

Année du projet : 4

Titre du projet : **Eau-Zone** : comment adapter les pratiques agricoles pour aboutir à une amélioration de la qualité de l'eau en systèmes maraichers ?

**COMPTE RENDU**  
**ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET**  
**PERIODE CONCERNEE : 01/01/2019- 31/12/2020**

Organisme chef de file : CTIFL

Nom et organisme du chef de projet : Marie TORRES, CTIFL

### **I – Le déroulement du projet**

Le projet s'articule autour de 4 grandes actions : un essai « système de culture melon » et un essai « système de culture courgette » où différentes stratégies permettant de limiter les pertes d'azote dans les milieux sont évaluées, et un ensemble d'essais complémentaires. Ces essais complémentaires (un en courgette et un en melon) doivent permettre de répondre à des questions de recherche précises et fourniront également des références à intégrer dans les essais « système » mis en place en parallèle.

Les analyses et suivis relatifs à la culture de blé entrant en rotation avec les melons ou courgettes seront présentés dans chaque partie « système melon » ou « système courgette » et ne feront pas l'objet d'un paragraphe spécifique.

#### **- Action 1a : Mise au point d'un système de culture melon**

- Rappel des objectifs attendus :

La culture de melon est une culture majeure en France et particulièrement en Occitanie, et les zones de culture sont en partie situées en zones vulnérables nitrates (ZVN), notamment dans les départements du Gard et de l'Hérault.

Pour répondre aux demandes de la commission européenne en ce qui concerne la réduction des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines et de surface, la France a engagé depuis 2014 le 5<sup>ème</sup> plan d'action Directives nitrates.

Cette directive impose plusieurs outils de gestion des pertes d'azote, dont un calcul des doses d'azote prévisionnelle en fonction d'objectifs de rendement, un fractionnement des apports ainsi qu'une analyse de sol obligatoire. Par ailleurs, une couverture des sols est imposée pendant l'interculture dans le but de réduire les pertes d'azote grâce à une immobilisation temporaire de l'azote minéral sous forme organique.

Cependant, un cas exceptionnel de gestion est accordé aux producteurs de melons en raison de la technique particulière des prébuttes réalisées à l'automne. Cette technique est associée à la culture du melon tout particulièrement pour les cultures précoces et vise à reprendre plus facilement le sol en sortie d'hiver, avant l'implantation de la culture.

Ainsi, pour les ilots culturaux nécessitant un prébuttage avant le premier novembre, le CIPAN ou les repousses de céréales obligatoires en ZVN peuvent être détruites avant le premier novembre sous réserve qu'ils aient été présents au moins deux mois avant le prébuttage.

Par conséquent, des pertes d'azote sont ensuite possibles dans ces systèmes, le sol n'étant pas couvert pendant une longue partie de l'hiver, c'est-à-dire entre le mois d'octobre et le mois de février.

- Méthodes de travail utilisées

L'expérimentation mise en place à Marsillargues à la station d'expérimentation SudExpé vise à comparer 3 systèmes de culture différents et à mesurer dans chacun des systèmes les économies de nitrates et d'eau. Les trois systèmes testés sont :

(i) Un système de culture de référence :

Le système classique correspond à une rotation blé/melon/blé, avec mise en place des prébuttes au mois d'octobre. La culture du melon précoce est mise en place en mars et se poursuit jusqu'au mois de juillet.

Le sol est nu en automne-hiver (septembre de l'année N-1 à février de l'année N) et durant la période qui suit le broyage de la culture de melon jusqu'au semis de la culture de blé (août-octobre). A la suite des cultures de blé réalisées l'année n-1 et n+1, aucun CIPAN n'est mis en place. Seules les repousses de blé sont laissées afin de garantir une couverture de sol.

(ii) Un système de culture « Couverture permanente des sols » :

Ce système alternatif, comprenant également la succession blé/melon/blé, présente l'avantage d'intégrer une couverture permanente des sols. Pour cela, des prébuttes sont réalisées en automne, avec des outils de travail du sol de type cultivateur (hauteur des buttes réduite par rapport au système classique), et un engrais vert est semé sur les prébuttes pour couvrir le sol en période hivernale.

En fin de culture de melon au mois de juillet, les résidus de culture sont broyés et les buttes supprimées. Un engrais vert d'été est semé à la suite ; il reste en place jusqu'au mois de novembre avant le semis de la culture de blé.

Dans ce système, le principe est de semer puis détruire les engrais verts d'hiver sur des buttes destinées à la culture du melon. Il s'agira donc d'identifier les engrais vert d'hiver qui s'y prêtent le mieux. De même, il faudra rechercher les engrais verts d'été capables de résister à la sécheresse et aux températures élevées et qui peuvent être implantés entre deux cultures de blé.

(iii) Un système de culture alternatif « à plat avec réduction du travail du sol et couverture permanente »

Le dernier système a pour ambition d'évaluer la faisabilité de réaliser la culture du melon à plat, c'est-à-dire sans butte, en technique de travail du sol simplifié. En effet, les prébuttes sont réalisées dans le but de favoriser la reprise du sol en sortie d'hiver grâce à une amélioration de la capacité de ressuyage des parcelles. Les Techniques culturales simplifiées (TCS) ont par ailleurs la capacité d'améliorer la structure du sol (ADEME, 2007 ; Leclerc, 2006 ; Peigné & Gautronneau 2005) et le postulat alors retenu est qu'il est possible de se passer de prébuttes en conditions de TCS.

Dans ce cas-là, un engrais vert est semé dans les pailles lors de la moisson du blé ; il est maintenu jusqu'en sortie d'hiver (février) puis broyé et incorporé en surface avant mise en place de la culture du melon. En fin de culture de melon, un engrais vert est semé avant la mise en place en novembre d'une céréale. L'engrais vert implanté en association avec la céréale permet suite à la moisson du blé, d'assurer une couverture du sol jusqu'au semis de blé suivant.

○ Calendrier d'expérimentation et résultats intermédiaires obtenus

La première année d'essai (2017) consistait à mettre en place les différents systèmes et acquérir quelques données de l'état initial des parcelles.

L'expérimentation est conduite sur la parcelle C du site de Sudexpé Marsillargues (Hérault, 34).



Système d'expérimentation-SUDEXPE

Chaque système est suivi sur une sous parcelle de 18 mètres de largeur par 130 mètres de longueur.

- Caractérisation de l'état initial du sol au 21/12/17 :

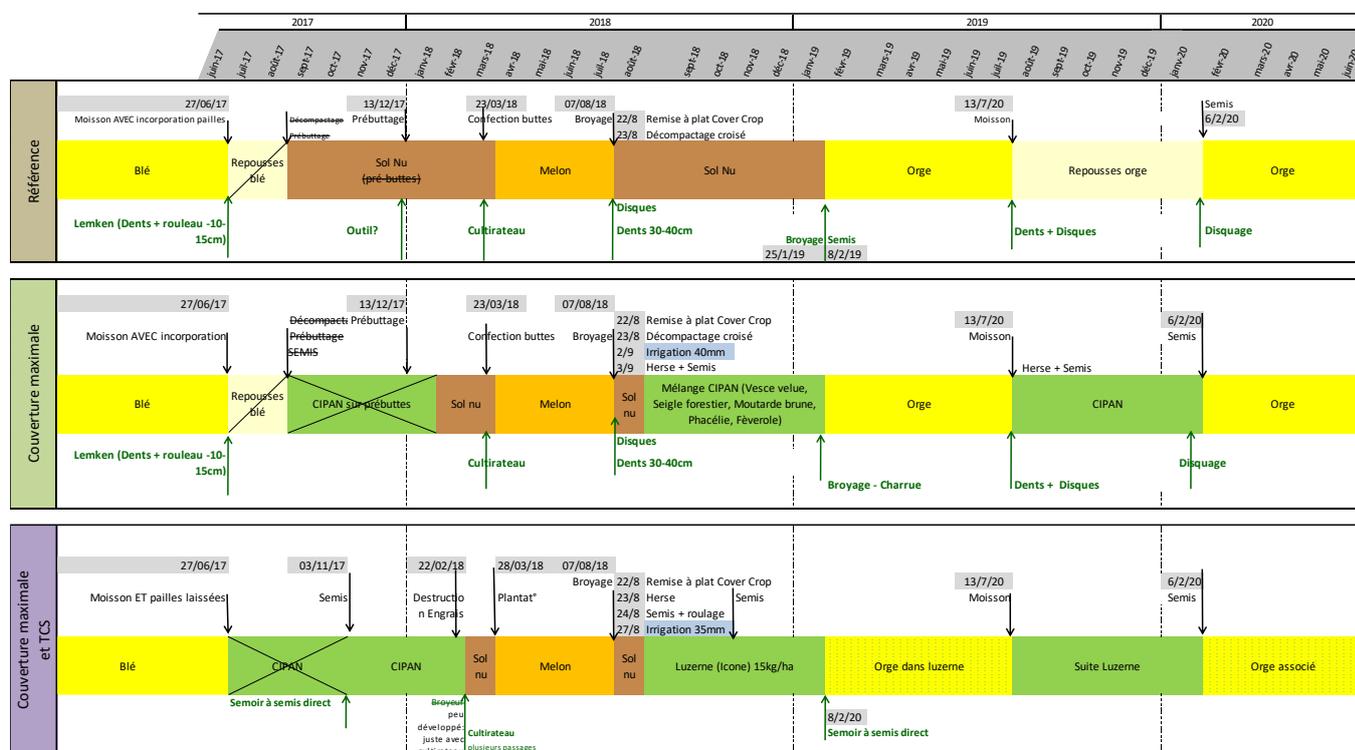
Argile (g/kg)	Matière organique	C/N	pH eau	Calcaire total (g/kg)	P2O5 (g/kg)	K2O (g/kg)	MgO (g/kg)	CEC (meq/kg)
325	2.28%	11.10	8.4	379.2	0.080	0.332	0.315	160.8

Sol : argilo-limoneux calcaire

- Teneur en azote dans le sol au 31/08/17 :

Modalité	Horizon	kg N /ha	
Couverture permanente	0-30 cm	62	113
	30-60 cm	51	
Alternatif	0-30 cm	75	125
	30-60 cm	49	
Référence	0-30 cm	78	173
	30-60 cm	94	

- Calendrier des opérations culturales réalisées sur le site depuis la mise en place de l'essai.



*Calendrier des opérations culturales SUDEXPE*

- Mise en place des intercultures en 2017 :

Suite à la sécheresse de l'été et de l'automne 2017 (11mm du 15 septembre au 1er novembre), les prébuttes n'ont pas pu être montées à l'automne car l'état du sol ne permettait à aucun engin de le travailler.

Par conséquent, dans les modalités avec travail de sol (« Référence » et « Couverture permanente »), les prébuttes ont été faites au 13 décembre. Ainsi, l'engrais vert qui devait être semé sur prébuttes dans la partie « Couverture permanente » n'a pas été semé.

Dans la modalité sans travail de sol « Rupture », l'engrais vert (mélange « Perfo+ ») a été semé plus tardivement (le 3 novembre).

Le mélange semé est composé de :

- Vesce velue (variété Amoreiras) à 10 kg/ha
- Pois fourrager à 4.6 kg/ha
- Radis Chinois à 2 kg/ha
- Gesse du Canada à 4 kg/ha
- Vesce commune de printemps à 4 kg/ha
- Alpiste des canaries à 5.6 kg/ha

Il a été détruit par broyage le 22 février 2018.

La seconde année du projet, 2018, visait à mettre en place une culture de melons sur toute la parcelle, d'étudier le développement des plantes, la production en termes de qualité et de quantité dans le but de déterminer l'impact de l'interculture sur la qualité de la récolte de melon qui suit. Par ailleurs, un suivi de la teneur en azote dans les plantes et dans le sol a été réalisé afin de quantifier précisément les relargages d'azote dans le sol et leur utilisation par les plantes (par méthode PILazo).

- Suivi de la culture de melon en 2018 et résultats :

Calendrier de réalisation :

Semis	22 février 2018
Plantation	28 mars 2018
Débâchage	22 mai 2018
Notation développement plantes	11 juin
Récolte	Du 11 juin au 2 juillet 2018
Teneur en azote dans les pétioles (méthode Pilazo®)	13/04, 19/04, 26/04, 3/5, 9/5, 24/5, 11/6, 14/6
Comptage nouaison	22/5, 28/5, 4/6, 12/6, 19/6, 26/6
Teneur en azote dans le sol (pendant la culture du melon)	31/3, 6/6, 6/7, 31/7
Mesure biomasse aérienne	1 <sup>er</sup> août 2018
Destruction culture par broyage	7 août 2018

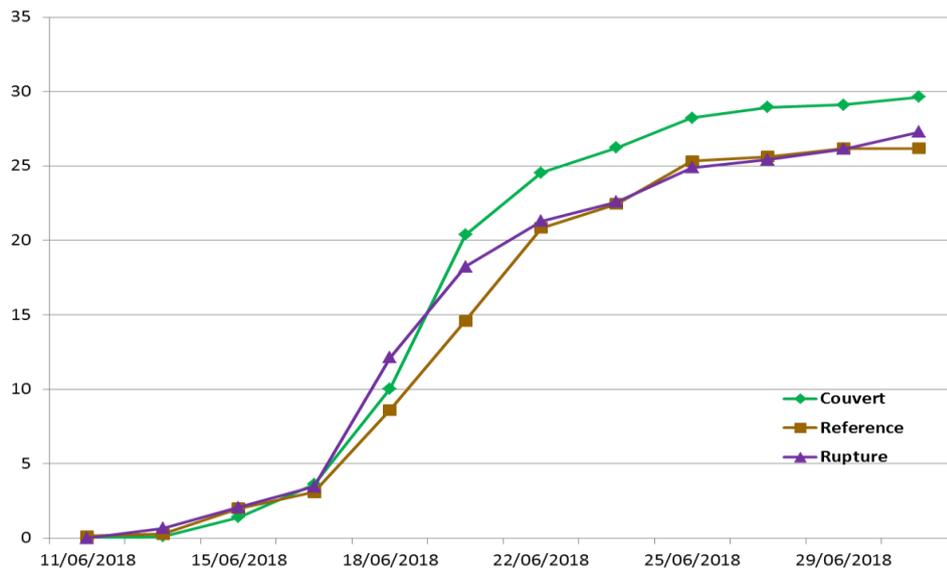
Résultats obtenus :

- Développement des plantes (au 11 juin) :

La modalité « Rupture » est la moins vigoureuse. C'est dans cette modalité qu'il n'y a pas eu de travail du sol avant le melon et qu'une interculture a été installée. La modalité « Couvert » est la plus vigoureuse (sol travaillé, pas d'interculture).

– Résultats quantitatifs :

**Melon 2018 - Rendement brut cumulé journalier (t/ha)**



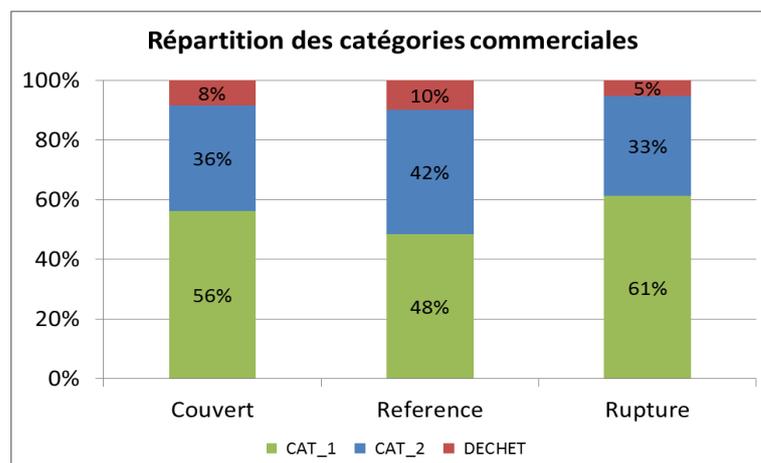
*Rendement de melon brut- saison 2018 SUDEXPE*

La dynamique de production est identique pour toutes les modalités. Cependant dans les parcelles « Couvert » le rendement final brut est légèrement plus élevé. Mais comme le montre le tableau ci-dessous, aucune différence significative n'est mise en évidence.

Résultats finaux Du 11/06/2018 au 02/07/2018				
Modalité	Poids brut (t/ha)	Poids net (t/ha)	Nb fruit net /ml	Poids moyen net (g)
Couvert	29,6	27,1	5,8	932
Reference	26,2	23,6	4,9	966
Rupture	27,3	25,8	5,3	968
Moyenne	27,7	25,5	5,3	955
Proba Test F	0,236	0,263	0,136	0,301
Test NK	ns	ns	ns	ns

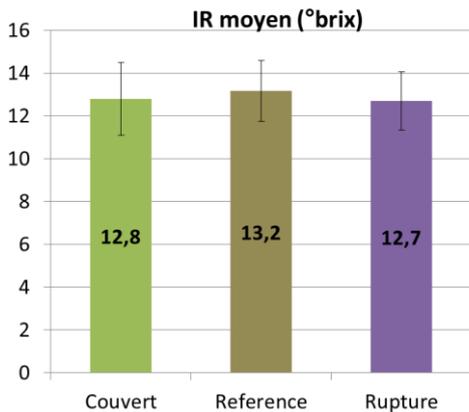
*Rendement de melon brut/net- saison 2018 SUDEXPE*

– Résultats qualitatifs (interne et externe):



*Répartition des catégories commerciales melon- saison 2018 SUDEXPE*

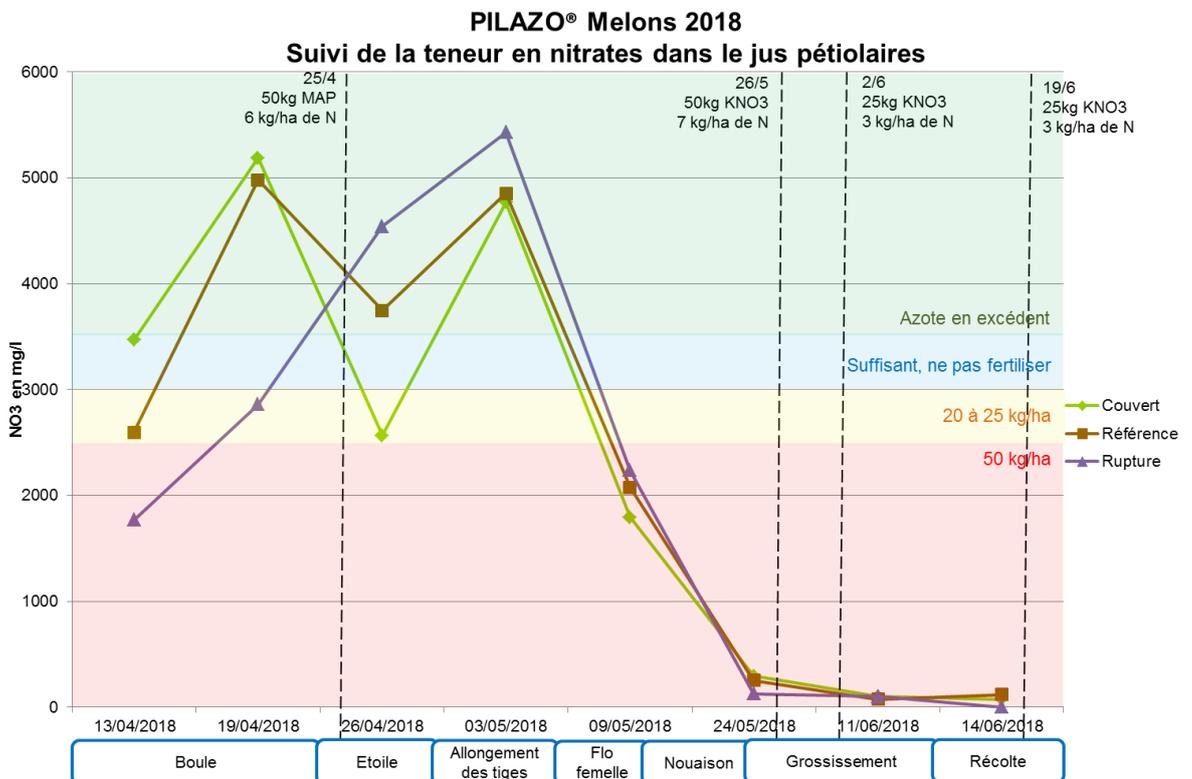
En ce qui concerne la présentation externe des fruits, les modalités « Rupture » et « Couvert » semblent être les plus qualitatives (plus de fruits de catégorie 1 et moins de déchets). Pourtant il n'y a aucune différence significative entre les modalités.



Les taux de sucre des fruits des différentes modalités sont bons mais ne sont pas différents significativement entre eux.

*Taux de sucre mesurés melon- saison 2018  
SUDEXPE*

- Suivi de la teneur en azote dans les pétioles (méthode Pilazo®):  
Un suivi de l'azote par l'indicateur plante a été réalisé à partir de la 2ème semaine après la plantation.



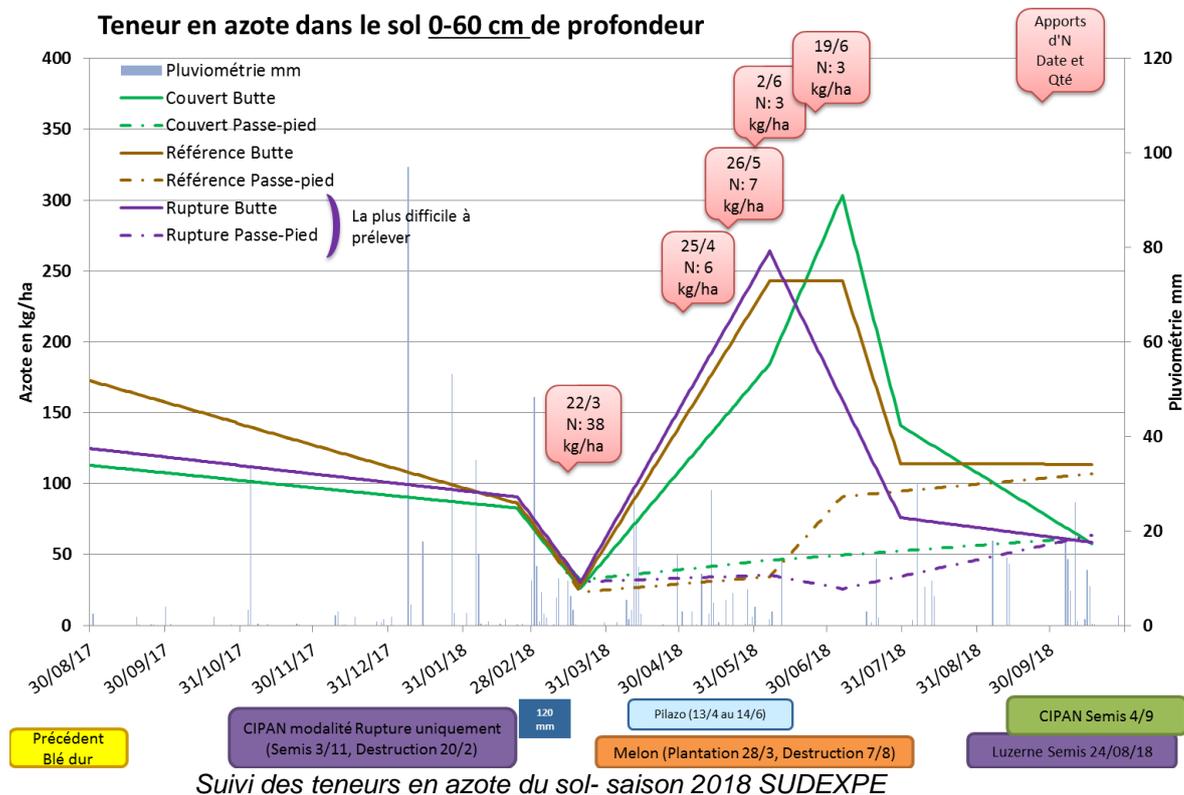
*Suivi des teneurs en azote des plantes de melon- saison 2018 SUDEXPE*

D'après la grille d'interprétation élaborée par le Ctifl (qui apparaît en fond sur le graphique ci-dessus), au 13 avril, il semble que la modalité « Rupture » (celle dans laquelle il y a eu un engrais vert en précédent) se comporte différemment des autres. Elle est en sous-fertilisation en début de culture (au 13 et au 19 avril). Cette différence peut s'expliquer par la mobilisation de l'azote nécessaire à la décomposition de l'interculture. Mais la teneur en azote dans la plante augmente ensuite dans cette modalité et atteint le même niveau que dans les autres modalités au début du mois de mai, au stade allongement des tiges.

A partir du stade nouaison, la teneur en azote chute dans toutes les modalités. Les données obtenues par la méthode Pilazo® ne sont plus exploitables à partir de ce stade car l'azote n'est plus stocké dans les pétioles.

Ces différences relevées entre les trois modalités sont à corrélérer avec la teneur en azote du sol.

- Suivi de la teneur en azote dans le sol:



Avant la mise en place de la culture du melon, une forte période de pluie a causé un lessivage de l'azote présent dans le sol entre le 28 février et le 31 mars. Ainsi avant la plantation, les reliquats azotés sont faibles dans toutes les modalités (environ 25 unités d'azote sur l'horizon 0-60cm). Ensuite la dynamique de la teneur en azote est un peu différente dans la modalité « rupture » (la seule avec une interculture en précédent). Le pic de minéralisation a lieu un peu plus tôt dans cette modalité que dans la modalité « couvert » (au 6 juin contre le 6 juillet). Mais ce pic est plus modéré, et les teneurs en azote diminuent ensuite plus tôt que dans les autres modalités. Cette baisse a lieu à une période où on peut supposer que c'est la plante qui consomme l'azote présent et qu'il n'y a pas lessivage.

- Mise en place des intercultures en 2018 :
- Calendrier des opérations réalisées sur la parcelle suite à la destruction des melons :

	Couvert	Rupture	Référence
23/08/2018	Décompactage (35cm de profondeur)		Décompactage (35cm de profondeur)
23/08/2018		Herse (15cm de profondeur)	
24/08/2018		Semis luzerne (15kg/ha)	
24/08/2018		Roulage	
27/08/2018		Irrigation (35mm)	
03/09/2018		Levée luzerne	
04/09/2018	Herse (15cm de profondeur)		
05/09/2018	Semis mélange (72kg/ha)		

06/09/2018	Roulage		
17/10/2018	Prélèvement de sol et analyse teneur en azote		
11/12/2018	Prélèvement de sol et analyse teneur en azote		
14/12/2018	Prélèvement Biomasse aérienne interculture et teneur en azote dans les plantes		
21/12/2018	Désherbage chimique		

En 2018, l'automne a été très pluvieux sur le site de Marsillargues (430mm du 1<sup>er</sup> septembre au 31 décembre 2018). Par conséquent, il a été impossible de semer le blé au mois d'octobre comme prévu initialement. Ainsi, un semis d'orge a été effectué le 28 janvier 2019.

- Développement des intercultures et teneur en azote en fin d'hiver 2018 :

	Humidité (%)	Poids frais (t/ha)	T de matière sèche/ha	%N sur poids sec	Teneur en N en kg/ha
<b>Couvert</b>	88%	53,3	6,1	2,9	178
<b>Reference</b>	77%	3,9	0,9	2,0	18
<b>Rupture</b>	82%	9,4	1,7	1,9	33

*Caractéristiques des engrais verts- saison 2018 SUDEXPE*

Le mélange semé dans la modalité « couvert » s'est très bien développé, contrairement à la luzerne dans la modalité « rupture » qui s'est fait envahir par le Ray-Grass.

- Mise en place de l'itinéraire cultural :

	Modalité Couvert	Modalité Rupture (TCS)	Modalité Référence
25/01/2019	Broyage du couvert		
08/02/2019	Semis orge - semoir à semis direct (180 Kg/ha)		Disque forestier (10cm de profondeur) pour préparer semis orge
13/03/2019	Enterrage - « test du slip »		
10/04/2019	Engrais minéral azoté (135 kg/ha)		
28/06/2019	Déterrage – « test du slip »		
13/07/2019	Moisson (42 quintaux)		
15/09/2019	Semis CIPAN		[Repousses orge]
16/01/2020	Mesure biomasse aérienne puis broyage		
17/01/2020	Disquage		
06/02/2020	Semis orge 120kg/ha		
28/02/2020	Engrais minéral azoté (112 kg/ha)		



Référence



Rupture



Couverture

Le 'test du slip' nous a permis de déduire une activité biologique de la modalité 'couverture permanente' plus importante que celle des deux autres modalités (voir tableau ci-dessous).

Référence	Couverture	Rupture
65,78g	71,83g	55,02g

#### Analyses de sol

Des analyses de sol ont été réalisées le 16/12/2020 dans chaque zone et les résultats comparés à l'analyse de sol initiale.

	Parcelle 27/12/2017	Référence 16/12/2020	Couvert 16/12/2020	Rupture 16/12/2020
pH eau	8,4	8,4	8,4	8,4
Matière organique (%)	2,3%	2,4%	2,7%	2,5%
Azote total (%)	0,12%	0,15%	0,14%	0,15%
C/N	11,1	9,0	11,3	9,6
CEC meq/kg	161	153	154	151
Ca/CEC		359%	380%	382%
K/CEC	4%	5%	4%	4%
Mg/CEC	10%	12%	12%	13%
P olsen mg/kg	18	28	15	20
K2O mg/kg	332	357	298	285
MgO mg/kg	315	372	382	393
CaO mg/kg		15410	16364	16151
Cu mg/kg	32,8	42,9	34,7	33,1
Zn mg/kg	1,8	2,6	1,8	1,7
Mn mg/kg	14,5	14,4	15,0	17,2
Fer mg/kg	13,2	10,9	17,2	13,4

Le pH et la CEC sont similaires entre toutes les modalités et à l'état initial. Le sol est très basique et la CEC élevée, les échanges de cations sont donc difficiles. Les rapports Cations/CEC montre que le calcaire est en excès, au détriment des autres cations.

Concernant la matière organique, on peut noter :

- Augmentation significative de 0,3% du taux de matière organique pour la modalité Couvert. Le C/N n'a pas évolué et reste indicateur d'une relativement bonne décomposition de la matière organique.

- Pour les modalités Référence et Rupture, la diminution du C/N révèle une amélioration de la décomposition de la matière organique, avec un taux stable voire en augmentation témoignant d'une dynamique active de la matière organique. Ces résultats corroborent les observations du « test du slip ».

La teneur en azote total est similaire entre toutes les modalités.

La teneur en phosphore et potassium a augmenté uniquement pour la modalité Référence. La teneur en potassium a même diminué pour les modalités Couvert et Rupture. On peut supposer que les couverts mis en place ont consommé du phosphore et du potassium. La teneur en magnésium a augmenté dans toutes les modalités.

Les teneurs en oligo-éléments ont peu varié entre modalités.

#### - **Action 1b : Mise au point d'un système de culture courgette**

- o Rappel des objectifs attendus :

Avec une production de 127 000 tonnes, la France se positionne comme le troisième producteur européen de courgettes, derrière l'Espagne et l'Italie. Le bassin de production Sud-Est (Occitanie, PACA et Rhône-Alpes) représente 49 % de la production nationale. Les zones de cultures y sont en partie situées en zones vulnérables nitrates (ZVN), notamment dans les départements du Gard et de l'Hérault.

Pour cette culture, l'enjeu est de désintensifier les rotations notamment dans les zones de protection de captage d'eau potable classées prioritaires afin de pouvoir dégager des marges de progrès en termes de réduction de la teneur en nitrate dans les eaux souterraines. L'assolement en production de courgette de plein champ est en effet peu diversifié. L'absence de rotation, principalement due au manque de foncier disponible, est propice au développement des bioagresseurs. Par ailleurs, la Directive Nitrates demande aux maraichers de couvrir leurs sols au cours des périodes pluvieuses.

L'objectif est donc d'arriver à un assolement durable avec une rotation céréales/courgette limitant les maladies et les pertes d'azote dans les eaux souterraines.

- o Méthodes de travail utilisées

L'expérimentation conçue et mise en place au centre Ctifl de Balandran a pour but de comparer deux systèmes de culture différents

##### (i) Courgette, système de culture « intensif » (parcelle sud):

Ce système est basé sur des pratiques actuelles de rotation associant la courgette. Il est caractérisé en particulier par la mise en place de 2 cultures de courgettes successives sur deux années successives, avec un paillage plastique laissé sur place après récolte jusqu'au 1er octobre puis un sol nu pendant la période automne/hiver.

##### (ii) Courgette, système de culture « désintensifié » (parcelle nord) :

Ce système est basé sur une succession blé dur/courgette/blé dur associant également la mise en place d'engrais verts afin d'assurer une couverture permanente du sol. Celui-ci présente donc moins de cultures de courgettes et plus d'implantations de céréales / engrais verts dans la rotation par rapport au système de culture « intensif ».

Les questionnements liés à ce système sont : un système « désintensifié » avec moins de cultures de courgettes et plus d'implantations de céréales / engrais verts est-il plus performant pour la compétitivité et l'environnement par rapport au système classique ? L'introduction de pratiques culturales *a priori* favorables au fonctionnement du sol (engrais verts) pourrait-elle rendre les apports d'engrais plus efficaces ?

Dans les deux systèmes, l'ajustement de la fertilisation azotée, condition première de réduction des pertes d'azote par lessivage, repose sur l'analyse des reliquats azotés avant et en cours de culture. Ces résultats seront utilisés pour compléter, si nécessaire, les fournitures d'azote du sol, en fonction de l'évolution du développement de la culture et des besoins en azote correspondants.

- o Calendrier d'expérimentation et résultats intermédiaires obtenus

*Rappel résultats antérieurs :*

La parcelle accueillant ces deux systèmes a été entièrement semée en blé dur d'hiver (variété Anvergur), 12 octobre 2016. Pour le système intensif, le précédent de ce blé est une culture de

courgette tandis que pour le système désintensifié il s'agissait d'un sol nu. Une culture de courgette a ensuite été implantée après la récolte du blé dur dans les deux systèmes le 7 juillet 2017, cela dans des conditions particulières puisque les plants ont montré très précocement des premiers boutons floraux (stress probablement dû à un retard dans la plantation, pour des raisons logistiques).

Des prélèvements de sol ont été réalisés dans le système désintensifié aux dates suivantes : 27/09/2016, 09/01/2017, 17/05/2017, 05/07/17, 25/07/2017, 09/08/2017, 22/08/2017 et le 4/09/2017.

Dans le système intensif, les prélèvements de sol ont été réalisés aux dates suivantes : 17/05/2017, 05/07/2017, 25/07/2017, 09/08/2017, 22/08/2017 et le 4/09/2017.

Ces prélèvements ont été effectués à chaque fois à 0-30 cm et 30-60 cm de profondeur, à l'exception du 09/01/17, 17/05/2017 et 5/07/2017 où ils ont été effectués uniquement à 0-30 cm.

La récolte de courgette a eu lieu du 28 juillet au 1<sup>er</sup> septembre 2017.

Les tableaux ci-dessous présentent un récapitulatif des apports de fertilisants effectués sur la culture blé et celle de la courgette :

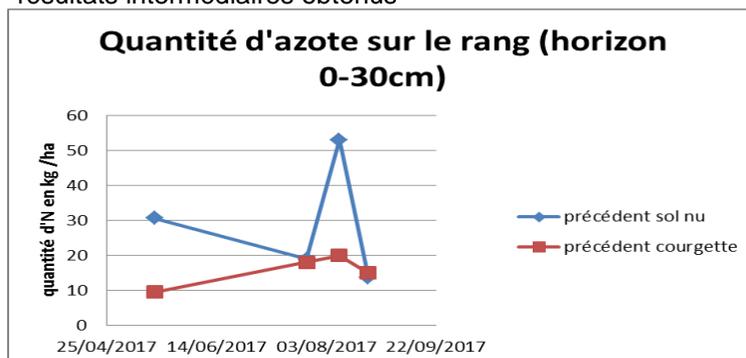
Blé :

105 kg/ ha Nexen 38-0-0 12 en soufre	9/02/2017
136 kg/ ha Nexen 38-0-0 12 en soufre	16/03/2017
80 kg/ ha Nexen 38-0-0 12 en soufre	13/04/2017

Courgette :

semaine	Produit	quantité en kg/ha du produit	N	P2O5	K2O	MgO
avant plantation	Nitrate potassique 13,0,46	150	20	0	69	0
avant plantation	Phosphate monoammonique 12,61	50	6	31	0	0
27-juil	soluveg 10-50-05 + 3	100	10	50	5	3
02-août	soluveg 10-50-05 + 4	100	10	50	5	4
semaine 32	Nitrate de potassium 13-0-46	95	12	0	43	0
semaine 33-34	Soluveg 13-5-27 + 4	115	15	6	31	5
fin semaine 34-semaine 35	Soluveg 15-9-30	105	16	9	32	

a. résultats intermédiaires obtenus



Des reliquats azotés relativement faibles ont été observés en début d'hiver (janvier et février : entre 24 et 26 kg/ ha sur les 2 parcelles) et au printemps, avec en mai 2017 une teneur en azote à 0-30 cm légèrement plus élevée sur le précédent sol nu en système intensif (31 kg/ha) par rapport au précédent courgette en système désintensifié (10 kg/ha). Après la récolte du blé (sur les deux parcelles) et juste avant la mise en place de la culture de courgette sur les 2 parcelles, les teneurs en azote sont là encore très correctes (39 kg/ha en système désintensifié et 46 kg/ha sur sol nu en système intensif). Au cours de la culture de courgettes ces teneurs en azote varient entre 20 et 53 kg/ha avec des valeurs très proches entre les 2 systèmes à l'exception du 9 août (20 kg/ha sur le système désintensifié et 53 kg/ha sur le système intensif).

Concernant les rendements : pour le blé, les rendements apparaissent comme plus élevés sur le système désintensifié (entre 51 et 65 qtx/ha suivant les blocs de parcelles) par rapport au système intensif (entre 44 et 46 qtx/ha suivant les blocs). Concernant la courgette, des vols de fruits ont été constatés en cours de récolte (vraisemblablement causés par des personnes extérieures ayant réussi à s'introduire dans notre site d'expérimentation), les rendements obtenus ne peuvent donc être fiables et par conséquent ne peuvent être communiqués ni interprétés.

*RESULTATS 2018 système intensif / système désintensifié intégrant la courgette*

La courgette de printemps a été plantée le 05/04/2018 en système intensif. Les récoltes se sont déroulées du 16 mai au 22 juin. Après la récolte du blé (en système désintensifié) et à la fin des récoltes de courgettes de printemps (système intensif) sur les deux parcelles a été plantée une nouvelle culture de courgette sous P17 le 03/07. Avec les températures élevées de cette saison, de nombreux plants (environ 30 %) n'ont pas survécu avant débâchage. Le 06/07 est donc pris la décision d'arracher la culture est de procéder à une nouvelle plantation. Celle-ci a eu lieu le 19/07 et cette fois sans P17. Les récoltes se sont déroulées du 10/08 au 17/09.

Apports fertilisants :

Date	Nom du produit	Apport en N (kg / ha)
03/04/2018	Nitrapot 13-0-46 + Phosphate monoammonique	26
18/05	Solveveg 10-50-05	10
25/05	Solveveg 10-50-05	10
30/05	Nitrapot 13-0-46	10
07/06	Solveveg 13-5-27 + 4	10
15/06	Solveveg 15-9-30	16
18/06	Solveveg 13-5-27	15

Récapitulatif des fertilisations sur la culture de courgette de printemps (système intensif)

Date d'apport H' désintensifié	Nom du produit	Apport en N (kg / ha)
<b>pas d'apport avant plantation</b>		
<b>08/08</b>	Solveveg 10-50-05	10
<b>10/08</b>	Nitrate de potassium 13-0-46	11,7
<b>20/08</b>	Solveveg 13-5-27 +4	15
<b>31/08</b>	Solveveg 15-9-30	20,8
<b>03/09</b>	Solveveg 15-9-30	20,8
<b>10/09</b>	Solveveg 15-9-30	20,8

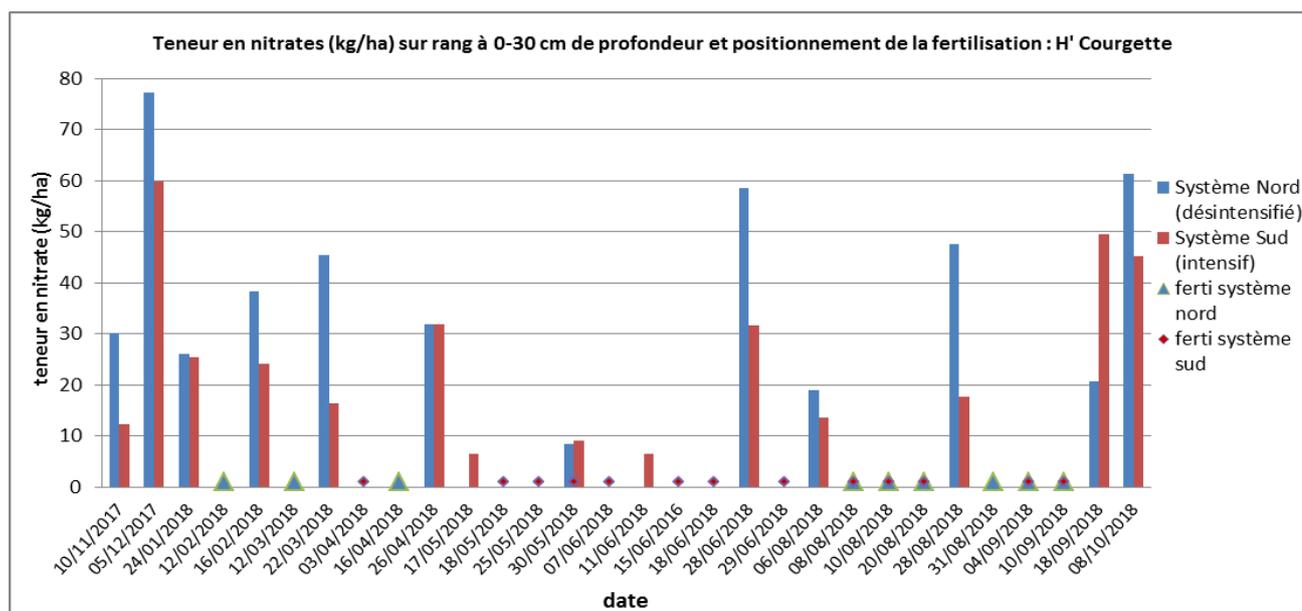
*Récapitulatif des fertilisations courgette culture d'été en système désintensifié*

Date d'apport H' Intensif	Nom du produit	Apport en N (kg / ha)
<b>29/06</b>	Nitrate potassique 13-0-46 + Phosphate monoammonique 12-61	25,5
<b>08/08</b>	Solveveg 10-50-05	10
<b>10/08</b>	Nitrate de potassium 13-0-46	11,7
<b>20/08</b>	Solveveg 13-5-27+4	15
<b>4/09</b>	Solveveg 15-9-30	20,8
<b>10/09</b>	Solveveg 15-9-30	10,4

*Récapitulatif des fertilisations courgette culture d'été en système intensif*

Pour le système désintensifié nous avons apporté 99 unités d'azote sans fumure de fond. Pour le système intensif nous avons apporté 93 unités d'azote dont 25,5 unités de fumure de fond.

### Les suivis d'azote



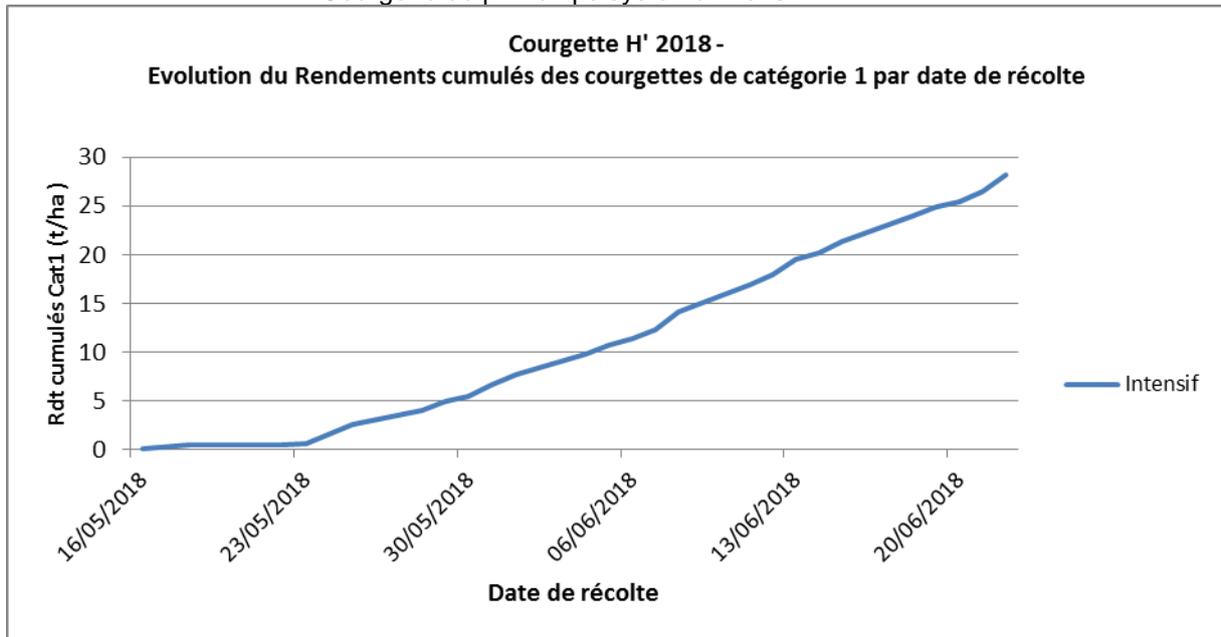
*Suivi des teneurs en azote sur ligne de culture et positionnement de la fertilisation dans les systèmes*

La teneur en azote dans les deux systèmes évolue différemment. En fin de culture 2017 les quantités d'azote sont différentes dans les deux systèmes '(30 kg/ha au nord et 12,2 au sud). Au prélèvement suivant nous observons une augmentation de cette quantité dans les deux systèmes : 77,3 kg/ha au nord et 59,8 kg /ha au sud. Il est probable que les températures douces du mois de

novembre aient entraîné une minéralisation tardive des résidus de culture présents dans le sol. La baisse de la quantité d'azote dans le prélèvement suivant, 26 kg/ha pour le système désintensifié et 25,35 kg/ha pour le système intensif, est peut-être dûe aux fortes pluies début Janvier (81,6 mm le 08/01/2018), celles-ci ont pu lessiver l'azote minéralisé tardivement. L'évolution de l'azote jusqu'au 28/06/2018 peut s'expliquer par la consommation de l'azote par les cultures en place et les fertilisations positionnées sur ces cultures. Les résultats obtenus le 28/06/2018 pour la partie nord ne peuvent s'expliquer par la minéralisation des résidus de la culture de blé. En effet la récolte de blé ayant eu lieu le 22/06/2018 la période entre la récolte et le prélèvement de sol est trop courte pour qu'une minéralisation des résidus ait eu lieu. Les valeurs que nous obtenons en fin de culture sont de 61,4 kg/ha pour le système désintensifié et 45,2 kg/ha pour le système intensif. Les plants de courgette, affaiblis par une forte pression en oïdium en fin de culture ont probablement prélevé peu de nutriments dont l'azote à cette période.

### Les récoltes courgette

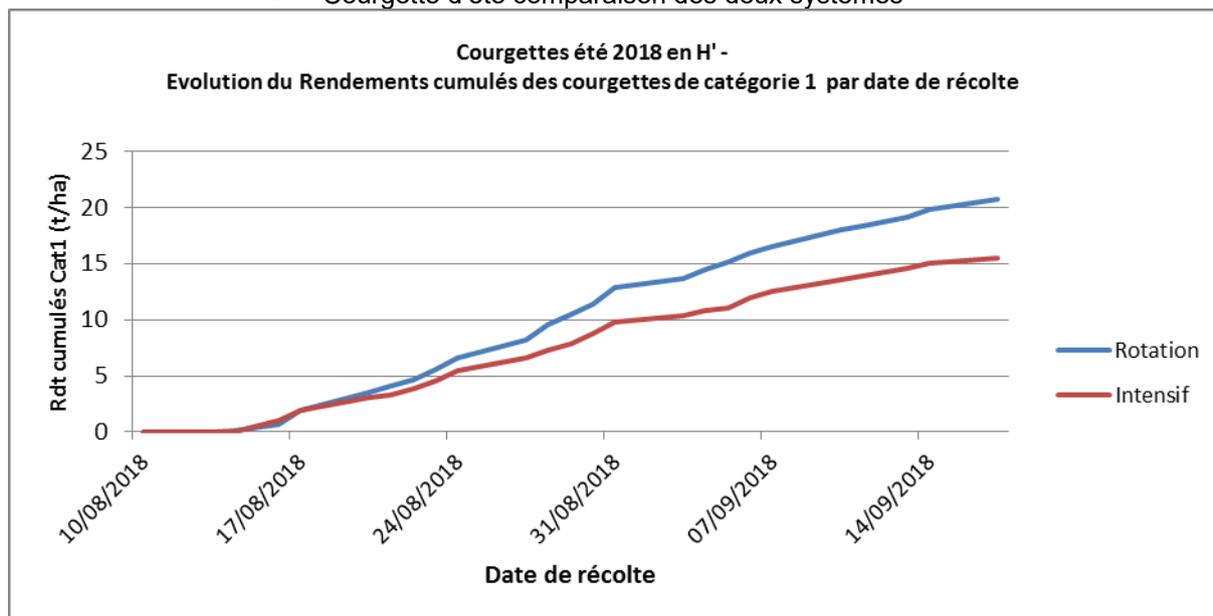
- Courgette de printemps système intensif



Rendements cumulés catégorie 1 de la culture de courgette de printemps.

Les rendements cumulés catégorie 1 de la culture de printemps atteignent 28,2 t/ha. Pour une culture à cette période nous avons eu de bons rendements.

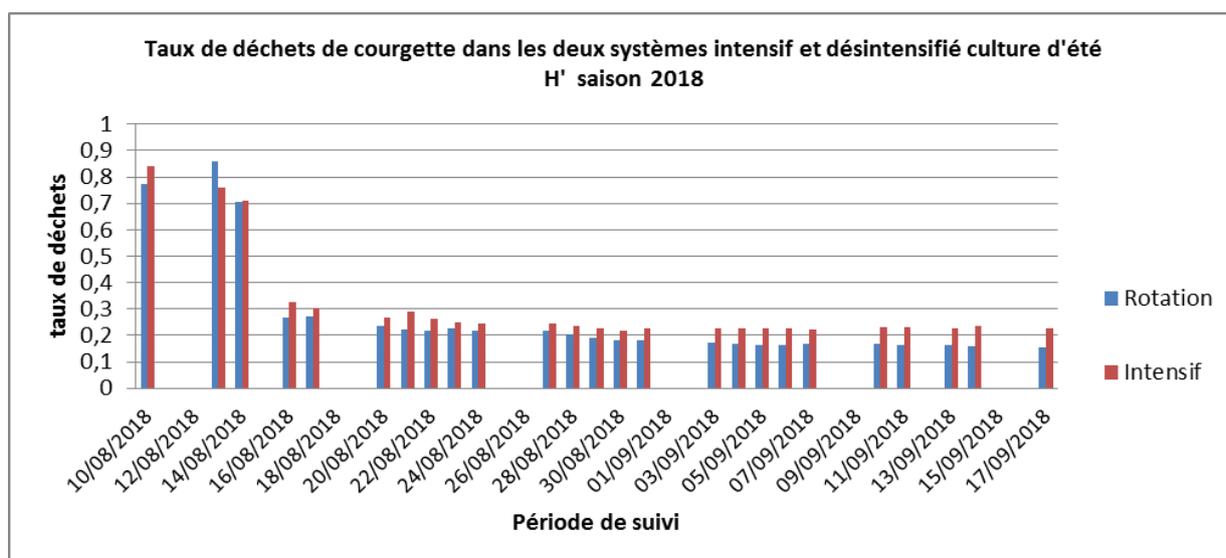
- Courgette d'été comparaison des deux systèmes



Rendements cumulés catégorie 1 des cultures de courgette d'été

Les rendements cumulés catégorie 1 des cultures d'été atteignent 15,5 t/ha pour la partie système intensif et 20,7 t/ha pour la partie système désintensifié. Cette différence est significative (test NK après ANOVA, seuil de 5 %). Nous observons une baisse de rendement, sur le système intensif par rapport à la culture de printemps atteignant ainsi des valeurs plutôt faibles. Les rendements du système désintensifié sont tout à fait corrects pour une culture d'été. Nous constatons que les rendements pour une culture d'été avec une rotation blé-courgette sont meilleurs que les rendements d'une culture de courgette d'été suivant une culture de courgette. Dans les deux systèmes, il est probable que la forte pression en oïdium ait impacté négativement le rendement en fin de culture.

- Taux de déchets comparaison des deux systèmes



Déchets en culture de courgette- Saison 2018

Nous constatons, en comparant les deux systèmes et après les trois premières récoltes, que le taux de déchets pour le système intensif est toujours plus important que pour le système désintensifié. La culture de courgette implantée dans le système intensif produit donc plus de déchets. L'essentiel des déchets produits sont des fruits déformés ou pourris. Ceci est peut être dû à un appauvrissement du sol et donc une moins bonne implantation de la culture, des plants n'arrivant pas à produire des fruits de qualité jusqu'à maturité.

Concernant le blé, les résultats sont très proches entre les différentes parties du dispositif (tableau ci-dessous).

Production du blé dur en 2018 : Rendement, élaboration, qualité et azote absorbé														
zone de récolte	Grain								Indice de Récolte	Paille			Plante entière	
	Grains /m <sup>2</sup>	PMG (g)	Rendement à 15% (q/ha)	écart type (q/ha)	H2O (%)	PS	Protéines (%)	Azote absorbé (kg/ha)		Biomasse (t/ha)	Teneur en azote (%)	Azote absorbé (kg/ha)	Biomasse (t/ha)	Azote absorbé (kg/ha)
2A	16732	35.3	59.1	2.4	10.2	70.2	12.5	110	0.37	8.6	0.82	70	13.6	180
2B	17112	35.1	60.0	0.7	11.0	72.8	12.2	109	0.37	8.7	0.82	71	13.8	180
1A	16279	32.9	53.2	3.9	10.2	69.6	14.3	114	0.37	7.7	0.82	63	12.2	177
1B	16447	35.5	58.4	3.5	9.7	71.2	13.0	113	0.37	8.5	0.82	69	13.4	182
<b>Moyenne</b>	<b>16623</b>	<b>34.7</b>	<b>57.7</b>		<b>10.3</b>	<b>70.9</b>	<b>13.0</b>	<b>111</b>	<b>0.37</b>	<b>8.35</b>	<b>0.82</b>	<b>68</b>	<b>13.3</b>	<b>180</b>

La zone 1A montre un rendement réduit, essentiellement par baisse du PMG, et une teneur en protéines plus élevée, compensation habituelle par concentration. Mais, in fine, les quantités d'azote absorbées par la culture, aussi bien dans le grain que dans la paille, sont très proches.

Les résultats globaux de la culture de blé dur révèlent :

- un mauvais remplissage du grain : PMG inférieur de 40% au potentiel de la variété et PS inférieur de 8 points.
- Une remobilisation incomplète de l'azote des pailles vers le grain : teneur en azote des pailles de 0,8%.
- Des teneurs en protéines juste suffisantes, indicatrices d'une alimentation azotée équilibrée avec le rendement.

Comme en 2017, l'ensemble révèle une mauvaise alimentation en eau en fin de cycle, qui, en 2018, ne peut être imputée à la sécheresse (125 mm de pluies du 29/04 au 12/06). La présence chronique de piétin échaudage sur les racines, liée au retour fréquent du blé sur la parcelle, est très probablement l'explication.

Après la courgette d'été, les résidus de culture ont été broyés et laissés sur place, puis un mélange d'engrais verts a été semé dans le système désintensifié le 25 octobre : radis fourrager à 9kg/ha + vesce velue à 20 kg/ha + féverole à petites graines à 53 kg / ha.

Une notation de levée effectuée le 7/12 donne les résultats suivants : 35%, 27%, 74%, respectivement. Aussi, on note un pourcentage de levée moins satisfaisant pour le radis et la vesce par rapport à la féverole.

Le sol est laissé nu dans le système intensif, conformément au dispositif prévu.

Enfin un prélèvement de sol effectué à 30 cm le 10 /12 donne les résultats suivants : 15 kg/ha dans le système désintensifié et 21 kg/ha dans le système intensif. De fortes pluies récurrentes les dernières semaines avant ce prélèvement ont pu entraîner un lessivage de l'azote restant en fin de culture 2018 (445 mm de pluie entre le 08/10/2018 et le 10/12/2018).

#### - **Action 2a : Essais complémentaires melon**

- Rappel des objectifs attendus :

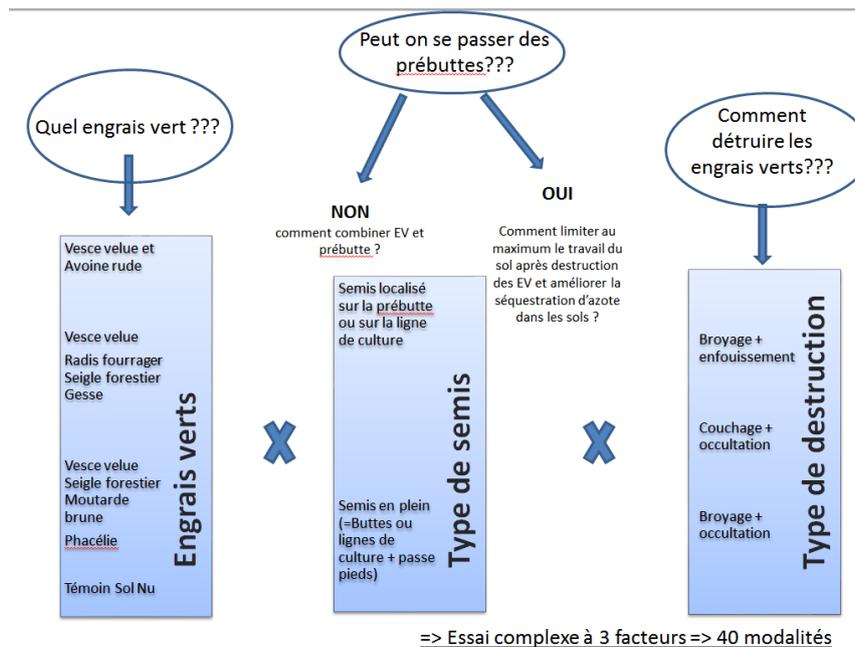
Les systèmes de cultures que nous proposons d'étudier dans le cas du melon sont en rupture par rapport aux systèmes de production actuellement existants. Les questions de recherche qui se posent sont multiples et des essais complémentaires sont nécessaires pour pouvoir gérer au mieux les systèmes de culture « Couverture permanente des sols » et « Système à plat avec réduction du travail du sol et couverture permanente ».

- méthodes de travail utilisées

Les questions de recherche sont les suivantes :

- Quel engrais vert est le mieux adapté à une culture de melon située dans le sud de la France en Zone vulnérable nitrates
- Peut-on se passer de prébuttes ?

- Si non, comment concilier prébuttes et engrais vert ?
- Quelles techniques innovantes de destruction des engrais verts peut-on utiliser pour limiter le travail du sol et les pertes de nitrates par lixiviation ?



Afin de répondre à ces questions de recherche, le dispositif expérimental mis en place à Balandran en hiver 2017/2018 a permis de comparer 40 modalités d'expérimentation, en croisant trois facteurs que sont le type d'engrais vert, le type de semis et le type de destruction.

- o Calendrier d'expérimentation et résultats intermédiaires obtenus

Les prébuttes ont été mises en place le 27 septembre 2017 sur le Centre CTIFL de Balandran. Les différents engrais verts ont été semés le 10 octobre 2017 dans un contexte climatique difficile (sécheresse extrême). Contrairement à ce que nous souhaitions initialement, un système d'irrigation a été mis en place afin d'assurer la levée des semences.

Des prélèvements de sol ont été réalisés tout au long de la culture des engrais verts et de la culture de melon.

Les engrais verts ont été détruits semaine 12, soit entre le 20 et le 23 mars 2018.

Le melon a été planté le 6/04/2018 et détruit le 19/07/2018.

Les conditions climatiques ont été très difficiles, avec de très fortes pluviométries observées en début de campagne. Néanmoins, de nombreuses conclusions ont pu être déterminées à partir de cette expérimentation, les réponses aux questions de recherche sont synthétisées ci-dessous :

#### ⇒ Quel engrais vert ?

Dans cet essai nous avons testé trois engrais verts avec des compositions différentes. Nous voulions déterminer lequel est le mieux adapté à la région, le plus facile à travailler en fonction des différents modes de destruction utilisés et celui qui répond au mieux à la problématique de l'azote dans notre zone à risque.

#### Implantation et destruction des engrais verts

Suites aux conditions difficiles lors du semis des engrais verts et au manque de matériel adapté, le taux de germination pour chaque espèce est relativement faible. Les conditions climatiques se sont améliorées par la suite et ont permis aux engrais verts de se développer correctement et ainsi d'obtenir des quantités de matières fraîches élevées. L'EV3 est celui pour lequel ces quantités sont les plus importantes pour tous les types de semis et tous les modes de culture. Cet engrais vert est celui qui comporte le plus de familles différentes et le plus d'espèce à fort potentiel de développement végétatif, ce qui explique la quantité importante de matière fraîche produite.

Les trois engrais verts n'ont pas été difficiles à détruire. C'est au moment de l'occultation que nous avons rencontré quelques difficultés. En effet nous avons été obligés de retarder la destruction des engrais verts en raison de fortes pluies. Les engrais verts humides au moment de la destruction ont

rendus difficile l'utilisation de la CM lors du déroulage du paillage. Ce problème a été noté pour les trois engrais verts, mais l'utilisation d'un paillage plus épais a permis de limiter le bourrage par une vitesse d'avancement plus importante.

#### Dynamique d'azote selon les engrais verts

La dynamique de relargage d'azote est identique pour les trois engrais vert, et les teneurs en azote du sol sont globalement plus importantes en présence d'engrais verts par rapport à un sol nu. On observe en effet un pic d'azote début mai (très légèrement supérieur pour l'EV2) suivi d'une diminution progressive jusqu'en fin de culture.

Malgré une quantité de matière fraîche moins importante pour les EV 1 et 2, les mesures d'azotes réalisées sur le rang nous indiquent un pic d'azote proche voir plus élevé que celui de l'EV3. La minéralisation de l'EV3 semble moins efficace.

#### Effet des engrais verts sur la culture de melon

Aussi bien au niveau de la mortalité des plants de melon à la reprise que sur les rendements, il semble n'y avoir aucune différence significative en comparant les différents engrais verts. Pour ces critères, à priori, ces engrais verts correspondent à nos attentes.

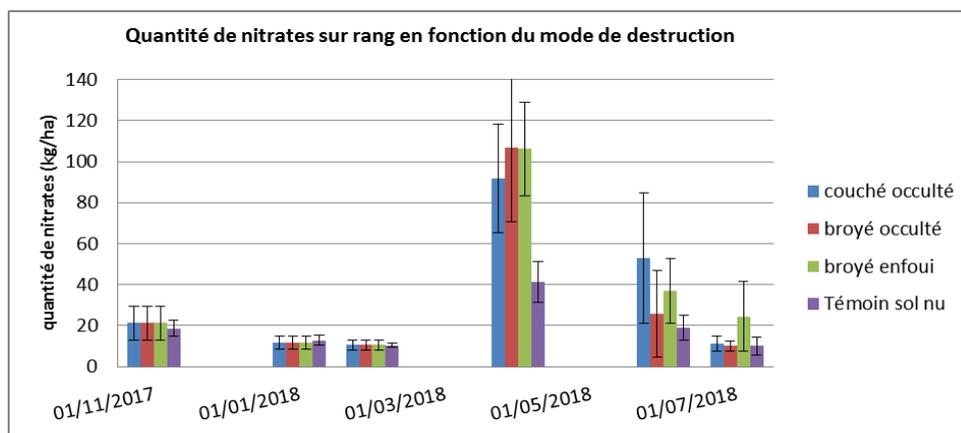
L'EV1 malgré une mauvaise germination et une quantité de matière fraîche moins importante ne semble pas pénaliser la culture de melon ni les rendements de celle-ci.

#### ⇒ Quels modes de destruction

Dans le but de limiter le travail du sol et ainsi de préserver la microflore du sol, nous avons testé différents mode de destruction : couché occulté, broyé occulté et le témoin broyé enfoui.

#### Dynamique d'azote en fonction du mode de destruction

Nous constatons un pic d'azote pour les trois modes de destruction à la même date de prélèvement de sol (le 27/04). Ce pic est plus élevé pour les modalités « broyé occulté » et « broyé enfoui » que pour la modalité « couché occulté ». Cette dernière semble avoir une restitution de l'azote différente des deux autres. En effet nous constatons que pour le prélèvement suivant (le 05/06) la quantité d'azote pour cette modalité est plus importante. Ceci pourrait être dû à une minéralisation plus lente des engrais verts détruit de cette façon donc une mise à disposition de l'azote plus tardive et une assimilation de l'azote par les plants de melon plus progressive. Les reliquats azotés en fin de culture, en règle générale, sont légèrement plus importants pour les modalités « broyé enfoui ».



Quantités de nitrates sur le rang en fonction du mode de destruction

Les analyses pétioles du 11/06 indiquent que pour les modalités « couché occulté », quel que soit le mode de culture (sur butte ou à plat), la quantité d'azote (sauf l'EV2 au nord-ouest) est plus importante. Il se pourrait que l'azote produit par ce mode de destruction soit mieux assimilé par la plante ou qu'une minéralisation et une mise à disposition de l'azote plus tardive influe sur la quantité d'azote accumulées dans la plante.

#### Culture de melon et mode de destruction

Les observations de mortalité des plants après débâchage de la culture de melon nous ont indiquées que pour les modalités « couché occulté » le taux de mortalité était le plus important. Les

modalités avec le plus faible taux de mortalité sont les « broyé enfoui ». Ces résultats peuvent s'expliquer par la repousse des engrais vert dans les passe-pieds qui ont étouffé les plants de melon. Il faut tenir compte des conditions climatiques qui nous ont obligés à détruire tardivement les engrais verts et à planter les melons uniquement deux semaines après destruction. Ce temps trop court entre destruction et plantation n'as pas permis aux engrais verts de se décomposer correctement. De plus pour les modalités « broyé occulté » et « couché occulté » le sol n'ayant pas été travaillé depuis plusieurs mois, dans nos conditions (sol argilo-limoneux), implique un sol dur à la plantation qui défavorise la reprise des melons. Tous ces facteurs expliquent la mauvaise reprise et surtout les taux de mortalité élevés pour les modalités « couché occulté » et « broyé occulté ».

La comparaison des rendements en fonction du mode de destruction nous indique qu'ils sont à priori similaires. Le mode de destruction pour nos conditions d'essais n'influe pas sur le rendement.

#### ⇒ **Comment limiter les pertes d'azote dans les passe-pieds ?**

Au cours d'essais antérieurs nous avons constaté qu'une grande quantité d'azote avait tendance à s'accumuler dans les passe-pieds durant la culture de melon. Pour pallier à cette accumulation nous avons décidé de tester deux types de semis des engrais verts : sur ligne de culture uniquement et sur ligne de culture et dans les passe-pieds (en plein). Les engrais verts devaient donc nous permettre de limiter l'azote en l'absorbant avant leur destruction. En comparant la quantité d'azote dans les passe-pieds à la quantité d'azote sur le rang en cours de culture et à la même date de prélèvement, nous constatons que pour un type de semis en plein, la quantité d'azote dans les passe-pieds est plus importante que sur ligne de culture. Dans le cas d'un semis des engrais verts sur ligne les quantités d'azote sont équivalentes.

Le mode de semis en plein des engrais verts nous apporte donc plus d'azote dans les passe-pieds. Ceci peut être dû au fait que, contrairement à ceux que l'on espérait, les engrais verts n'ont pas consommé l'azote dans les passe-pieds et leur destruction a accentué l'accumulation.

#### ⇒ **Doit-on maintenir les prébuttes ? Comment concilier prébuttes et engrais verts ?**

Un des buts de cet essai est de déterminer si la culture de melon à plat n'est pas préjudiciable à la culture de melon.

##### Comportement des engrais verts

Les engrais verts, en règle générale, ont mieux germé sur la partie à plat. La production de matière fraîche a donc été plus importante sur cette même partie, ceci est valable pour les trois engrais verts. Il faut cependant tenir compte du fait que nous avons été dans l'obligation d'irriguer les engrais verts pour les faire germer et que le système d'irrigation n'était pas homogène sur toute la parcelle.

Pour les trois engrais verts les pics d'azote sur ligne sont équivalents sur les deux modes de culture mais il semble que l'absorption de l'azote soit plus progressive pour la partie à plat. Ceci peut s'expliquer par une minéralisation plus lente des engrais verts pour la partie à plat (température plus élevées dans les pré-buttes).

En fin de culture la quantité de reliquat azoté pour les deux modes de culture est équivalente et plutôt faible. La culture de melon a donc, dans les deux cas, consommé l'azote mis à disposition.

##### Comportement de la culture de melon

Dans les conditions de culture rencontrées cette année et pour cet essai nous avons observé une mortalité importante des plants au moment de leur implantation. Ce taux de mortalité est équivalent pour la partie pré-buttes et la partie sans pré-buttes. Les pré-buttes n'ont donc pas favorisé l'implantation du melon.

En cours de culture les analyses du taux d'azote dans les pétioles nous a permis de constater que la quantité d'azote dans les pétioles le 11/06, semble plus importante dans la partie à plat. Il se pourrait donc que l'azote soit mieux absorbé dans un mode de culture sans pré-buttes.

Avant et après ajustement des résultats, les rendements sont légèrement supérieurs pour la partie sans pré-buttes mais en tenant compte des écarts type cette différence n'est pas significative. Les deux modes de culture semblent permettre des rendements équivalents.

En conclusions, les conditions climatiques tout au long de l'essai, de l'implantation des engrais verts au début des récoltes, ont été très difficiles, marquées par une sécheresse extrême en automne et une pluviométrie très importante au printemps. Ceci nous a obligés à faire des choix de conduites

de cultures n'optimisant pas celle-ci. Malgré ces conditions, nous avons réussi à avoir des engrais verts de bonne qualité et une culture de melon présentant de bons rendements.

Par ailleurs, le dispositif expérimental complexe n'a pas permis de réaliser un grand nombre de répétitions et les écarts types sont donc importants, ce qui ne nous permet pas de réaliser des analyses statistiques précises sur les résultats.

Il ressort de cette expérimentation complexe que dans tous les cas, un semis d'engrais vert est bénéfique par rapport à un sol laissé nu au regard de l'azote qu'il remet à disposition de la culture qui suit.

Cependant, il faut noter que la mise en place d'engrais vert n'est pas toujours aisée et nécessite un matériel adapté et un climat propice (ce qui n'était pas le cas en 2017/2018).

Par ailleurs, certaines techniques novatrices testées ici (destruction de l'engrais vert par couchage et occultation) permettent d'améliorer encore l'adéquation entre besoins de la culture et disponibilité en azote. Cette technique nécessite encore une fois un outillage adapté. Les mortalités observées cette année devraient pouvoir être limitées en années normales et en ajustant au mieux les techniques de couverture des melons.

Parmi les pistes d'amélioration envisagées, on retrouve :

- Une amélioration du mode de semis des engrais vert : le semis en plein ne limite pas les pertes d'azote dans les passe-pieds. Dans le cadre des prochains essais, un semis d'engrais vert en plein et détruit localement (sur la zone de culture et non dans les passe-pieds) sera testé.
- Une validation de l'intérêt de la culture à plat. Dans notre essai et nos conditions de cultures, la plantation à plat des melons ne présente pas d'inconvénient. Les résultats de l'essai de cette année nous indiquent qu'à priori en culture de melon nous pouvons nous passer des pré-buttes. Ces résultats sont à valider.
- Une amélioration de la technique d'occultation. Pour nos conditions de sol et surtout à cause des conditions climatiques rencontrées pour cet essai, les modalités « occulté » semblent les moins adaptées. Elles présentent quand même des avantages, un rendement similaire au témoin, malgré un taux de mortalité plus important, et des quantités de résidus azotés moins importants en fin de culture. Il reste pour cette modalité à améliorer la technique pour limiter les mortalités après destruction de l'engrais vert.

#### - **Action 2b : Essais complémentaires courgette**

##### ○ Rappel des objectifs attendus

Les systèmes de cultures que nous proposons d'étudier dans le cas de la courgette sont également en rupture par rapport aux systèmes de production actuellement existants. Plusieurs questions de recherche se posent et des essais complémentaires sont nécessaires afin de mener au mieux les expérimentations systèmes. En 2018, l'expérimentation analytique concerne les méthodes de destructions des engrais verts. Les questionnements liés à ces pratiques sont : l'implantation dans un couvert végétal maintenu en surface (broyé puis couvert à l'aide d'un paillage plastique) conduit-elle 1) à une meilleure gestion des adventices 2) au maintien voire l'amélioration du rendement et de la qualité de la courgette 3) à la réduction des apports d'intrants (eau et azote) sur la culture de courgette.

##### ○ Méthodes de travail utilisées

Afin de répondre à ces questions, le dispositif expérimental mis en place à Balandran en hiver 2017/2018 a permis de comparer 5 modalités d'expérimentation, en croisant 2 facteurs que sont le type d'engrais vert le type de destruction :

Quel engrais vert ? → 2 mélanges d'EV :

Vesce grise, seigle forestier, pois fourrager

Vesce velue, seigle forestier féverole

Comment détruire les engrais verts ? → 2 modes de destruction :

Broyé enfoui

Broyé occulté avec paillage plastique

- Calendrier d'expérimentation et résultats intermédiaires obtenus

- Les engrais verts/calendrier d'expérimentation

Les engrais verts ont été semés le 05/10/2017 dans des conditions très sèches. Pour permettre la germination de ces engrais verts nous avons été dans l'obligation de les arroser. Nous devons procéder à la destruction des EV au minimum 1 mois avant la plantation de la culture de courgette, afin de permettre une bonne décomposition surtout pour les modalités occultées. Mais à cause de fortes pluies, empêchant de rentrer sur la parcelle, au moment souhaité nous avons décalé la destruction au 22/03/2018, soit uniquement 2 semaines avant plantation.

Les modalités concernées ont été occultées le jour suivant soit le 23/03/2018.

Entre la destruction des engrais EV et la plantation aucune autre intervention n'a été réalisée sur les modalités avec EV. Pour le témoin sol nu deux jours avant plantation un travail du sol a été réalisé : décompacteur et rotalabour.

Le jour de la plantation le paillage a été installé sur les modalités broyées enfouies et sur le témoin sol nu.

- La culture de courgette /calendrier d'expérimentation

La plantation a été avancée au 05/04/2018, à cause de forte pluies prévues.

Le jour de la plantation les conditions sèches des jours précédents ont rendu difficile la réalisation des trous pour les modalités EV. Les plants ont été couverts par du P17 jusqu'à l'apparition des premières fleurs et des conditions météorologiques clémentes. La récolte s'est déroulée du 16/05 au 22/06.

Apports  
fertilisants :

Date d'apport (G')	Nom du produit	Apport en N (kg / ha)
18/05	Solveg 10-50-05	10
25/05	Solveg 10-50-05	10
30/05	Nitrapot 13-0-46	10
07/06	Solveg 13-5-27 + 4	15
15/06	Solveg 15-9-30	16
18/06	Solveg 13-5-27	15

Récapitulatif des apports de fertilisation

- Les engrais verts/ résultats intermédiaires obtenus

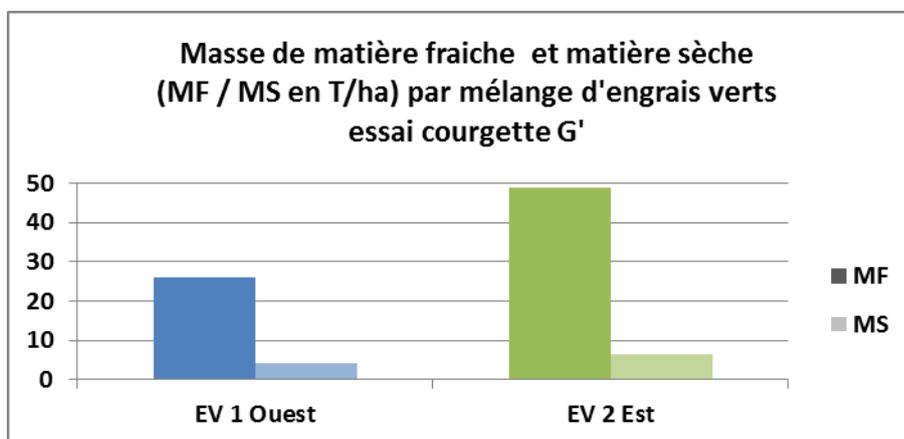
Notation de levée

Parcelle observation n° :		1	2	3	4	Moyenne :
Mélange 1 : 3 espèces	Seigle forestier	10	5	<5	15	8,75
	Poids Fourrager	25	50	40	40	38,75
	Vesce Velue	40	15	10	20	21,25
Mélange 2 : 4 espèces	Seigle forestier	<5	5	5	10	6,25
	Vesce Velue	<5	15	20	20	15
	Fèverole	40	60	50	30	45
	Phacélie	45	5	10	20	20

Estimation visuelle du pourcentage de recouvrement des différentes espèces présente dans les engrais verts.

Nous constatons que suivant les espèces la répartition est différente. Ceci pourrait-être dû au semoir utilisé, en effet à cause des différentes tailles de graines, les différentes espèces présentes dans chaque engrais vert ont été semées les unes après les autres. Les réglages du semoir ont dû être modifiés à chaque changement d'espèce. De plus le semoir utilisé est un semoir à blé, il ne semble pas être adapté à la petite taille des graines de certaines espèces. Une autre raison peut expliquer cette répartition hétérogène, l'arrosage des engrais verts au moment du semis. En effet les conditions climatiques très sèches nous ont obligés à mettre en place un système d'arrosage pour pouvoir faire germer les engrais verts. Ce système ne couvrait pas correctement l'ensemble de la parcelle et peut expliquer les différences entre les placettes de notation.

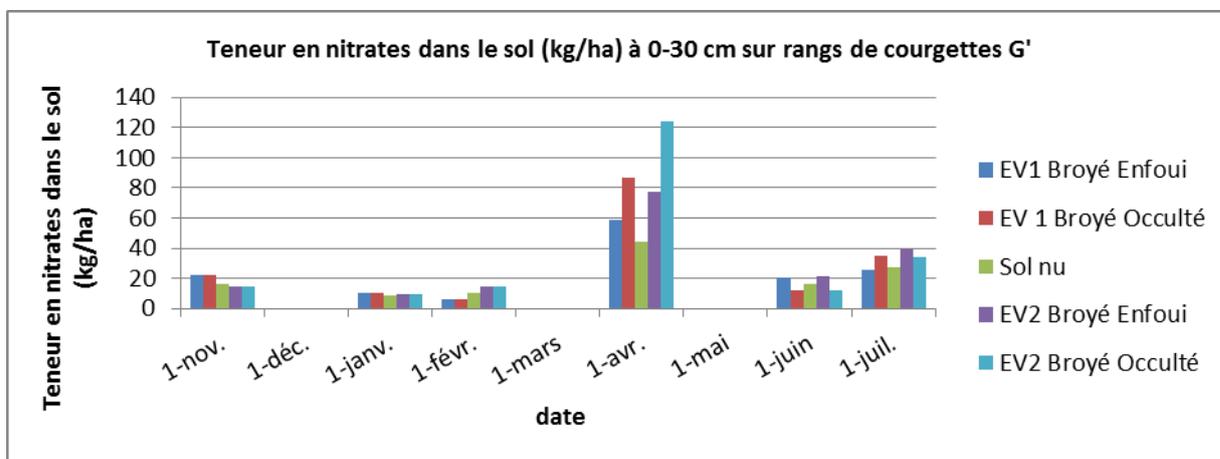
#### Quantification de Matière Fraîche (MF) & Matière Sèche (MS)



Quantité de matière fraîche et de matière sèche par mélange d'engrais verts

Les quantités de matière sont plus importantes pour l'EV2 que pour l'EV1. L'EV2 est celui qui contient le plus d'espèces à fort potentiel de développement végétatif. Pour les deux engrais verts la production de matière fraîche est tout à fait correcte, en effet nous atteignons des valeurs de 25,85 T/ha pour l'EV1 et 48,94 T/ha pour l'EV2. Malgré les conditions climatiques défavorables au moment du semis des EV, celles-ci n'ont pas eu de conséquences désastreuses sur la production de matière et le développement des EV.

#### Les suivis d'azote



Teneur en nitrate sur le rang en Kg/ha

Nous observons une évolution similaire de l'azote en fonction des modalités, avec tout d'abord une quantité faible au point zéro le 28/11/2017, puis un pic en cour de culture de courgette le 27/04/2018 suivi d'une diminution pour le prélèvement suivant et enfin une légère augmentation en fin de culture.

Le pic du 27/04 est probablement dû au relargage de l'azote par les EV ainsi qu'aux deux apports de fertilisation. La diminution après le pic peut s'expliquer par la consommation de l'azote par les

plantes. Enfin la légère augmentation en fin de culture est peut être due à un positionnement de fertilisation tardif (4 jours avant la fin des récoltes). Cette fertilisation tardive n'a peut-être pas été consommée par les plantes.

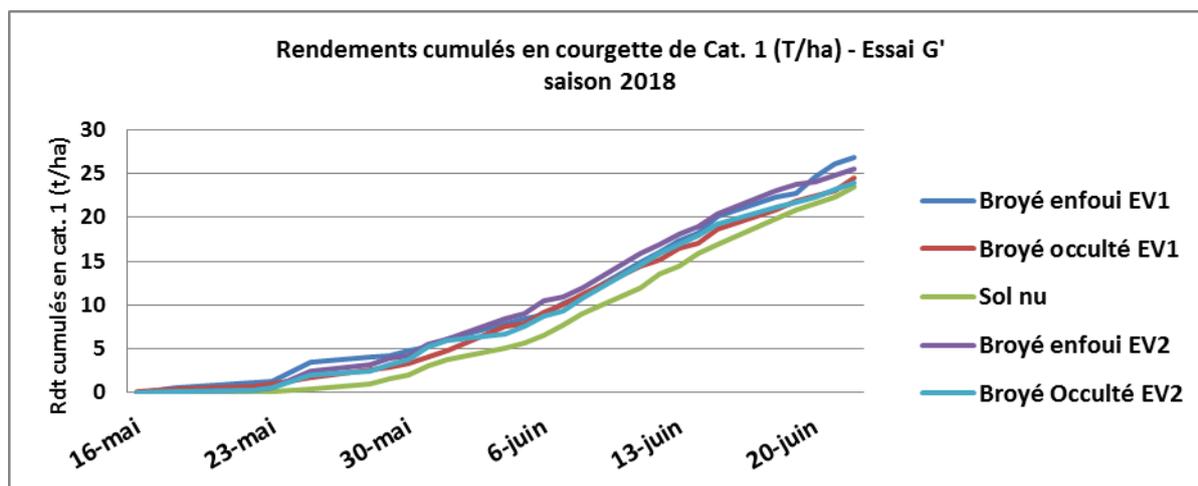
Pour les deux engrais verts les pics de minéralisation sont plus importants pour les modalités « broyé occulté » avec 86,45 kg/ha pour l'EV1 et 124,15 kg/ha pour l'EV2, puis « broyé enfoui » avec 58,5 kg/ha pour l'EV1 et 77,35 kg/ha pour l'EV2, et enfin le témoin sol nu avec 44,2 kg/ha. En fin de culture (avant la dernière fertilisation) les modalités avec le moins de résidu azoté sont les « broyé occulté » avec 11,7 kg/ha pour l'EV1 et l'EV2, celles avec le plus de résidu azoté sol les « broyé enfoui » avec 20,8 kg/ha pour l'EV1 et 21,45 kg/ha pour l'EV2. L'azote fourni par le mode de destruction « broyé occulté » semble avoir été mieux absorbé par les plantes.

Les résidus azotés en fin de culture, avant la dernière fertilisation, pour toutes les modalités et le témoin sol nu, sont peu importants.

En comparant les deux EV, l'EV2 est celui qui produit le plus d'azote par rapport à l'EV1 pour les deux modes de destruction et les résidus azotés de l'EV2 en fin de culture sont équivalents à ceux de l'EV1.

## La culture de courgette

Rendement catégorie 1 de la culture



*Rendements cumulés commerciaux catégorie 1*

En comparant les rendements cumulés de la catégorie 1 pour les différentes modalités, nous constatons que les modalités avec le meilleur rendement sont les modalités « broyé enfoui » avec 26,8 t/ha pour l'EV1 et 26 t/ha pour l'EV2, ensuite les modalités « broyé occulté » avec 24,4 t/ha pour l'EV1 et 25,5 t/ha pour l'EV2, enfin le témoin « sol nu » avec 23,9 t/ha.

Pour les modalités « broyé enfoui » le rendement est légèrement supérieur pour l'EV1. Pour les modalités « broyé occulté » le rendement est légèrement supérieur pour l'EV2. Néanmoins, les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative entre les différentes modalités (ANOVA suivi de test NK, seuil 5 %).

Pour chaque modalité en fin de culture nous atteignons un rendement tout à fait correct pour une culture de courgette, y compris pour notre témoin « sol nu ».

### Comparaison des taux de catégorie 2 et de déchets

	Type de destruction	Taux de fruits catégorie 2	Taux de déchets
EV1	broyé enfoui	0,25	0,08
EV1	broyé occulté	0,30	0,07
EV2	broyé enfoui	0,26	0,13
EV2	broyé occulté	0,24	0,11
Sol nu	-	0,23	0,11

#### Taux de fruits catégorie 2 et taux de déchets par modalité

En observant les deux taux celui qui semble le plus intéressant est le taux de déchets. En effet pour l'EV2 modalité « broyé enfoui » 0,13, le taux de déchets est quasiment deux fois supérieur au taux de déchets de la modalité « broyé occulté » de l'EV1 0,07. Pour les deux types de destruction les taux de déchets pour l'EV1 est inférieur à ceux de l'EV2. Le témoin « sol nu » a un taux de déchets de 0,11, équivalant aux taux de l'EV2.

#### - **Action 3 : Coordination et Communication**

##### a. Comités de pilotage

Le premier comité de pilotage du projet s'est tenu dans les locaux du CTIFL de Balandran le 6 février 2018.

Le deuxième comité de pilotage a eu lieu le 4 septembre 2018 dans les locaux du CTIFL de Balandran.

Le dernier comité de pilotage a eu lieu le 10 décembre 2020, en visio-conférence.

##### b. Communication

- Pierre, P., Théry, T., Nouet, Y., 2018. Courgette : une fertilisation sous contrôle. Réussir Fruits & Légumes, 17 avril 2018.
- Journées Portes Ouvertes Balandran juillet 2018 : 84 personnes
- Torres, 2018. Encart Article Vegetable Courgette, un caractère profondément méditerranéen, Végétal, juillet-août 2018.
- Rencontre technico-économique Melon Sud-Est, 15 novembre 2018, Chambre d'Agriculture d'Avignon : 108 personnes

##### c. Contributions de la Chambre d'Agriculture du Gard

En 2018, la Chambre d'Agriculture du Gard a participé au deux Comités de Pilotage en février et en septembre. Des réunions de travail ont été programmées le 4 septembre et le 12 novembre 2018. Une visite « terrain » des producteurs de courgette de la zone vulnérable de la Vistrenque a été organisée le 31 août 2018.

La Chambre d'Agriculture du Gard a par ailleurs participé :

- à l'élaboration des protocoles des essais relatifs à la courgette,
- à la rédaction de l'article paru dans le numéro d'avril 2018 de la revue « REUSSIR FRUITS & LEGUMES » intitulé « Une fertilisation sous contrôle ».

## **II – Bilan et perspectives**

Les conditions climatiques extrêmes observées ces dernières années ont compliqué les expérimentations. La mise en place des expérimentations en automne 2017 a été perturbée par la sécheresse importante et les températures élevées ; les conditions de culture extrêmement humides en 2018 ont compliqué la mise en place des cultures.

Cependant, tous les essais prévus ont été mis en place et ont permis d'obtenir des avancées certaines sur la gestion des cultures de courgettes et de melon en Zones Vulnérables Nitrates. Par ailleurs, un lien fort s'est noué entre les partenaires du projet et les échanges riches permettent de mener de manière pertinente et performante les expérimentations.

En 2020, elle a participé au projet sous différentes formes :

- **Participation au Comité de Pilotage**, COPIL 4 du 10/12/2020,
- **Participation à l'élaboration et au suivi du protocole**, échanges réguliers avec Prisca Pierre et Marie Torres (échanges téléphoniques, réunions de travail (06/04 et 26/05/2020),
- **Valorisation et transfert des résultats**, organisation et intervention lors de la réunion d'information « courgette » de la CA30 du 08/12/2020, annonce auprès des producteurs de courgette de la Porte Ouverte du CTIFL du 18/06/2020,
- **Gestion administrative de la convention**.

La Chambre d'Agriculture du Gard mène un certain nombre de travaux auprès des agriculteurs gardois afin de mettre en place un **assolement durable « courgette/blé dur »**.

En 2020, les producteurs de courgette en plein champs de trois communes ayant un captage classé prioritaire ont bénéficié d'un accompagnement. L'accompagnement proposé aux agriculteurs ayant des parcelles sur les Zone de Protection des captages était à la fois technique et réglementaire. Ce travail permet d'avoir un observatoire des pratiques qui permet d'ajuster au mieux le protocole des essais menés par le CTIFL. La gestion de la fertilisation azotée, la gestion de l'interculture, le niveau d'intensification sont d'autant d'éléments qui sont renseignés.

Un travail similaire est effectué avec les céréaliers du même secteur (la Zone Vulnérable de la Vistrenque).

Les trois années d'étude du projet Eau Zone ont permis de confirmer qu'un assolement durable était la seule alternative à une production en mono-culture de courgette condamnée à disparaître. L'intensification de 20 % des cultures de courgette observée sur certains captages d'eau potable est incompatible avec la restauration durable de la qualité de l'eau.