



Comment évaluer l'impact de pratiques agroécologiques sur le bilan d'eau et d'énergie avec l'imagerie thermique issue du drone ?

B. Coudert⁽¹⁾, V. Bustillo⁽¹⁾, C. Marais-Sicre⁽¹⁾, S. Quéguiner⁽¹⁾, F. Khemakhem⁽¹⁾, P. Boitard⁽¹⁾, C. Brahimi⁽¹⁾, B. Lemaire⁽¹⁾, H. Barcet⁽²⁾, N. Pellé⁽¹⁾, N. Breil⁽¹⁾, N. Claverie⁽¹⁾

⁽¹⁾CESBIO

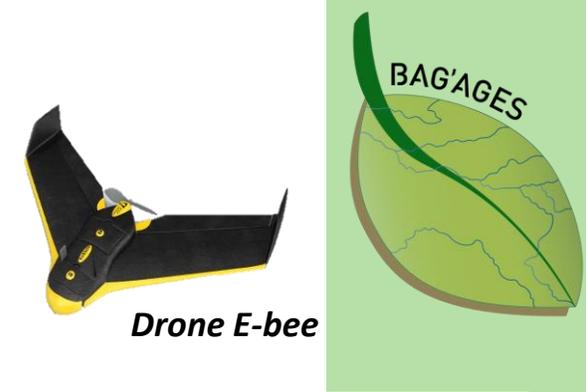
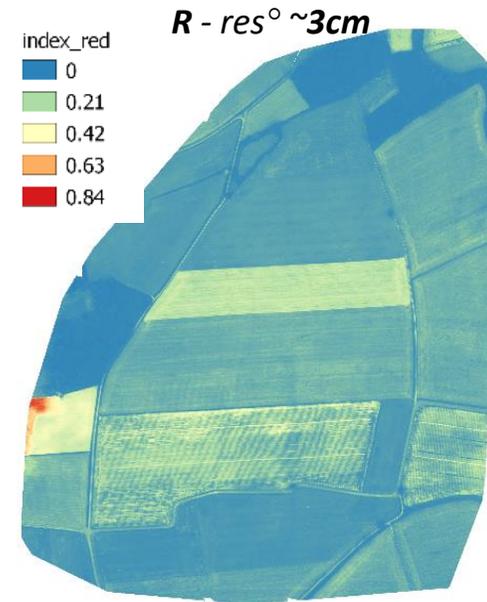
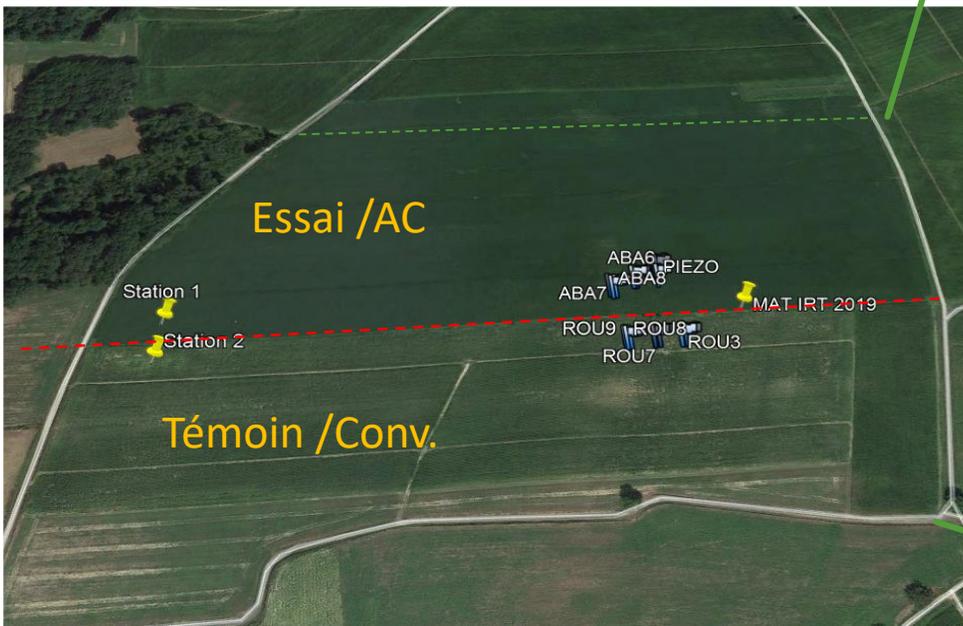
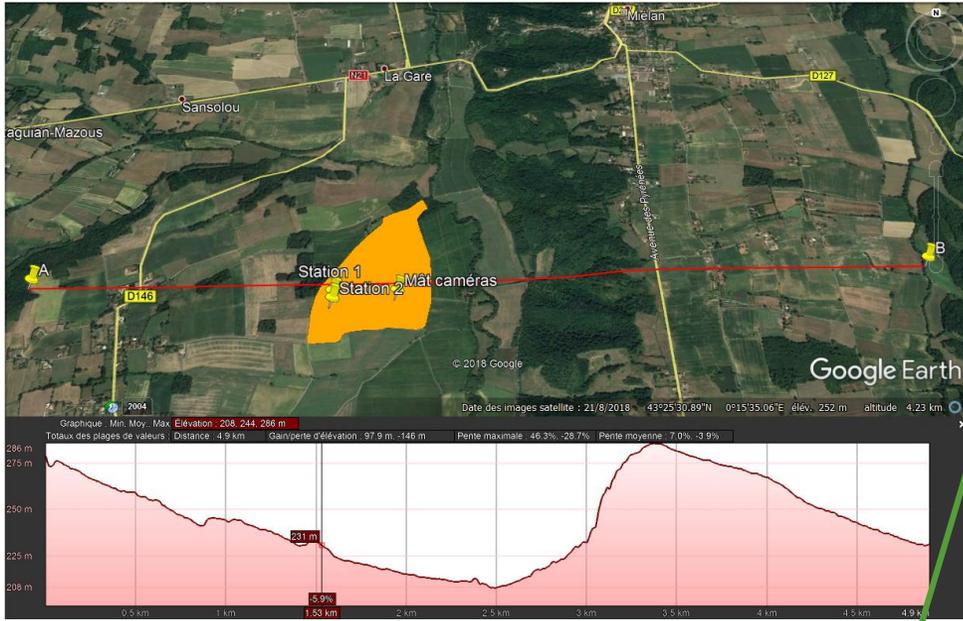
⁽²⁾GEODE

Webinaire de restitution scientifique du projet BAG'AGES - 24 juin 2021



Apport de l'imagerie THRS – complémentarités multispectrales

Suivi couple parcelles – Site d'Estampes (Gers) – 25ha



3 types d'acquisition:

- RGB : $res^{\circ} \sim 3cm$
- Multispectral: R, V, RE, PIR; $res^{\circ} \sim 10cm$
- IRT: $res^{\circ} \sim 20 cm$

Cartographies d'indices de télédétection - Identification d'entités fonctionnelles homogènes



Cartographie d'indices morphologiques

Exemple: Beven-Kirkby

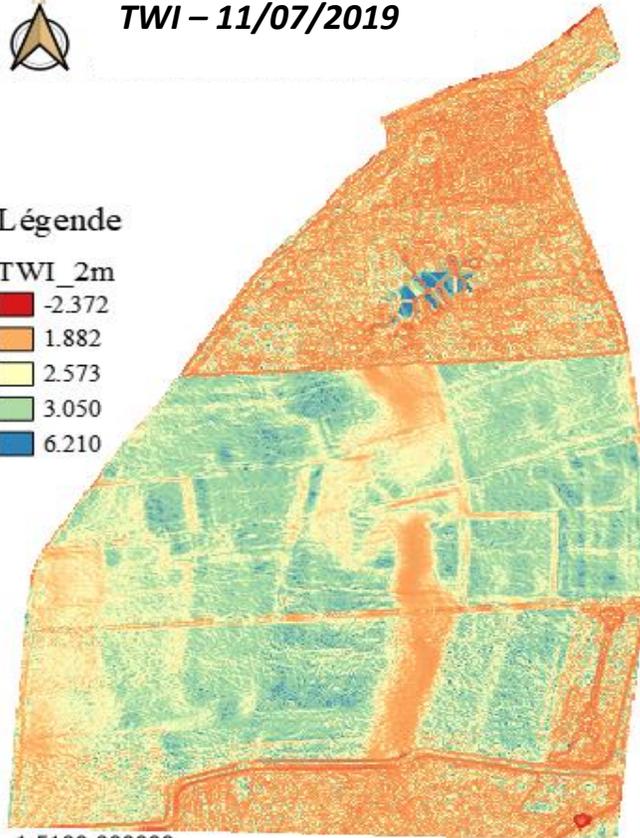
Topographic Wetness Index: $TWI = \ln\left(\frac{A}{\tan \beta}\right)$



TWI – 11/07/2019

Légende

TWI_2m
-2.372
1.882
2.573
3.050
6.210



1:5100.000000

Cartographie d'indices de végétation

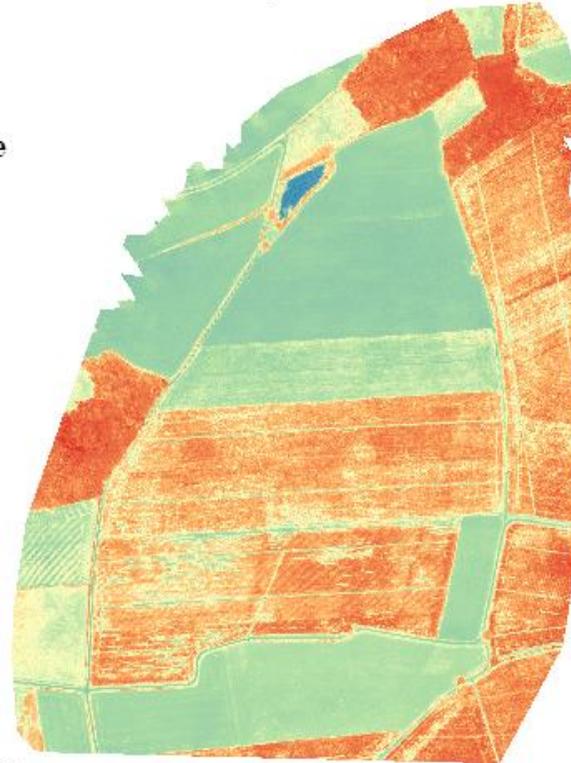
Exemple: NDVI (basé sur R et PIR)



NDVI – 11/07/2019

Légende

NDVI
-0.551
0.256
0.721
0.871
0.987



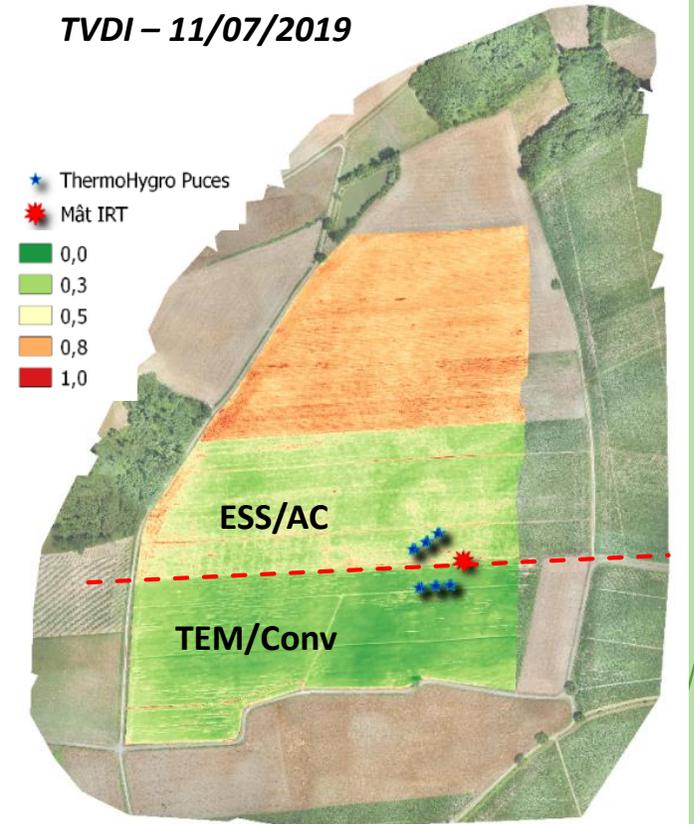
1:7000.000000

Cartographie d'indices de stress

Exemple: TVDI (basé sur la Ts et le NDVI)

TVDI – 11/07/2019

★ ThermoHygro Puces
★ Mât IRT
0,0
0,3
0,5
0,8
1,0



0 100 200 300 400 500 m



Effets des pratiques, du passé, de la morphologie, du microclimat...



Aujourd'hui

1954

ESS/AC

ESS/AC

TEM/Conv

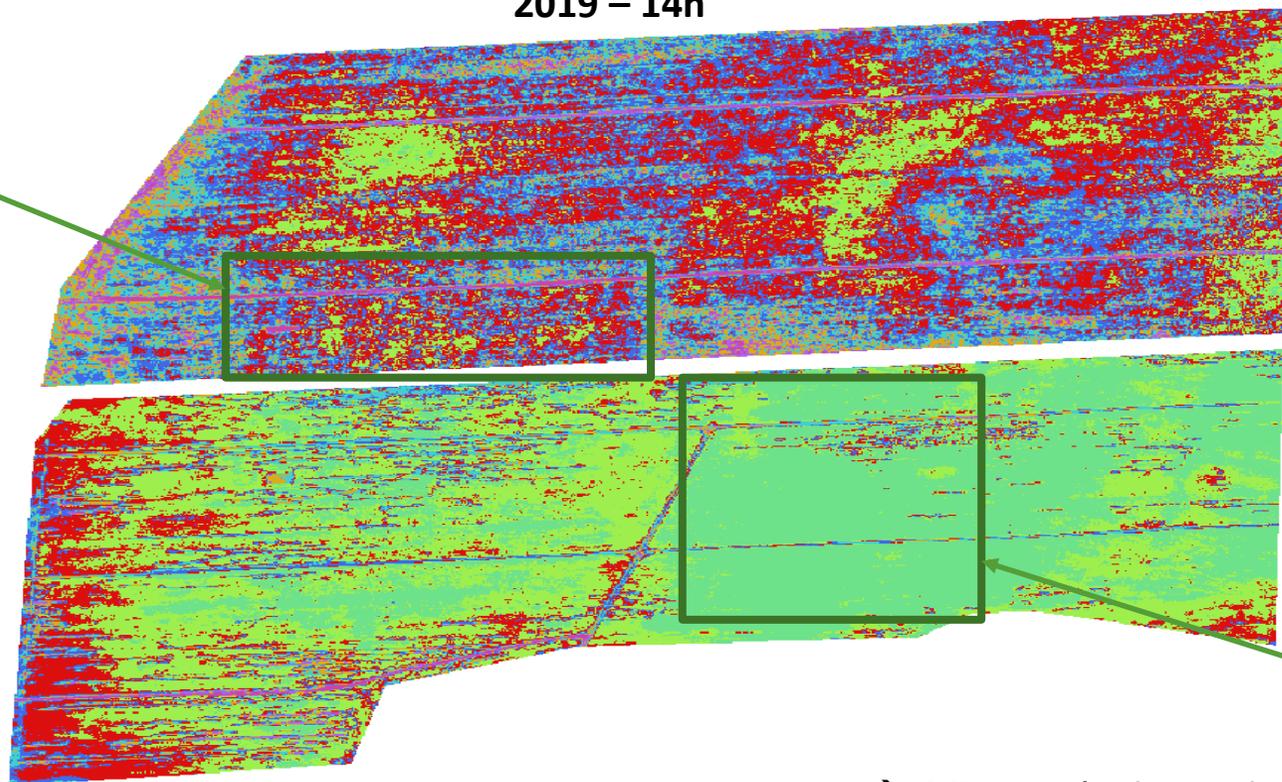
TEM/Conv



Classification non supervisée K-means

Classification Température 14h 11 Juillet
2019 – 14h

Zone de drains



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

Bas de parcelle

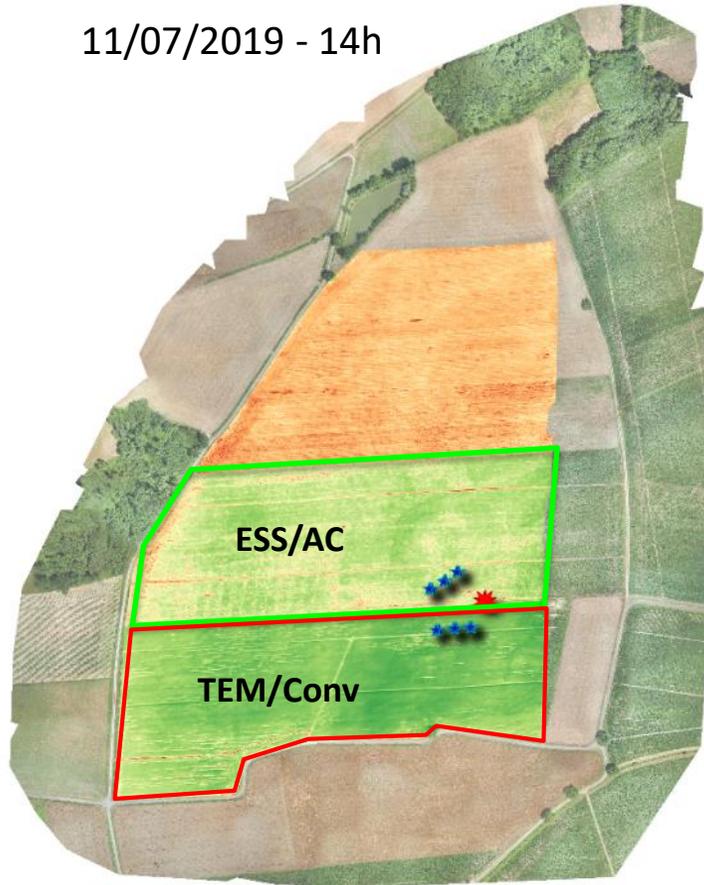
→ Mise en évidence de linéaires, zones

→ Pérennité de patterns spatiaux

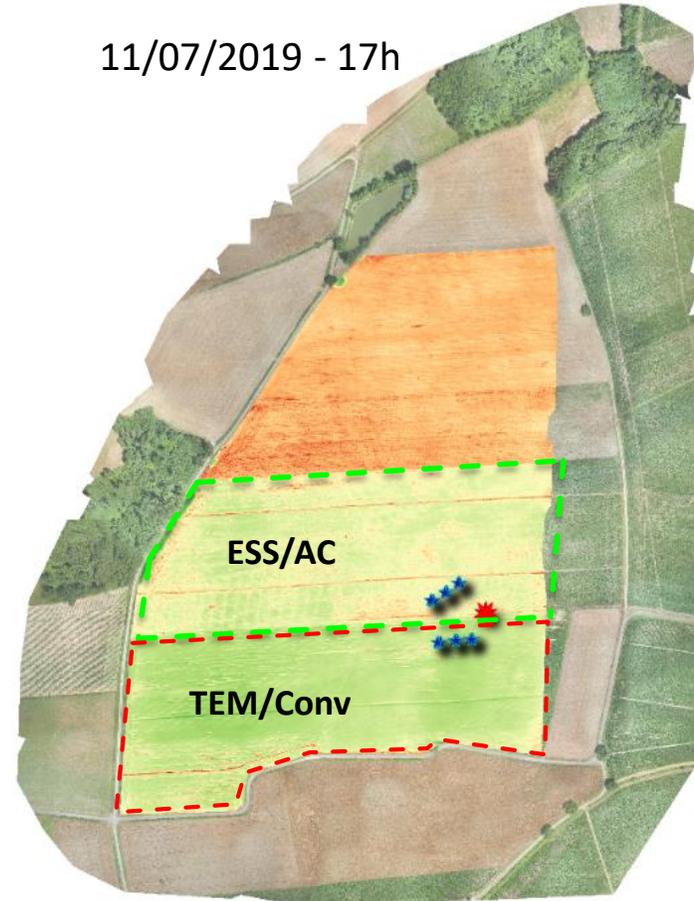
Analyse spatio-temporelle d'un indice de stress (TVDI)



11/07/2019 - 14h

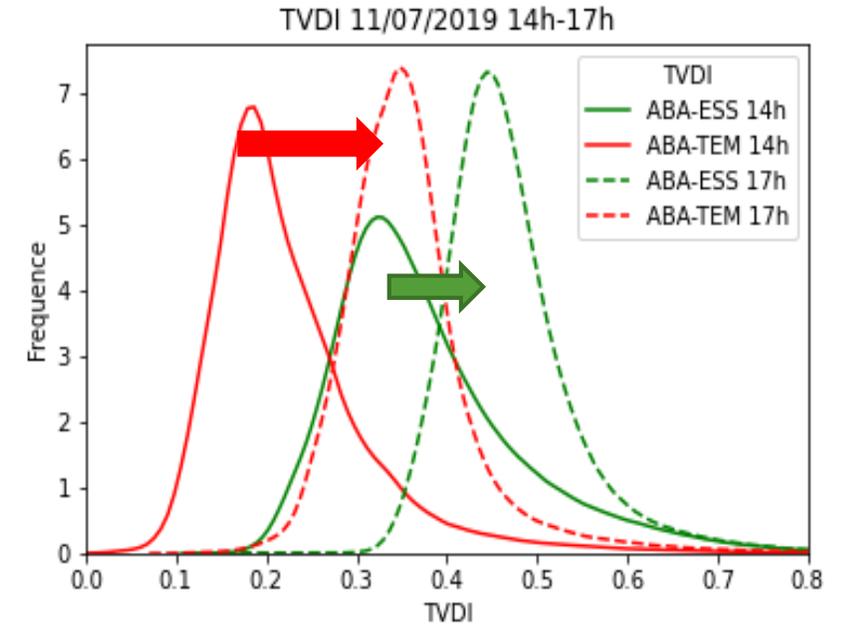


11/07/2019 - 17h



- ★ ThermoHygro Puces
- ★ Mât IRT
- TVDI_17h_juill
- 0,0
- 0,3
- 0,5
- 0,8
- 1,0

Distributions TVDI
11/07/2019 - 14h → 17h



0 100 200 300 400 500 m

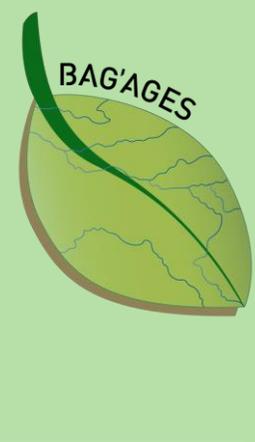


0 100 200 300 400 500 m

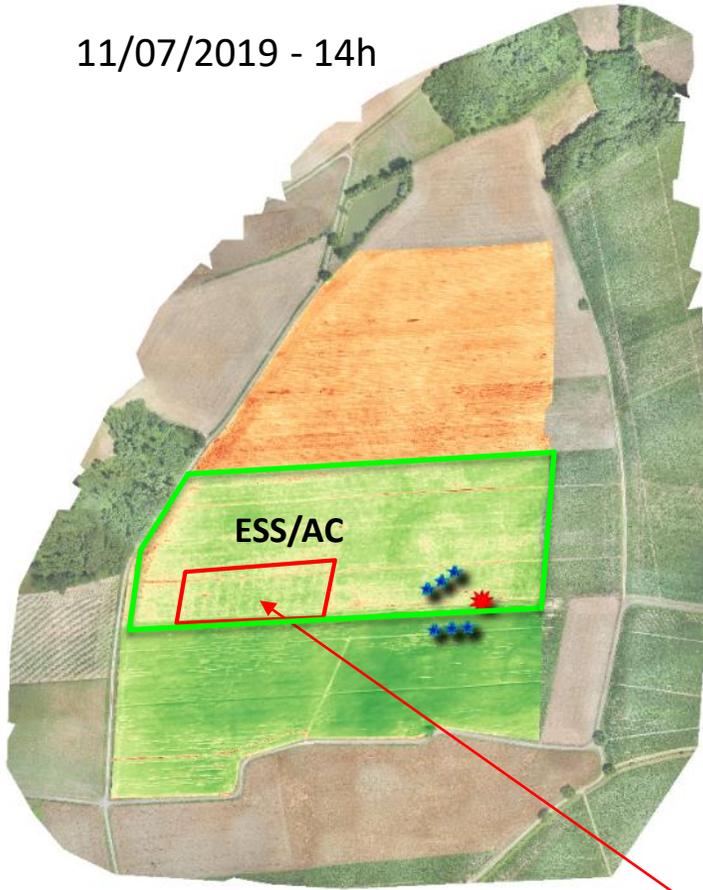


- TVDI quasiment 2 fois plus élevé en AC
- Augmentation diurne moindre en AC
- = **évolution plus « tamponnée » en AC**

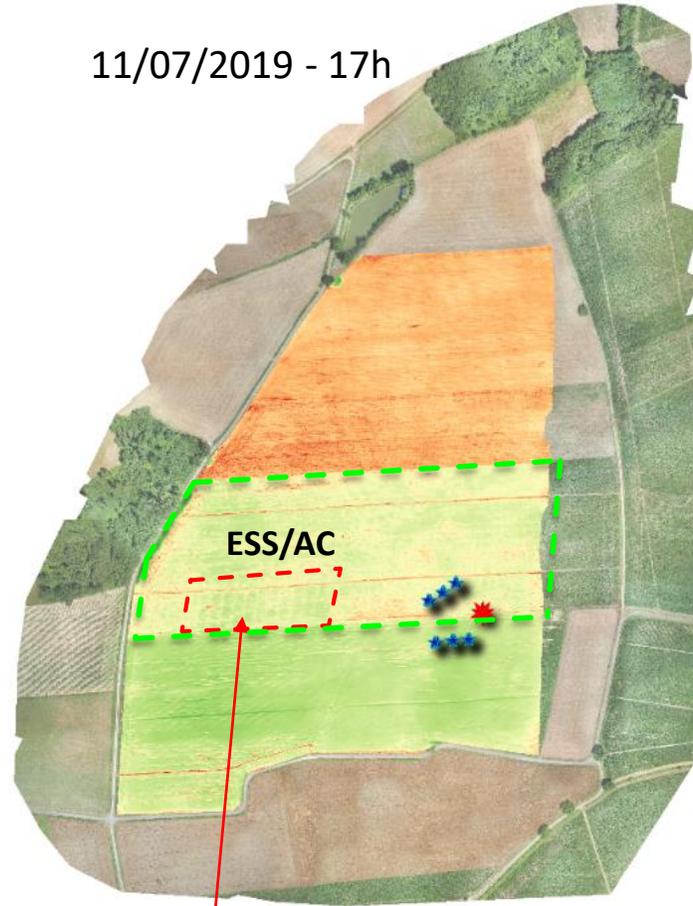
Analyse spatio-temporelle d'un indice de stress (TVDI)



11/07/2019 - 14h



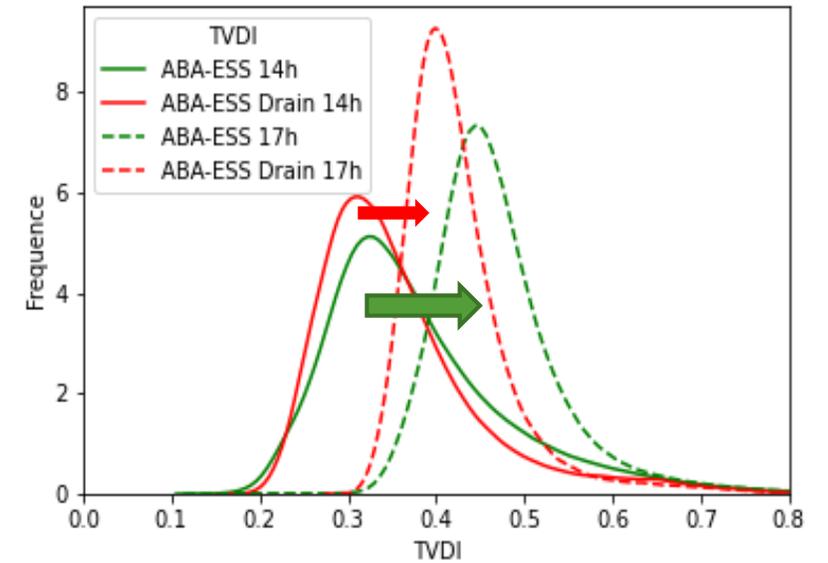
11/07/2019 - 17h



- ★ ThermoHygro Puces
 - ★ Mât IRT
- TVDI_17h_juill
- 0,0
 - 0,3
 - 0,5
 - 0,8
 - 1,0

Distributions TVDI
11/07/2019 - 14h → 17h
« **zone de drains** »

TVDI 11/07/2019 14h-17h



0 100 200 300 400 500 m



0 100 200 300 400 500 m

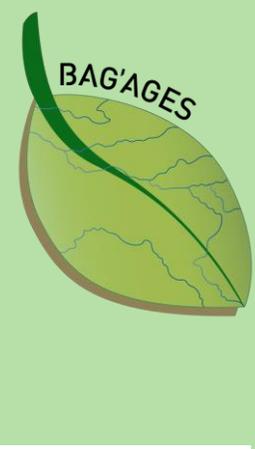


Evolution diurne limitée

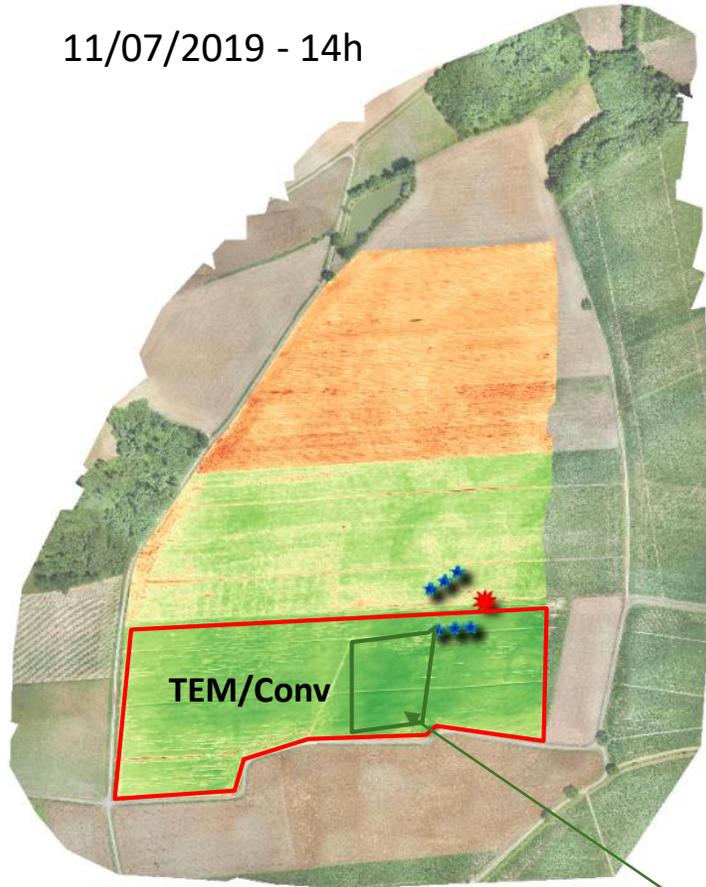
→ Augmentation de TVDI plus faible pour la zone de drains entre 14h et 17h

→ Meilleure régulation de la Ts = meilleur accès à l'eau
prospection racinaire dans sol + compact en AC.
= + **d'ETR**

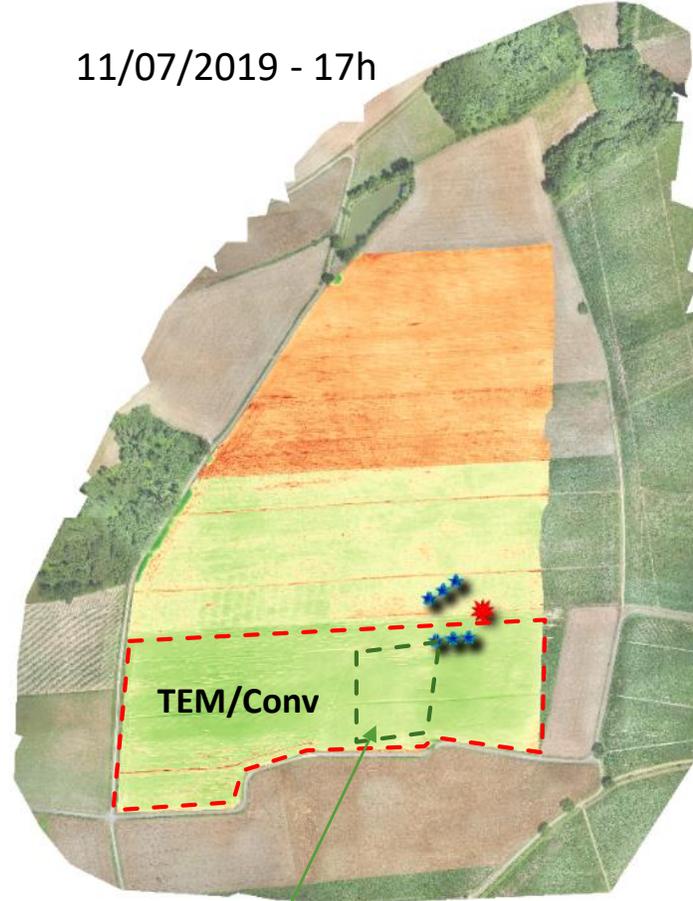
Analyse spatio-temporelle d'un indice de stress (TVDI)



11/07/2019 - 14h



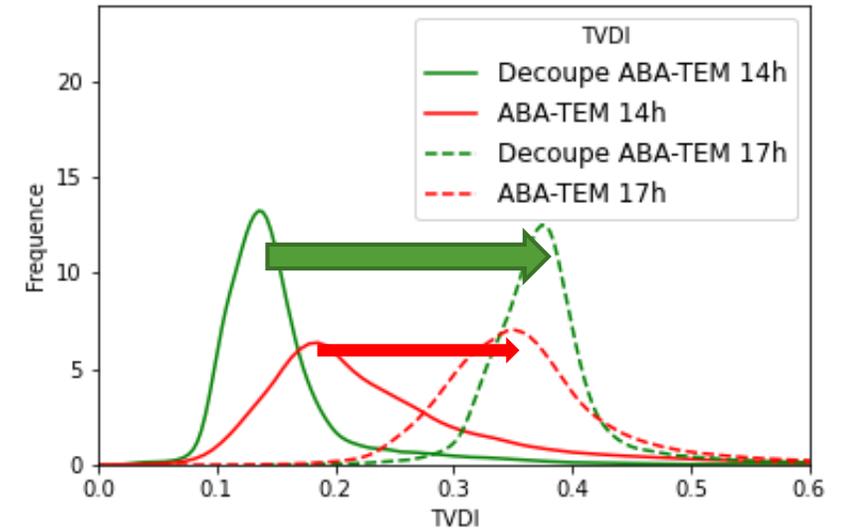
11/07/2019 - 17h



- ★ ThermoHygro Puces
 - ★ Mât IRT
- TVDI_17h_juill
- 0,0
 - 0,3
 - 0,5
 - 0,8
 - 1,0

Distributions TVDI
11/07/2019 - 14h → 17h
« **Bas de parcelle** »

TVDI 11/07/2019 14h-17h



0 100 200 300 400 500 m



0 100 200 300 400 500 m



Evolution diurne marquée

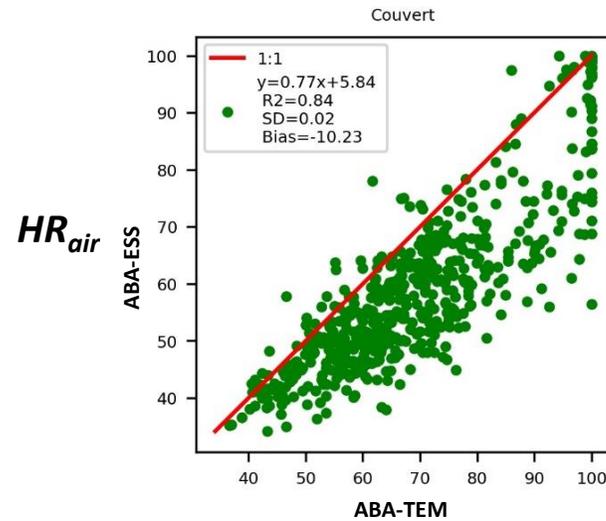
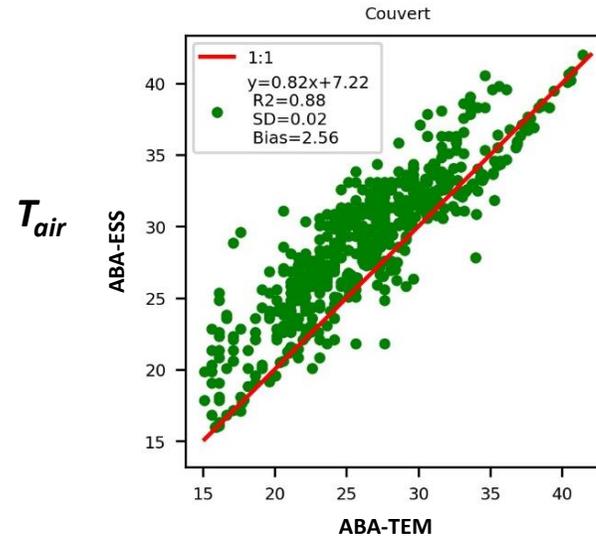
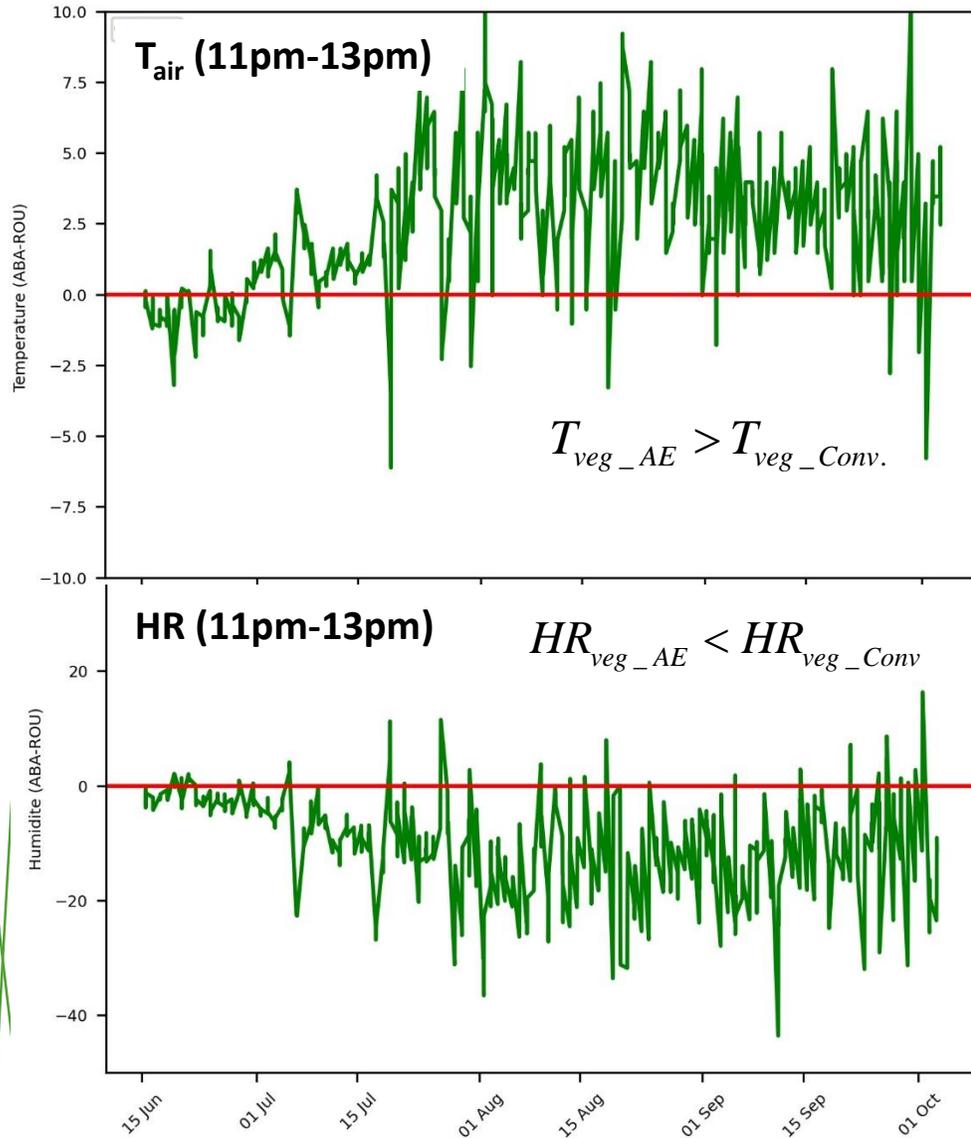
- Amplitude de TVDI plus marquée pour la zone de « bas de parcelle » entre 14h et 17h
- Stress hydrique plus marqué en fin de journée en Conv.
- = - d'ETR (sol + limoneux et sec = + de tension)

Séries temporelles in situ T_{air} et HR_{air}



Confrontation aux séries temporelles in situ T_{air} et HR_{air}

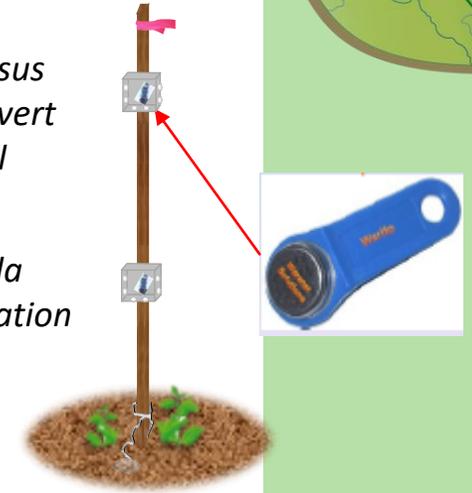
Différence: ABA-ESS - ABA-TEM



Température et humidité
iButtons

Au dessus
du couvert
végétal

Dans la
végétation



→ Plus chaud et sec en moyenne dans le couvert en AC en 2019 ! *Moins d'ETR ou E en AC ?*

→ Confirme les analyses de l'indice de stress TVDI

Effets de l'agencement du couvert...

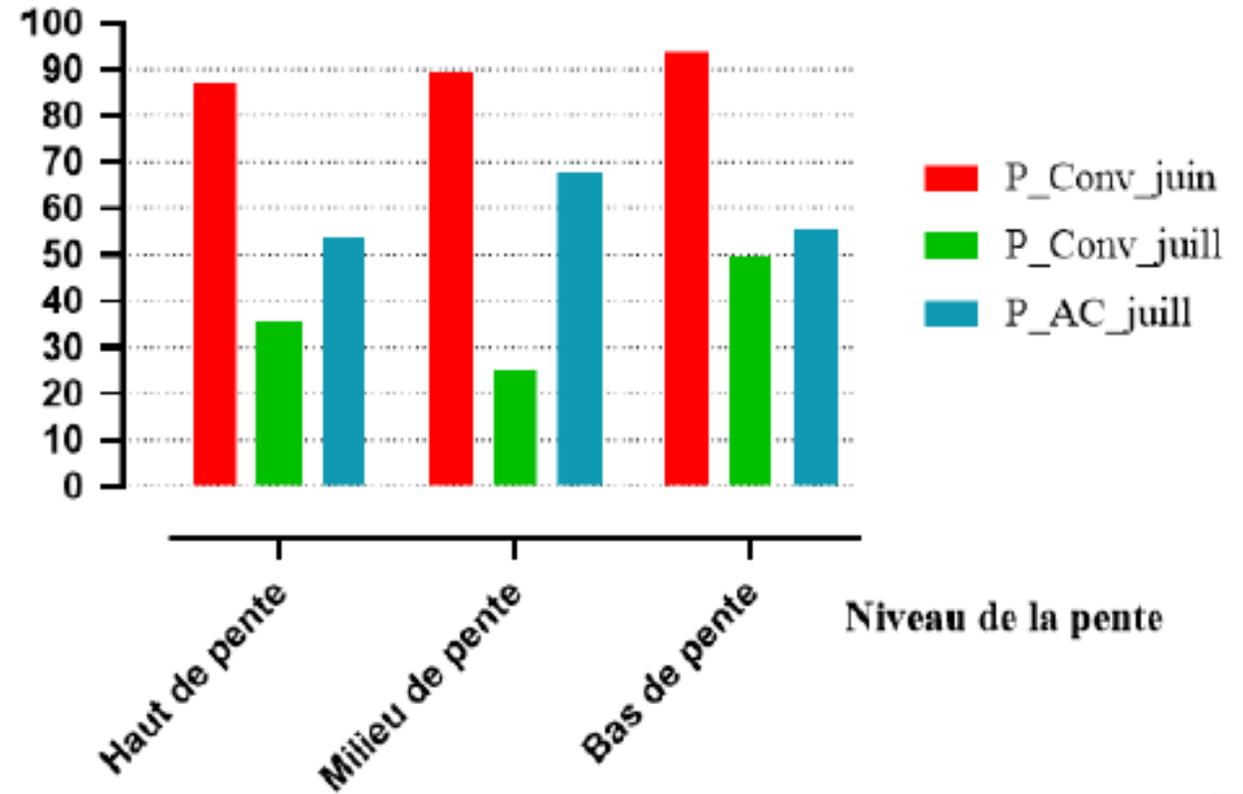
Taux de végétation ombre/soleil



ABA-ESS (AC): inter-rang 40 cm, inter-pied 20cm (densité 90000 pl/ha)

ABA-TEM(Conv.): inter-rang 80 cm, inter-pied 12cm (densité 80000 pl/ha)

Veg soleil (%)



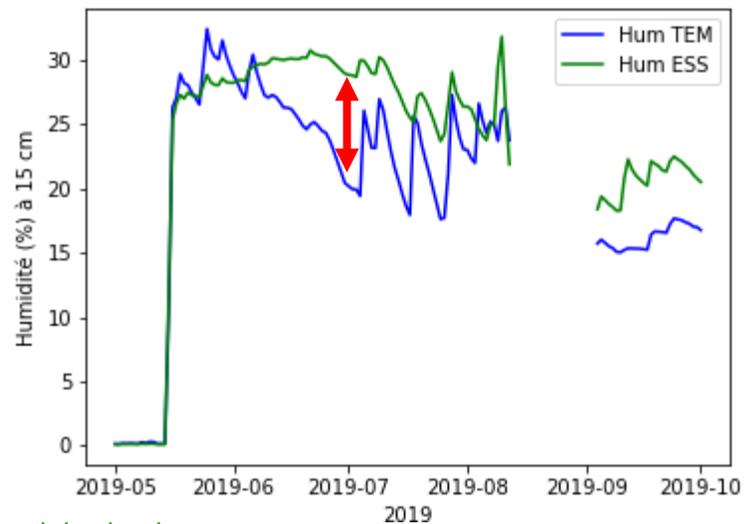
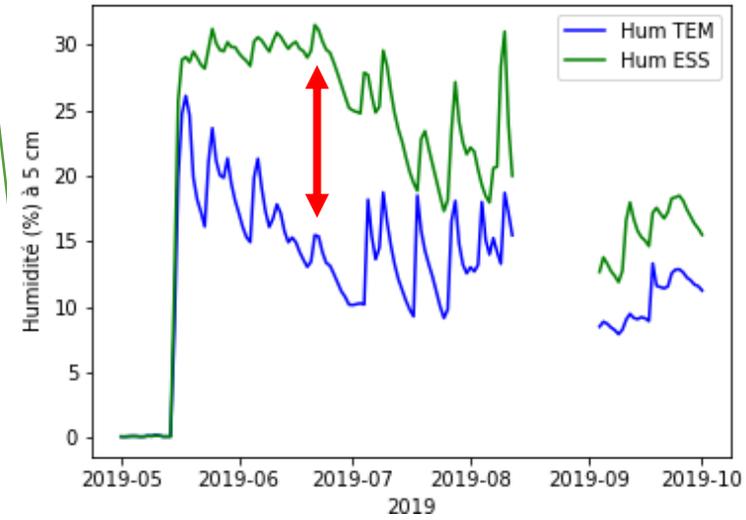
→ + de végétation au soleil sur parcelle AC / régulation stomatique ?



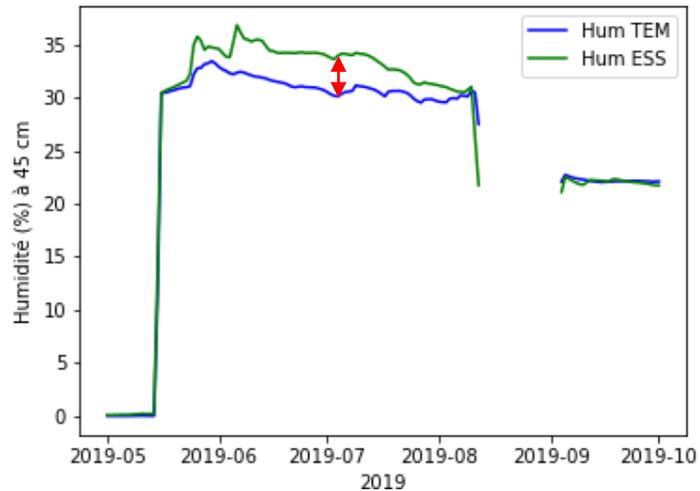
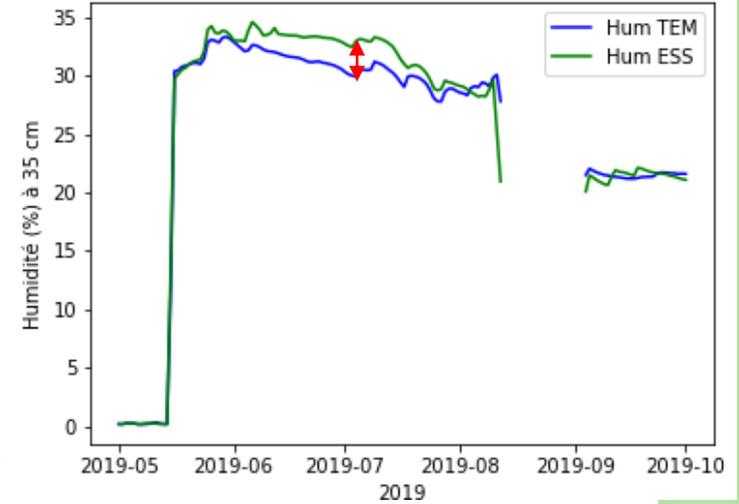
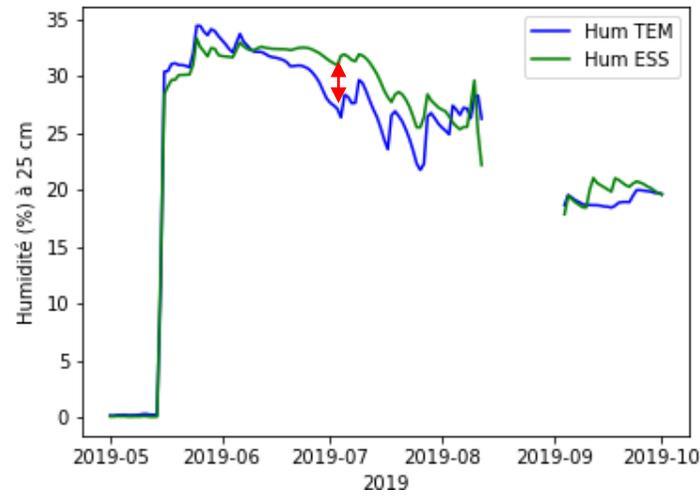
Séries temporelles d'humidité du sol – fonctionnements hydriques différents



Effet du mulch (résidus) en surface



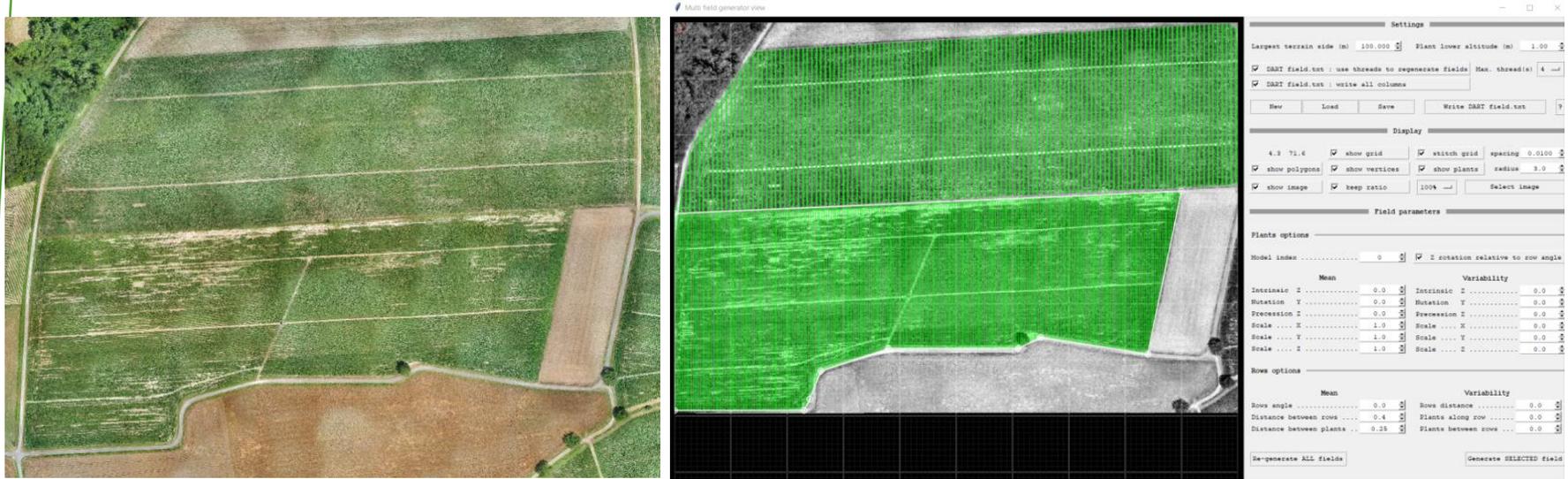
Taux d'humidité du sol « tamponné » en profondeur



→ *Limitation de l'évaporation en surface par le mulch en AC*

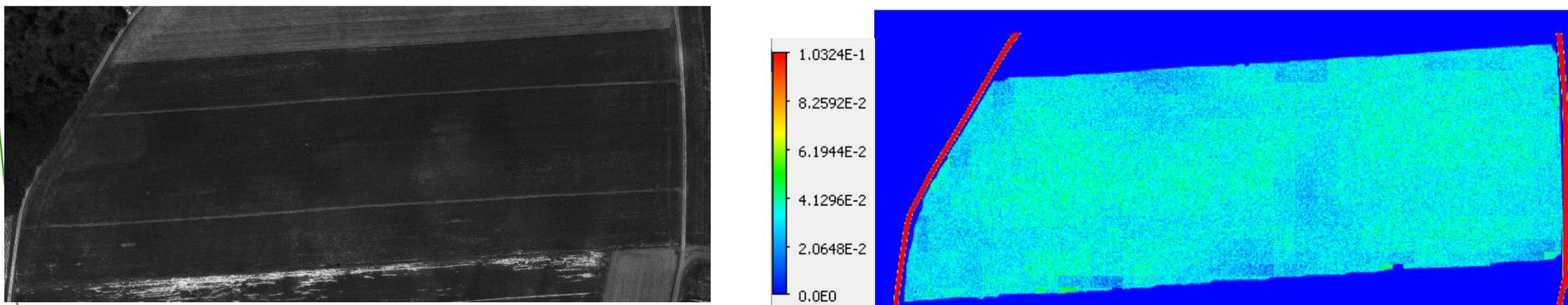
→ *Combinaison d'effets dans la zone racinaire: moins de pompage ? Plus de remontée capillaires ? Différence de RU ?*

Perspectives: modélisation physique (modèle DART) / Mission spatiale TRISHNA



Maquette numérique réaliste du site d'Estampes en maïs (2019) – Modélisation DART
→ *Effet de l'espacement des plants*
→ *Effet des déterminants locaux*

Observation et simulation de réflectance dans la bande verte (560nm)



Thèse de Paul Boitard (2021-2023; financement Région Occitanie): Impact des déterminants du paysage sur le bilan d'eau et d'énergie des agro-écosystèmes par modélisation physique et télédétection visible et infrarouge thermique.



Merci de votre attention ! Questions ?...