



L'eau dans le sol et l'arrosage dans les truffières

Claude Murat

UMR Interactions ArbresMicroorganismes Centre INRA Grand Est Nancy

Laboratoire d'Excellence ARBRE

claude.murat@inrae.fr

Plan



1. Le sol et l'eau dans le sol
2. Relation entre la truffe et le climat
3. L'arrosage des truffières



Plan



1. Le sol et l'eau dans le sol
2. Relation entre la truffe et le climat
3. L'arrosage des truffières

Le sol: c'est quoi?

Définition de la Stratégie thématique en faveur de la protection des sols (Union Européenne - COM(2006)231 final du 22/09/2006) :

« Le sol est généralement défini comme la couche supérieure de la croûte terrestre. Il est constitué de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants. Le sol est l'interface entre la terre, l'air et l'eau et abrite la majeure partie de la biosphère. »

air



particules minérales



eau



matière organique



organismes vivants

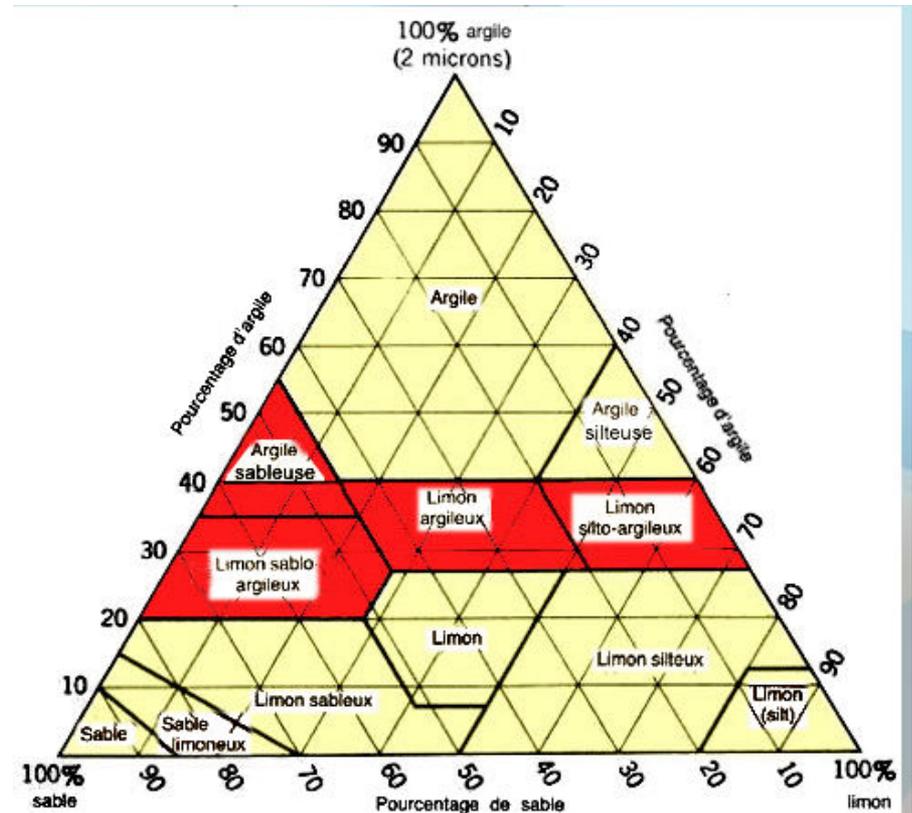


Particules minérales: la texture

Argile	$d < 2 \mu\text{m}$
Limons fins	$2 < d < 20 \mu\text{m}$
Limons grossier	$20 < d < 50 \mu\text{m}$
Sables fins	$50 < d < 200 \mu\text{m}$
Sables grossiers	$200 < d < 2000 \mu\text{m}$

> 2000 μm (2 mm): éléments grossiers

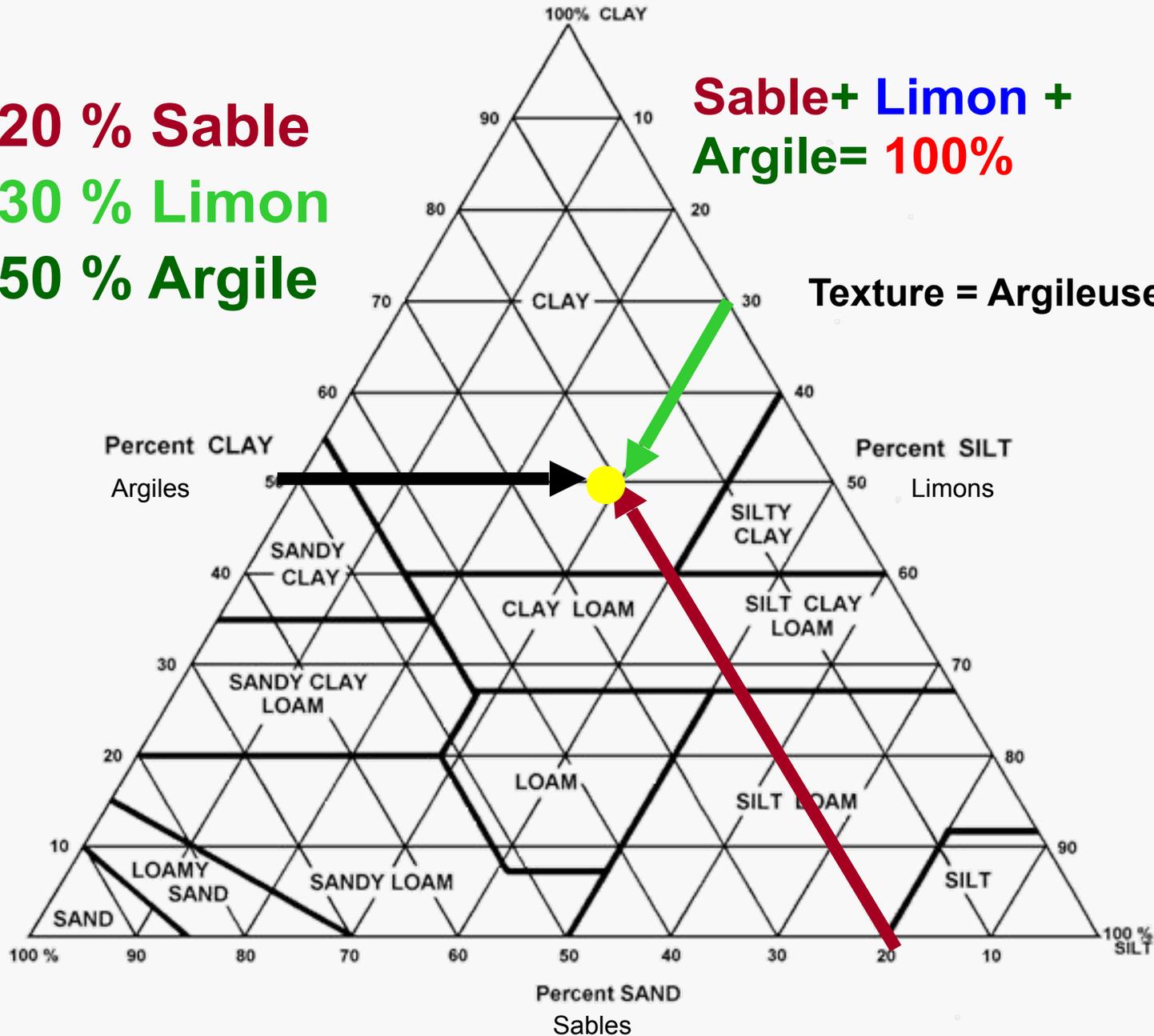
Triangle des textures
USDA



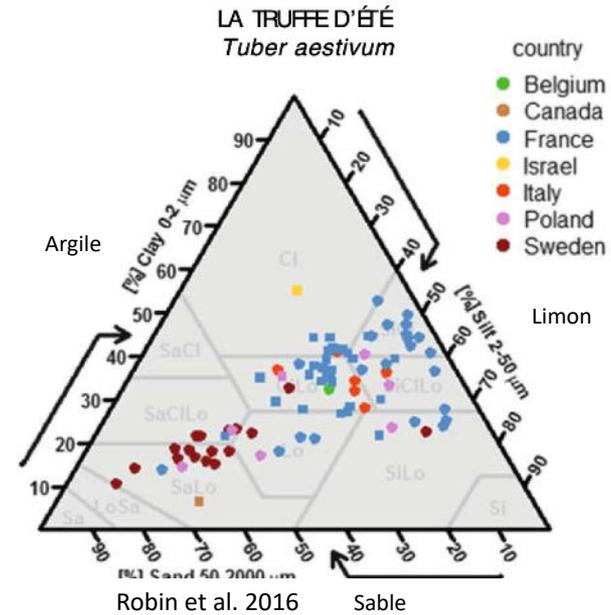
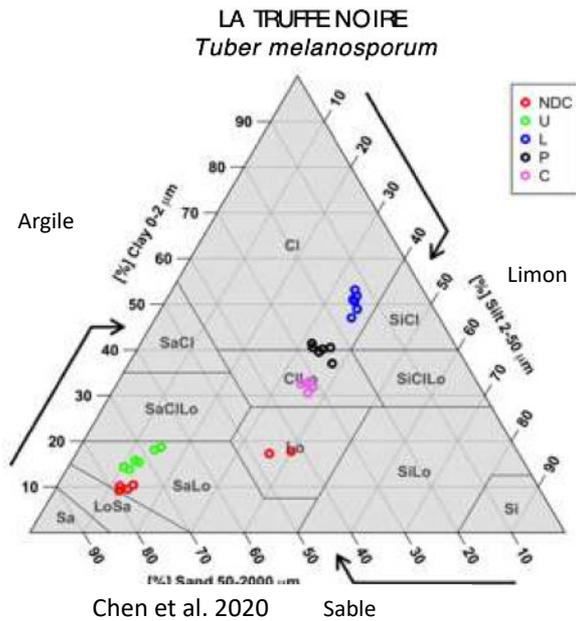
20 % Sable
30 % Limon
50 % Argile

**Sable+ Limon +
Argile= 100%**

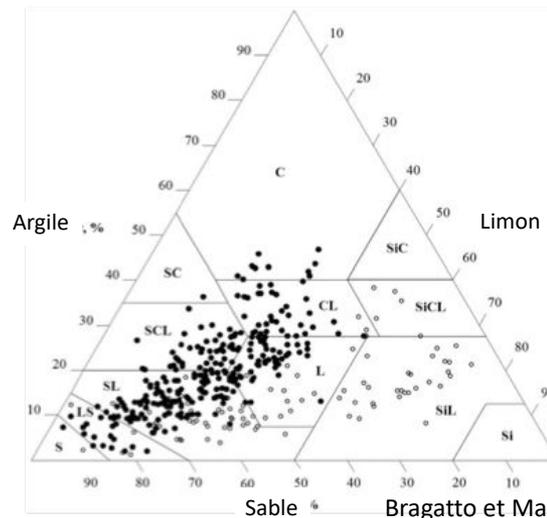
Texture = Argileuse



La texture des sols truffiers



Importance du refus de tamis (cailloux) pour maintenir une porosité

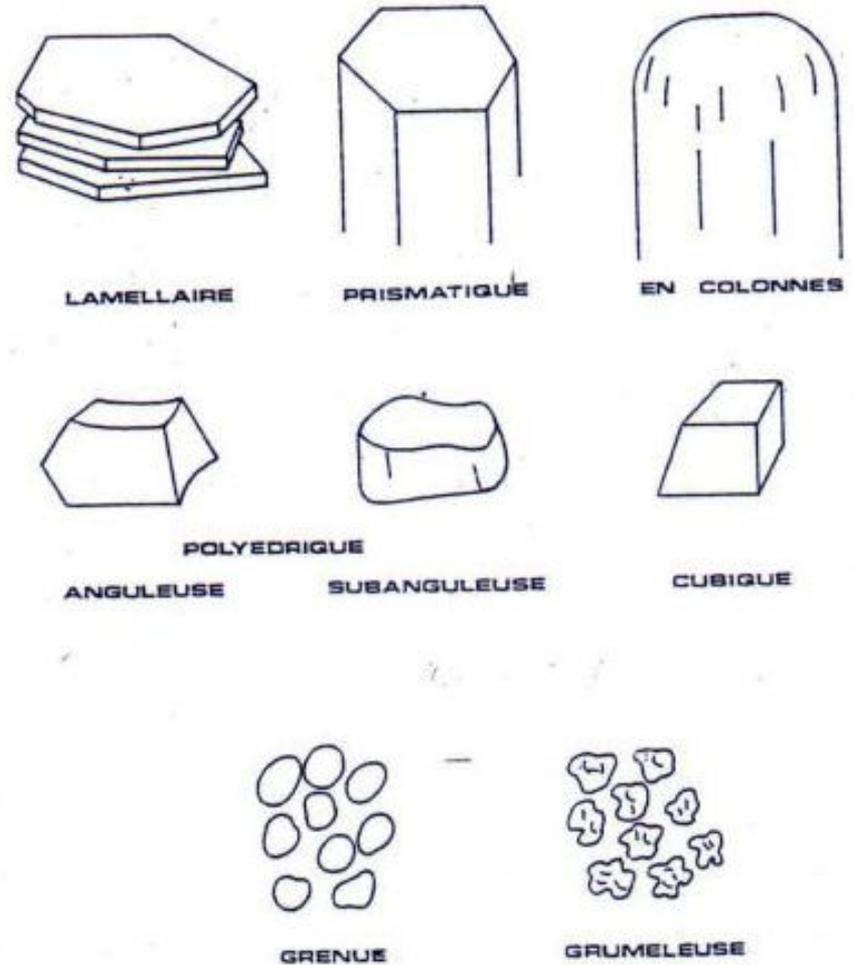


LA TRUFFE BLANCHE
Tuber magnatum

La structure

La structure du sol est l'agencement dans l'espace de ces particules. Elle est déterminée par la forme des agrégats - les plus petits éléments indivisibles du sol. Ci-contre, les principales structures des sols .

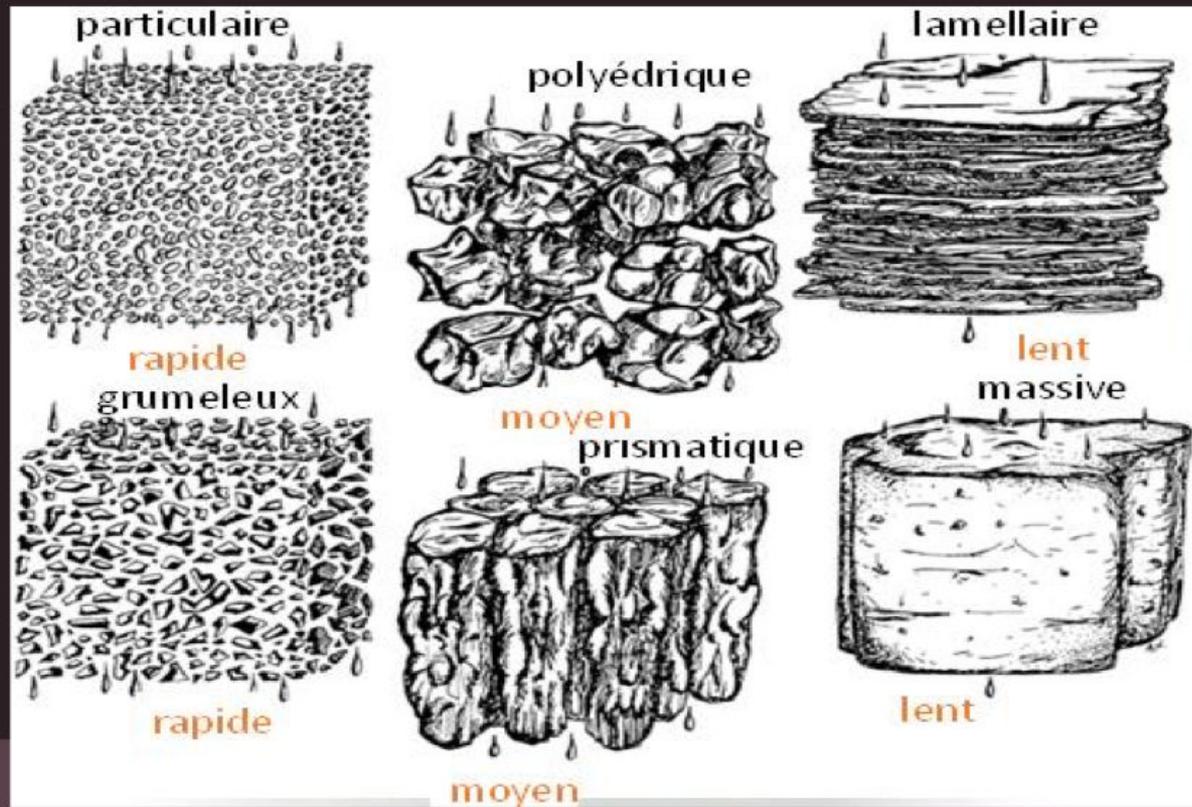
La structuration naturelle des sols est liée à leur texture. Un sol argileux aura notamment une structure angulaire, avec formation de lamelles. Par contre, une structure grumeleuse (fréquente sous prairie) est plutôt liée à l'activité biologique.



La structure

La structure

- Les différentes structures des sols
 - Circulation d'eau
 - Circulation d'air



Carl F. Engle, Washington state university



JS Pousse

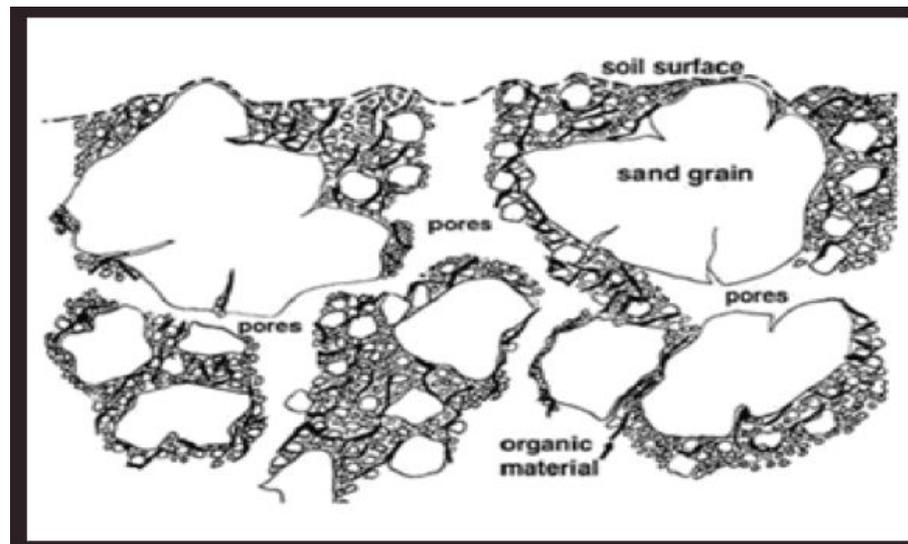
La porosité ou les vides du sol

La porosité est le volume des "vides" du sol, les pores qui sont occupés soit par l'eau soit par l'air.

Selon la taille des pores:

- **Macroporosité** (vide $> 50 \mu\text{m}$)
- **Mésoporosité** (ou porosité capillaire; $0,2 \mu\text{m}$ à $50 \mu\text{m}$)
- **Microporosité** (vides $< 0,2 \mu\text{m}$)

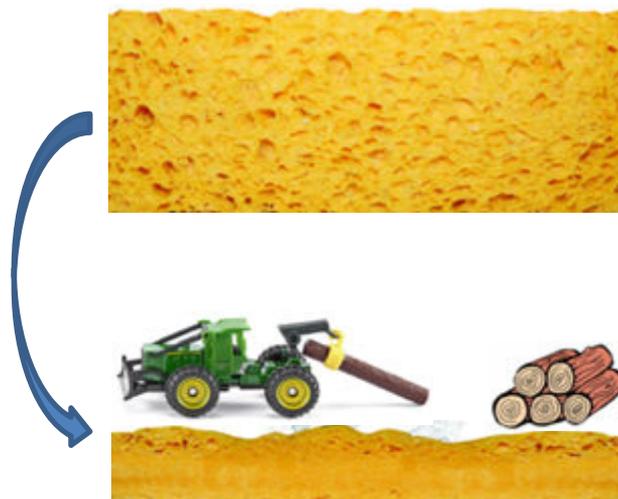
Mésoporosité dépend beaucoup de la texture alors que la macroporosité dépend de la structure



Conséquence des dégradations physiques :

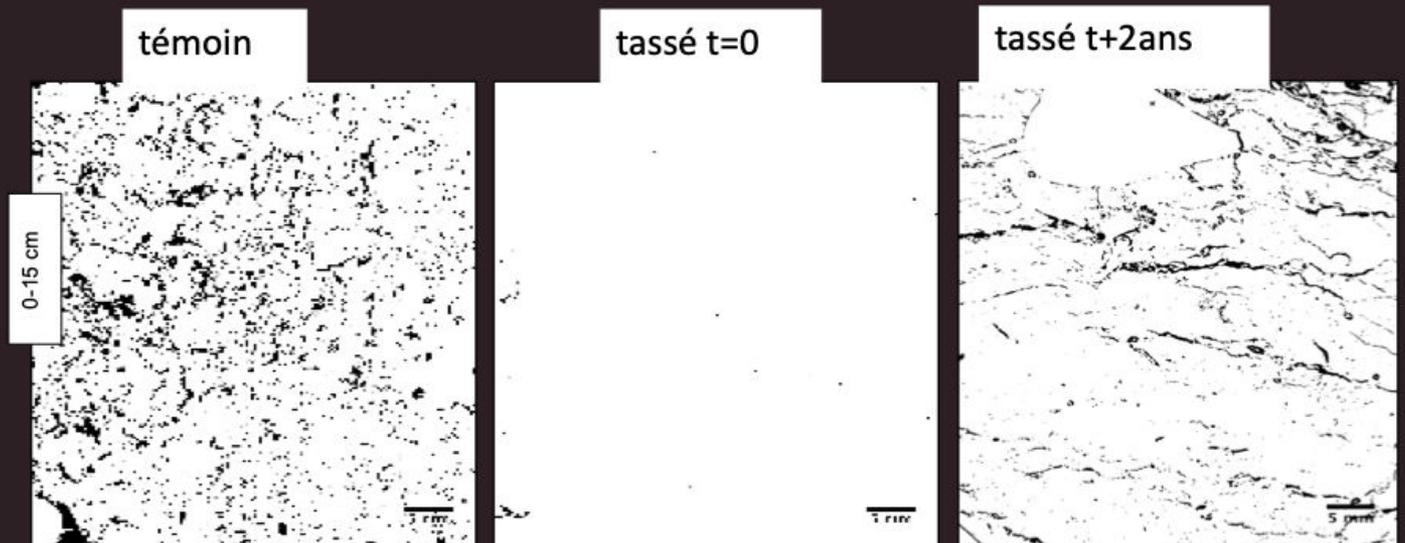
Diminution de la porosité

- Impact sur la circulation de l'eau et de l'air (macro et micro porosité → réduction de l'activité biologique et de la production de truffes)
- Obstacle physique à l'enracinement
- Croissance racinaire impactée
- Peut aller jusqu'à la mort de l'arbre



Effets du tassement sur la porosité

- Danger pour la structure : le tassement
Évolution de la porosité sous l'influence de tassement
Site de suivi à long terme des effets du tassement d'Azerailles (54)



N. Bottinelli (2012)

Analyse d'image sur lames minces de sol (porosité en noir)



Effets du tassement sur le développement racinaire

- Danger pour la structure : le tassement
Effet du tassement sur la végétation



Systèmes racinaires de chênes sessiles

N. Bottinelli et B. Fatré (2011)



Importance de l'antécédent culturel

En contexte de pâturage



Table 1. Comparative weight, foot area and static pressure

Mass (kg)	Total foot area (cm ²)	Static pressure (kPa)	Reference
<i>Sheep</i>			
54	84	64	Lull (1959)
43	63	69	Ssemakula (1983)
		83	Willatt and Pullar (1983)
40-55	84	48-65	Noble and Tongway (1986)
48,1	77	68,1	

Marque	Kubota
Modèle	U27-4
Poids	2665 kg
Pression statique	24,7 Kpa

<http://www.kubota-eu.com>

x 2,8

Australian Journal of Experimental Agriculture, 2001, 41, 1231-1250



Réussir son travail du sol avant plantation

Points de vigilance

- Effet opérateur
- Teneur en eau du sol au moment de la réalisation de la préparation mécanisée
- « Etat » du sol
- Choix du porte outil et de l'outil



Le régime hydrique

Définition: variations de teneur en eau du sol au cours de l'année

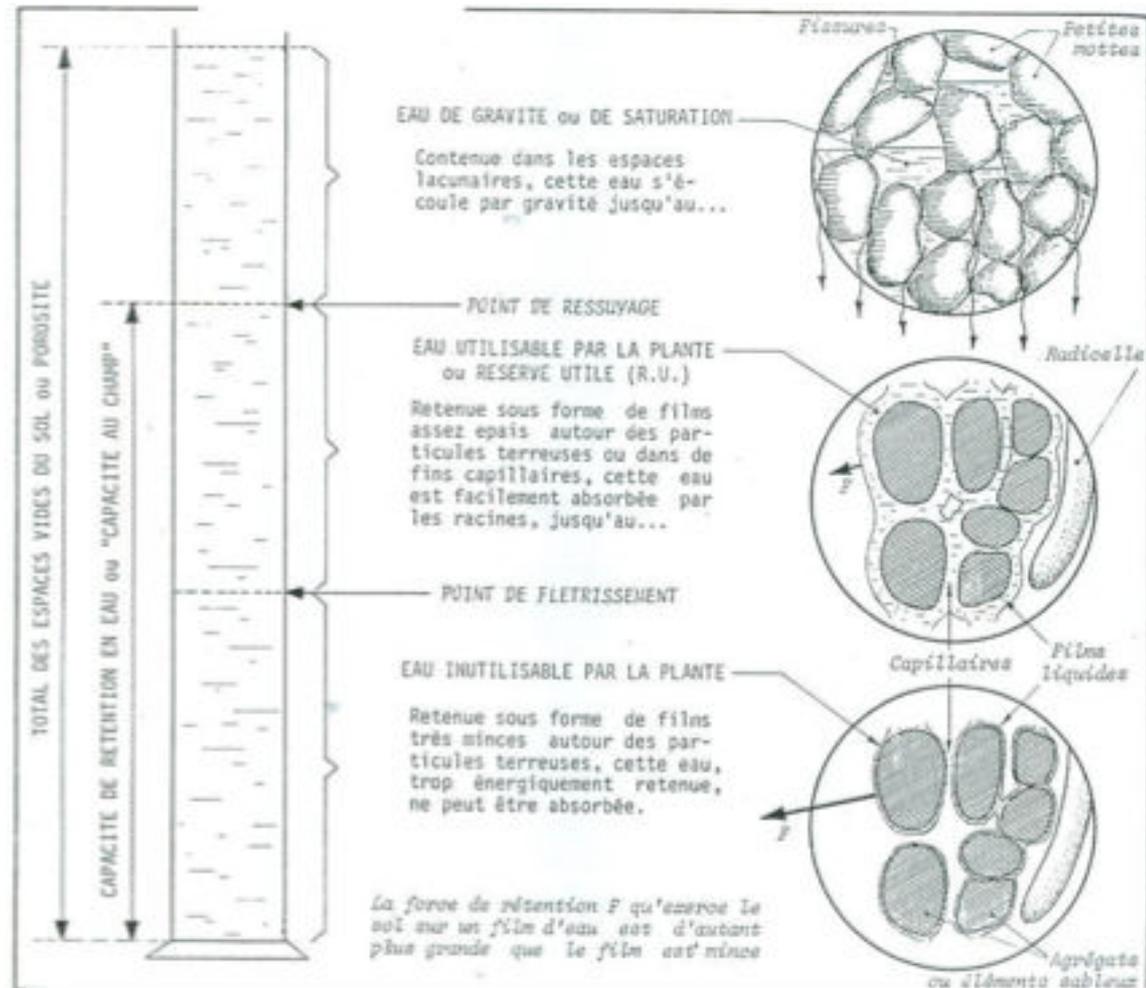
Le régime hydrique d'un sol dépend directement des trois propriétés suivantes:

- la texture qui détermine les forces de rétention de l'eau;
- la structure qui influence la circulation de l'eau;
- la porosité qui définit le volume du réservoir hydrique.

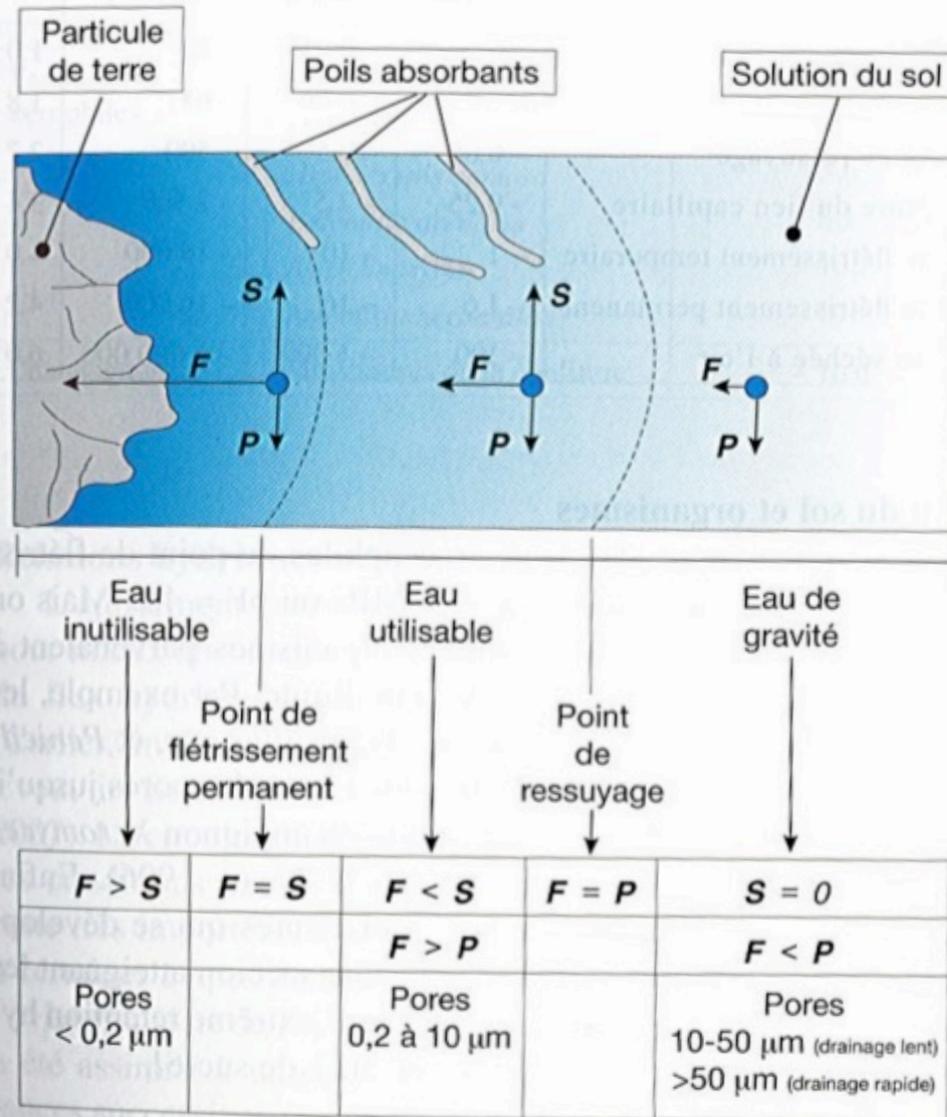
Etats de l'eau dans le sol:

- **l'eau de gravité:** remplit les macropores et s'écoule par gravitation jusqu'au point de ressuyage;
- **l'eau utilisable (ou réserve utile):** remplit les mésopores, les racines l'absorbent jusqu'au point de flétrissement qui est atteint lorsque la force de rétention de l'eau par le sol égale la force de succion maximum exercée par la plante;
- **l'eau inutilisable.**

Les trois états de l'eau dans le sol



Les forces d'exerçant sur l'eau du sol



Qui gagne, de P , F ou S ?

Fig. 3.7 Forces s'exerçant sur l'eau du sol. Les catégories d'eau sont délimitées par les rapports entre la gravité (P), la rétention du sol (F) et la succion des plantes (S); (d'après Soltner, 2005). Explications dans le texte. Selon certains auteurs, comme Mückenhausen (1985), l'eau comprise dans les pores de 10 à 50 μm est partiellement utile aux plantes grâce à son drainage lent. D'autre part, les limites entre les catégories d'eau et celles de la porosité ne coïncident pas exactement en raison notamment de l'hétérogénéité des formes porales ou de la connectivité des vides.

Le potentiel matriciel: force nécessaire pour extraire l'eau du sol

Etat de l'eau ou limite	Force F (MPa)	Force F (bars)	Force F (g/cm ²)	pF
Saturation maximale	-0,001	-0,01	-10	1,0
Capacité au champ	-0,006	-0,06	-63	1,8
Point de ressuyage	-0,05	-0,5	-500	2,7
Rupture du lien capillaire	-0,25	-2,5	-2 500	3,4
Pt de flétrissement temporaire	-1	-10	-10 000	4,0
Pt de flétrissement permanent	-1,6	-16	-16 000	4,2
Terre séchée à l'air	-100	-1 000	-1 000 000	6,0

Relation entre teneur en eau et pF à différentes textures

LES PROPRIÉTÉS DU SOL

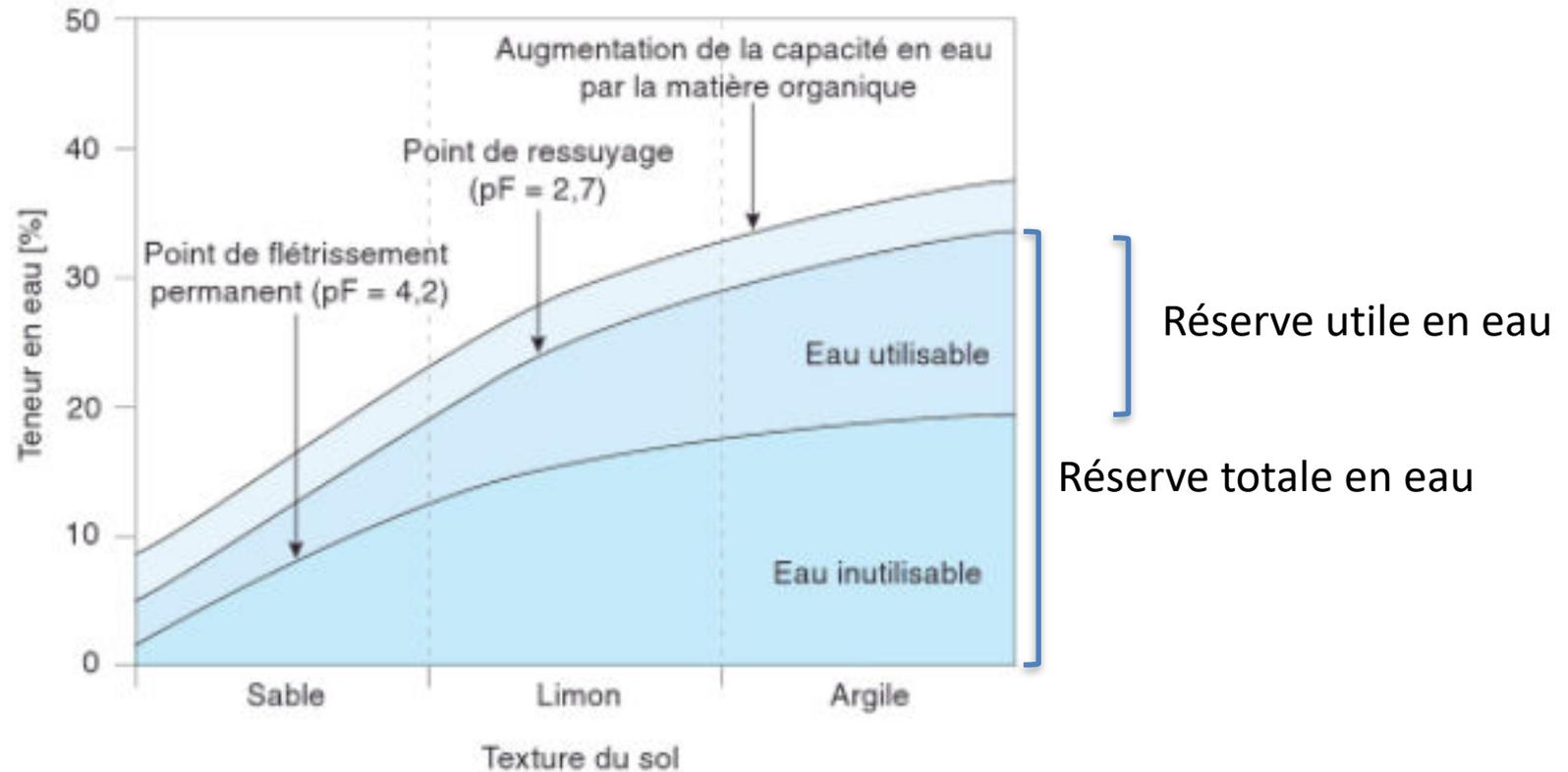


Fig. 3.12 Relation entre la teneur en eau et le pF à différentes textures. Noter l'augmentation de la capacité en eau en présence de matière organique (d'après Soltner, 2005).

D'après « Le sol vivant » Gobat et al. 2010

Mesure du potentiel hydrique

Sonde tensiometrique



Maxi pF 2,7 (600 mbar)

Watermark



Maxi pF 3,3 (2 bar)

Sonde à plâtre Sonde TEROS21



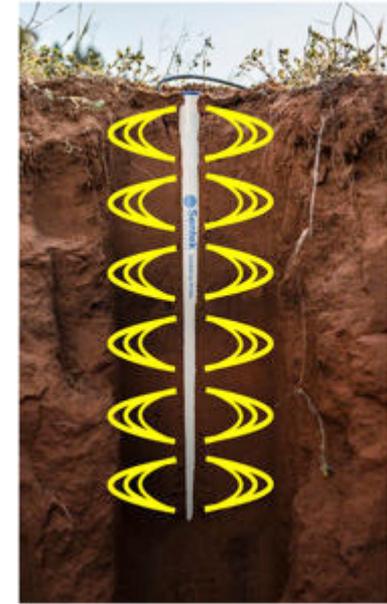
Lecture de pF 2 à 4,2 (16 bar)



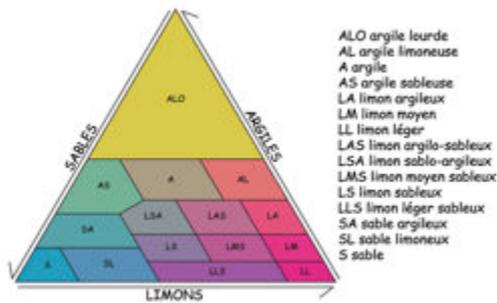
Attention à la gamme de lecture !!!

Mesure du % d'eau dans le sol

mm d'eau ou %



Attention cela ne reflète pas la disponibilité de l'eau !!!



A retenir

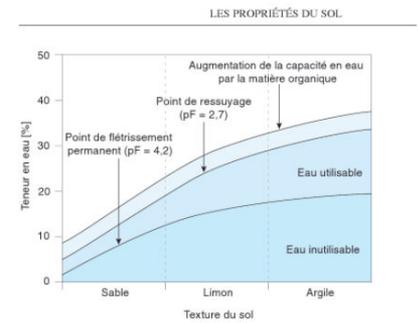


Fig. 3.12 Relation entre la teneur en eau et le pF à différentes textures. Notez l'augmentation de la capacité en eau en présence de matière organique (d'après Soltnner, 2005).

- Il y a 3 types d'eau dans le sol: l' eau gravitaire, l'eau utilisable et l'eau non utilisable
- La texture, la structure et la porosité sont importants pour l'eau du sol
- Le % d'eau dans le sol ne reflète en rien la disponibilité de l'eau dans le sol
- Le pF mesure le potentiel hydrique et reflète la disponibilité de l'eau dans le sol
- L'eau disponible est comprise entre pF 2 (capacité au champ) et pF 4,2 (point de flétrissement)
- Attention à la gamme de lecture des différentes sondes mesurant le potentiel hydrique

Plan



1. Le sol et l'eau dans le sol
2. Relation entre la truffe et le climat
3. L'arrosage des truffières

Que sont les truffes?

Cesalpino (1583): les truffes sont des champignons



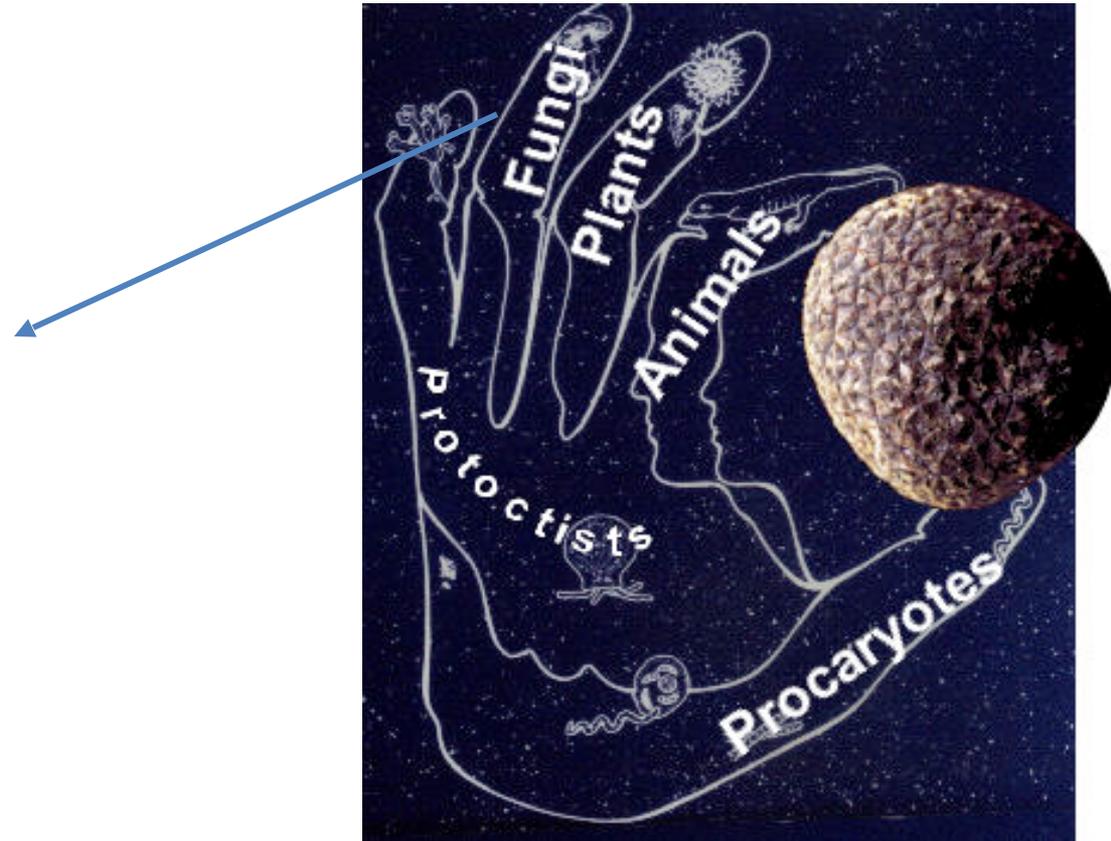
Champignons ascomycètes formant des associations symbiotiques ectomycorhiziennes avec des arbres et arbustes

Classe: Ascomycètes

Ordre: Pezizales

Famille: Tuberaceae

Genre: *Tuber*



Combien existe t'il d'espèces de truffes?

~ 180 espèces de truffes dans le monde

Truffe noire du Périgord



Tuber melanosporum

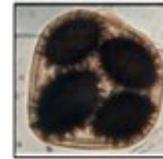


500-1000 €/Kg

Truffe noire de Chine



Tuber indicum

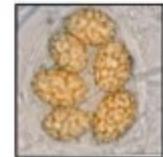


50-100 €/Kg

Truffe d'été et d'automne



Tuber aestivum



300-600 €/Kg

Truffe blanche du Piémont

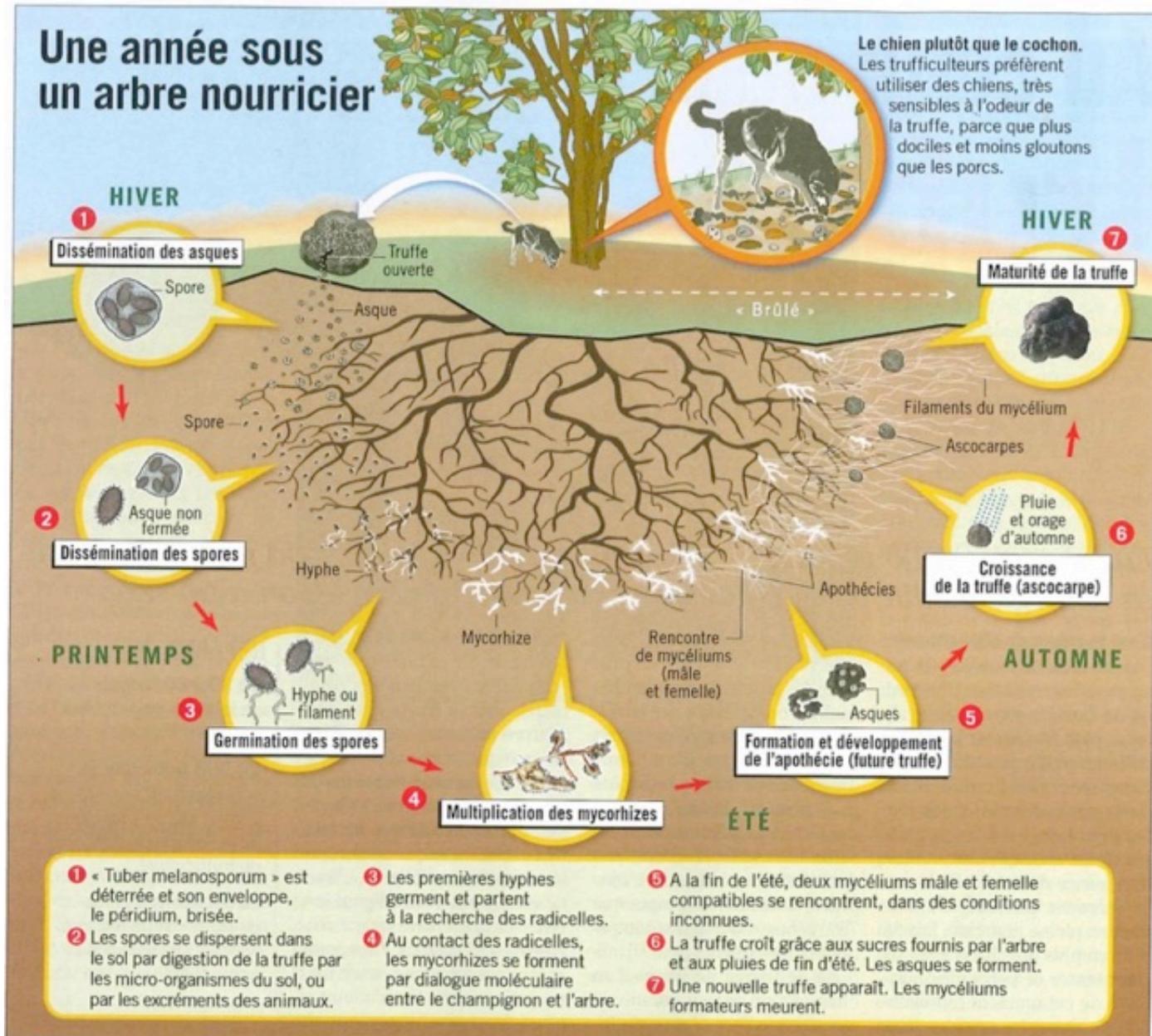


Tuber magnatum



2000-6000 €/Kg

Le cycle biologique de la truffe noire



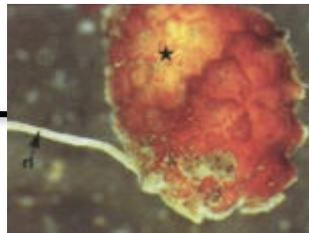
Processus de production de truffes noires



Plantation



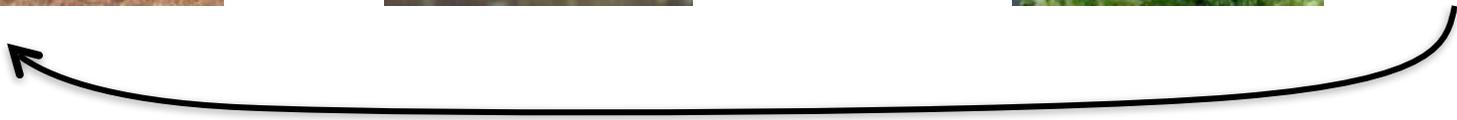
Verrou 1: initiation de la reproduction sexuée



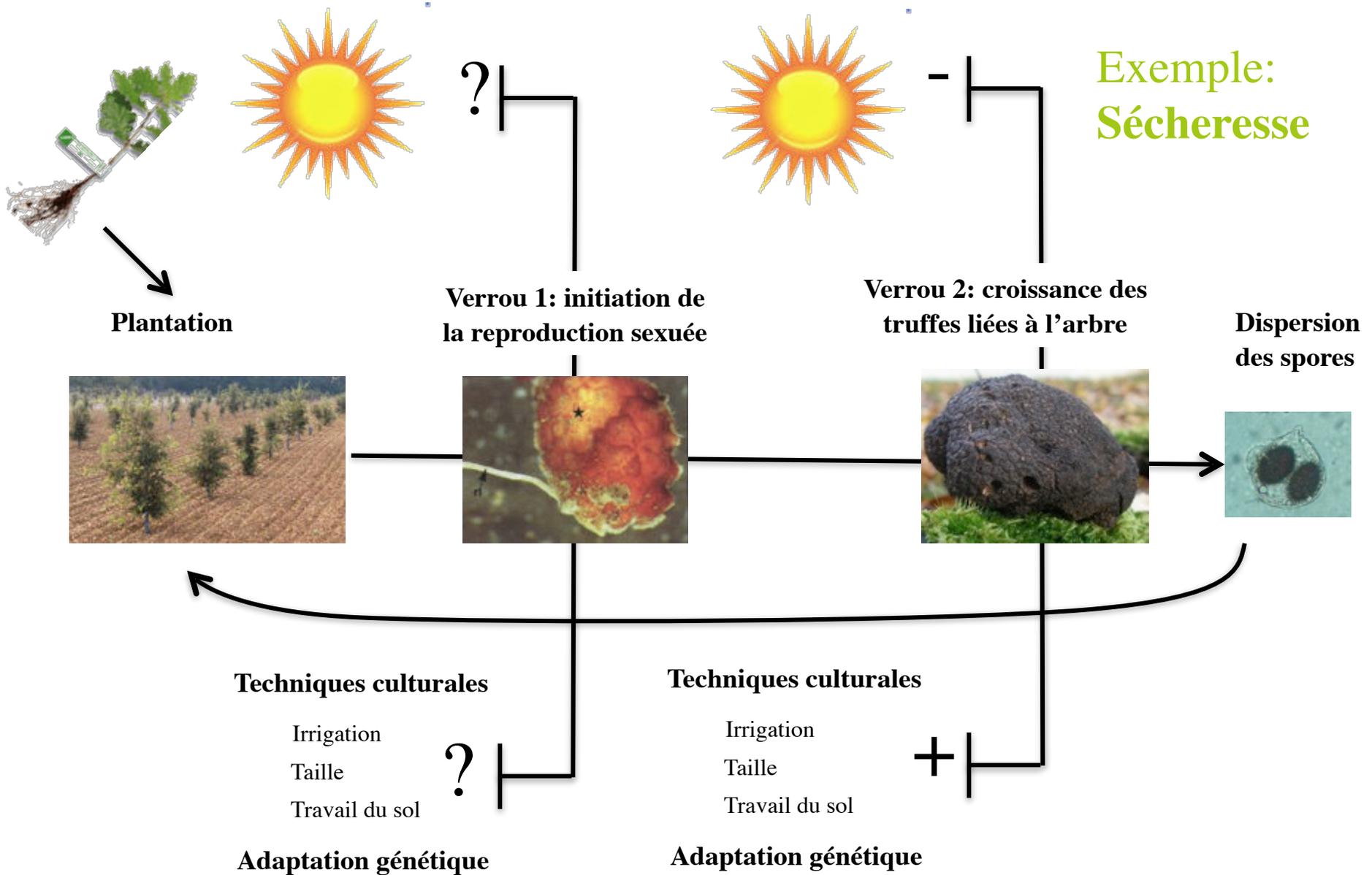
Verrou 2: croissance des truffes liées à l'arbre



Dispersion des spores

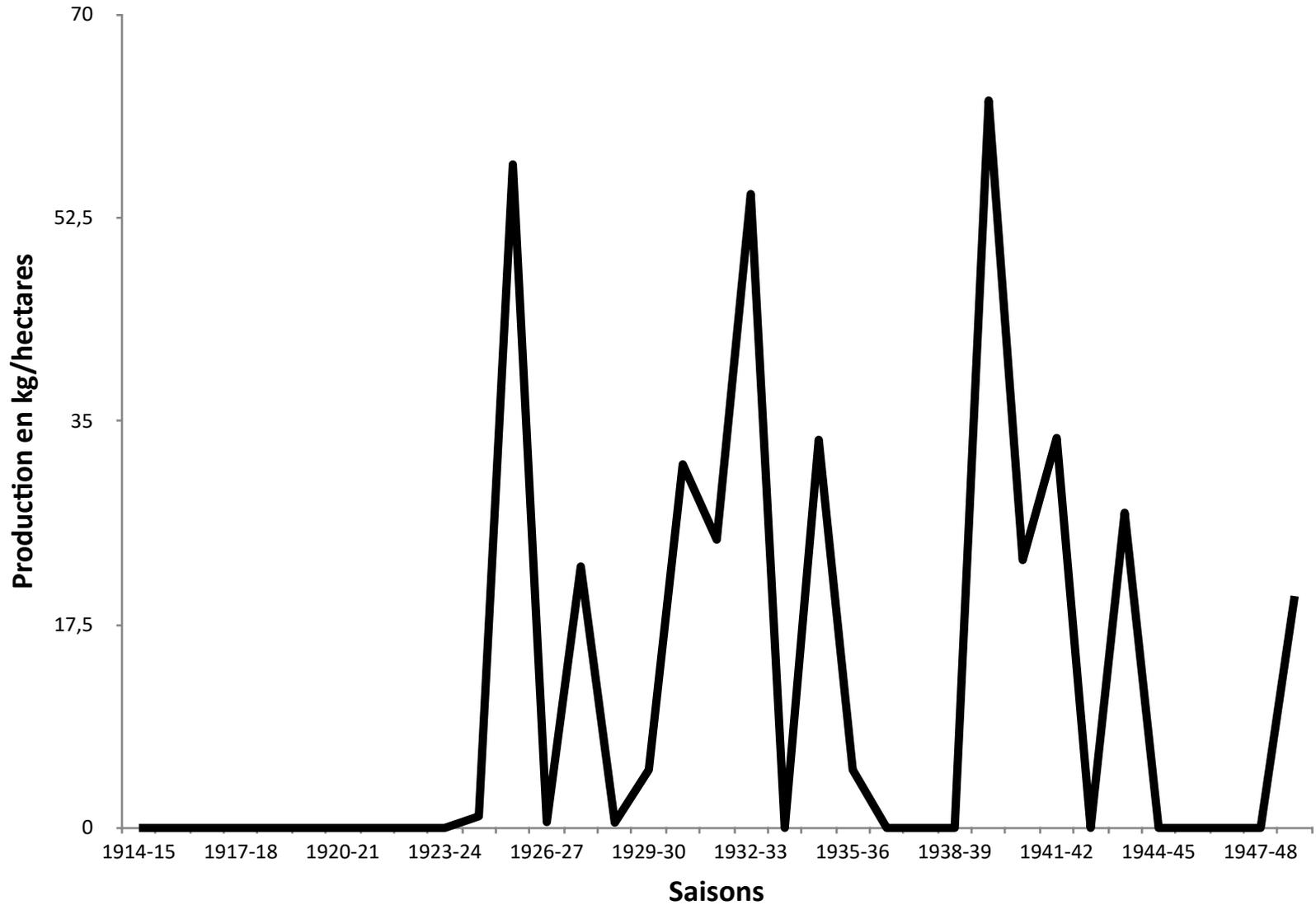


Processus de production de truffes noires



Truffière de Jean-Baptiste et Albert Gravier à Pernes-les Fontaines

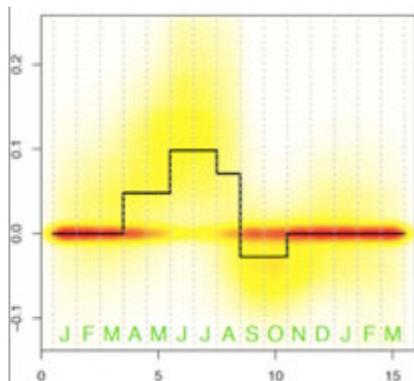
Sans arrosage importantes variations d'une saison à l'autre de la production



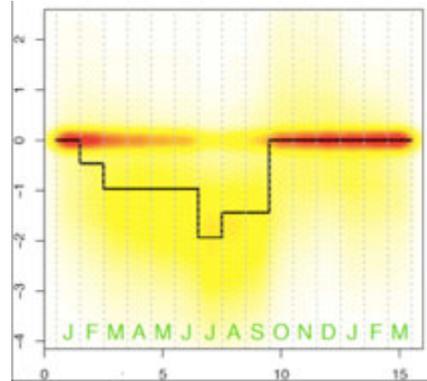
Le lien entre le climat et la production de truffes

- Effet positif de la pluviométrie en été mais négatif en septembre/octobre sur la production
- Effet négatif des hautes températures de l'air sur la production

Pluviométrie



Température



Analyse bayésienne BLISS

Mycorrhiza
<https://doi.org/10.1007/s00572-018-0877-1>

ORIGINAL ARTICLE

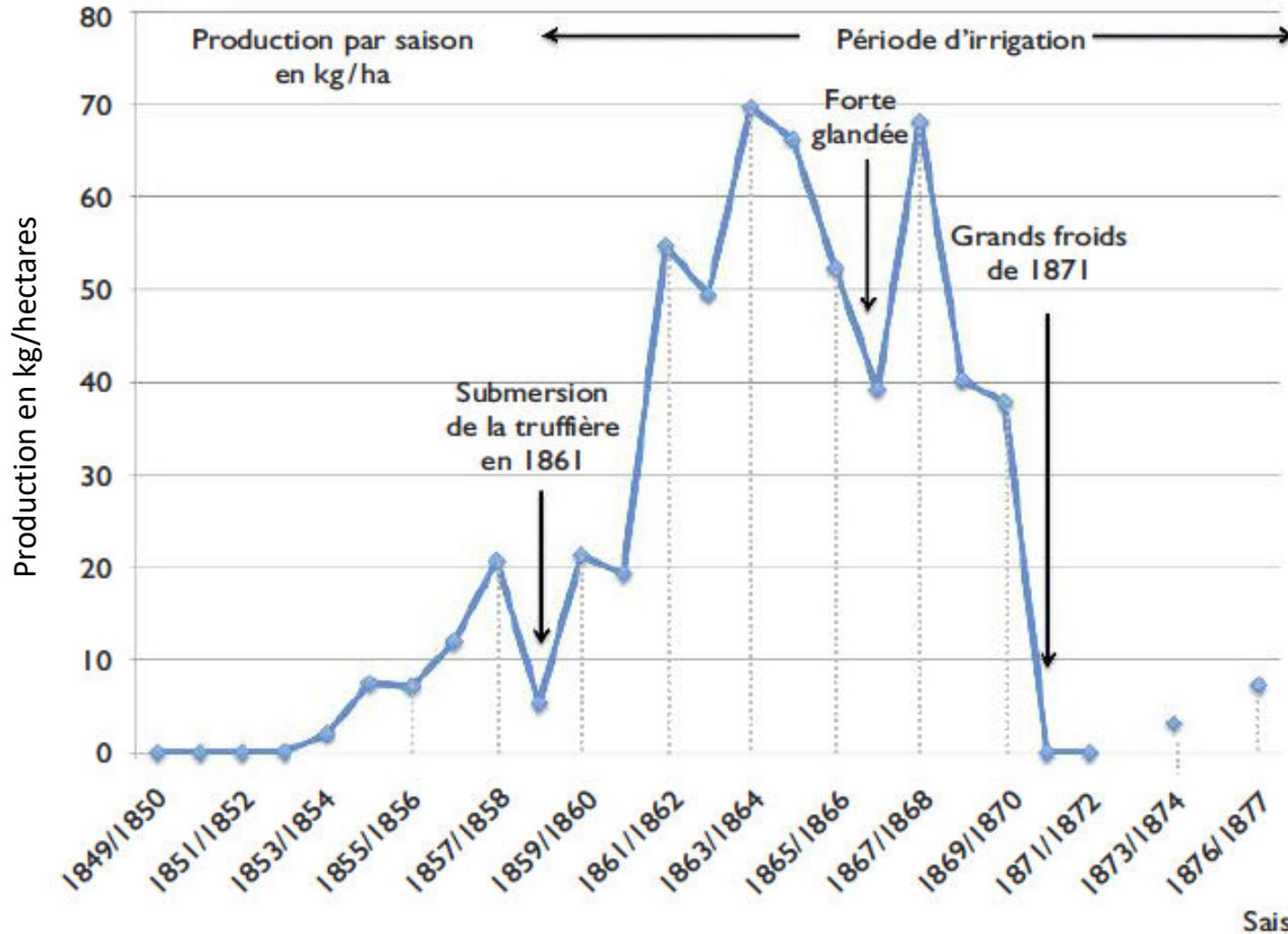


Influence of annual climatic variations, climate changes, and sociological factors on the production of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.) from 1903–1904 to 1988–1989 in the Vaucluse (France)

Meili Baragatti¹ & Paul-Marie Grollemund^{1,2} & Pierre Montpied³ & Jean-Luc Dupouey³ & Joël Gravier⁴ & Claude Murat⁵ & François Le Tacon⁵

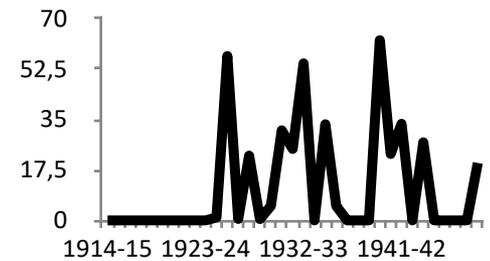
Truffière d' Auguste Rousseau au puit du plan (Vaucluse)

Avec arrosage moins de variations annuelles



D'après Le Tacon 2017

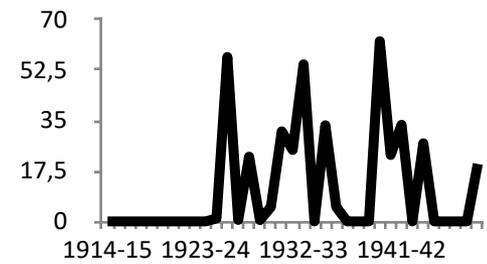
A retenir



Pour *Tuber melanosporum*

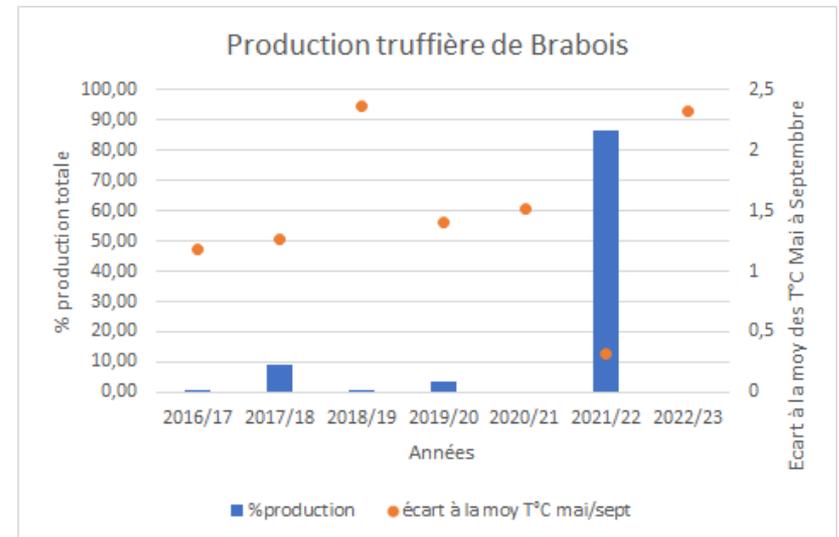
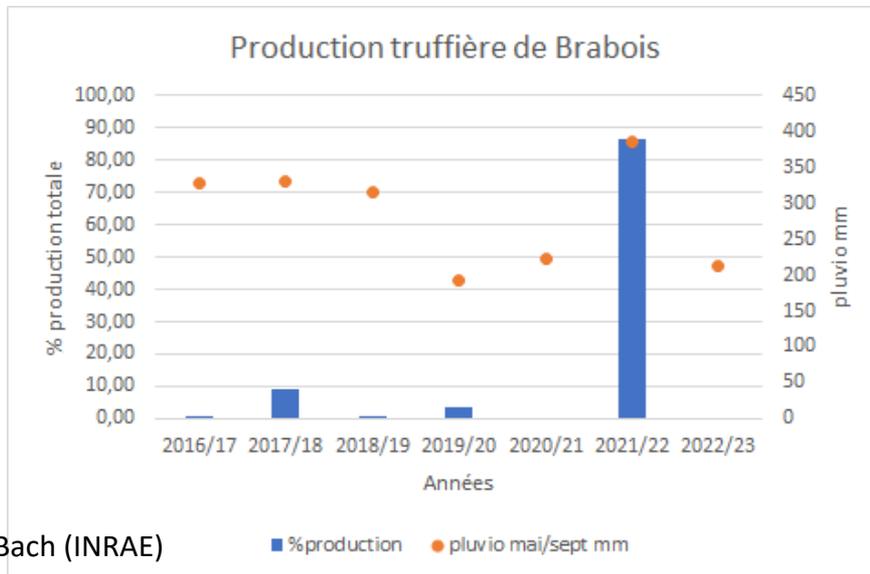
- Le climat influence la production de truffe
- Le déficit hydrique estival est le principal facteur qui influence la production de truffes
- Un excès d'eau en automne est négatif pour la production de truffe
- Des températures trop hautes du printemps jusqu'en automne sont négatives pour la production de truffe

A retenir

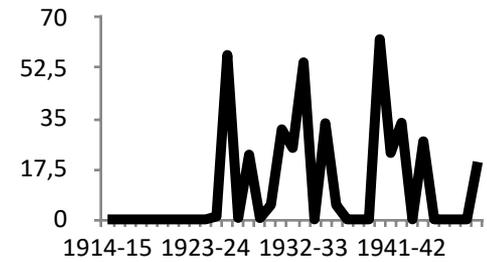


Et pour *T. aestivum*/*T. aestivum* var *uncinatum*?

Steidinger et al 2022: En Suisse et Allemagne la température estivale et la pluviométrie influencent la production. Une augmentation de 1° de la moyenne de température entraîne une baisse de 20 à 70 % de la production et une anomalie de 3° en été entraîne un arrêt de la production



A retenir

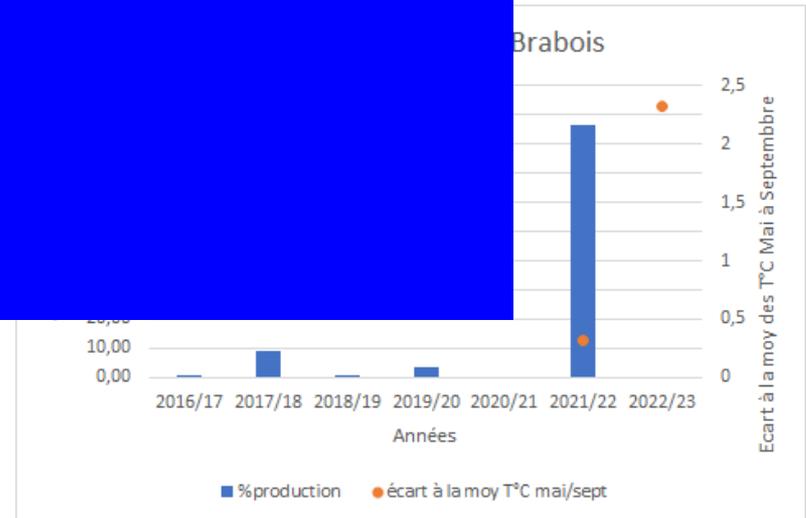
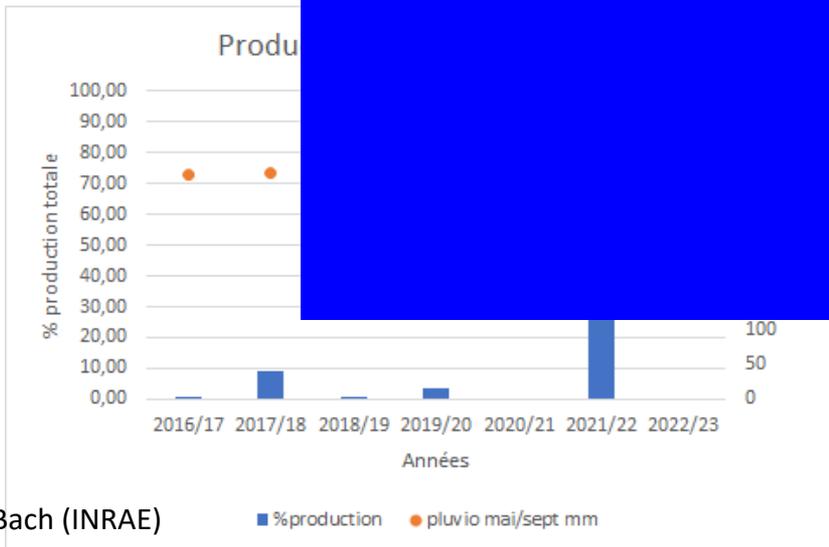


Et pour *T. aestivus*

Steidinger et al 20...
influencent la pro...
une baisse de 20...
production

pluviométrie
température entraîne
entraîne un arrêt de la

Pour aller plus loin il nous faut des données temporelles de production !



Plan



1. Le sol et l'eau dans le sol
2. Relation entre la truffe et le climat
3. L'arrosage des truffières

Comment peut on gérer l'arrosage?

Acta Oecologica
Oecol. Applic., 1982, Vol. 3, n° 4, p. 291-306.

Influence du régime hydrique du sol et de la fertilisation sur la fructification de la truffe noire du Périgord (*Tuber melanosporum* Vitt.) dans le sud-est de la France

F. Le Tacon *, J. Delmas **, R. Gleyze ***, D. Bouchard *

* *Centre National de Recherches forestières, INRA,
Station de Recherches sur les Sols forestiers et la Fertilisation,
Champagnoux, 54280 Seichamps.*

** *Centre de Recherches Agronomiques de Bordeaux,
Station de Recherches sur les Champignons, INRA,
Domaine de la Grande-Ferrade, 33140 Pont-de-la-Maye.*

*** *27, avenue Meynard, 84600 Valréas.*

Comment peut on gérer l'arrosage?

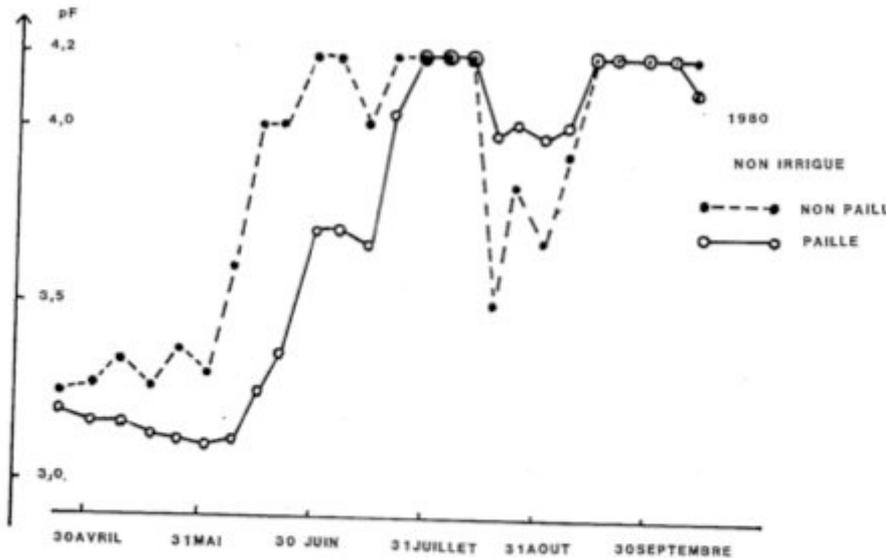


FIG. 6. — Évolution du profil hydrique du sol dans les 10 premiers centimètres en l'absence d'irrigation du 1^{er} mai 1980 au 13 octobre 1980 (pF = logarithme du potentiel matriciel exprimé en g/cm³).

Vol. 3, n° 4 - 1982

300

F. LE TACON, J. DELMAS, R. GLEYZE, D. BOUCHARD

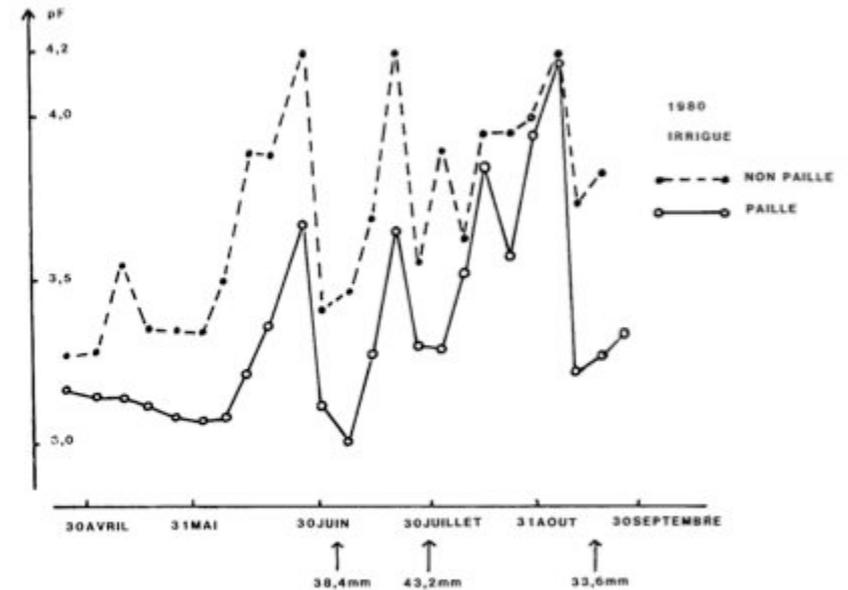


FIG. 7. — Évolution du profil hydrique du sol dans les 10 premiers centimètres, avec irrigation, du 1^{er} mai 1980 au 13 octobre 1980 (pF = logarithme du potentiel matriciel exprimé en g/cm³); apports d'eau par irrigation exprimés en millimètres.



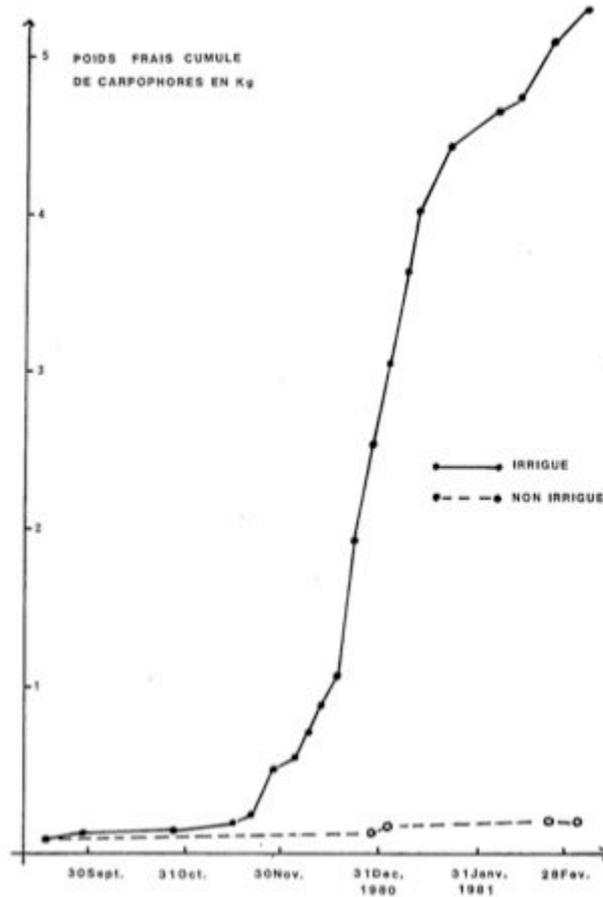
Sondes à plâtre

Maintien du pF < 4

Comment peut on gérer l'arrosage ?

FRUCTIFICATION DE LA TRUFFE NOIRE DU PÉRIGORD

303



Production augmentée de 17 à 40 fois

FIG. 9. — Récolte 1980-1981 : Poids frais cumulé de truffes (*Tuber melanosporum* Vitt.) en fonction du temps en zone irriguée et non irriguée.

Maintien du pF < 4

CulturTruf: un projet d'expérimentation nationale (2016-2022)

Michel Tournayre – Fédération Française des Trufficulteurs

Fabrice Lheureux – CTIFL

Claude Murat – INRA

CulturTruf : le programme d'expérimentation financé par FranceAgriMer

Claude Murat¹, Fabrice Lheureux², Michel Tournayre³

En 2015, une proposition d'expérimentation nationale a été construite conjointement entre la Fédération française des Trufficulteurs (FFT), l'INRA et le CTIFL pour répondre à l'appel d'offres "expérimentation" de FranceAgriMer. Pour rappel, FranceAgriMer est l'établissement national des produits de l'agriculture et de la mer exerçant ses missions pour le compte de l'État, en lien avec le ministère de l'Agriculture. Cet établissement a comme principales missions de favoriser la concertation au sein des filières agricoles, d'assurer la connaissance et l'organisation des marchés et de gérer les aides publiques nationales et communau-

taires. Le projet qui a été soumis s'intitule CulturTruf ("Effet des techniques culturales sur le bilan hydrique des truffières et le cycle biologique des truffes") et associe les régions trufficoles françaises et leurs techniciens, aux organismes nationaux que sont la FFT, l'INRA et le CTIFL. Après des évaluations très positives, nous avons eu le soutien financier de FranceAgriMer. Il est important de noter que seul 50 % des projets nationaux soumis ont été financés, ce qui met en avant l'importance de la filière trufficole pour FranceAgriMer qui reconnaît la qualité du travail effectué depuis de nombreuses années dans le réseau d'ex-

perimentation. Les objectifs du projet CulturTruf sont de comprendre comment évolue le bilan hydrique des truffières et le cycle biologique des truffes dans différentes truffières de *T. melanosporum*, *T. aestivum* et *T. aestivum* var. *uncinatum* en fonction d'itinéraires techniques adaptés à différents climats. Un site naturel de production de *T. magnatum* du Sud-Est de la France sera aussi inclus dans le projet. Dans ce projet, nous travaillerons dans un premier temps sur 12 sites bons producteurs répartis dans les différentes régions trufficoles françaises. Le bilan hydrique sera modélisé grâce à des sondes mesurant l'humidité du sol, des sondes de flux de sèves pour estimer l'évapotranspi-

ration et des relevés météorologiques. Les différentes phases du cycle biologique de ces truffes, comme le développement mycélien des deux types de compatibilité dans le sol, le développement des ectomycorhizes et la formation d'ascocarpes en fonction de l'évolution des conditions climatiques et sous des itinéraires techniques différents, seront mesurés. Nous espérons ainsi mieux comprendre comment se comporte la truffe et le bilan hydrique dans des conditions favorables à la production d'ascocarpes et ainsi identifier des points clés ou une tendance commune. Ceci nous permettra dans la deuxième partie du projet d'optimiser et rationaliser les



Merci à tous les partenaires et surtout aux conseillers régionaux



FranceAgriMer



Merci à tous mes collègues de l'UMR IAM et ...

Et les autres...



Ling



Emilie Mélanie Flora



Pauline



Simone



Cyrille



Yoann

CulturTruf: Effet des techniques culturales sur le regime hydrique des truffières et le cycle biologique des truffes



Objectifs:

- > Déterminer le **pF optimal** ainsi que la **dynamique du mycélium optimal** pour la production de truffes
- > **Optimiser la gestion des truffières** pour maintenir ce régime hydrique et cette dynamique du mycélium

Un réseau de 21 sites expérimentaux mis en place



Sites bleus (2016):
suivi du pF,
température et
dynamique ADN du
sol sous arbres bon
producteurs

Sondes
installées à
12 cm



Sites rouges (2018):
tests de l'effet de
paillages et paillages
sur le pF et la
température



Site PACA1: Aix en Provence



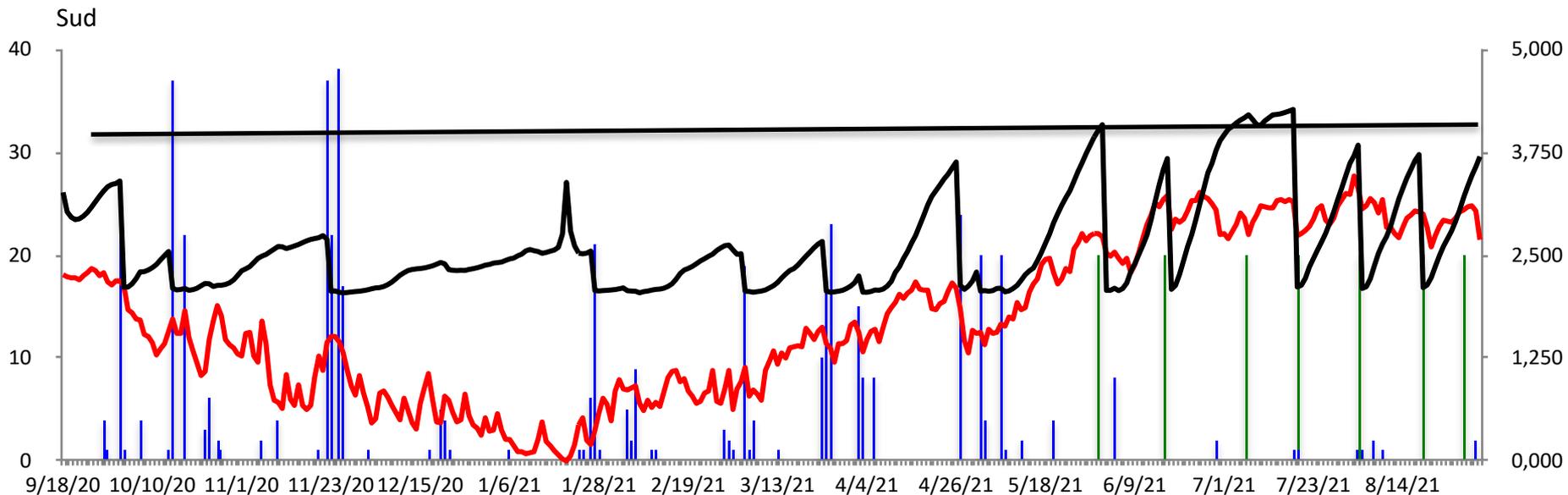
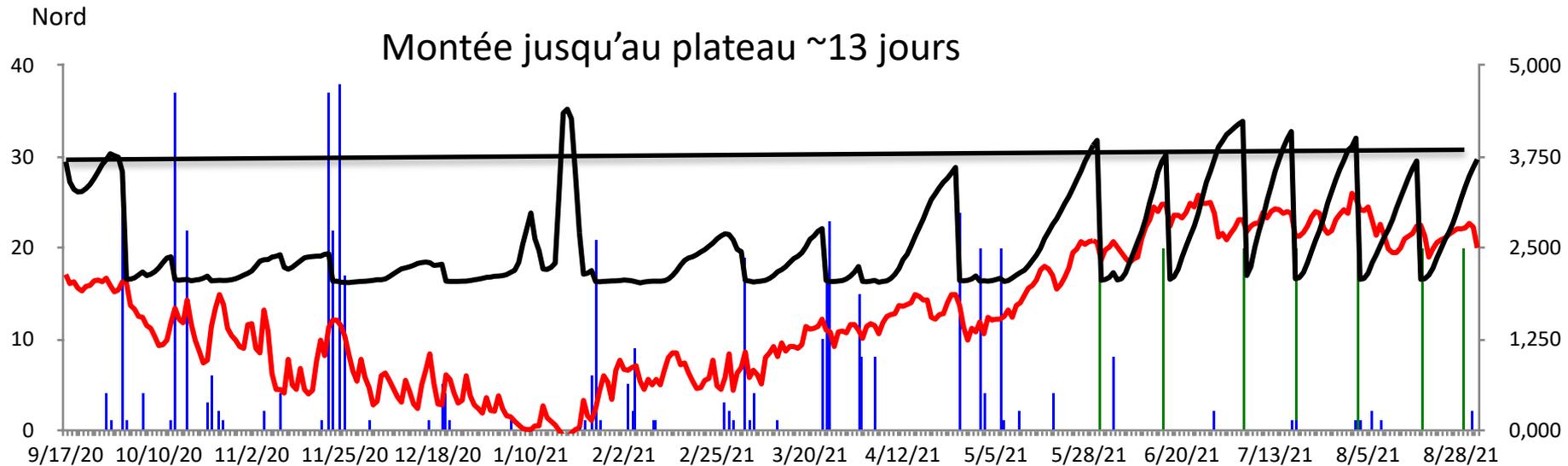
JF Tourette

Tuber melanosporum



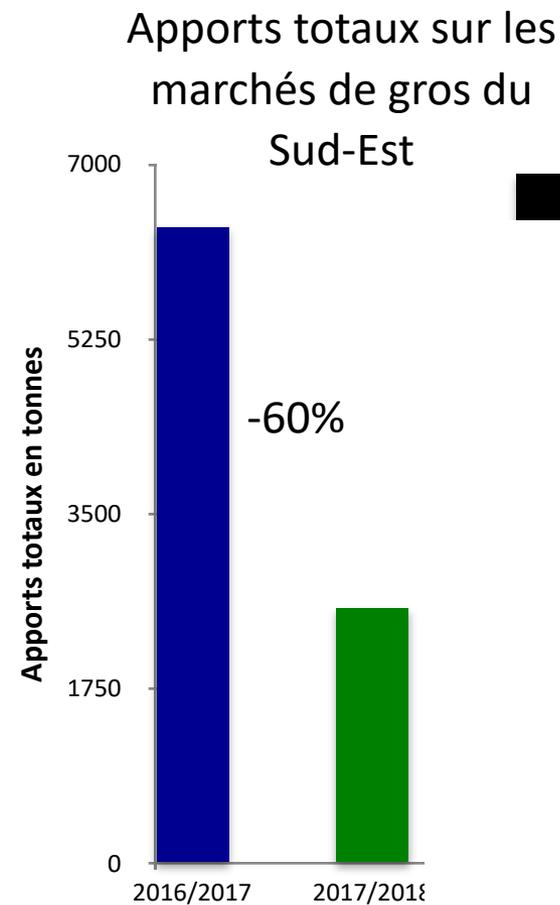
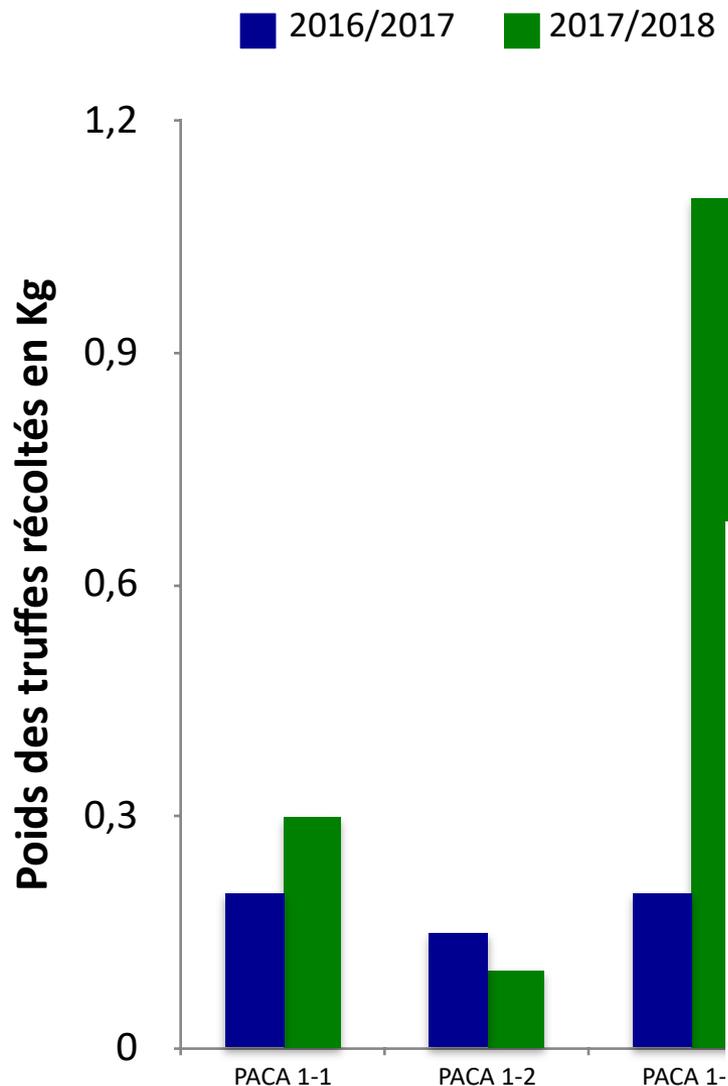
Premiers résultats : Suivi été 2017

PACA1 arbre 1



Premiers résultats : Suivi été 2017

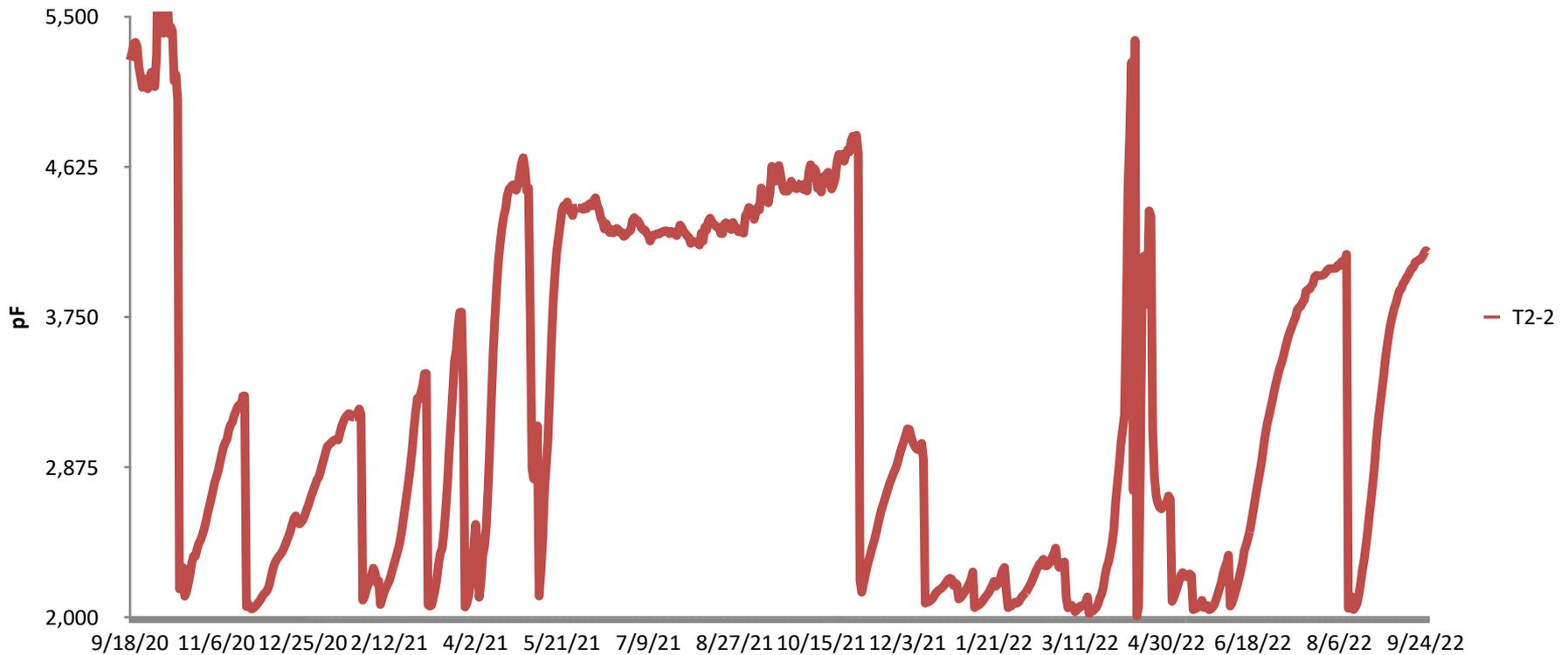
Production 2017/2018 sur le site PACA1



Premiers résultats : Suivi été 2017

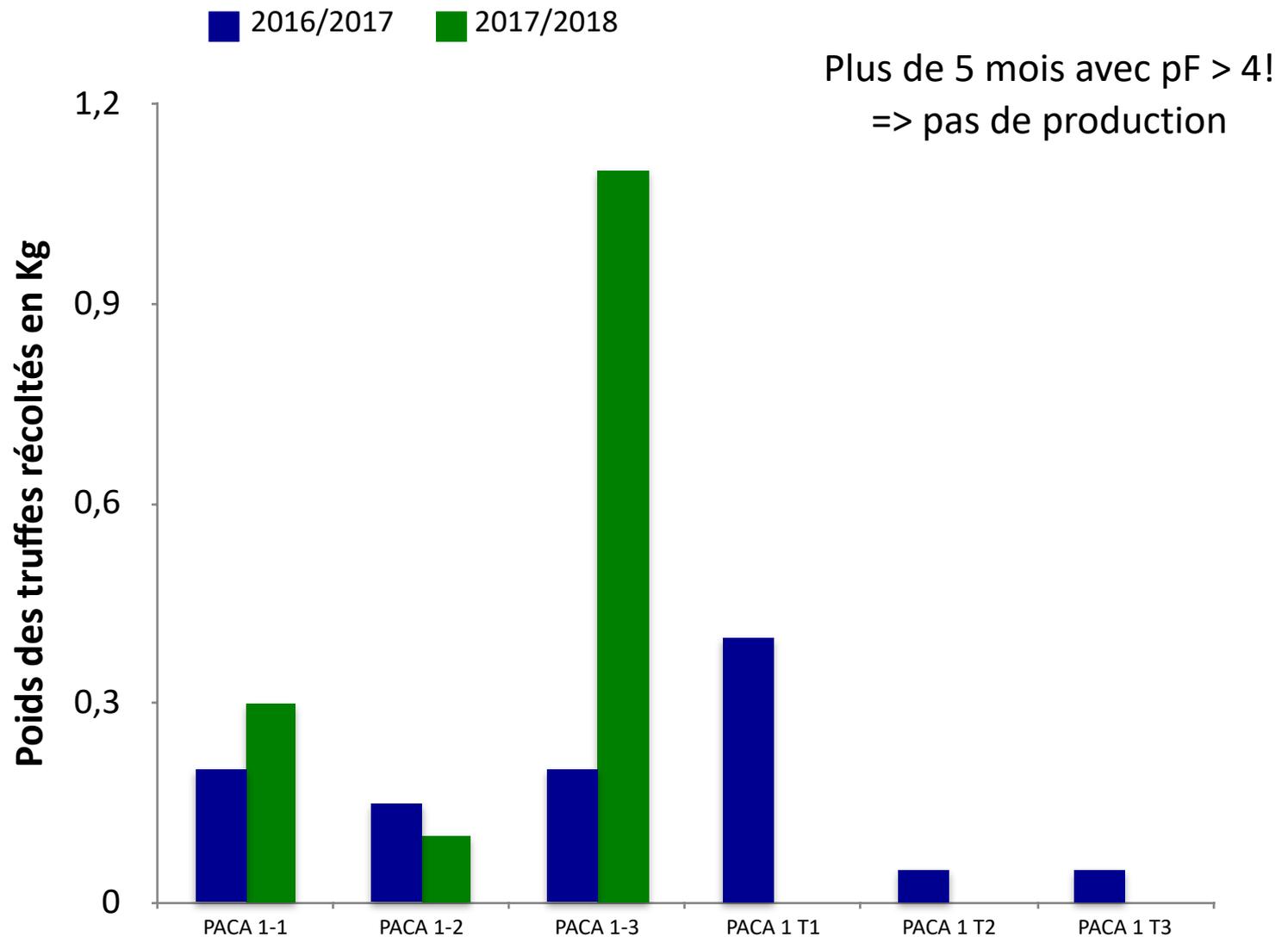
PACA1

Plus de 5 mois avec pF > 4 !



Premiers résultats : Suivi été 2017

Production 2017/2018 sur le site PACA1



Bilan



Le seuil d'arrosage observé pour *Tuber melanosporum* est de pF 4

Avec des paillages ou ombrages on diminue la température du sol et on maintient de l'eau dans le sol

Un réseau de 21 sites expérimentaux mis en place



Sites bleus (2016):
suivi du pF,
température et
dynamique ADN du
sol sous arbres bon
producteurs



Sites rouges (2018):
tests de l'effet de
paillages et paillages
sur le pF et la
température



Le projet d'expérimentation national CulturTruf2 (2019-2022)

Résultats 1: Détermination d'un seuil d'arrosage

Site CA16 (Charente)

Tuber melanosporum



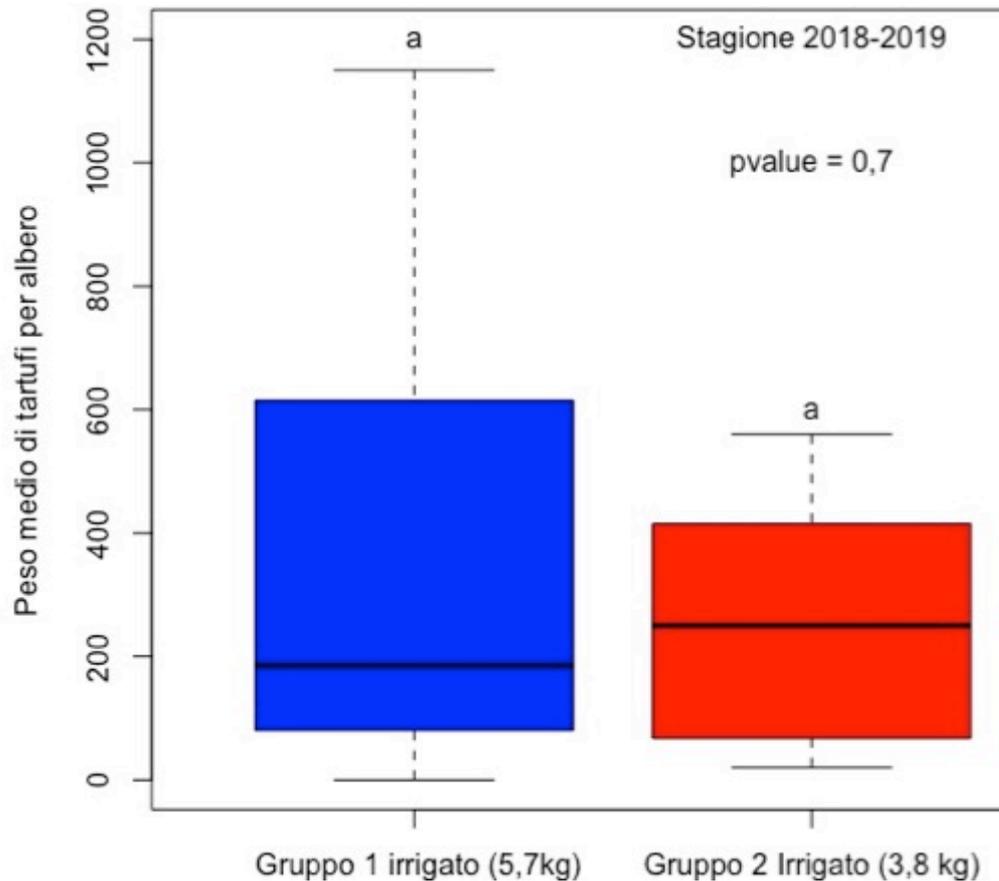
Régis Mesnier

CulturTruf1 et Le Tacon et al (1982): maintenir le pF < 4

Objectif: validation expérimental de ce seuil d'arrosage

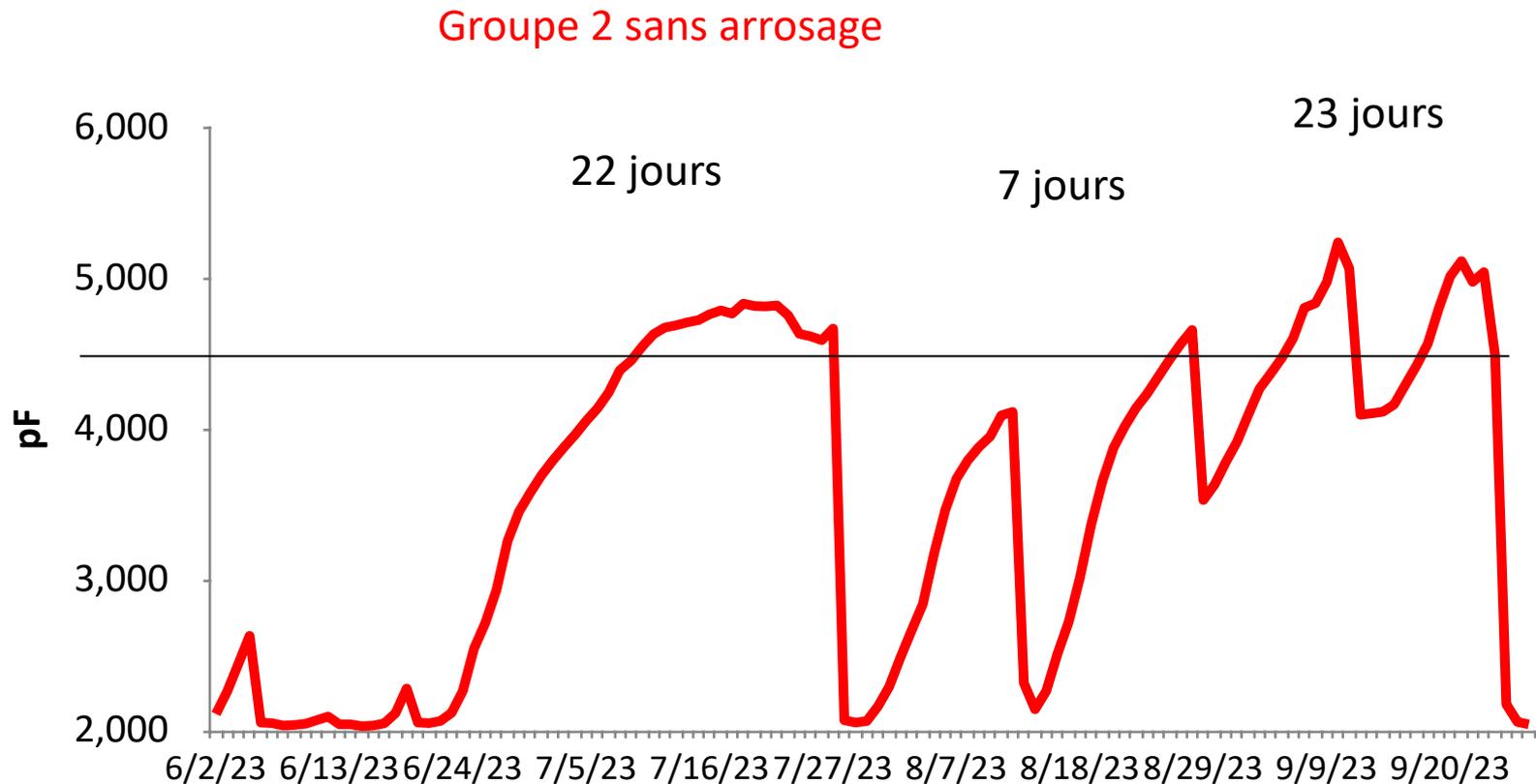
Site CA16-1: validation du seuil de pF

Eté 2019: 15 arbres arrosés à pF 4 (**groupe 1**) e 15 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs (*Quercus ilex* et *Quercus pubescens*)



Site CA16-1: validation du seuil de pF

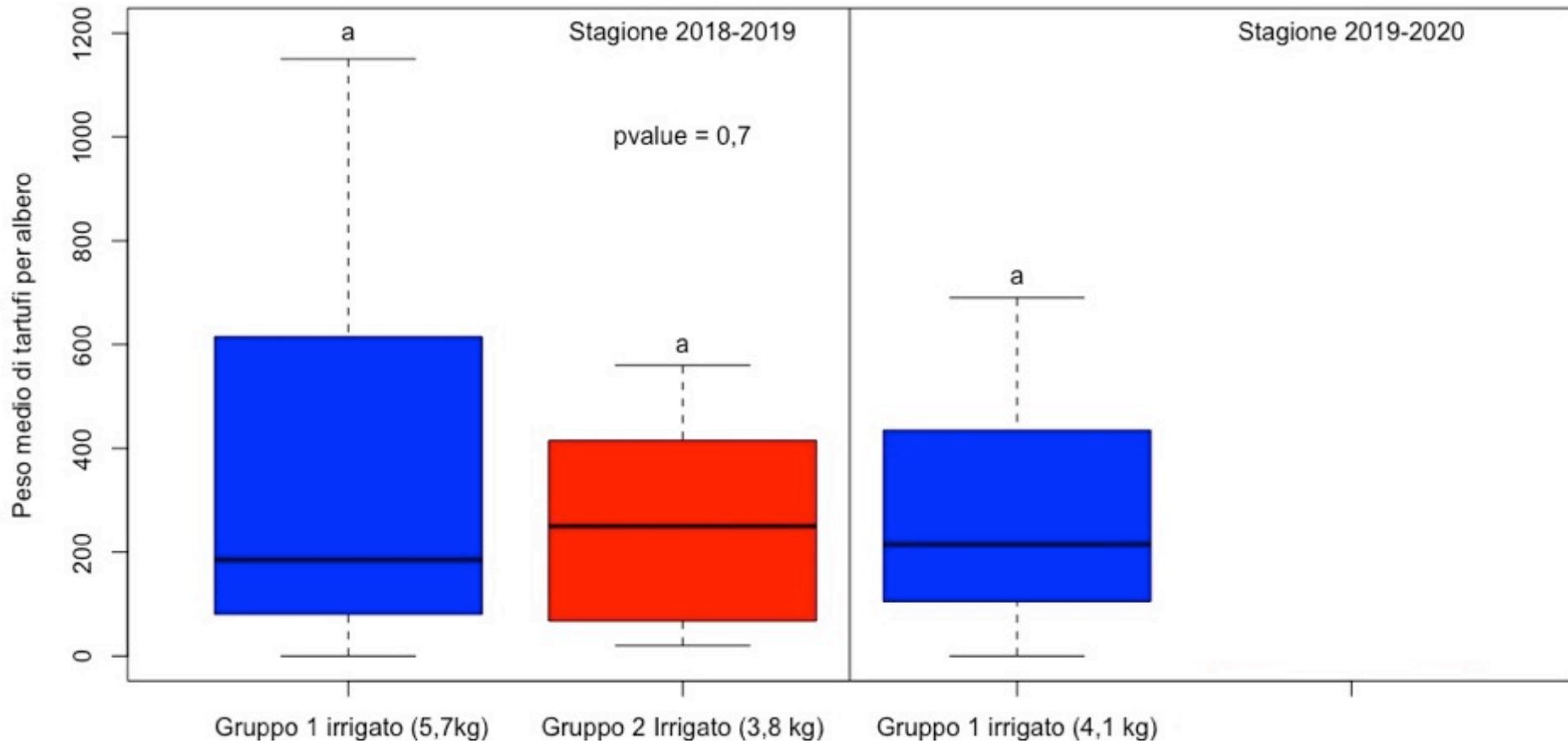
Eté 2019: 15 arbres arrosés à pF 4 (groupe 1) e 15 arbres non arrosés (groupe 2) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs (*Quercus ilex* et *Quercus pubescens*)



9 arrosages pour le groupe 1

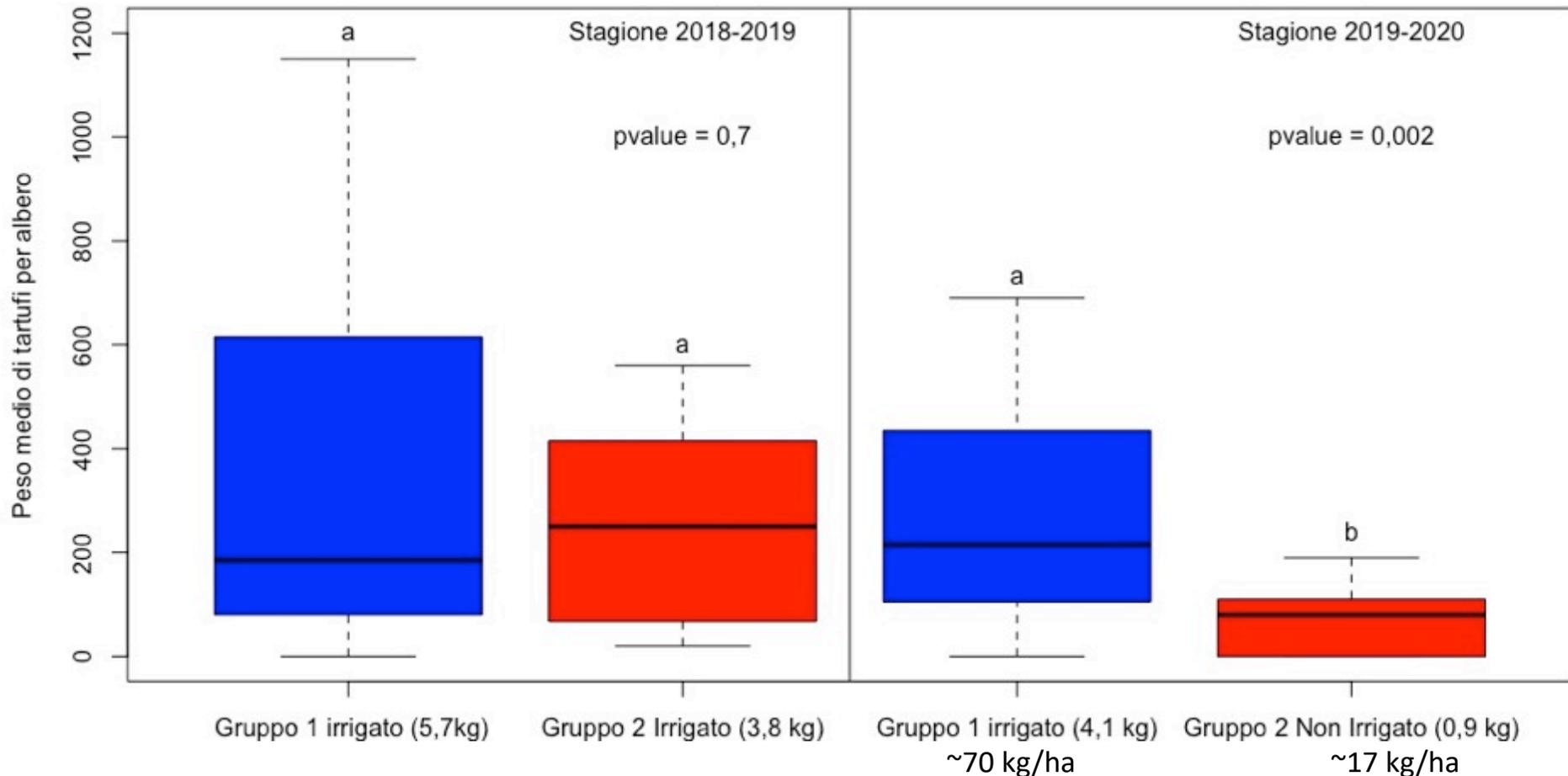
Site CA16-1: validation du seuil de pF

Eté 2019: 15 arbres arrosés à pF 4 (**groupe 1**) e 15 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs (*Quercus ilex* et *Quercus pubescens*)



Site CA16-1: validation du seuil de pF

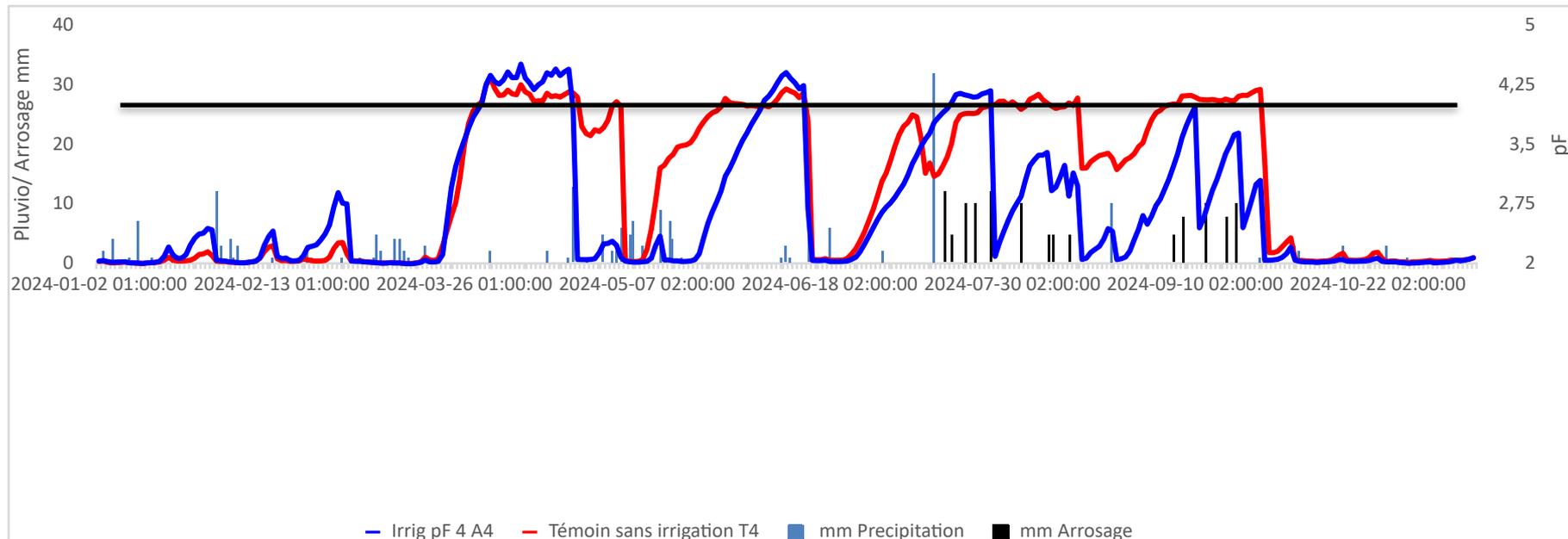
Eté 2019: 15 arbres arrosés à pF 4 (**groupe 1**) e 15 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs (*Quercus ilex* et *Quercus pubescens*)



Le projet d'expérimentation national CulturTruf2 (2019-2022)

Résultats 1: Détermination d'un seuil d'arrosage

Été 2020: 15 arbres arrosés au seuil de pF 4 (**groupe 1**) et 15 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs du site

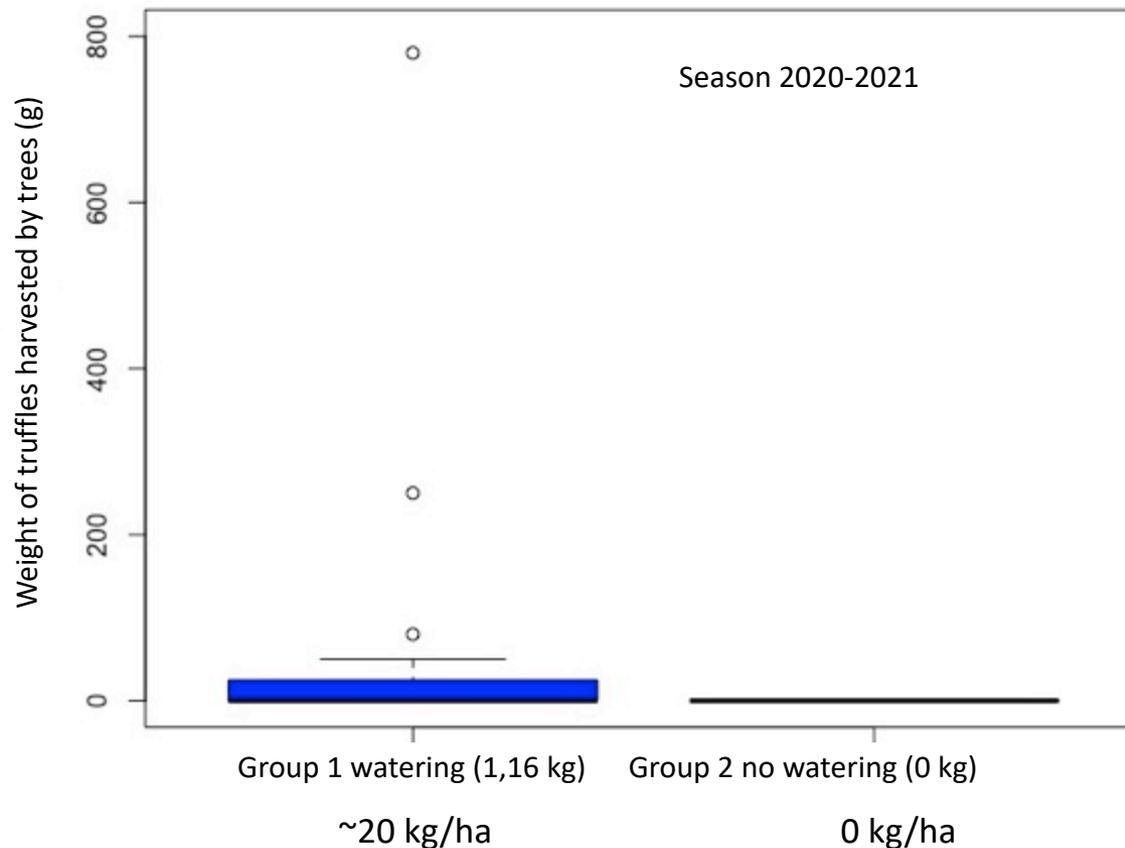


Stress hydrique en avril/mai sans arrosage

Le projet d'expérimentation national CulturTruf2 (2019-2022)

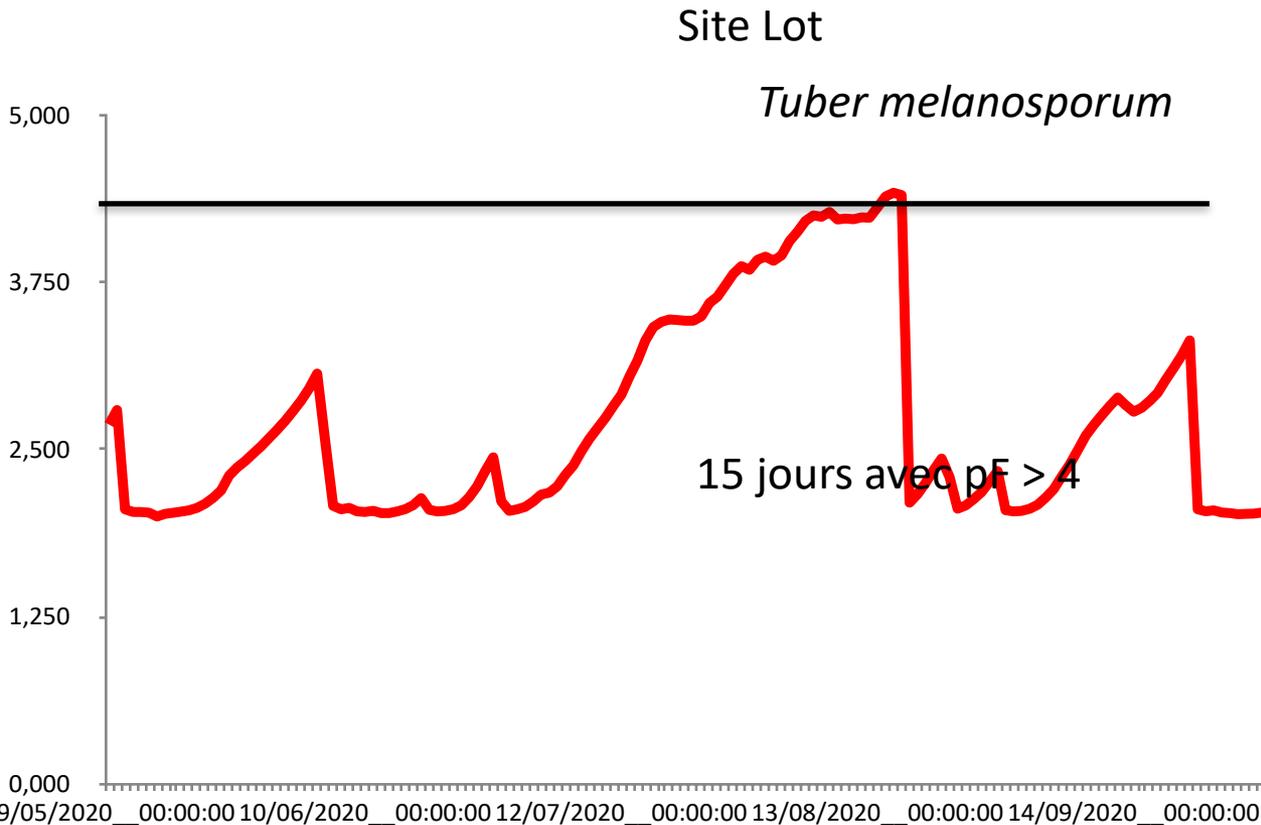
Résultats 1: Détermination d'un seuil d'arrosage

Eté 2020: 15 arbres arrosés au seuil de pF 4 (**groupe 1**) et 15 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs du site



Le projet d'expérimentation national CulturTruf2 (2019-2022)

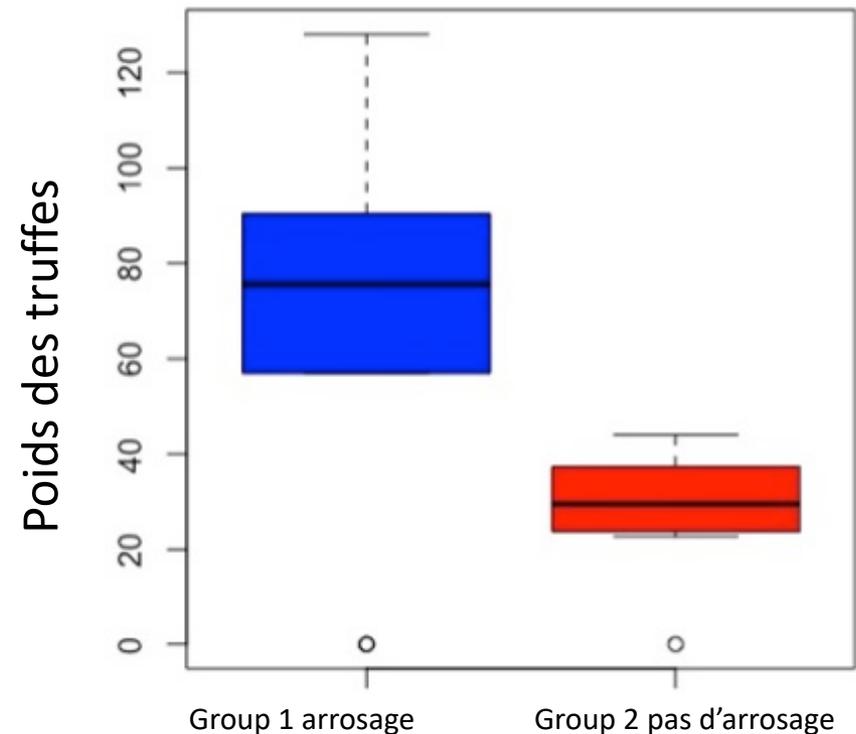
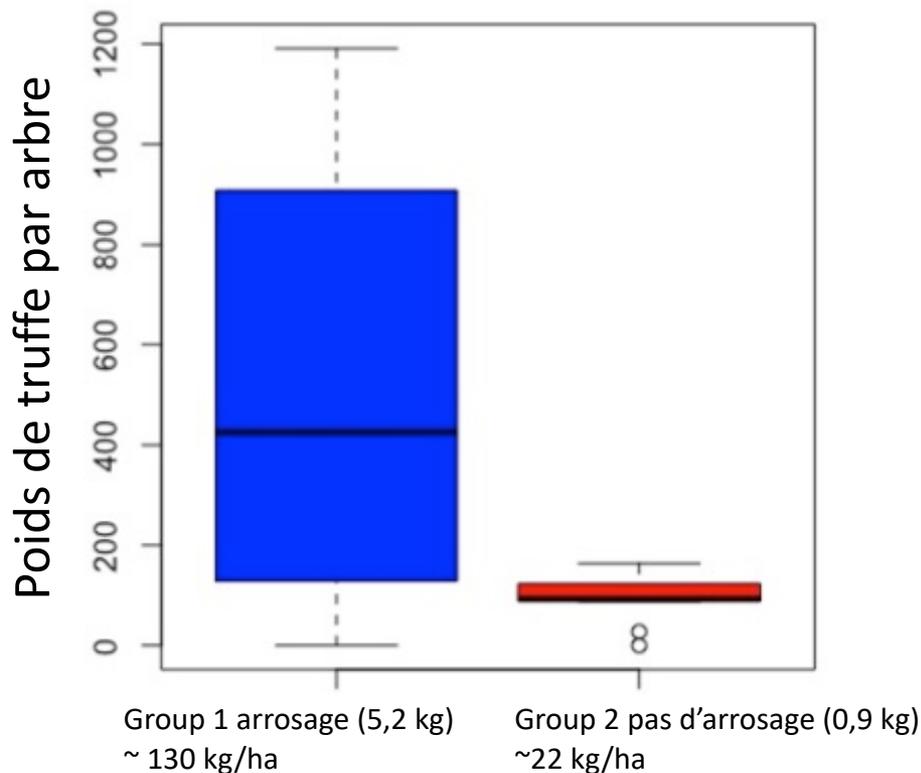
Résultats 1: Détermination d'un seuil d'arrosage



Le projet d'expérimentation national CulturTruf2 (2019-2022)

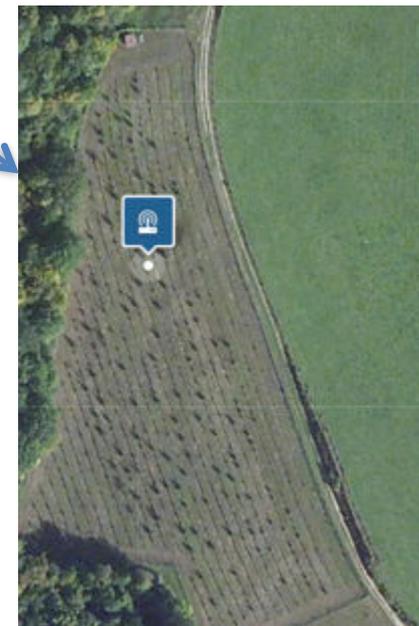
Résultats 1: Détermination d'un seuil d'arrosage

Été 2020: 10 arbres arrosés au seuil de pF 4 (**groupe 1**) et 10 arbres non arrosés (**groupe 2**) sélectionnés au hasard parmi les arbres producteurs du site



Les truffes avec arrosages sont plus grosses

**Est ce que le seuil de pF 4 est aussi valide pour
Tuber aestivum var *uncinatum* ?**



BFC 1

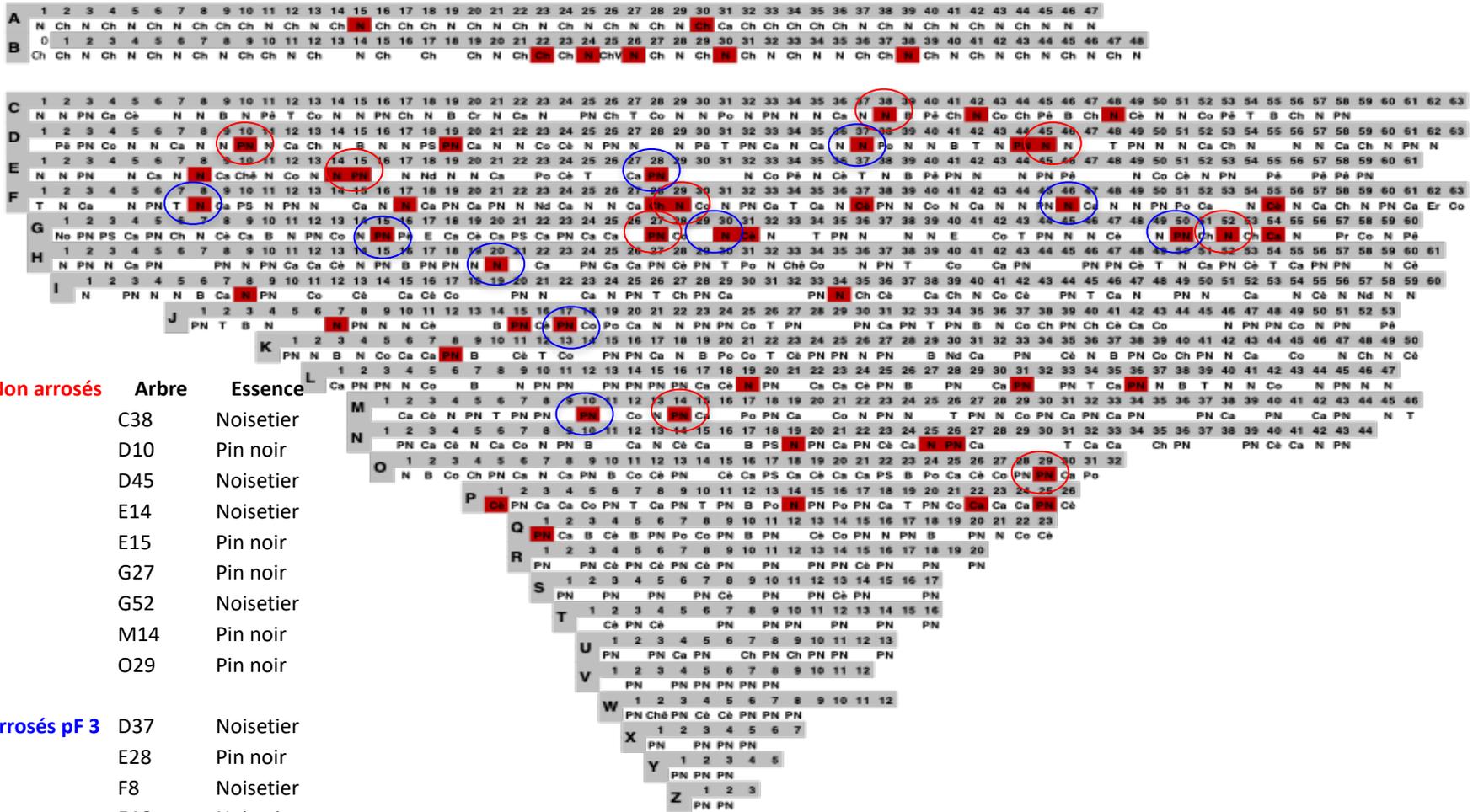
Site BFC 1: validation seuil pF – données préliminaires



Mr et Mme Dupaty

Tuber aestivum var uncinatum

Site BFC 1: validation seuil pF – données préliminaires



Non arrosés Arbre Essence

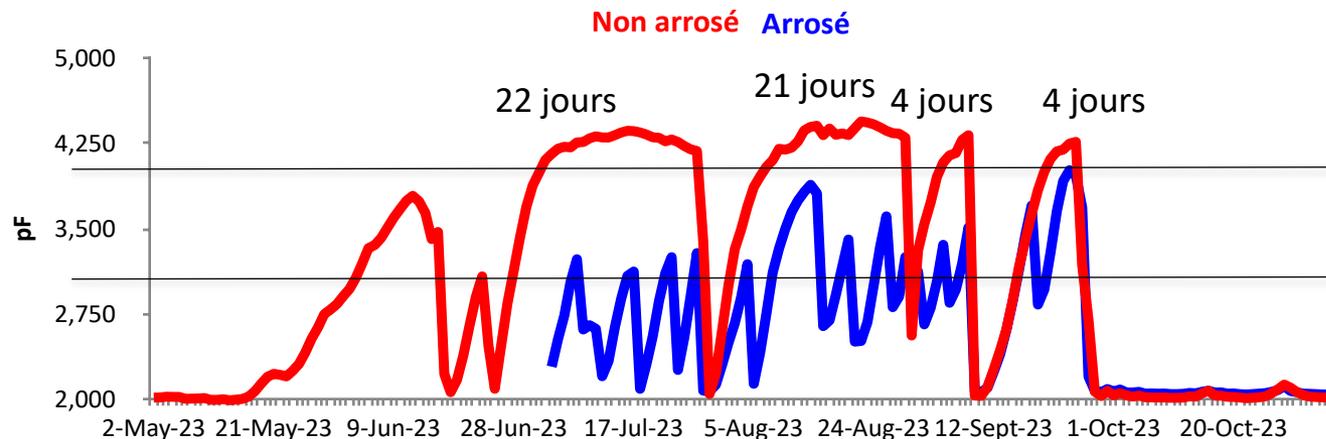
- C38 Noisetier
- D10 Pin noir
- D45 Noisetier
- E14 Noisetier
- E15 Pin noir
- G27 Pin noir
- G52 Noisetier
- M14 Pin noir
- O29 Pin noir

Arrosés pF 3

- D37 Noisetier
- E28 Pin noir
- F8 Noisetier
- F46 Noisetier
- G15 Pin noir
- G50 Pin noir
- H20 Noisetier
- J17 Pin noir
- M10 Pin noir

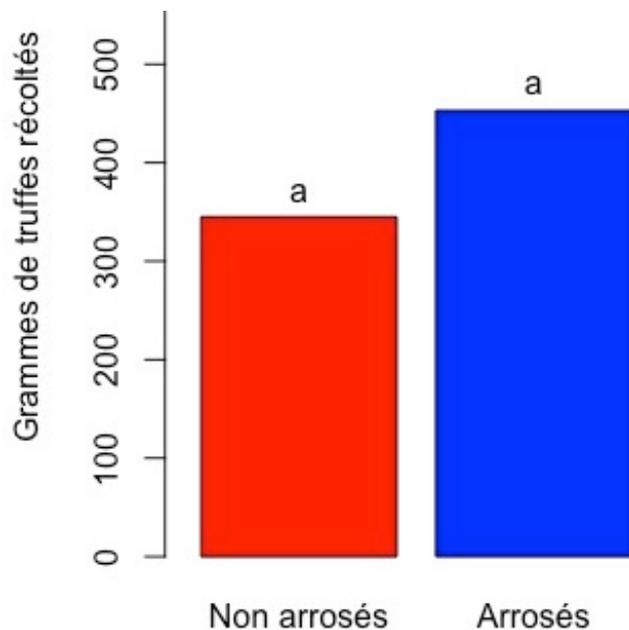
9 arbres arrosés et 9 arbres non arrosés

Site BFC 1: validation seuil pF – données 2019



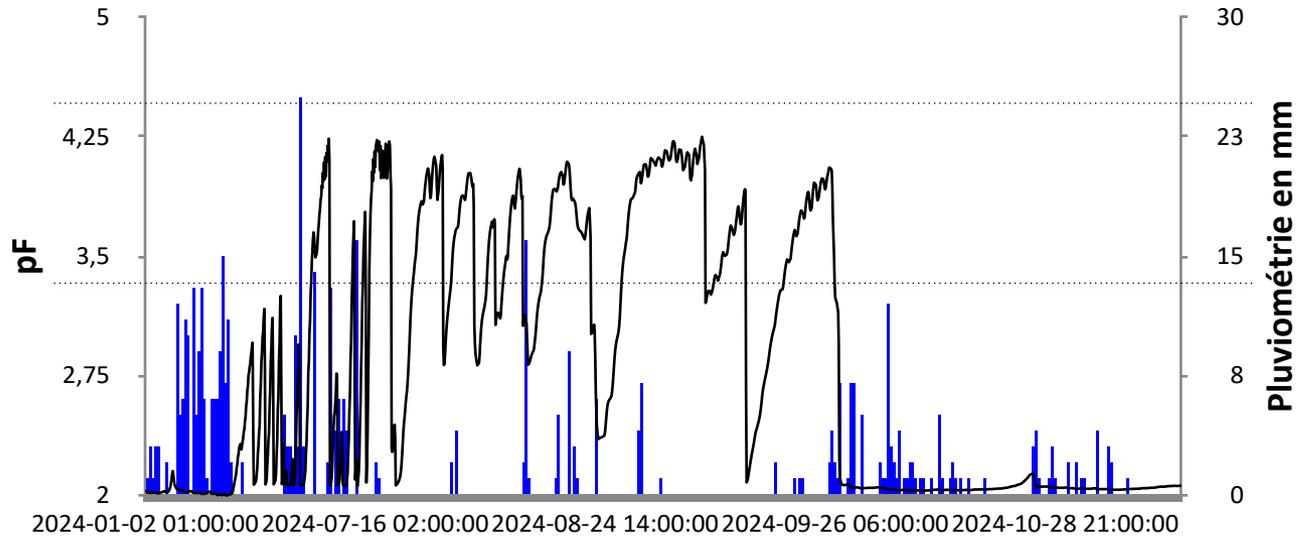
13 arrosages

Maintien du pF < 3,5/4

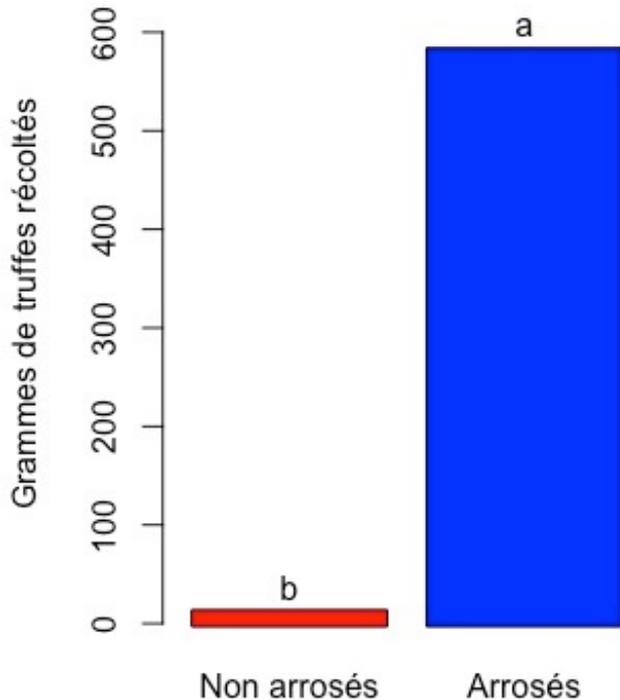


Pas de différences statistiques entre les deux traitements

Site BFC 1: validation seuil pF – données 2020

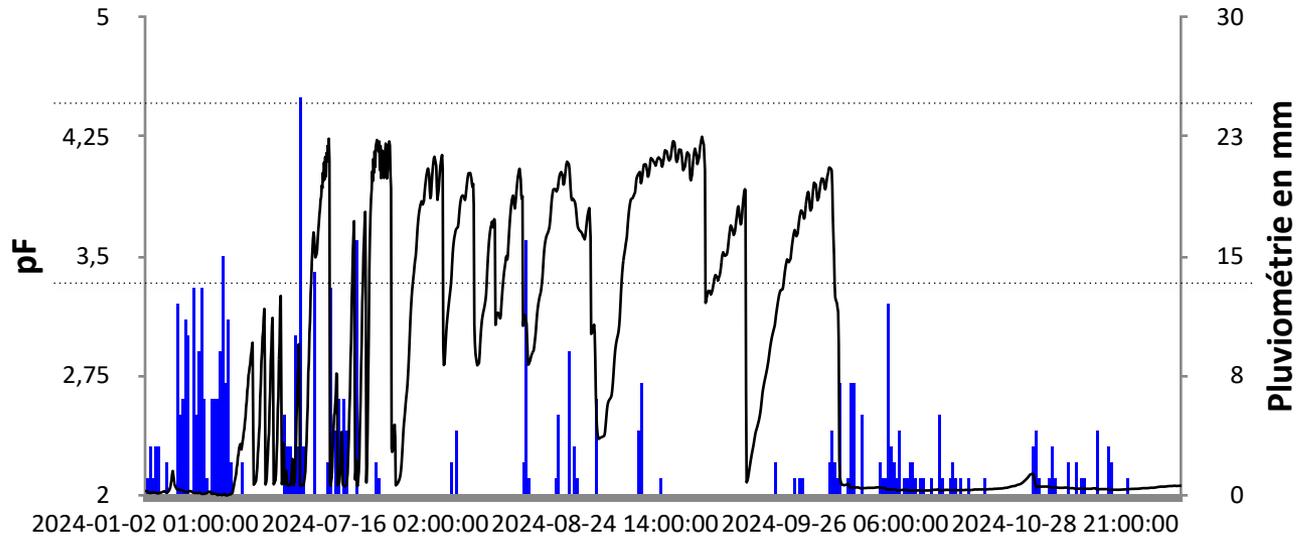


14 arrosages
Début en avril

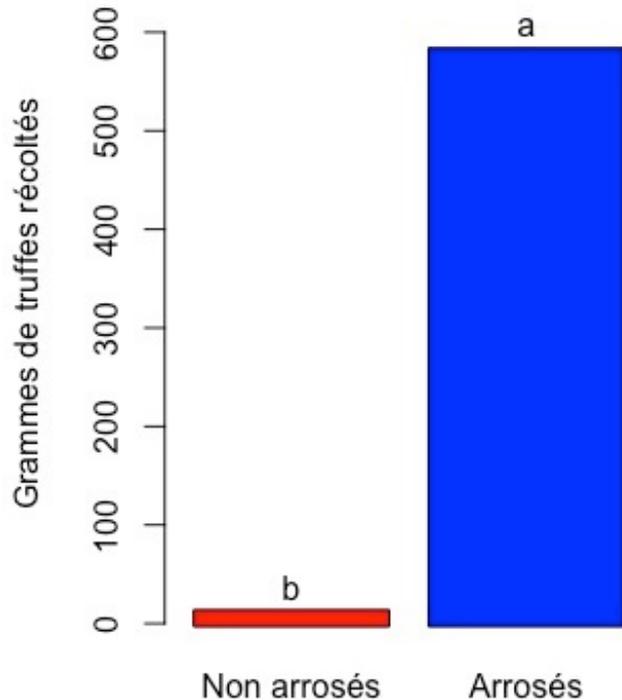


Significativement plus de
truffes pour le traitement
arrosé comparé au
traitement non arrosé
(pvalue = 0,01)

Site BFC 1: validation seuil pF – données 2020



14 arrosages
Début en avril



Significativement plus de
truffes pour le traitement
arrosé comparé au
traitement non arrosé
(pvalue = 0,01)

Site BFC 1: effet du paillage – données 2021

Le paillage permet de regarder le moment de la récolte et de récolter plus de *T. aestivum* var *uncinatum* (après le 15 septembre) que de *T. aestivum* (avant le 15 septembre)
-> effet de la température ?

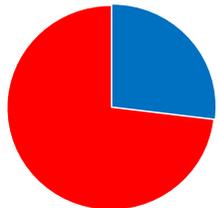


9 arbres avec paillage

9 arbres sans paillage

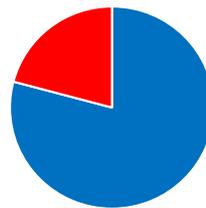
23 arbres sans paillage

Avec Jute



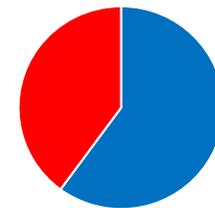
■ *T. aestivum* ■ *T. aestivum* var *uncinatum*

Sans jute



■ *T. aestivum* ■ *T. aestivum* var *uncinatum*

Sans jute



■ *T. aestivum* ■ *T. aestivum* var *uncinatum*

Récolte du 5 août au 23 novembre

A retenir



1) Validation du seuil de pF

Maintenir le pF inférieur à 4 (de juin à septembre) permet d'avoir une bonne production en période de stress pour *Tuber melanosporum*

En 2019, maintenir le pF inférieur à 4 (de juin à septembre) n'a pas permis d'avoir une meilleure production pour *Tuber aestivum* var *uncinatum* que des arbres ayant subi un stress de 50 jours.

Mais en 2020 avec des arrosages qui ont commencé en avril (maintient du pF <3 au début puis <4), il y a eu une meilleure production pour les arbres arrosés que pour les arbres non arrosés! Mais ces données sont à finir d'analyser et à confirmer sur d'autres sites.

2) Test des ombrages ou paillages

Effet sur la température et le pF du sol

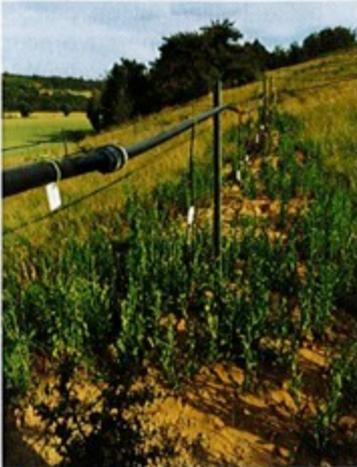
Décalage des arrosages sur le site toile de jute -> économies d'eau

Effet sur la production pas significatif pour *T. melanosporum*

-> décalage de la production pour *T. aestivum* à vérifier

Entretien d'une truffière en production

L'arrosage: comment arroser?



Ligne de distribution sur palissage type vigne. (Ph. D.R.)



Installation en place chez L. Bonneau : ligne suspendue à 2 m, arrimage élastique, jets tête en bas et jets retournés par des agrafes. (Ph. D.R.)



Tonne de 7 m³ et 2 jets basse pression. Permet d'arroser 35 arbres en 12 mn (brûlés d= 3 m pluviométrie 28 mm)

(Ph. D.R.)



Photo 1 : micro-asperseur sur ligne basse. (Ph. D.R.)



Canon d'arrosage pour grande culture utilisée en plantation truffière. (Ph. D.R.)

Conclusions

Que se passe-t-il en cas de stress hydrique (et thermique)?

Juin

Juillet

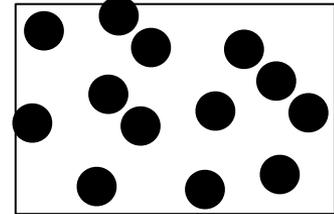
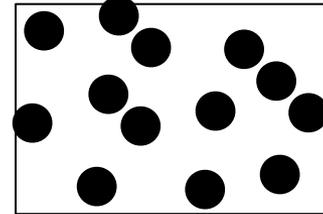
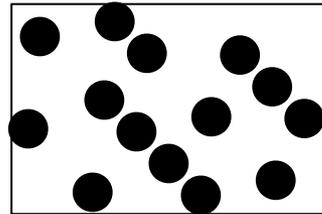
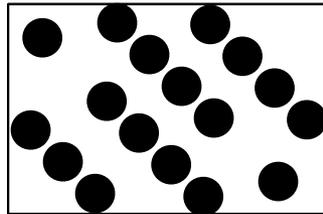
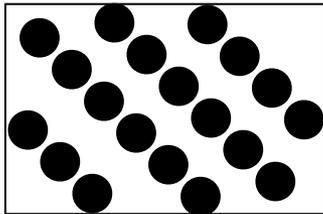
Août

septembre

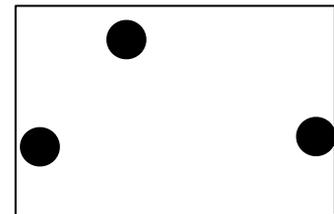
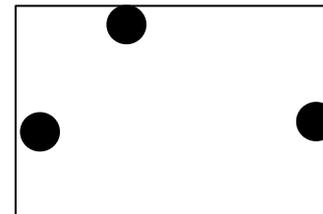
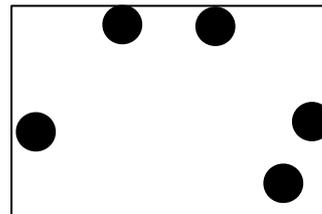
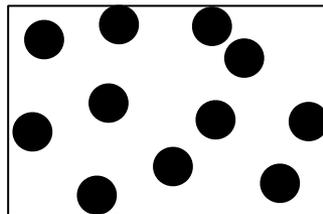
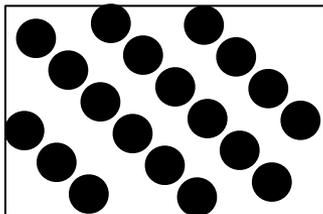
Octobre



Avec arrosage: pF en dessous de 4 tout le temps



Sans arrosage: pF supérieur à 4 pendant plusieurs semaines



Truffes formées

Truffes récoltées

Entretien d'une truffière en production

L'arrosage: combien arroser?

Il faut que le pF redescende aux alentours de 2 : ajuster la quantité avec les sondes

-> en moyenne au moins 20 mm (20 l au m²) sur certains sols il faut plus

D'après culturTruf on a estimé qu'il faut compter pour une année très sèche environs 1 à 2 m³ par arbre soit . Mais bien sur cela dépend de la taille du brûlé. Plus la truffière vieillit plus il faudra d'eau

Rappel: calculer l'air d'un cercle = $\pi \times R^2$

Exemples:

- Jeune arbre d'un brûlé d'1 m de rayon: 3,14 m² soit 63 l pour un arrosage de 20 mm
- Arbre d'un brûlé de 2 m de rayon: 12,5 m² soit 250 l pour un arrosage de 20 mm

L'utilisation de sondes devrait être généralisé en trufficulture

Il faut empêcher que le pF reste au dessus de 4 => utiliser des sondes pour gérer l'arrosage

Attention à la gamme de lecture des sondes !

Intérêt d'utiliser des sondes pour:

- 1) gérer l'arrosage
- 2) maîtriser les quantités d'eau apportées (il faut que les sondes redescendent à pF 2)

Oui mais est ce qu'il existe des sondes accessibles pour les trufficulteurs?

Sondes TEROS21: 300€/HT; ZL6: 750€/HT;
abonnement cloud 199 €/HT

-> trop chers...





Projet Labex ARBRE



Test de sondes moins couteuses et donc plus abordables pour les trufficulteurs



Sondes à plâtre

Mais pas de lecteur direct du pF et pas d'enregistreur facile d'utilisation

Calibration des sondes et mise au point d'une formule pour calculer directement le pF

Cyrille Bach, Liam Laurent, Claude Murat – UMR IaM
Jean Baptist Lily, Jérémie Mauer – UMR SILVA



Projet Labex ARBRE



Mise au point d'un prototype de lecteur et d'un enregistreur INRAE



Lecteur



Enregistreur



Projet Labex ARBRE



Comparaison pF sondes MPS6/GB1
Drôme des collines pendant 4 mois



A retenir

Les sondes à plâtre sont aussi fiables que les sondes TERSOS21

Licence de savoir faire INRAE/WETRUF pour commercialiser un lecteur puis un enregistreur



Réalisé avec le prototype d'enregistreur INRAE





START-UP ISSUE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE L'INNOVATION AU SERVICE DE LA TRUFFICULTURE

Gestion de l'arrosage

INRAE



pF Tracer One™



Prix accessible pour les
trufficulteurs

Ventes de pF Tracer One en juillet 2021

contact@wetruf.com

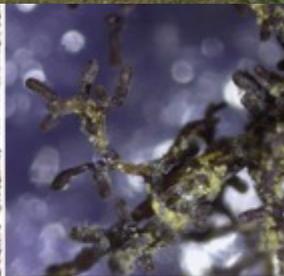
<https://wetruf.com/nos-produits>

Résumé

- Seul l'eau utilisable dans le sol est disponible pour les organismes vivants
- L'eau utilisable se trouve entre les valeurs de pF 2 et 4,2
- Si on maintient le pF inférieur à 4 de juin à septembre on a une bonne production de *Tuber melanosporum* même en condition de stress hydrique estival important
- Pour *Tuber melanosporum* il faut prévoir environ 1,5 m³ d'eau par arbre d'arrosage (sans ombrage/paillage)
- Avec des ombrages/paillages on peut espacer les arrosages et on diminue la température
- Il existe des sondes accessibles pour les trufficulteurs (pF Tracer One™ + sondes à plâtre)

Pas que de la recherche fondamentale ☺

Plantation octobre 2016



Janvier 2020

Pas que de la recherche fondamentale 😊



Première truffe dans ma truffière sous un charme de 5 ans