INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL
ASTREDHOR



LE PROGRAMME VEGET'EAU II

Méthodes de diagnostic du **stress hydrique** pour la sélection de matériel végétal et de **pratiques économes en eau**

Bilan après 2 saisons

David Vuillermet
ASTREDHOR Auvergne Rhône Alpes
Journée Technique_ASTREDHOR_1er Octobre 2026

VEGET'EAU II

2025 - 2027

pepit
PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT VERS LES AGRICULTEURS D'AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

SENURA
RECHERCHE NUCICOLE

CHAMBRE D'AGRICULTURE ARDÈCHE

Plante & Cité
Ingénierie de la nature en ville

Urbasense
La Ville, la Nature, l'Homme

IFV
INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN

Beaujolais NOUVELLE GÉNÉRATION
SICAREX BEAUJOLAIS

Objectifs :

1. **Évaluer la résistance** des espèces ligneuses face au stress hydrique grâce à différents appareils de mesure.
2. **Proposer des solutions** pour maintenir des plantations en ville, tout en optimisant la ressource en eau.

INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL
ASTREDHOR

Un projet / plusieurs partenaires

SENURA RECHERCHE NUCICOLE

CHAMBRE D'AGRICULTURE ARDÈCHE

IFV INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN

Beaujolais NOUVELLE GÉNÉRATION SICAREX BEAUJOLAIS

pepit
PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT VERS LES AGRICULTEURS D'AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Plante & Cité
Ingénierie de la nature en ville
Center for landscape and urban horticulture

Evaluer les soins de finalisation (arrosage) et l'essence sur la reprise de l'enracinement

PROJET AMARES

Valider des méthodes de diagnostic du stress hydrique pour identifier des végétaux et des pratiques adaptés

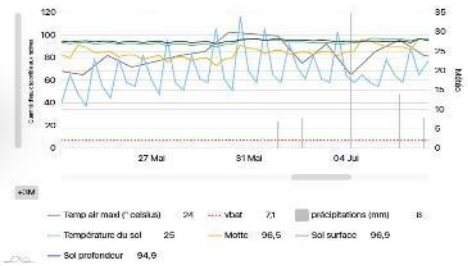






Disposer de données scientifiques sur la solution de suivi tensiométrique et la corrélation avec les autres outils de mesure

Urbasense®
La Ville, la Nature, l'Homme





INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL ASTREDHOR

La plateforme expérimentale

4 essences en motte de 16/18

Celtis australis

Acer campestre

Quercus Cerris

Fraxinus ornus Louisa Lady

×

4 modalités de suivi

M1: Stress hydrique

M2: Stress hydrique + Endomycorhizes + bacillus pumilus

M3: Arrosage préconisé (CCTP)

M4: Arrosage dynamique (Urbasense ®)

PREMIER TECH

×

Variables suivies

Evaluation visuelle et morphologique

Tensiométrique

Dendrométrique

Potentiel hydrique

Ouverture des stomates

Surface foliaire

Carbone 13

Suivi racinaire

=

- Comportement des essences ?
- Intérêt des mycorhizes ?
- Volume d'eau apporté et reprise ?
- Seuils critiques (tensiométrie)
- Evolution de la croissance racinaire ?
- Extrapolation aux conditions urbaines

INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL ASTREDHOR

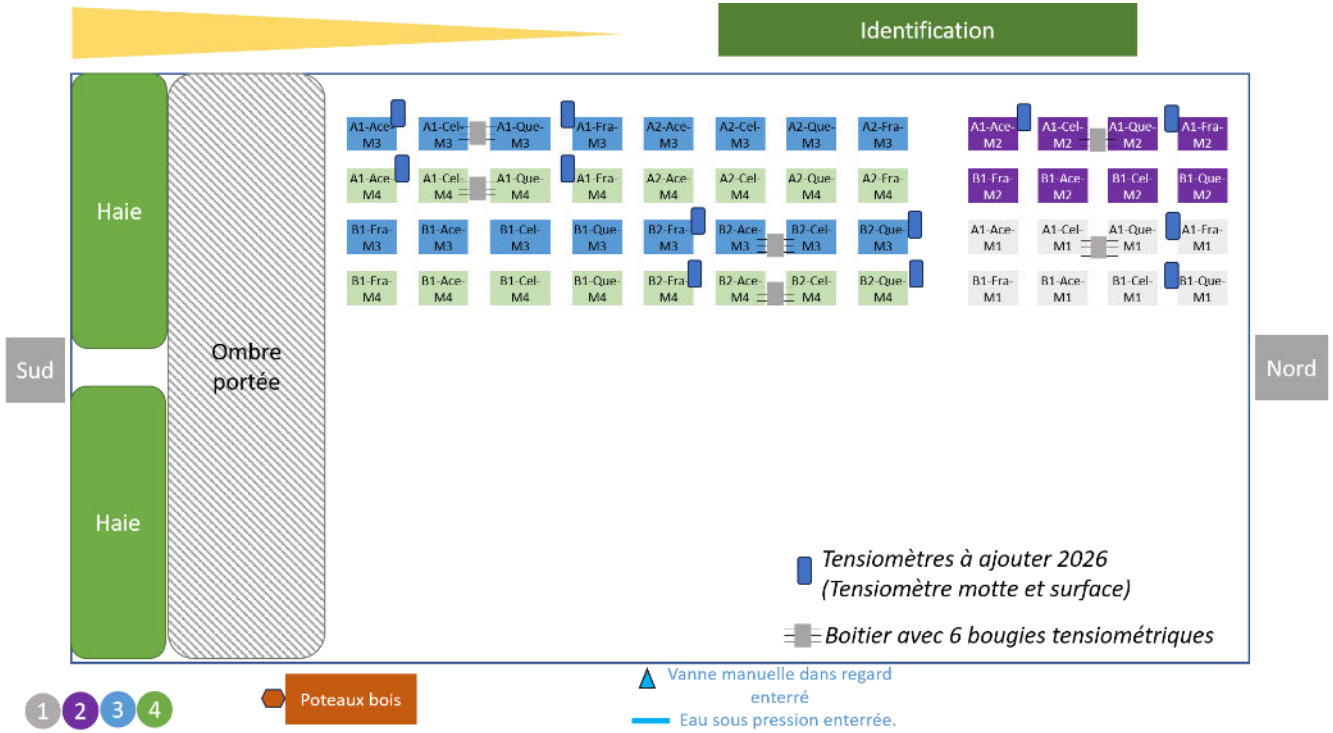
La plateforme expérimentale

Pépinières Guillot-Bourne II
Depuis 1871 - France

Plantation février 2025





INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL
ASTREDHOR

Le sol en place



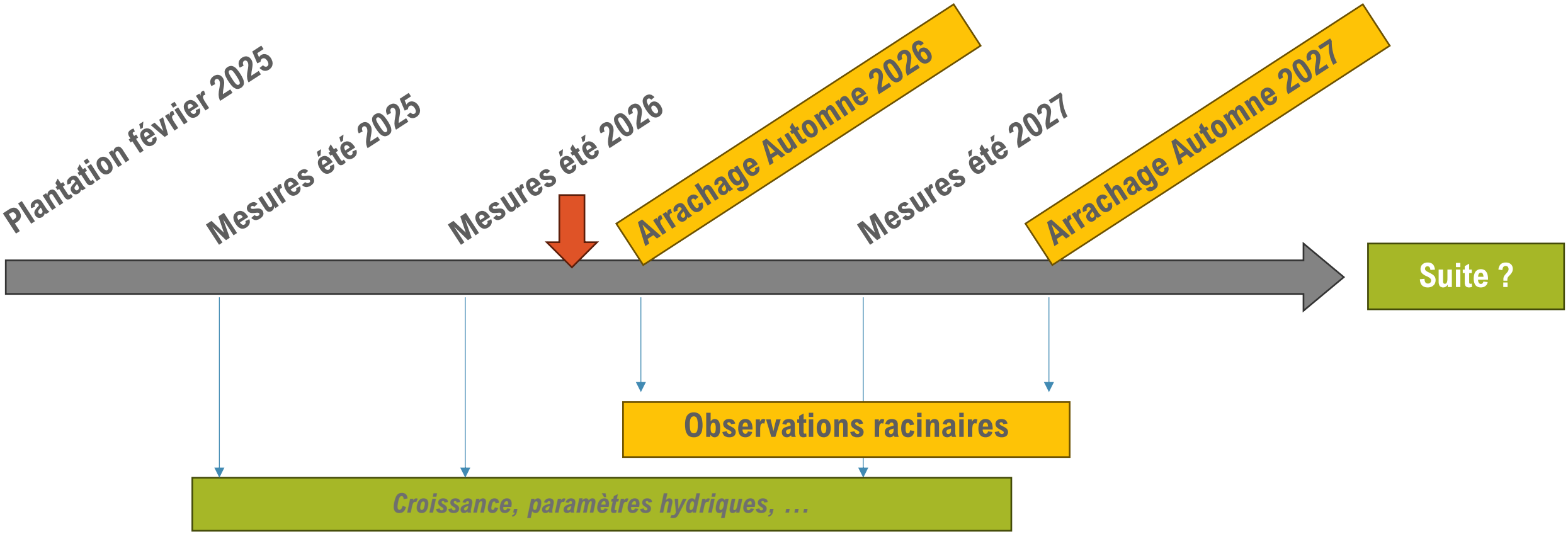
Sol « rapporté ». Terrassement avec terre végétale.

Argilo-Sableux (50% sable grossier), basique, non calcaire.

Très faible activité microbienne et faible matière organique

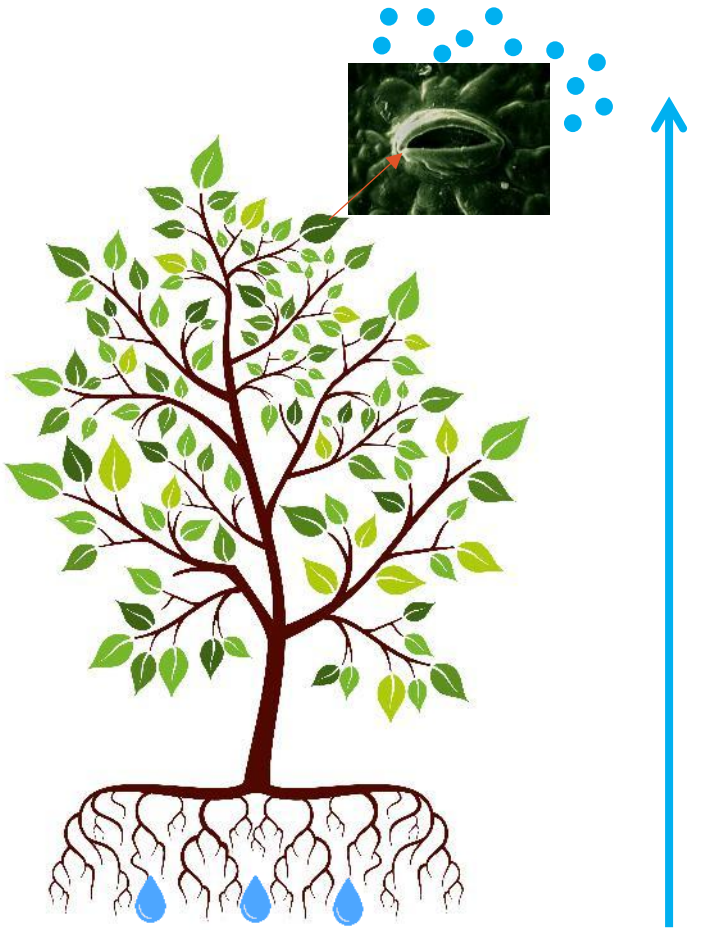
RFU de 21 l/m²

Calendrier


Plantation février 2025
Mesures été 2025
Mesures été 2026
Arrachage Automne 2026
Mesures été 2027
Arrachage Automne 2027
Suite ?
Observations racinaires
Croissance, paramètres hydriques, …

Théorie de la Tension-Cohésion

- Il existe une continuité hydraulique à travers toute la plante, des feuilles jusqu'au sol, sous forme de colonnes d'eau
- Le moteur essentiel de ce transfert est la transpiration (= évaporation au niveau des feuilles via les stomates) → L'eau est « tirée » vers le haut
- L'énergie nécessaire provient du climat (T°C, humidité, rayonnement, …)
- Le végétal pourra ainsi :
  - Absorber les éléments nutritifs
  - Grandir
  - Réguler la température
  - Absorber le CO2



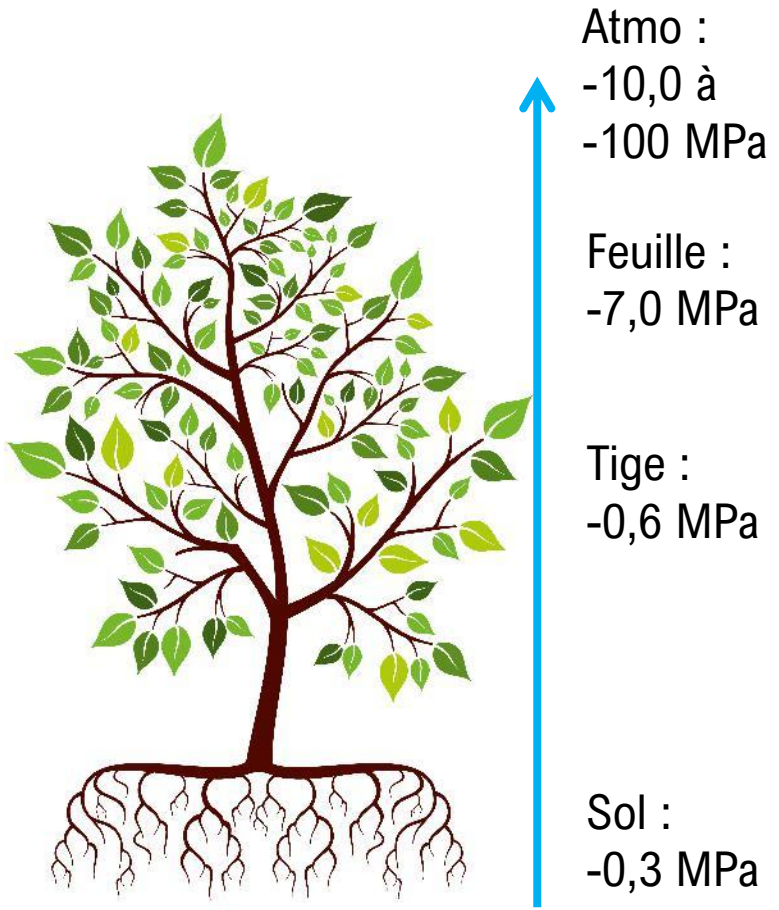
Théorie de la Tension-Cohésion

Les flux d'eau entre le sol et l'atmosphère peuvent se calculer

→ **Le potentiel hydrique** : variable physique rendant compte des mouvements d'eau dans le continuum Sol-Plante-Atmosphère. **Il s'agit d'une énergie ou pression**. Comme il faut fournir de l'énergie pour rapporter le Potentiel hydrique à l'état de référence (=0), il est négatif.

→ Le sens du flux d'eau est toujours d'un potentiel hydrique élevé à un potentiel hydrique faible : on observe donc

Ψsol > Ψplante > Ψatmosphère



Potentiel hydrique

La chambre à pression ou bombe de Scholander





Apparition de la sève. **L'équilibre est atteint.**

→ On relève le potentiel hydrique (Bar ou Mpa)



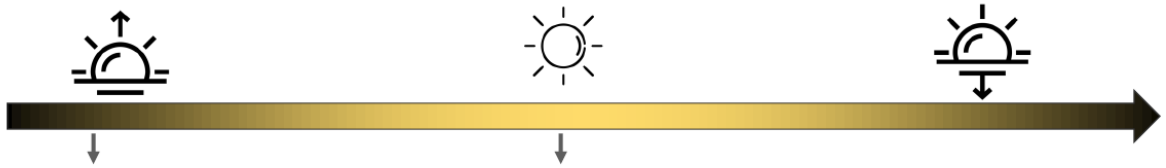




Interprétation générale : plus une **pression élevée** est nécessaire, plus les tensions sont fortes, plus l'arbre est en **stress hydrique**

La chambre à pression (bombe de Scholander)

Plusieurs types de mesure en fonction de la période de mesure :



Potentiel hydrique de base
Equilibre entre l'état hydrique de la plante et du sol
Mesure stable
Indépendant du climat (sauf cas extrême)

Potentiel hydrique minimum
Potentiel de la feuille au midi solaire (à l'instant t)
Réponse à court terme
Forte variation possible (climat, positionnement)

Potentiel hydrique de xylème (ou de tige)
Etat hydrique de l'ensemble de la plante
Effet combiné du sol et de la demande climatique



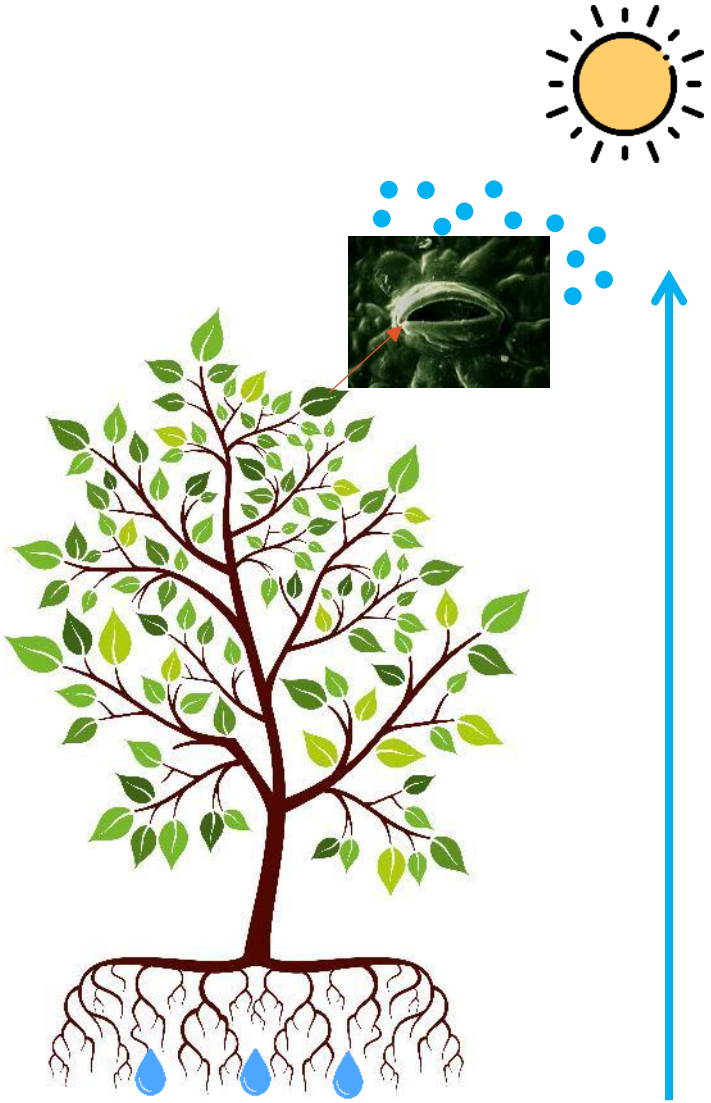


Porométrie/Tensiométrie

On peut mesurer le niveau d'ouverture des stomates avec un poromètre portable.

+ la valeur est importante, + il y a des échanges avec l'air

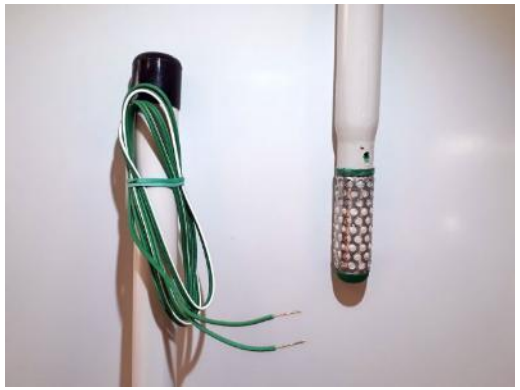




On peut mesurer le niveau d'assèchement du sol avec des sondes tensiométriques. Situées à différentes profondeurs, elles permettent de suivre la progression des racines.

Urbasense®
La Ville, la Nature, l'Homme





Suivi des irrigations (été 2026)

M1: Stress hydrique

M2: Stress hydrique + Mycorhizes

M3: Arrosage préconisé (CCTP)

M4: Arrosage dynamique (Urbasense ®)

Dates	M1	M2	M3	M4
28/04/2026			100	
26/05/2026			100	
10/06/2026			100	
19/06/2026	100	100		100
26/06/2026			100	
03/07/2025			100	100
09/07/2026	100	100		
12/07/2026			150	
21/07/2026			100	
27/07/206			100	
31/07/2026				100
12/08/2026			100	
14/08/2026				100
17/08/2026			100	
21/08/2026	100	100		
18/09/2026	0	0	150	0
TOTAL (l)	**300**	**300**	**1200**	**400**
TOTAL (nb)	4	4	11	5

INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL
ASTREDHOR



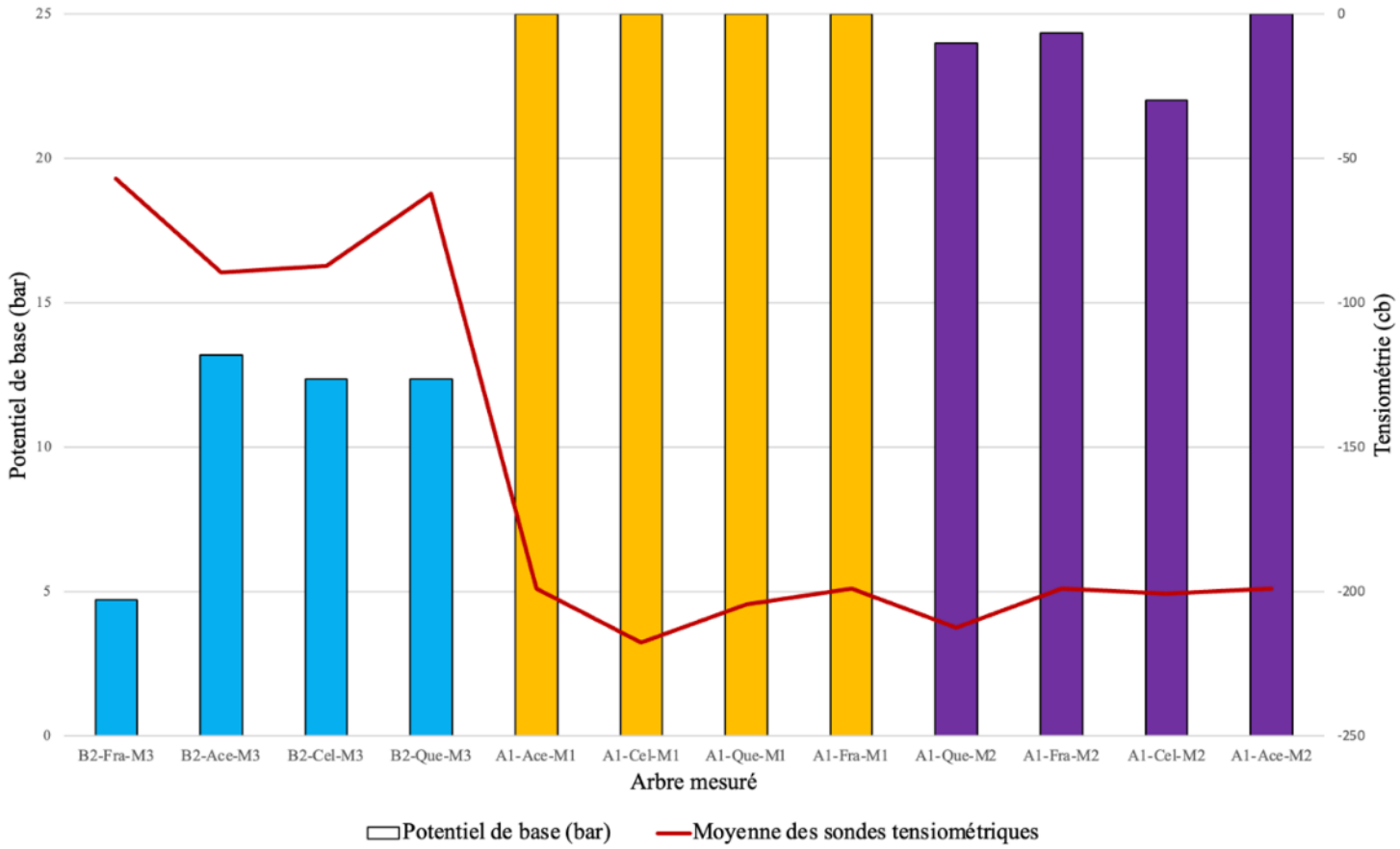
Question n°1
Comment le stress hydrique a été perçu par les végétaux ?

Mesure du potentiel hydrique

Des niveaux de stress hydrique très importants (> 25 bars) dès le lever du soleil pendant la saison 2026.





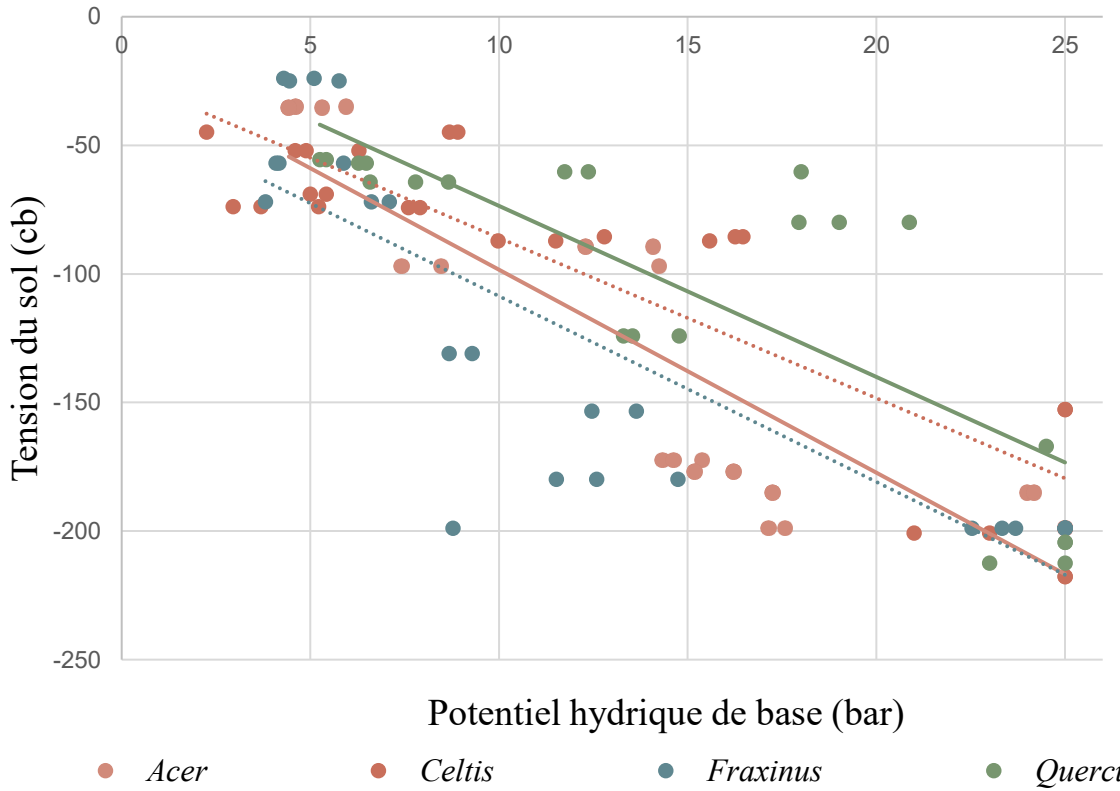


Mesure du potentiel hydrique

Des corrélations +/- robustes entre tensiométrie et potentiel de base (R^2 de 0,65 à 0,85)

Sur Celtis **forte corrélation** entre ces deux paramètres.

Comparaison des pentes des droites de régression entre le potentiel hydrique de base et la tension moyenne des sondes de la motte et de la surface



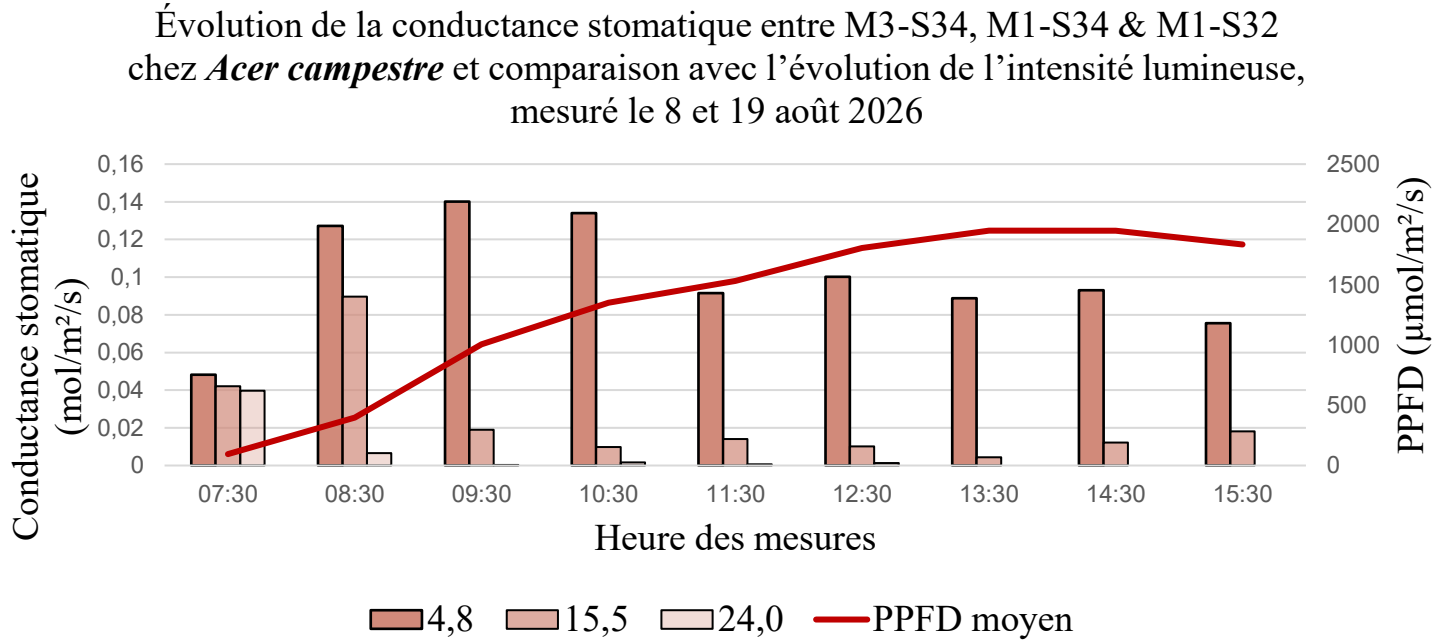
Quels liens entre potentiel hydrique et transpiration ?

En situation de confort (4,8 bars) l'arbre transpire toute la journée.

→ **Maximum à 9h30.**

En situation de stress (15,5 bars) fermeture presque complète des stomates dès 9h30.

En situation de stress très important, fermeture dès 7h30.



Quels liens entre potentiel hydrique et transpiration ?

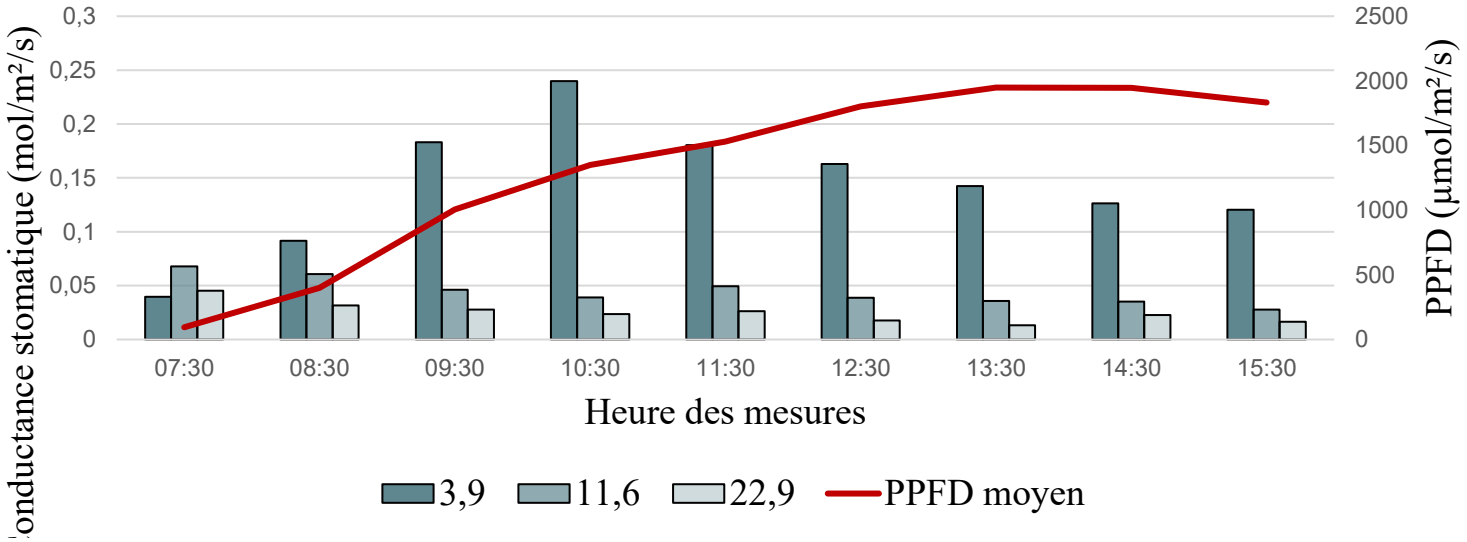
En situation de confort (3,6 bars) l'arbre transpire toute la journée.

→ **Maximum à 10h30**.

En situation de stress (11,6 bars) activité très réduite dès 9h30.

En situation de stress important (22,9 bars) les stomates ne se ferment pas complétement.

Évolution de la conductance stomatique entre M3-S34, M1-S34 & M1-S32 chez ***Fraxinus ornus*** et comparaison avec l'évolution de l'intensité lumineuse, mesuré le 8 et 19 août 2026

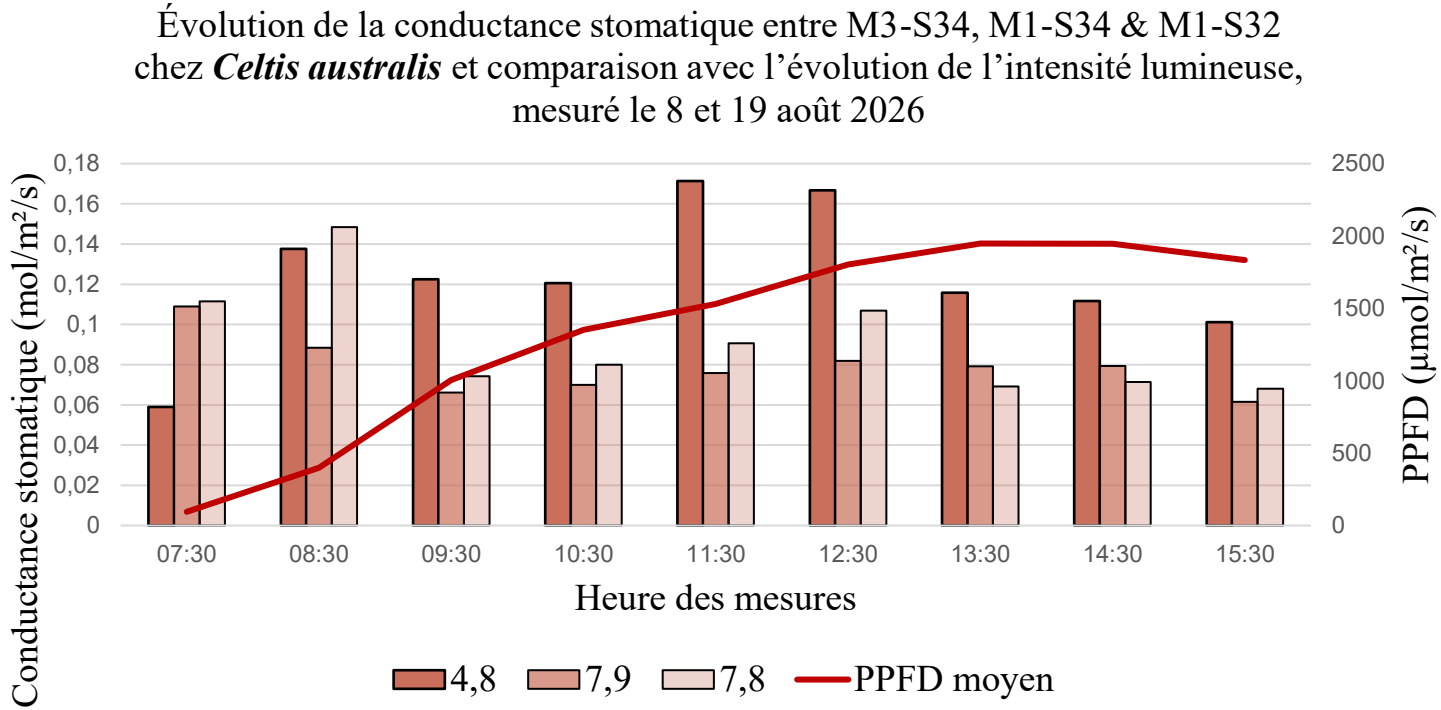


Quels liens entre potentiel hydrique et transpiration ?

En situation de confort (4,8 bars) l'arbre transpire toute la journée.

→ **Maximum à 11h30.**

En situation de stress modéré (7,8 bars) ouverture réduire de 40% pendant toute la période matinale.



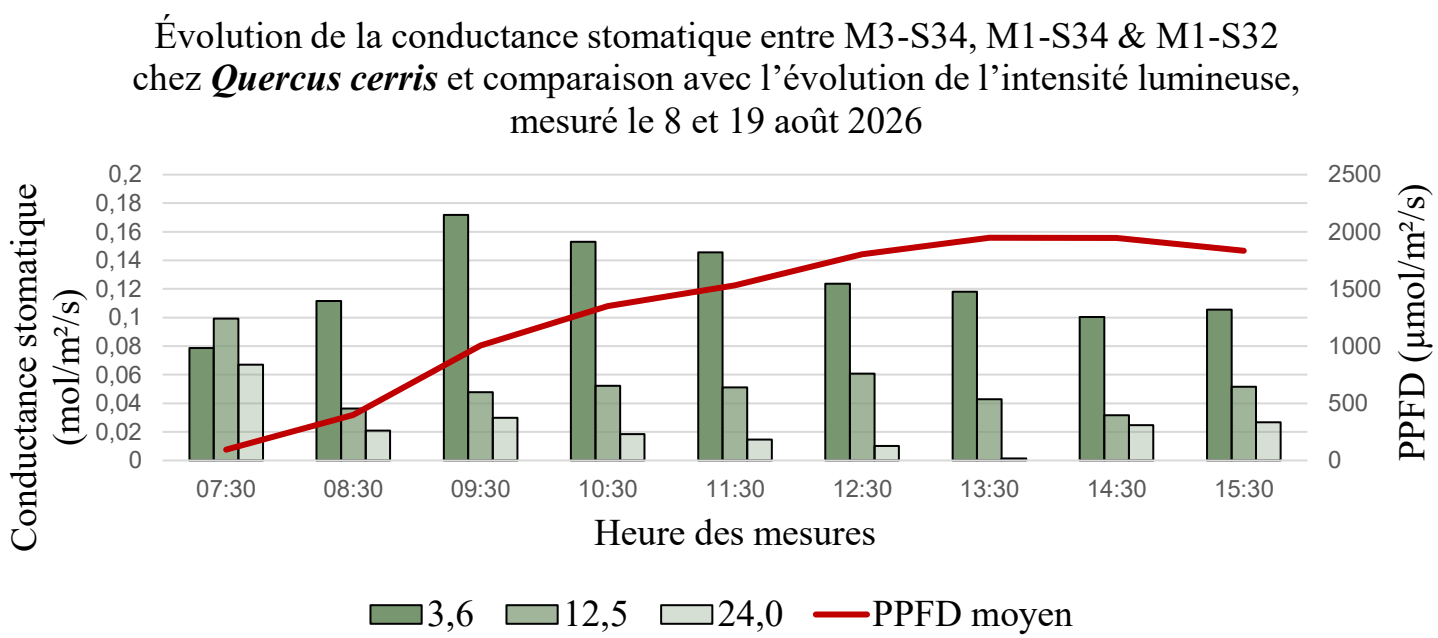
Quels liens entre potentiel hydrique et transpiration ?

En situation de confort (3,6 bars) l'arbre transpire toute la journée.

→ **Maximum à 9h30**.

En situation de stress (12,5 bars) activité très réduite dès 8h30.

En situation de stress important (24 bars) les stomates ont une activité très réduite.



Quels liens entre potentiel hydrique et transpiration ?

Tendance observée sur Quercus, juillet 2026

3,6 bars → 12,5 bars → 24 bars

6/10 jours **4/6 jours**

En 6/10 jours, l'arbre **réduit significativement sa transpiration.**

En 15 jours, l'arbre atteint un niveau de **stress très important, avec un impact presque nul sur le climat environnement car il y a une fermeture presque complète des stomates.**





A votre avis ?

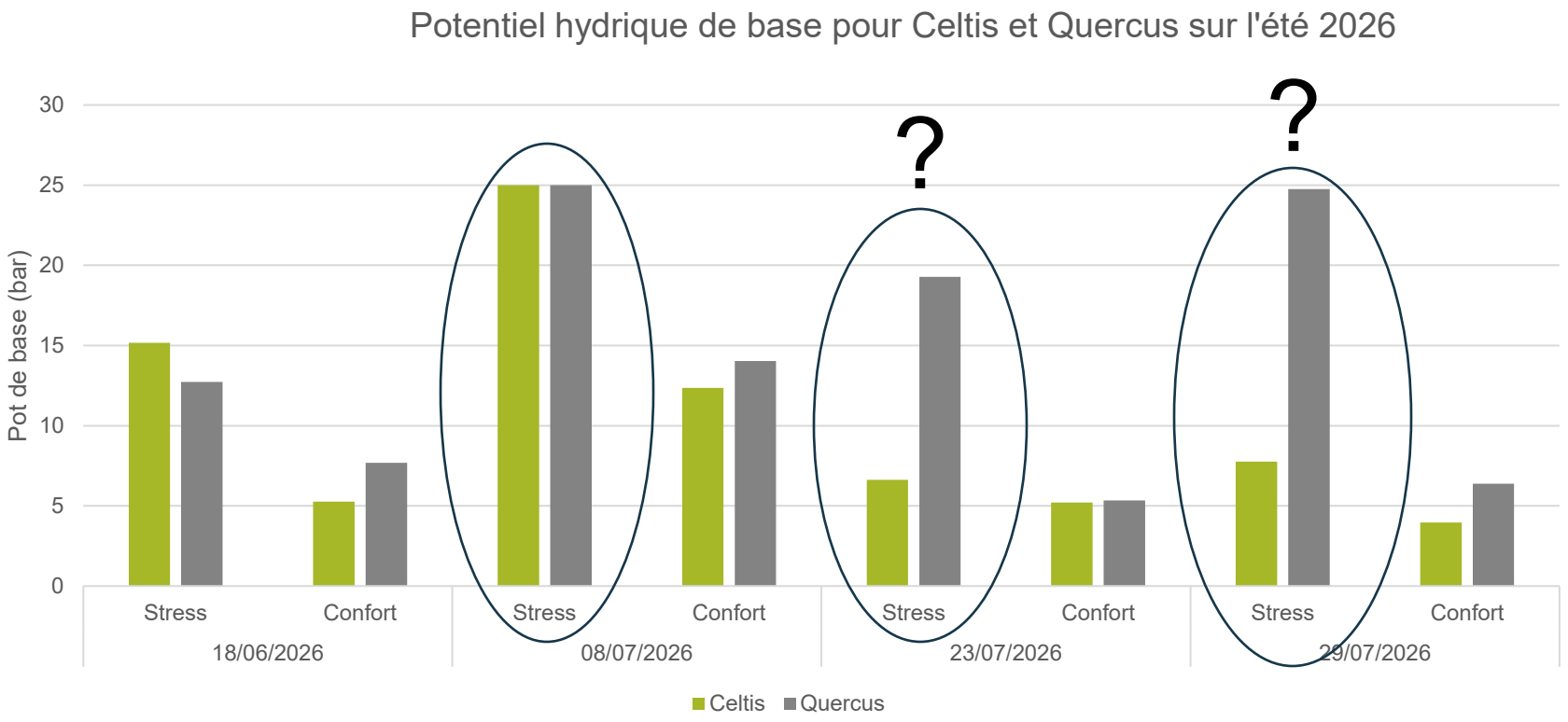
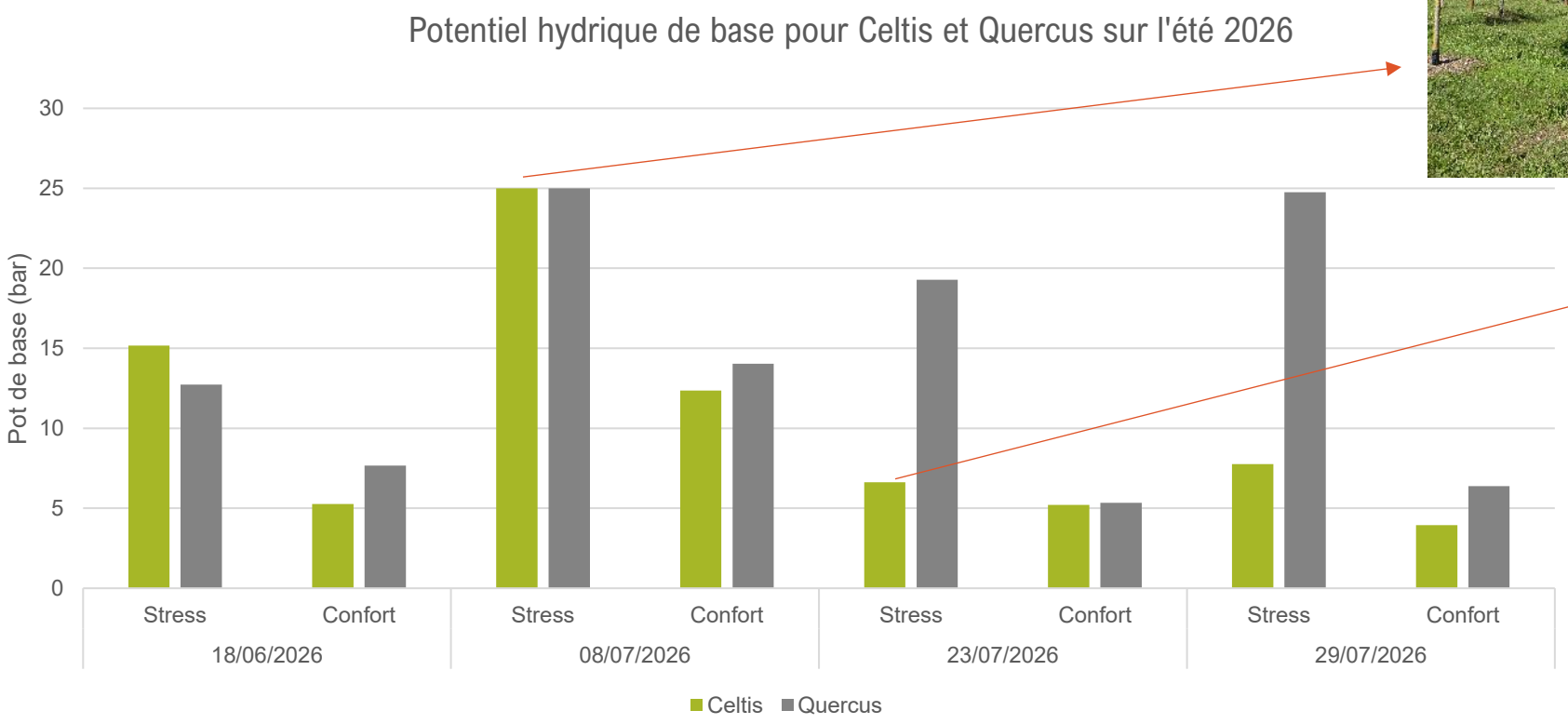

Potentiel hydrique de base pour Celtis et Quercus sur l'été 2026
Pot de base (bar)
30
25
20
15
10
5
0
?
?
Stress
Confort
Stress
Confort
Stress
Confort
Stress
Confort
18/06/2026
08/07/2026
23/07/2026
29/07/2026
Celtis
Quercus

Illustration mécanisme d'adaptation_Celtis







Défoliation de 60% de la surface foliaire pour les Celtis les plus stressés



Question n°2
Est-ce que l’inoculation de mycorhizes a été visible ?

Quels effets des mycorhizes ?

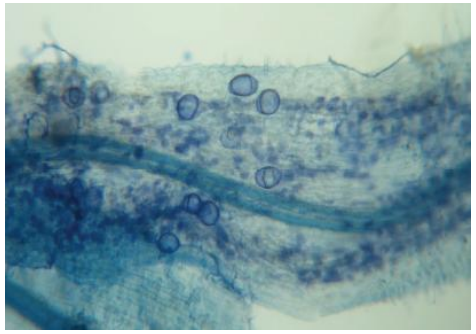
Aucune différence à ce stade de

- Vigueur
- Croissance
- Force
- Profil d'absorption de l'eau

→ Arrachage de prévu fin d'année. Réalisation d'un protocole pour le suivi de la mycorhization









Question n°3
Quel a été l'impact des stratégies d'arrosage sur la reprise des arbres ?

Suivi des irrigations (été 2026)

M1: Stress hydrique

M2: Stress hydrique + Mycorhizes

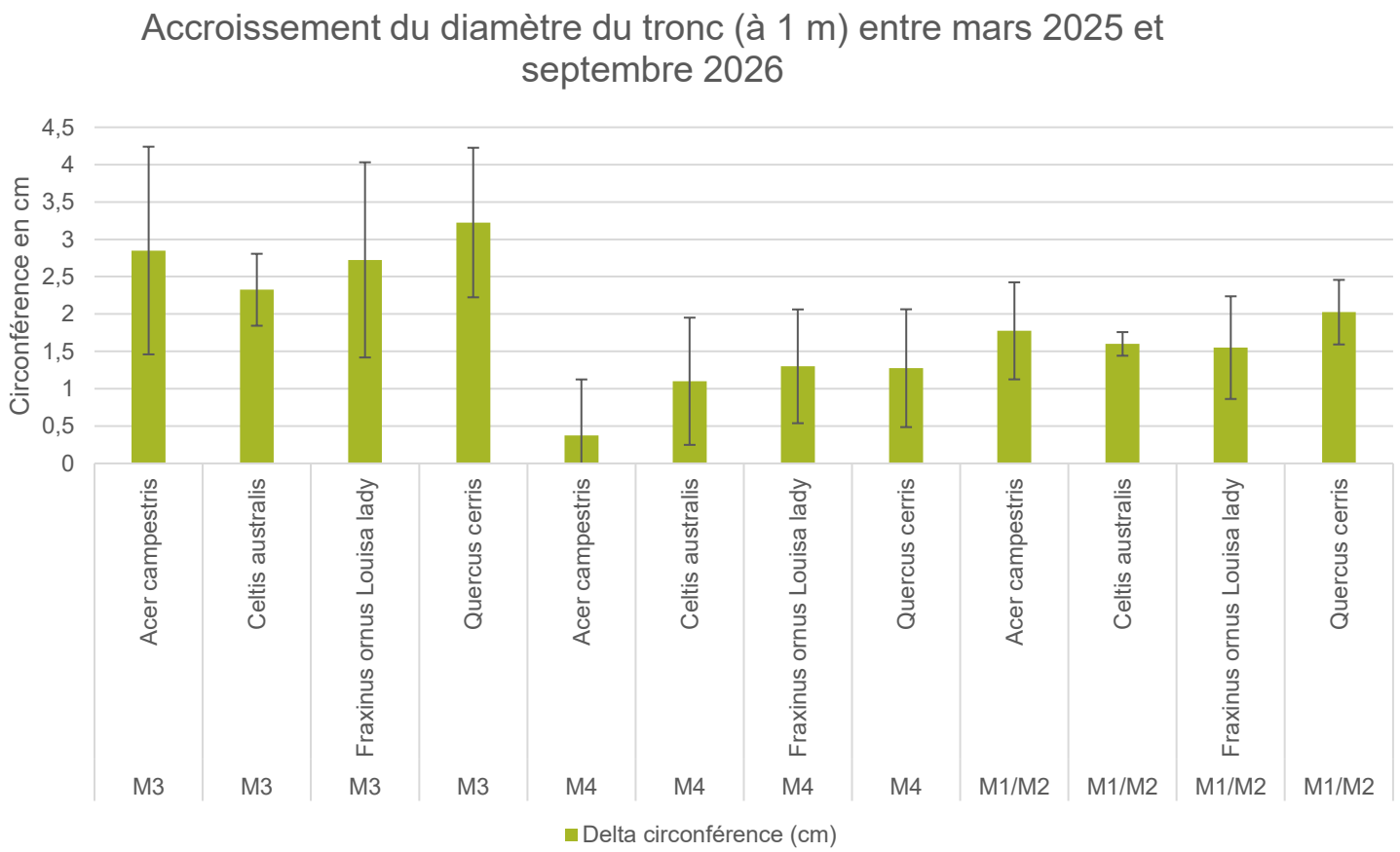
M3: Arrosage préconisé (CCTP)

M4: Arrosage dynamique (Urbasense ®)

Dates	M1	M2	M3	M4
28/04/2026			100	
26/05/2026			100	
10/06/2026			100	
19/06/2026	100	100		100
26/06/2026			100	
03/07/2025			100	100
09/07/2026	100	100		
12/07/2026			150	
21/07/2026			100	
27/07/206			100	
31/07/2026				100
12/08/2026			100	
14/08/2026				100
17/08/2026			100	
21/08/2026	100	100		
18/09/2026	0	0	150	0
TOTAL (l)	**300**	**300**	**1200**	**400**
TOTAL (nb)	4	4	11	5

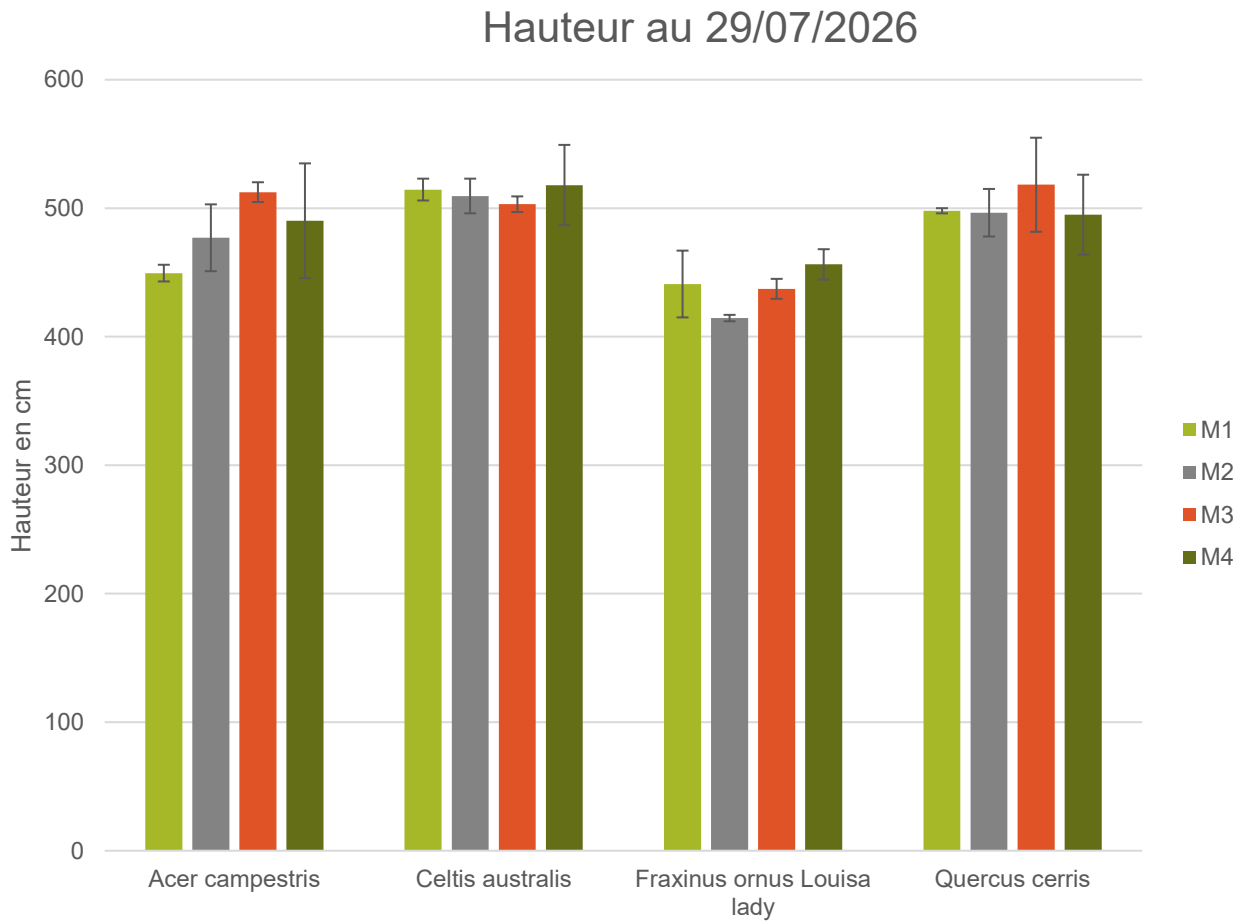
Suivi de la force

- Gains significatifs de force pour M3 par rapport à M1/2/4.
- Pas d'écart significatif entre les espèces.

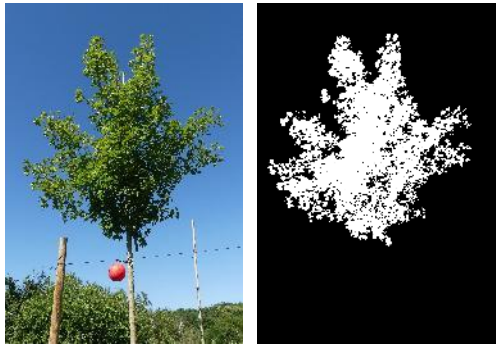


Hauteur

- Pas de différences franches de hauteurs en fonction des modalités et des espèces.



Surface foliaire (07/07)



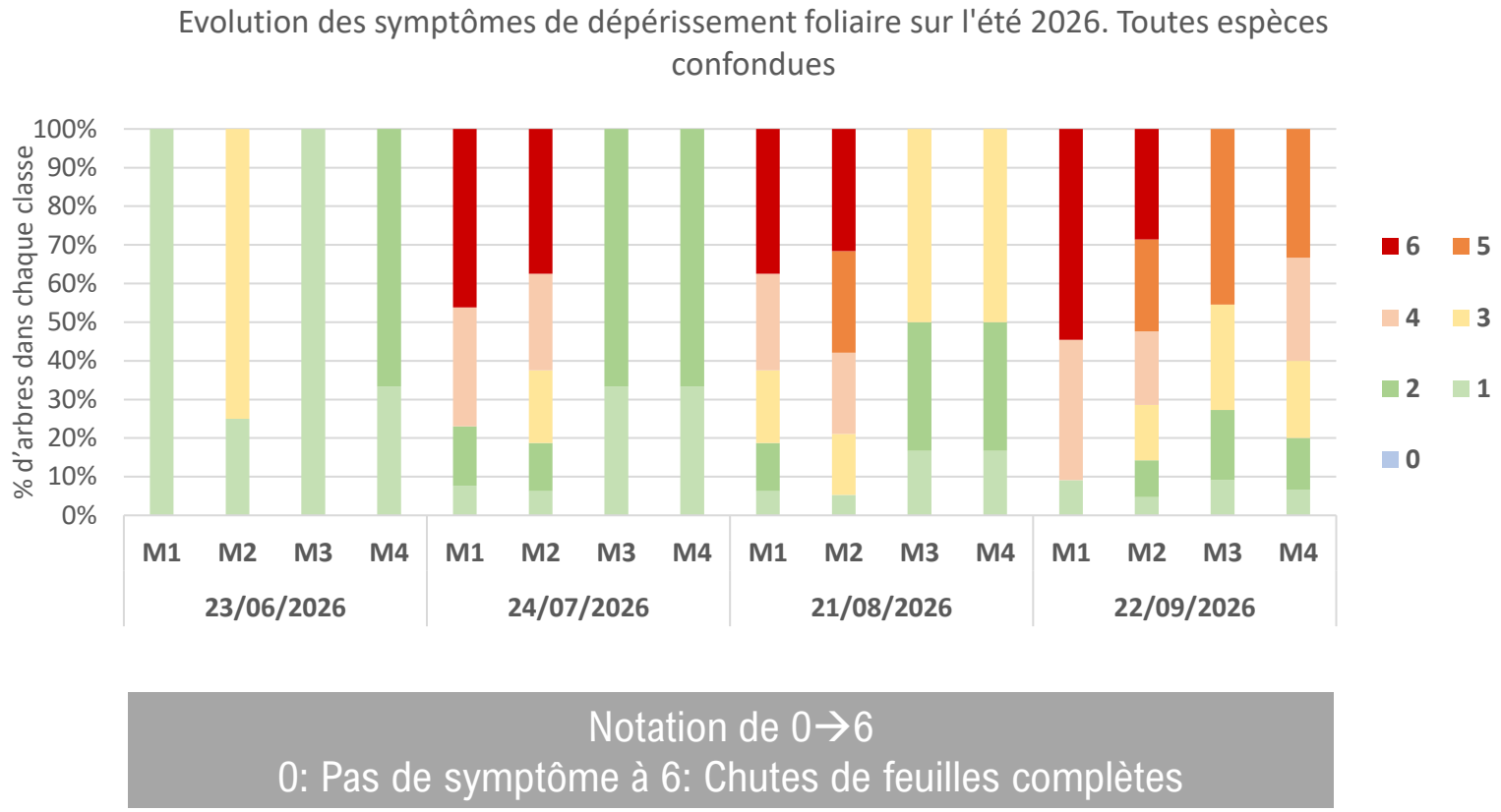
- Surface foliaire > pour M3 et M4 par rapport à M1/2
- Celtis et Acer : le plus fort gain de surface foliaire entre stressé et irrigué (+ 50 %)
- Frêne et Quercus, gain de 20% de surface foliaire avec irrigation.

Espèces	Modalités	Surface foliaire en m²	Surface foliaire (%) par rapport à M1/M2
Celtis australis	M1/M2	0,72	100
	M3	**1,03**	**143**
	M4	**1,18**	**163**
Fraxinus ornus Louisa lady	M1/M2	0,6	100
	M3	**0,77**	**129**
	M4	**0,73**	**122**
Quercus cerris	M1/M2	1,26	100
	M3	**1,57**	**124**
	M4	1,26	100
Acer campestre	M1/M2	1,31	100
	M3	**2**	**153**
	M4	1,41	107

Evolution des symptômes foliaires

- Des défoliations plus importantes pour M1 et M2 en juillet et août (stress hydrique).
- Augmentation des défoliations en fin de saison pour M3 et M4.

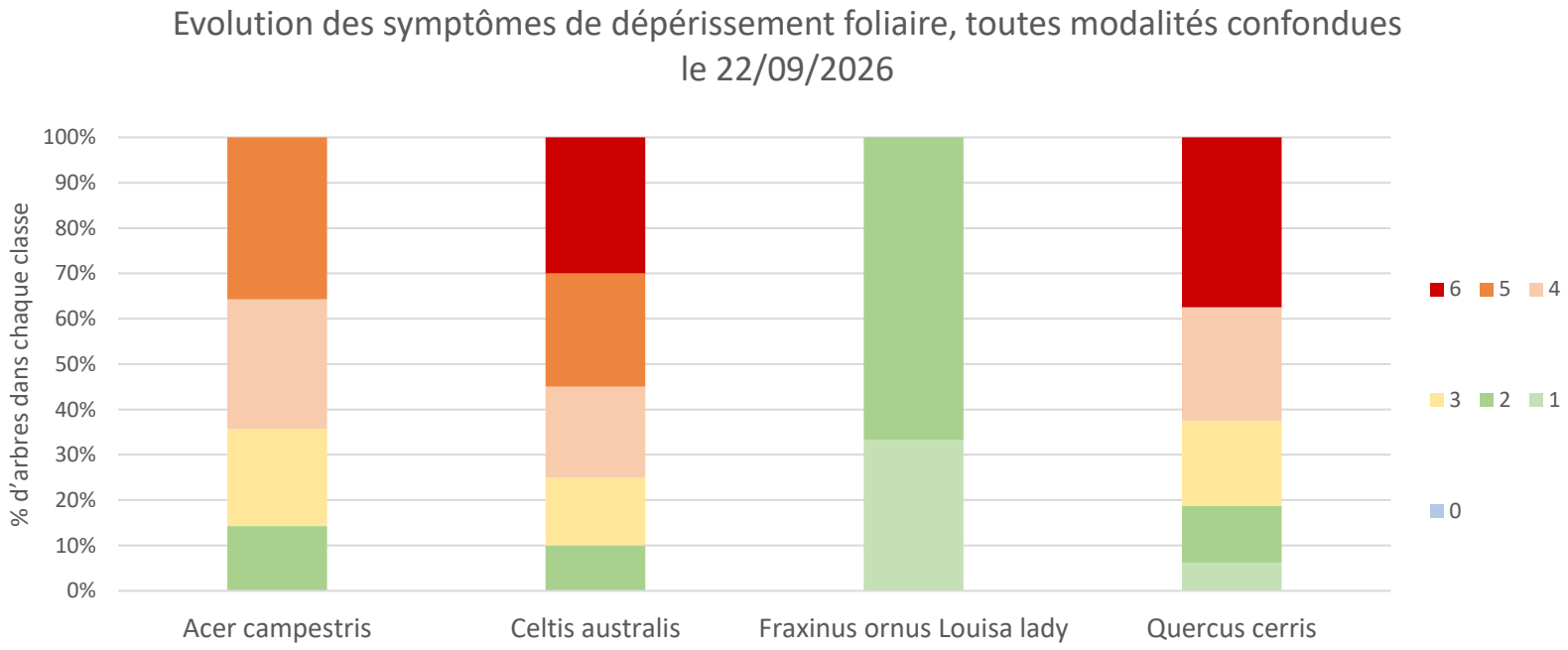




Notation de 0→6
0: Pas de symptôme à 6: Chutes de feuilles complètes

Evolution des symptômes foliaires

- Une sensibilité différente entre les espèces.
- Dépérissement > pour Celtis et Quercus



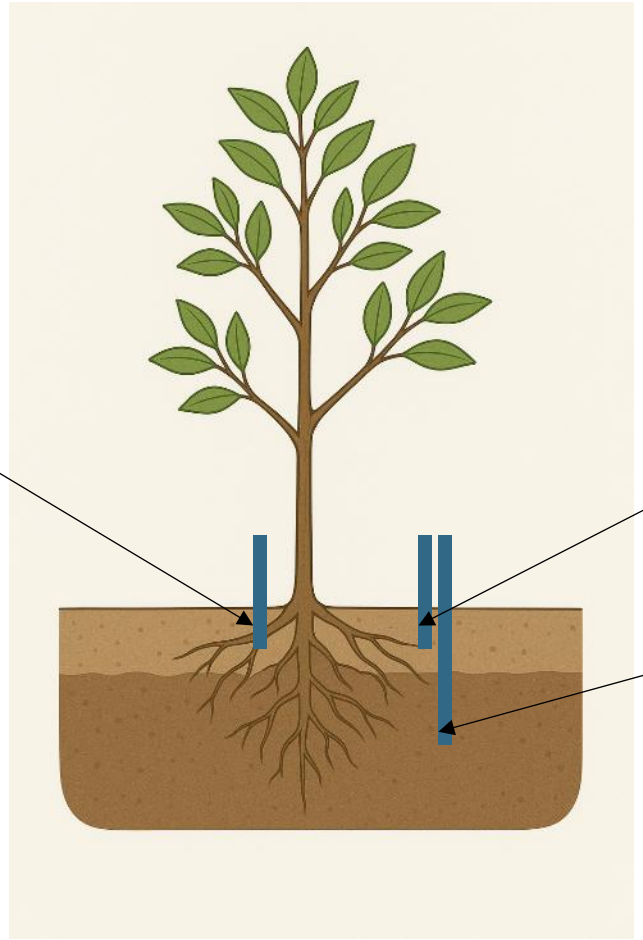
Au niveau racinaire ?

Arrachage de prévu en hiver 2026/2027…

→ Analyse du développement du système racinaire

Le dispositif tensiométrique (Urbasense)

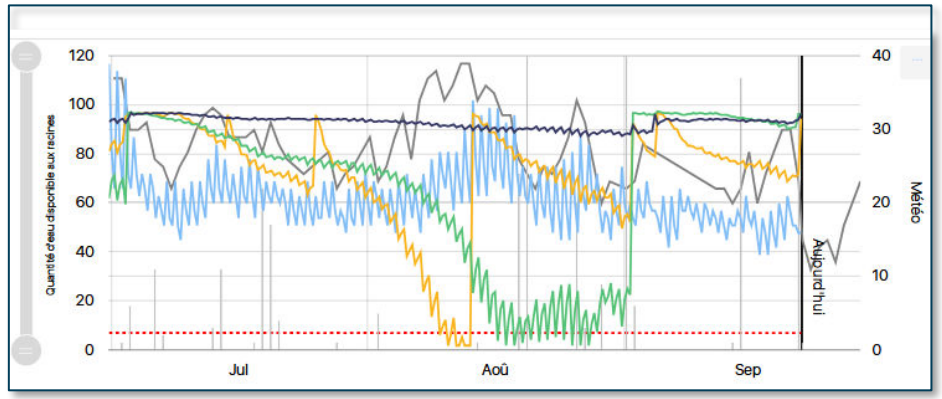
Motte: Sonde prof de 30 cm



Sol surface: Prof de 30 cm

Sol profondeur: Prof de 70 cm

Toutes les 8h



M1/2/3: Uniquement consultatif, pour le suivi des niveaux de stress.

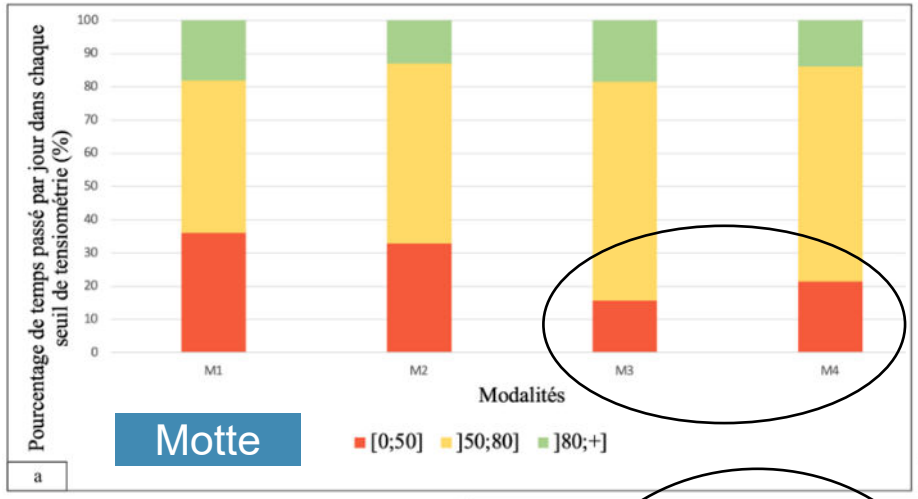
M4-Décision de l'arrosage via un bulletin hebdomadaire

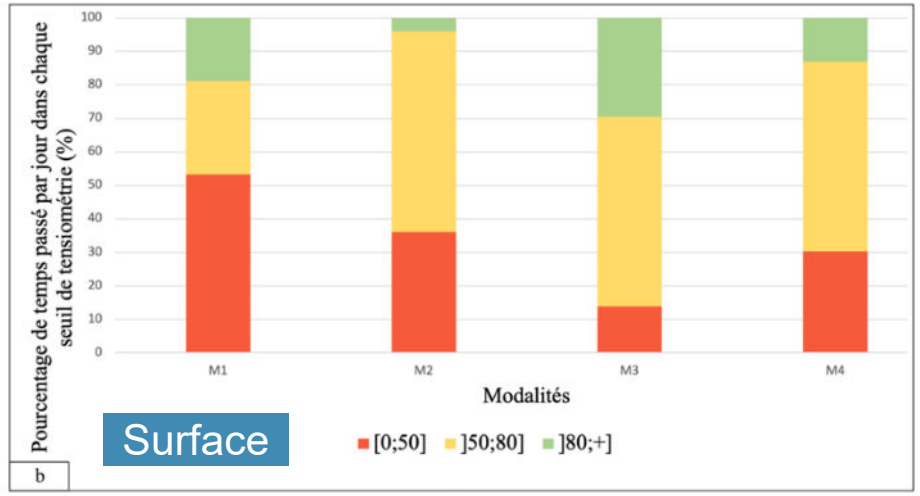
Au niveau racinaire ?

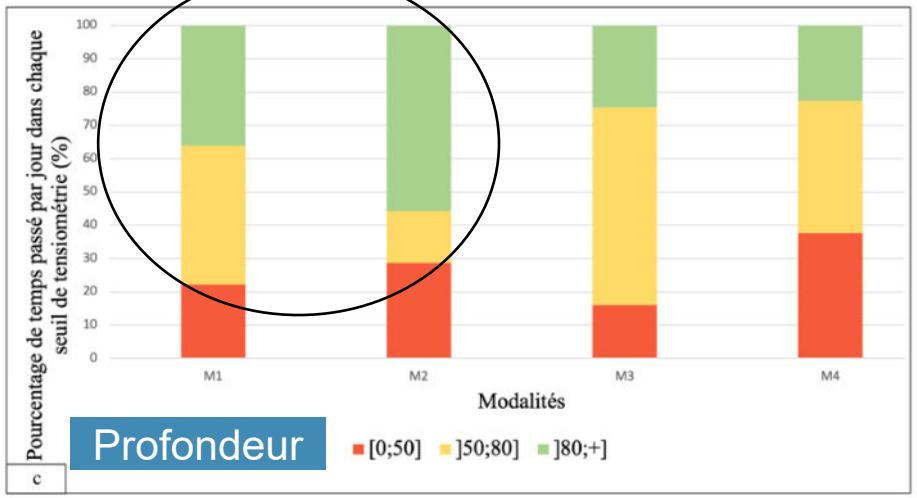
- **Motte**: stress hydrique plus faible pour

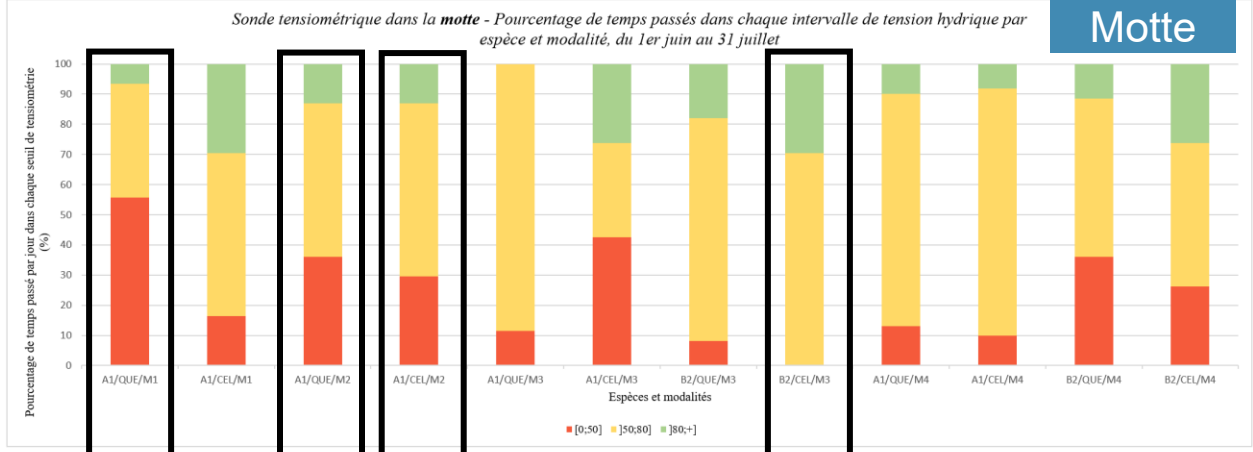
  M3 < M4 < M2/M1

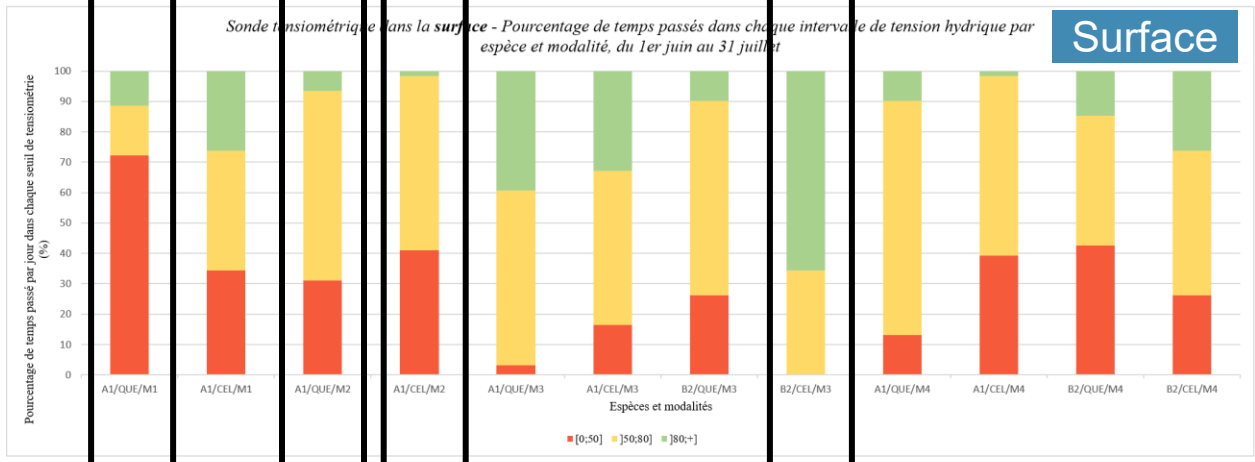
- **Profondeur**: une disponibilité en eau supérieure pour M1 et M2 par rapport à M3 et M4.

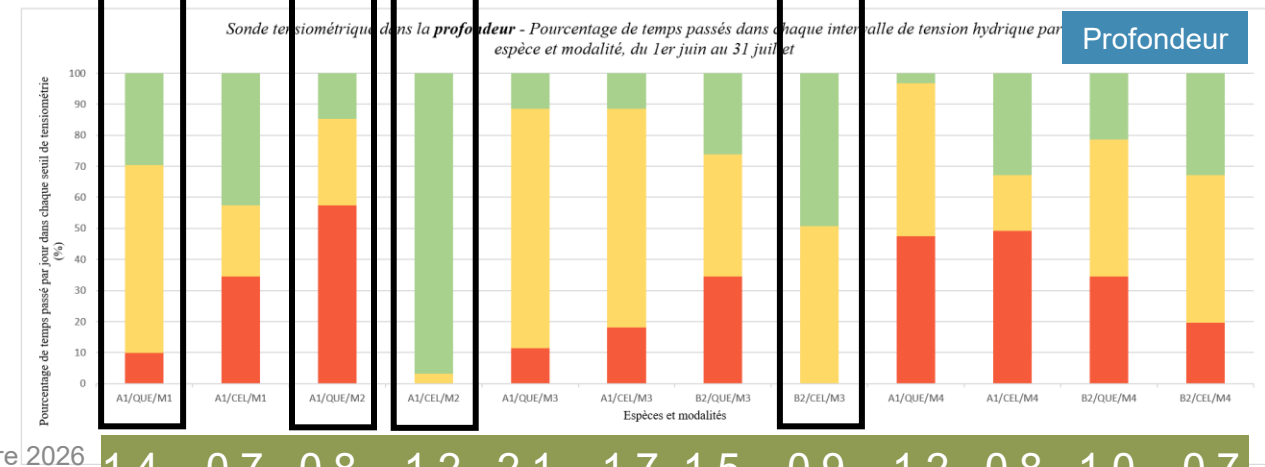












1,4	0,7	0,8	1,2	2,1	1,7	1,5	0,9	1,2	0,8	1,0	0,7

Perspectives_Résultats

- Logiquement, les apports en eau post-plantation vont avoir une forte influence sur la reprise.
- Un arrosage réduit de 67 % avec l'outil Urbasense.
  - Une force réduite de 60 %
  - Une surface foliaire identique pour le frène et celtis et réduite pour Chêne et Acer.
  - Un aspect visuel (dépérissement foliaire) similaire au témoin.
- Le moment de déclenchement des irrigations va jouer un rôle important pour optimiser les apports en eau (1 arrosage de moins entre M1 et M4, mais des résultats très différents.)
- Pas d'impact des mycorhizes 2 ans après plantation→ Analyse à prévoir.

Perspectives_outils

- Les outils à disposition ont une bonne corrélation et permettent de décrire le fonctionnement physiologique de l'arbre.
- Validation des protocoles de mesure.
- Le poromètre est prometteur pour sa facilité d'utilisation et le volet dynamique des mesures.
  - A voir en 2ème année pour augmenter le niveau de précision des mesures.
  - Faire des essais en ville.
- On distingue des comportements différents : le frêne est l'arbre qui va avoir le taux de transpiration le plus important, mais aussi celui avec la plus faible surface foliaire.
- Arrachage à prévoir pour compléter les analyses avec le volet racinaire.



Merci de votre attention

David Vuillermet / david.vuillermet@astredhor.fr

Agréments et certifications :

Qualiopi processus certifié RÉPUBLIQUE FRANÇAISE ACTIONS DE FORMATION

Crédit Impôt Recherche CIR

Agrément BPE

Agrément conseil d'ASTREDHOR n°750CC13

SENURA RECHERCHE NUCICOLE

CHAMBRE D'AGRICULTURE ARDÈCHE

pepit PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT VERS LES AGRICULTEURS D'AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Plante & Cité Ingénierie de la nature en ville

Urbasense La Ville, la Nature, l'Homme

INSTITUT DES PROFESSIONNELS DU VÉGÉTAL ASTREDHOR

IFV INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN

Beaujolais NOUVELLE GÉNÉRATION SICAREX BEAUJOLAIS