



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université d'Ain Témouchent Belhadj Bouchaib Faculté des sciences et
de Technologie Département d'agroalimentaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master Domaine : **Science de la Nature et de la Vie**

Filière : **Sciences agronomique**

Spécialité : **Production des végétaux**

PITAYA : Evaluation de la conduite culturale du Pitaya (*Hylocereus undatus*) : itinéraire technique, paramètres morphométriques et état sanitaire dans la Wilaya de Ain Témouchent.

Thème :

Soutenu le, **30 Septembre 2026**

Présenté par :

Mr Kechkeche Abdelali

Mr Aguil Mohamed Amine

Mr Zenasni Youcef

Devant le jury composé de :

- | | | | |
|-------------------------|-------|---------------|-------------------------|
| • Dr. Senouci Azzedine | M C B | Président | UATBB (Ain Temouchent) |
| • Dr,Derreg Zeineb | M C A | Examinatrice | UATBB (Ain Temouchent) |
| • Dr.Abdellaoui Hadjira | M C B | Encadrante | UATBB (Ain Temouchent) |
| • Dr.Belkbir Sabrina | - | Co-Encadrante | UATBB (Ain Temouchent) |

Année universitaire 2026/2027

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Allah, le Tout-Puissant et le Miséricordieux, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'accomplissement de ce modeste travail.

Avant de présenter ce mémoire, nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'études. Nous adressons nos sincères remerciements au **Dr Senoussi Azzedine**, qui nous fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, ainsi qu'au **Dr Derrag Zeineb**, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous les remercions vivement pour l'intérêt qu'ils portent à notre étude et pour le temps consacré à son évaluation.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à notre encadrante, **Mme Abdellaoui Hadjira**, ainsi qu'à notre co-encadrante, **Mme Belkebir Sabrina**, qui ont bien voulu nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider tout au long de sa réalisation. Nous leur sommes particulièrement reconnaissants pour leur disponibilité, leurs précieux conseils, leurs encouragements constants et leur confiance. Malgré leurs nombreuses obligations professionnelles, elles nous ont toujours réservé un accueil bienveillant et nous ont accompagnés avec patience, compréhension et gentillesse. Qu'elles trouvent ici l'expression de notre profond respect et de notre sincère reconnaissance.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement nos familles et nos amis pour leur soutien indéfectible, leurs encouragements et leur présence tout au long de notre parcours universitaire.

À toutes ces personnes, nous adressons nos plus sincères remerciements.

Dédicace

Nous avons l'honneur et le grand plaisir de dédier ce travail :

À nos très chers parents qui nous ont soutenus durant toutes nos études, vos efforts vos sacrifices votre soutien constant ont été essentiels à notre réussite et à notre éducation

À nos frères et sœurs pour leur affection, leurs encouragements et leur soutien moral tout au long de notre parcours.

À nos chers amis

À nos proches et à toutes nos familles

Résumé

Le fruit du dragon (*Pitaya*) est une culture fruitière émergente à valeur économique et nutritionnelle croissante. En Algérie, sa culture demeure peu développée. Cette étude vise à évaluer les possibilités d'adaptation de cette espèce aux conditions agro climatiques de la wilaya d'Aïn Témouchent et à étudier son itinéraire technique.

Le protocole expérimental a porté sur six groupes d'une même variété, répartis entre deux séries (B1 et B2) et trois types de boutures (Alpha, Beta et Gamma), soumis à un programme de fertilisation uniforme. Les plantations ont été réalisées le 27/10/2025 pour B1 et le 11/02/2026 pour B2. Après une première phase sous serre, les plants ont été transférés en plein air, sous ombrière, avec un rempotage progressif et un programme de lutte contre les ravageurs.

Les résultats ont révélé un taux de floraison de 31,8 % pour B2, contre 20,7 % pour B1. Treize plants fleuris sur 51 ont été recensés, avec trois fleurs fécondées et cinq vagues successives de floraison. Les observations ont également souligné l'importance de la maîtrise des conditions environnementales, notamment de l'exposition solaire et de la fertilisation, dans le développement des plants.

Ces résultats préliminaires indiquent des possibilités d'adaptation du fruit du dragon aux conditions locales. Toutefois, des essais pluriannuels intégrant des témoins, des répétitions et des analyses statistiques restent nécessaires pour confirmer ces résultats et évaluer la productivité, la qualité des fruits ainsi que les besoins hydriques et nutritionnels de la culture.

Mots-clés : Fruit du dragon, *Pitaya*, itinéraire technique, bouturage, croissance végétative, floraison, Aïn Témouchent.

Abstract

Dragon fruit (*Pitaya*) is an emerging fruit crop with increasing economic and nutritional value. In Algeria, its cultivation remains limited. This study aims to assess the adaptation potential of this species to the agro-climatic conditions of the Aïn Témouchent Province and to investigate its technical cultivation practices.

The experimental protocol involved six groups of the same variety, distributed between two series (B1 and B2) and three cutting types (Alpha, Beta and Gamma), subjected to a uniform fertilization program. Planting was carried out on 27/10/2025 for B1 and on 11/02/2026 for B2. After an initial phase under greenhouse conditions, the plants were transferred outdoors under a shade net, with progressive repotting and a pest management program.

The results showed a flowering rate of 31.8% for B2, compared with 20.7% for B1. Thirteen flowering plants out of 51 were recorded, with three fertilized flowers and five successive flowering waves. The observations also highlighted the importance of controlling environmental conditions, particularly solar exposure and fertilization, in plant development.

These preliminary results indicate a potential for dragon fruit adaptation to local conditions. However, multi-year trials incorporating control treatments, replications, and statistical analyses are still required to confirm these findings and to assess yield, fruit quality, as well as the crop's water and nutritional requirements.

Keywords: Dragon fruit, *Pitaya*, cultivation practices, cutting propagation, vegetative growth, flowering, Aïn Témouchent.

الملخص

تُعد فاكهة التنين (Pitaya) من محاصيل الفاكهة الحديثة ذات القيمة الاقتصادية والغذائية المتزايدة، وقد توسعت زراعتها خارج موطنها الأصلي بالمناطق الاستوائية وأمريكا الوسطى وشمال أمريكا الجنوبية، لتنتشر في مناطق أخرى ذات مناخات مختلفة، من بينها المناطق المتوسطية. وتُعد فيتنام من أبرز الدول التي طورت زراعتها تجارياً، من خلال اعتماد تقنيات متخصصة تشمل الإكثار بالعقل، والدعامات، وإدارة الري والتسميد، وتنظيم النمو والإزهار والإثمار. أما في الجزائر، فلا تزال هذه الزراعة محدودة وغير منتشرة ضمن الزراعات التجارية المنظمة، مع وجود تجارب فردية لدى بعض الهواة والمهتمين.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم إمكانية تكيف زراعة فاكهة التنين مع الظروف الزراعية والمناخية لولاية عين تموشنت، اعتماداً على خرجات ميدانية ومتابعة النباتات وأخذ عينات للدراسة، إلى جانب مراجعة المراجع العلمية وتجريب مختلف مراحل المسار التقني، من الإكثار والتجذير والنمو الخضري إلى الري والتسميد والتقليم والتدعيم والتزهير والعقد وتطور الثمار والنضج.

شمل البروتوكول التجريبي ست مجموعات من الصنف نفسه، موزعة على سلسليتي 1B و 2B وثلاثة أنواع من العقل Alpha و Beta و Gamma، مع برنامج تسميد موحد. زُرعت 1B بتاريخ 2025/10/27 و 2B بتاريخ 2026/02/11، ونُفذت الزراعة أولاً تحت البيت الزراعي، ثم نُقلت النباتات إلى الخارج تحت التظليل، مع إعادة أصص تدريجية وبرنامج لمكافحة الآفات و قد شملت المتابعة قياس تطور طول النباتات من شهر مارس إلى سبتمبر 2026.

أظهرت النتائج اختلافاً واضحاً في النمو بين المعاملات، حيث سجلت العقل من نوع Beta أفضل أداء من حيث النمو الطولي، بلغت القيم النهائية حوالي 120 سم بالنسبة إلى B1-Beta و 122 سم بالنسبة إلى B2-Beta، في حين سجل B1-Gamma أدنى نمو بحوالي 62 سم. تشير هذه النتائج إلى أن طول العقلة يمثل عاملاً مهماً في انطلاقة النمو الخضري، حيث أظهرت معاملة Beta أفضل استجابة مقارنة بـ Alpha و Gamma.

. سجلت 2B معدل إزهار بلغ 31,8 % مقابل 20,7 % في 1B، مع 13 نباتاً مزهراً من أصل 51 و 3 أزهار مخصبة، إضافة إلى خمس موجات متتالية للإزهار.

وأظهرت المتابعة أهمية التحكم في الظروف البيئية، خاصة الحد من التعرض المباشر للإشعاع الشمسي خلال فترات الحرارة المرتفعة، كما ارتبط النمو النشط بالتسميد والانتقال تحت التظليل وتحسن الحالة العامة للنباتات بعد مكافحة الآفات.

وبناءً على تتبع المسار التقني، تشير النتائج إلى إمكانية تكيف زراعة فاكهة التنين مع الظروف الزراعية والمناخية لولاية عين تموشنت، بما يفتح المجال لإدراجها تدريجياً ضمن الزراعات القابلة للتطوير في الولاية والانتقال بها من التجارب الفردية إلى زراعة منظمة. ولتأكيد هذه النتائج، ينبغي مواصلة التجارب لعدة مواسم مع اعتماد شاهد وتكرارات وتحليل إحصائي، إضافة إلى تقييم الإنتاجية وجودة الثمار والاحتياجات المائية والتسميدية.

الكلمات المفتاحية: فاكهة التنين، Pitaya، المسار التقني، الإكثار بالعقل، التزهير، العقد، عين تموشنت.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières

Liste des figures

Listes des tableaux

Liste des abréviations

Introduction	4
Partie 1 Synthèse bibliographique	8
1. Historique	8
2. Répartition mondiale	8
3. Taxonomie, nomenclature et diversités variétale du pitaya	9
3.1 Position Taxonomique et nomenclature	9
3.2 Diversité spécifiques et principales variétés cultivées	10
4. Composition et utilisation du pitaya	10
5. Profils organoleptiques des différentes variétés de pitaya	11
6. Morphologie du pitaya	13
6.1 Appareil végétatif	13
6.2 Appareil reproducteur	14
6.3 Appareil souterraine et système racinaire adventives	15
7. Phénologie et cycle de développement de pitaya	16
7.1. Cycle végétatif de pitaya	17
7.2 Cycle reproducteur	19
8. Exigence climatique de la culture de Pitaya	21
8.1 Température	21
8.2 Photopériode et ensoleillement	21
8.3 Pluviométrie et métabolisme hydrique	22
8.4 Altitude et zone d'adaptation	22
9. Exigences édaphiques de la culture de pitaya	22
9.1 Texture et drainage	22
9.2 Ph du sol et réactivité édaphique	23
9.3 Matière organique et fertilisation	23
10. Installation et conduite de la culture	24
10.1 Choix du site et préparation de la parcelle	24

10.2 Choix du système de conduite et installation du support	24
10.3 Préparation des boutures et plantations	27
10.4 Conduite de la phase végétative	28
10.5 Taille de formation et formation de la couronne	28
10.6 Irrigation, fertilisation et prévention des fissures	28
10.7 Paillage et entretien du sol	29
10.8 Floraison et pollinisation	29
11. Surveillance phytosanitaire et mesures préventives	30
Partie II. Matériels et méthodes	36
1. Présentation de la zone d'étude de la Wilaya de Ain Temouchent	36
2. Présentation du site expérimentale	38
3. Protocole expérimentale	39
3.1 Phase sous serre	39
3.1.1 Travaux préliminaires	39
3.1.2 Conduite de la culture	40
3.2 Phase hors serre (sous ombrières)	45
3.2.1 Travaux préliminaires	45
3.2.2. Conduite de la culture	46
a) Cycle végétatif	46
b) Cycle reproducteur	50
Partie III. Résultats et Discussion	53
1.Phase croissance végétative	53
1.1 Paramètres morphométriques	54
2. Phase de reproduction	55
a). Chronologie des vagues de floraison	55
b) Dynamique de croissance des fleurs	55
c) Nombre de boutons floraux et taux de floraison par groupe	56
d) Résultat de la fécondation et succès de pollinisation	57
3. Discussion des résultats	57
Conclusion	62
Perspectives et recommandations	63

Références bibliographiques

LISTE ACRONYMES

PM	Plante Mère
P A	Plante Adulte
B1-Alpha	Bouture 1 catégorie Alpha
B1-Beta	Bouture 1 catégorie Beta
B1-Gamma	Bouture 1 catégorie Gamma
B2-Alpha	Bouture 2 catégorie Alpha
B2-Beta	Bouture 2 catégorie Beta
B2-Gamma	Bouture 2 catégorie Gamma
° C	Degrés Celsius
CAM	Crassulacean Acid Metabolism
Cm	Centimètre
%	Pourcentage
mg	Milligramme
G	Gramme
Kg	Kilogramme
mm	Millimètre
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie
LAI	Leaf area index / indice de la surface foliaire
PAR	Rayonnement photosynthétique actif
UV	Ultra violet
FST	Faculté des sciences et technologie
GPS	Global Positioning System
IHM	Interface homme machine
pH	Potentiel hydrogène
Zn	Zinc
Mn	Manganèse
Fe	Fer
K₂O	Oxyde de potassium
P₂O₅	Pentoxyde de phosphore
SAU	Surface agricole utilisée

M	Metre
H	Heure
Ha	Hectare
M²	Mètre carre
Km²	Kilomètre carre
Cal	Calorie
L	Litre
SCADA	Système de contrôle et d'acquisition de données

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Morphologie et anatomie d'un cladode de Pitaya (<i>Hylocereus spp</i>) (Crane & Balerdi, 2020)	09
Figure 2	Morphologie et anatomie florales du pitaya (<i>Hylocereus spp.</i>)	10
Figure 3	Anatomie morphologique du fruit et des graines	10
Figure 4	Anatomie du système racinaire souterrain et adventives de Pitaya	11
Figure 5	Anatomie du système adventif du pitaya	12
Figure 6	Cycle végétatif d' <i>Hylocereus undatus</i>	16
Figure 7	Cycle sexué et étapes phénologiques d' <i>Hylocereus undatus</i>	17
Figure 8	Représentation du tuteur individuel à poteau central pour <i>Hylocereus undatus</i> (Chu, 2015)	21
Figure 9	Représentation schématique du système de palissage à double étage pour <i>Hylocereus undatus</i> (Luo, 2020).	22
Figure 10	Structure de palissage en haie fruitière à portiques en « A » pour <i>Hylocereus undatus</i> (Luo et al., 2015)	22
Figure 11	Installation en hors sol (conteneur) pour <i>Hylocereus undatus</i>	23
Figure 12	Pollinisation manuelle au pinceau sur le stigmate d'une fleur épanouie de <i>Hylocereus undatus</i> . (Mertens et al 2018)	26
Figure 13	Les principaux ravageurs du pitaya	30
Figure 14	Les principales maladies du pitaya	30
Figure 15	Présentation des plantes adultes (PA) (gauche) et Plante mère (PM) (droite)	35
Figure 16	préparation des boutures du pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>),	36
Figure 17	Le Bouturage du pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>)	36
Figure 18	Répartition des lots de boutures de Pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>)	36
Figure 19	Mise en place du dispositif du tuteurage des boutures d' <i>Hylocereus undatus</i>	37
Figure 20	Brumisation des boutures de pitaya sous serre.	37
Figure 21	Fertilisation et modalités de fertigation des plants d' <i>Hylocereus undatus</i>	38
Figure 22	Ébourgeonnage des boutures d' <i>Hylocereus undatus</i>	39
Figure 23	Rempotage des plants d' <i>Hylocereus undatus</i>	39
Figure 24	Mesures morphométriques des plants d' <i>Hylocereus undatus</i>	40
Figure 25	Préparation du terrain hors serre	41
Figure 26	Installation des tuteurs de remplacement de 1,50 m de hauteur	42
Figure 27	Fertilisation des plants d' <i>Hylocereus undatus</i> sous ombrière	43

Figure 28	Taille des plants d' <i>Hylocereus undatus</i> sous ombrière	43
Figure 29	Principales attaques de bioagresseurs et interventions phytosanitaires sur les plants d' <i>Hylocereus undatus</i>	44
Figure 30	Préparation de la phase de floraison des plants d' <i>Hylocereus undatus</i>	45
Figure 31	Les étapes de la pollinisation manuelle de la fleur d' <i>Hylocereus undatus</i>	46
Figure 32	Callosité et développement racinaire des boutures de pitaya	48
Figure 33	Gonflement et bourgeonnement des boutures	48
Figure 34	Lignifications des cladodes du pitaya	49
Figure 35	Évolution de la longueur des plants de six groupes (B1 et B2) de mars à septembre 2026	50
Figure 36	Évolution de la longueur moyenne B1 vs B2	51
Figure 37	Chronologie des vagues de floraison de tous les échantillons (11/06 au 20/09/2026).	51
Figure 38	Dynamique de croissance des fleurs de pitaya en fonction du temps (toutes vagues confondues).	52
Figure 39	Comparaison des nombres de boutons floraux par catégorie (Alpha, Beta, Gamma)	53
Figure 40	Taux de floraison par groupe et catégorie Alpha, Beta, Gamma) et comparaison entre B1et B2)	53
Figure 41	Taux de réussite de la pollinisation chez les plants PM et PA.	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Composition du fruit du dragon	09
Tableau 2	Exigences édapho-climatiques du pitaya	19
Tableau 3	Principaux ravageurs du pitaya	27
Tableau 4	Principales pathologies du pitaya	29
Tableau 5	Répartition des effectifs de plants de pitaya	34
Tableau 6	Calendrier d'application et modalités de fertigation des plants d' <i>Hylocereus undatus</i>)	06
Tableau 7	Calendrier de fertilisation des plants de pitaya sous ombrière (hors serre)	42
Tableau 8	Planning de traitement phytosanitaire des plants	44
Tableau 9	Taux de réussite de la pollinisation chez les plants PM et PA	54

INTRODUCTION

L'agriculture constitue un secteur essentiel pour la sécurité alimentaire et le développement économique des territoires. Toutefois, face aux changements climatiques, à la raréfaction des ressources hydriques et à la nécessité de diversifier les productions agricoles, l'introduction et l'adaptation de nouvelles espèces fruitières représentent des perspectives intéressantes pour les systèmes de production. Dans ce contexte, la recherche de cultures capables de s'adapter à des conditions environnementales contrastées et de contribuer à la diversification des productions suscite un intérêt croissant.

Le pitaya, communément appelé fruit du dragon, est une plante fruitière appartenant à la famille des Cactaceae (**Haworth, A. H. 1812 & Britton & Rose., 1918 ; Mizrahi, 2014**). Originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique centrale et du Mexique, il est aujourd'hui cultivé dans plusieurs régions du monde en raison de l'intérêt économique et commercial de ses fruits (**Le Bellec et al., 2006 ; Crane & Balerdi, 2020**). Le genre *Hylocereus*, actuellement rattaché au genre *Selenicereus* dans certaines classifications botaniques, comprend plusieurs espèces, dont *Hylocereus undatus*, caractérisée par des fruits à pulpe blanche et à peau rouge (**Mercado-Silva, 2018**). Cette espèce présente des particularités morphologiques et physiologiques qui la distinguent des arbres fruitiers conventionnels, notamment ses tiges charnues et photosynthétiques, appelées cladodes, ainsi que son port grimpant nécessitant généralement un système de soutien adapté.

L'intérêt porté à la culture du pitaya s'explique notamment par la valeur commerciale de ses fruits, leurs qualités nutritionnelles et les possibilités de diversification des produits issus de leur transformation. Par ailleurs, son adaptation aux régions chaudes et sa capacité à supporter certaines périodes de déficit hydrique, liées à son métabolisme photosynthétique de type CAM, en font une espèce intéressante à étudier dans les régions méditerranéennes (**Le Bellec et al., 2006**). Néanmoins, son comportement agronomique reste étroitement dépendant des conditions environnementales et des pratiques culturales mises en œuvre, notamment la température, la disponibilité en eau, la nature du substrat, la fertilisation et les modalités de conduite des plants (**Kishore, 2016 ; Mertz et al., 2019 ; Crane & Balerdi, 2020**).

La réussite de la culture du pitaya repose ainsi sur la maîtrise d'un itinéraire technique adapté à ses exigences biologiques. Celui-ci comprend différentes opérations, depuis la préparation et la multiplication végétative des cladodes jusqu'à leur installation.

La maîtrise de ces pratiques est particulièrement importante durant les premières phases de développement, au cours desquelles les plants doivent assurer leur enracinement et

leur croissance végétative avant d'atteindre leur maturité reproductive. Par ailleurs, l'évaluation de la croissance végétative et la floraison constitue un élément essentiel pour apprécier le comportement des plants au cours de leur développement. La longueur des plants permet de suivre leur croissance végétative, tandis que le nombre de fleurs par plant constitue un indicateur de l'expression de la floraison. Ces paramètres morphométriques peuvent fournir des informations utiles sur le développement des plants et leur réponse aux conditions de culture. Leur suivi doit cependant être associé à l'observation de l'état sanitaire, dans la mesure où l'apparition de symptômes de maladies ou de dégâts causés par des ravageurs peut affecter le développement des plants et compromettre leur bon établissement (**Mizrahi, 2014 ; Chu, 2015 ; Wei, 2016 ; Crane & Balerdi, 2020**).

Dans la wilaya d'Aïn Témouchent, les sorties de prospection réalisées dans le cadre de ce travail, complétées par des échanges et des recherches à travers les réseaux sociaux, ont permis de constater l'existence de particuliers s'intéressant à la culture du pitaya et le cultivant à titre amateur au niveau de leurs habitations. Des initiatives similaires ont également été relevées dans des wilayas voisines, notamment à Tlemcen et à Oran. Ces observations témoignent d'un intérêt pour cette espèce fruitière dans la région et soulèvent des interrogations quant à son adaptation aux conditions locales et aux pratiques culturelles mises en œuvre par ces producteurs amateurs.

Ce constat a constitué l'un des principaux éléments ayant motivé la réalisation de la présente expérimentation. En effet, malgré l'intérêt manifesté par certains particuliers pour la culture du pitaya, les informations relatives à sa conduite culturale et à son comportement dans les conditions locales demeurent à approfondir. L'étude de cette espèce dans un environnement expérimental contrôlé, puis sous ombrière, permet ainsi d'observer son développement végétatif, sa floraison et son état sanitaire au cours des différentes phases de culture.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail, intitulé : « Évaluation de la conduite culturale du pitaya (*Hylocereus undatus*) : itinéraire technique, paramètres morphométriques et état sanitaire dans la wilaya d'Aïn Témouchent ». L'objectif général de cette étude est d'évaluer la conduite culturale du pitaya dans les conditions expérimentales de la serre universitaire, puis sous ombrière, à travers le suivi de son itinéraire technique, de sa croissance et de son état sanitaire.

Plus spécifiquement, ce travail vise à :

- Décrire les différentes opérations techniques mises en œuvre depuis la préparation des cladodes jusqu'à la conduite des plants en conditions de culture ;

- Suivre l'évolution de la longueur des plants afin d'apprécier leur croissance végétative ;
- Évaluer la floraison à travers le dénombrement des fleurs par plant ainsi que la fructification
- Observer l'état sanitaire des plants et relever les éventuels symptômes de maladies ou les manifestations de dégâts phytosanitaires au cours de la période de suivi.

À travers cette démarche, ce travail vise à apporter des éléments de connaissance sur le comportement du pitaya dans les conditions locales et à contribuer à une meilleure compréhension des exigences de sa conduite culturale. Les observations obtenues pourront constituer une première base de référence pour de futurs travaux consacrés à l'adaptation de cette espèce fruitière et à l'amélioration de ses pratiques culturales dans la région d'Aïn Témouchent.

Notre travail est divisé en trois parties :

- **Partie I : Synthèse bibliographique ;**
- **Partie II : Matériels et méthodes ;**
- **Partie III : Résultats et discussion ;**
- **Conclusion et recommandations.**

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Historique et origine géographique du pitaya (*Hylocereus* spp.)

Le fruit du dragon, communément désigné sous le terme vernaculaire d'origine Taïno « pitaya ou *pitahaya* », est issu de cactacées épiphytes semi-arborescentes appartenant principalement au genre *Hylocereus* (dont l'espèce type est *Hylocereus undatus* **(Haworth, A. H. 1812 & Britton & Rose., 1918 ; Mizrahi, 2014)**). Originaires des forêts tropicales sèches et des zones arides d'Amérique centrale et du nord de l'Amérique du Sud, cette plante présente une adaptation physio morphologique remarquable aux contraintes hydriques grâce à son métabolisme acide crassulacéen (CAM) **(Le Bellec et al., 2006)**.

Bien que connu et consommé historiquement par les populations précolombiennes d'Amérique néotropicale sous la dénomination de *pitaya roja*, le pitaya n'a connu une expansion agronomique et commerciale à l'échelle mondiale qu'à partir de la fin du XX^e siècle **(Zee et al., 2004)**. Initialement introduit dans divers continents au cours des XIX^e et XX^e siècles comme plante ornementale en raison de sa floraison nocturne spectaculaire, son intérêt pomicole s'est affirmé dans les années 1990 sous l'impulsion de programmes de sélection et de valorisation fruitière **(Le Bellec et al., 2006 ; Mizrahi, 2014)**.

Aujourd'hui, la culture du pitaya s'est affranchie de son aire de répartition d'origine pour devenir une spéculation fruitière émergente majeure dans plus d'une vingtaine de pays situés sous des latitudes tropicales et subtropicales **(Crane & Balerdi, 2020)**. Son bassin de production s'étend largement en Asie du Sud-Est (Vietnam, Thaïlande, Malaisie, Indonésie, Philippines, Myanmar), en Asie orientale et méridionale (sud de la Chine, Taïwan, Japon [Okinawa], Sri Lanka, Bangladesh), dans la région des Caraïbes (Bahamas, Bermudes), en Amérique latine (Mexique, Nicaragua, Colombie), ainsi que dans des zones littorales ou insulaires subtropicales telles que le sud de la Floride et le nord de l'Australie **(Zee et al., 2004; Crane & Balerdi, 2020)**.

2. Répartition mondiale de la culture du pitaya (*Hylocereus* spp.)

Originaires des régions tropicales et subtropicales d'Amérique centrale et du Sud, les cactacées arborescentes du genre *Hylocereus* (syn. *Selenicereus*), produisant le fruit du dragon ou pitaya, ont connu une expansion géographique remarquable au cours des trois dernières décennies **(Bellec et al., 2006)**. Aujourd'hui, l'Asie du Sud-Est constitue le principal bassin de production et d'exportation mondiale, emmené par le Vietnam qui concentre à lui seul plus de 55.000 hectares de superficie cultivée, principalement axée sur l'espèce à chair blanche *Hylocereus undatus* **(Mercado-Silva, 2018)**. Parallèlement, des pays comme la Chine, la

Thaïlande, l'Indonésie et l'Inde ont très fortement développé leurs surfaces sous culture afin de répondre à une demande sans précédent sur le marché intérieur asiatique (FAOSTAT, 2022).

Dans son centre d'origine (Mexique, Nicaragua, Colombie, Équateur), la production conserve une grande diversité génétique, avec une spécialisation notable de la région andine dans la production du pitaya jaune *Hylocereus megalanthus* (Crane et al., 2005). Enfin, sous l'impulsion de programmes de recherche axés sur la diversification agricole en zones arides et semi-arides, la culture s'étend désormais au bassin méditerranéen et au Moyen-Orient notamment en Israël, en Égypte, en Espagne et plus récemment en Algérie (Mizrahi, 2014), où le développement d'itinéraires techniques sous abri (serres et ombrières) permet de valoriser les capacités physiologiques d'efficience d'utilisation de l'eau propres au métabolisme CAM de l'espèce (Joshi & Prabhakar, 2020).

3. Taxonomie, nomenclature et diversité variétale du pitaya (*Hylocereus* spp.)

3.1. Position taxonomique et nomenclature

Le pitaya appartient à la famille des Cactaceae et à la tribu des Hylocereae. Le genre principal cultivé pour ses fruits comestibles est le genre *Hylocereus* (Berger) Britton & Rose, bien que des révisions phylogénétiques récentes basées sur la systématique moléculaire tendent à inclure ce genre au sens large dans le genre *Selenicereus* (Korotkova et al., 2017 ; Hunt, 2017).

- **Classification taxonomique :**

Règne : Plantae

Division : Tracheophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Caryophyllales

Famille : Cactaceae

Sous-famille : Cactoideae

Tribu : Hylocereae

Genre : *Hylocereus* (Britton & Rose) / *Selenicereus* (A. Berger)

Espèce type : *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose

Le fruit est désigné à l'international sous les noms vernaculaires de *pitaya* (ou *pitahaya* en espagnol) et *dragon fruit* en anglais. En raison de sa floraison nocturne éphémère et spectaculaire, la plante porte également des appellations poétiques telles que « Reine de la nuit » ou « Dame de la nuit » (Morton, 2013 ; Mizrahi, 2014).

3.2. Diversité spécifique et principales variétés cultivées

L'agrumiculture et la pomologie moderne distinguent principalement trois espèces majeures commercialisées, ainsi que des morphotypes plus rares issus de sélections régionales (Le Bellec et al., 2006 ; Crane & Balerdi, 2020) :

- ***Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose (Pitaya à chair blanche)** : Espèce la plus répandue à l'échelle mondiale, caractérisée par une écorce rouge vif à bractées verdâtres et une pulpe blanche semée de petites graines noires comestibles. Son goût est légèrement sucré avec une acidité modérée.
- ***Hylocereus costaricensis* (F.A.C. Weber) S.T. Hunt / *H. purpusii* (Pitaya à chair rouge/pourpre)** : Se distingue par une écorce rouge magenta et une pulpe très colorée allant du rouge profond au violet intense, riche en bétacyanines aux propriétés antioxydantes.
- ***Hylocereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer [Syn. *Selenicereus megalanthus*] (Pitaya jaune)** : Espèce originaire des régions andines, possédant une écorce jaune vif munie d'épines (qui tombent à maturité) et une chair translucide très sucrée, considérée comme la plus savoureuse de son genre.
- **Autres morphotypes et cultivars rares** : On observe également des hybrides et sélections locales (parfois qualifiés de pitayas allongées ou brunes selon le degré de maturation et la pigmentation des bractées), cultivés à une échelle plus restreinte dans certaines régions d'Asie (Chine, Thaïlande) et d'Océanie (Nouvelle-Zélande) (Paull & Chen, 2019).

4. Composition et utilisations du Pitaya

To et al. (2000) ont déterminé la composition de la pulpe (endocarpe) du fruit du dragon rouge à partir de différents échantillons prélevés au Vietnam. Les valeurs moyennes des différents constituants, vitamines et minéraux, rapportées pour un fruit du dragon rouge d'un poids de 394 g, sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Composition du fruit du dragon

Composition	Valeur moyenne (g/100 g de partie comestible)	Composition	Valeur moyenne (mg/100 g de partie comestible)
Humidité	85,30	Vitamine C	3,00
Protéines brutes	1,10	Thiamine	Non détectée
Lipides	0,57	Riboflavine	Non détectée
Glucose	5,70	Niacine	2,80
Fructose	3,20	Vitamine A	0,0111
Saccharose	Non détecté	Calcium	10,20
Maltose	Non détecté	Fer	3,37
Sorbitol	0,33	Magnésium	38,90
Glucides	11,20	Phosphore	27,50
Fibres brutes	1,34	Potassium	272,00
Cendres	0,56	Sodium	8,90
Valeur énergétique	67,70 kcal	Zinc	0,35

5. Profils organoleptiques des différentes variétés du pitaya (*Hylocereus* spp. et *Stenocereus* spp.).

La caractérisation pomologique et morpho-taxonomique des cactacées fruitières permet de distinguer deux grands groupes d'espèces cultivées selon l'origine génétique et la flaveur du fruit : les pitayas acides (*Stenocereus* spp.) et les pitayas sucrées (*Hylocereus* spp.) (Le Bellec et al., 2006 ; Mizrahi, 2014).

a) Variétés acides (*Stenocereus* spp.) et leur profil organoleptique

Les variétés regroupées sous le genre *Stenocereus Riccob.* Connues sous le terme vernaculaire local de *pitaya de mayo* ou pitayas acides) sont des espèces colonnaires arborescentes autochtones des zones arides et semi-arides du Mexique et d'Amérique centrale (Pitimaneeyakul et al., 2019).

- **Profil organoleptique** : Leurs fruits se caractérisent par une pulpe acidulée (aigre-douce), très juteuse, fraîche et désaltérante.
- **Usage** : Historiquement récoltées par les populations locales, elles sont principalement consommées en frais ou transformées dans les régions désertiques d'origine (Pitimaneeyakul et al., 2019).

b) Variétés sucrées (*Hylocereus* spp.) et leurs profils organoleptiques

Les variétés sucrées appartiennent aux cactacées grimpantes ou épiphytes du genre *Hylocereus* (Britton & Rose) et constituent l'essentiel de la production mondiale commercialisée sous le nom de *dragon fruit* (Mizrahi, 2014). La pulpe est une masse charnue, douce et translucide, parsemée de nombreuses petites graines noires comestibles, riches en acides gras essentiels (notamment en acides linoléique et oléique) (Abdul Karim et al., 2009).

On distingue trois types principaux selon la coloration pericarpique et parenchymateuse :

- ***Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose Pitaya à chair blanche (*Pitaya blanca*)**
 - **Morphologie et fruit** : Cactacée grimpante munie de tiges à trois ailes et de grandes fleurs nocturnes très parfumées. Le fruit, étiqueté « *white-fleshed pitaya* », présente une écorce d'un rouge vif ou rose fuchsia à bractées vertes. Les fruits volumineux peuvent atteindre voire dépasser un poids de 1 kg (Crane & Balerdi, 2020).
 - **Profil organoleptique** : La pulpe est blanche, translucide et parsemée de graines noires croquantes. Son goût est légèrement sucré, délicat et rafraîchissant, rappelant celui du melon (*Cucumis melo*) ou du kiwi (Zee et al., 2004).
 - **Propriétés nutritionnelles** : Par sa richesse en minéraux (notamment en fer), cette variété est souvent préconisée dans le cadre de régimes nutritionnels visant à prévenir l'anémie ferriprive (Perween et al., 2018).
- ***Hylocereus costaricensis* (F.A.C.Weber) S.T.Hunt [Syn. *Hylocereus polyrhizus* (F.A.C.Weber) Britton & Rose] — Pitaya à chair rouge (*Pitaya roja*)**
 - **Morphologie et fruit** : Espèce proche de la précédente mais présentant des tiges plus fermes et davantage fournie en épines. Le fruit, nommé « *red-fleshed pitaya* », possède une écorce rouge magenta et un poids pouvant également dépasser 1 kg (Mizrahi, 2014).
 - **Profil organoleptique** : La chair est d'un rouge foncé à pourpre intense, attribuable à une forte concentration en bétacyanines (pigments antioxydants). Sa saveur est plus prononcée, fruitée et légèrement plus sucrée que celle de la variété à chair blanche (Le Bellec et al., 2006).

➤ ***Hylocereus megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer [Syn. *Selenicereus megalanthus*] — Pitaya jaune yellow pitaya (*Pitaya amarilla*)**

- **Morphologie et fruit :** Originaire des régions andines, ce fruit se distingue par une écorce jaune vif recouverte d'aréoles épineuses qui tombent naturellement à maturité. Les fruits sont généralement plus petits que ceux des espèces rouges (200 à 350 g) (Mizrahi, 2014).
- **Profil organoleptique :** Sa chair est blanche et translucide, avec des graines noires un peu plus grosses. Elle possède le taux de sucres solubles (Brix) le plus élevé du genre, lui conférant une saveur intense, très sucrée et particulièrement aromatique, très recherchée sur les marchés haut de gamme (Paull & Chen, 2019).

6. Morphologie du pitaya (*Hylocereus* spp.)

6.1. Appareil végétatif

Bien que présentant des adaptations physiologiques aux contraintes hydriques propres aux plantes xérophytes, son niveau de tolérance au stress hydrique prolongé demeure limité comparativement aux cactus désertiques stricts (Le Bellec et al., 2006).

- **Cladodes et tiges :** la figure 1 correspond aux tiges sont succulentes, de section trigonale (trois ailes ondulées) et munies d'aréoles portant de courtes épines. Elles se caractérisent par un port sarmenteux, rampant et grimpant, capable de développer un réseau dense de ramifications s'accrochant aux supports naturels ou artificiels. Les ramifications individuelles peuvent atteindre jusqu'à 9 mètres de longueur (Crane & Balerdi, 2020).

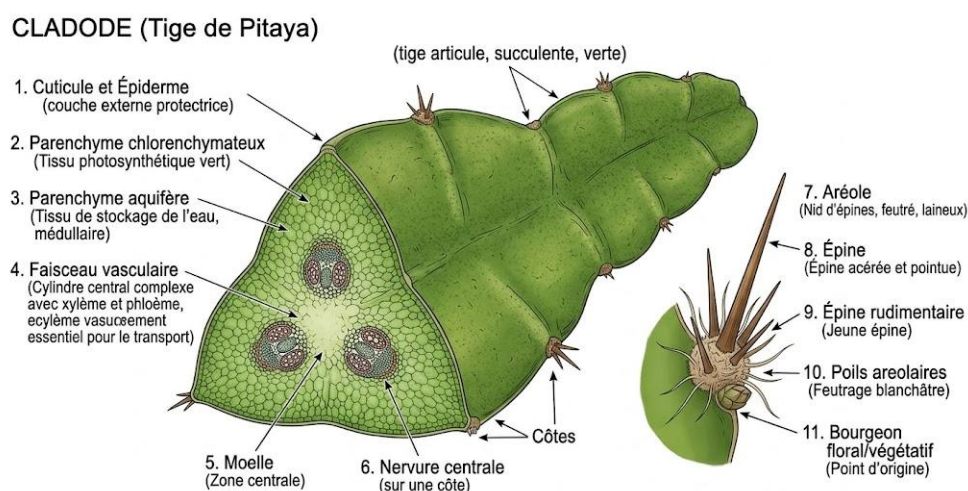


Figure 1 : Morphologie et anatomie d'un cladode de Pitaya (*Hylocereus* spp) (Crane & Balerdi, 2020)

6.2. Appareil reproducteur (Fleurs)

La floraison est strictement nocturne et éphémère. Les fleurs, hermaphrodites et de grande taille (25 à 30 cm de longueur), exhalent un parfum intense destiné à attirer les pollinisateurs spécifiques, notamment chiroptères et grands lépidoptères nocturnes (Figure 2). Une plante adulte bien conduite peut présenter plusieurs vagues de floraison par an (jusqu'à 4 à 6 cycles) et fournir un rendement potentiel atteignant 80 à 100 kg de fruits par pied et par an (Zee et al., 2004 ; Mizrahi, 2014)

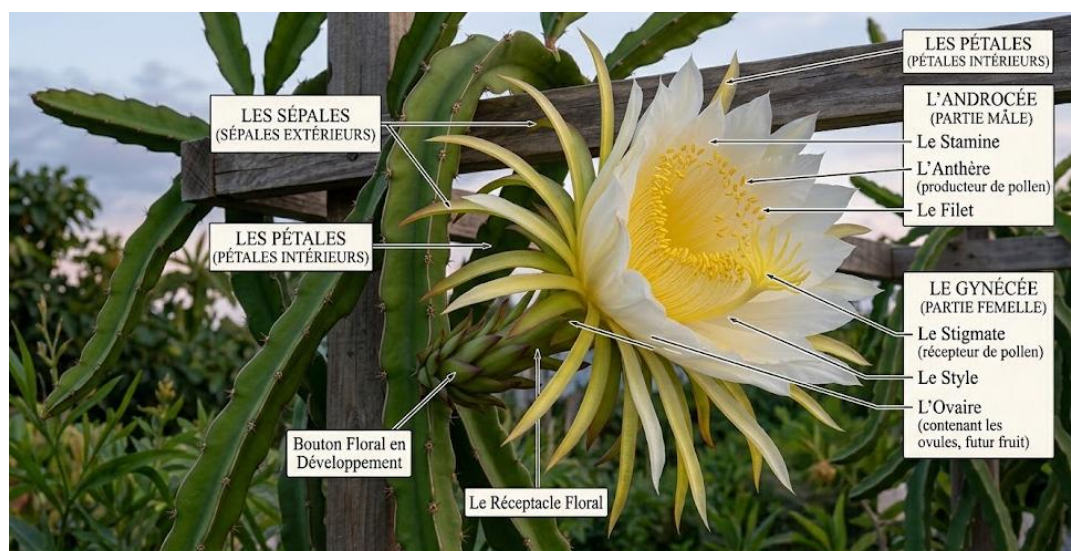


Figure 2 : Morphologie et anatomie florales du pitaya (*Hylocereus* spp.)

Fruit et graines : Le fruit est une baie oblongue à ovoïde, recouverte d'un péricarde écailleux rouge, rose ou jaune selon l'espèce (Figure 3). Le parenchyme d'arrière-plan (pulpe) est translucide, blanc, rouge ou pourpre, parsemé d'une multitude de graines noires de petite taille (environ 1 mm). Ces graines sont particulièrement riches en métabolites secondaires et en acides gras polyinsaturés, notamment en acides linoléique et oléique (Abdul Karim et al., 2009).

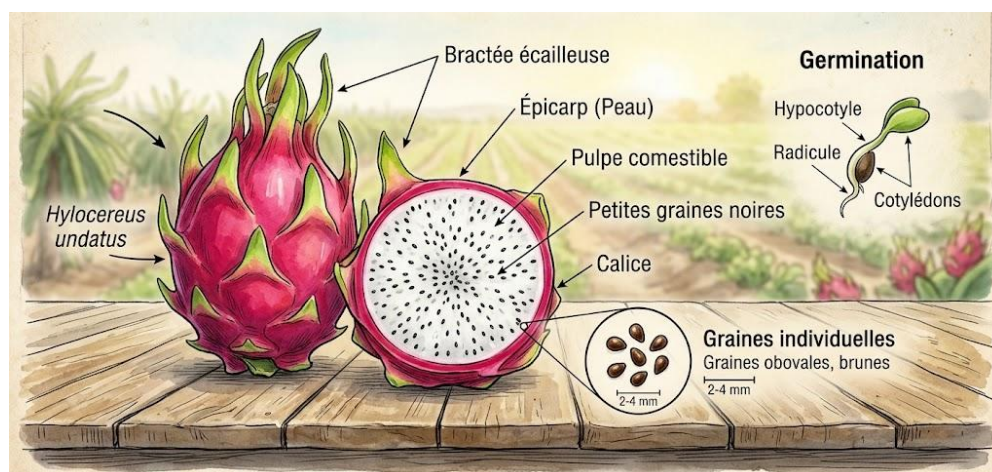


Figure 3 : Anatomie morphologique du fruit et des graines

6.3. Appareil souterrain et système racinaire adventif

L'appareil racinaire du pitaya (Figure 4) présente un double rôle, à la fois trophique (nutrition organo-minérale et absorption d'eau) et mécanique (ancrage et fixation) (**Hölscher et al., 2023**).

- a- **Système racinaire souterrain** : Le système racinaire principal est de nature fasciculée et extrêmement superficiel, localisé à plus de 80 % dans les 15 à 30 premiers centimètres du sol (**Perween et al., 2018**). Cette distribution de surface permet une captation rapide des eaux de précipitation légères et des apports de fertilisation, mais rend la plante très sensible à l'asphyxie racinaire en cas d'excès d'eau ou de compaction du sol (**Crane & Balerdi, 2020**).

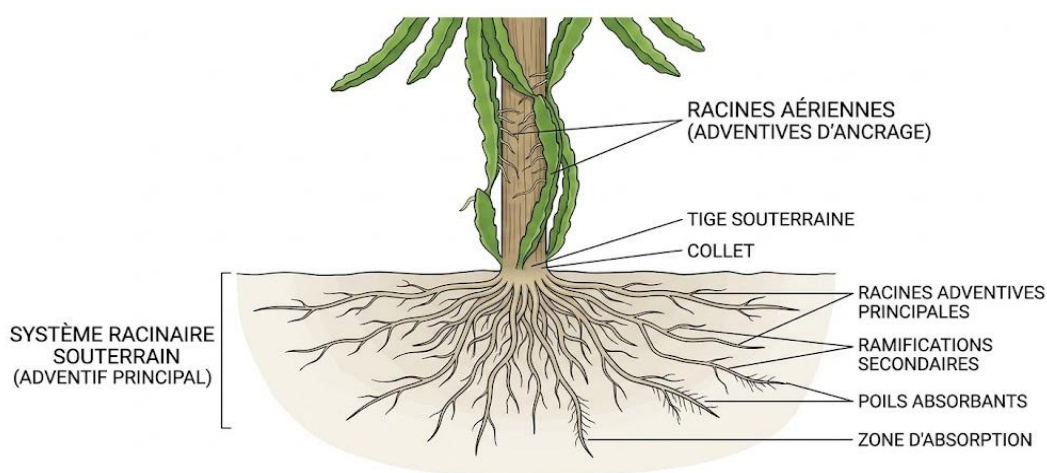


Figure 4 : Anatomie du système racinaire souterrain et adventives de Pitaya

- b- **Racines adventives et ancrage mécanique** : En plus de son réseau souterrain, *Hylocereus spp* émet abondamment des racines adventives aériennes au niveau des aréoles et des nœuds des cladodes. L'étude anatomique menée par **Hölscher et al. (2023)** démontre que ces racines possèdent un cylindre central fortement lignifié directement connecté au système conducteur vasculaire des cladodes (Figure 5). Ces structures confèrent une résistance mécanique élevée permettant la fixation solide de la biomasse aérienne sur les supports (arbres, rochers ou treillages commerciaux).

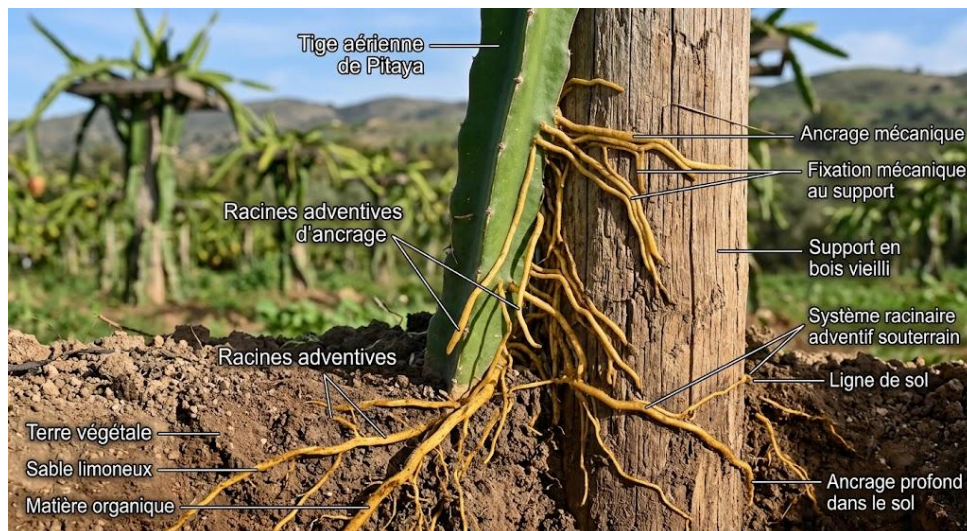


Figure 5 : Anatomie du système adventif du pitaya

7. Phénologie et cycle de développement du pitaya (*Hylocereus spp.*)

Le cycle biologique du pitaya comprend deux composantes physiologiques interdépendantes : le **cycle végétatif** (développement des racines, croissance des cladodes et ramification) et le **cycle reproducteur** (induction florale, anthèse, fécondation, fructification et maturation) (Kishore, 2016).

L'analyse de la phénologie de *Hylocereus undatus* a fait l'objet d'une standardisation selon l'échelle BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie), permettant de découper son développement en plusieurs stades phénologiques majeurs (Kishore, 2016) :

- **Stade 0 (Développement des bourgeons) :** Émergence des bourgeons végétatifs ou floraux au niveau des aréoles des cladodes matures.
- **Stade 1 (Développement des pousses / Cladodes) :** Élongation des nouveaux cladodes, passant d'une coloration vert tendre à une lignification progressive du cylindre vasculaire central.
- **Stade 5 (Apparition des boutons floraux) :** Gonflement et différenciation des boutons floraux (durée de 15 à 21 jours entre l'apparition du bouton et l'ouverture de la fleur).
- **Stade 6 (Floraison / Anthèse) :** Épanouissement nocturne complet de la corolle (durée de 12 à 15 heures) suivi du fannage dès les premières heures du jour.
- **Stade 7 (Développement du fruit) :** Nouaison et grossissement rapide du péricarde et du parenchyme (durée globale de 30 à 45 jours selon les conditions thermiques).

- **Stade 8 (Maturation du fruit) :** Virage chromatique de l'écorce (du vert au rouge/rose ou jaune), accumulation des sucres solubles et ramollissement progressif de la pulpe.

7.1. Cycle végétatif

Le cycle végétatif (Figure 6) regroupe l'ensemble des étapes de croissance, de différenciation et de renouvellement des organes végétatifs dudit plan, principalement représentés par le système racinaire (souterrain et aérien), les cladodes et les ramifications (**Mizrahi, 2014**). En tant que Cactacée pérenne, la biogenèse et l'extension du couvert végétal reposent essentiellement sur le développement des cladodes. Ces tiges modifiées succulentes constituent non seulement le siège majeur de l'activité photosynthétique (via le métabolisme CAM), mais agissent également comme des organes de réserve fondamentaux pour le stockage de l'eau et des photoassimilats (**Le Bellec et al., 2006**).

D'après la caractérisation phénologique établie par **Kishore (2016)** selon l'échelle BBCH, la croissance végétative du pitaya est régie par trois stades principaux : le développement des bourgeons (Stade BBCH 0), le développement des pousses (Stade BBCH 1) et le développement des organes issus de la multiplication végétative (Stade BBCH 2) (**Kishore, 2016**).

a) Germination et installation de la plantule

Dans le cas d'une propagation sexuée par semences, le cycle végétatif débute par la germination. La jeune plantule développe progressivement une racicule pivotante transitoire et ses premiers axes caulinaires succulents. D'un point de vue pyrotechnique, ce mode de multiplication présente un intérêt majeur pour les programmes de sélection et d'amélioration génétique, la recombinaison meiotique permettant de générer une grande variabilité allélique (**Mizrahi, 2014**).

En revanche, pour la conduite d'un verger commercial, multiplication végétative (la propagation clonale) est systématiquement privilégiée afin de maintenir la conformité génétique et l'homogénéité du cultivar sélectionné (**Le Bellec et al., 2006**).

b) Développement et maturation des cladodes

Les cladodes représentent la charpente essentielle de l'appareil végétatif aérien chez *Hylocereus* spp. Ce sont des tiges de section généralement trigonale, étalées, vert foncé et fortement parenchymateuses. Leur croissance assure l'extension de l'indice de surface foliaire équivalent (LAI) et l'accumulation des réserves glucidiques nécessaires au soutien de la future charge fruitière. Le long de leurs marges ondulées se répartissent les aréoles (**Kishore, 2016**).

c) Formation des racines adventives et organogénèse

L'émission de racines adventives constitue une adaptation morpho-anatomique critique au mode de croissance semi-épiphyte du pitaya. Ces structures prennent origine directement au niveau du tissu caulinaire des cladodes pour assurer l'ancrage mécanique de la plante sur ses supports (arbres ou treillages artificiels). L'étude anatomique menée par **Hölscher et al. (2023)** chez *Selenicereus undatus* montre que ces racines possèdent une structure fortement lignifiée et une continuité vasculaire directe avec les faisceaux conducteurs du cladode. Cette plasticité rhizogène remarquable explique également la grande facilité d'enracinement des segments de tige, conférant au bouturage une efficacité agronomique optimale (**Hölscher et al., 2023**).

d) Ramification et structuration de la plante adulte

Après l'installation et l'enracinement initial, le jeune plant émet une ou plusieurs pousses orthotropes principales, suivies d'une émission abondante de ramifications plagiotropes secondaires et tertiaires. Cette architecture ramifiée permet d'intercepter au mieux le rayonnement photosynthétiquement actif (PAR) et de coloniser la structure de palissage (**Crane & Balerdi, 2020**). La maturation physiologique et la lignification du cylindre vasculaire des cladodes constituent un préalable indispensable à l'induction florale : une biomasse végétative mature garantit le niveau de réserves carbonées requis pour l'émergence des bourgeons reproducteurs (**Kishore, 2016**). Ce continuum entre statut végétatif et capacité reproductrice est formellement séquencé par l'échelle BBCH, qui articule chronologiquement l'élongation des pousses, l'initiation florale, l'anthèse et la carpophyse (**Kishore, 2016**).

e) Renouvellement de la canopée et reprise de croissance

En tant que culture pérenne, le pitaya présente une dynamique de croissance polycyclique. À la suite des vagues successives de floraison et de fructification, la plante réoriente ses métabolites vers la phase végétative, caractérisée par le débourrement de nouvelles pousses et le renouvellement de la canopée (**Le Bellec et al., 2006**). Cette capacité permanente de régénération végétative assure la pérennité structurelle du verger et le maintien des rendements sur plusieurs cycles d'exploitation, sous réserve d'une conduite de la fertilisation et d'une taille d'entretien adaptées.

7.2. Cycle reproducteur

Le cycle sexué du pitaya (Figure 7) correspond à l'ensemble des processus biologiques conduisant à la production d'une nouvelle génération à partir des organes reproducteurs. Il comprend principalement l'initiation florale, le développement du bouton floral, l'anthèse, la pollinisation, la fécondation, le développement du fruit, la maturation ainsi que la formation des graines (**Kishore, 2016**).

a) Initiation florale

La transition entre la croissance végétative et la phase reproductive constitue une étape fondamentale du cycle sexué. Chez le pitaya, les organes reproducteurs apparaissent à partir des aréoles situées sur les cladodes physiologiquement matures. Selon **Kishore (2016)**, le début de la phase reproductive se caractérise par l'émergence de boutons floraux au niveau de ces aréoles. Le développement du bouton floral jusqu'à l'ouverture complète de la fleur s'étale généralement sur plusieurs semaines.

La floraison du pitaya est également régie par les facteurs environnementaux, notamment la photopériode et les précipitations. Dans les zones tropicales et subtropicales, plusieurs vagues de floraison successives peuvent ainsi être observées au cours d'une même année (**Kishore, 2016**).

b) Développement de la fleur et anthèse

L'épanouissement floral (anthèse) est un phénomène généralement nocturne et éphémère. Une étude récente publiée par **Jadhav et al. (2025)** a démontré que la biologie reproductive du pitaya présente une variabilité marquée selon les génotypes. Chez certaines variétés, l'auto-compatibilité permet l'autopollinisation, tandis que d'autres génotypes manifestent une auto-incompatibilité exigeant une pollinisation croisée pour assurer la nouaison (**Jadhav et al., 2025**).

c) Pollinisation

La pollinisation correspond au transfert des grains de pollen depuis les anthères jusqu'au stigmate, étape conditionnant directement la réussite de la fécondation et le développement ultérieur du fruit.

Les travaux de **Jadhav et al. (2025)** ont mis en évidence que la viabilité pollinique et la réceptivité stigmatique définissent une fenêtre opportuniste de pollinisation relativement large autour de l'anthèse. Chez les génotypes étudiés, l'application d'une pollinisation

manuelle, en particulier la pollinisation croisée, a permis d'optimiser significativement certains paramètres de rendement, notamment le poids moyen du fruit (Jadhav et al., 2025).

d) Fécondation

Consécutivement au dépôt du pollen sur le stigmate, le grain de pollen germe et émet un tube pollinique qui progresse à travers les tissus stylaires jusqu'aux ovules insérés dans l'ovaire. La fusion des gamètes mâles et femelles (double fécondation) initie la formation de l'embryon et du tissu nourricier.

e) Développement du fruit

Selon l'échelle BBCH adaptée à *Hylocereus undatus*, le développement du fruit (carpophyse) correspond au **stade principal 7**. Cette phase d'accroissement cellulaire est immédiatement suivie par le **stade principal 8**, caractérisé par la maturation physiologique de la baie (Kishore, 2016).

f) Maturation et formation des graines

La maturation représente l'étape finale du cycle reproductif avant la dispersion ou la récolte des semences. Le fruit parvient à maturité lorsqu'il contient une abondance de petites graines noires réparties de manière homogène au sein de la pulpe. Toutefois, en arboriculture commerciale, la multiplication par semis reste très limitée en raison de la forte ségrégation et variabilité génétique des descendants, au profit de la propagation clonale par bouturage (Kishore, 2016 ; Jadhav et al., 2025).

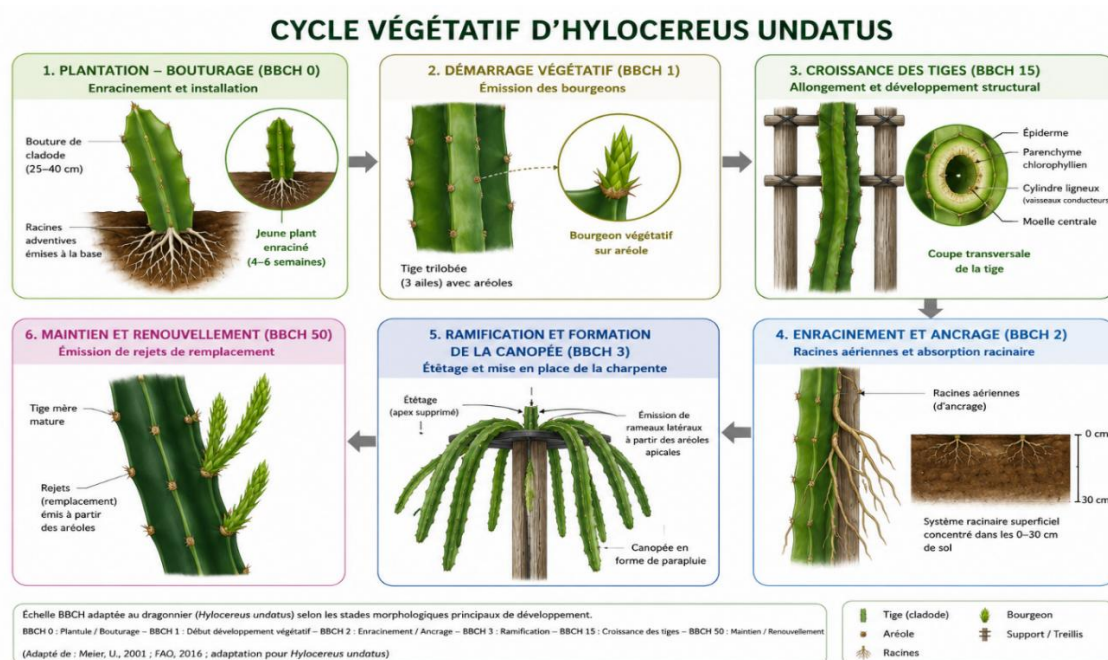


Figure 6 : Cycle végétatif d'*Hylocereus undatus*

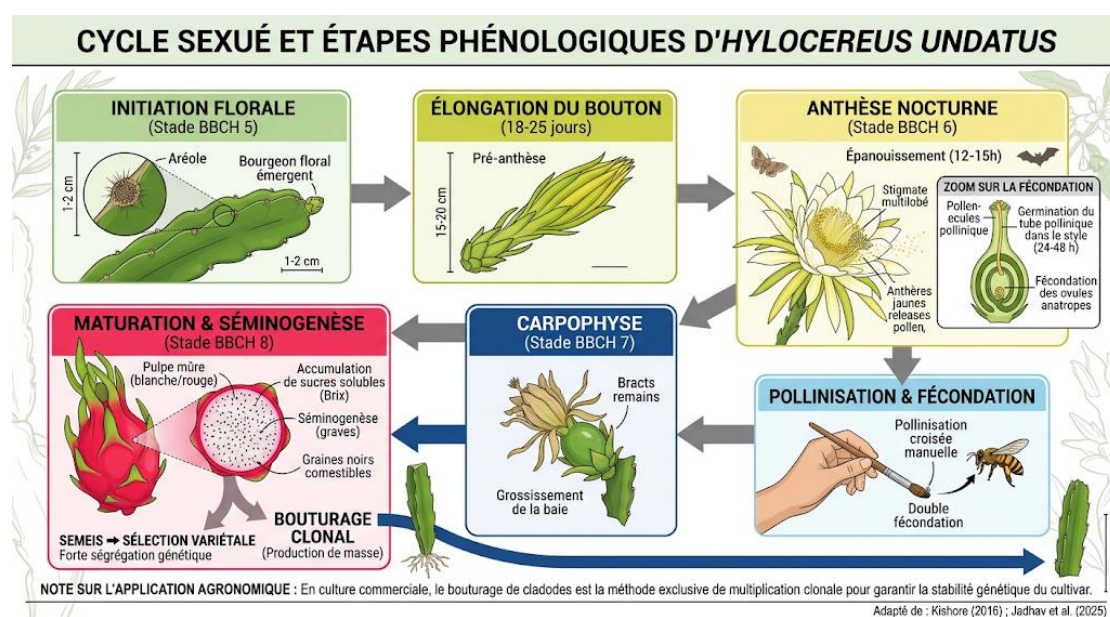


Figure 7 : Cycle sexué et étapes phénologiques d'*Hylocereus undatus*

8. Exigences climatiques de la culture du pitaya

8.1. Température

Une température moyenne optimale comprise entre 20 °C et 30 °C est requise pour assurer une activité photosynthétique et une croissance végétative maximales (**Mertz et al., 2019 ; Raveh et al., 1998**).

Lorsque la température descend en dessous de 10 °C, le métabolisme et l'élongation des cladodes subissent un ralentissement marqué ; des températures négatives entraînent une nécrose irréversible des tissus parenchymateux non protégés par gel (**Nerd & Mizrahi, 1997**). À l'inverse, des températures excessives (> 38–40 °C) associées à un rayonnement solaire intense induisent un stress thermique et des brûlures épidermiques (photo-inhibition), justifiant l'utilisation d'un ombrage partiel (30 à 40 %) dans les zones arides (**Lichtenzveig et al., 2000 ; Raveh et al., 1998**).

8.2. Photopériode et ensoleillement

L'induction florale et la carpogénèse chez *Hylocereus* spp sont fortement régulées par la photopériode. Étant une plante de jours longs, la floraison nécessite une durée d'éclairement quotidienne optimale de 12 à 14 heures (**Kishore, 2016 ; Jiang et al., 2012**).

Un ensoleillement direct d'au moins 6 à 8 heures par jour est indispensable pour maintenir une assimilation carbonée suffisante via la photosynthèse. Néanmoins, dans les régions caractérisées par un indice UV élevé, l'installation d'une toile d'ombrage modérée permet d'atténuer la photo-oxydation des pigments chlorophylliens et d'optimiser l'efficacité d'utilisation de l'eau (**Mizrahi, 2014**).

8.3. Pluviométrie et métabolisme hydrique

Appartenant à la famille des Cactaceae, le pitaya présente une tolérance marquée à la contrainte hydrique grâce à des adaptations morpho-anatomiques et physiologiques : des cladodes succulents assurant le stockage d'eau, une cuticule cireuse épaisse réduisant la transpiration cuticulaire, ainsi qu'un métabolisme acide crassulacéen (CAM) caractérisé par une ouverture stomatique nocturne limitant les pertes d'eau par évapotranspiration (**Nobel, 2002 ; Raveh et al., 1995**).

Bien que la survie de la plante soit assurée sous de faibles pluviométries, une production fruitière optimale exige une pluviométrie annuelle bien distribuée comprise entre 800 et 1 500 mm (**Crane & Balerdi, 2020 ; Pushpakumara et al., 2005**). Cependant, la plante est particulièrement vulnérable à l'excès d'eau et à la stagnation hydrique, qui provoquent l'asphyxie du système racinaire superficiel et favorisent le développement de pourritures racinaires dues à *Fusarium* spp ou *Phytophthora* spp. (**Le Bellec et al., 2006**).

8.4. Altitude et zones d'adaptation

Les zones optimales pour la culture commerciale du pitaya se situent généralement à des altitudes inférieures à 800 mètres au-dessus du niveau de la mer, où les conditions thermiques et le bilan radiatif sont favorables au développement végétatif et reproducteur (**Mizrahi & Nerd, 1999**). Ces exigences microclimatiques correspondent aux zones de rusticité USDA 9b à 11, couramment utilisées comme indicateurs de faisabilité agro-climatique pour l'introduction et la caractérisation du cultivar *Hylocereus* spp dans un nouveau milieu culturel (**Zee et al., 2004**).

9. Exigences édaphiques de la culture du pitaya

9.1. Texture et drainage

Hylocereus spp présente une grande plasticité vis-à-vis de la typologie des sols ; néanmoins, la porosité et la capacité de drainage constituent des facteurs limitants majeurs pour le succès de la culture (**Crane & Balerdi, 2020 ; Le Bellec et al., 2006**). Les sols légers à texture sablo-limoneuse ou silico-argileuse sont fortement préconisés. Ils facilitent l'aération de la rhizosphère et préviennent l'anoxie racinaire, principale cause du dépérissement et des pourritures du système racinaire superficiel (**Mertens, 2012 ; Nerd & Mizrahi, 1997**).

Bien que l'implantation sur sols argileux soit envisageable, elle nécessite des aménagements physiques préalables, notamment la confection de ados ou de buttes de plantation surélevées (30 à 50 cm) et l'incorporation d'amendements drainants pour réduire la rétention d'eau excessive (**Pushpakumara et al., 2005**).

9.2. pH du sol et réactivité édaphique

Le pitaya s'adapte à une gamme relativement large de pH sol, s'étendant de 5,5 à 7,5 (**Kishore, 2016**). Toutefois, la zone optimale d'assimilation des nutriments se situe dans des pH légèrement acides à neutres, compris entre 6,0 et 6,8 (**Mizrahi, 2014 ; Zee et al., 2004**). Dans les sols excessivement acides ($\text{pH} < 5,0$), des risques de toxicité alumi-manganique et une baisse de biodisponibilité du phosphore sont observés, tandis que les sols fortement alcalins ou calcarifères ($\text{pH} > 7,8$) induisent fréquemment des chloroses ferriques et restreignent l'assimilation des microéléments métalliques (Fe, Zn, Mn) (**Vaillant et al., 2005**).

9.3. Matière organique et fertilisation

L'activité du système racinaire adventif et l'élongation rapide des cladodes sont fortement conditionnées par la teneur en matière organique de l'horizon superficiel (**Nobel, 2002**). L'apport régulier d'amendements organiques stabilisés (compost mûr, fumier bien décomposé à raison de 10 à 15 kg/pied/an) améliore la structure du sol, la capacité de rétention d'eau utile et l'activité microbiologique du sol (**Crane & Balerdi, 2020 ; Le Bellec, 2002**).

Cette fertilisation organique doit être complétée par des apports minéraux fractionnés et équilibrés (Tableau 2) : une nutrition azotée modérée pour soutenir l'activité photosynthétique initiale, associée à un renforcement de la complémentation en phosphore (P_2O_5) et en potassium (K_2O) au moment de l'induction florale et de la carpogénèse, paramètres déterminants pour la nouaison, la fermeté de la pulpe et le taux de sucres solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) (**Tripathi et al., 2014 ; Le Bellec, 2002**).

Tableau 2 : Exigences édapho-climatiques du pitaya

Paramètre	Valeur / plage optimale
Température minimale	$\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sensible au gel $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Photopériode	10 à 12 h de lumière/jour
Ensoleillement direct	6 à 8 h/jour
Pluviométrie annuelle	$> 800\text{ mm}$ pour un rendement optimal
Altitude	$< 800\text{ m}$
Texture du sol	Sablo-limoneuse, bien drainée
pH du sol	5,5 – 7,5

10. Installation et conduite de la culture

La réussite de l'implantation et de la conduite du pitaya (*Hylocereus* spp.) repose sur le respect des exigences édapho-climatiques de la plante, le choix d'un système de palissage adapté à sa charge biomasse et l'application rigoureuse d'un itinéraire technique (taille, fertilisation, irrigation, pollinisation et protection sanitaire).

10.1. Choix du site et préparation de la parcelle

Le choix du site constitue une étape déterminante pour l'implantation du pitaya. La parcelle doit être bien exposée au soleil, aérée et bien drainée, en évitant les zones sujettes à la stagnation de l'eau ou aux inondations temporaires.

Un sol riche en matière organique, présentant une bonne porosité et une capacité de rétention en eau équilibrée, est recherché. Il convient également d'éviter la proximité d'arbres, de bâtiments ou de lignes électriques susceptibles de créer de l'ombrage ou des contraintes pour le développement des plants (**Wei, 2016 ; Mizrahi, 2014 ; Chu, 2015 ; Crane & Balerdi, 2020**).

10.2. Choix du système de conduite et installation des supports

Le pitaya étant une plante grimpante à tiges charnues, son implantation nécessite un support solide, adapté au mode de conduite choisi. Les systèmes décrits dans la littérature fournie sont présentés ci-dessous comme des options distinctes : ils ne doivent pas être combinés en un seul dispositif.

a) Palissage sur poteau individuel

Le système individuel convient notamment aux petites surfaces et aux jardins (Figure 8). Il comprend un poteau vertical ancré dans le sol et surmonté d'une couronne ou d'un cadre horizontal permettant le retombement des rameaux. Selon les références rapportées, les supports peuvent être espacés d'environ 1,6 à 1,9 m ; un dispositif décrit par **Chu (2015)** comporte un poteau en béton de 1,8 m, dont environ 55 cm sont ancrés dans le sol, associé à un bloc de fixation et à une couronne métallique. Les dimensions exactes doivent être adaptées au matériel et aux conditions locales (**Chu, 2015 ; Crane & Balerdi, 2020**).

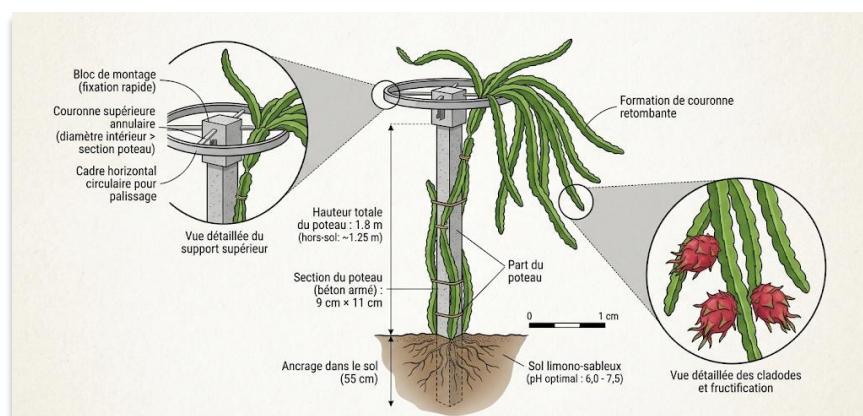


Figure 8. Représentation du tuteur individuel à poteau central pour *Hylocereus undatus* (Chu, 2015)

b) Palissage sur colonnes et fils

Dans le système à colonnes, les poteaux constituent l'ossature de soutien. **Wei (2016)** rapporte un espacement de 1,6 à 2,1 m, une hauteur totale de 1,8 à 2,1 m et un enfouissement de 0,5 à 0,8 m. Les colonnes en béton sont reliées par 3 à 4 fils espacés de 28 à 32 cm. Ces valeurs sont à vérifier dans la source originale avant validation définitive, notamment la largeur et l'épaisseur des poteaux.

La plantation est réalisée entre les colonnes, à raison de 3 à 6 plants par emplacement selon **Wei (2016)**. La source mentionne également un apport de 0,25 à 0,42 kg d'engrais par trou et un support en bois de 1,2 à 1,7 m de longueur et de 3,5 à 6,2 cm de diamètre. Ces indications doivent être conservées avec prudence et confrontées au protocole réellement retenu.

c) Palissage à double étage

Le système à double étage (Figure 9) repose sur des ados surélevés afin de faciliter le drainage, avec des rangs espacés de 2,8 à 3,2 m, des plateaux de 1,4 à 1,8 m de largeur et une hauteur de 20 à 30 cm (**Crane & Balerdi, 2005**).

Des poteaux en béton sont implantés au centre des ados, espacés de 2 à 3 m, avec une hauteur hors sol rapportée de 175 à 185 cm (**Luo, 2020**). Deux cadres horizontaux sont installés : un niveau inférieur à 95–105 cm et un niveau supérieur à 170–180 cm. Des traverses et des bambous disposés régulièrement guident les rameaux à différents niveaux (**Luo, 2020 ; Le Bellec et al., 2006**).

Un cadre supérieur en T peut recevoir un filet d'ombrage ou de protection. Les dimensions rapportées dans le document sont de 75–85 cm de hauteur et de 46–55 cm de

largeur. L'intérêt et le niveau d'ombrage doivent être adaptés aux conditions de production ; **Jiang et al. (2021)** est cité à ce sujet.

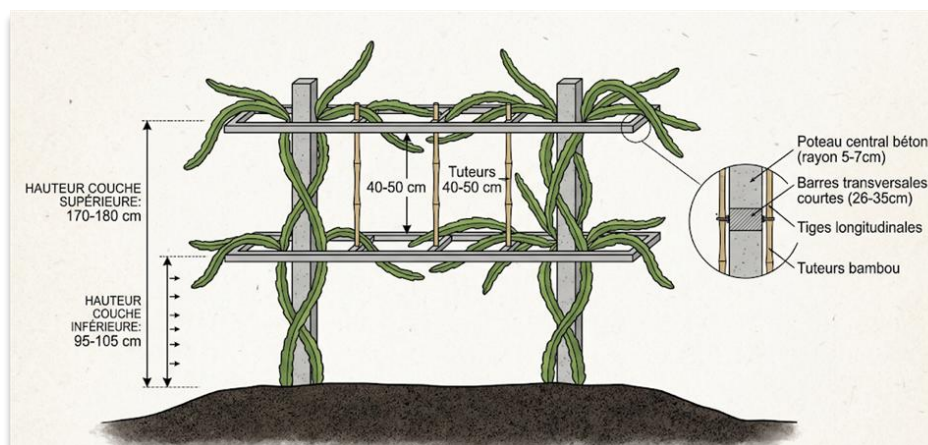


Figure 9 : Représentation schématique du système de palissage à double étage pour *Hylocereus undatus* (**Luo, 2020**).

d) Palissage en haie à portiques en A

Le système en haie utilise des portiques en A des trépieds d'extrémité ancrés au sol et des colonnes intermédiaires reliées par des câbles (Figure 10). Les portiques sont espacés de 4 à 6 m et les plants sont disposés le long du rang à environ 1 m d'intervalle, selon les indications rapportées. Les rameaux se répartissent sur les deux versants, ce qui peut faciliter l'aération, l'interception lumineuse, les opérations culturales et la récolte.

Les gains de rendement annoncés dans le texte source doivent être vérifiés et contextualisés avant d'être présentés comme généralisables (**Luo et al., 2015**).

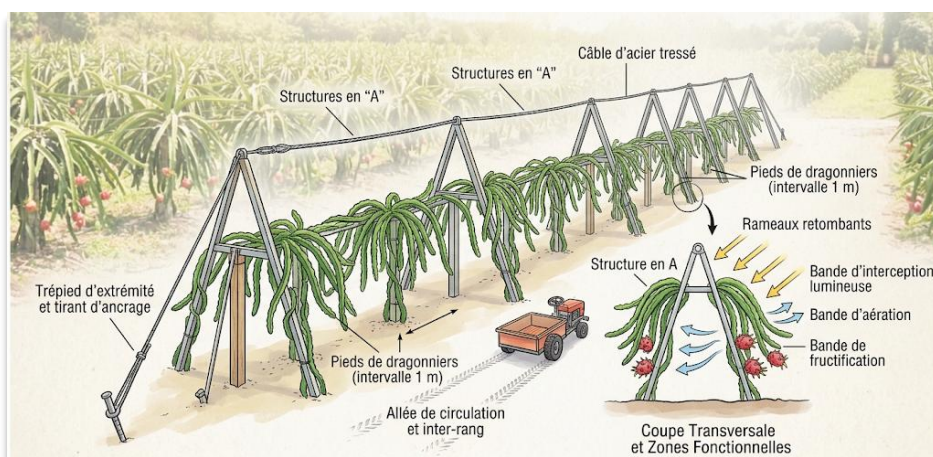


Figure 10 : Structure de palissage en haie fruitière à portiques en « A » pour *Hylocereus undatus* (**Luo et al., 2015**)

e) Culture en grands conteneurs

La culture hors-sol peut être conduite dans de grands conteneurs contenant un substrat drainant enrichi en matière organique (figure 11). Le conteneur dont le fond est retiré ou découpé, puis placé au contact du sol afin de permettre un enracinement dans la couche superficielle. Cette modalité évite le creusement classique des fosses, mais sa mise en œuvre doit tenir compte du drainage, de la stabilité du support et de la gestion de l'humidité.



Figure 11 : installation en hors sol (conteneur) pour *Hylocereus undatus*

10.3. Préparation des boutures et plantation

La qualité du matériel végétal conditionne la reprise. Il convient de sélectionner des boutures saines et de dimensions homogènes. L'étude de **Kakade et al. (2019)**, telle que rapportée dans le document, compare plusieurs longueurs : à 30 jours après plantation, certains paramètres de croissance sont supérieurs avec des boutures de 35–40 cm, tandis que certains paramètres racinaires initiaux sont meilleurs avec des segments de 20–25 cm. À 60 jours, les boutures de 30–40 cm présentent globalement des valeurs plus élevées pour plusieurs paramètres racinaires et caulinaires. Ces résultats doivent être rapportés comme ceux de l'expérimentation citée, et non comme une norme universelle.

En plantation au champ, la fosse est préparée dans un sol désherbé et ameubli. **Crane et Balerdi (2020)** indiquent des dimensions de l'ordre de trois à quatre fois le diamètre du pot et jusqu'à trois fois sa hauteur, avec incorporation de compost ou de fumier bien décomposé à la terre extraite. La motte est préservée, le plant est placé au centre en maintenant le collet au niveau du sol, puis la fosse est rebouchée et légèrement tassée. Un arrosage favorise le contact entre les racines et le sol. Les dimensions importantes de fosse rapportées par la source doivent être adaptées au contexte réel et vérifiées.

10.4. Conduite de la phase végétative

Après la plantation, l'irrigation doit être ajustée à la météo et à l'humidité du sol. **Wei (2016)** rapporte un premier arrosage 1 à 2 jours après plantation par temps ensoleillé et 2 à 3 jours par temps couvert ; cette indication doit être interprétée en fonction de l'état hydrique effectif du substrat et du risque de pourriture.

Les jeunes tiges sont guidées progressivement vers le support et attachées avec des liens souples, sans blesser les cladodes. Le document indique de commencer le palissage lorsque les tiges atteignent environ 24–32 cm. Les fils métalliques nus sont à éviter au contact direct des tissus ; si des câbles sont utilisés, une protection est nécessaire (**Wei, 2016 ; Crane & Balerdi, 2020**).

La fertilisation doit être raisonnée et adaptée au stade de développement, à la fertilité du sol et au système de production. Selon **Wei (2016)** mentionne une solution nutritive liquide à raison de 180–450 ml par plant tous les 14–22 jours. Le compost ou le fumier bien décomposé peut contribuer à l'entretien de la matière organique ; les apports excessifs à proximité du pied sont à éviter (**Wei, 2016 ; Mizrahi, 2014 ; Karunakaran et al., 2021 ; Crane, 2025**).

10.5. Taille de formation et formation de la couronne

La taille de formation vise à conduire un axe principal jusqu'au sommet du support. Les ramifications latérales le long de cet axe peuvent être supprimées au fur et à mesure, tandis que la tige principale est attachée progressivement. Lorsque celle-ci atteint la hauteur prévue, un pincement apical stimule la ramification et la formation d'une couronne de cladodes retombants. La hauteur de pincement recommandée se situe entre 0,9 et 1,3 m dans le système décrit par **Wei (2016)**. Cette hauteur dépend toutefois du type de support utilisé.

Sur les plants adultes, la taille d'entretien consiste à retirer les cladodes âgés, improductifs, endommagés ou malades afin d'aérer la canopée et de faciliter la pénétration de la lumière. Après la récolte, la suppression ciblée de rameaux ayant fructifié peut favoriser le renouvellement végétatif. Les outils doivent être désinfectés entre les interventions pour limiter la dissémination d'agents pathogènes (**Le Bellec et al., 2006 ; Arredondo et al., 2022 ; Kakade et al., 2024 ; Crane & Balerdi, 2020**).

10.6. Irrigation, fertilisation et prévention des fissures

L'irrigation doit être régulière mais modérée, adaptée au stade phénologique, au climat et au drainage. Le goutte-à-goutte permet un apport localisé et progressif. Une attention particulière est nécessaire pendant la croissance végétative, la floraison, la nouaison et

l'expansion des fruits. Les excès d'eau, les stagnations et les variations brutales de l'humidité peuvent affecter le système racinaire et la qualité des fruits (**Huang, 2020 ; Crane, 2025**).

Après la récolte, un apport de fond peut être envisagé à proximité de la zone racinaire, à environ 25–30 cm du pied selon **Huang (2020)**. Pendant la floraison et le grossissement des fruits, les apports minéraux doivent être ajustés aux besoins réels. La fertigation et les apports de calcium sont préconisés tout en respectant les doses . Une fertilisation excessive peut nuire à la fructification et à la qualité des fruits.

10.7. Paillage et entretien du sol

Le paillage organique contribue à réduire l'évaporation, à limiter les adventices et à améliorer progressivement la teneur en matière organique du sol. Avec une épaisseur de 5 à 15 cm, avec des matériaux tels que la paille, les copeaux ou les écorces broyées. Il est conseillé de maintenir une zone dégagée de 20 à 30 cm autour du collet afin d'éviter une humidité excessive au contact des tiges et de limiter les risques de pourriture (**Crane & Balerdi, 2020**).

10.8. Floraison et pollinisation

Les fleurs de *Hylocereus undatus* s'ouvrent la nuit et sont hermaphrodites. Selon les références citées, une pollinisation manuelle complémentaire peut être pratiquée au moment de l'anthèse nocturne ou tôt le matin, avant la fermeture de la fleur. Le pollen est prélevé sur les étamines à l'aide d'un pinceau souple, puis déposé délicatement sur le stigmate.

L'efficacité de cette intervention dépend notamment de la compatibilité pollinique et des conditions de floraison ; elle ne doit donc pas être présentée comme systématiquement indispensable à toutes les situations (**Mertens et al., 2018 ; Wei, 2016 ; Jiang et al., 2021**).



Figure 12 : Pollinisation manuelle au pinceau sur le stigmate d'une fleur épanouie de *Hylocereus undatus*. (**Mertens et al 2018**).

11. Surveillance phytosanitaire et mesures préventives

La conduite de la culture du pitaya (*Hylocereus* spp.) se heurte à un complexe phytosanitaire varié comprenant des ravageurs entomologiques (Figure 13) et des agents pathogènes majeurs (fongiques, bactériens, viraux et nématologiques) (Figure 14) capables de compromettre la productivité des vergers et la qualité commerciale des fruits. (Voir tableaux récapitulatifs 3 et 4)

Tableau 3 : Principaux ravageurs du pitaya

Bioagresseur & Taxonomie	Organes Cibles	Symptômes & Dégâts Observés	Impact & Références
Thrips (Ordre : Thysanoptera)	Tissus floraux, jeunes ébauches de fruits, épiderme	• Piqûres épidermiques nutritionnelles. • Subérisations cicatricielles (argentées à brunes). • Ponte directe et dépôts fécaux sombres.	TRES ELEVE Déclassement de 20 à 80% des fruits en épidémie. (Belbase et al., 2025 ; Crane & Balerdi, 2020)
Pucerons & Cochenilles (Aphididae & Coccoidea)	Cladodes charnus, jeunes pousses apicaux, fruits	• Prélèvement massif de sève élaborée. • Ralentissement de la croissance apicale. • Excrétion de miellat induisant la fumagine (Capnodium spp., voile noir).	MODÉRÉ À ÉLEVÉ Baisse de la photosynthèse et dépréciation visuelle. (UC IPM, 2023 ; Le Bellec et al., 2006 ; Belbase et al., 2025)
Fourmis (Ordre : Hymenoptera)	Système végétatif global, colonies d'insectes suceurs	• Mutualisme trophobiotique (attirées par le miellat). • Protection active des pucerons/cochenilles contre leurs prédateurs. • Extension et maintien des foyers d'infestation.	INDIRECT Aggravation indirecte des attaques d'hémipStripes. (Zee et al., 2004)
Punaie à pattes foliaires (Leptoglossus spp.)	Parenchyme des cladodes, fruits	• Perforations des tissus par stylet piqueur-sueur.	MODÉRÉ Cycle ~50 jours. Pertes directes et

		• Nécroses directes sur cladodes et fruits. • Création de portes d'entrée pour agents pathogènes opportunistes.	infections secondaires. (Mead, 2018 ; Belbase et al., 2025)
Mouches des fruits (Diptera, ex: <i>Bactrocera dorsalis</i>)	Épicarpe et pulpe des fruits en maturation	• Ponction d'oviposition sous l'épicarpe. • Développement endophyte des larves carpophages. • Liquéfaction, galeries et pourriture interne du fruit.	CRITIQUE Cause majeure de rejet aux contrôles phytosanitaires. (Zee et al., 2004)
Ravageurs Secondaires (Coléoptères, Gastéropodes, Avifaune)	Jeunes pousses, fleurs, fruits mûrs	• Dégâts de broutement foliaire et encoches sur tiges. • Perforations de l'épicarpe des fruits surmaturés.	PONCTUEL Lié à un mauvais désherbage ou récoltes tardives. (Belbase et al., 2025 ; Mead, 2018)

Tableau 4: Principales pathologies du pitaya

Pathologie & Agents Causaux	Organes Touchés	Symptomatologie & Étiologie	Facteurs Favorisants & Références.
Pathologies Fongiques (<i>Colletotrichum spp.</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Bipolaris spp.</i> , <i>Neoscytalidium spp.</i>)	Cladodes, fleurs, chancres sur tiges, fruits	• Anthracnose : Taches nécrotiques brun-orangéâtre. • Pourritures : Ramollissement des tissus (soft rot). • Chancres : Lésions subéreuses et croûteuses profondes.	MAJEUR Humidité élevée, éclaboussures d'eau, outils non désinfectés. (Belbase et al., 2025)
Pathologies Bactériennes (<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Paenibacillus polymyxa</i>)	Collet, parenchyme des tiges et cladodes	• Pourriture molle et humide à odeur désagréable. • Moussissement et désagrégation parenchymateuse fulgurante. • Effondrement structural des segments touchés.	SÉVÈRE Blessures mécaniques, tempêtes, forte hygrométrie. (Belbase et al., 2025)
Pathologie Virale (<i>Virus X du Cactus - CVX</i>)	Ensemble de l'appareil végétatif (cladodes)	• Symptômes de mosaïque foliaire jaune/vert clair. • Chloroses localisées ou étendues sur cladodes. • Rabougrissement et réduction de la vigueur globale.	SYSTÉMIQUE Propagation par matériel végétal contaminé (boutures). (Belbase et al., 2025)
Nématodes Phytoparasites (Nématodes à galles - <i>Meloidogyne spp.</i>)	Système racinaire	• Formation de galles et de nodules racinaires. • Perturbation grave de l'absorption d'eau et d'éléments minéraux. • Portes d'entrée facilitées pour champignons telluriques.	SOUTERRAIN Sols contaminés, baisse progressive du rendement. (Belbase et al., 2025)



Figure 13 : les principaux ravageurs du pitaya

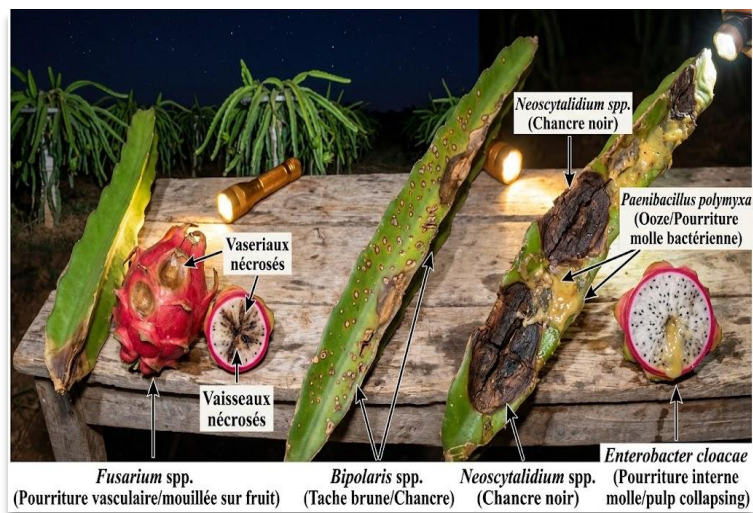


Figure 14 : Les principales maladies du pitaya

PARTIE EXPERIMENTALE

PARTIE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'expérimentation a été menée au niveau de la station expérimentale de l'Université Belhadj Bouchaïb d'Aïn Témouchent. **L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la faisabilité agronomique à travers l'évolution de la croissance végétative et des organes de reproduction du pitaya à chair blanche (*Hylocereus undatus*) conduite en hors-sol sous climat semi-aride.**

Afin de répondre à cet objectif, la démarche expérimentale a été structurée en deux phases chronologiques successives :

- **Phase 1 (Acclimatation et démarrage) :** Conduite et suivi des jeunes plants sous serre intelligente en conditions microclimatiques contrôlées.
- **Phase 2 (Poursuite de la croissance et phase générative) :** Transfert des plants sous ombrière extérieure afin d'évaluer leur comportement sous conditions semi-contrôlées.

L'objectif de cette conduite culturale repose sur le suivi de l'itinéraire technique, l'analyse de l'élongation des plants (croissance linéaire), l'évaluation de la dynamique de floraison (décompte des fleurs) ainsi que le diagnostic régulier de leur état sanitaire.

1. Présentation de la zone d'étude : La wilaya d'Aïn Témouchent

a) Description géographique

La wilaya d'Aïn Témouchent est une entité territoriale majeure du Nord-Ouest de l'Algérie, couvrant une superficie totale d'environ **2 376,89 km²**. Elle bénéficie d'une situation géographique stratégique à forte valeur économique, bordée au nord par une importante façade maritime sur la mer Méditerranée s'étendant sur un **linéaire côtier de 80 km**. Sur le plan administratif et spatial, elle est ceinturée par trois pôles urbains majeurs : la wilaya d'Oran au nord-est, la wilaya de Sidi Bel Abbès au sud-est et la wilaya de Tlemcen à l'ouest. Sa morphologie générale offre un paysage hétérogène où se côtoient une plaine côtière marquée par des falaises rocheuses, des structures géologiques d'origine volcanique datant du Pliocène et du Quaternaire, et des massifs collinaires à vocation agricole. Ses limites géographiques précises s'inscrivent entre les coordonnées de projection UTM (WGS 84 / Zone 30 Nord) X = 667 000 à 672 000 m et Y = 3 905 800 à 3 910 000 m (**Amaraoui et al., 2023**).

b) Climat

Le climat de la région de Ain temouchent est de type semi-aride, caractérisé par des précipitations relativement faibles et irrégulières, des étés chauds et humides et des hivers relativement froids à doux. Il est décrit à partir des principaux paramètres climatiques suivants :

➤ **Pluviométrie**

Le régime pluviométrique de la wilaya d'Aïn Témouchent est globalement déficitaire et soumis à une forte irrégularité saisonnière et interannuelle, propre au domaine méditerranéen. Les précipitations moyennes de la région varient de **300 à 380 mm par an**, avec des pics d'humidité concentrés essentiellement sur la période hivernale (de novembre à mars). Le mois de novembre représente généralement la période la plus arrosée de l'année, tandis que le mois de juillet marque le paroxysme de la saison sèche avec des valeurs proches du zéro. Cette irrégularité engendre des périodes d'étiages prolongées qui contraignent significativement les bilans hydriques de la région.

➤ **Température**

D'après les données climatiques de **Weather Spark Data (2026)**, la zone d'étude se caractérise par des variations thermiques saisonnières modérées sur le littoral, sous l'influence de la proximité maritime, avec une accentuation des amplitudes thermiques vers l'intérieur des plaines. La température moyenne annuelle s'élève à environ 20 °C. Les températures minimales moyennes oscillent entre 6 °C et 11 °C. Une hausse marquée des températures est observée en été, atteignant son maximum au mois d'août, moyennes comprises entre 31 °C et 35 °C. Ces conditions thermiques estivales accentuent l'évapotranspiration potentielle et augmentent en conséquence les besoins en eau des cultures.

➤ **Humidité**

D'après les données climatiques mondiales révisées (2025), malgré le caractère semi-aride à aride du climat durant la saison estivale, l'humidité relative de l'air demeure soutenue au niveau de la zone d'étude sous l'influence des masses d'air maritimes méditerranéennes. Les valeurs moyennes oscillent généralement entre 77% et 82 %, enregistrant des fluctuations saisonnières modulées par les conditions atmosphériques. Cette hygrométrie ambiante élevée contribue à réduire le déficit de pression de vapeur et à limiter la transpiration foliaire, sans pour autant pallier le déficit hydrique édaphique observé en période estivale.

➤ **Intensité lumineuse et rayonnement**

Selon l'APRUE (2024), la wilaya d'Aïn Témouchent enregistre une forte intensité lumineuse et un ensoleillement prolongé, atteignant leur maximum entre fin juin et début septembre. L'indice UV moyen s'y situe entre 5 et 7 au cours de l'été. Ces conditions héliothermiques stimulent l'activité photosynthétique des cultures, tout en accentuant la demande évaporative de l'atmosphère et le déficit hydrique des sols non irrigués (aradification des sols).

c) Couvert végétal et vocation agricole

Le tapis végétal et les groupements floristiques de la wilaya d'Aïn Témouchent reflètent l'adaptation de la flore aux contraintes du bioclimat semi-aride et à la diversité morpho-édaphique locale. Le paysage végétal spontané est prédominant par des formations de dégradation méditerranéennes (matorrals, garrigues et maquis bas) composées essentiellement d'espèces xérophiiles. Les essences ligneuses et arborescentes les plus représentatives regroupent le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*), l'Oléastre (*Olea europaea* subsp. *europaea*) et le Lentisque (*Pistacia lentiscus*).

Sur le plan agronomique, la région se caractérise par une forte vocation agricole et une anthropisation marquée du milieu. La Surface Agricole Utile (SAU) s'élève à environ 180.990 ha, dominée par la céréaliculture. L'arboriculture occupe également une place importante dans les agrosystèmes locaux, représentée notamment par l'oléiculture, les espèces fruitières rustiques et la viticulture, auxquelles s'ajoutent diverses cultures secondaires réparties à travers le territoire de la wilaya.

2. Présentation du site expérimental

L'expérimentation a été conduite au sein de la serre intelligente de la Faculté des Sciences et de la Technologie (FST) aux coordonnées GPS 35°17'33.46 ''N 1°07'16.11''W, altitude 264.38m. Cette infrastructure couvre une superficie de **100 m²** de type tunnel, construite en dur avec une couverture en polycarbonate. Elle est équipée d'un système d'automatisation et d'acquisition de données en temps réel (SCADA). Le suivi microclimatique s'appuie sur une série de capteurs mesurant la température ambiante, l'hygrométrie et l'intensité lumineuse. Ce réseau est relié à des actionneurs automatiques (ventilation/extracteurs d'air et système d'irrigation goutte-à-goutte) gérés via une interface homme-machine (IHM). Ce dispositif permet de maintenir un environnement microclimatique contrôlé, indispensable à l'acclimatation et au développement initial de la culture hors-sol du pitaya (*Hylocereus undatus*).

3. Protocole expérimental

Notre expérimentation s'est déroulée en deux phases, une partie sous serre intelligente et l'autre partie sous ombrière hors serre

3.1. Phase sous serre

3.1.1. Travaux préliminaires

➤ Choix et collecte du matériel végétal

La collecte des boutures a été effectuée auprès d'un particulier et provenait de deux sites distincts *Aïn Témouchent : Aïn Tolba et Hammam Bou Hadjar*). Les boutures prélevées présentaient des variations de taille et de vigueur

➤ Sélection :

La sélection du matériel végétal s'est appuyée sur des cladodes sains mûrs, caractérisés par une couleur vert foncé et un aspect turgide dû à l'abondance de sève, garantissant leur viabilité pour notre expérimentation.

➤ Dispositif expérimental et répartition

Le dispositif expérimental repose sur un plan factoriel croisant deux facteurs de classification. Ces facteurs ont été attribués *a priori* lors du codage initial de chaque individu, indépendamment des résultats observés *a posteriori* :

- **Facteur 1 — Série de bouturage** : deux niveaux (**B1** et **B2**) ;
- **Facteur 2 — Classe de longueur des cladodes** : trois catégories morphométriques, à savoir : **Alpha** : (6.5-16 cm), **Beta** : (17.5-26 cm), **Gamma** : (32-51 cm).

Le croisement de ces deux facteurs génère six groupes expérimentaux distincts, dont les effectifs respectifs sont résumés dans le **Tableau 5**.

Afin d'assurer un suivi individuel rigoureux, chaque plant a été identifié par un code alphanumérique unique.

Tableau 5 : Répartition des effectifs de plants de pitaya

Groupe	Bouture	Catégories	Effectif
B1-Alpha	B1	Alpha	12
B1-Beta	B1	Beta	9
B1-Gamma	B1	Gamma	8
B2-Alpha	B2	Alpha	9
B2-Beta	B2	Beta	7
B2-Gamma	B2	Gamma	6
Total			51

En complément des six groupes expérimentaux (B1 et B2), deux plantes ont été suivies en parallèle. La première, désignée PA (plante adulte) et plantée le 13/11/2024, a permis de suivre macroscopiquement le développement complet du pitaya. La seconde, désignée PM (plante mère) et âgée de trois ans, a permis d'observer l'intégralité du cycle de fructification ainsi que les différentes vagues de floraison. Le protocole appliqué aux groupes B1 et B2 (irrigation, fertilisation, tuteurage) a également été suivi pour ces deux plantes. Les données de floraison relatives à PA et PM ont été intégrées aux résultats présentés dans cette étude (figure 15).



Figure 15 : Présentation des plantes adultes (PA) (gauche) et Plante mère (PM) (droite)

3.1.2. Conduite de la culture

➤ **Bouturage :**

La préparation des cladodes a consisté à retirer environ 2 cm, à la base de chaque bouture, une partie des tissus afin de dégager l'axe (**Figure 16**). Cette opération a été réalisée à l'aide d'un matériel préalablement stérilisé, afin de limiter les risques de contamination et de propagation d'agents pathogènes.

Après la préparation, les boutures ont été sécher à l'air libre et à l'ombre pendant sept jours. Cette période de séchage a permis la cicatrisation des plaies de coupe (formation d'un tissu cicatriciel (cal) sec et légèrement rétracté).

Cette étape préalable à la plantation vise à favoriser la cicatrisation des tissus et à limiter les risques de pourriture au niveau des plaies de coupe lors du contact avec le substrat humide.



Figure 16 : préparation des boutures du pitaya (*Hylocereus undatus*),

➤ Plantation

Les boutures, ont été mises en place dans des sachets souples en polyéthylène noir, d'un volume de 0,6 L, à une profondeur de plantation comprise entre 3 et 6 cm (Figure 17).

Le substrat de culture était constitué exclusivement (100 %) de terreau commercial Kekkilä professionnel, référence DSM 3 W, conditionné en sacs de 70 L.

Chaque bouture a été identifiée par une étiquette portant son code et sa date de bouturage.

Les sachets ont ensuite été regroupés et disposés de manière organisée sous serre intelligente à une température de 24 °C (Figure 18).



Figures 17 : Le Bouturage du pitaya (*Hylocereus undatus*)

lot n°04.B2 α 09 Boutures	lot n°05.B2 β 07 Boutures	lot n°06.B2 Γ 06 Boutures
lot n°03.B1 Γ 08 Boutures	lot n°02.B1 β 09 Boutures	lot n°01.B1 α 12 Boutures

Figure 18 : Répartition des lots de boutures de Pitaya (*Hylocereus undatus*)

➤ Tuteurage

Le tuteurage a été réalisé à l'aide de tuteurs en bois de 50 cm de longueur, placés verticalement à proximité de chaque bouture et maintenus à celle-ci à l'aide d'une ficelle noire (Figure 19). Cette opération visait à assurer le maintien des boutures en position verticale durant la phase d'enracinement et garantir leur stabilité. Elle permettait également de limiter les déplacements et les dommages accidentels, tout en favorisant le développement des nouvelles pousses et une croissance verticale des cladodes.



Figure 19 : Mise en place du dispositif du tuteurage des boutures d'*Hylocereus undatus*

➤ Irrigation :

L'irrigation des plants de pitaya a été réalisée à l'aide d'un système de brumisation alimenté par de l'eau du robinet (Figure 20). Les apports hydriques étaient effectués à une fréquence d'une fois tous les dix jours, selon l'humidité du substrat et la durée de chaque cycle d'irrigation était estimée entre 15 et 20 minutes.



Figure 20 : Brumisation des boutures de pitaya sous serre.

➤ **Fertilisation :**

La fertilisation a été conduite sous serre suivant un calendrier d'apports préétabli (Tableau06). La nutrition minérale et biostimulante a été assurée par le biais d'un engrais formulé enrichi en acides aminés (*GLO Amino*), administré directement par fertigation au niveau de la zone racinaire des plants (Figure 21).

Tableau 6: Calendrier d'application et modalités de fertigation des plants d'*Hylocereus undatus*)

N°	Période	Stade Phénologique	Engrais A	Dose
01	07/01/2026	Stade 0	GLO Amino	50mL/10L d'eau
02	02/03/2026	Stade 1	GLO Amino	100 mL/10L d'eau
03	01/04/2026	Stade1	GLO Amino	100 mL/10 L d'eau



Figure 21 : Fertilisation et modalités de fertigation des plants d'*Hylocereus undatus*

➤ **Ébourgeonnage :**

Un ébourgeonnage a été appliquée aux jeunes plants afin d'orienter le flux nutritif vers un axe unique. Les pousses axillaires secondaires ont été supprimées dès leur apparition pour ne conserver qu'un seul cladode principal (Figure 22). Cette pratique permet de prévenir la dispersion des réserves de la plante et d'accélérer le développement végétatif de la pousse maîtresse.



Figure 22 : Ébourgeonnage des boutures d'*Hylocereus undatus*

➤ **Rempotage :**

Initialement placées dans des sacs plastiques, les boutures ont été repotées dans des pots de 4,5 L (le 24-03-2026), puis dans des pots de 14 L (le 24-04-2026) afin de favoriser la poursuite de leur croissance racinaire et végétative.

Le substrat utilisé pour l'expérimentation était composé de 50 % de terreau commercial (Kikila) et de 50 % de terre végétale du site universitaire a texture limono-sableuse (figure 23). Ce mélange a été choisi pour son bon compromis entre rétention d'eau, drainage et aération, conditions favorables à l'enracinement de la pitaya .



Figure 23 : Rempotage des plants d'*Hylocereus undatus*

➤ **Mesures morphologiques :**

Afin d'évaluer la croissance des boutures de pitaya, un suivi hebdomadaire des paramètres morphologiques a été conduit du 2 février 2026 au 29 avril 2026 (figure 24):

- **Longueur du cladode :** mesurée à l'aide d'un ruban mètre, du niveau du substrat jusqu'à l'apex, afin de déterminer l'élongation linéaire de l'axe principal

- **Reprise végétative** : évaluée par le dénombrement hebdomadaire de l'apparition des nouvelles pousses latérales.



Figure 24 : Mesures morphométriques des plants d'*Hylocereus undatus*

3.2. Phase hors serre (sous ombrière)

3.2.1. Travaux préliminaires

- **Préparation du terrain hors serre** : elle a consisté à réaliser les opérations suivantes (Figure 25) :
 - **Nettoyage et épierrage du terrain** : élimination des débris végétaux, adventices et pierres présentes sur la parcelle.
 - **Paillage** : nivellement avec couverture du sol de film plastique, destinée à limiter la pousse des adventices et à conserver l'humidité.
 - **Installation du filet d'ombrage** : mise en place d'un filet permettant de réduire l'intensité lumineuse et de protéger les boutures d'une exposition solaire excessive.
 - **Palissage** : fixation et guidage de la plante le long d'un support afin d'assurer une croissance verticale ordonnée.
 - **Pose des pots** : disposition des pots destinés à recevoir les boutures.
 - **Installation du système d'irrigation** : mise en place d'un système d'irrigation goutte-à-goutte, permettant une alimentation en eau régulière et localisée des boutures.



Figure 25 : Préparation du terrain hors serre

3.2.2. Conduite de la culture

a) Cycle végétatif

➤ Irrigation :

L'irrigation a été assurée par un système goutte-à-goutte, à raison d'une irrigation par semaine, d'une durée d'une heure chacune. Avec un débit de 70 L/h, chaque irrigation correspondait ainsi à un apport de 70 litres d'eau (Figure 26). Le dispositif goutte-à-goutte a été installé au niveau de chaque bouture, de manière à assurer une distribution homogène de l'eau au pied de chaque plante.

➤ Tuteurage :

Afin d'accompagner l'élongation continue des cladodes et l'augmentation de la biomasse aérienne, les tuteurs initiaux ont été remplacés par des structures de soutien plus élevées, mesurant 1,50 m de hauteur (Figure 27). Ce renouvellement a permis de maintenir le port orthotrope des plants et de prévenir tout versement durant la phase d'expérimentation, d'une durée totale de 139 jours.



Figure 26 : Installation des tuteurs de remplacement de 1,50 m de hauteur

➤ **Fertilisation :**

La fertilisation sous ombrière a été conduite selon un calendrier établi en fonction des stades phénologiques des boutures (Tableau 7). Au total, cinq apports séquentiels ont été réalisés entre le 5 avril 2026 et le 1^{er} septembre 2026. La stratégie nutritionnelle a reposé sur une augmentation progressive des doses d'engrais et l'association combinée de deux formulations au cours du stade phénologique 4, suivie d'une réduction des apports lors du passage au stade phénologique 5 (Figure 26).

Tableau 7 : Calendrier de fertilisation des plants de pitaya sous ombrière (hors serre)

N°	Période	Stade Phénologique	Engrais A	Dose A	Application A	Engrais B	Dose B	Application B
1	05/04/2026	Stade 4	NPK 4-20-25	10 g	Granulé	Urée 46%	5 g	Granulé
2	26/05/2026	Stade 4	NPK 20-20-20	150g /20L	Fertigation	Chélate de Fer	50 g/20L	Fertigation
3	17/06/2026	Stade 4	NPK 20-20-20	200g /20L	Fertigation	-	-	-
4	30/06/2026	Stade 4	NPK 20-20-20	200g/20L	Fertigation	NPK 4-20-25	10g	Fertigation
5	01/09/2026	Stade 5	NPK 4-20-25	10 g	Granulé	-	-	-



Figure 27 : Fertilisation des plants d'*Hylocereus undatus* sous ombrière

➤ **Taille d'entretien et de formation :**

Sous ombrière, la taille d'entretien et de formation a reposé sur un plan d'architecture progressive (Figure 27). Cette conduite visait à orienter la ramification des cladodes et à structurer le développement végétatif de la plante au fil des stades de croissance.



Figure 28 : Taille des plants d'*Hylocereus undatus* sous ombrière

➤ **Traitement phytosanitaire :**

Cette étape avait pour objectif de traiter les plantes attaquées par des ravageurs, notamment les escargots, les thrips, les fourmis et les pucerons (Figure 29). Un planning

de traitement phytosanitaire contre les bioagresseurs a été mis en place à cette fin (Tableau 8).

Tableau 8 : Planning de traitement phytosanitaire des plants

N°	Periode	Produit(s) utilisé(s)	Dose	Mode d'application
1	28/04/2026	Dekatriin (Deltaméthrine) + Bactimec (Abamectine)	10 mL + 20 mL dans 16 L d'eau	Pulvérisation
2	12/05/2026	Dekatriin (Deltaméthrine) + Bactimec (Abamectine)	10 mL + 20 mL dans 16 L d'eau	Pulvérisation
3	17/06/2026	Dekatriin (Deltaméthrine) + Bactimec (Abamectine)	10 mL + 20 mL dans 16 L d'eau	Pulvérisation
4	17/06/2026	Limagrame + fourmicide	-	Saupoudrage



Figure 29 : Principales attaques de bioagresseurs et interventions phytosanitaires sur les plants d'*Hylocereus undatus*

➤ **Mesures morphométriques :**

Le suivi morphométrique a consisté à mesurer la longueur des cladodes afin d'évaluer la dynamique de croissance des plant cultivés sous ombrière.

b) Cycle reproducteur

➤ **Préparation à la floraison :**

Afin d'accélérer le passage au stade reproductif et de maximiser le taux de floraison dans la fenêtre temporelle de l'expérimentation, une série d'interventions physiologiques, mécaniques et environnementales a été appliquée aux plants de pitaya (*Hylocereus undatus*) (Figure 30) :

- Retrait des tuteurs initiaux afin de libérer la charpente ;
- Curvage et orientation pendante des cladodes vers le bas pour favoriser l'induction florale
- Épointage de l'apex des cladodes (incision de 2 cm) pour lever la dominance apicale ;
- Ébourgeonnage systématique des nouveaux cladodes secondaires afin de concentrer les réserves carbonées.
- Apport d'un éclairage complémentaire en lumière jaune pour allonger la photopériode ;
- Humidification continue du substrat et nébulisation au moyen d'un brumisateur afin de maintenir une hygrométrie optimale.



Figure 30 : Préparation de la phase de floraison des plants d'*Hylocereus undatus*

➤ **Pollinisation manuelle :**

Dans le cadre de notre essai, nous avons assuré nous-mêmes la pollinisation des fleurs d'*Hylocereus undatus* afin de garantir la fructification. Chez cette espèce, la floraison est strictement nocturne : la fleur s'ouvre au coucher du soleil et se fane avant le lever du jour, ne laissant qu'une fenêtre de quelques heures pour la pollinisation. Dans son aire d'origine, celle-ci est naturellement assurée par des chauves-souris nectarivores et des papillons

sphinx nocturnes, agents pollinisateurs absents dans les conditions de la présente étude (culture sous serre et sous ombrière).

L'espèce présente en outre une autostérilité partielle, qui limite fortement la nouaison en cas d'autopollinisation. Alors pour pallier ces contraintes et homogénéiser les conditions de fructification entre les différents traitements, une fécondation manuelle croisée a été pratiquée sur l'ensemble des boutures suivies.

L'opération a été réalisée à l'aide d'un pinceau fin et souple, permettant de prélever le pollen frais sur les anthères d'une fleur donneuse, issue si possible d'une bouture différente de celle portant la fleur receveuse, afin de favoriser la fécondation croisée. Le pinceau était désinfecté à l'alcool entre chaque fleur afin d'éviter toute contamination. Le pollen était ensuite déposé délicatement sur les lobes stigmatiques de la fleur à féconder, jusqu'à recouvrement complet de leur surface réceptive (Figure 31). L'opération était effectuée en pleine nuit, période durant laquelle le pollen et le stigmate atteignent leur pleine maturité.

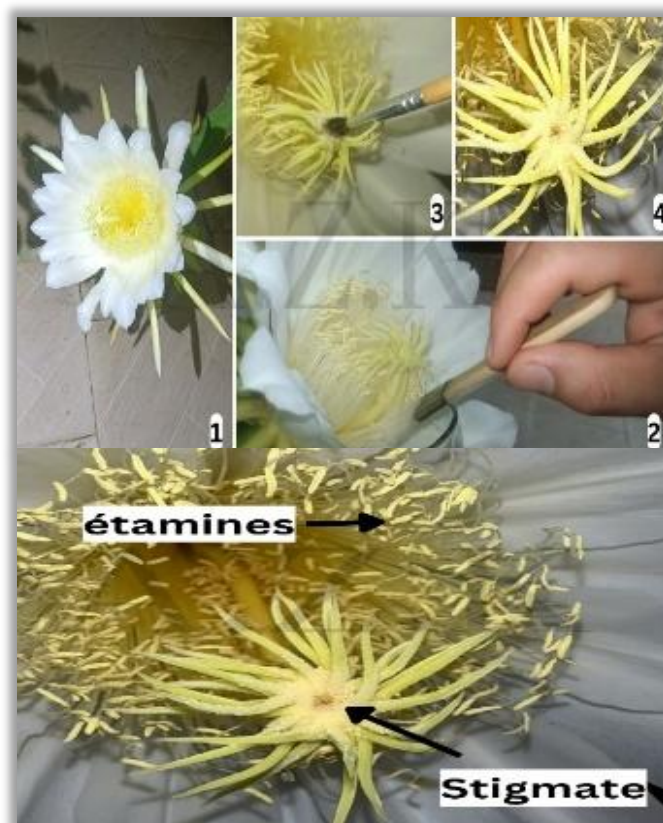


Figure 31 : Étapes de la pollinisation manuelle de la fleur d'*Hylocereus undatus*

Compte tenu de l'étalement de la floraison, l'opération s'est déroulée sur deux nuits successives :

- **Nuit 1** : le 12/09/2026 à 02h10, ouverture de 4 fleurs, toutes pollinisées.
- **Nuit 2** : le 13/09/2026 à 00h57, ouverture de 5 fleurs, également toutes pollinisées.

Soit un total de 9 fleurs pollinisées sur l'ensemble de l'essai.

Chaque fleur pollinisée a été identifiée selon le système de codification des boutures (série, catégorie et numéro de la plante dans le lot), assurant ainsi la traçabilité de la fécondation jusqu'au suivi de la nouaison et du développement du fruit. Après pollinisation, les fleurs ont été protégées par un léger ensachage perforé afin d'éviter toute contamination.

PARTIE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Phase de croissance végétative

Après sept jours de séchage à l'air libre et à l'ombre, une callosité sèche et légèrement rétractée a été observée sur l'ensemble des boutures préparées avec un développement rapide et dense du système racinaire (voir figure 32).



Figure 32 : callosité et développement racinaire des boutures de pitaya

Une augmentation visible du diamètre de la bouture, traduisant une reprise de l'activité physiologique avec l'apparition des premiers nouveaux cladodes (aréoles activées), seul un (01) sujet sur un total de 51 boutures a pourri ce qui nous mène à un taux de réussite qui avoisine les 98%. Ce résultat témoigne de l'efficacité des conditions de culture mises en place (température contrôlée à 24 °C, irrigation par brumisation, substrat drainant) (figure 33). La présence de racines adventives observée au niveau des cladodes correspond aux observations de **Hölscher et al. (2023)**, qui décrivent la formation de racines adventives chez le pitaya au niveau des aréoles et des nœuds.



Figure 33 : gonflement et bourgeonnement des boutures

La lignification des cladodes (figure 34), s'est traduite par un durcissement des tissus et un changement de couleur (passage du vert clair à un vert plus foncé, voire brunâtre à la base).

Cette étape importante renforce la résistance mécanique des cladodes et prépare le plant pour la production.



Figure 34 : lignifications des cladodes du pitaya

1.1.Paramètres morphométriques

Évolution de la longueur moyenne B1 vs B2

La Figure 36 présente l'évolution de la longueur moyenne des plantes pour les deux groupes principaux, B1 (planté le 27/10/2025) et B2 (planté le 11/02/2026). Le groupe B1 présente une longueur moyenne supérieure à celle du groupe B2 durant toute la phase de croissance précoce (mars à juin), l'écart étant particulièrement marqué au mois de mai (B1 : ~47 cm ; B2 : ~32 cm).

À partir du mois de juillet, le groupe B2 amorce cependant une croissance très rapide et rattrape progressivement le groupe B1. Au mois d'août, les deux groupes atteignent une longueur moyenne pratiquement identique, avoisinant 100 cm. En septembre, on observe une légère stabilisation, voire une très légère baisse pour les deux groupes (B1 : ~99 cm ; B2 : ~98 cm), ce qui suggère la fin du cycle de croissance végétative.

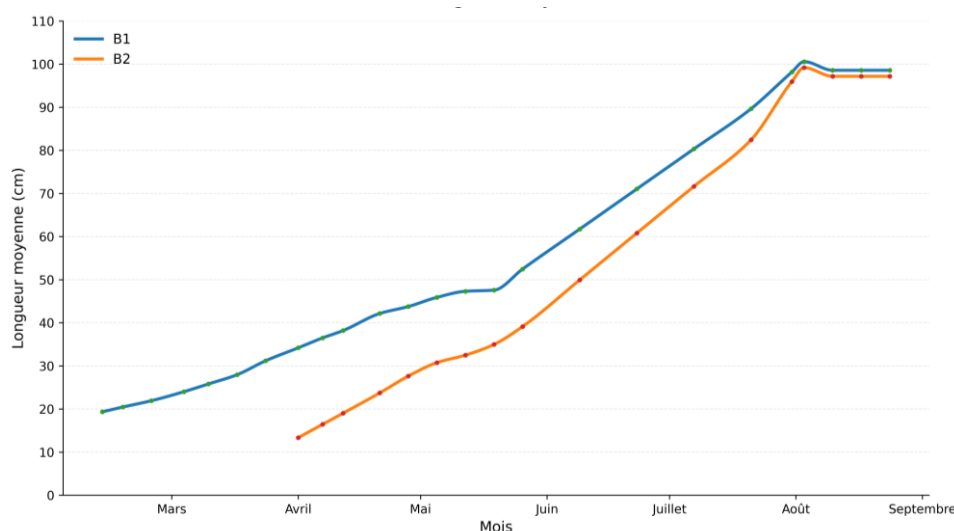


Figure 36 : Évolution de la longueur moyenne B1 vs B2.

Note. Les courbes représentent la moyenne des groupes Alpha, Beta et Gamma pour chaque bouture (B1 et B2).

2. Phase de reproduction

a) Chronologie des vagues de floraison

L'observation a permis d'identifier cinq vagues de floraison successives sur une période de 101 jours, du 11 juin au 20 septembre 2026. La Figure 37 présente la chronologie de ces vagues ainsi que le nombre de fleurs observées pour chaque échantillon (PM, PA, B1, B2).

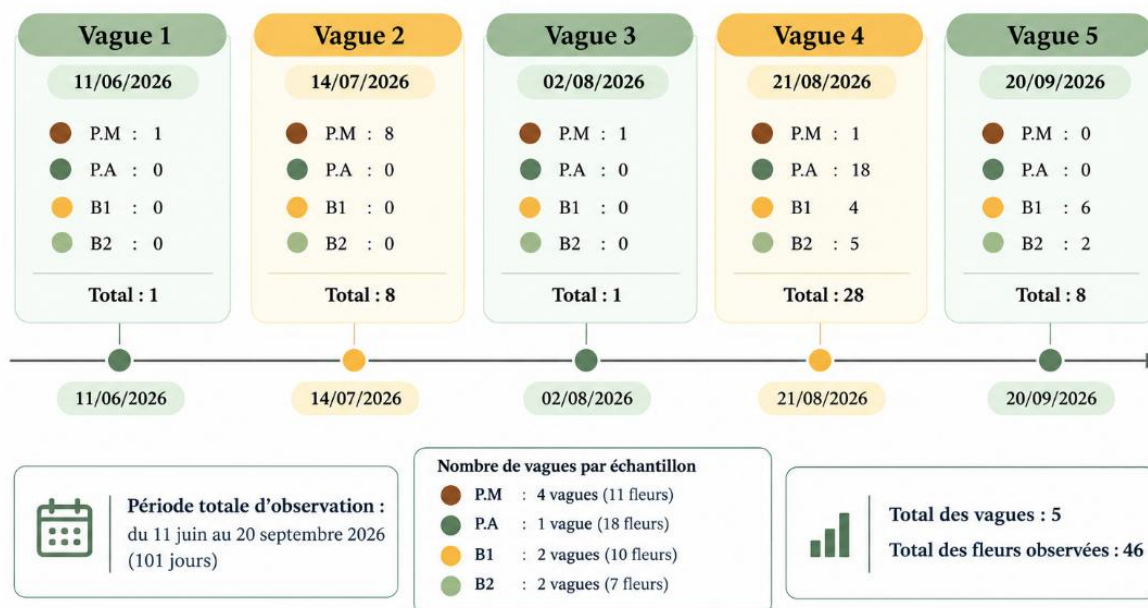


Figure 37 : chronologie des vagues de floraison de tous les échantillons (11/06 au 20/09/2026).

La première vague (11/06/2026) n'a produit qu'une seule fleur. La deuxième vague (14/07/2026) en a donné 8, majoritairement sur les plants PM. Après une troisième vague très faible (02/08/2026, 1 fleur), la quatrième vague (21/08/2026) a constitué le véritable pic, avec 28 boutons floraux observés. Enfin, la cinquième vague (20/09/2026) a produit 8 boutons floraux, réparties entre B1 (6) et B2 (2).

b) Dynamique de croissance des fleurs

Les mesures individuelles montrent que les boutons floraux apparaissent à une taille initiale comprise entre 0,5 et 2,5 cm. Ils connaissent ensuite une croissance rapide, avec un taux moyen de 3 à 4 cm par jour. Les fleurs atteignent leur taille maximale au moment de l'ouverture : environ 30 cm pour la première vague, 33 cm pour la deuxième, et 35 cm pour la troisième.

La Figure 38 présente l'ensemble des courbes de croissance des fleurs en fonction du temps. Une certaine homogénéité de la dynamique est observée, avec toutefois quelques cas d'avortement avant l'ouverture.

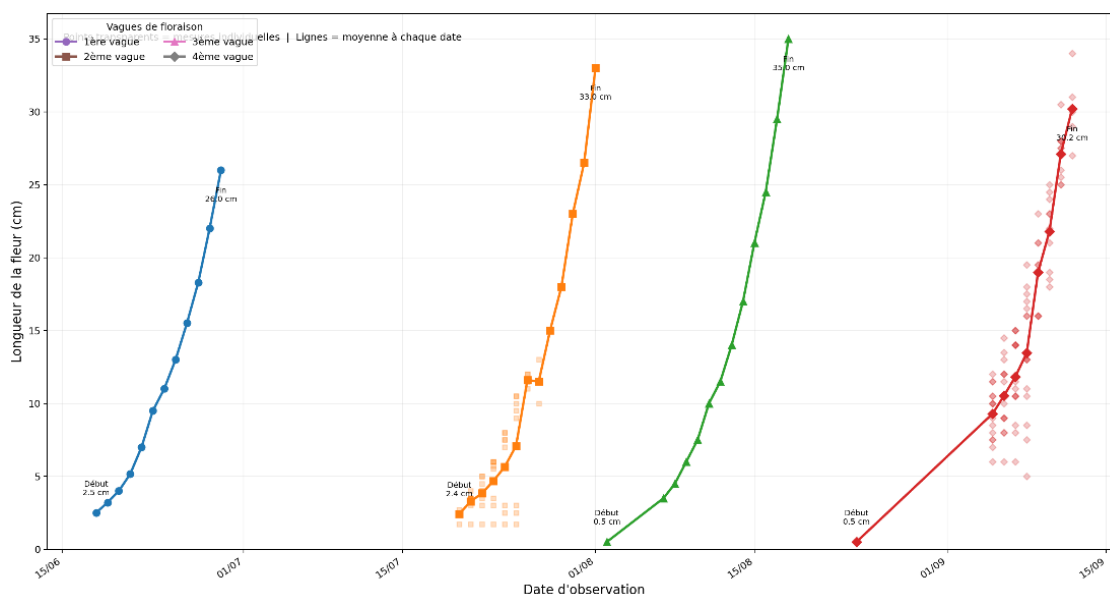


Figure 38 : dynamique de croissance des fleurs de pitaya en fonction du temps (toutes vagues confondues).

(Note. Chaque point représente une mesure individuelle. Les couleurs distinguent les vagues de floraison.)

c) Nombre de boutons floraux et taux de floraison par groupe

Le groupe Beta B1 présente le plus grand nombre de boutons (12), suivi de Beta B2 (9), Gamma B2 (7), Alpha B1 (4), Gamma B1 (4) et Alpha B2 (2). Autrement dit, Beta B1 domine en quantité, tandis que Gamma B2 se distingue par son efficacité, avec le meilleur taux de floraison (voir figure

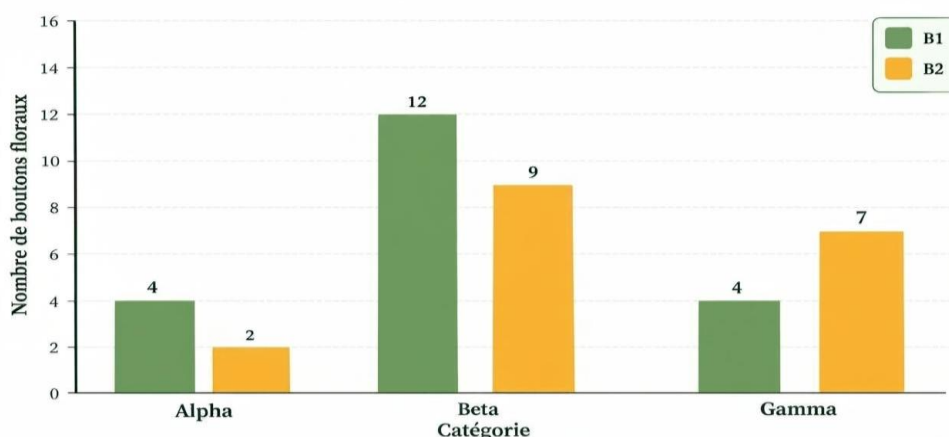


Figure 39 : Comparaison des nombres de boutons floraux par catégorie (Alpha, Beta, Gamma) et comparaison entre B1 et B2)

Le taux de floraison varie fortement selon les groupes et les catégories (figure 40) :

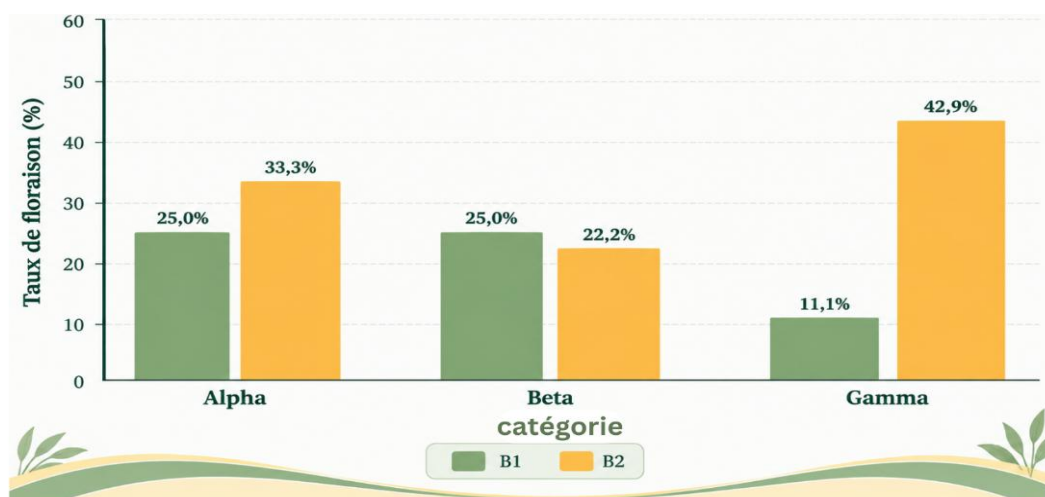


Figure 40 : Taux de floraison par groupe et catégorie Alpha, Beta, Gamma) et comparaison entre B1 et B2)

(Note. Le taux de floraison est calculé comme le rapport entre le nombre de plantes fleuries et le nombre total de plantes.)

d) Résultat de la fécondation et succès de la pollinisation

Chez les plants PM (plante mère), 27 boutons floraux ont été observés, mais seulement 4 ont atteint l'ouverture. Ces 4 fleurs ont été pollinisées manuellement avec un taux de réussite de 100%. Chez les plants PA (plante adulte), 18 boutons floraux ont été observés, dont 5 ont atteint l'ouverture ; ces 5 fleurs ont également été pollinisées avec un taux de réussite de 100 % (voir tableau 9

Tableau 9 : Taux de réussite de la pollinisation chez les plants PM et PA

Plant	Boutons floraux	Fleurs ouvertes	Fleurs fécondées	Taux de réussite	Taux d'avortement
PM	27	4	4	100 %	85,2 %
PA	18	5	5	100 %	72,3 %

Après pollinisation, la nouaison a été observée dans les trois jours suivants. Ces résultats indiquent que l'efficacité de la pollinisation manuelle sur les fleurs ouvertes. La contrainte majeure réside dans l'avortement floral avant l'ouverture, causé principalement par le stress thermique estival et le jeune âge des plants

Après quelques jours, le fruit a atteint son calibre optimal ; à l'issue du cycle de reproduction (figure 41), un fruit de pitaya mature a pu être obtenu, capté sur la photo ci-dessous.



Figure 41 : Taux de réussite de la pollinisation chez les plants PM et PA.

3. Discussion des résultats

Reprise et enracinement des boutures

Le taux de reprise obtenu dans notre expérimentation est de **98,04 %**, avec une seule bouture perdue sur 51. Ce résultat est comparable aux observations de **Kakade et al. (2019)**, qui montrent une bonne aptitude des boutures de pitaya à la reprise et à l'émission racinaire, avec une influence de la longueur des boutures sur les paramètres de croissance.

La présence de racines adventives observée au niveau des cladodes correspond aux observations de **Hölscher et al. (2023)**, qui décrivent la formation de racines adventives chez le pitaya au niveau des aréoles et des nœuds.

Croissance végétative

La croissance plus importante observée chez les boutures de type **Beta**, suivies des types **Alpha** puis **Gamma**, est comparable aux résultats rapportés par **Kakade et al. (2019)**, qui montrent que la longueur des boutures peut influencer la croissance des paramètres caulinaires et racinaires.

La température de **24 °C** enregistrée durant l'expérimentation se situe dans la plage de **20 à 30 °C** considérée comme favorable à l'activité photosynthétique et à la croissance végétative du pitaya par **Mertz et al. (2019)** et **Raveh et al. (1998)**.

La stabilisation de la croissance observée vers la fin de la période expérimentale peut être rapprochée des observations générales sur le développement végétatif du pitaya rapportées par **Kishore (2016)**.

Influence de la période de plantation

Les plants du groupe **B1**, installés plus précocement, ont présenté initialement une croissance supérieure à celle des plants B2. Toutefois, le groupe B2 a ensuite rattrapé progressivement B1. Cette évolution met en évidence une différence de dynamique de croissance entre les deux dates de plantation, sans qu'une comparaison directe avec une valeur précise ait été identifiée dans la littérature bibliographique.

Floraison

Les **cinq vagues successives de floraison** observées sur une période de 101 jours concordent avec les observations de **Kishore (2016)**, qui rapporte l'existence de plusieurs vagues de floraison successives chez *Hylocereus undatus*.

L'**ouverture nocturne des fleurs** observée dans notre expérimentation correspond aux observations de **Kishore (2016)** et de **Jadhav et al. (2025)** concernant l'anthèse nocturne des fleurs de pitaya.

Les dimensions maximales des fleurs, comprises entre **30 et 35 cm**, sont comparables aux grandes dimensions florales rapportées pour le pitaya par **Zee et al. (2004)** et **Mizrahi (2014)**.

Avortement des boutons floraux

Les taux d'avortement observés avant l'ouverture des fleurs, soit **85,2 % chez PM** et **72,2 % chez PA**, montrent une proportion importante de boutons n'atteignant pas l'anthèse. Ces valeurs ne peuvent toutefois pas être directement comparées à un taux précis rapporté dans les références bibliographiques.

Pollinisation manuelle

Le taux de réussite de **100 % parmi les fleurs ouvertes et effectivement pollinisées** est en accord avec les observations de **Jadhav et al. (2025)** concernant l'intérêt de la pollinisation manuelle chez le pitaya.

La réalisation de la pollinisation au moment de l'**anthèse nocturne** correspond aux recommandations rapportées par **Mertens et al. (2018)**, **Wei (2016)** et **Jiang et al. (2021)**, qui indiquent que la pollinisation manuelle peut être réalisée pendant l'ouverture nocturne de la fleur ou tôt le matin avant sa fermeture.

Nouaison et développement du fruit

L'apparition de la **nouaison dans les trois jours suivant la pollinisation** correspond à la succession des étapes reproductives décrites par **Kishore (2016)** dans l'échelle BBCH du pitaya, qui distingue notamment l'anthèse, la pollinisation, puis le développement du fruit.

Enfin, l'obtention de fruits à maturité à l'issue du cycle reproductif correspond au passage vers les stades de développement et de maturation des fruits décrits par **Kishore (2016)**.

CONCLUSION & PERSPECTIVES

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de caractériser la croissance végétative et la dynamique de floraison du pitaya (*Hylocereus undatus*.) dans les conditions climatiques locales. Bien que descriptive et préliminaire, elle a permis de recueillir des informations sur le comportement de cette espèce et d'apporter de premiers éléments de connaissance sur son adaptation aux conditions de culture étudiées.

Concernant la croissance végétative, les groupes B1-Beta et B2-Beta ont présenté les longueurs finales les plus élevées, atteignant respectivement 120 et 122 cm. La phase de croissance active a coïncidé avec le transfert des plants sous ombrière et l'application du programme de fertilisation, ce qui souligne l'intérêt d'étudier davantage l'influence de ces pratiques sur le développement végétatif du pitaya.

Sur le plan de la floraison, cinq vagues successives ont été observées sur une période de 101 jours, totalisant 46 fleurs. Le pic de floraison a été enregistré lors de la quatrième vague, le 21 août 2026, avec 28 fleurs. Les taux de floraison ont varié entre 11,1 % chez Gamma B1 et 42,9 % chez Gamma B2, mettant en évidence une variabilité importante entre les groupes étudiés. Par ailleurs, les taux de réussite de la pollinisation sont demeurés faibles, atteignant 14,8 % chez PM et 27,7 % chez PA, ce qui souligne la nécessité d'approfondir l'étude des facteurs susceptibles d'influencer la fécondation et la nouaison.

L'analyse des relations entre la croissance végétative et la production florale suggère l'importance de l'équilibre entre le développement végétatif et la reproduction. Ainsi, le groupe Gamma B2 a présenté la meilleure efficacité florale malgré une croissance végétative modérée, tandis que le groupe Beta B1, caractérisé par une croissance vigoureuse, a enregistré un avortement floral important.

En définitive, ces résultats préliminaires constituent une première base de connaissances sur le comportement du pitaya dans les conditions étudiées et ouvrent des perspectives pour le développement de cette culture. Des expérimentations complémentaires intégrant un témoin non fertilisé, des répétitions expérimentales et des analyses statistiques approfondies seront nécessaires afin de confirmer les tendances observées, de mieux comprendre les facteurs influençant la croissance et la floraison, et de contribuer à l'élaboration d'un itinéraire technique adapté aux conditions de la région.

Perspectives et recommandations

Sur la base des résultats obtenus, les recommandations suivantes peuvent être proposées afin d'améliorer la conduite culturale du pitaya et d'optimiser sa croissance et sa floraison dans les conditions étudiées :

1. **Éclaircissage floral** : envisager un éclaircissage des boutons floraux sur les plants présentant une charge florale élevée (plus de 8 boutons floraux), afin de limiter les risques d'avortement floral et de favoriser une meilleure répartition des ressources de la plante.
2. **Gestion de l'ombrage estival** : étudier l'intérêt de l'installation de filets d'ombrage présentant un taux d'ombrage de 30 à 50 % durant les mois de juillet et août, afin de réduire les effets éventuels du stress thermique.
3. **Fertilisation équilibrée** : adapter le programme de fertilisation aux différentes phases du développement végétatif et reproductif, en accordant une attention particulière aux apports en potassium et en calcium et en ajustant les apports azotés durant la phase reproductive.
4. **Respect de la maturité physiologique** : privilégier une période suffisante de croissance végétative chez les jeunes plants avant de rechercher une floraison abondante, afin de favoriser leur développement et leur capacité reproductive.
5. **Sélection des groupes étudiés** : approfondir l'évaluation des groupes de type B2, notamment Gamma B2 et Alpha B2, compte tenu de leurs performances florales observées, afin de vérifier leur potentiel dans les conditions locales.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdul Karim, R., Roselina, K., & Loi, C. C. (2009).** Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. *Food Chemistry*, 114(2), 561–564.
- Bellec, F. L., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006).** Pitahaya (*Hylocereus* spp.): A new fruit crop, a new challenge for tropical and subtropical areas. *Fruits*, 61(4), 237–250.
- Britton, N. L., & Rose, J. N. (1918).** The genus *Hylocereus*. *Flora of Bermuda*, Charles Scribner's Sons, New York, p. 256. (*Transfert vers le genre Hylocereus*)
- Crane, J. H., & Balerdi, C. F. (2020).** *Pitaya growing in the Florida home landscape*. UF/IFAS Extension, HS1058.
- Crane, J. H., & Balerdi, C. F. (2020).** *Pitaya growing in the Florida home landscape*. University of Florida IFAS Extension, HS1058, 1-9.
- Crane, J. H., Balerdi, C. F., & Maguire, I. (2005).** *Pitaya growing in the Florida home landscape* (Publication No. HS1058). University of Florida, IFAS Extension.
- FAOSTAT. (2022).** *Food and Agriculture Organization of the United Nations database on tropical and subtropical fruit production statistics*. Rome: FAO.
- Haworth, A. H. (1812).** *Synopsis Plantarum Succulentarum: cum observationibus variis culturaque*. Taylor, Londres, p. 181. (*Description princeps sous le nom Cereus undatus Haw.*)
- Hölscher, D., et al. (2023).** Anatomical and mechanical properties of adventitious anchoring roots in *Selenicereus undatus*. *Journal of Plant Research*, 136(3), 345–358.
- Hunt, D. (2017).** *Cactaceae Systematics Initiatives*. International Cactaceae Systematics Group, 36, 1-35.
- Jadhav, P. B., et al. (2025).** Reproductive biology, pollen viability, and cross-pollination dynamics in dragon fruit (*Hylocereus* spp.) genotypes. *Scientific Reports*, 15(1), 4125.
- Jiang, Y. L., Chang, P. T., & Chen, I. Z. (2012).** Production cycle and floral induction of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) in subtropical Taiwan. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137(1), 30-37.
- Joshi, M., & Prabhakar, B. (2020).** Pitaya (*Hylocereus* spp.): A potential fruit crop for arid and semi-arid regions. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 1801–1807.
- Kishore, K. (2016).** Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Annals of Applied Biology*, 169(2), 294-302.
- Kishore, K. (2016).** Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 213, 294–302.

- Korotkova, N., Borsch, T., & Arias, S. (2017).** A phylogenetic framework for the Hylocereeae (Cactaceae) and a revised infrageneric classification of *Selenicereus*. *Phytotaxa*, 327(1), 1-38.
- Le Bellec, F. (2002).** *Le pitaya, une nouvelle culture pour La Réunion*. CIRAD-FLHOR, Fiche technique agronomique, 1-4.
- Le Bellec, F., & Renard, V. (2003).** *La taille du pitaya (Hylocereus spp.)*. CIRAD-FLHOR, Fiche technique, 1-2.
- Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006).** Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(4), 237-250.
- Lichtenzweig, J., Abbo, S., Nerd, A., Tel-Zur, N., & Mizrahi, Y. (2000).** Cytology and mating systems in the climbing cacti *Hylocereus* and *Selenicereus*. *American Journal of Botany*, 87(7), 1058-1065.
- Mercado-Silva, E. M. (2018).** Pitaya (*Hylocereus* spp.): Production, postharvest handling, and marketing. In *Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables* (pp. 317–336). Woodhead Publishing.
- Mertens, A. (2012).** *Agronomie des cactacées épiphytes sous climat tropical et subtropical*. Presses Agronomiques de Gembloux, 112 p.
- Mertz, C., Brat, P., & Le Bellec, F. (2019).** *Agronomie et physiologie des Cactaceae fruitières : le cas du genre Hylocereus*. Éditions Quæ, Paris, 145 p.
- Mizrahi, Y. (2014).** Thirty-one years of research and development on vine cacti crops. *California Rare Fruit Growers*, 48, 1–18.
- Mizrahi, Y. (2014).** Vine-cacti pitayas: The first crop of the 21st century. *Horticultural Reviews*, 42, 1-61.
- Mizrahi, Y. (2014).** Vine-cacti pitayas: the new crops of the world. *Cactus and Succulent Journal*, 86(3), 96-104.
- Mizrahi, Y., & Nerd, A. (1999).** Climbing cacti as new fruit crops. *Perspectives on new crops and new uses*, ASHS Press, Alexandria, VA, 358-366.
- Morton, J. F. (2013).** *Fruits of warm climates*. Center for New Crops & Plant Products, Purdue University, 378-380.
- Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1997).** Reproductive biology of cactus fruit crops. *Horticultural Reviews*, 18, 321-346.
- Nobel, P. S. (2002).** *Cacti: biology and uses*. University of California Press, Berkeley, 296 p.
- Paull, R. E., & Chen, C. C. (2019).** Dragon fruit: Postharvest quality maintenance guidelines. *UH-CTAHR Publication*, F_N-51.

- Perween, T., Mandal, K. K., & Hasan, M. A. (2018).** Dragon fruit: An exotic fruit crop of India and its organic nutrient management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2034–2037.
- Pitimaneeyakul, S., et al. (2019).** Diversity and utilization of edible cacti species: A review. *Economic Botany*, 73(3), 312–325.
- Pushpakumara, D. K. N. G., Gunasena, H. P. M., & Kariyawasam, M. (2005).** Dragon fruit (*Hylocereus undatus*): A new crop for Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 8, 10-21.
- Raveh, E., Gersani, M., & Nobel, P. S. (1995).** CO₂ uptake and fluorescence responses for a shade-tolerant cactus, *Hylocereus undatus*, under various light levels. *Physiologia Plantarum*, 93(3), 505-511.
- Raveh, E., Nerd, A., & Mizrahi, Y. (1998).** Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different levels of radiation. *Scientia Horticulturae*, 73(2-3), 151-164.
- Tripathi, P. C., Karunakaran, G., Sakthivel, T., & Sankar, V. (2014).** *Dragon Fruit: A potential crop for tropical zone*. Central Horticultural Experiment Station (IIHR), Chettalli, Karnataka, 1-16.
- Vaillant, F., Perez, A., Davila, I., Dornier, M., & Reynes, M. (2005).** Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(6), 601-619.
- Zee, F., Yen, C. R., & Nishina, M. (2004).** *Pitaya (Dragon Fruit) culture in Hawaii*. CTAHR Cooperative Extension Service, F_N-9.
- Zee, F., Yen, C. R., & Nishina, M. (2004).** Pitaya (Dragon Fruit), a potential crop for Hawaii. *Cooperative Extension Service, CTAHR, University of Hawaii*, F_N-9, 1-6.