



Projet X-Aéropo

Utiliser l'aéroponie pour développer une nouvelle méthode de multiplication des arbustes



Contexte : la méthode de bouturage de référence :



→ Bouturage de tiges sur substrat

Des améliorations sont possibles mais existence de limites liées au système :

- Confinement, brumisation, fog → Risques de maladies accrus.
- Risque d'asphyxie à la base des boutures → limite la rhizogenèse.

En système low tech → bouturage de fin d'été et d'automne avec boutures ligneuses avec pas ou peu de chauffage.

- Températures basses → enracinement lent.
- 1 seule période de production /an.
- Problème des espèces à enracinement lent ou récalcitrantes au bouturage.

Contexte : les évolutions de la filière ornementale

La filière ornementale vit de profondes métamorphoses :

- Une forte demande d'innovations commerciales.
- Une segmentation en forte évolution.
- Un bouleversement des périodes de commercialisation.
- Des enjeux environnementaux de plus en plus pressants : limitation de l'usage des produits phytosanitaires, des plastiques, de l'eau, de l'énergie.
- Des modifications d'usage : végétalisation urbaine pour les effets écosystémiques, pour la biodiversité et non plus seulement pour la valeur ornementale.
- Mise en culture de plusieurs séries successives pour obtenir une qualité constante toute l'année.

Nécessité de restaurer la compétitivité des entreprises alors que :

- les coûts de production sont fortement impactés par la longue durée des itinéraires de culture traditionnels.
- le jeune plant impacte la qualité du produit final, les opérations culturales, l'organisation de la production et les coûts de revient.



Contexte : le secteur de la multiplication en France

Fournisseurs indispensables en amont de la filière
→ acteurs stratégiques.

Mais, érosion lente avec une diminution progressive du nombre d'entreprises et un taux de couverture qui baisse.
→ risque de fragilisation de l'ensemble de la filière.



↳ La multiplication et le jeune plant, point de départ du processus de production, apparaissent comme des leviers essentiels pour relever ces défis .

Innovation proposée : développer une nouvelle technique de multiplication, le bouturage par aéroponie.

L'aéroponie

Définition : culture hors-sol où les plantes sont accrochées à un support et où les racines se développent dans l'air. Elles sont alimentées en eau et en éléments fertilisants par un brouillard vaporisé grâce à un système de brumisation.

Pourquoi choisir l'aéroponie :

- L'oxygénation à la base des boutures a été identifié comme un facteur limitant très important.
- L'aéroponie est connue pour favoriser fortement la croissance.
- Pré-test très concluant à Est Horticole.

Mais, technique non utilisée à ce jour pour le bouturage et absence de procédé adapté pour cet usage.

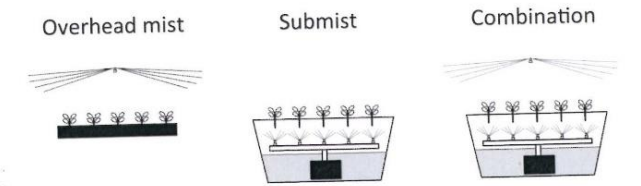
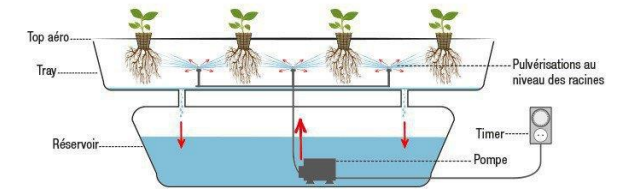


Fig. 1. Schematic of overhead mist, submist, and combination systems used to propagate 'Miss Kim' manchuian lilac (*Syringa pubescens* subsp. *patula*) by stem cuttings. Each of five randomized complete blocks consisted of one replicate system of each type. In overhead mist systems, cuttings were stuck into 50:50 (by vol.) peat:perlite in a propagation sheet that was inserted into a 1020 flat and placed under mist. In submist systems, cuttings were inserted into a chamber in which a submersible pump (black rectangle) in a water reservoir supplied mist through a manifold to the basal ends of cuttings. In combination systems, cuttings received both submist and overhead mist.

Olivia Sanchez, Stephanie E. Burnett, and Bryan J. Peterson
HortScience Vol. 55(1) JANUARY 2020



Objectifs du projet X-Aéropono

Objectifs : Evaluer et mettre au point le bouturage par aéroponie afin d'accélérer l'enracinement des arbustes et de réduire les cycles de culture. Essais sur quelques espèces modèle.

Questions posées :

- Faisabilité du bouturage d'arbustes ?
- Qualité des boutures enracinées obtenues ?
- Avec quel type de matériel végétal ? Dans quelles conditions ?
- Possibilité de reprise des boutures enracinées après empotage en conteneur ?

Démarche :

- Mise au point d'un procédé expérimental.
- Choix de 3 espèces modèles : Fusain, Lavandin, Photinia.
- Etude de l'effet de facteurs endogènes et du climat sur l'enracinement des boutures.
- Etude de l'effet de facteurs liés à l'environnement des boutures sur leur enracinement.
- Validation d'un itinéraire global de bouturage en aéroponie.
- Etude de la reprise après empotage.

Mise au point d'un dispositif expérimental d'aéroponie

**Construction d'un procédé expérimental pour étudier la technique :
Nécessité d'avoir plusieurs dispositifs pour comparer des modalités de conduite différentes.**

Plaque support des boutures

Compartiment racinaire avec brumisation

Réserve d'eau avec pompe immergée



Boutures en place
sur support



Système de brumisation



Bouture avec joint en
mousse avant insertion



Plaque avec boutures.
Vue de dessous



Boutures de fusain
en place



Chassis avec film PE pour
limiter la transpiration des
boutures

Au cours de ce projet, 240 séries de boutures ont été réalisées au total en aéroponie entre 2020 et 2022 sur les 3 sites et pour les 3 espèces étudiées (et plus de 50 séries avec la méthode de bouturage de référence sur substrat).

Résultats : limitation de l'utilisation des produits phytosanitaires.

- Les parties aériennes restent sèches → Très nette amélioration de l'état sanitaire des parties aériennes.
- Pas de maladies du feuillage.
- Pas de ravageurs si pieds mères sains.
- IFT = 0,1 en moyenne pour l'ensemble des séries réalisées sur les 3 sites.
- Au niveau racinaire : pas de maladies observées.
- Quelques nécroses sur des racines trop longues en l'absence d'apport de solution nutritive et de régulation du pH (origine physiologique).
- Eau de brumisation non désinfectée.
- Longue survie des boutures prélevées au bon stade même si les conditions nécessaires à la rhizogenèse ne sont pas réunies.
- Des boutures trop tendres peuvent se déshydrater (exemple : boutures de tête herbacées en Photinia).



Résultats : un enracinement lié au potentiel de chaque espèce

Euonymus fortunei 'Emerald Gold' :

- 75 séries réalisées en aéroponie (pour 22 sur substrat).
- Ebauches de racines visibles dès 5 jours après le bouturage.
- Taux de réussite du bouturage : 88 à 100 % pour des boutures de tête ou de tronçon semi-herbacées.
- Influence modérée du type et du stade de lignification des boutures.
- Durée d'enracinement avant empotage : 20 à 45 jours.
- Enracinement rapide, groupé et homogène.



Lavandula intermedia 'Grosso' :

- 77 séries réalisées en aéroponie (pour 21 sur substrat)
- Enracinement beaucoup plus dépendant du type et du stade de lignification des boutures.
- Taux de réussite du bouturage : 70 à 75 % pour des boutures de tête herbacées et semi-herbacées.
- Durée d'enracinement avant empotage : 30 à 65 jours.

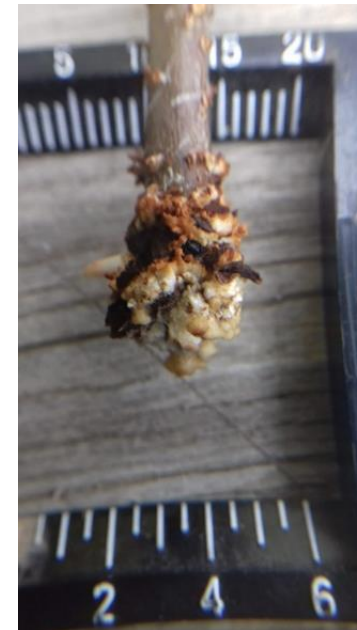
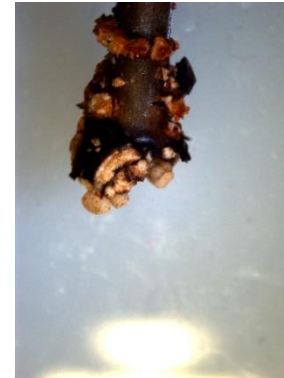


Résultats : un enracinement lié au potentiel de chaque espèce

Photinia x fraseri 'Red Robin' :

- 85 séries réalisées en aéroponie (pour 14 sur substrat).
- Enracinement lent.
- Apparition de cals.
- Influence forte du type et du stade de lignification des boutures :
 - Mauvaise tenue des boutures de têtes herbacées.
 - Boutures trop ligneuses → rhizogenèse difficile.
 - Optimum : boutures de tronçon semi-herbacées et semi-ligneuses.
- Longue survie des boutures même non enracinées.
- Taux de réussite du bouturage : 20 % sans auxines.
- Durée d'enracinement avant empotage : 70 – 90 jours.

→ Utilisation d'auxine obligatoire.



Résultats : effets de facteurs liés à l'environnement des boutures.

Effets des auxines sur Photinia

Photinia x fraseri 'Red Robin' :

Avec AIB

- Apparition de cals et de racines.
- Taux de réussite du bouturage : 61 à 93 %.
- Forte amélioration de la qualité de l'enracinement.
- Durée d'enracinement avant empotage : 70 -90 jours.
- Méthodes d'application : trempage de la base des boutures (sur 1 – 2 cm) avant insertion sur le dispositif d'aéroponie dans une solution d'AIB à 2000 mg /L pendant 4 heures (Rhizopon AA comprimé à 20 % d'AIB)

Bouturage par aéroponie sur Photinia et AIB - % de boutures enracinées des différentes séries réalisées

	Boutures de tronçon							
	Dates de bouturage							
Modalités	21/12/20	27/4/21	27/5/21	16/9/21	31/3/22	30/6/22	21/9/22	Moyenne
Témoin non traité	8,3	15,0	5,0	37,5	15,0			16,2
AIB 100 mg/L pendant 4h	16,1							16,1
AIB 500 mg/L pendant 4h	41,7	30,0						35,8
AIB 1000 mg/L pendant 4h	50,0	32,5	7,5	62,5				38,1
AIB 2000 mg/L pendant 4h		75,0	17,5	72,5	73,4	61,7	93,3	65,6
Moyenne	29,0	38,1	10,0	57,5	44,2	61,7	93,3	34,3



Témoin sans AIB



Avec AIB à 1000 mg / L



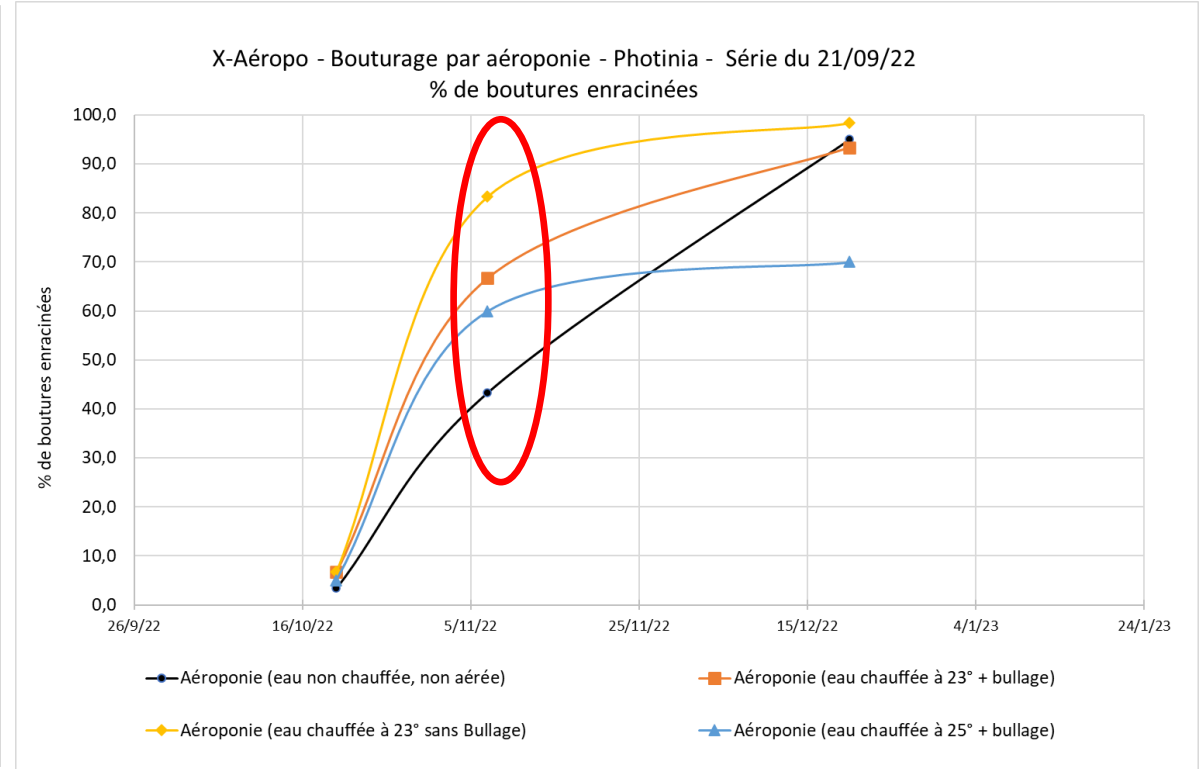
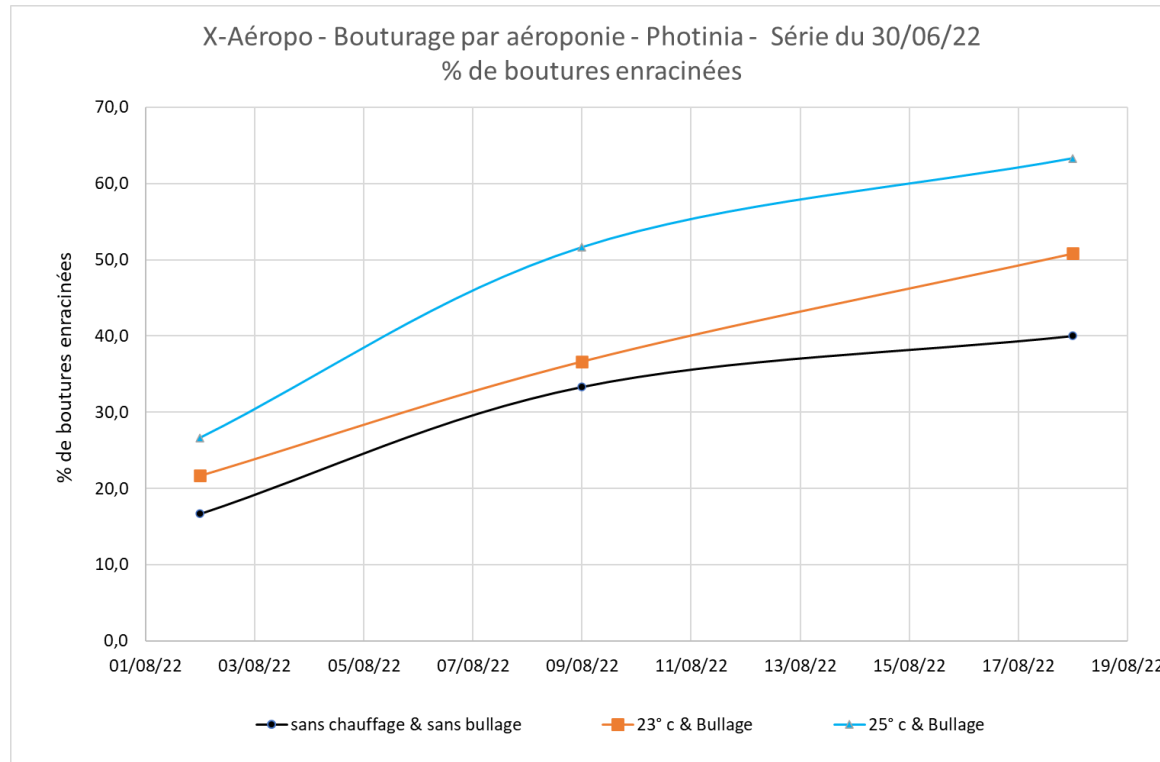
Avec AIB à 2000 mg /L



Quelques boutures ont un très fort enracinement

Résultats : effets de facteurs liés à l'environnement des boutures.

Effets du chauffage et de l'aération de l'eau brumisée dans le compartiment racinaire



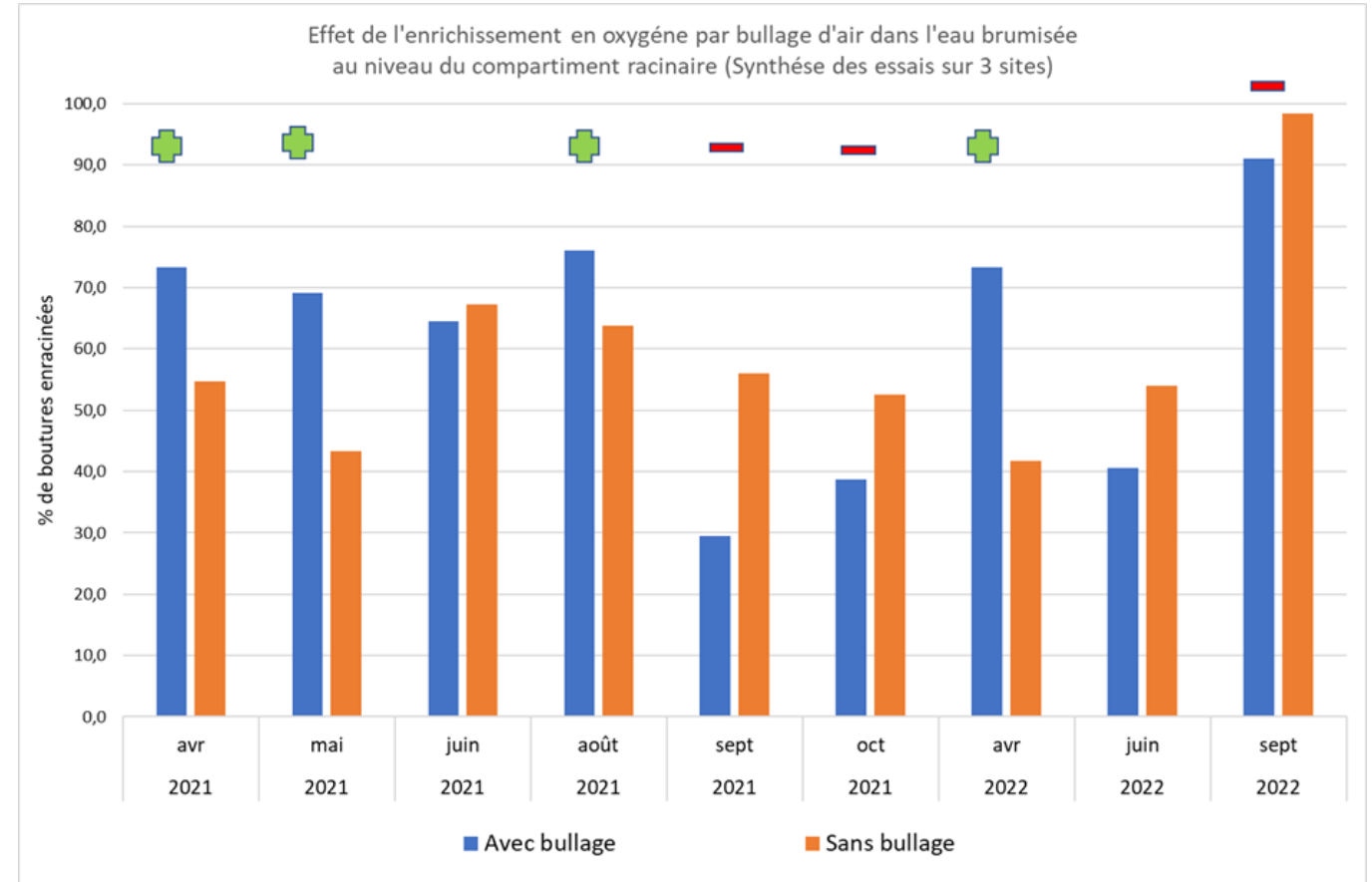
Photinia x fraseri 'Red Robin' (avec AIB)

- En été, faible effet du chauffage de l'eau à 23°C. Effet plus important si chauffage à 25°C.
- A l'automne, fort effet du chauffage de l'eau à 23°C et par contre, effet moins intéressant du chauffage à 25°C.
- Intérêt de l'oxygénation de l'eau en été car risque de désaturation. Effet contreproductif à l'automne.
- Effet de la conduite sur les trajectoires d'enracinement.

Résultats : effets de facteurs liés à l'environnement des boutures.

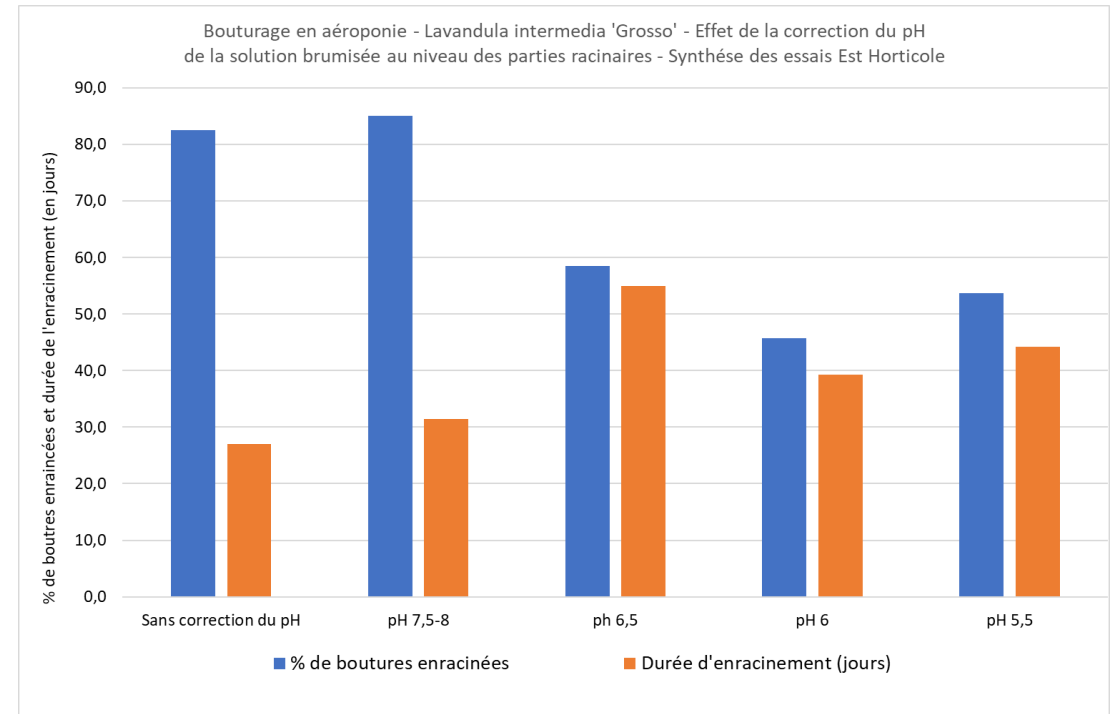
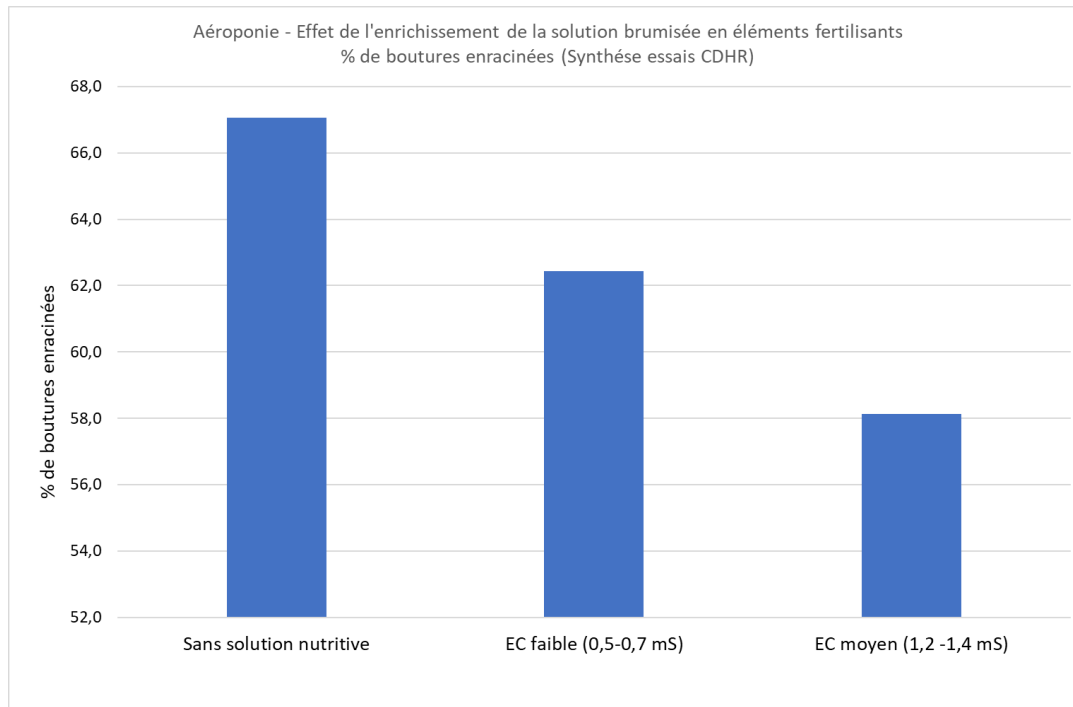
Effets du chauffage et de l'aération de l'eau brumisée dans le compartiment racinaire

- Intérêt de l'oxygénation de l'eau au printemps et en été car risque de désaturation → risque de carence en oxygène dissout dans l'eau brumisée.
- Effet contreproductif de l'oxygénation de l'eau à l'automne.
- Concentration recherchée en O₂ : 8-9 mg /l à 20°-23°C.
- Mesure CDHR : 5-6 mg d'O₂ /l en période estivale.



Résultats : effets de facteurs liés à l'environnement des boutures.

Effets de l'enrichissement en éléments fertilisants et de la correction du pH de l'eau brumisée dans le compartiment racinaire



- Enrichir l'eau en éléments fertilisants dès le début du bouturage augmente la salinité de la solution brumisée et pénalise l'enracinement.
- Situation différente si on doit garder les boutures en aéroponie sur une longue durée.
- En règle générale, pas de nécessité de réguler le pH finement. Surveiller l'évolution et éviter les fortes dérives.

Résultat : définition d'un itinéraire d'aéroponie optimisé

Traitement de l'eau brumisée au niveau du comportement racinaire :

- Chauffage de l'eau à 23°C.
- Saturation de l'eau en oxygène en période estivale.
- À l'eau claire. Pas d'injection d'engrais.
- Surveillance du pH.

Fréquence des brumisations au niveau du comportement racinaire :

- 30 secondes toutes les 3 minutes.

Conduite de l'abri :

- Ombrage de l'abri en période estivale.
- Confinement localisé.

Utilisation d'auxine

- Sur espèces exigeantes ou à enracinement lent.
- Par trempage de la base des boutures dans une solution d'auxine
- Concentration : 2 000 mg /L pendant 4 heures pour espèces difficiles, 1 000 mg /L pendant 4 heures pour espèces intermédiaires.

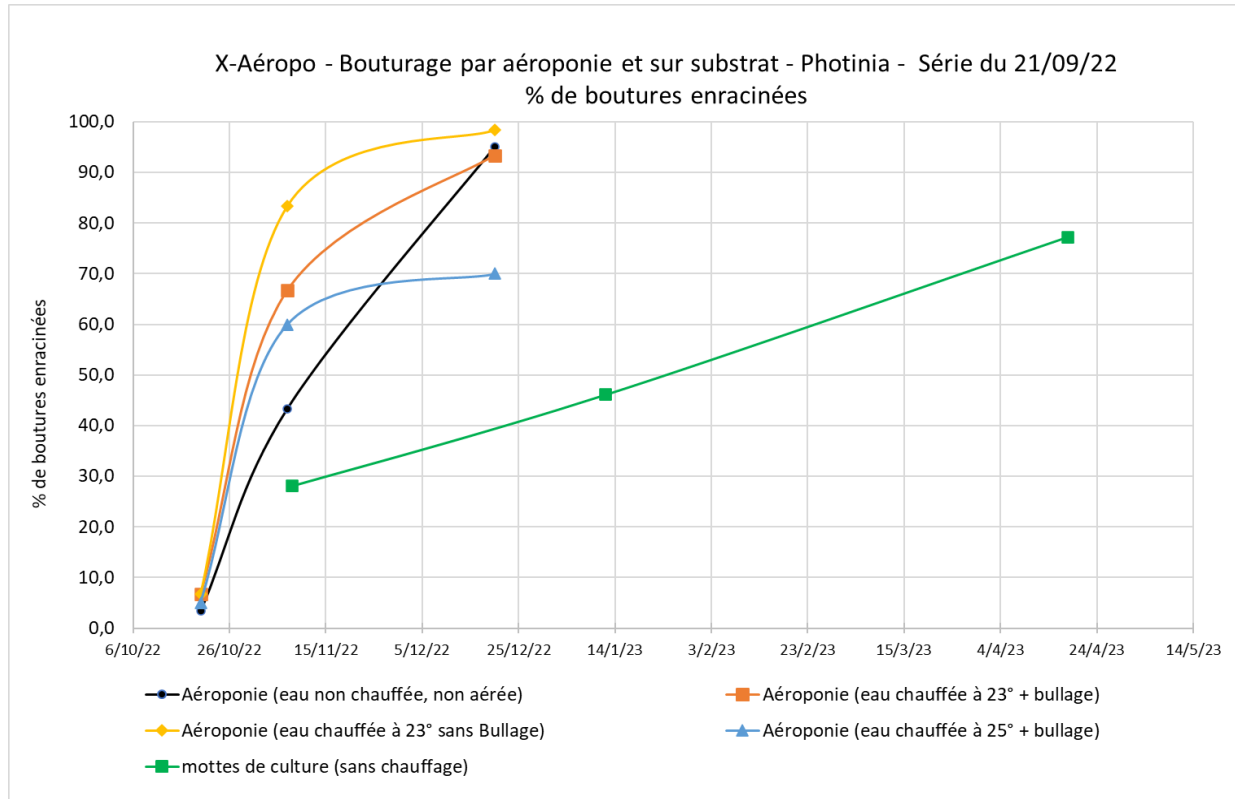
Système de brumisation : à étudier.



Résultat : Comparaison avec le bouturage en substrat.

Comparaison du bouturage par aéroponie et du bouturage sur substrat

Pour des séries ou des groupes de séries comparables par ailleurs (même site, même date de bouturage, même lot de pieds mères, même type de boutures...)



		Moyenne des séries bouturées en aéroponie		
Espèces	Mode bouturage	% de boutures enracinées	Durée de bouturage (jours)	% de boutures fortement enracinées
Euonymus	Substrat	92,4	39	72,5
Euonymus	Aéroponie	80,1	33	68,5
Lavandin	Substrat	58,5	41	37,4
Lavandin	Aéroponie	74,3	34	60,3
Photinia	Substrat (AIB 1 ou 2 %)	68,9	148	50,9
Photinia	Aéroponie (sans AIB)	23,0	80	2,3
Photinia	Aéroponie (avec AIB 2000 mg)	76,3	82	39,8

- Selon les espèces et séries, la période, on obtient ou non une amélioration du % de boutures enracinées.
- Une forte diminution de la durée d'enracinement.
- Une augmentation du nombre de racines émises.
- Une dynamique de l'enracinement à homogénéiser.



Euonymus

A gauche : issu de bouturage sur substrat.

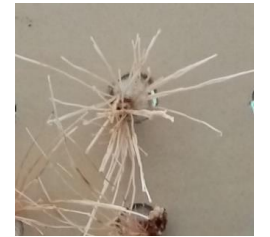
A droite : issu d'aéroponie.



Photinia fraseri

A gauche : issu de bouturage sur substrat

(après décortiquage des mottes). A droite : Issu d'aéroponie.



Résultat : reprise des boutures enracinées après le repotage.



Bon niveau de reprise après le repotage en règle générale. Plus de difficulté au cours de l'été 2022 (forte chaleur) en situation trop fertilisée

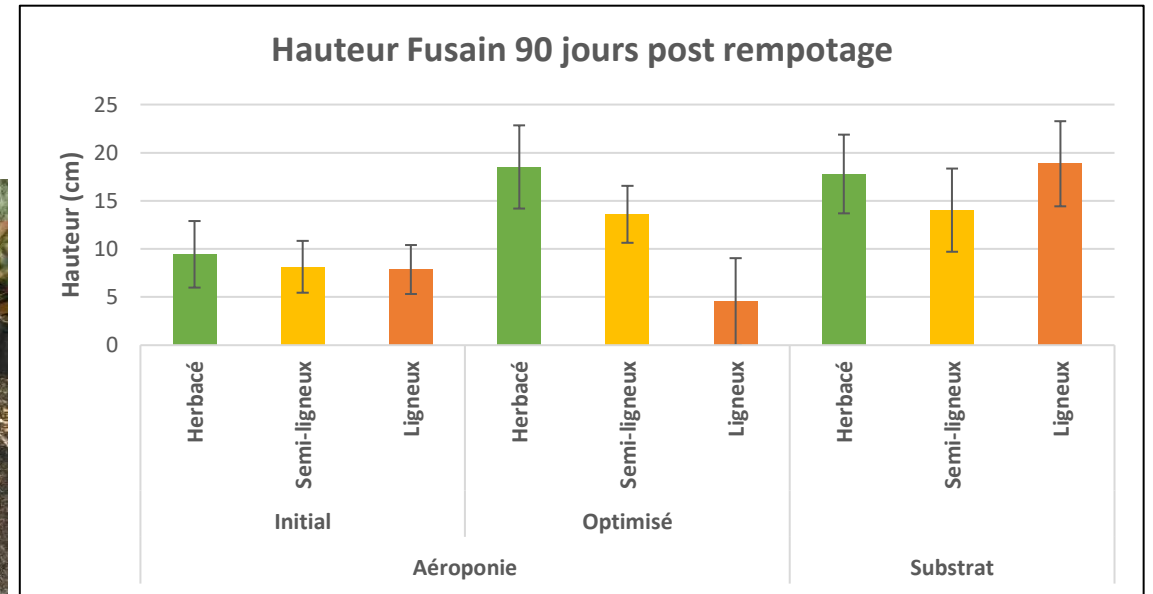
Résultat : qualité des végétaux obtenus après l'élevage.



- Lavandin : Bon comportement post empotage.



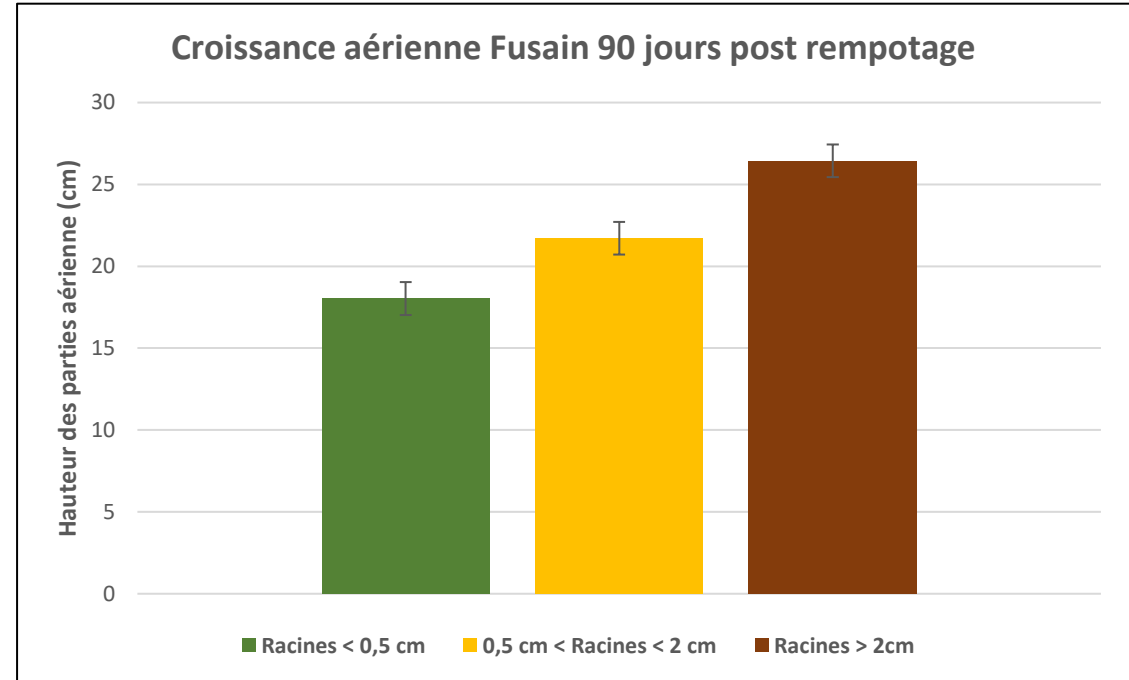
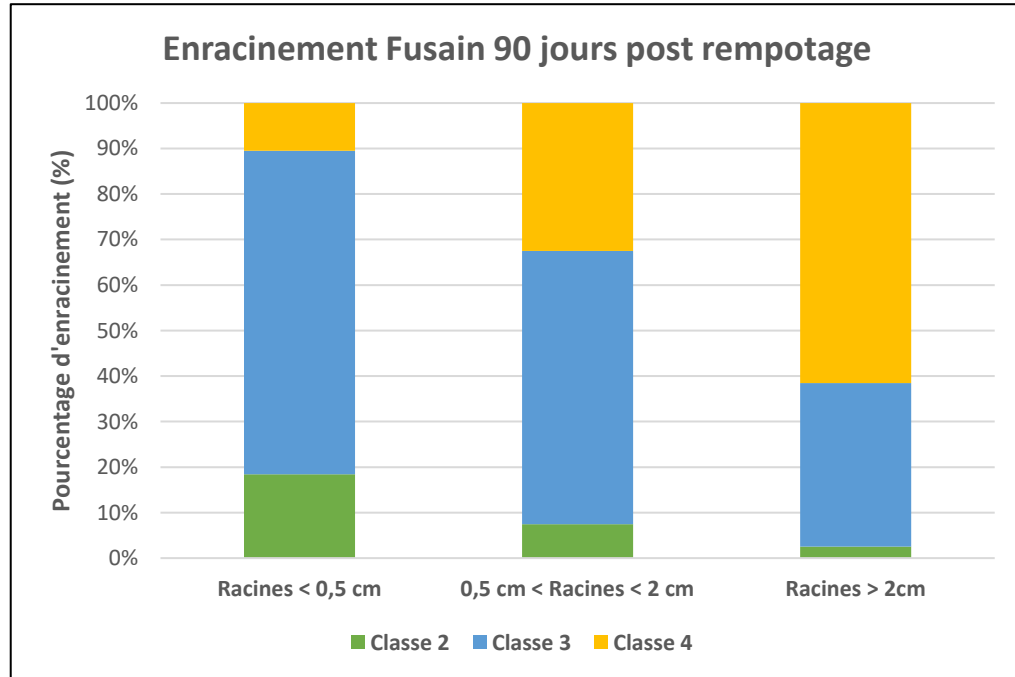
- Photinia : potentiel de ramification amélioré après la taille avec les jeunes plants issus d'aéroponie.



- Fusain :
 - Effet du type de bouture et des périodes de bouturage sur installation des plantes après empotage.
 - Impact du développement racinaire au moment du repotage

Résultat : reprise des boutures enracinées après le repotage.

➤ Impact de la longueur racinaire des boutures lors du repotage



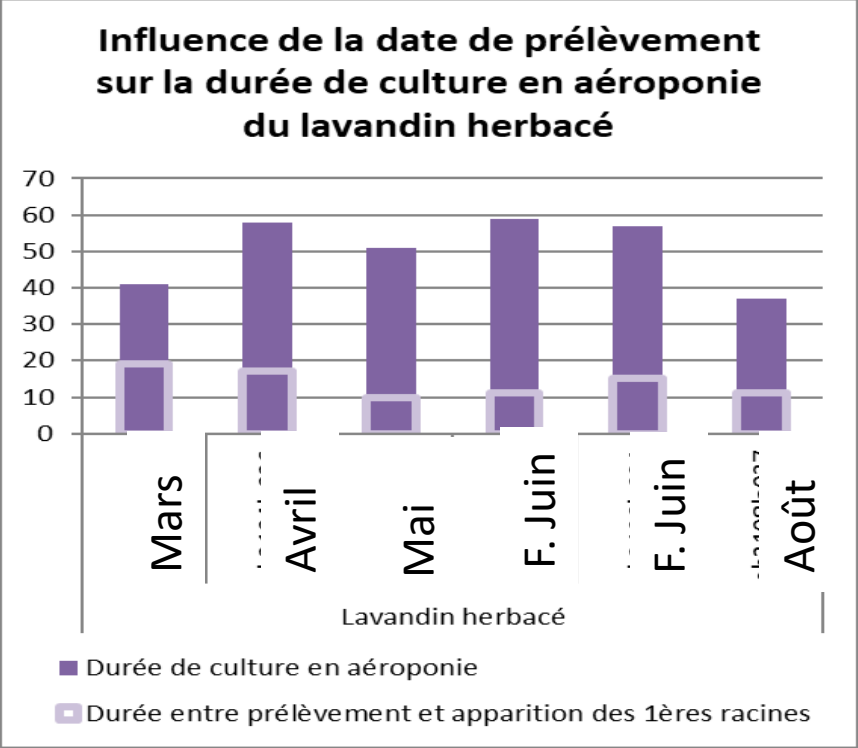
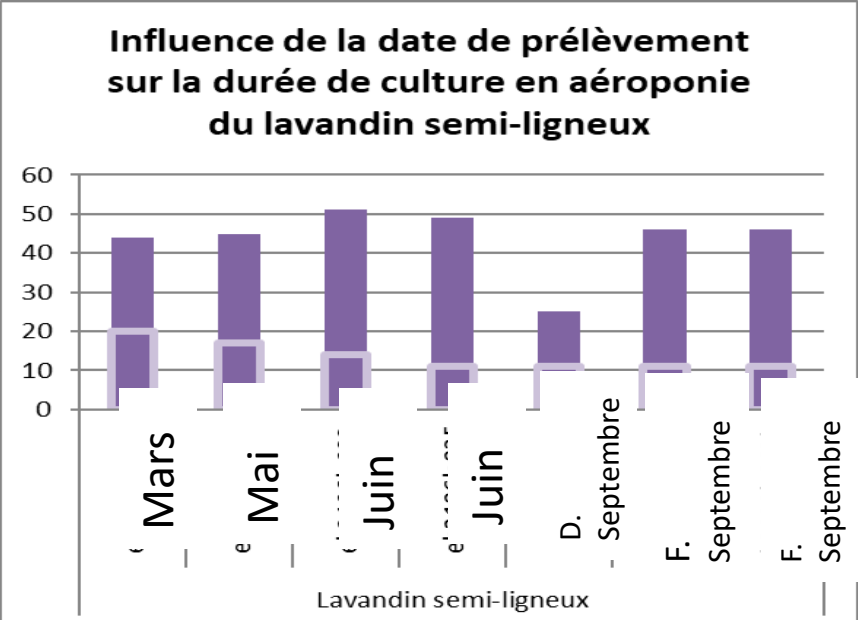
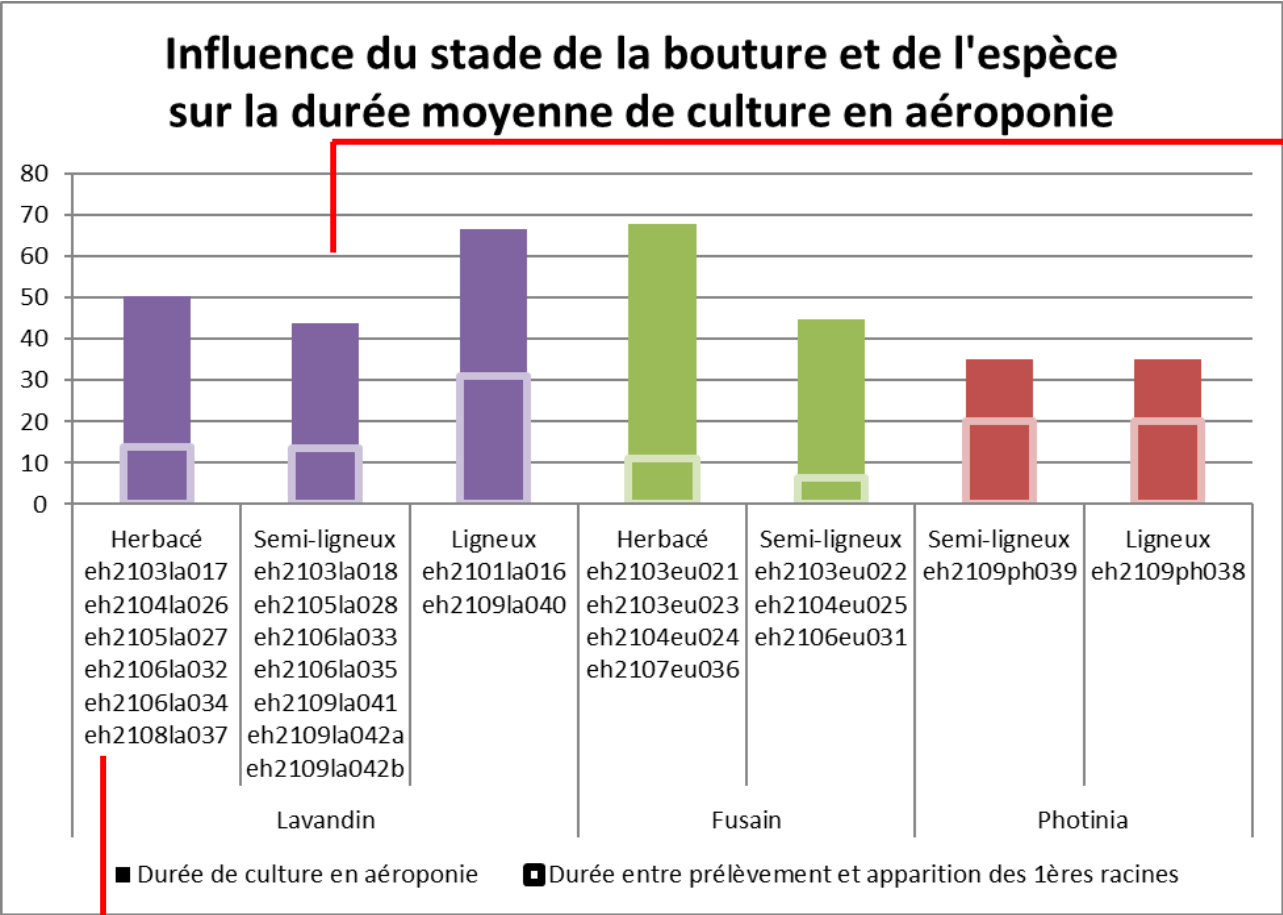
Classe 2

Classe 3

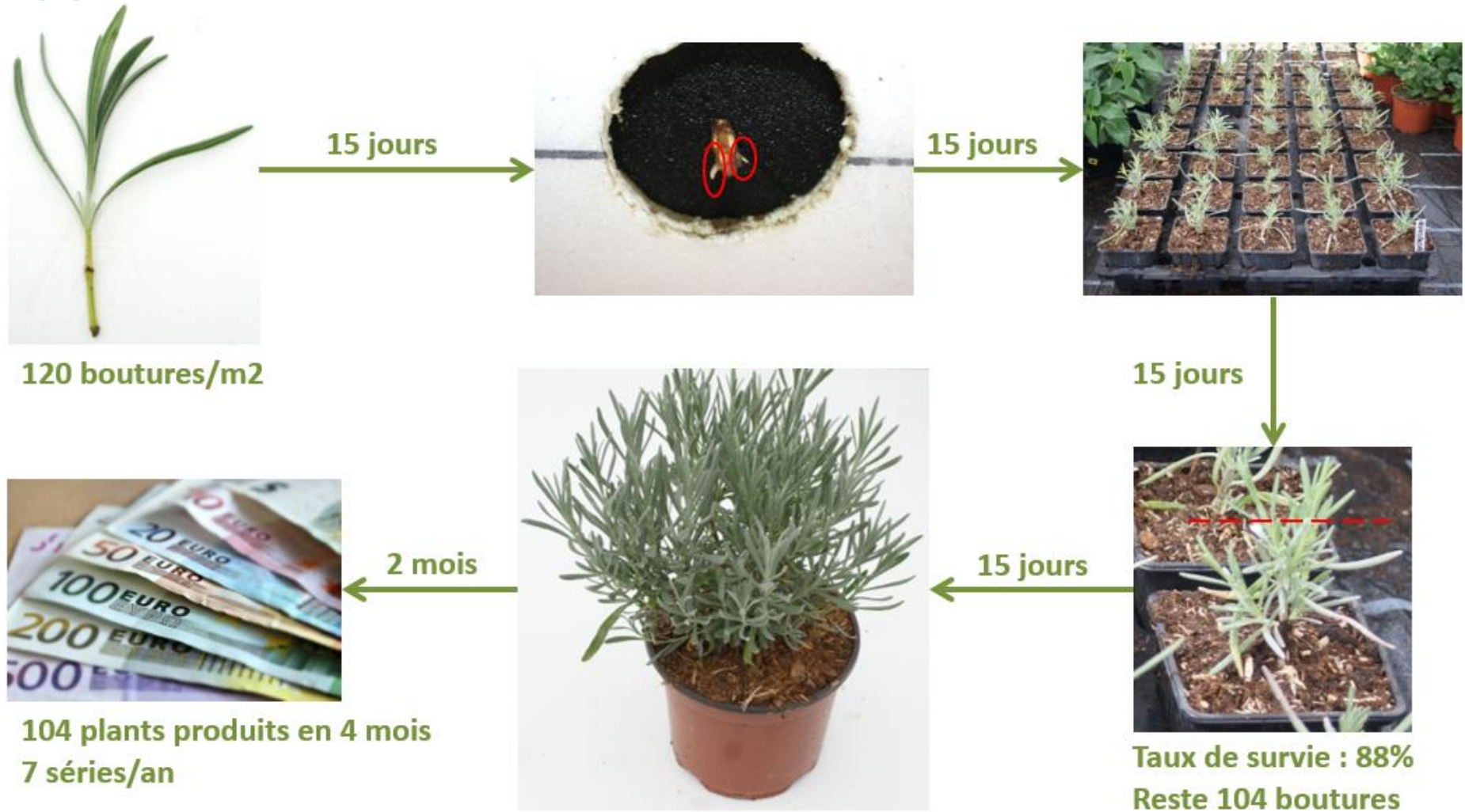
Classe 4

✓ + la longueur des racines sur les boutures est importante et + le développement racinaire & hauteur des plants sont importants au J90

Résultat : des possibilités de multiplication à différentes périodes de l'année



Résultat : des possibilités de multiplication à différentes périodes de l'année



Conclusion : une technique prometteuse.

- Longue survie des boutures.
- Limitation des risques sanitaires.
- Fort effet espèce.
- Accélération de l'enracinement pour les espèces à enracinement lent.
- Amélioration de la qualité de l'enracinement des boutures.
- Faisabilité du bouturage à différentes périodes de l'année.
- Intérêt d'optimiser la conduite de l'aéroponie :
 - chauffer et oxygéner l'eau brumisée au niveau des racines.
 - Ombrage de l'abri et confinement partiel préférable.
- Reprise aisée après le rempotage si optimisation des irrigations et enracinement suffisant.
- Amélioration de la vigueur des jeunes plants après le rempotage.

Perspectives

Transposition du bouturage par aéroponie à l'échelle industrielle → Projet Racin'Air

Objectif : mettre au point un dispositif d'aéroponie permettant :

- Mettre en place et récolter les boutures rapidement, à un coût raisonnable (ergonomie)
→ exigence très forte.
 - Obtenir une densité de boutures élevée et modulable selon la taille des boutures et du feuillage.
(de 250 à 900 boutures /m²).
 - Travailler sur des surfaces +/- importantes à un coût raisonnable.
- Système d'insertion des boutures.
- Répondre aux exigences concernant la qualité de l'eau brumisée au niveau racinaire
 - Elargir la liste des espèces bouturées en aéroponie.
 - Valorisation des boutures enracinées produites.
- Structure de base & matériau
- Système hydraulique et traitement de l'eau



Projet Racin'Air : Transposition du bouturage par aéroponie à l'échelle industrielle.

→ Système d'insertion des boutures.

Principe de fonctionnement proposé :

→ intercaler des bandes supports de boutures (de type AutoStyx strip) et des bandes intercalaires sur une structure porteuse.

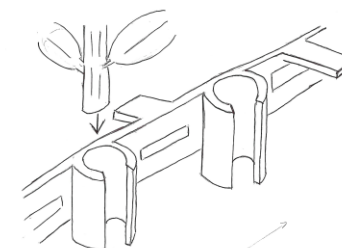
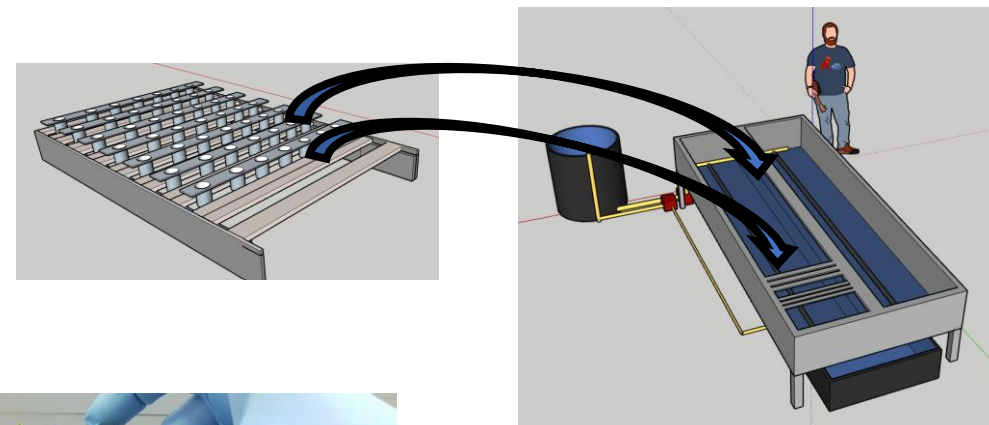
→ Les bandes supports de boutures sont chargées de boutures sur une table de travail où les boutures sont préparées comme pour la méthode de référence.

→ Quand la bande est remplie, pose sur la structure porteuse.

→ Récolte des boutures en les retirant de la bande support.

Densité possible :

- Si espacement de 4 x 4 cm , densité = 615 boutures /m². Rmq : en plaque de 104 (d = 648 btr /m²).
- Si espacement de 3 cm x 3 cm, densité = 1100 boutures /m². Rmq : en plaque de 150, d = 942 btr /m².



AutoStyx Strip
(Procédé Visser
/ Viscon)



Merci de votre participation



EST
HORTICOLE

