de palmier** a été désinfecté avec un fongicide, du « Belthanol ». Dans notre essai, la Pouzzolane a été livrée sous forme rocailleuse et a nécessité plusieurs tamisages au niveau de la station expérimentale sans pour autant arriver à avoir la granulométrie souhaitée. Pour le substrat à base de **poudre et granulés de liège**, il a été reçu avec ses différentes granulométries aucun tamisage n'a été fait. Le mélange des substrats s'est fait selon les proportions du protocole expérimental et disposé dans les lits de culture surélevés. Une fois rempli de substrats, chaque lit a été alors recouvert d'un paillage plastique noir.



Figure 24. Préparation des substrats

2.6. Végétal

2.6.1. Variété

Savana est une variété non remontante destinée aux pays du bassin méditerranéen. Précoce et très productive et se distingue par sa tolérance aux maladies du sol, elle a un bon système racinaire lui permettant une excellente adaptation à différents types de sols. Le fruit d'une forme conique et allongée, de bon calibre jusqu'à la fin de la récolte avec une couleur intense et brillante. (FreshPlaza. 2018).

2.6.2. Plantation

Des plants motte ont été utilisés, dès réception ils sont triés ; en éliminant les plants mal développés ou endommagés. Le plant est enraciné dans le substrat jusqu'au collet, (ni trop profond pour éviter le pourrissement de la tige ni trop haut pour éviter le dessèchement du plant).

Espacées de 20 à 25 cm, avec 8 plants par mètre linéaire disposés en lignes jumelées, et une densité de plantation de 15,2 plant/m² et à la fin, les goutteurs ont été mis en place (Fig 25,26,27).



Figure 25. Plantation



Figure 26. Goutteur en place

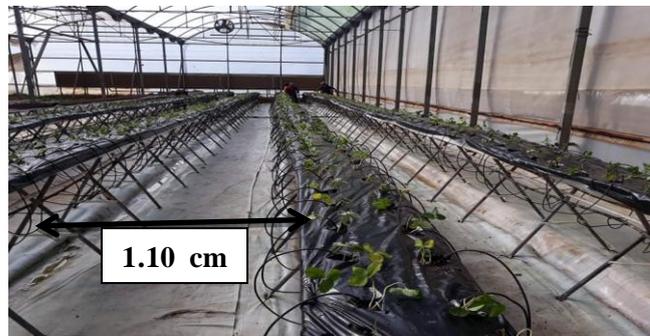


Figure 27. Vue générale de l'essai à la fin de la plantation

2.7. Besoins en éléments fertilisants

2.7.1 . Composition de la solution fertilisante

La fertilisation est basée sur des engrais de synthèse avec régulation du pH à l'Acide nitrique, le système est constitué de deux bac (Fig.31); le bac 'A' contient du Phosphate mono-potassique du sulfate de magnésium et des oligoéléments (Cu, Br,Mo,Zn), sauf le Fer, le bac 'B' contient du Nitrate de potassium, du Nitrate de calcium et du Chélate de fer (Tab.3).

Tableau 3. Éléments constituant la solution nutritive

Bac A	Engrais	g/l	g/100l	g/400l	g/500l	g/1000l
	Start-sol (12-42-10)	0,063	6,3	25,2	31,5	63
	Azo-mag sol (11%N-15% MGO)	0,13	13	52	65	130
	Potasol (0-0-50)	0,336	33,6	134,4	168	336
	Magi-sol (20-20-20)	0,4	40	160	200	400
	Tradecorp AZ II	0,03	3	12	15	30
	Tradecorp CU	0,0017	0,17	0,68	0,85	1,7
	Lower 7	0.25	25	100	125	250

Bac B	Engrais
	Kelamyth MP6, Sequestrene 138 FE (Fe)
	Boramin Ca

2.8. Entretien de la culture

2.8.1. Fertirrigation

Une seule source d'arrivée d'eau d'irrigation depuis la tête de station (Annexe 1) pour tout le dispositif, le système de fertigation étant du type ouvert le drainât n'est pas récupéré. La solution nutritive est autorégulée avec un débit horaire d'1.5 l/h. La fréquence est fonction des stades phénologiques de la plante, des conditions de température ainsi que de l'état d'humectation des différents substrats. Elle varie de 3 fois/jour en début du cycle jusqu'à 7 fois/jour en saison estivale avec une durée de 4 à 5 mn. L'irrigation se faisait le matin jusqu'à un taux de drainage d'environ 20%.

La ferti-irrigation en système ouvert a été suivie selon les recommandations Agroscope Changins-Wädenswil ACW (2005) pour la conduite du fraisier sur substrat.

Depuis le début de mise en place l'apport se fait sans excès, pour permettre un bon ancrage du système racinaire. La salinité du substrat est maintenue autour de 0.8 mS et 1,6 mS jusqu'à la floraison, puis abaissée à 1.5mS pour la production de fruits. Le pH est maintenu entre 5,8 et 6.6. L'apport de la solution est contrôlé et ajusté jusqu'à la fin de la récolte (Agroscope, 2005).

2.8.2. Pollinisation

Sous abri les courants d'air sont très faibles pour favoriser une bonne pollinisation, deux ruches de bourdons ont été introduites. Placées dans la serre dès l'apparition des premières fleurs, au centre de la serre à hauteur d'environ 1m du sol, orientée en direction de l'Est. Lors des traitements phytosanitaires les ouvertures des ruches ont été fermées pour protéger les bourdons et de l'eau a été mise à leur disposition.

2.8.3. Traitements phytosanitaires

Plusieurs maladies ont été enregistrées comme, l'oïdium et la pourriture grise ainsi que plusieurs attaques d'insectes comme les noctuelles, la mouche blanche et l'araignée. Des traitements ont été effectués selon nécessité. (Tab.5,) (**Annexe 2**).

2.9. Prises de données

Les récoltes de fruits ont été effectuées en moyenne deux fois par semaine parfois plus (ralentissement et seconde reprise). À chacune des récoltes, les fraises ont été triées par appréciation visuelle (couleur, déformation et maladies). Les pesées faites avec une simple balance et les fruits mis dans des barquettes puis dans des caisses. (Tab. 6), (**Annexe 3**).

Chapitre III. Résultats et discussion

3.1. Effet des substrats sur les rendements

Pour déterminer le rendement, nous avons évalué la production totale de fraise commercialisable exprimée en gramme/plants rapporté en tonnes à l'hectare pour chaque substrat. Les résultats sont représentés dans le tableau 8, et le graphique 3 et les données en détail en annexe 4 (Tab.7). Les données ont été soumises à une analyse de la variance ANOVA à un facteur et leur signification discriminée au moyen du test de Fisher à alpha 0.05. L'analyse a été effectuée avec le programme Statistica.

Tableau 4. Analyse statistique (Anova)

Source de variation	ddl	SCE	CM	F	p	Signification
Substrat	7	1433654,5	204807,8	17,5	1,8966E-07	***
Bloc	3	74630,0	24876,7	2,1	0,12738779	ns
Erreur	21	245769,8	11703,3			
Totale	31	1754054,3				

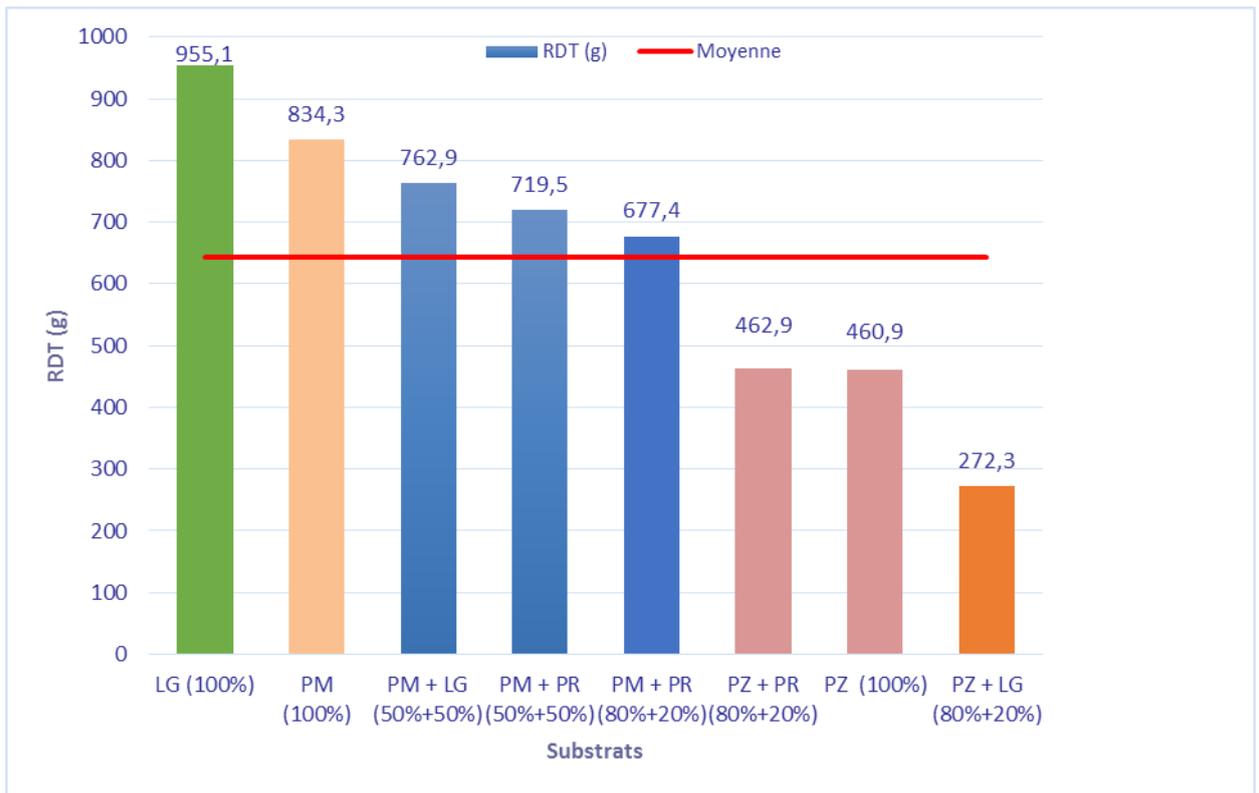
*** hautement significatif, alpha 5%. ns : non significatif.

L'analyse de la variance des résultats de l'effet des substrats sur les rendements révèle un effet très hautement significatif, avec $p < 0.05$. Ce qui nous mène à dire que le facteur substrat a un impact sur le rendement.

Tableau 8. Rendements moyens cumulés (gramme/ plante) et (tonne/hectare).

Ordre de classement	Substrat	RDT (g/plt)	RDT (t/ha)	Groupe statistique
1	LG (100%)	955,1	57.4	A
2	PM (100%)	834,3	50.0	Ab
3	PM + LG (50%+50%)	762,9	45.7	B
4	PM + PR (50%+50%)	719,5	43.2	B
5	PM + PR (80%+20%)	677,4	40.5	B
6	PZ + PR (80%+20%)	462,9	29.0	C
7	PZ (100%)	460,9	27.7	C
8	PZ + LG (80%+20%)	272,3	16.3	D
	Moyenne	643,2		

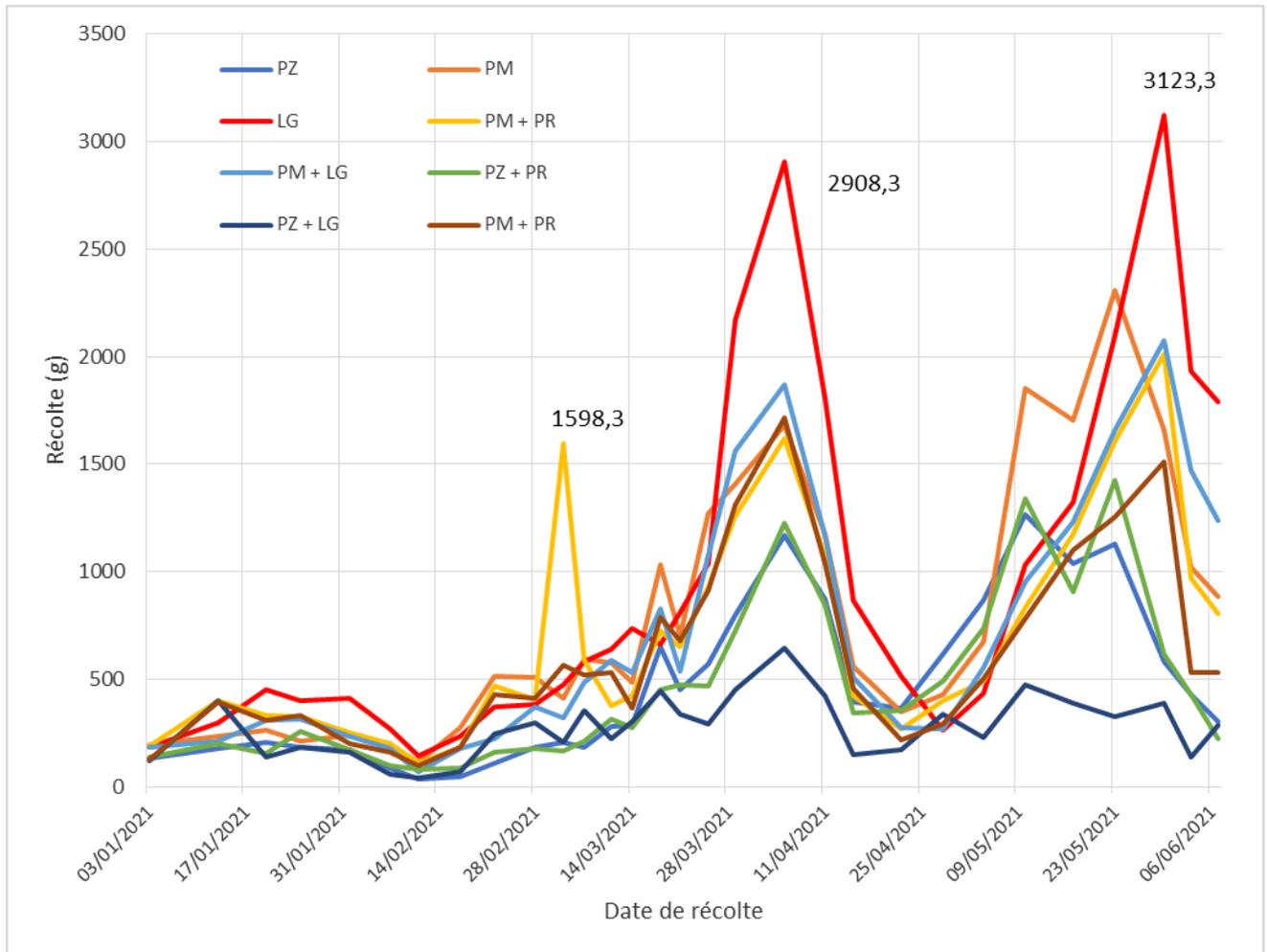
L'examen du tableau 8, résume les rendements et montre une supériorité, des valeurs moyennes enregistrées, pour le substrat (LG) et le substrat (PM) avec des valeurs maximums respectives de 955 et 834 grammes par plant et le rendement le plus faible avec le substrat (PZ + LG) 272 g/plant, Nous pouvons classer les substrats selon leurs rendements en cinq groupes distincts ; nous avons en première position le substrat (LG) suivi du substrat à base de composte de palmier dattier (PM), en deuxième position. Les substrats (50% PM + 50% LG), (50% PM + 50% PR) et (80% PM +20% PR), occupent la troisième position et l'avant dernière position enregistrée par les substrats (PZ) et (80% PZ+20 PR) et enfin le rendement le plus faible obtenu avec le substrat (80% PZ +20% LG).



Graphique 3 : Production de la fraise en gramme/plant par substrats.

Dans le graphique 3, nous remarquons que les trois premiers substrats : LG, PM, et (PM+LG),(PM+PR), se positionnent au-dessus de la moyenne globale des rendements par plante, 643.5g (Tab .8) et que les autres substrats, PZ , (PZ+PR) et (PZ+LG) ont un rendement inférieurs à cette moyenne avec un rendement très faible (272.3) pour le substrat (PZ+LG).

3.2. Évolution mensuelle des récoltes.



Graphique 4 : Evolution mensuelle des rendements par substrats.

Le relevé mensuel des récoltes nous révèle que le substrat (PM+PR) (80% +20%) a présenté un premier pic de production dès le mois de mars avec (1598.3g) par plante et ce, avant tous les autres substrats ; ceci pourrait être un indice sur une production précoce avec ce substrat. Par la suite, les cycles de production de l'ensemble des substrats sont comparables avec deux pics nettement prononcés pour le substrat (LG) qui s'est démarqué par des rendements nettement supérieurs, (2908 et 3123 gramme par plante). En Avril et Mai. Le substrat (PZ+LG) s'est distingué par un rendement, inférieur aux autres substrats.

3.3. Discussion Générale

3.3.1. Concernant les rendements

Sainsard, (2014) sur une étude d'optimisation des systèmes culturaux en fraise hors sol a révélé un pic de production qui se situe en mai-juin avec 300 à 400 g par m² et peut même dépasser 500 g par m² avec une récolte étalée de mi-avril à mi-juillet. Ramirès, et *al.*, (2018) sur une étude des rendements de la fraise sur plusieurs densités avec comme substrat la fibre de coco, étant le substrat le plus communément utilisé en hors sol, ont révélé une moyenne de 202 g/plante pour une densité de 17.6 plants/m². Des résultats semblables ont été rapportés dans la littérature, par exemple Linsley-Noakes et *al.*, (2006) ont signalé des rendements dans un système vertical pour différents cultivars de fraises (189,173, 134 et 106) g / plante pour une densité de 36 plants/m². Les rendements rapportés en tonnes par hectare, nous révèlent des valeurs qui varient entre un minimum de 16 et un maximum de 57 tonnes/ha. Selon Abbès., (2021) avec une haute technicité sous abri et en irrigué en goutte à goutte, les rendements du fraisier varient en général entre 40 et 60 tonnes/ha. De ce fait nous pouvons dire que les rendements obtenus avec les substrats à base de granulés de liège non compostés (LG), le composte de palmier dattier (PM) et de pouzzolane (PZ) semblent très satisfaisants et comparables à la fibre de coco.

3.3.2. Concernant les substrats adéquats

Les substrats à base de liège non compostés (LG) et à base de composte de palmier dattier (PM) et les mélanges (PM+LG), (PM+ PR) ont donnés les meilleurs résultats.

- **le substrat LG**, peut être utilisés à 100% ou bien en mélange. En effet, le (LG) peut être utilisé à raison de 20% jusqu'à 100% du volume total du substrat il confère une grande stabilité structurale et une bonne aération, de plus, les particules < à 1mm ont une grande capacité de rétention d'eau. Picard., (1998). Les déchets de lièges sont recommandés pour le semis en pépinière et dans l'aération des mélanges selon l'étude faite par Hamadache.,(2013) .
- **le substrat PM**, ce substrat semble stable et a donné de bons rendements. L'étude faite sur le compost à base de sous-produit de palmier dattier comme substrat réalisée par Haddad., en (2009) a démontré que le composte favorise le rendement en qualité et en quantité. Ce qui conforte nos résultats. De plus, utilisé en mélange avec la perlite (PR) il a donné une production précoce.
- **la Pouzzolane**, nous avons observé qu'on ajoutant la Perlite à la pouzzolane à raison de (20%) le rendement a augmenté d'environ 4.8%, comparé au substrat PZ seul. Par conséquent on pourrait déduire que ce matériau (PZ) (constitué en majorité par des particules fines < 2mm) se comporte mieux lorsqu'il est mélangé avec la perlite ce dernier est considéré comme un additif aérateur. Par ailleurs, nous avons constaté que dans le substrat (PZ80% + LG20%) les plants de fraisier étaient chétifs ; après humectation ce substrat avait une structure plutôt compacte ce qui peut être expliqué par la granulométrie de la pouzzolane très poussiéreuse et qui a peut-être amplifié l'effet de tassement des particules et a probablement engendré un mauvais développement du système racinaire et une mauvaise aération.

L'étude faite par Hamadache., (2013) révèle qu'une faible granulométrie (< 2 mm), la pouzzolane et le liège deviennent asphyxiants car leur capacité de rétention augmente. La masse du système racinaire se développe quand l'humidité croit jusqu'à un certain optimum au-delà duquel on observe une régression (Oussadit, 1986). Ce qui pourrait expliquer le faible rendement obtenu par ce mélange.

Conclusion

A l'issus de cette essai, durant la campagne 2020-2021, les perspectives sont nombreuses, et, nous pouvons dire que pour :

Les rendements obtenus sur les substrats locaux sont très satisfaisants que ce soit sur les substrats à base de granulés de liège non compostés ou de sous-produits de palmier dattier compostés, ou de mélange avec la pouzzolane. Les substrats utilisés se sont avérés productifs et comparables à la fibre de coco, par conséquent, peuvent êtres recommandés pour les cultures maraichères conduites sous serres. Ils peuvent donc être considérés comme des substrats alternatifs aux produits d'importation tels que la fibre de coco et la perlite (couteux et difficilement disponibles), ils peuvent être utilisés seuls, pour les substrats organiques, ou en mélange avec des substrats minéraux. Les résultats de la présente étude répondent favorablement à notre hypothèse d'expérimentation, de plus, à un coût très abordable. Il est important de respecter la bonne granulométrie de la pouzzolane pour avoir de bons rendements. Pour des raisons purement pratiques, dues à la densité élevée du PM et de la PZ, ces deux substrats n'ont pas été mélangés, par crainte d'un déséquilibre des lits de culture sous le poids des deux substrats. Il serait intéressant donc, de faire d'autres essais avec d'autres proportions de ces deux matériaux avec des ratios inférieurs à 20% pour la PZ.

Des études concernant les caractéristiques physico-chimiques de ces substrats et leur impact sur les paramètres qualitatifs pourraient compléter cette étude. La possibilité de réutilisation de ces substrats pourrait aussi nous renseigner sur leur rentabilité. Par ailleurs, une étude comparative des coûts a montré que l'utilisation de la pouzzolane a un coût de production six fois inférieur à celui du substrat de fibre de coco. (Oualet., 2016).

Le système de culture surélevé : Concernant la technique de culture surélevée avec supports, elle a été conçue dans le cadre de cet essai avec des matériaux locaux, le système étant ouvert, il a l'avantage de permettre un bon drainage, ce qui permet l'apport d'une solution nutritive neuve, à chaque irrigation, les opérations de récoltes sont facilitées avec une réduction de la main d'œuvre. Le fruit récolté est propre et il n'y a pas de travail de sol à faire. De plus, les supports sont pliables et peuvent être rangés en fin de cycle.

Faire des essais sur la réutilisation des effluents pour d'autres cultures serait très intéressants aussi. Une étude économique pourrait nous donner plus d'informations sur la rentabilité de cette technique.

Par ailleurs, il faut souligner la nécessité d'un encadrement technique et d'un soutien financier, en effet, la fertirrigation est le point clé de la réussite d'une culture hydroponique, le fraisier en particulier, car il est considéré comme très sensible à la salinité les impacts de la salinité sur le fraisier sont réels et se situent autant au niveau de la croissance végétative que de la production de fruits. (Prémont., 2015). En fin, La prise en compte des données d'autres essais, passés et futurs, pourraient permettre d'augmenter la fiabilité des tests statistiques. Ainsi, ce travail n'est qu'un début, qui demande à être revue et complété dans les années à venir.

Références Bibliographiques

A

1. **Abbès, T. ; Benicha, M. ; Mamdouh, M. (2014)** , Transfert de technologie en agriculture; *Bultin mensuel d'information et de liaison* n°201, Rendement et cout de production. 9P.
Disponible à l'adresse : <https://www.agrimaroc.net/2018/04/19/techniques-de-production-du-fraisier/> consulté le 24/06/2021.
2. **ACI NEWS (2017)**, ACI et le developpement de la culture de la fraise en Algérie. *Revue trimestrielle édition N°013*.p24.
Disponible à l'adresse : <https://www.aci-algerie.com> > uploads > 2020/05
4. **Altamirano R . C. (2004)**. Culture de la fraise automne-hivers, en Californie, aux états unis d'Amérique du nord. mémoire en vue de l'obtention du titre d'ingénieur agronome. p72. Disponible à l'adresse : <http://repositorio.cucba.udg.mx> > bitstream > handle
5. **Bianchi P. G. (1997)**. Guide complet de la culture des fraises 1997.
Editions DE VECCHI S.A. Chapitre , Milieu : p8-p10. p99. Disponible à l'adresse : <https://www.fichier-pdf.fr/2018/07/20/guidecompletdelaculturedesfraisespgbianchi/>
6. **Benmouhoub F. (2019)**. Itinéraire de la production de la fraise en hors sol. *Thèse de Master II*. Université de Boumerdès. 57P. Disponible à la Bibliothèque INRAA.
7. **Bouchaour-Djabeur S., et Merabet E., (2015)**.
Effet du substrat sur la croissance et le comportement des jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber*) élevés en pépinière (Région de Tlemcen).
Les actes du Med Suber 1 : *1ère Rencontre Méditerranéenne* Chercheurs-Gestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subérais et la Qualité du liège. Les 19 et 20 octobre 2009 – Université de Tlemcen , pp : 124-131.
8. **Bolda M., Surendra K.D., (2015)**. Strawberry Production Manual For Growers on the Central Coast. *Manuel de production*, chapitre; description. 13-15. p80.
Disponible à l'adresse : <http://cesantabarbara.ucanr.edu> > files. Consulté le 15avril2021
9. **Bosc J-P., Néri D., Bardet A., (2015)**. Le fraisier physiologie et types de plants. Edition CTIFL,132P. Disponible à la bibliothèque ITCMI Staouali. Consulté le 26.04.2021.

10. Bosc J.P., Massetani F., Mars 1997. Effect of long days and high temperatures in the nursery on the fruit production pattern of the short-day strawberry cultivar “Gariguette”. *Physiologie du fraisier* Source: Monographie CTIFL-CIREF « La fraise: Plant et variétés»(Mars1997).

11. Bailly R., (2018). Guide pratique de défense des cultures, chapitre ; Fraisier 374P, Disponible à la Bibliothèque de l’ITCMI de Staouali. Consulté le 26.04.2021.

12. Bué, M. (2015). Les fiches techniques du réseau GAB/FRAB, p4, Fraisier. Disponible à l’adresse : https://www.agrobio-bretagne.org/wp-content/uploads/2017/07/FICHE_FRAISIER_BD.pdf

C

13. Carmentran-Delias M., (2018) : fraisiers et fraises bio : réglementation et focus sur les trayplants. fiche technique 6P.

Disponible à l’adresse : <https://lot-et-garonne.chambre-agriculture>.

14. Cecatto, A P., Calvete E O, Nienow A A., Rosiani Castoldi da Costa M., Heloísa Ferro C., and Pazzinato A C., (2013). Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. *Acta Scientiarum Agronomy* V35, n°4, p 471-478.

Disponible à l’adresse: <http://www.redalyc.org/articulo.Consulté le 15.05.2021>.

15. Chouial A., (2005), PRODUCTION DE PLANTS FORESTIERS EN HORS-SOL. INRF, Bainem, Alger. 18P. Disponible à l’adresse : <https://docplayer.fr > 8761296-Production-de-plants-fo..>

16. Anonyme, (2004). CTIFL La culture du fraisier sur substrat. Chapitre 2 pages

22. Disponible à l’adresse : <https://besoinsenfroid.ctifl.fr > biblio > fraise2 PDF>.

Consulté le 24.04.2021

D

17. Dahou Y., (2012), Evaluation des coûts de production de la fraise en Algérie cas de la fraise hors- , thèse d’Ingeniorat en agronomie, ENSA , Alger. 103P.

Disponible à l’adresse : <http://catalogue.ensa.dz > cgi-bin > koha > opac-search>

18. Depardieu Claire, Prémont Valérie, BoilyCarole, Caron Jean, 2016, Sawdust and Bark-Based Substrates for Soilless Strawberry (PDF). Université Laval, Québec. Article, *Journal PLOS ONE*. Editeur: Raffaella Balestrini, Institute for Sustainable Plant Protection, C.N.R., ITALY. 12P.

Disponible à l’adresse : <https://journals.plos.org > article >>

E

19. El-Kazzaz K A, El-Kazzaz A A., (2017). Soilless Agriculture a New and Advanced Method for Agriculture Development: an Introduction. Article de recherche, Volume 3, Issue 2. 72.P *Agri Res & Tech: Open Access J. 2017; 3(2): 555610. DOI:*

10.19080/ARTOAJ.2017.<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soilless-culture>

F

- 20. Fouquin A., (2019).** Initiation florale et date de floraison chez le fraisier - GIS Fruits. *Thèse de Master, Université de Rennes1.* 25 P. Disponible à l'adresse : <https://www.gis-fruits.org › Media › fichiers › 24/06/2020>.

G

- 21. Gasq S, et Ferrera S., (2018).** [Production de fraises biologiques - Chambre d'agriculture Vaucluse PACA, guide des services. 49P.](#)
Disponible à l'adresse : <https://paca.chambres-agriculture.fr › tech bio>

H

- 22. Haddad M., (2009).** Un compost à base de sous-produits de palmier dattier comme substrat pour les cultures protégées. *Publication étude sur la qualité du compost.* 10P.

Disponible à l'adresse : <http://www.raddo.org/Publications/Un-compost-a-base-de-sous-produit-du-palmier-dattier-comme-substrat-pour-les-cultures-protgees>.

Consulté le 24 06.2021

- 23. Hamadache, K. et Amdoun, R. (2013).** Études des propriétés physiques et chimiques de quelques substrats en de pépinière forestière en Algérie. *Annales de la recherche forestière en Algérie.* Volume 10, numéro 1, page 51-61.

[Article – ASJP pdf Disponible à l'adresse : https://www.asjp.cerist.dz › down Article](#)
[Consulté le 27 juin 2021.](#)

- 24. Haddaoui, O. (2020).** Etude d'un concept novateur de culture du fraisier en butte semi-permanente : évaluation d'un substrat adapté. *Mémoire maîtrise en biologie végétale, Université Laval.* 72P.

Disponible à l'adresse :

<tps://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/38151/1/35987.pdf20>.

L

- 25. Linsley-Noakes, G.; Wilken, L.; and De Villiers, S. (2006).** High density, vertical hydroponics growing system for strawberries. *Acta Hort.* Pp708, 365–370

Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.708.63>.

[Consulté le 25.06.2021.](#)

M

26. Martinez, S. (2016). principaux substrats utilisés en hors sol.
Disponible à l'adresse : <http://s.martinez.free.fr/V2/agro/0240-substrats.php>,
Consulté le 22/05/2021. Page 2/10.

O

27. Ouaret w1, Salhi Z1, Aitkaci M3, Ounane S 2 (2016) PDF Algerian sourced low-cost inorganic sustainable ...disponible à l'adresse:
<https://www.researchgate.net › 3038...>

28. OUSADIT, G. (1986) - Influence de l'ANA et du stress hydrique sur le bouturage. Mémoire d'ING, INA, El.-Harrach, 57P.

P

29. Paiement, L. (2011) - Effets des propriétés physico-chimiques du substrat sur la croissance et la physiologie des plants d'Épinette Blanche. *Mémoire Maître es Science, université Laval - Québec*, 115P.
Disponible à l'adresse : <https://corpus.ulaval.ca › jsui › bitstream>
Consulté le 26.06.2021.

30 . Paulus, A O. (1990) Fungal Diseases of Strawberry" - Journal of the American Horticultural Society
Disponible à l'adresse : <https://journals.ashs.org › hortsci › article-p885>.

31. Péron, JY. (2006) Production légumière 2^{ème} édition p375-376, pp613.
Bibliothèque ITCMI Staouali.

32. Picard, E-P.; August, H. (1997)- Ground Substratum and its uses.
Disponible à l'adresse: <https://patents.google.com/patent/WO1998011302A1/fr>

33. Prémont, V. (2015) - LA CULTURE HORS-SOL DU FRAISIER, DES ENJEUX POUR UNE PRODUCTION OPTIMISÉE. *Mémoire Maitrise en sols et environnement Université Laval*. 63P. Disponible à l'adresse:
<https://corpus.ulaval.ca/jsui/bitstream/20.500.11794/25889/1/30587.pdf>

34. Ramírez-Arias1 J.A., Hernández-Ibarra1 U., Pineda-Pineda J. and Fitz-Rodríguez E. (2018). Systèmes hydroponiques horizontaux et verticaux pour la production de fraises à haute densité fiche technique et économique CRETAU, Montréal..32P.
Disponible à l'adresse : http://cretau.ca/wp-content/uploads/2021/04/Fiche-technique_et_economique_Serriculture-urbaine-3.pdf

R

35. Rissier, G. et Navatel, J-C. (1997). La fraise : Plant et variétés. Volume (1), 103P. Edition Ctifl, ouvrage disponible à : Bibliothèque de l'ITCMI, Staouali. Consulté le 04.04.2021.

36. Roupheal, D. ; Amar, F. ; Campos, C.S.F ; Boaro, G. F. (2008) , Extrait de Métabolites végétaux et régulation sous stress environnemental, *Revue ScienceDirect* :415-425. Disponible à l'adresse : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128126899000248>
Consulté le 08.3.2021.

37. Romani, M. ; Bezzala, N. ; Lakhdari, F. (2007) - Journal algérien des régions arides, Volume 6, Numéro1, page 49-59 Valorisation Des Sous Produits Du Palmier Dattier Comme ...Disponible à l'adresse : <https://www.asjp.cerist.dz> › article.

S

38. Sainsard, M. (2014) - OPTIMISATION DES SYSTEMES CULTURAUX EN FRAISE HORS SOL. *Thèse ingénieur agronome, Montpellier* . 81P.Disponible à l'adresse : http://www.ile-de-france.chambagri.fr/pro/rep-Rapport_de_stage_PPE.pdf
Consulté le 02.07.2021.

39. Savini, G.; Neri, D.; Zucconi, F. ; & Sugiyama, N. (2005) , Croissance et floraison des fraises, *International Journal of Fruit Science*, 5:1, 29-50, DOI: 10.1300/J492v05n01_04 . Consulté le 25.06.2021.

40. Scettrini, S. et Jelmini, G., (2004) - Test de différents substrats pour la culture hors sol de la tomate. *Agroscope RAC Changins, Centre de Cadenazzo, CH-6594 Conto* *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 36 (5): 289-294, 2004
Disponible à l'adresse : https://www.revuevitiarbohorti.ch/wp-content/uploads/2004_05_f_987.pdf

41. Sheikh, B.A. (2006). Hydroponics: Key To Sustain Agriculture In Water Stressed And Urban Environment . Article : Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sc. 22 (2) 2006.

U

42. Urban, L. Urban, I. (2010) . la production sous serre , tome 2, L'irrigation fertilisante en culture Hors sol, 2^{ème} édition pp233.

T

43. Thériault, L. et Asselin, M-F. (2013). Stades des Cultures.
Édition Réseau d'avertissements phytosanitaires – *Bulletin d'information* No 07 page 2 – Petits fruits,
Disponible à l'adresse : <https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b07pf13.pdf>

44. Turquet, M.; Geny A. ; Ginez A. ; Souriau, R. ; Carmagnat, C. (2019), Réduire l'emploi des produits phytosanitaires en culture de fraisières hors sol : Projet DEPHY Fraise 2013 – 2018 , *Innovations Agronomiques*, INRAE, 2019, 76, Pp.3-16. ff10.15454/elo9meff. fhal-02475158 Disponible à l'adresse : HAL Id: hal-02475158 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02475158>

V

45. Vézina, M-J. (2019) - Publication ; Essai de deux systèmes de production de la fraise sur toit (CRETAU) et le Laboratoire sur l'agriculture urbaine (AU/LAB) p13-pp18. Disponible à l'adresse : <https://www.agrireseau.net> > documents >

46. Vitre, A. (2003) - Fondements et principes du hors sol. *Doc V 3.1 HRS 12 Ind A*, 10P. Disponible à l'adresse : <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/FONDEMENTS%20THEORIQUES%20DU%20HORS%20SOL.pdf> consulté le 15.04.2021.

Z

47. Zerbin, L. (2018) - Optimisation de la fertirrigation en culture de fraises hors-thèse d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage CFR Angers. 8-46. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr> > document

Sitographie

1. Agroscope Changins-Wadenswil ACW (2005). Préparation d'une solution nutritive Vs.ch. document. p28. Disponible à l'adresse : <https://www.vs.ch> > documents > Atelier+Solution. Consulté le 12.06.2021.

2. AnjouPlants (2019) : Plant frigo, motte, trayplant spécialiste du plant de fraisier depuis 1968. Disponible à l'adresse : <http://www.anjouplants.fr/plants-mottes.html>.

3. Aprifel : fiche nutritionnelle fraise
Disponible à l'adresse : <https://www.aprifel.com/> Consulté le 22 avril 2021

4. Fuertes E., (2018). L'arrivée de la fraise Savane révolutionne le marché des variétés précoces. Site : FreshPalaza com
Disponible à l'adresse: <https://www.freshplaza.com/article/192075/The-arrival-of-the-Savana-strawberry-is-revolutionising-the-early-varieties-marke/>

5. Global strawberry market (2020).
Disponible à l'adresse : <http://files.eacce.org.ma/pj/%5B1528295355%5DFraise.pdf>

6. Hydrobox (2014). : Tableau substrat hydroponique,
Disponible à l'adresse : <http://hydroponie.fr/substrats-hydroponiques/>

7. Indexbox (2020) :

Disponible à l'adresse: <https://www.indexbox.io/store/world-strawberries-market-report-analysis-and-forecast-to-2020/>

8. NationMaster (2019) : production de fraise , source FAO.

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/strawberries-production>

Annexe 1



Tête de station d'irrigation



Bacs de solution A et B

Annexe 2

Tableau 5 : Traitements Phytosanitaires

Dates	Nature du traitement	Nature des maladies ou des ravageurs
10/11/2020	Fongicide	Oïdium
15/11/2020	insecticide	Noctuelles
18/11/2020	Fongicide	Oïdium
22/11/2020	Fongicide	Oidium
23/11/2020	Insecticide	Noctuelle
26/11/2020	Fongicide	Oidium
30/11/2020	Fongicide	Oïdium
10/12/2020	Fongicide	Oidium
20/12/2020	Insecticide	Noctuelle
13/01/2021	Fongicide	Botrytis,Oidium
01/02/2021	Fongicide	Botritis,Oïdium
28/02/2021	Insecticide	Acariens, Thrips
04/02/2021	Insecticide	Acariens, Thrips
08/02/2021	Fongicide	Botrytis, Oïdium
05/04/2021	Insecticide	Acariens
22/02/2021	Insecticide	Acariens, thrips
28/04/2021	Insecticide	Acariens
04/05/2021	Insecticide	Acariens, thrips
11/05/2021	Insecticide	Acariens
14/05/2021	Fongicide	Oïdium

Annexe 3 :

Tableau 6. :
Les récoltes en gramme par plante et par substrats durant le cycle
(moyennes)

N° de récolte	Date de récolte	Moyenne							
		100%			50 % + 50 %		80 % + 20 %		
		PZ	PM	LG	PM + PR	PM + LG	PZ + PR	PZ + LG	PM + PR
1	03/01/2021	134,0	193,7	183,0	188,0	185,3	137,0	118,0	128,7
2	13/01/2021	179,3	236,3	294,7	397,0	209,7	201,0	398,3	395,0
3	20/01/2021	206,0	260,3	450,7	330,0	307,7	155,3	138,3	306,0
4	25/01/2021	185,0	213,3	400,0	325,3	315,0	256,7	185,0	328,3
5	01/02/2021	171,7	238,3	410,0	253,3	236,7	171,7	161,7	200,0
6	07/02/2021	85,3	190,0	270,0	198,3	178,3	99,7	56,7	158,3
7	11/02/2021	35,0	113,3	143,3	110,0	71,7	80,0	40,0	95,0
8	17/02/2021	45,3	274,0	231,7	183,3	178,3	85,0	71,7	182,0
9	22/02/2021	110,0	511,7	368,3	466,7	220,0	158,3	246,7	426,7
10	28/02/2021	185,3	510,0	381,7	403,3	371,7	176,7	295,0	413,3
11	04/03/2021	203,3	412,3	471,7	1598,3	318,3	166,7	205,0	566,7
12	07/03/2021	181,7	595,0	581,7	586,7	485,0	213,3	353,3	516,7
13	11/03/2021	280,0	573,3	638,3	375,0	588,3	315,0	225,3	533,3
14	14/03/2021	284,3	485,0	738,3	421,0	532,7	274,3	301,3	365,3
15	18/03/2021	651,0	1032,3	659,7	726,0	825,0	449,0	446,7	787,7
16	21/03/2021	448,3	702,7	810,3	647,7	536,0	472,0	334,0	679,3
17	25/03/2021	570,7	1273,3	1040,0	926,7	1080,0	470,0	293,3	911,0
18	29/03/2021	800,0	1406,7	2171,7	1258,3	1563,3	726,7	451,7	1310,0
19	05/04/2021	1166,7	1680,0	2908,3	1620,0	1871,7	1226,7	646,7	1713,3
20	11/04/2021	870,0	1175,0	1805,0	1073,3	1170,0	845,0	420,0	1035,0
21	15/04/2021	395,0	560,0	866,7	423,3	505,0	343,3	150,0	458,3
22	22/04/2021	365,3	350,0	513,3	266,7	276,7	356,7	171,7	216,7
23	28/04/2021	618,3	430,0	260,0	396,7	268,3	488,3	335,0	293,3
24	04/05/2021	868,3	673,3	431,7	491,7	555,0	735,0	228,0	501,7
25	10/05/2021	1265,3	1850,0	1030,0	833,3	950,0	1341,7	471,7	780,0
26	17/05/2021	1035,0	1706,3	1320,7	1176,7	1233,0	906,7	388,3	1101,7
27	23/05/2021	1126,7	2306,7	2098,3	1608,3	1661,7	1425,0	325,0	1253,3
28	30/05/2021	579,3	1656,7	3123,3	2015,0	2075,0	615,0	386,7	1508,3
29	03/06/2021	428,3	1023,3	1935,0	966,7	1473,3	428,3	136,7	533,3
30	07/06/2021	303,3	886,7	1789,0	803,3	1235,0	220,0	283,3	533,3

Annexe 4 :

Tableau 7 : Les rendements cumulés par bloc en gramme par plant et par substrats

	100% PZ	100% PM	100% LG	50% PM + 50% PR	50% PM + 50% LG	80% PM + 20% PR	80% PZ+20% PR	80% PZ+20% LG
BL I	11792	28048	25253	22612	18732	10472	13572	7581
BL II	12066	18930	29086	20673	22087	23663	13152	6805
BLIII	11282	26254	26820	20936	23234	18641	14091	6644
B IV	17476	23581	30640	19925	23614	25582	16210	10570
PDS T (g)	52616	96813	111799	84146	87667	78358	57025	31600
NBRE PLTS	114	116	117	117	115	116	118	116
RDT /PLT (g)	461,54	834,59	955,55	719,20	762,32	675,50	483,26	272,41
RDT (60 000) (q/ha)	276,93	500,76	573,33	431,52	457,39	405,30	289,96	163,45

Résumé :

La présente étude s'articule sur l'utilisation de différents substrats. Des substrats d'origines organique et minérale ont été comparés afin d'évaluer le remplacement de la fibre de coco et de la perlite comme substrat pour la production de fraises en hors sol. Parallèlement, une technique de culture surélevée sur supports pliables a été expérimentée. Les résultats ont montrés que, les substrats à base de poudre et granulés de liège non composté, à base de sous-produits de palmier dattier composté, utilisés seuls et en mélange avec la Pouzzolane peuvent remplacer la perlite et la fibre de coco. Avec des rendements hautement significatifs, (955g, 834g, 762g, et 460g) par plante. Le recours à la technique sur support pour la culture de la fraise sur substrat a permis une conduite culturale plus agréable comparée à la culture conventionnelle.

Mots clés : fraise, substrats, liège non composté, palmier composté, pouzzolane, technique de culture surélevée.

Abstract :

This study focuses on the use of substrates. The organic and mineral origin were compared in order to assess the replacement of coconut fiber and perlite as substrate for the production of strawberries in soilless. At the same time, a high-bed cultivating technique was tested. The results showed that soilless method production of strawberries, on different substrates; based on powder and granules of non-composted cork (LG), composted date palm (PM) mixed with Pozzolana (PZ) can replace perlite and coconut fiber(which are imported), with a highly significant yields (955g, 834g, 762g, et 460g) by plant.. The use of the high-bed production system, allowed more pleasant activities compared to the conventional culture.

Key words: strawberry, substrates, non-composted cork, composted palm, pozzolana, high-bed cultivating system.

المخلص

تتمحور هذه الدراسات على استخدام ركائز مختلفة. تمت مقارنة الركائز ذات الأصل العضوي والمعدني من أجل تقييم استبدال ألياف جوز الهند والبيرلايت كركيزة لإنتاج الفراولة بدون تربة. في نفس الوقت، تم اختبار نظام الإنتاج بدون تربة ذات الطبقة العالية. أظهرت النتائج أن طريقة إنتاج الفراولة بدون تربة، على ركائز مختلفة؛ استناداً إلى: مسحوق وحبيبات الفلين غير السماد (LG)، سماد نخيل التمر (PM) (ممزوجة و أولاً و) مع -بوزولانا- (PZ) يمكن أن يحل محل ألياف -البيرلايت- و ألياف جوز الهند (المستوردة)، مع إنتاجية عالية الأهمية (955 جرام، 834 جرام، 762 جرام، 460 جرام) لكل نبتة. سمح استخدام نظام الإنتاج بدون تربة على مستوى مرتفع، تسهيل الممارسات الزراعية الشاقة مقارنة بالزراعة التقليدية.

الكلمات المفتاحية : الفراولة، الركائز، الفلين غير السماد، سماد النخيل، البوزولانا، نظام الزراعة المرتفع.