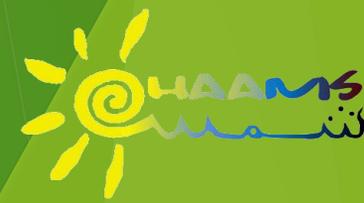


Téledétection spatiale et pilotage de l'irrigation

SGHIR Fathallah, LE PAGE Michel, CHAKROUN Hedia
TOULOUSE, 05/07/2022





Pilotage de l'irrigation et réalité du terrain

C'est quoi le pilotage d'irrigation?

- Le pilotage de l'irrigation vise à maintenir la teneur en eau du sol à un niveau suffisant pour satisfaire les besoins en eau de la culture en évitant l'excès pouvant entraîner l'asphyxie racinaire, ou le manque d'eau préjudiciable à la production.

Aide au pilotage d'irrigation

- L'aide au pilotage concerne les décisions quotidiennes que doit prendre l'agriculteur, il fait appel aux connaissances sur les relations hydrique dans le sol-plante-atmosphère.

Outils et méthodes de pilotage d'irrigation

- Soit par des mesures directes au niveau de la plante (variations du diamètre, T° de surface, flux de sève) précise mais nécessite une grande technicité, soit au niveau du sol (humidité et potentiel) ou par simulation du bilan hydrique (plus courantes).



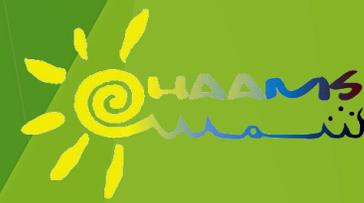
Suivi de flux de sève



Pilotage à partir de tensiomètres ou sondes capacitives



stations agro météorologiques



INSTALLATION D'UN SYSTÈME D'AVERTISSEMENT À L'IRRIGATION DANS LA ZONE DE RECONVERSION DE L'IRRIGATION

SYSTÈME MIS EN PLACE PAR L'ORMVAH:

calcul de l'ET0

Formules combinées:

- Penman-Monteith (FAO)
- Blaney-Criddle (1950)
- Hargreaves, ...



Recours à des stations agro météorologiques

- Installation de stations météorologiques
- Installation des panneaux d'affichage lumineux
- Concentration des données au niveau du serveur central
- Intégration des données calculés dans l'application web existante.

MOYENS DE COMMUNICATIONS:

- Panneaux d'affichage lumineux
- Envoi de bulletin d'avertissement à l'irrigation
- SMS.

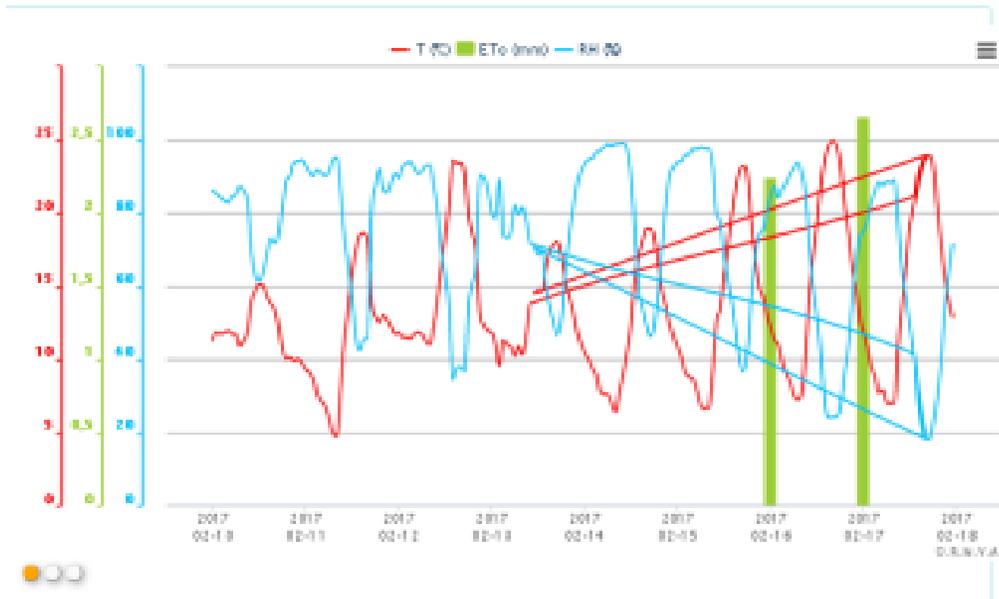


Bulletin journalier d'avertissement à l'irrigation



BENJAMER

	T (°C)			RH (%)			ETo (mm)		R (mm)		Irrigation	
Date	Max	Min	Avg	Max	Min	Avg	Max	Min	Max	Min	Icon	mm
11/02/2017	42,40	78,99	96,10	4,70	11,45	18,60	1,50	3051,50	3,50	↘	☀	0,00
12/02/2017	34,30	74,10	94,00	11,00	15,46	23,60	6,00	4021,10	6,20	↘	☀	0,00
13/02/2017	71,60	78,32	89,40	9,50	11,14	13,80	0,00	680,90	2,60	↘	☀	0,00
14/02/2017	46,20	82,64	99,00	6,40	12,07	18,90	0,00	4113,10	2,10	↘	☀	0,00
15/02/2017	56,60	75,92	97,90	6,60	13,87	23,20	0,00	4963,20	1,60	↘	☀	0,00
16/02/2017	24,00	62,68	93,70	7,20	15,49	24,90	0,00	5032,90	2,30	↘	☀	2,24
17/02/2017	18,00	58,98	88,90	7,00	14,86	23,90	0,00	5190,80	2,50	↘	☀	2,66



ORMVA DU HAOUZ MARRAKECH

IRRIGATION ADVISORY BULLETIN

Date from : to :
Irrigation Sector:
Weather station :

Date	Temperature		relative Humidity		ETo (mm)	Rainfall (mm)
	Max (°C)	Min (°C)	Max (%)	Min (%)		
1/11						
2/11						
3/11						
4/11						
...						
TOTAL :						

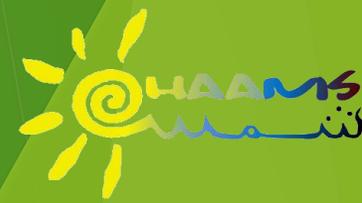
Crop coefficients (Kc) for some crops in Haouz plain :
(Source : bulletin FAO n°24)

Crop	Initial stage	Development stage	Mid-saison	Late-saison
Cereals	0.40	0.75	1.00	0.20
Olive tree (>6ans)	0.50	0.50	0.50	0.50
Maïs	0.40	0.80	1.20	0.70
Potatos	0.40	0.80	1.05	0.75
Tomatos	0.40	0.60	1.00	0.65
Onion	0.40	0.75	1.00	0.75
Sweet pepper	0.40	0.95	1.10	0.80
Alfalfa	0.40	0.50	0.90	1.20
Citrus	0.75	0.75	0.75	0.75
Vine	0.65	0.65	0.65	0.65
... etc

CROP WATER REQUIREMENT CALCULATION :

$$\text{Net irrigation (m3/ha)} = [\text{ETo (mm/jour)} \times \text{Kc} - \text{Rainfall (mm)}] \times 10$$

**RÉALITÉS DU TERRAIN (cas du
projet en cours de reconversion au
périmètre de la Tessaout Amont)
Haouz- Maroc**



AU NIVEAU DES PÉRIMÈTRES COLLECTIFS GÉRÉS PAR L'ORMVAH AVEC TOUR D'EAU OU À LA DEMANDE RESTREINTE

Impossibilité de répondre aux besoins hebdomadaires ou journalières des cultures en raison des restrictions opérées au niveau des barrages à cause du déficit hydrique qui devient de plus en plus structurel avec les changements climatiques → **pilotage de plus en plus difficile,**

Figure n° 1 : Réserve du barrage My Youssef au début des campagnes agricoles

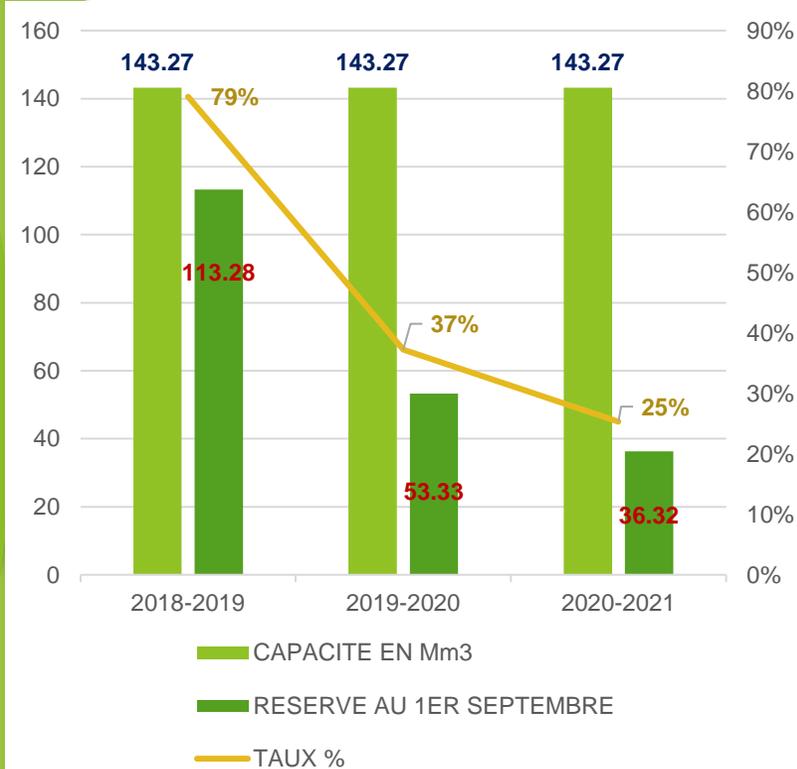


Figure n° 2 : Apports enregistrés au niveau du barrage My Youssef durant les campagnes agricoles

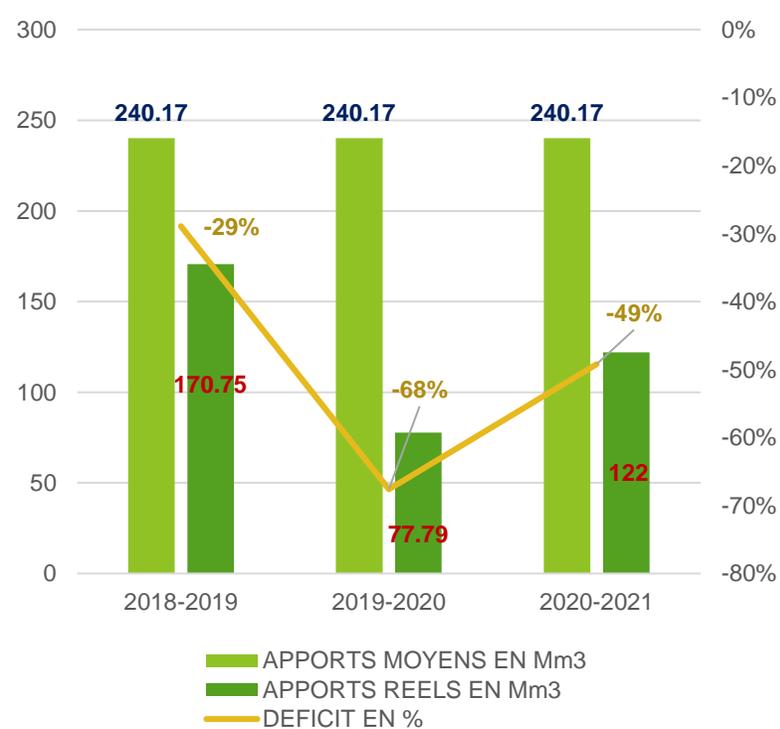
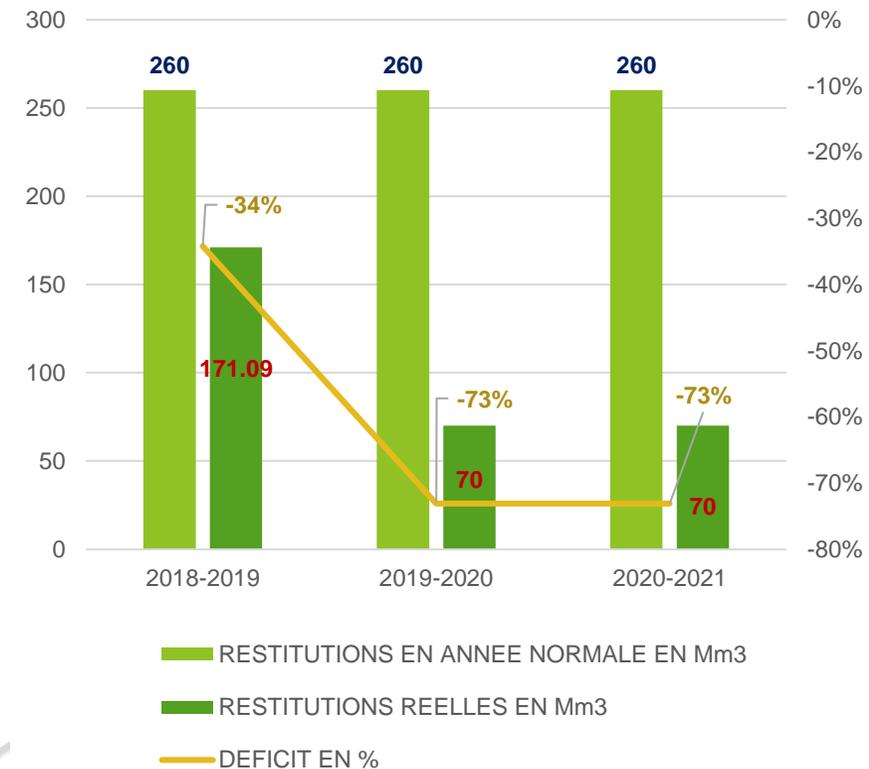


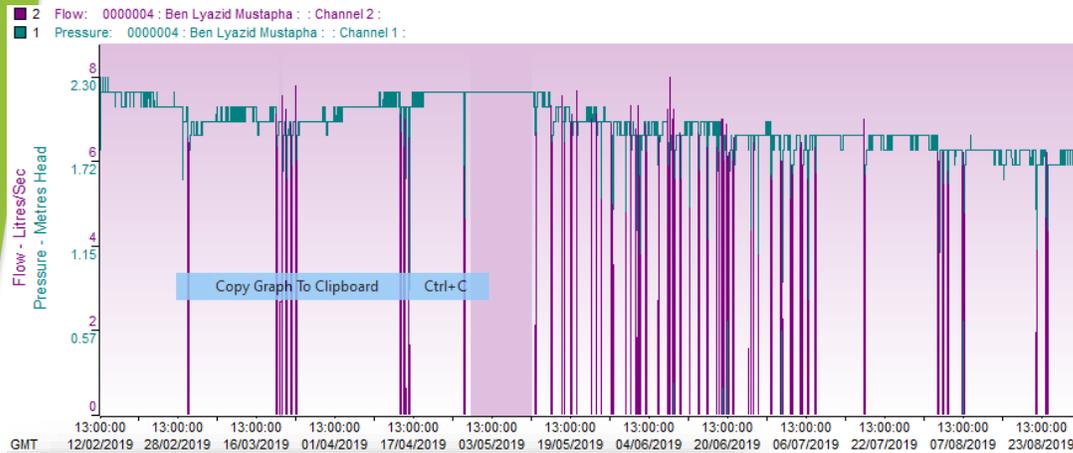
Figure n° 3 : Restitutions réalisées à partir du barrage My Youssef durant les campagnes agricoles



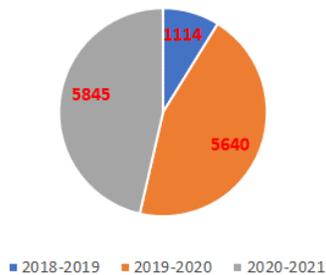
AVEC DES AGRICULTEURS QUI FONT RECOURS AUX EAUX SOUTERRAINES, CAS DE LA ZONE DE BOUIDA 3 440 HA EN COURS DE RECONVERSION.

Le pilotage et les conseils donnés par l'Office permettent aux agriculteurs avertis de bien gérer l'eau d'irrigation et de faire des économies **→ le pilotage dans ces cas est apprécié par les agriculteurs,**

- Inventaire des puits et forages dans la zone du projet, **192 puits et forages** ont été recensés permettant d'irriguer une superficie de **1155 Ha soit 35%** de la superficie du projet de reconversion de Bouida.

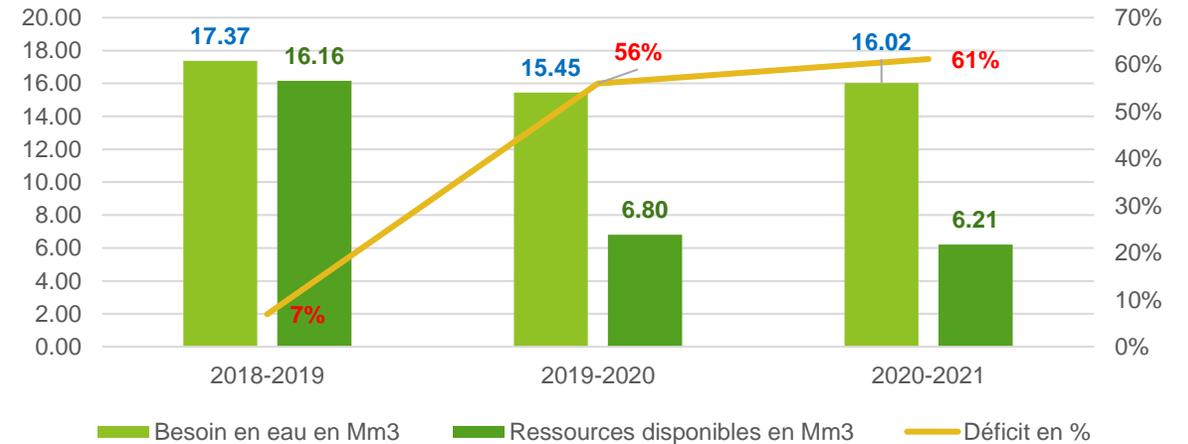


Volume moyen prélevé par Ha au niveau de l'échantillon en m3

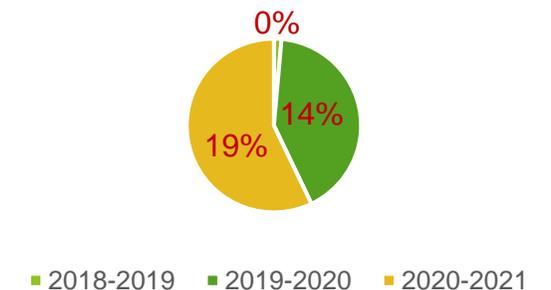


Les agriculteurs qui disposent de forages, se sont rabattus sur la nappe pour soutirer les eaux de complément en fonction des besoins des cultures. Ainsi, le volume pompé en 2019-2020 sur notre échantillon était de **5640 m3/ha** et en 2020-2021, ce volume a atteint **5845 m3/ha** alors qu'il était en 2018-2019 de **1114 m3/ha**.

Figure n° 4 : Besoins et ressources en eau au niveau de la zone du projet durant les trois campagnes agricoles en Mm3 (eau de surface et précipitations) et déficit%

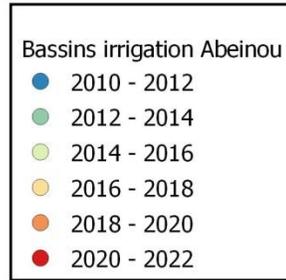


Déficit avec pompage dans la zone du projet en %

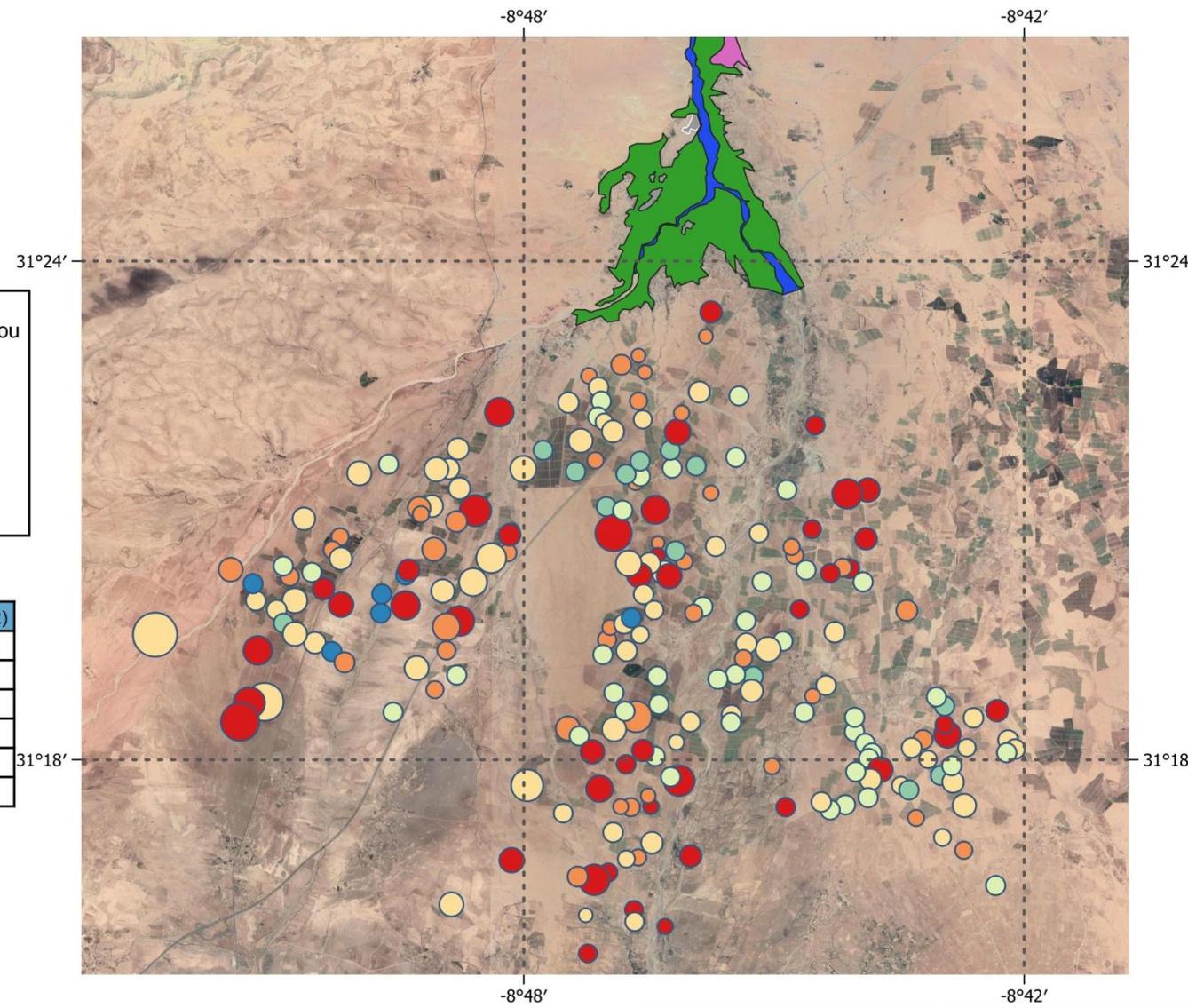


Fort développement de l'irrigation en Initiative Privée

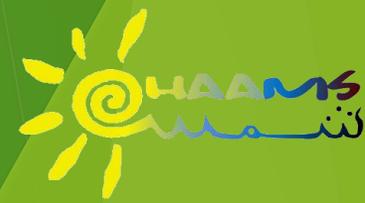
Implantation de bassins d'irrigation dans la région de Chichaoua de 2010 à 2022



Year	Count	Area (m2)
2010-12	6	795
2013-14	33	1870
2015-16	55	5335
2017-18	66	8400
2019-20	45	5000
2021-22	44	5570

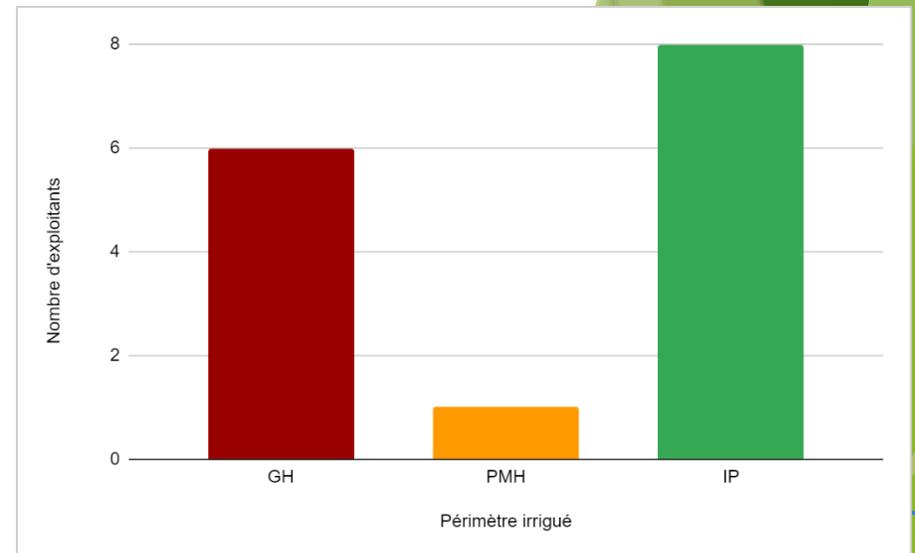
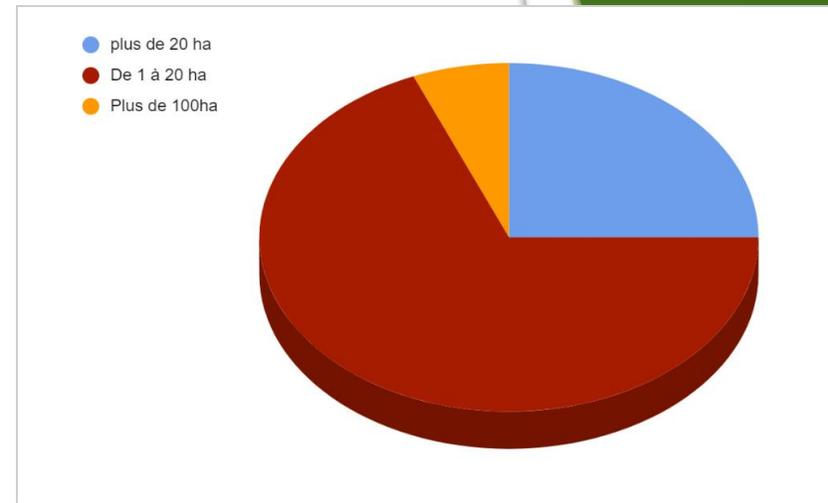
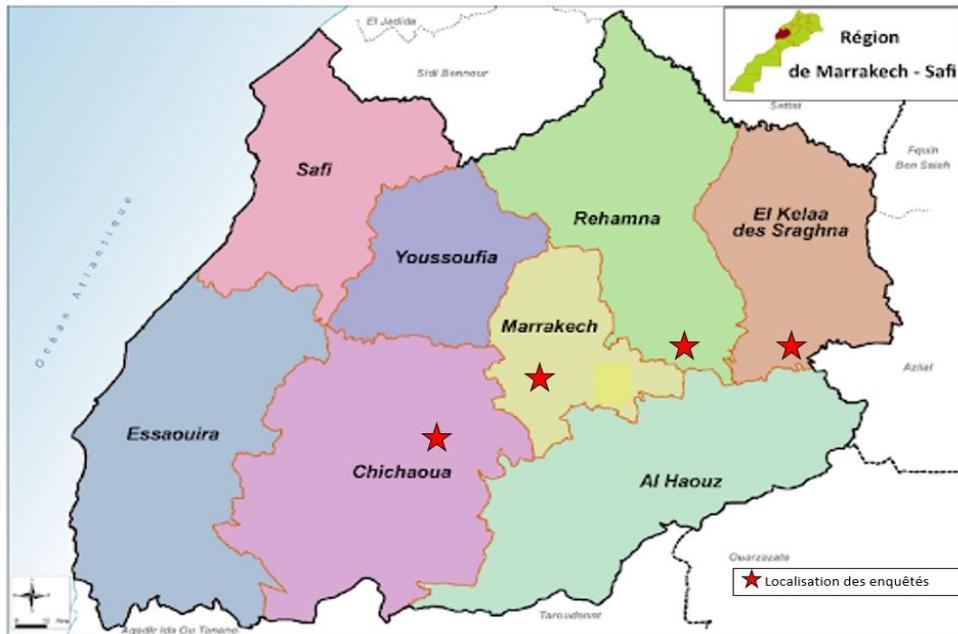


**Nécessité de la recherche pour
disposer d'outils performants pour
la prise de décision surtout dans le
cas de l'irrigation privée**

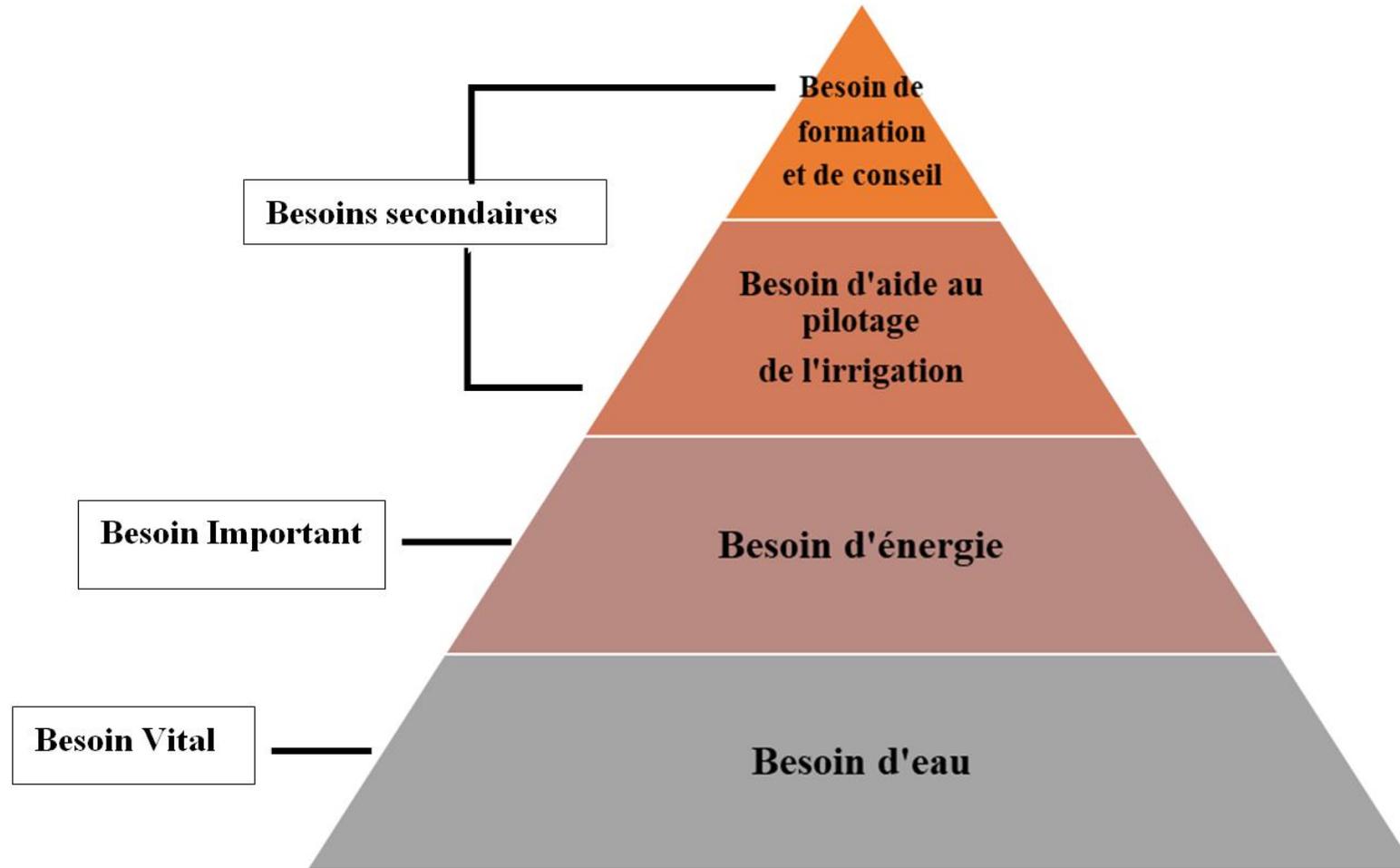


Enquêtes chez les agriculteurs

- 15 exploitations enquêtées par entretien semi-directif (jan-fev 2022)
- Forte sécheresse qui limite la possibilité des enquêtes



Pyramide des besoins



Propension des agriculteurs à adopter un meilleur pilotage

L'enquête a montré que l'**observation directe** est utilisée par la quasi-totalité des agriculteurs (14 personnes) interrogés pour leur prise de décision de l'irrigation.

2/3 des agriculteurs interrogés sont **satisfaits de leurs méthodes** parce qu'elles fonctionnent efficacement mais aussi parce qu'ils n'ont pas d'autres choix, et d'ailleurs il est difficile de les persuader autrement.

5 personnes ont exprimé leurs insatisfactions vis-à-vis de leurs pratiques, ils assument que ces méthodes sont fastidieuses, nécessitent beaucoup de surveillance, imprécises, et engendrent surtout une perte d'eau, une hypoxie racinaire (suite aux excès d'eau), et une répartition hétérogène sur la parcelle.



Que pensez-vous d'une solution qui permettrait de gérer l'irrigation au plus près des besoins réels de la plante afin de réduire la consommation d'eau sans nuire à la productivité ? Seriez-vous prêt à l'utiliser ?

Une grande majorité des répondants ont exprimé leurs intérêts à utiliser cet outil. C'est une bonne nouvelle par rapport à la pyramide des besoins puisque cela suggère qu'une meilleure maîtrise de l'irrigation pourrait devenir une priorité des irrigants s'ils disposent d'outils fiables.

Ainsi, une grande majorité des agriculteurs des interrogées souhaitent utiliser Sat'Irr afin d'optimiser la gestion de sa ressource en eau. Cela confirme la conscience de la situation critique des ressources en eau chez les agriculteurs et le besoin de mieux maîtriser sa consommation en eau.

Suit la diminution de l'intervention de l'agriculteur, un objectif souhaité par 4 agriculteurs des interrogées, et la réduction des coûts de production. Cela va dans le sens d'une réduction des frais opérationnels que l'on peut mettre en parallèle avec le passage au pompage solaire. Cela va également dans le sens d'une réduction de la pénibilité de leur travail.

Trois exploitants des enquêtés souhaitent que l'outil va leur permettre de faciliter le pilotage de l'irrigation et de réguler l'utilisation des engrais.

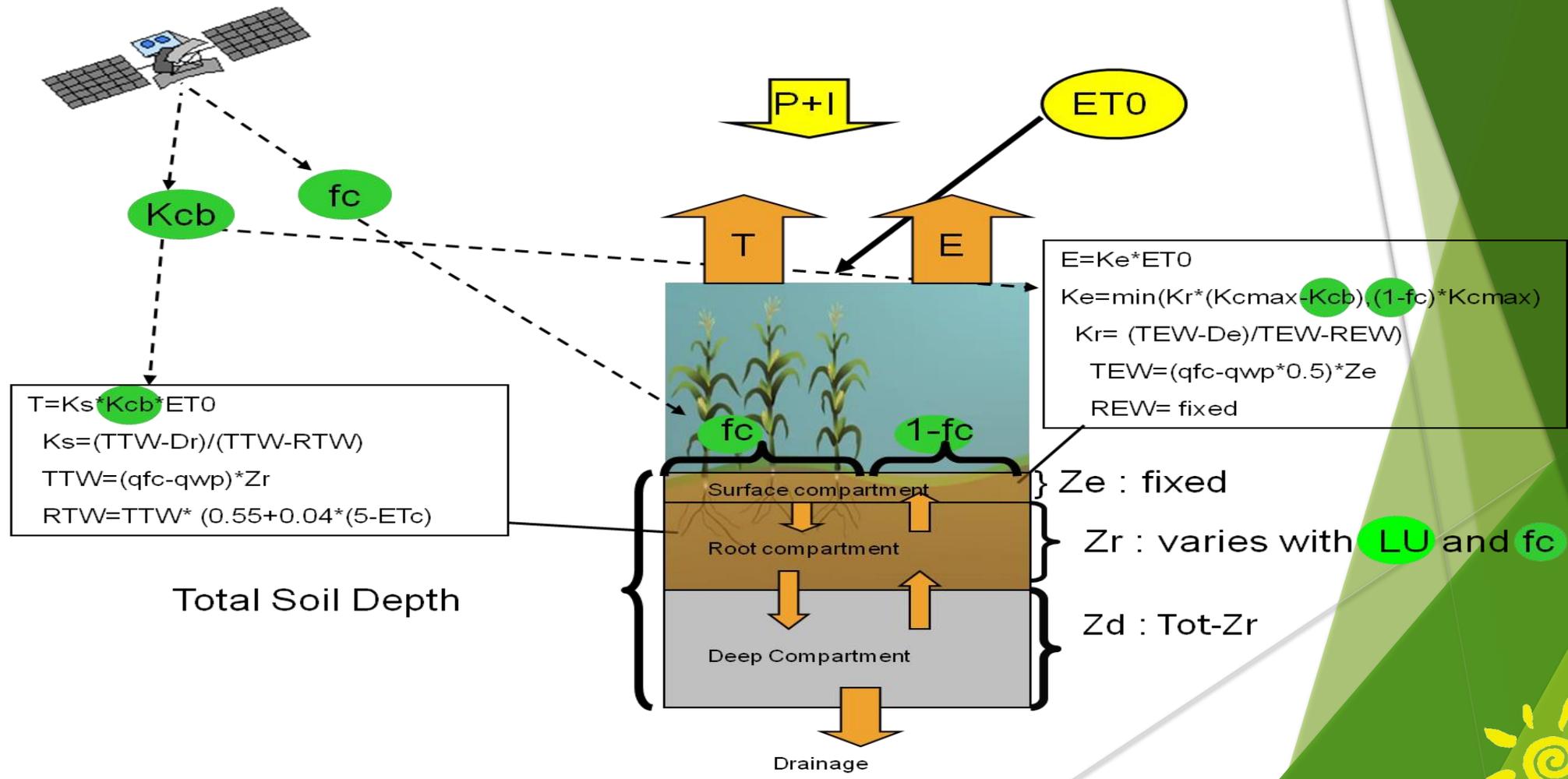




Rappels sur l'outil Sat'Irr



Method: The FAO-56 dual-crop method with remote sensing and water budget





Server side



0. Fill the year with climatology and an optimal Kc_b and F_c



1. Get weather + irrigation of the last day



2. Update weather forecasts



3. If there is a new NDVI image, input it, interpolate between this image and the previous one
- If there is no new image, extrapolate between previous one and now



4. Compute water budget, with actual (past) and automatic trigger of irrigation (future)

Next day

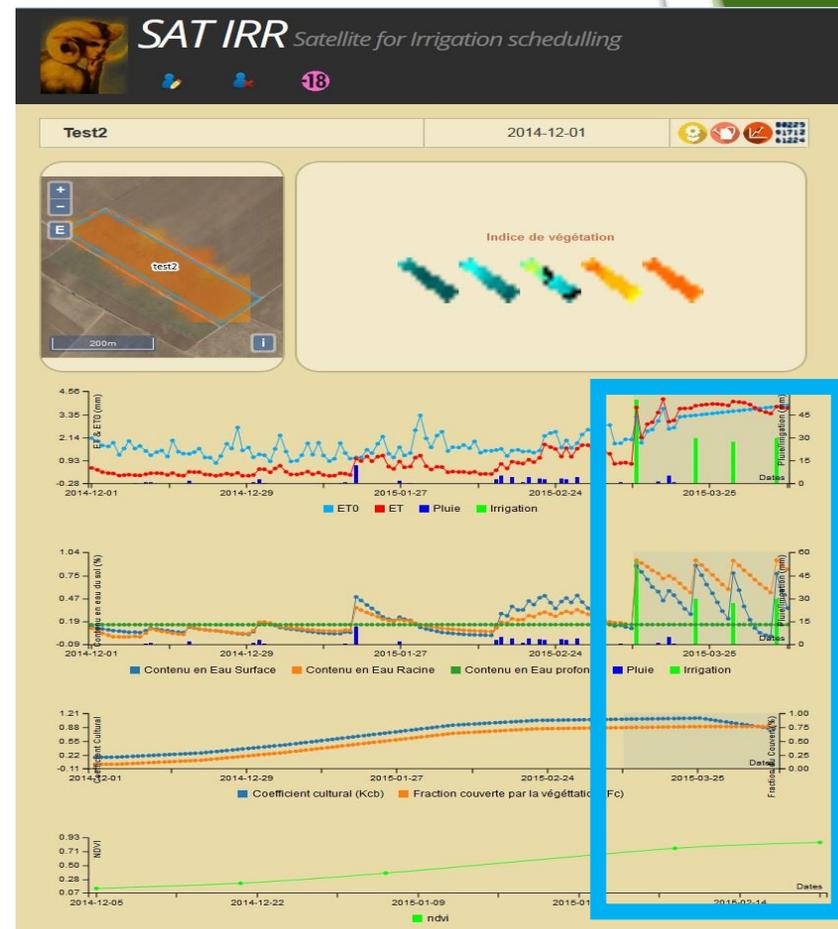


Client side

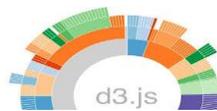


Draw and initialize my plots

Nom	Culture	Date de semis	Station Météo	Supprimer	Modifier	Irriguer!	Graphe	Table
test2	Pomme de terre	2014-12-01	KAIROUAN					



Examine my plots and look into future days for irrigation decision



<http://osr-cesbio.ups-tlse.fr/Satirr>





Timeline



2002

Applied research based on optical remote sensing (Spot, Landsat)

SAMIR: Satellite Monitoring of Irrigation

- Offline
- IDL
- Multi-objective

2012

Applied research based on thermal remote sensing (Aster, Landsat)

First real-time experiment on wheat

Sat'Irr registered



2015

Applied research based on radar remote sensing (Sentinel-1)

First online prototype (Landsat-8)



WAGO©

2019

Transfer to TerraNIS, France

2021

Transfer to CRTS, Morocco

Convergence with thermal approach

Euralis

Géant Vert

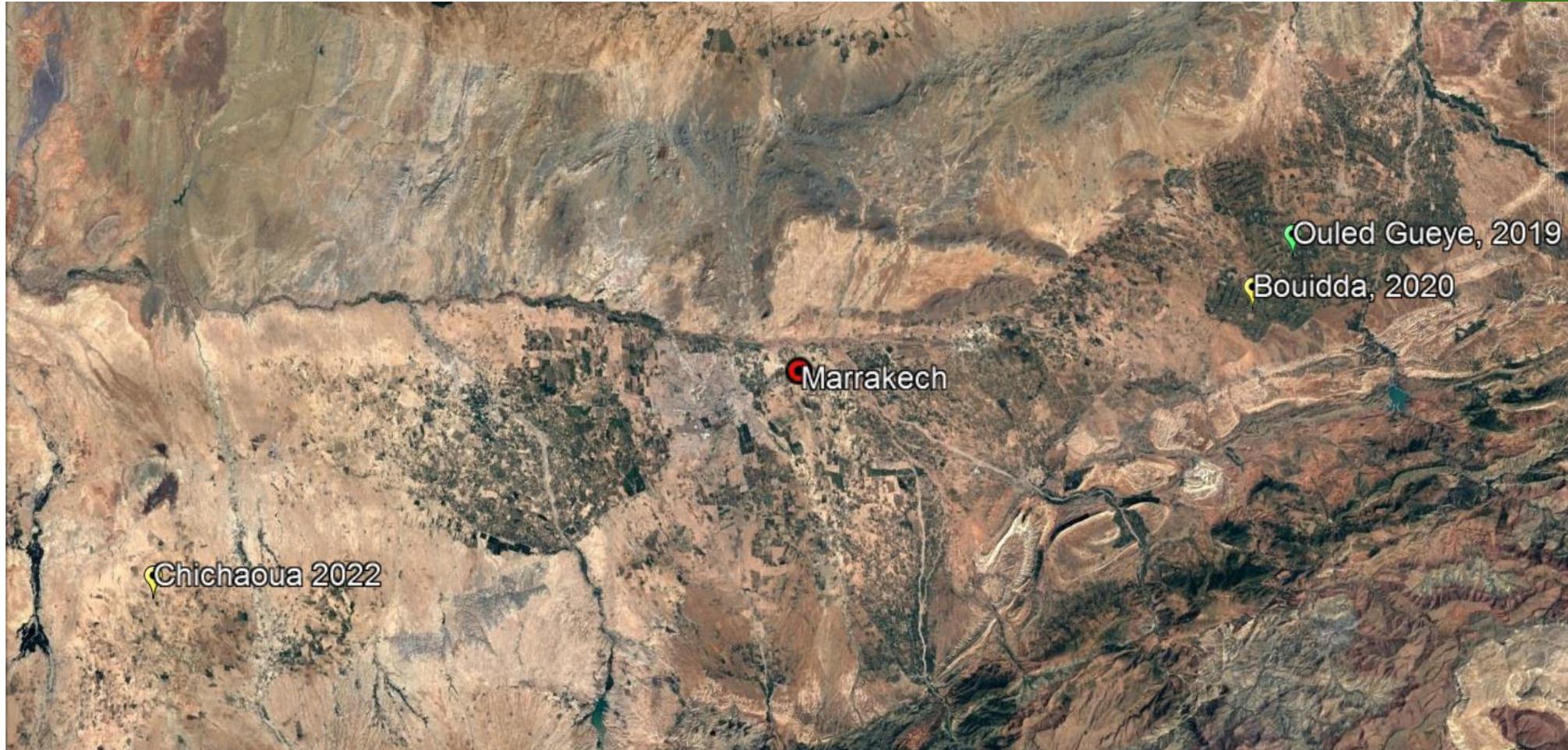
ESA Wineo





Essais sur parcelle et interaction avec les agriculteurs au Maroc

Maroc



Maroc, 2019

- Ouled Gueye: secteur en reconversion
- 3 agriculteurs



Maroc, 2019

- Installation d'un dispositif low-cost



Maroc, 2019

- Installation d'un dispositif low-cost



Maroc

Diapos Qabbaj / Salah Attaouia



Conclusion Maroc, 2019

Positif

- Dans la région de Zemrane, La 3G fonctionne très bien sur le réseau Maroc Telecom, pas du tout sur INWI..
- Beau panel d'agriculteurs, depuis des gens très au fait des technos (Kabbaj) jusqu'aux agriculteurs très traditionnels comme Ssi Lahbi ou Ssi Zitouni. Ssi Zitouni n'a pas de tél portable.
- Les agriculteurs se sont montrés très intéressés par la technologie et l'imagerie satellitaire

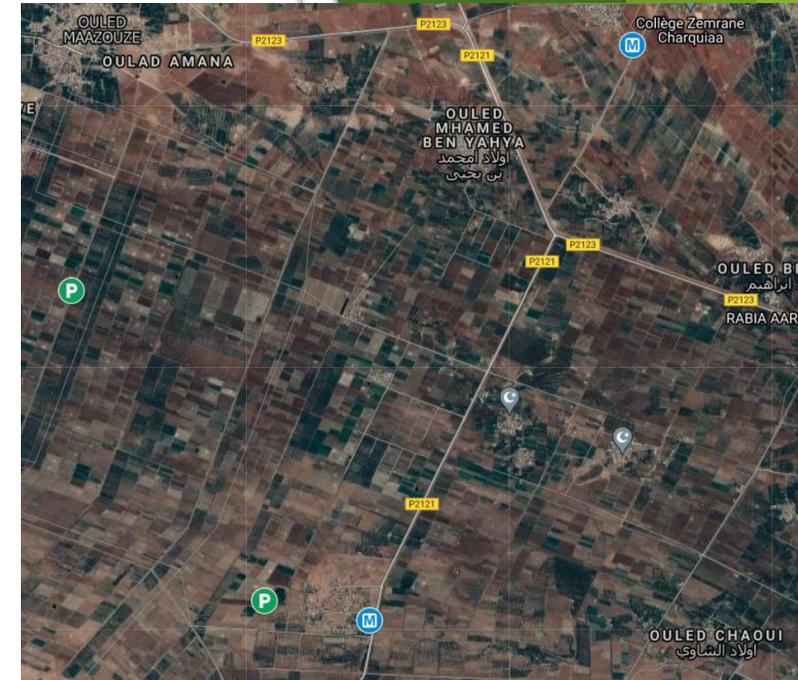
Négatif

- Expériences sont très gourmandes en temps et RH
- Le CMV de R3 devait transmettre les infos d'irrigation, ça n'a pas fonctionné.
- Le dispositif Low-cost n'est pas mature, capteurs d'humidité du sol low-cost peu fiables
- Le modèle doit être adapté pour accepter différents inputs IoT
- Adapter les déclenchements d'irrigation au système goutte à goutte
- Le vecteur d'information n'est pas idéal: Il faut traduire l'application en arabe, simplifier les visuels, proposer une interface smartphone



Maroc, 2022

- Bouidda, 2 agriculteurs disposant de forages (eau disponible)
 - pastèque/olivier
 - maïs
- Chichaoua: ferme privée:
 - maraichage (pastèque en 2022)
 - olivier



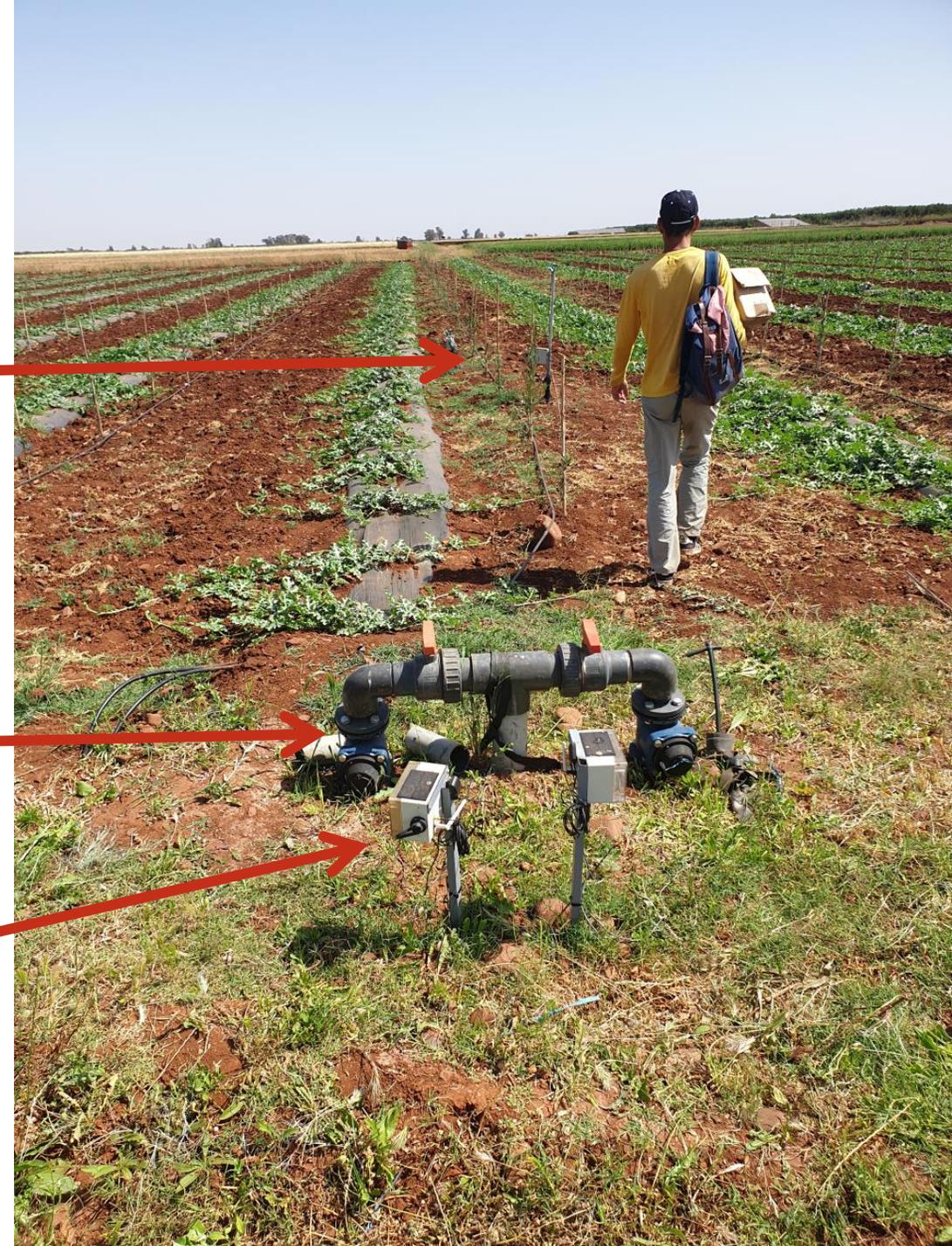
Maroc, 2022

Bouidda, pastèque et jeunes oliviers en goutte à goutte

Humidité du sol et
caméra thermique

Compteur d'eau
Woltman

Datalogger avec 3G



Maroc, 2022

Bouidda, maïs en goutte à goutte

Humidité du sol et
caméra thermique

Datalogger avec 3G

Compteur d'eau
Woltman



Conclusion Maroc, 2022

- **Chichaoua: ok**

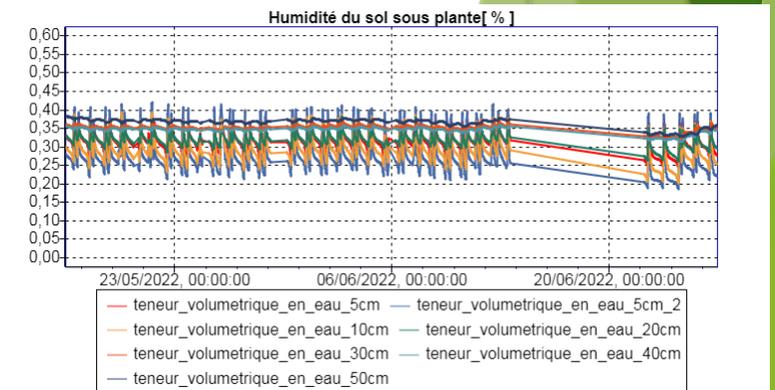
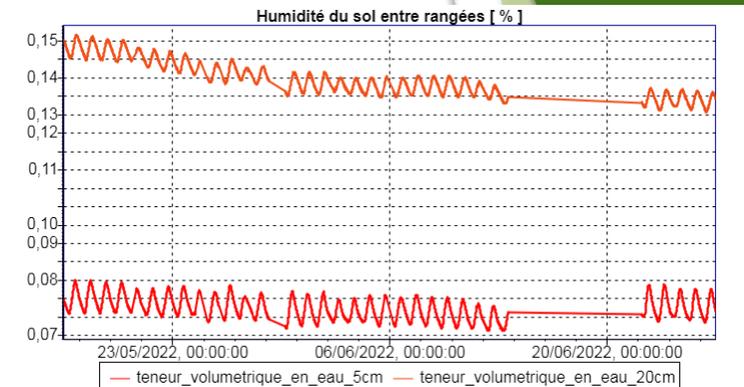
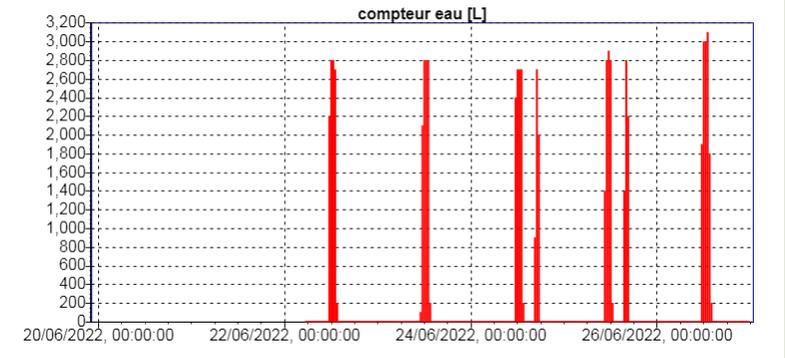
- ✓ installation finalisée
- ✓ Mesure irrigation ok
- ✓ Mesures de validation ok (humsol, eddycov)
- ✓ Transmission de données
- ✓ Ingestion station météo Cesbio

- **Bouidda: beaucoup de soucis!**

- ✓ Transmission de données
- ✓ Ingestion météo ORMVAH-Bouidda
- ✗ Problèmes mesure irrigation
- ✗ Problèmes mesure humidité du sol

➔ Près pour septembre 2022

➔ Recrutement d'un CDD pour le logiciel et la recommandation d'irrigation



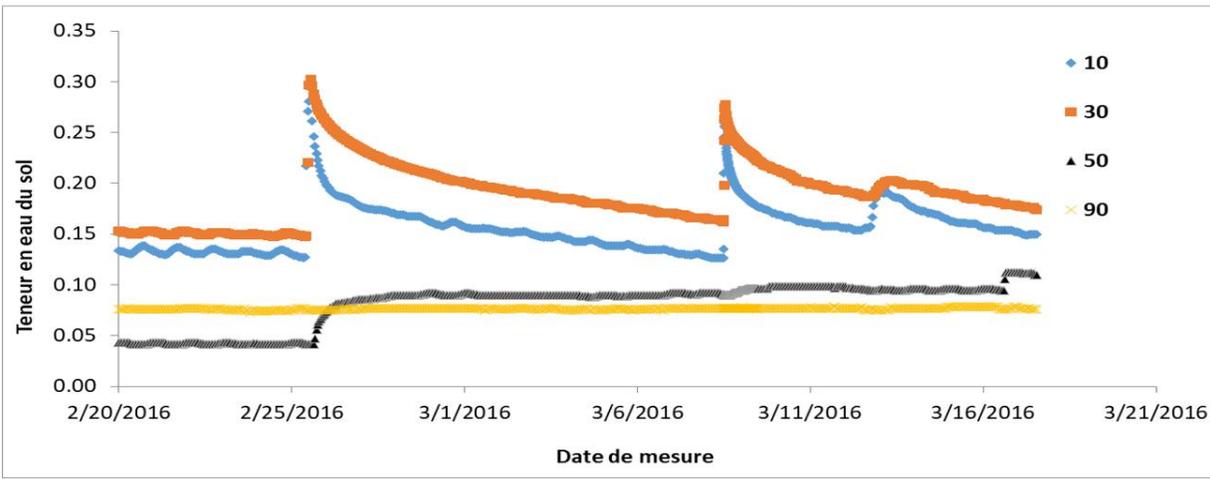


Essais sur parcelle et interaction avec les agriculteurs en Tunisie

Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022



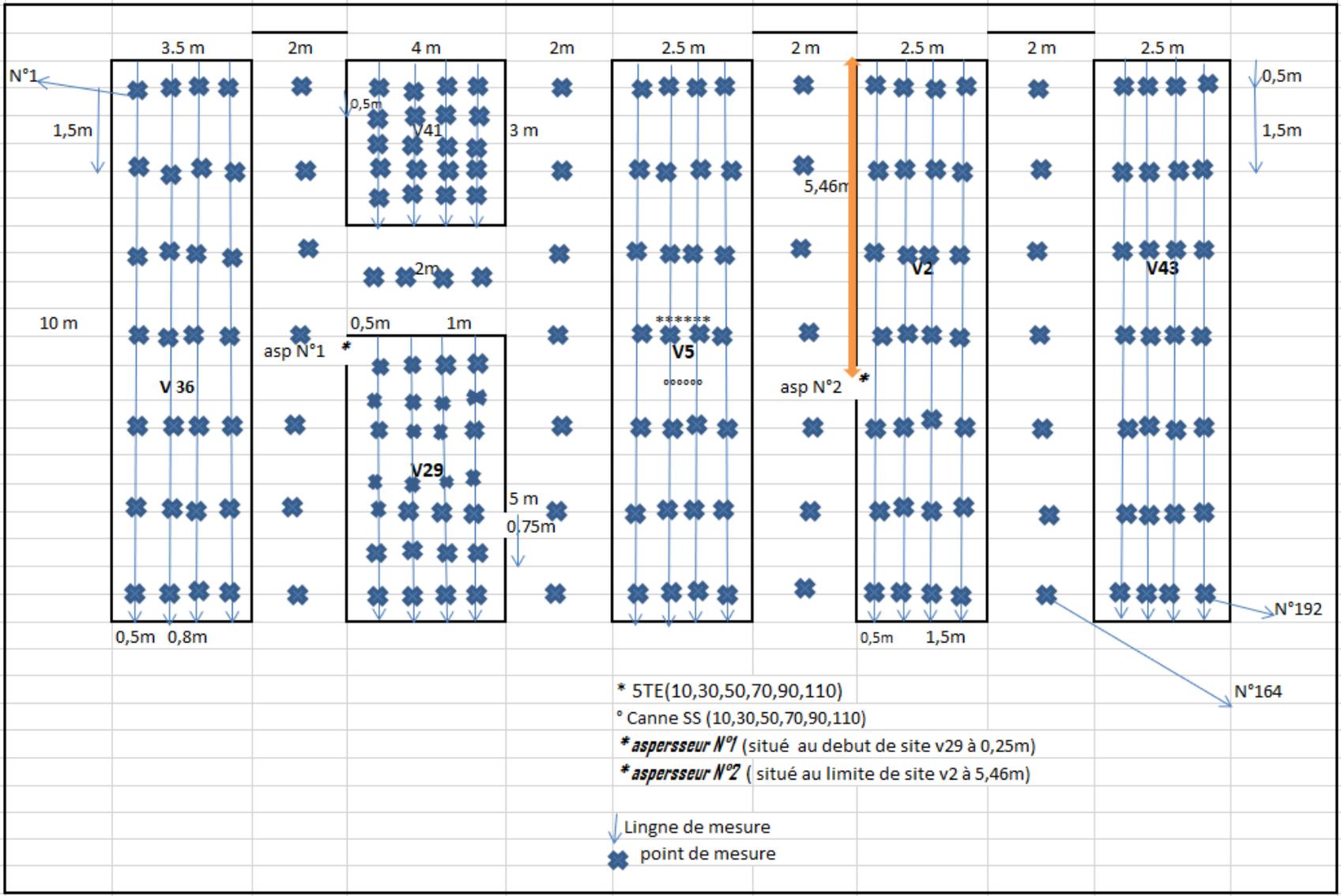
- Station climatologique (15mn)
- Sondes capacitives 5TE (teneur en eau θ), (Ts) (conductivité ECp) (15 ou 60 mn)
- Suivi des pratiques agricoles (labour, semis, fertilisation, etc.) et de la production pommes de terre et orge)



Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022



Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022



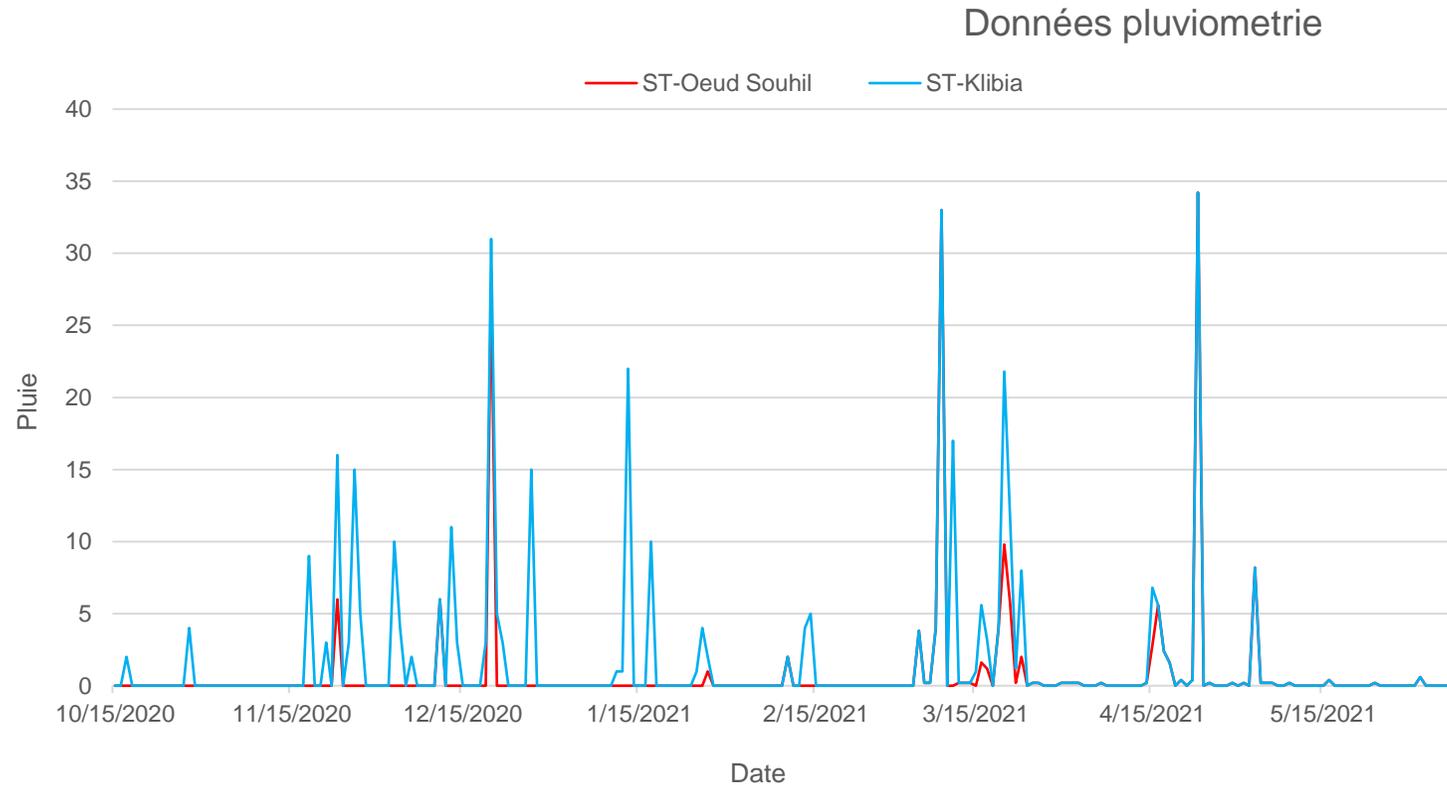
Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022

- Caractérisation initiale des sols : Pour une prof de 3 m (0-20, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250 et 300 cm), mesure de la granulométrie, Salinité (ECe), densité apparente (Bd) et humidité
- Suivi temporel des ppts Sols: Des sondes capacitives (5TE) et TDR installées à 5, 25, 45 et 90 cm de profondeur pour mesurer en temps réels l'humidité volumique du sol, salinité (CE de la solution du sol) et température (mesure tous les 10 min (après irrig) et 30 mn),
- Irrigation : Pilotage des irrigations (dose et fréquence) ainsi que de la salinité des eaux du puit de surface-
- Suivi des pratiques agricoles (semis, fertilisation, etc.) et mesure de la production -Rq : Pour les irrigations, nous avons données 3 doses (100 % ET, 80 % et 50 %).



Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022

→ Entrée de pluviométrie de la station Oued Souhil

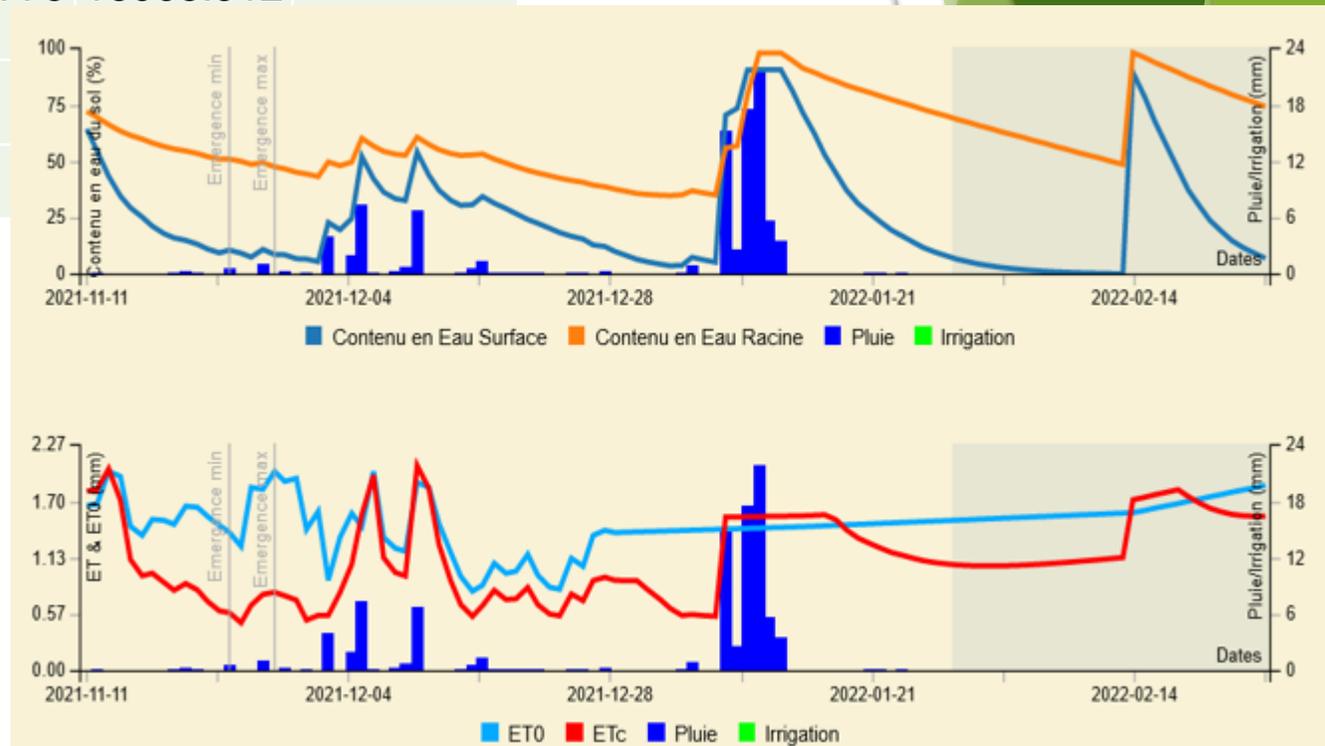


Station expérimentale oued Souhil, Tunisie 2020-2022

2020-2021

Labour profond:	7-Oct-20	Compteur d'eau			
Semi:	15-Oct-20				
Irrigation par aspersion	Compteur eau				
Date	Irrigation	V(mm)	avant	apres irrig	V(m ³)
mercredi 21/10/2020	1 irrigation: 22 mm	22	18936.899	18947.773	10.8748
mercredi 4/11/2020	2 irrigation: 36 mm	36	18947.773	18963.512	

2021-2022





Conclusions