



9^e
édition

2017
16 & 17 janvier
AGROCAMPUS OUEST
ANGERS, FRANCE

RECHERCHE
EXPÉRIMENTATION
INNOVATION

Fruits
Légumes
Ornement
Plantes aromatiques
et médicinales
Semences
Cidriculture
Viticulture
Paysage

Capteurs connectés et OAD au service de l'irrigation

*Quand la technologie permet de répondre à un besoin spécifique
de la profession légumière*

Session « Le Numérique au service des systèmes de production »

Bertrand VANDOORNE

Enseignant-chercheur,
Yncréa Hauts de France, établissement ISA Lille

bertrand.vandoorne@yncrea.fr



Partenaires du projet **Smart Farming for Input Mitigation (SFIM)**

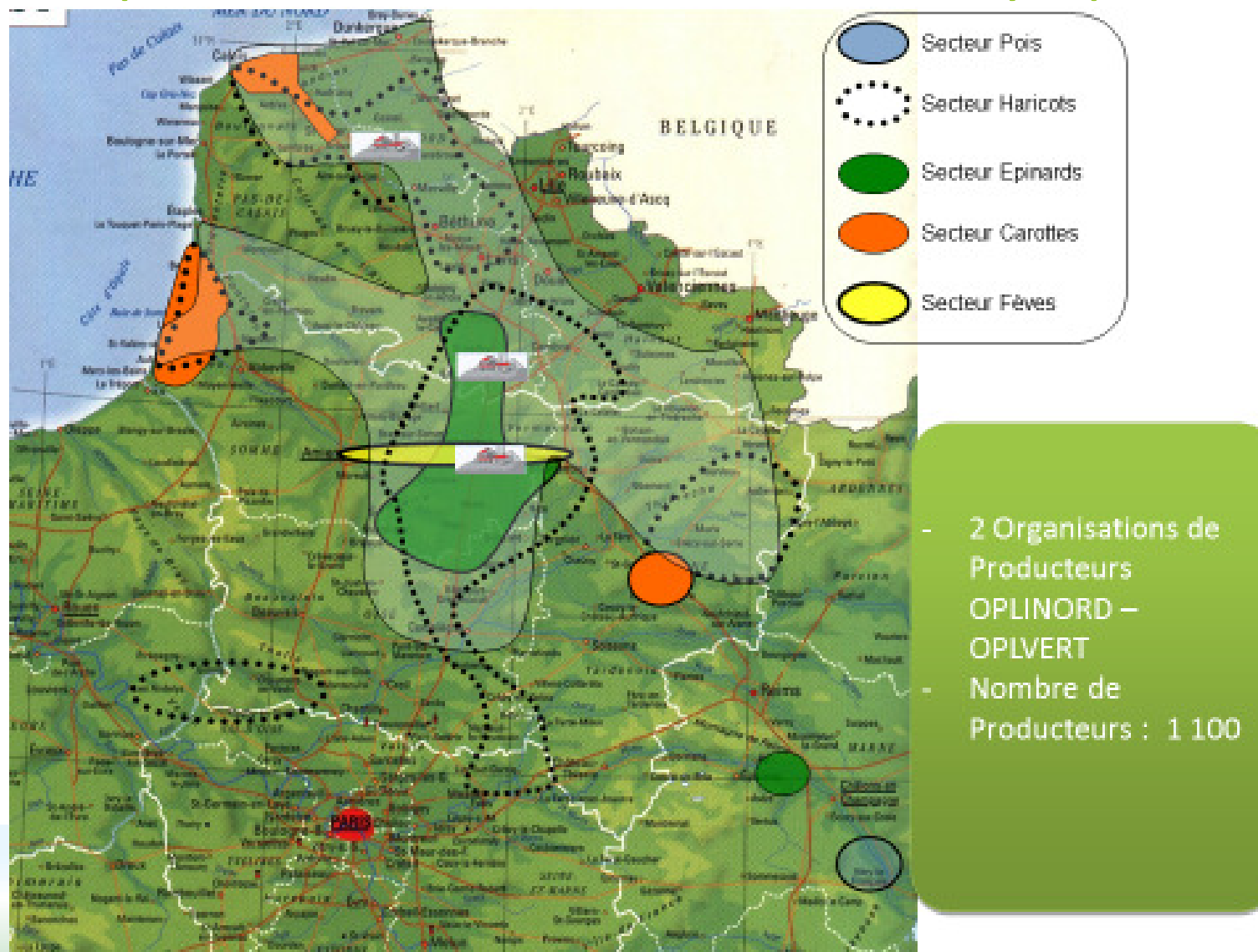


Bonduelle



CADRE ET CONTEXTE DE L'ETUDE

1. Le Groupe Bonduelle – les lieux d'étude du volet bilan hydrique de SFIM



CONTEXTE DE L'ETUDE

2. L'eau et l'irrigation

- L'eau, une ressource protégée (qualité et quantité)
- Des demandes de plus en plus importantes de justifier les pratiques – une volonté de transparence forte de la profession
- Des possibilités de restrictions par arrêtés préfectoraux

→ Etant donné ce contexte, et connaissant la **nécessité d'irriguer** les cultures légumières pour en garantir la **qualité**, le pôle R&D du Groupe Bonduelle a été missionné pour **mieux comprendre les besoins** en irrigation des cultures de **haricots, flageolets et carottes** et chercher à **apporter les doses strictement nécessaires** à garantir la qualité des produits récoltés



CONTEXTE DE L'ETUDE

2. L'eau et l'irrigation

- L'eau, une ressource protégée (qualité et quantité)
- Des demandes de plus en plus importantes de justifier les pratiques – une volonté de transparence forte de la profession
- Des risques de restrictions par arrêtés préfectoraux à l'avenir



Surfaces 2016:

Haricots: 4000 ha

Flageolets: 1300 ha

Carottes Jeunes: 500 ha

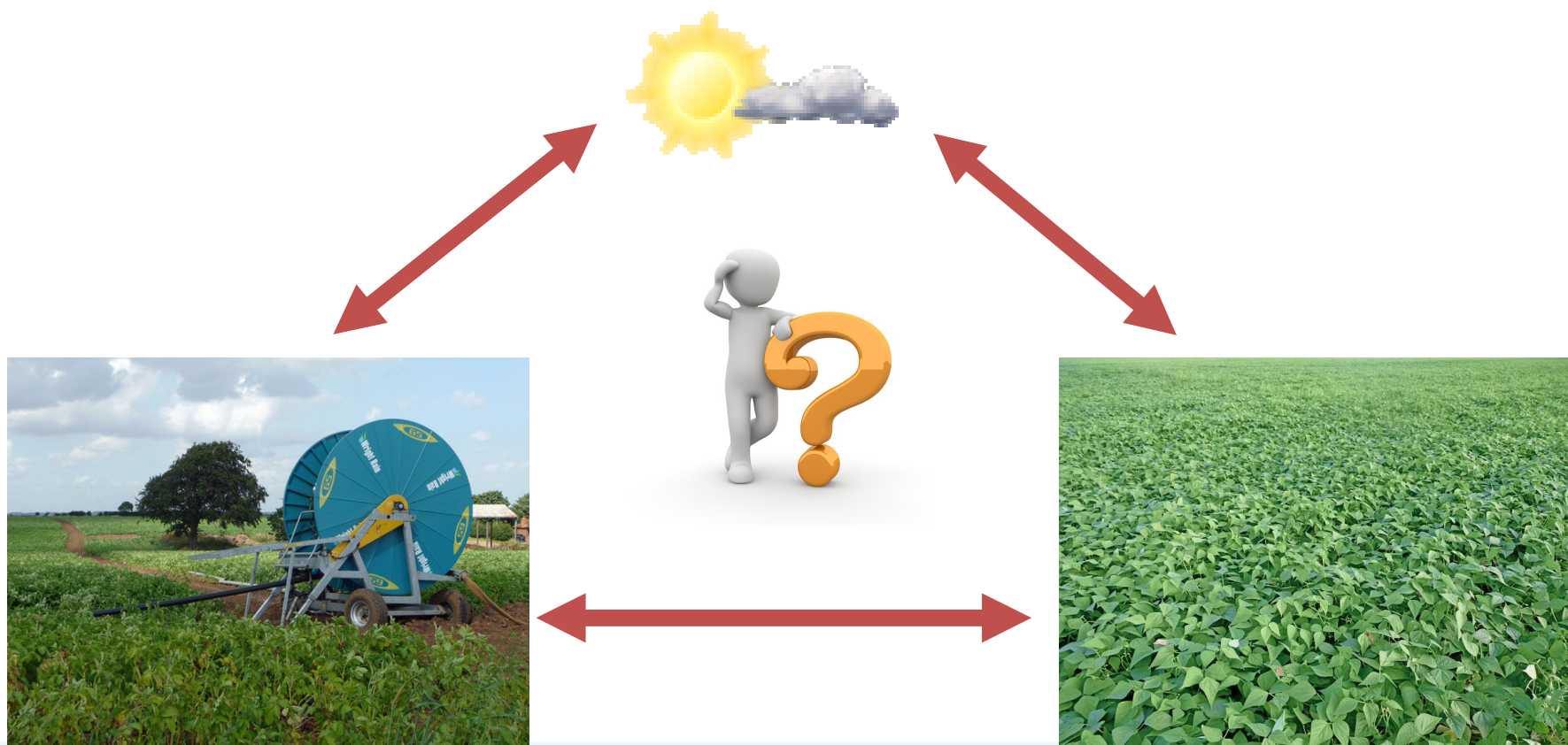
450 producteurs concernés

Irrigation (mm)	2014	2015	2016
Haricots (HV + FV)	35	65	100
Carottes jeunes	45	75	110

**Economiser en moyenne 10% de consommation pour ces 450 producteurs =
400 000 m³ d'eau économisés soit la consommation annuelle de 10 000 personnes**

PROBLEMATIQUE

Comment piloter au mieux l'irrigation en culture légumière pour une meilleure efficience d'utilisation de l'eau, une plus grande transparence dans les pratiques et une préservation de la ressource?



METHODOLOGIE ET RESULTATS

1. L'historique au sein du Groupe Bonduelle

- Démarrage **2012**: test de différents outils de pilotage : bilan hydrique simplifié / tensiomètres / sondes capacitives → échec sur le suivi, le coût, la facilité, la robustesse
- Choix d'un bilan hydrique basé sur suivi de la RU (réserve utile) calculée à partir d'une estimation/modèle de croissance de la plante

$$RU_j (mm) = RU_{j-1} + P_j + I_j - ETR_j - R_j \quad (1)$$

$$RU_{max}(mm) = (\theta_{v,FC} - \theta_{v,WP}) * z(mm) \quad (2)$$

Historique « bilan hydrique »:

2013: Suivis expérimentaux du bilan hydrique calculé: paramétrage aux haricots (HV) C1 et flageolets en sols limoneux (vérification des profondeurs d'enracinement, mesures d'humidité): OK

2014: Suivis expérimentaux 2^{ème} année + paramétrage sur sables pour les carottes + HVC2 en limons

2015: 2^{ème} année de paramétrage pour les carottes et HVC2, déploiement sur HVC1 et flageolets

2016: 3^{ème} année de paramétrage pour les carottes et HVC2 → des améliorations

Poursuite du déploiement en sols limoneux via passage sur une plateforme web + pluviomètre connecté (Weenat); démarrage de SFIM (*Smart Farming for Input Mitigation*)

METHODOLOGIE ET RESULTATS

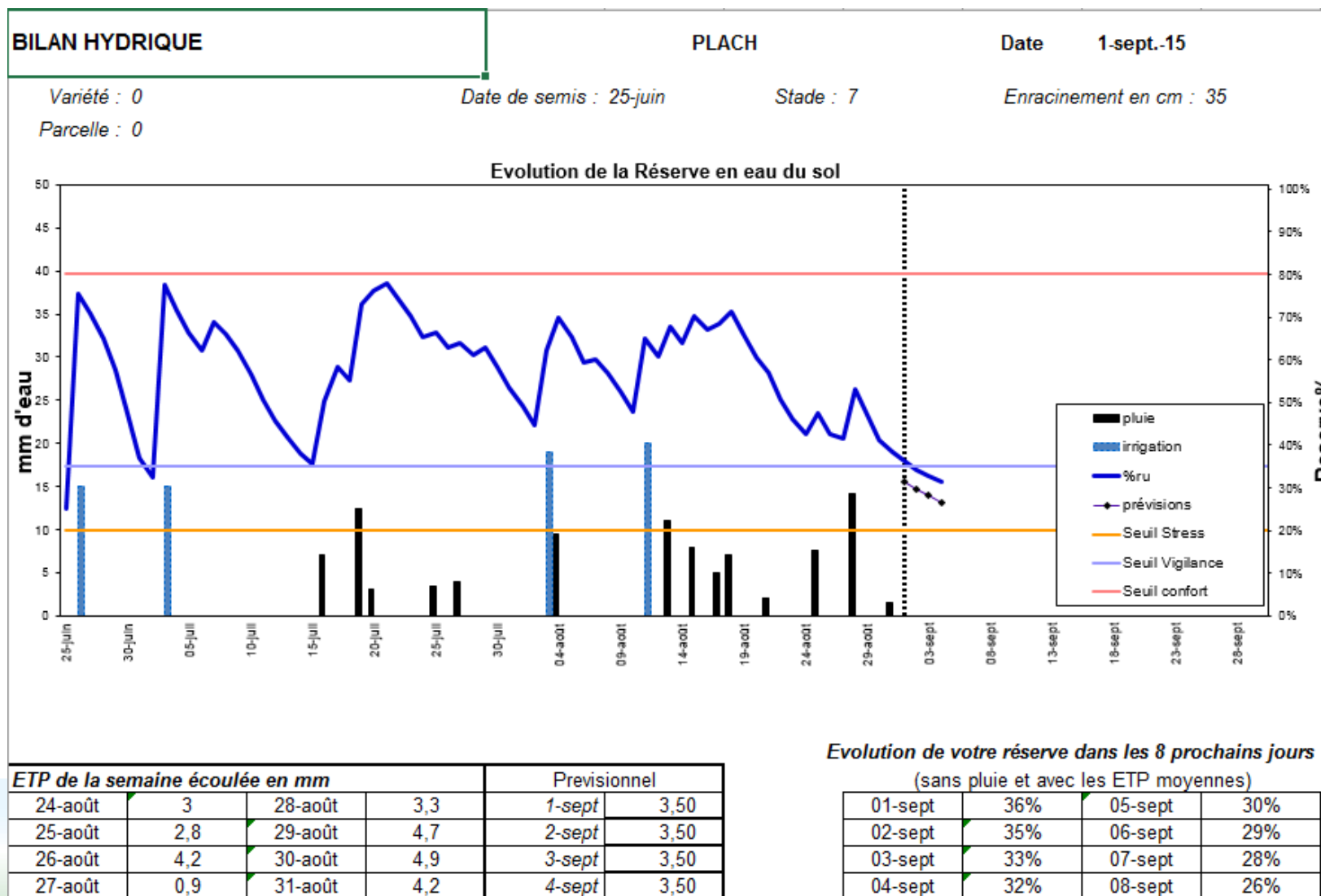
2. Adaptation d'un bilan hydrique existant

Adapter le bilan du GITEP (Groupe d'Intérêt Technique et Economique de la Pomme de terre) fonctionnant en culture de pommes de terre

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1				Station ETP														Enracinement et variétés		
2	M	PLACH		Date de semis	25-juin															
3	Variété			Parcelle :																
4			Date du bilan	01/09/2015																
5																				
6	Rfu =50%		stade	1	2	3	4	5												
7			Carottes	enrac.	10	15	20	25	30	38	45	52	60	60	60					
8				kc	0,4	0,4	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,2	1,2	1	0,8					
9			% argile	20		coef/cm	2,6880							coef ruissellement	10%					
10			% limon fin	45		OSTY	2,12							seuil de ruissellement	35					
11			% limon gro	35																
12			% MO	2																
13						ETP									coef démarrage	0,15				
14	date	pluie	irrigation	total eau	stade	2015	%ru	jour	kc	profondeur		RU	RS	=max(kc;kp)	ETR	stock / jour	ks		kp	drainage
15	25/06/2015	0		0	1	3,2	25%		0,4	10	0	26,88	13,4	1,28		6,7	####	FAUX	0	0
16	26/06/2015	0	15	15	1	3,9	75%		0,4	10	0	26,88	13,4	3,9	20,3	20,3	0,38	VRAI	1	0
17	27/06/2015	0		0	1	2,9	71%		0,4	10	0	26,88	13,4	1,16	19,1	19,1	1,00	FAUX	0	0
18	28/06/2015	0		0	1	4	65%		0,4	10	0	26,88	13,4	1,6	17,5	17,5	1,00	FAUX	0	0
19	29/06/2015	0		0	1	5	58%		0,4	10	0	26,88	13,4	2	15,5	15,5	1,00	FAUX	0	0
20	30/06/2015	0		0	1	6,8	48%		0,4	10	0	26,88	13,4	2,7	12,8	12,8	1,00	FAUX	0	0
21	01/07/2015	0		0	1	7,5	37%		0,4	10	0	26,88	13,4	3	9,9	9,9	0,95	FAUX	0	0
22	02/07/2015	0		0	1	4,1	32%		0,4	10	0	26,88	13,4	1,64	8,7	8,7	0,74	FAUX	0	0
23	03/07/2015	0	15	15	1	5,9	78%		0,4	10	0	26,88	13,4	5,9	20,8	20,8	0,49	VRAI	1	0
24	04/07/2015	0		0	1	4	72%		0,4	10	0	26,88	13,4	1,6	19,2	19,2	1,00	FAUX	0	0

METHODOLOGIE ET RESULTATS

2. Adaptation d'un bilan hydrique existant



METHODOLOGIE ET RESULTATS

2. Adaptation d'un bilan hydrique existant

- Bilan validé rapidement en contexte limoneux en comparant les valeurs affichées à des mesures de teneur en eau du sol à différentes profondeurs



LIMITES:

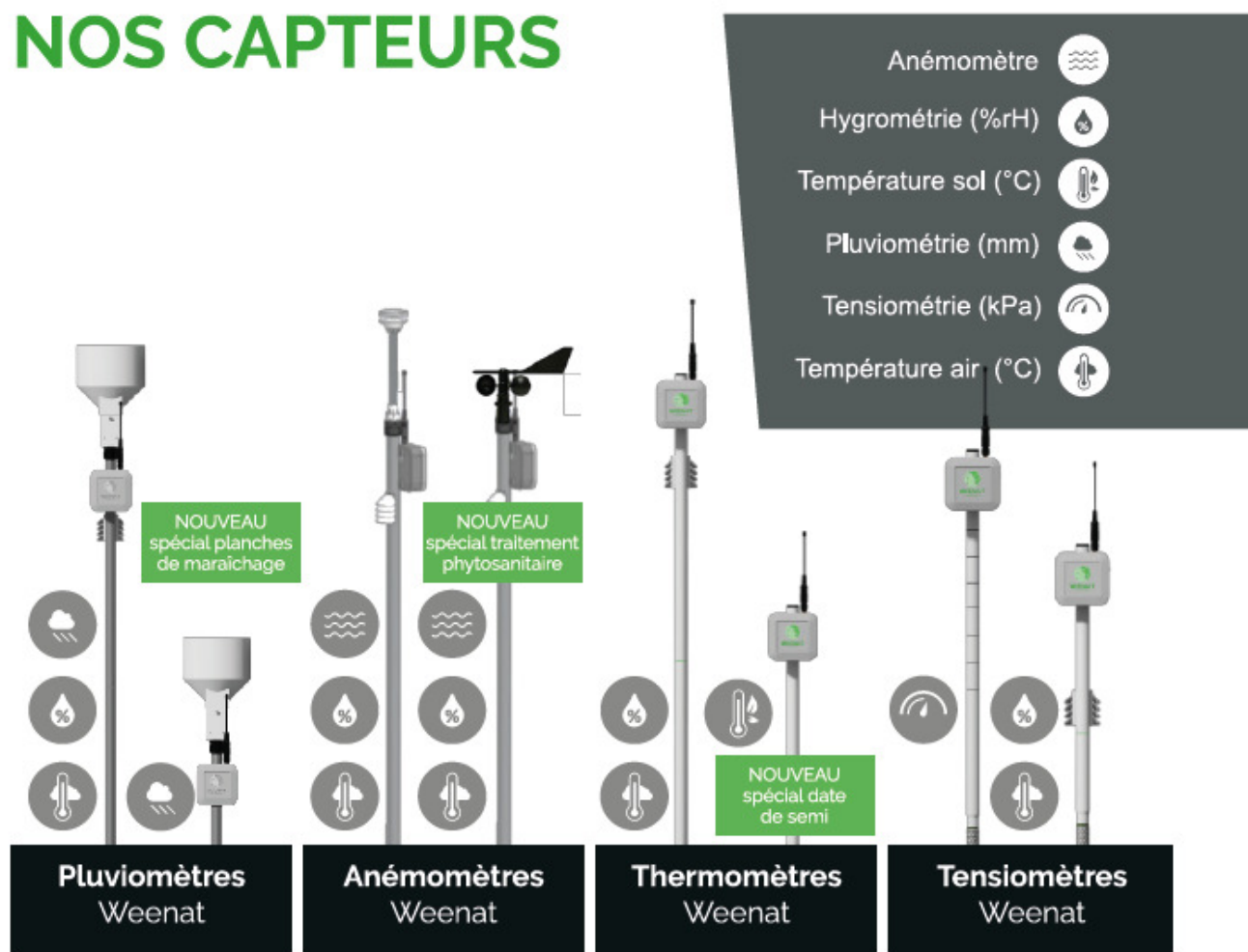
- Chronophage car non automatisé
- Du travail à faire dans les contextes sableux, sablo-limoneux et pour les secondes cultures de haricots

METHODOLOGIE ET RESULTATS

3. Automatisation du bilan par la technologie Weenat

3.1 L'entreprise et sa technologie

NOS CAPTEURS



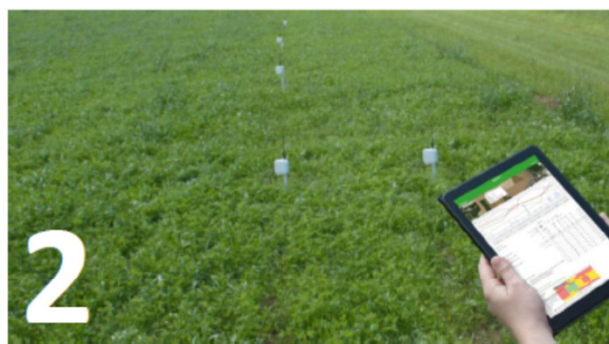
METHODOLOGIE ET RESULTATS

3. Automatisation du bilan par la technologie Weenat

3.1 L'entreprise et sa technologie



Plantez les WEENAT dans vos parcelles



Visualisez vos données en temps réel sur l'application Weenat



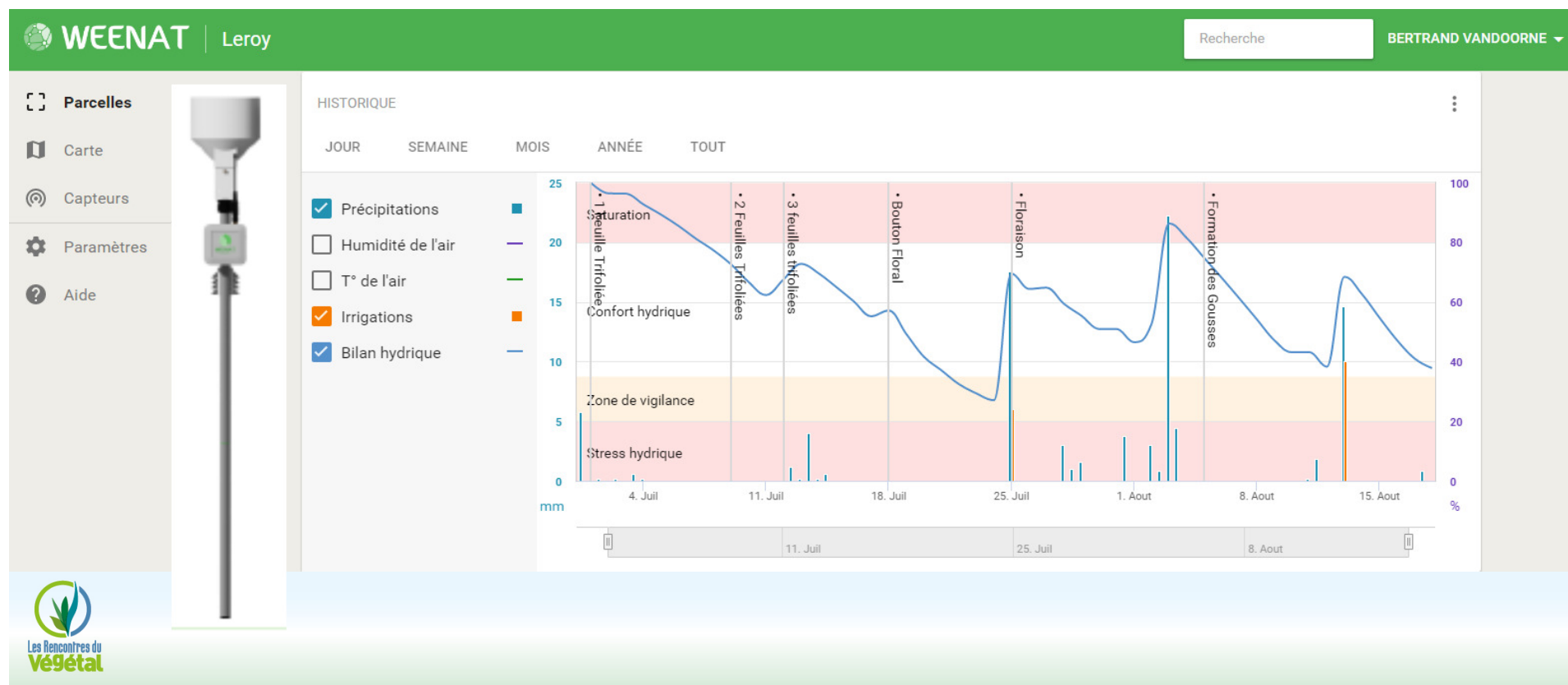
Prenez les meilleures décisions pour vos parcelles

METHODOLOGIE ET RESULTATS

3. Automatisation du bilan par la technologie Weenat

3.2 L'application au bilan hydrique:

Volonté de Bonduelle et des partenaires du projet SFIM d'automatiser la démarche du bilan hydrique afin de permettre un déploiement à grande échelle de la méthode



METHODOLOGIE ET RESULTATS

3. Automatisation du bilan par la technologie Weenat

3.2 L'application au bilan hydrique:

- En 2016, déploiement auprès de 40 exploitants via 1 pluviomètre connecté/parcelle
- A permis d'éviter des saisies manuelles des données
- A permis d'éviter des appels vers les agriculteurs à des intervalles réguliers

→ Bon retour général mais besoin de:

- Régler des aspects techniques (propreté du matériel)
- Valider définitivement le bilan en contexte limoneux (HVC1 et flageolets)
- Retravailler le bilan en contextes sableux et seconde culture de haricots (quid niveau remplissage initial de la RU?)
- Parvenir à coupler le bilan avec un modèle de croissance des plantes pour éviter des estimations terrain des stades et profondeurs racinaires associées

METHODOLOGIE ET RESULTATS

4. Les travaux d'optimisation du bilan en contextes sableux et HVC2

4.1 La méthode

- Comparaison entre le % de remplissage de la RU mesurée et le calcul par le bilan
 - Optimisation en travaillant sur différents paramètres du bilan (coefficient cultural - K_c , densité du sol - D_a , coefficient de stress - K_s , $RU_{théorique}$)
- Choix de faire l'optimisation en fixant les principaux paramètres sur base de la littérature et en jouant sur le niveau de réserve théorique du sol

$$RMSE^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RU_{t,i} - RU_{BH,i})^2}{n}}$$

* RMSE= Root Mean Square Error



Calcul RMSE

Recalcul bilan

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																			
2	U	PLACH																	
3	Variété																		
4																			
5																			
6	Rt ~55%																		
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14	date	pluie	irrigation	total eau	état	2015	neu	jour	ke	profondeur	RU	RS	max(kg)	ETR	pluie (mm)	ke	kg	drainage	
15	06/06/2015	0		3.2	20%		0.4	10	0	26.88	13.4	1.28		26.3	0.28	FALUX	0	0	
16	26/06/2015	0	15	1	3.9	75%	0.4	10	0	26.88	13.4	3.9	*	26.3	0.38	FALUX	1	0	
17	07/06/2015	0		0	1	2.9	71%	0.4	10	0	26.88	13.4	1.95	*	19.1	0.4	FALUX	0	0
18	28/06/2015	0		0	1	4	62%	0.4	10	0	26.88	13.4	1.6	*	17.5	1.05	FALUX	0	0
19	09/06/2015	0		0	1	5	58%	0.4	10	0	26.88	13.4	2	*	16.5	1.05	FALUX	0	0
20	30/06/2015	0		0	1	6.8	48%	0.4	10	0	26.88	13.4	2.38	*	12.8	1.05	FALUX	0	0
21	01/07/2015	0		0	1	7.5	37%	0.4	10	0	26.88	13.4	3	*	9.9	1.05	FALUX	0	0
22	02/07/2015	0		0	1	4.1	32%	0.4	10	0	26.88	13.4	1.64	*	0.7	0.74	FALUX	0	0
23	03/07/2015	0	15	0	1	5.9	18%	0.4	10	0	26.88	13.4	5.9	*	26.6	0.03	FALUX	1	0
24	04/07/2015	0		0	1	4	72%	0.4	10	0	26.88	13.4	1.6	*	19.2	1.05	FALUX	0	0

Modification du niveau de $RU_{théorique}$

METHODOLOGIE ET RESULTATS

4. Les travaux d'optimisation du bilan en contextes sableux et HVC2

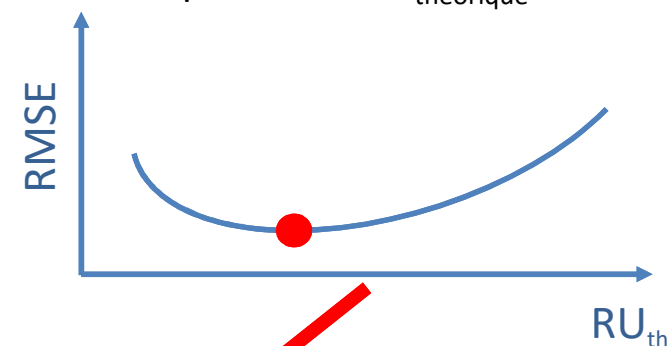
4.2 Les résultats en 2016

Situation initiale

Culture	Pédo	RMSE	RMSE OPTIM
Carottes	Limono-sabl	0,31	0,14
Haricot	Sablo-lim	0,18	0,12
Carottes	Limono-sabl	0,08	0,08
Carottes	Limono-sabl	0,15	0,02
Carottes	Sablo-lim	0,38	0,09
Haricots	Limono-sabl	0,08	0,10
Flageolet	Limono-sabl	0,17	0,08
Carottes	limon fin	0,13	0,12
Flageolet	limon fin	0,09	0,12
HVC2	limon fin	0,12	0,11
HVC2	limon fin	0,20	0,12
HVC2	limon fin	0,18	0,11
HVC2	limon fin	0,37	0,15
HVC2	limon fin	0,15	0,11
HVC2	limon fin	0,15	0,07
HVC2	limon fin	0,13	0,08
HVC2	limon fin	0,12	0,09

Biblio et analyse de sensibilité pour modifier les paramètres de base (racines, Da, Ks)

Optimisation via VBA. Paramètre optimisé = $RU_{théorique}$



calcul d'une RU_{th} moyenne par contexte pédologique

	Sable limon	Limon sableux	Limon	HVC2 (limon fin)
mm/cm)	1,26	1,52	1,84	1,97
isé	1,85±0	2,16±0,108	2,58±0,106	2,62±0,445
ervations	2	5	2	8

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- Démarche poussée par la profession pour plus de durabilité et traçabilité des pratiques
- Utilisation d'une technologie connectée pour faciliter le déploiement d'un outil
- Succès pour ce déploiement et réduction des contraintes
- Des améliorations à poursuivre pour l'optimisation du bilan hydrique
- Intégrer de la modélisation de croissance pour réduire encore les paramètres mesurés tout en validant le tout en amont et en cours de travail
- Aller vers un outil cartographique pour spatialiser le conseil et automatiser la modulation



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Travail réalisé au sein du projet SFIM: *Smart Farming For Input Mitigation*

Regroupant:



Et financé par:

