



## Fonds Compétitif d'Innovation **PAQ-Post PFE**

« pour soutenir les actions de **valorisation** des travaux de fin d'études et pour la mobilité vers l'entreprise »

### Projet

### **Monitoring du stress hydrique sous céréales**

**Chef de Projet: Zoubeida BARGAOUI**

**Ingénieur jeune diplômée: Amel Béjaoui**

**Equipe ENIT: Sana Ben Thabet, Ines Mansouri, Nesrine Abid, Hamouda Dakhlaoui, Med Amine Touil, Sana Barhoumi**

**Equipe INGC: Radhouane Nsiri, Ramdhane Nasraoui, Mohammed Jedlaoui, Kais Elhassni, Rabeh Kalboussi**

**Durée 1 an (Juillet 2018- Juillet 2019) Budget (35 000 DT)**

**Activités du projet et résultats**

**Journée de clôture ENIT le 03/06/2021, salle 721**

# Le Pfe

- **Le PFE de Amel Béjaoui soutenu en juin 2017** à l'ENIT a été co-encadré par ENIT (Zoubeida Bargaoui)-INGC (Radhouane Nsiri).
  - **ENIT**: Zoubeida Bargaoui a conçu le code initial qui s'appuie sur le calibrage de trois paramètres du **modèle de bilan hydrique BBH** à partir de l'information pluie-débit. Elle a proposé l'introduction (i) du **modèle de Jarvis** de calcul de la résistance stomatique pour remplacer un des paramètres du modèle BBH; (ii) de l'indice de couverture végétale LAI (Leaf Area index) comme donnée d'entrée du modèle BBH. pour remplacer l'évaluation de Kc à partir des abaques FAO.
  - **INGC**: Radhouane Nsiri a contribué par son expertise de l'application IREY, des protocoles expérimentaux et de la base de données INGC.
- Dans son Pfe, l'étudiante Amel Béjaoui (filière Génie Hydraulique et environnement) a :
  - (a) développé le nouveau modèle en adoptant des valeurs saisonnières typiques de LAI pour le blé
  - (b) appliqué le modèle à 13 parcelles de l'INGC.

## En quoi consiste le projet de valorisation dans le PAQ-Post Pfe

### Monitoring du stress hydrique sous céréales?

- - utilisation de l'information satellitaire gratuite pour la modélisation du coefficient cultural et de l'évapotranspiration réelle.
- - lancement d'une nouvelle version IREY utilisant ces données satellitaires

# Bénéficiaires du projet

- Les bénéficiaires directs
  - les diplômés de la filière GHE –ENIT et en particulier la jeune diplômée financée par une salaire sur 1 année
  - les deux institutions partenaires (ENIT, INGC)
    - renforcement du partenariat avec le monde socio-économique
    - renforcement des bases de données concernant les pratiques agricoles;
- Les bénéficiaires indirects
  - les exploitants agricoles du secteur céréalier
  - et plus généralement les citoyens, grâce aux retombées sur l'économie de l'eau.

# Stratégie

- La stratégie visait à:
- (1) organiser des formations ciblées pour améliorer les capacités techniques et managériales de la jeune diplômée, ★
- (2) suivre in situ les variables clés du bilan hydrique, ★
- (3) *étudier la relation irrigation-rendements d'après l'examen des résultats des campagnes précédentes* ★
- (4) adopter une démarche de marketing direct pour l'application modifiée ★
- (5) sous-traiter la partie informatique de la modification de l'application à un expert. ★

# (1) Formations ciblées pour améliorer les capacités techniques et managériales des jeunes diplômés (réalisées à 100%)

- La Post-Doc a bénéficié d'un stage de 15 jours à l'Université de Gotenborg pour apprendre à travailler avec l'environnement de programmation Julia
- La Post Doc a été subventionnée pour suivre une école d'été sur la prévision numérique (été 2019)
- Trois formations ont été réalisées au profit de la Post-Doc, de jeunes diplômés et des partenaires (INGC, CRDA de Siliana)
  - (a) formation sur le logiciel ILWISS pour l'exploitation de l'information satellitaire (8 personnes)
  - (b) Formation en Business plan (12 personnes)
  - (c) formation en Management de projet (12 personnes)



## (2) Suivre in situ les variables clés du bilan hydrique (réalisé à 60%)

- **Intégration de l'information satellitaire et construction d'une base de données :**
  - des observations satellitaires disponible sur le site [Copernicus Global Land Service](#) et couvrant la période 2016 à 2018 ont été téléchargées et mises en forme pour être appliquées dans le modèle sur [les campagnes agricoles 2016-2017 et 2017-2018](#). Les données sont celles de deux indices de végétation (Normalized Difference Vegetation Index et Leaf Area Index 330m\*330m décadaire) et un indice d'humidité du sol (Soil Water Index 1km\*1km journalier). (Réalisé à 100%)
  - Collecte et Acquisition de données météorologiques journalières et de pluies journalières (Réalisé à 100%)
- **Validation terrain des résultats du pilote.** Les activités ont démarré sur la base du réseau d'observation du [projet PEER](#) (2013-2016) sur [l'identification et l'alerte à la sécheresse en Tunisie](#) (financement [US Aid](#)).
  - 3 capteurs du projet PEER placés **sous céréales** irriguées au Centre El Kantra ont continué à être suivis (Réalisé à 100% par Centre Kantra)
  - 3 capteurs du projet PEER placés **sous arboriculture** irriguée à Gaafour ont continué à être suivis (Suivi réalisé à 100% par l'agriculteur)
  - **9 nouveaux capteurs** installés chez des agriculteurs (GDA Lahouez) à Gaafour arboriculture, Béja céréales, Mateur céréales (réalisé à 50%)
  - 3 capteurs INGC dans une parcelle INGC à Borj Amri (le suivi a été effectué par l'ENIT mais a été abandonné par la suite) (réalisé à 10%)
  - Six parcelles d'agriculteurs ont été localisées pour être suivies par satellite pour LAI et SWI (Mateur, Béja, Karmania, Sidi Said, Merj Aouem). Seules trois ont été modélisées (Mateur, Karmania, Sidi Said) (réalisé à 50%)
  - 3 Parcelles INGC ont été suivies par satellite (Borj El Amri; Kodia à Bousalem; Chbika) ) (réalisé à 50%)
- Estimation en laboratoire (Laboratoire Génie Civil de l'ENIT) des propriétés du sol ([pesée des échantillons humide et sec pour déterminer la teneur en eau massique et volumique et la densité apparente](#))

Au total **270** manipulations en laboratoire

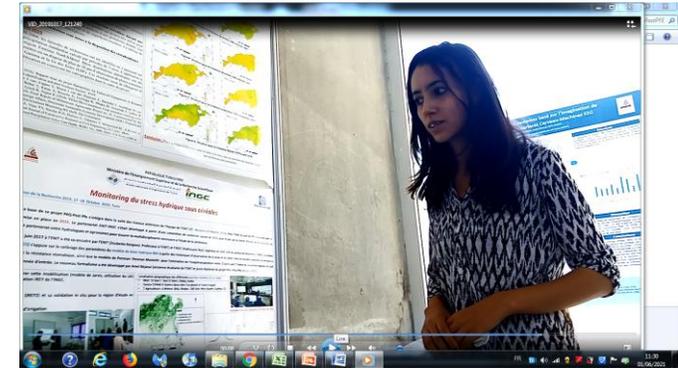


**Nombre d'échantillons prélevés lors des 13 visites effectuées:** Siliana-Gaafour: 54; Borj Amri: 6; Autres sites: 21; **Total: 81**



# (4) Démarche de marketing direct pour l'application modifiée

- **Un coaching de la jeune diplômée a été réalisé** par une enseignante en Sciences de la communication de l'ENIT (Mme Sana Barhoumi) (6 heures)
- **La Post Doc a participé à la journée de valorisation** de la recherche Octobre 2019 (Poster, interview)
- **Trois journées d'Information et de communication** sur le produit final attendu du projet ont été réalisées en partenariat avec INGC et CRDA de Siliana.
  - à INGC Bou Salem (6/12/2018)
  - au Centre de formation agricole El Kantra (26/2/2019)
  - au Centre de formation agricole de Testour (26/2/2020)
- **Présentations de l'avancement des travaux**
  - **Présentation Conseil scientifique de l'ENIT (25/4/2019)**
  - **Présentation à INGC (25/6/2020)**
  - **Présentation clôture (3/6/2021)**
- **Une enquête autour de l'intérêt des agriculteurs à utiliser l'application IREY a été réalisée (réalisé à 93%).**
  - Le texte de l'enquête a été élaboré par la jeune diplômée et validé par l'INGC.
  - Au total il y a eu 43 enquêtés: 22 par la jeune diplômée et 21 en sous traitance. par des consultants (43 sur 50 prévus)



# Présentations effectuées pour le marketing du projet

صندوق الابتكار التنافسية لدعم أعمال تقييم أعمال نهاية الدراسات وللتنقل نحو الشركة

رصد الإجهاد المائي تحت الحبوب  
يوليو 2018 - يوليو 2019



12-2018 - 6 اليوم الأول للتبعل مع الفنيين حول المشروع



يوم اعلامي في اطار مشروع لتدعيم مراقبة الاجهاد المائي لدى الحبوب

منظم من طرف

المدرسة الوطنية للمهندسين بتونس  
المعهد الوطني للزراعات الكبرى

مركز التكوين المهني الفلاحي في قطاع الآلية بالقفنطرة بولاية سليانة  
26/2/2019



Projet PAQ-Post PFE

Monitoring du stress hydrique sous céréales

Chef de Projet: Zoubeida BARGAOUI  
Ingénieur jeune diplômée: Amel Béjaoui

Equipe ENIT: Sana Ben Thabet, Ines Mansouri, Nesrine Abid, Hamouda Dakhlou, Med Amine Touil  
Equipe INGC: Radhouane Nsiri, Ramdhane Nasraoui, Mohammed Jedlaoui, Kais Elhassni, Rabeh Kalboussi

ENIT le 25/4/2019

1



Fonds Compétitif d'Innovation pour soutenir les projets de valorisation au sein et autour des technopôles  
PAQ-POST PFE

Partenaires: ENIT / INGC / CRDA de Siliana / Centre de formation El Kantra

Projet: Monitoring du stress hydrique sous céréales

Apport des données satellitaires et de la modélisation du bilan hydrique pour suivre le stress hydrique

Amel Béjaoui (ENIT), Zoubeida Bargaoui (ENIT), Radhouane Nsiri (INGC)

Journée d'information

CTV Testour le 26/2/2020

1



Avancement du projet PAQ Post PFE

Monitoring du stress hydrique sous céréales

25/6/2020  
INGC, Bousalem

1



Fonds Compétitif d'Innovation PAQ-Post PFE  
« pour soutenir les actions de valorisation des travaux de fin d'études et pour la mobilité vers l'entreprise »  
Projet

Monitoring du stress hydrique sous céréales

Chef de Projet: Zoubeida BARGAOUI  
Ingénieur jeune diplômée: Amel Béjaoui

Equipe ENIT: Sana Ben Thabet, Ines Mansouri, Nesrine Abid, Hamouda Dakhlou, Med Amine Touil, Sana Barhoumi

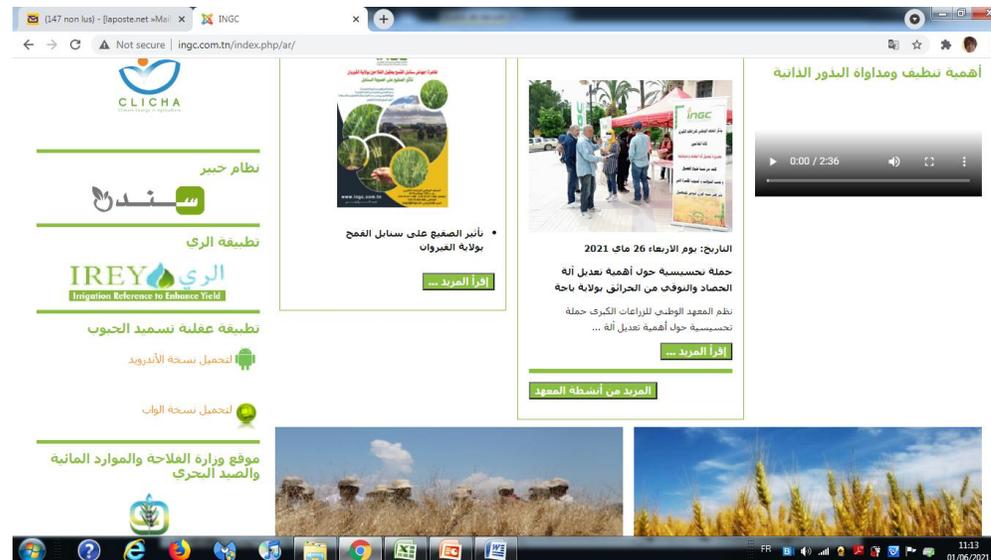
Equipe INGC: Radhouane Nsiri, Ramdhane Nasraoui, Mohammed Jedlaoui, Kais Elhassni, Rabeh Kalboussi

Durée 1 an (Juillet 2018- Juillet 2019) Budget (35 000 DT)  
Activités du projet et résultats  
Journée de clôture ENIT le 03/06/2021

1

# (5) sous-traiter la partie informatique de la modification de l'application à un expert

- Devis du fournisseur (en exclusivité) obtenu. C'est le fournisseur de service pour IREY.
- Bon de commande préparé
- Lancement de la procédure par une réunion à distance (Mai 2021)

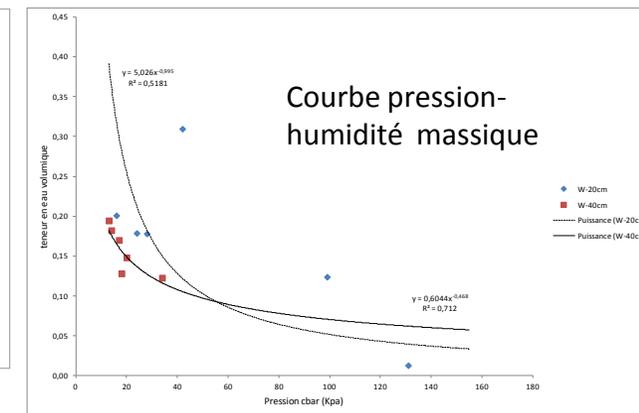
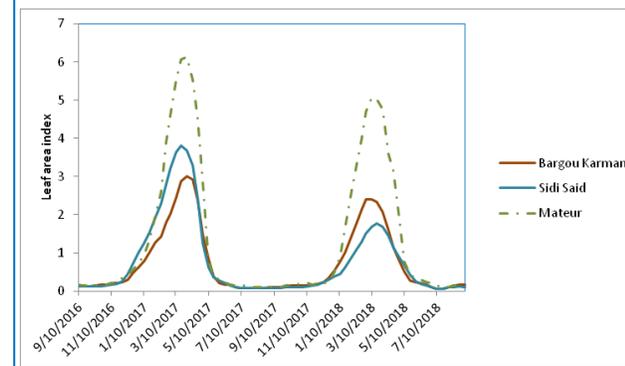
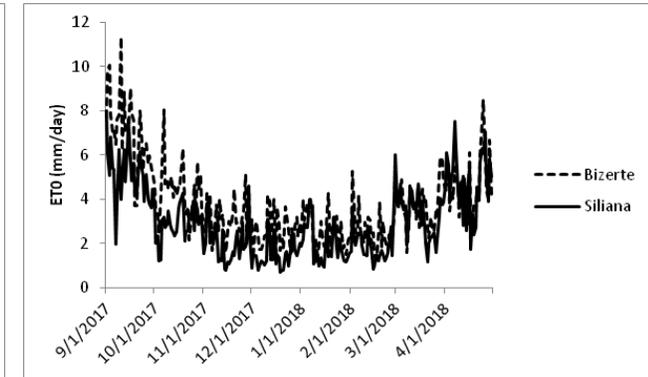
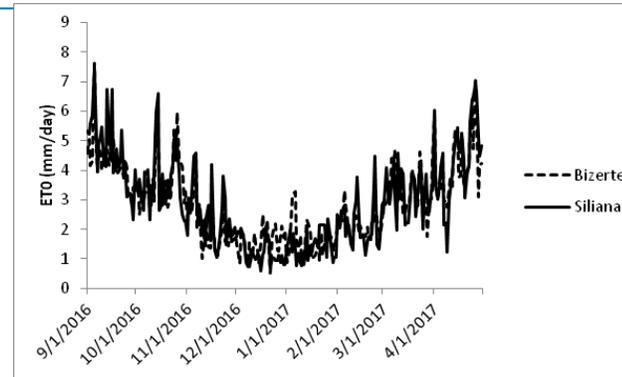
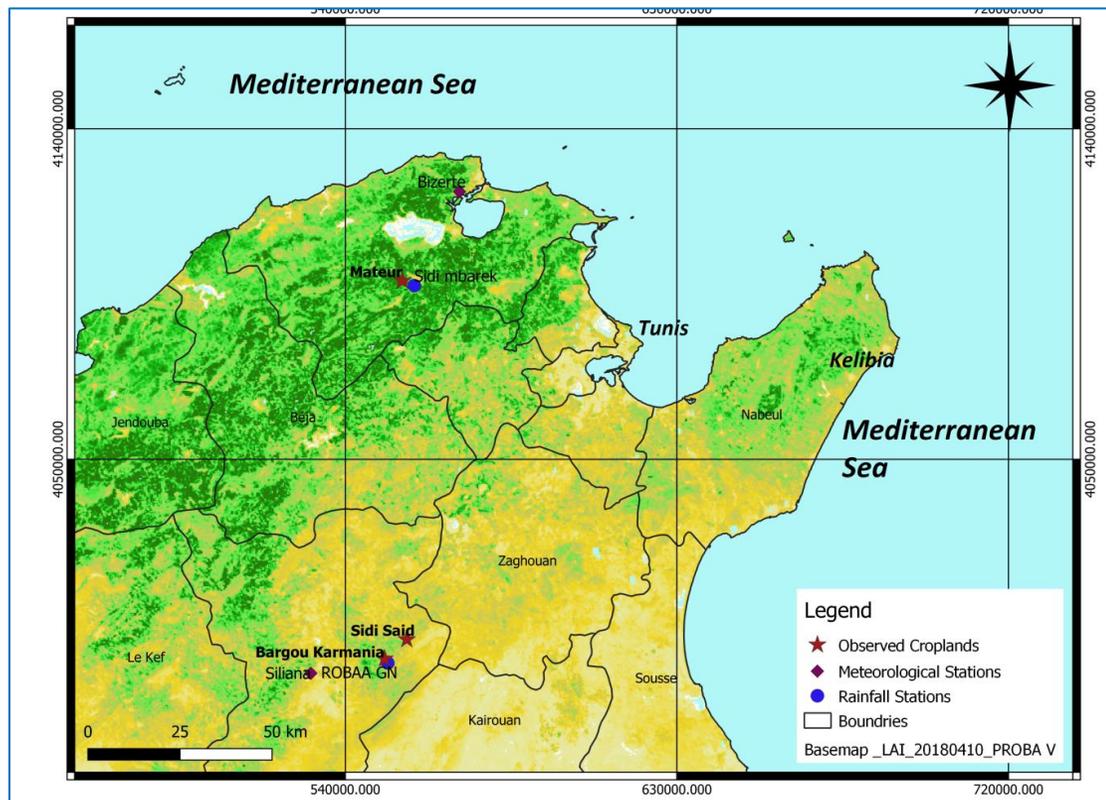


# Résultats des travaux scientifiques

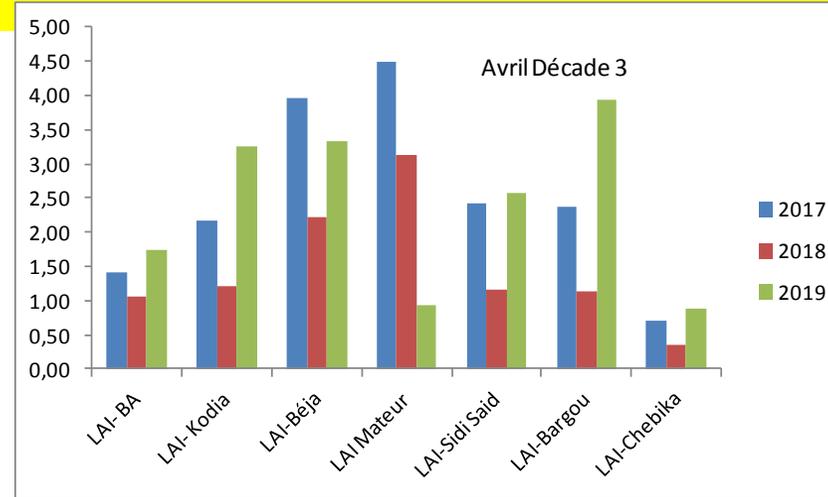
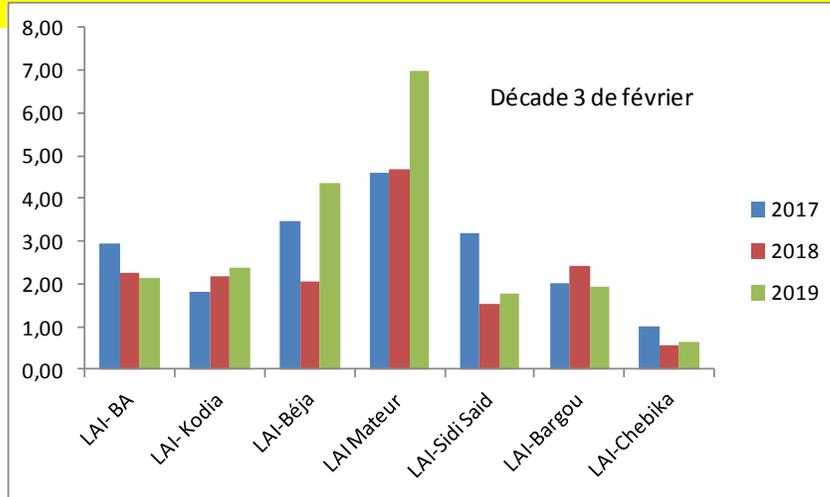
Parcelles étudiées ( $ET_0$  à partir des observations météorologiques et LAI satellitaire)

En pluvial 3 parcelles de 5 à 25 hectares

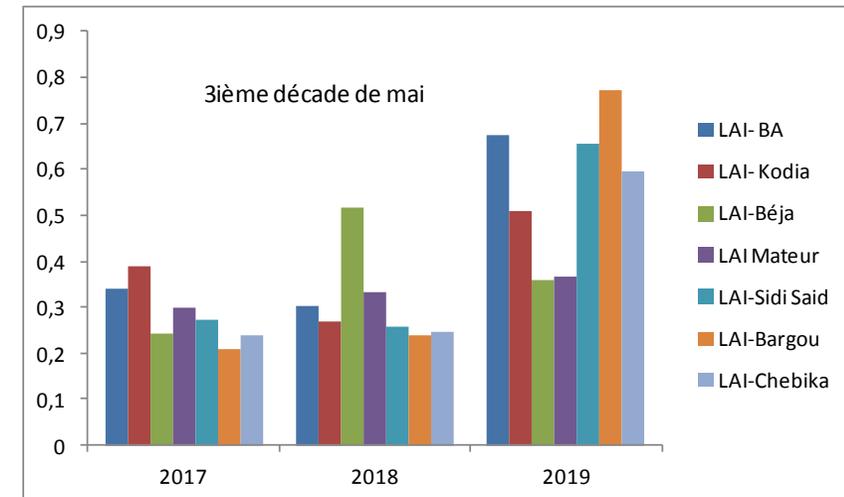
Stations météorologiques de référence Bizerte et Siliana, pluviomètres de référence Sidi Mbarek, Robaa



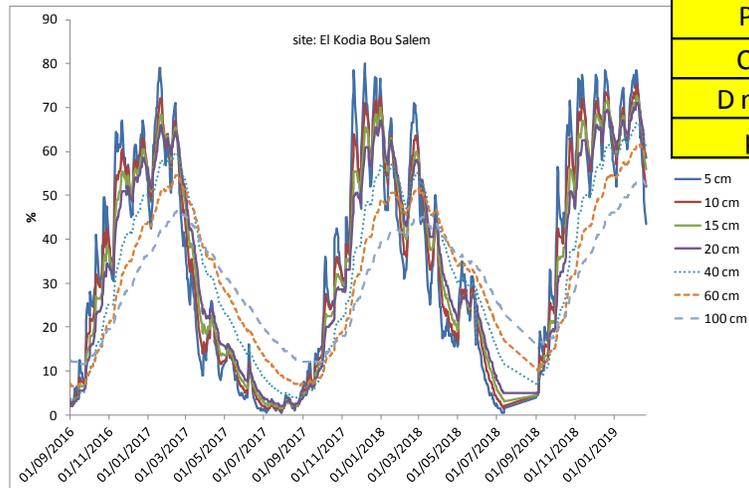
# Résultats: Variabilité interannuelle du LAI sur 3 ans à une même date



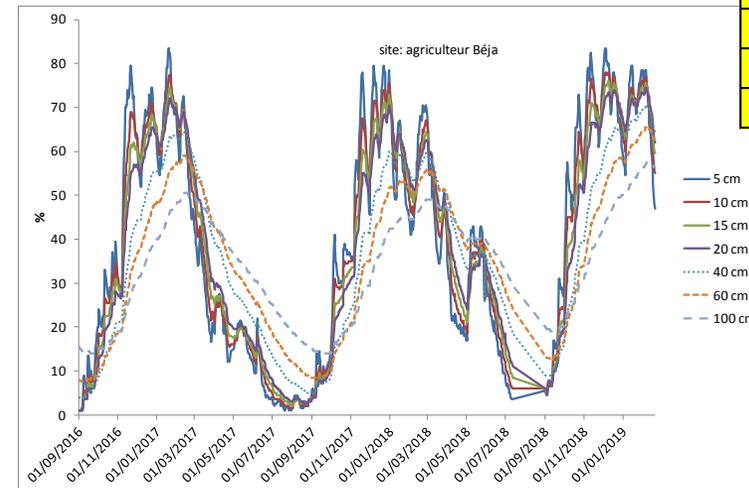
Est-ce que cette variabilité se reflète dans la production agricole ?



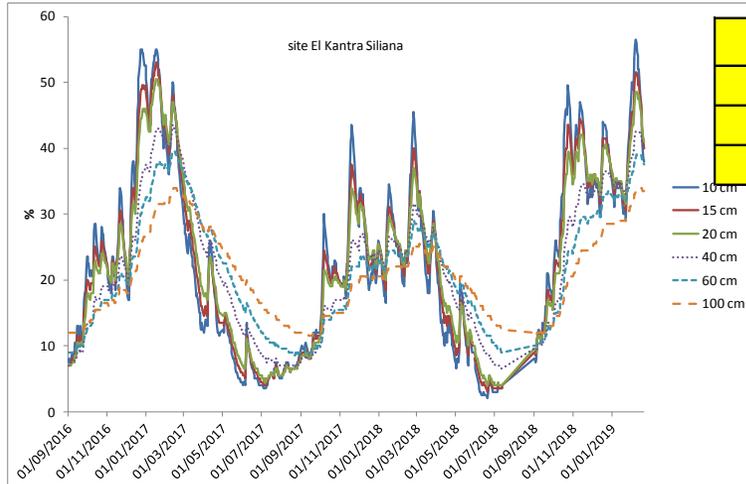
# Séries de SWI satellitaire (indice d'humidité du sol)



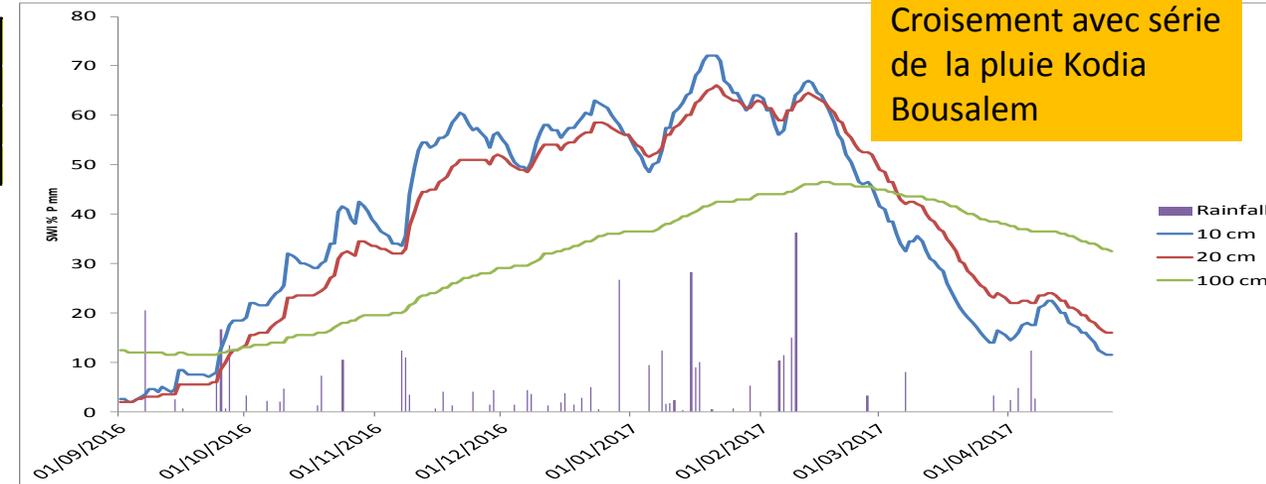
$P_F$	0,136
CC	0,444
D mm	500
$\rho$	0,47



$P_F$	0,252
CC	0,411
D mm	500
$\rho$	0,51



$P_F$	0,136
CC	0,433
D mm	500
$\rho$	0,48



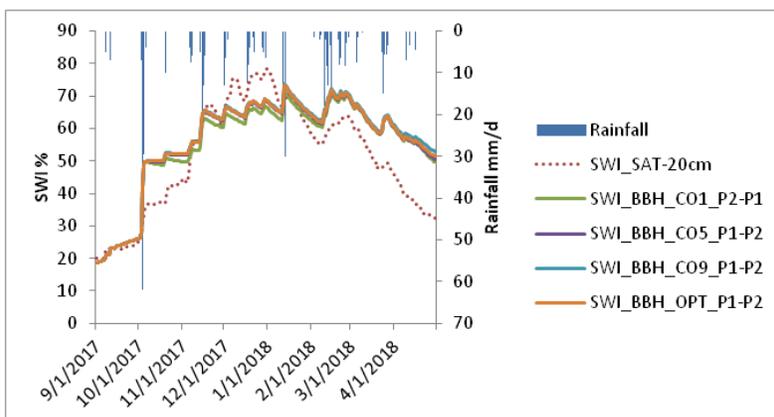
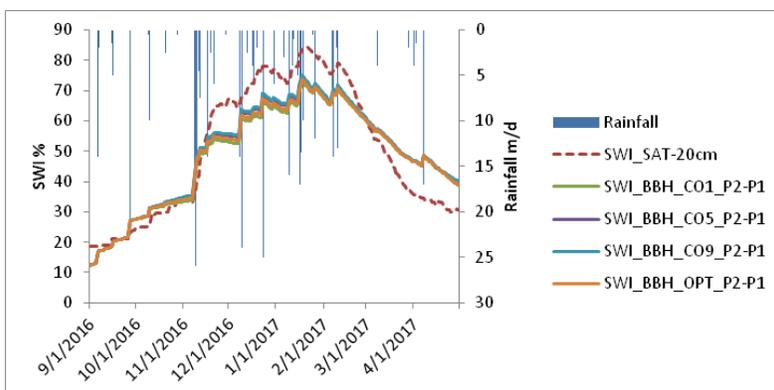
Croisement avec série de la pluie Kodja Bousalem

■ Rainfall  
— 10 cm  
— 20 cm  
— 100 cm

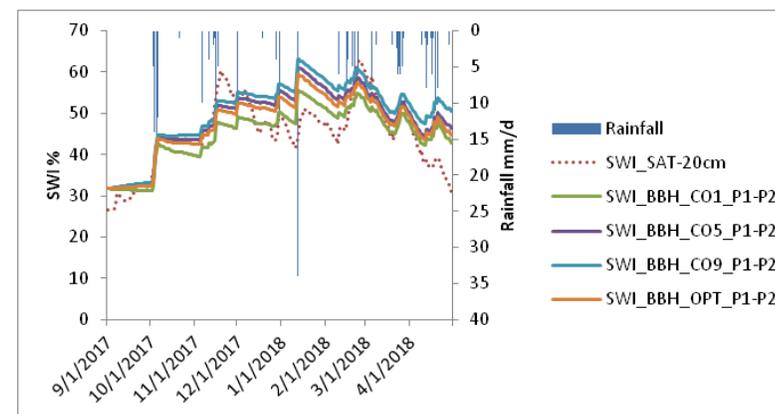
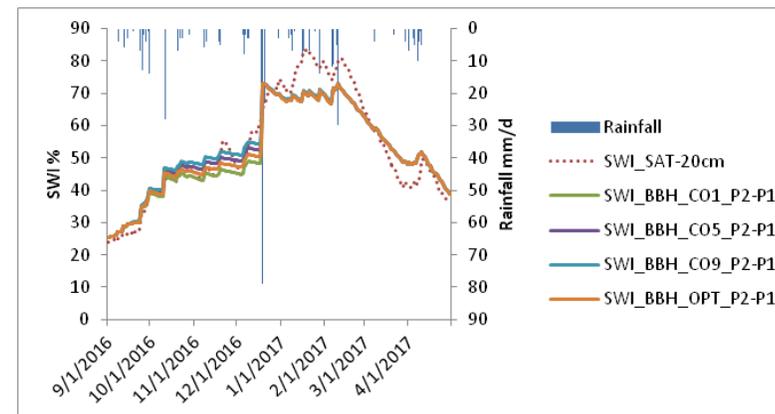
# Résultats du modèle en pluvial

les deux périodes 1/9/2016 -30/4/2017 et 1/9/2017-30/4/2018 diffèrent par leur pluviométrie  
La validation du calage obtenu à partir de la période plus sèche est à 100% mais pour la période humide validation à 60%. D'autres variables de contrôle à trouver

## Parcelle de Mateur. Modèle calé et validé



## Parcelle de Karmania Modèle calé et validé



En irrigué les observations des quantités irriguées étant non disponibles, le modèle n'a pas pu être simulé pour les parcelles irriguées Kantra, INGC