

Projet RESIFAB

Action 2 : Screening d'engrais vert – Eté 2024

Synthèse des essais Civam Bio 66 et INRAE UE Maraîchage Alénya

ENJEUX DU PROJET

Désormais obligatoire en Agriculture Biologique, la culture de légumineuses (Fabaceae) est un levier prometteur pour atténuer le changement climatique, diminuer les pollutions anthropiques (notamment la pollution des eaux par les nitrates), améliorer la fertilité des sols et renforcer l'autonomie azotée des exploitations. Cependant, on déplore un réel manque de références techniques quant à leur utilisation en maraîchage en particulier sous abris. Les itinéraires techniques doivent être perfectionnés pour optimiser les services écosystémiques rendus et les espèces et variétés de légumineuses les mieux adaptées au contexte pédoclimatique d'Occitanie doivent être identifiées. Cette sélection doit tenir compte de la résistance des plantes au stress hydrique car les sécheresses sont malheureusement désormais récurrentes en Occitanie et donnent suite à des restrictions d'usages importantes en été.

OBJECTIFS DES ESSAIS

Ces essais conduits par INRAE et le CIVAM BIO 66 dans le cadre du projet RESIFAB visent à acquérir des références sur l'utilisation de légumineuse sous abris en engrais vert. Les essais sont conduits sous différents régimes hydriques afin d'identifier les légumineuses les plus résilientes vis-à-vis de la sécheresse.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Des espèces de légumineuses sont testées en parcelles élémentaires, sous deux régimes hydriques (CONFORT et RESTRICTION). Les espèces utilisées diffèrent entre les deux sites, mais la moitié des espèces environ est commune.

Sur chaque site, de nombreuses mesures ont été réalisées :

- irrigation apportée et tensiométrie du sol
- levée du couvert
- pression adventices
- biomasse et sa composition
- taux de nitrates dans le sol

Les mesures d'un site ne sont majoritairement pas comparables en tant que telles, car réalisées à des dates différentes ou selon des méthodologies distinctes.

Cependant, on peut relever, dans les deux rapports, des tendances communes sur les résultats.

COMPILATION DES RESULTATS

La levée des légumineuses a été très hétérogène. Les espèces tempérées ont eu globalement une levée médiocre (<50%), sauf le **pois fourrager** et le **pois chiche**. Parmi les espèces tropicales, le **crotalaire** et le **lablab** se distinguent avec une bonne levée. Sur les deux sites, une pression importante

d'adventices, majoritairement de pourpier, a été observée : **les légumineuses en pur ne sont pas concurrentielles à la levée.**

Au niveau de la biomasse récoltée, sur les deux essais, le **crotalaire** et le **lablab** ont produit les biomasses les plus importantes. On peut également noter **l'arachide** et le **niébé** qui ont été prometteurs au Civam Bio 66.

De manière surprenante, l'effet de la restriction en eau sur le crotalaire n'est pas le même selon le site. Le crotalaire produit moins de biomasse en condition de restriction au Civam Bio 66, alors qu'à l'INRAe, aucune baisse n'a été notée. De la même façon, la restriction a diminué le rapport C/N sur le lablab et le crotalaire au Civam Bio 66, alors que l'effet inverse a été observée à l'INRAe.

Il est cependant à noter que les mesures du Civam Bio 66 ont été réalisées après un mois de croissance, contre près de trois mois pour l'INRAe. Par ailleurs, les conditions de culture, notamment la fréquence et les volumes d'eau apportées ont été différents entre les deux sites. Cela peut donc expliquer ces tendances différentes observées.

La restitution du couvert au sol, notamment sur le plan azoté, est faible. Aucune nodosité n'a été observée. Ce résultat peut être expliqué par plusieurs facteurs :

- un sol déjà riche en azote avant culture : l'engrais jouerait alors plutôt le rôle de « piège » pour l'azote (CIPAN)
- pas d'inoculation des semences, alors que les bactéries symbiotiques des espèces tropicales ne sont peut-être pas présentes dans nos sols

Il est intéressant de noter que le pourpier seul a fourni une biomasse et une restitution d'azote au moins aussi satisfaisants que le couvert, et ce aussi bien en confort que restriction hydrique.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les légumineuses seules ne permettent pas de maîtriser les adventices. Par ailleurs, le semis en juillet nécessite beaucoup d'eau et n'est adapté qu'aux espèces tropicales. Le mélange avec des graminées mériterait d'être testé pour permettre de mieux maîtriser les adventices et d'augmenter la biomasse produite.

Les espèces les plus prometteuses sont crotalaire et lablab. Le crotalaire a donné les meilleurs résultats que le lablab en termes de biomasse et de restitution en N avec de plus un meilleur comportement vis-à-vis de la restriction hydrique

Aucune nodosité n'a été observée sur lablab et crotalaire ; l'azote a donc été prélevé dans le sol ce qui réduit considérablement l'intérêt d'introduire des légumineuses dans ces conditions. Une pré-inoculation des semences avec des souches tropicales de bactéries symbiotiques fixatrices d'azote mériterait d'être testées.

Les adventices, notamment le pourpier, sont plus performantes que toutes les espèces testées et sont très résilientes et efficaces en condition de restriction hydrique. En revanche, la destruction d'un couvert spontané est plus difficile.

Ci-dessous les rapports détaillés des deux essais.

Avec le concours financier de :



Compte-rendu d'essai 2024

Screening engrais verts d'été

Projet RESIFAB 2023-2026



Nathan Créquy, Antoine Fossati, Aline Gillet (CivamBio66)

ENEJEUX DU PROJET

Désormais obligatoire en Agriculture Biologique, la culture de légumineuses (Fabaceae) est un levier prometteur pour atténuer le changement climatique, diminuer les pollutions anthropiques (notamment la pollution des eaux par les nitrates), améliorer la fertilité des sols et renforcer l'autonomie azotée des exploitations. Cependant, on déplore un réel manque de références techniques quant à leur utilisation en maraîchage en particulier sous abris. Les itinéraires techniques doivent être perfectionnés pour optimiser les services écosystémiques rendus et les espèces et variétés de légumineuses les mieux adaptées au contexte pédoclimatique d'Occitanie doivent être identifiées. Cette sélection doit tenir compte de la résistance des plantes au stress hydrique car les sécheresses sont désormais récurrentes en Occitanie et donnent suite à des restrictions d'usages importantes en été.

OBJECTIFS

L'objectif de cette action est de réaliser un screening d'espèces de légumineuses cultivées en engrais verts afin de sélectionner les espèces ou mélanges les plus intéressantes en termes de facilité de semis et de destruction, et de capacité à produire de la biomasse en condition de restriction hydrique.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Dispositif expérimental :

Ce screening est mis en place dans deux tunnels (répétitions), de la station Biophyto. Douze espèces de légumineuses sont testées, sur des parcelles de 12 m². Chaque tunnel est scindé en deux selon l'apport d'eau.

Les modalités testées sont donc :

- Douze espèces d'engrais verts sont testées (tableau ci-dessous, plan en annexe)
- 2 modalités d'irrigation (Données en Annexe 1, différenciation 15 jours après semis) :
 - o Confort : 100% ETP (au Sud)
 - o Stress hydrique : 50% ETP (au Nord)

Conditions de culture :

- Site : station Biophyto à Théza (66208)
- Date de semis : 18/07/2024 (tunnel 1) et 19/07/2024 (tunnel 2)
- Précédents : Salades puis engrais vert Sorgho (passage de brebis puis enfouissement)
- Travail du sol : trois passages de disques puis deux passages de rotavator (02/07, 05/07, 08/07, 09/07, 12/07) puis passage de herse rotative avant semis (17/07)
- Fertilisation : Apport de 30 unités d'azote sous forme d'Orga 3 (Frayssinet) dix jours avant semis (08/07/2024)
- Destruction : enfouissement avec un passage de disques le 01/10/2024.

Avec le concours financier de :



Tableau 1 : Espèces utilisées en engrais vert d'été

Engrais vert	Espèce	Statut Bio	Dose semée
Niébé	<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>sesquipedalis</i>	DP (NT)	90 kg/ha
Lablab	<i>Lablab purpureus</i> var. <i>sustain semental</i>	DP (NT)	80 kg/ha
Crotalaire	<i>Crotalaria retusa</i>	DP (NT)	46 kg/ha
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i>	EA (bio)	25 kg/ha
Trèfle d'Alexandrie	<i>Trifolium alexandrinum</i> var. <i>Miriam</i>	EA (bio)	30 kg/ha
Féverole de printemps	<i>Vicia faba</i> var. <i>Tiffany</i>	EA (bio)	200 kg/ha
Fenugrec	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	DP (bio)	35 kg/ha
Sainfoin	<i>Onobrychis viciifolia</i>	DP (bio)	120-150 kg/ha
Pois fourrager de printemps	<i>Pisum sativum</i> var. <i>Arkiva</i>	HD (bio)	160 kg/ha
Mucuna	<i>Mucuna pruriens</i>	? (NT)	30 kg/ha
Pois d'Angole	<i>Cajanus cajan</i>	DP (NT)	20 kg/ha
Arachide	<i>Arachis hypogaea</i> var. <i>White Shell</i>	DP (NT)	120 kg/ha

Mesures et suivi :

- Pour chaque tunnel, les données de température de l'air ont été enregistrées au long de la culture grâce à des capteurs de type *Thermobouton (Plug and Track®)* situés à 60 cm du sol, au milieu de chaque tunnel (entre les modalités). La température du sol est également suivie dans un des tunnels (Données en Annexe 2).
- La quantité d'azote dans le sol est mesurée à trois dates : avant semis, juste avant enfouissement (27-28/09/2024) et un mois suivant l'enfouissement (30/10/2024).
- Le taux de levée des engrais verts semés sont mesurés une semaine après semis (25/07/2024).
- Les adventices ont été identifiées et comptées sur une facette de 50cm de côté (19/08/2024).
- La biomasse fraîche a été récoltée et pesée après un mois de culture (20/08/2024) sur une facette de 50cm de côté, puis séchée dans l'étuve de l'INRAE d'Alénya et les espèces les plus intéressantes envoyées pour analyse de composition C/N.
- Les mesures de biomasse en fin de culture sont réalisées sur un essai équivalent à l'INRAE d'Alénya, partenaire du projet.

RÉSULTATS

1) Levée des engrais verts

La levée des engrais verts a été très **hétérogène**. Seule la moitié des espèces a levé. Le graphique ci-dessous représente les taux de levée observés une semaine après semis.

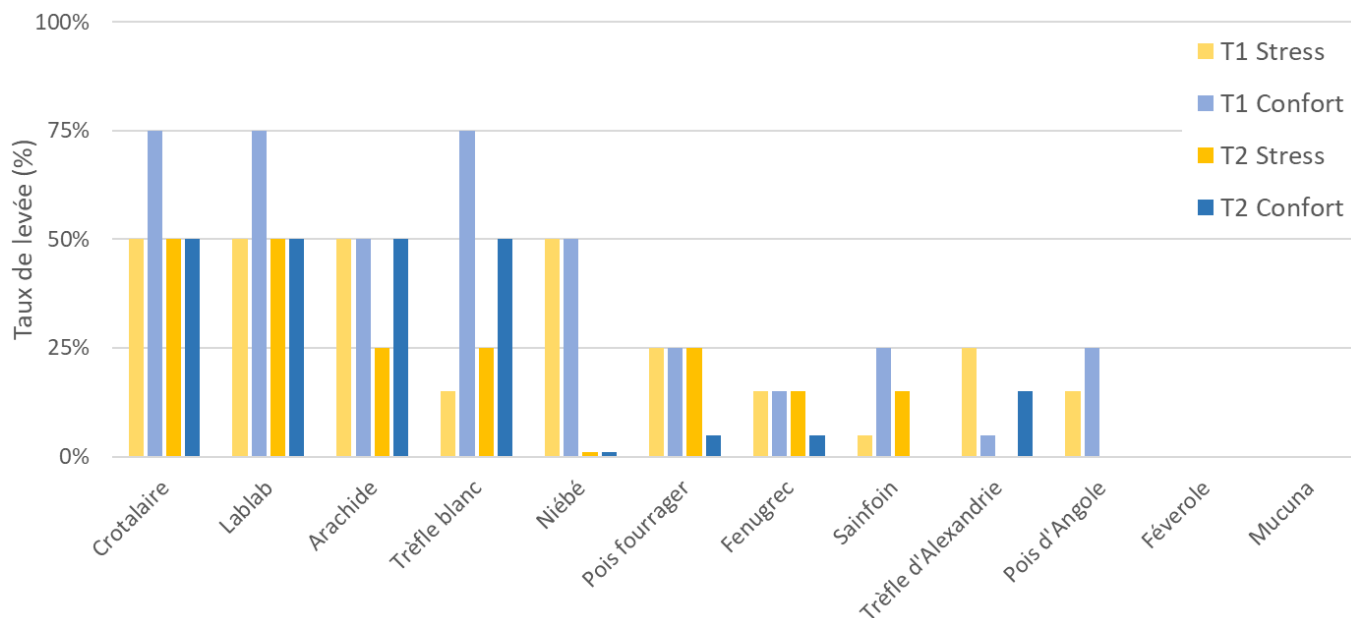


Figure 1: Taux de levée des différents engrais verts

Les espèces ayant le mieux levé dans les deux tunnels sont **le crotalaire, le lablab, l'arachide et le trèfle blanc**. Le **niébé** a bien levé, mais seulement dans le tunnel 1.

Les autres espèces, pois fourrager, fenugrec, sainfoin, trèfle d'Alexandrie, Le pois d'Angole affichent des taux de levée inférieurs à 25%, voire nuls pour le Mucuna et la féverole. Ces espèces ne semblent donc pas adaptées comme engrais vert d'été.

Les mesures suivantes ont été réalisées sur crotalaire, lablab, arachide, niébé et pois fourrager. Le trèfle blanc, malgré une bonne germination, a disparu après la levée du pourpier. Les autres espèces ne se sont pas développées suffisamment et ont été écartées d'emblée du screening.

2) Résistance à l'enherbement

Dans les deux tunnels, il y a eu une forte pression de pourpier. Ce dernier a levé juste après les engrais verts et a pris le dessus sur la plupart des espèces.



Figure 2 : Photo de l'essai au semis et dix jours après, où le pourpier a pris le dessus

Les relevés sur les adventices ont été réalisés un mois après semis (25/07). Le pourpier est très majoritaire parmi les adventices, avec une densité allant jusqu'à 400 pieds/m². Les autres espèces adventices relevées sont la sétaire, l'amarante et le laiteron maraîcher.

Le taux de salissement est le rapport entre nombre d'adventices et le nombre total de pieds (adventices et engrais vert).

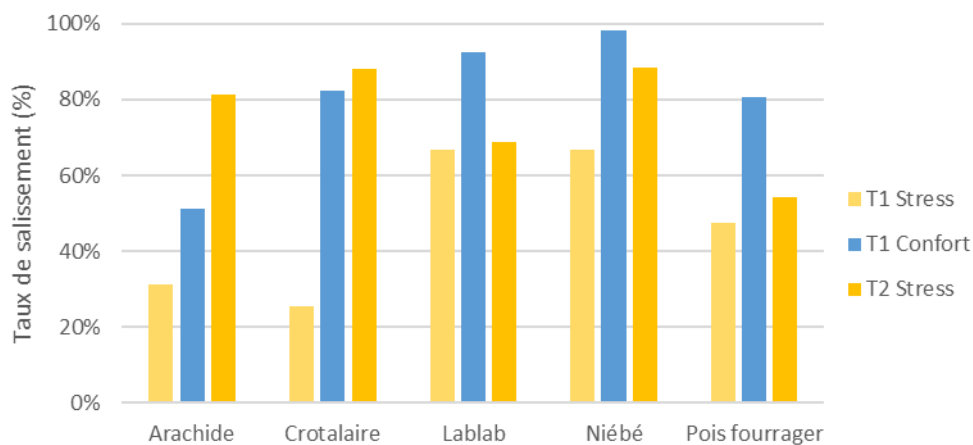


Figure 3 : Taux de salissement des parcelles selon l'engrais semé

Ce graphique ne permet pas de tirer de conclusions. La pression en adventices est forte sur toutes les parcelles, avec presque tous les taux de salissement supérieurs à 50%. Par ailleurs, les données du tunnel 2 sont incomplètes. L'arachide et le crotalaire semblent plus compétitifs dans le tunnel 1 notamment en stress hydrique, mais ce n'est pas le cas dans le tunnel 2.

3) Biomasse



Figure 4 : Aperçu du tunnel avant destruction (tunnel 1, 30/08/2024).

La biomasse est mesurée fraîche (poids de la partie aérienne) et sèche (après passage à l'étuve).

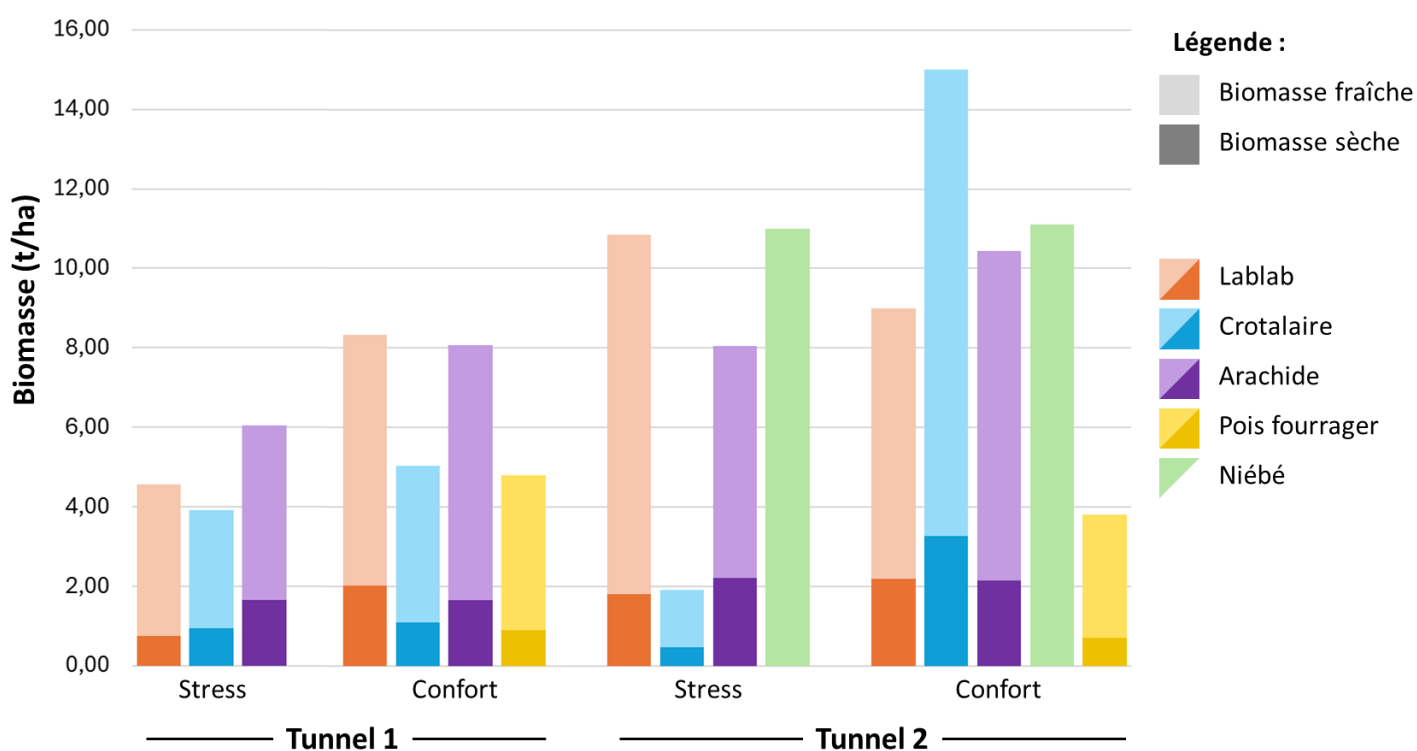


Figure 5 : Biomasse fraîche et sèche des différents engrais verts

La modalité « **stress hydrique** » produit presque systématiquement moins de biomasse, ce qui est attendu. Le lablab dans le tunnel 2 fait exception. Cette **perte est en moyenne de 16%** en biomasse verte (hors crotalaire T2). Au regard des économies d'eau réalisées (50%), dans une période estivale où les ressources en eau sont limitées, cette perte semble acceptable.

Le rapport de biomasse sèche par rapport à la biomasse verte ne diffère pas significativement selon la disponibilité hydrique.

Le crotalaire dans le tunnel 2 montre une différence de biomasse beaucoup plus marquée selon la disponibilité en eau, la modalité confort produisant près de 8 fois plus de biomasse ; cela serait à confirmer par d'autres essais, car l'écart dans le tunnel 1 est beaucoup plus faible.

Le niébé semble prometteur, avec une biomasse de 11 tonnes/ha, en confort hydrique aussi bien que stress. Cependant, le niébé n'a levé que dans le tunnel 2, ainsi d'autres essais sont nécessaires pour vérifier ce potentiel.

Avec le
concours
financier de :



4) Composition de la biomasse

Le lablab et le crotalaire ont été analysés, leur développement ayant semblé le plus intéressant.

Le rapport C/N permet d'estimer la vitesse de minéralisation de l'engrais vert ¹ :

- $C/N < 15$: production d'azote, la vitesse de décomposition s'accroît ; elle est à son maximum pour un rapport $C/N = 10$. L'azote est très disponible pour les plantes.
- $15 < C/N < 20$: besoin en azote couvert pour permettre une bonne décomposition de la matière carbonée
- $C/N > 20$: pas assez d'azote pour permettre la décomposition du carbone. Il y a compétition entre l'absorption par les plantes et la réorganisation de la matière organique par les microorganismes du sol, c'est le phénomène de « faim d'azote ».

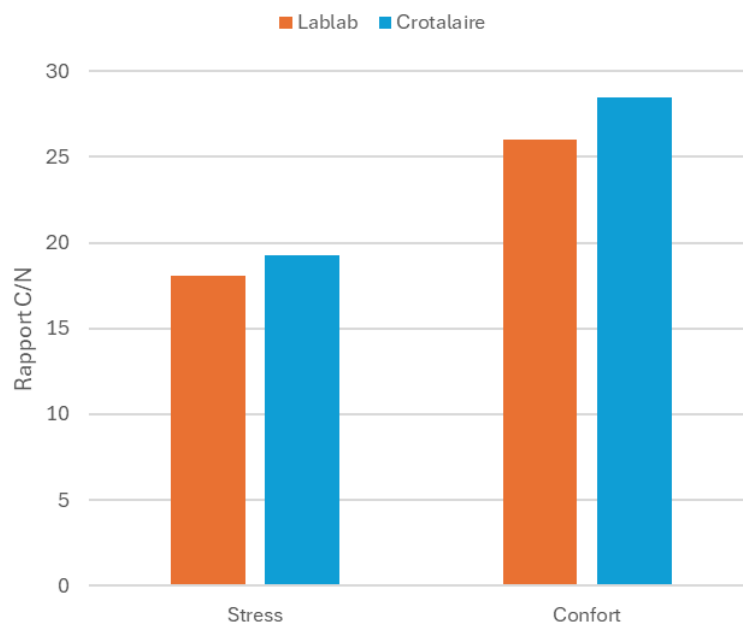


Figure 6 : Rapport C/N dans les échantillons de Lablab et Crotalaire (T1 et T2 confondus)

Pour les engrais analysés, le rapport C/N est au-delà de 25 sur la modalité « confort hydrique », c'est donc un couvert qui va se minéraliser lentement et peut provoquer une faim d'azote sur la culture suivante. En « **stress hydrique** », le rapport C/N est plus faible, ce qui est plus avantageux dans le cadre d'un engrais vert enfoui, pour enrichir le sol en azote en amont d'une culture.

¹ FURET, Frédéric. 2021. Bilan expérimentation Engrais vert en culture d'été et sous abris - Été 2021, 2ème année d'essai. Rapport DEPHY ferme GAB65.

CONCLUSION

Le screening réalisé permet de filtrer, parmi les douze engrais verts testés, lesquels sont les plus performants, dans les conditions de la station Biophyto.

Dès la levée, six espèces ne semble pas adaptée à ce créneau de semis : le fenugrec, le sainfoin, le pois d'Angole, le trèfle d'Alexandrie et la féverole n'ont pas levé suffisamment. Le trèfle blanc a levé, mais ne s'est pas développé face à la compétition du pourpier.

Parmi les espèces restantes, toutes ont permis une récolte de biomasse et un enrichissement du sol en azote, malgré une présence importante du pourpier.

Performances des engrais verts :

Le lablab et l'arachide ont montré, par modalité, des rendements supérieurs de façon régulière.

Le crotalaire a été très performant sur une modalité, mais pas les autres. Le pois fourrager a globalement un rendement plus faible.

Le niébé semble également prometteur, mais la levée n'a eu lieu que sur un tunnel. Son implantation est donc plus délicate.

Résistance au stress hydrique :

Les performances des différents engrais verts face au stress hydrique sont similaires. La **perte en rendement de biomasse est de 16% en moyenne**. En revanche, le **rapport C/N** est plus faible, ce qui signifie une dégradation plus rapide, et peut compenser, pour la culture suivante, un apport en biomasse plus faible.

Les engrais verts sont donc une culture sur laquelle **il est possible de réduire les apports en eau**, avec peu d'incidence sur les bénéfices attendus de l'engrais vert.

Bilan et perspectives :



A partir de ce screening, les espèces à privilégier semblent être le **lablab** et **l'arachide**. Le **crotalaire** et le **niébé** semblent également intéressants, mais d'autres tests sont nécessaires pour vérifier la régularité dans les performances.

Ces engrais verts pourront être testés davantage dans les années suivantes. Des mélanges seraient également intéressants à étudier. L'impact sur le sol et sa structure pourraient également être étudiés plus précisément.

ANNEXE




Annexe 1 : Plan de l'essai

TUNNEL 1				Nord				TUNNEL 2			
	8m				8m				8m		
	Trèfle d'Alexandrie	Pois fourrager			Lablab	Crotalaire			Lablab	Crotalaire	
1,5m	Sainfoin	Arachide	1,5m	1,5m	Fénu grec	Niébé	1,5m		Fénu grec	Niébé	1,5m
	Niébé	Fénu grec			Pois fourrager	Cajanus cajan			Pois fourrager	Cajanus cajan	
	Lablab	Velvetbean			Velvetbean	Arachide			Velvetbean	Arachide	
	Cajanus cajan	Crotalaire			Féverole	Trèfle blanc			Féverole	Trèfle blanc	
	Trèfle blanc	Féverole			Trèfle d'Alexandrie	Sainfoin			Trèfle d'Alexandrie	Sainfoin	
	2m				2m				2m		
	2m				2m				2m		
	Trèfle d'Alexandrie	Pois fourrager			Lablab	Crotalaire			Lablab	Crotalaire	
	Sainfoin	Arachide			Fénu grec	Niébé			Fénu grec	Niébé	
	Niébé	Fénu grec			Pois fourrager	Cajanus cajan			Pois fourrager	Cajanus cajan	
	Lablab	Velvetbean			Velvetbean	Arachide			Velvetbean	Arachide	
1,5m	Cajanus cajan	Crotalaire	1,5m	1,5m	Féverole	Trèfle blanc	1,5m		Féverole	Trèfle blanc	1,5m
	Trèfle blanc	Féverole			Trèfle d'Alexandrie	Sainfoin			Trèfle d'Alexandrie	Sainfoin	
	8m				8m				8m		

-  **Stress hydrique**
-  **Confort hydrique**

Chaque parcelle d'EV fait 2,5m * 2,5m

Sud

-  **T1** **Sonde température air**
-  **sol** **Sonde température sol**
-  **W2** **Sonde Watermark 30cm**

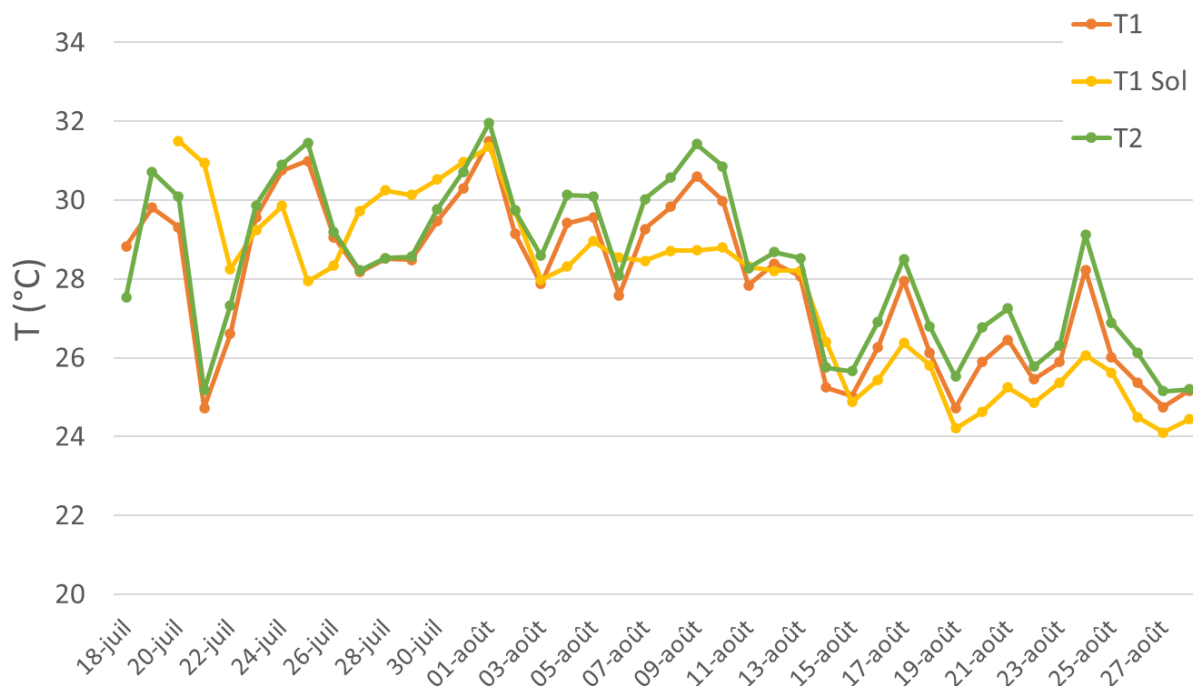
Avec le concours financier de :



Annexe 2 : Quantités d'arrosage

Date	Tunnel 1 STRESS		Tunnel 1 CONFORT		Tunnel 1 STRESS		Tunnel 2 CONFORT		
	temps min	volume mm/m ²	temps min	volume mm/m ²	temps min	volume mm/m ²	temps min	volume mm/m ²	
02/07/2024	75	13,8	75	13,8	75	13,8	75	13,8	Plein d'eau et travail du sol
03/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
04/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
05/07/2024	75	13,8	75	13,8	75	13,8	75	13,8	
06/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
07/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
08/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
18/07/2024	0	0,0	0	0,0	75	0,0	75	13,8	Semis T2
19/07/2024	75	13,8	75	13,8	60	13,8	60	11,1	Semis T1
20/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
21/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
22/07/2024	60	11,1	60	11,1	60	11,1	60	11,1	
23/07/2024	60	11,1	60	11,1	15	11,1	15	2,8	
24/07/24 au 02/08/2024	15	2,8	15	2,8	15	2,8	15	2,8	
03/08/24 au 27/08/2024	15	2,8	30	5,5	15	2,8	30	5,5	Différenciation arrosage

Annexe 3 : Suivi des températures pendant l'essai



Avec le concours financier de :



Compte rendu RESIFAB

INRAE, UE MARAICHAGE, 2024

PLAN

1. ENJEUX DU PROJET	1
2. OBJECTIFS DES ESSAIS	1
3. SCREENING D'ENGRAIS VERTS	2
3.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	2
3.1.1. Parcelles.....	2
3.1.2. Modalites.....	2
3.1.3. Plan de l'essai	3
3.1.4. Calendrier	3
3.2. CONDUITE CULTURALE.....	3
3.2.1. Travail du sol.....	3
3.2.2. Semis.....	3
3.2.3. Destruction	3
3.3. MESURES ET OBSERVATIONS	4
3.3.1. Itineraire technique et références économiques	4
3.3.2. Analyse de sol	4
3.3.1. Suivi climatique.....	4
3.3.2. Suivi de la tension hydrique du sol	4
3.3.3. Levée, biomasse et restitutions des couverts des adventices	4
3.3.4. Recouvrement des couverts et des adventices	4
3.3.1. Suivi des nitrates dans le sol	5
3.4. RESULTATS	5
3.4.1. Analyse de sol	5
3.4.2. Suivi climatique et irrigation.....	5
3.4.3. Suivi de la tension hydrique du sol	6
3.4.1. Levée des couverts et densité d'adventices	7
3.4.2. Recouvrement des couverts et des adventices	8
3.4.3. Biomasse et restitutions des couverts et des adventices	8
3.4.4. Suivi des nitrates dans le sol	10
3.4.5. Resilience / Efficience des espèces vis-à-vis de l'eau.....	10
3.5. CONCLUSION.....	11

1. ENJEUX DU PROJET

Désormais obligatoire en Agriculture Biologique, la culture de légumineuses (Fabaceae) est un levier prometteur pour atténuer le changement climatique, diminuer les pollutions anthropiques (notamment la pollution des eaux par les nitrates), améliorer la fertilité des sols et renforcer l'autonomie azotée des exploitations. Cependant, on déplore un réel manque de références techniques quant à leur utilisation en maraîchage en particulier sous abris. Les itinéraires techniques doivent être perfectionnés pour optimiser les services écosystémiques rendus et les espèces et variétés de légumineuses les mieux adaptées au contexte pédoclimatique d'Occitanie doivent être identifiées. Cette sélection doit tenir compte de la résistance des plantes au stress hydrique car les sécheresses sont malheureusement désormais récurrentes en Occitanie et donnent suite à des restrictions d'usages importantes en été.

2. OBJECTIFS DES ESSAIS

Les essais conduits par INRAE sur l'UE maraîchage dans le cadre du projet RESIFAB visent à acquérir des références sur l'utilisation de légumineuse sous abris en engrais vert. Les essais sont conduits sous différents régimes hydriques afin d'identifier les légumineuses les plus résilientes vis-à-vis de la sécheresse.

3. SCREENING D'ENGRAIS VERTS

En 2024 deux essais ont été conduits sur cette action : un premier screening réalisé en été 2024 et un second implanté à l'automne 2024. Seuls les résultats de la campagne d'été 2024 sont présentés dans ce document.

3.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

3.1.1. PARCELLES

Ces deux essais ont été implantés dans 3 tunnels de l'UE Maraichage (T5, T6 et T7) de 320m² chacun (40*8m) précédemment cultivés en courgette. Il s'agit d'essais en micro parcelles à deux facteur (Espèces et Irrigation) agencées par bloc (1 tunnel = 1 bloc)

3.1.2. MODALITES

Facteur IRRIGATION :

2 modalités sont comparées : une modalité « **Confort** » et une modalité « **Restriction** ». Les arrosages ont été réduits de 50 % en « restriction » par rapport au « confort » une fois le couvert levée (mêmes apports pour la levée).

Voici les quantités apportées pendant le cycle en été 2024 :

-150 mm pour la levée dans les deux modalités d'irrigation

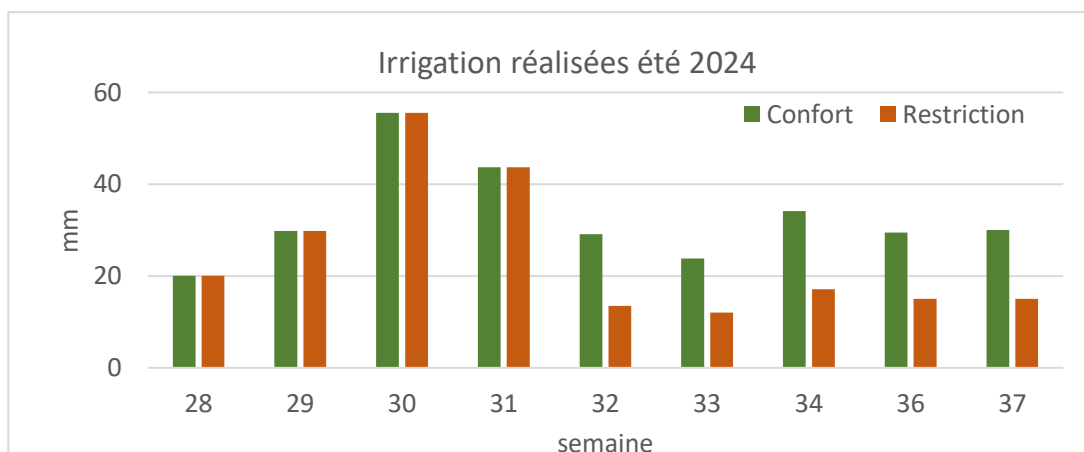
-150 mm pour la croissance en confort

-75 mm pour la croissance en restriction

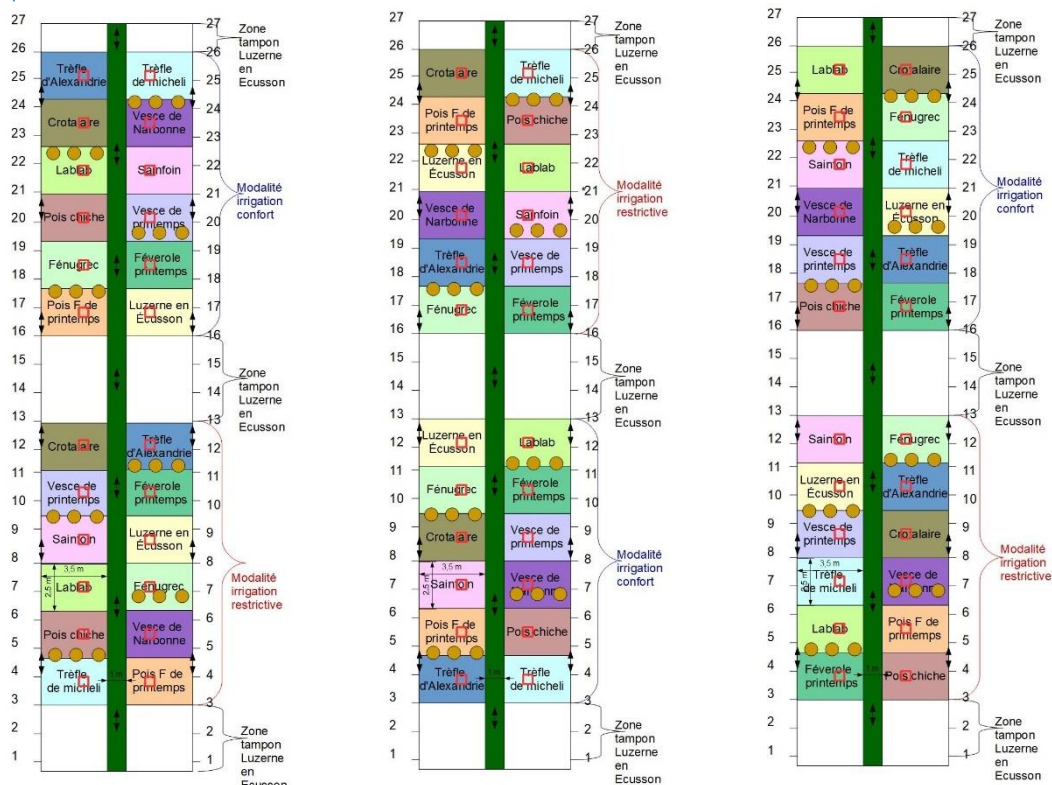
Facteur ESPECE :

12 espèces sont évaluées en été 2024 dont deux espèces tropicales (la crotalaire et le lablab)

Nom vernaculaire	Nom latin	Variété	AB/	Semencier	Densité conseillée	Densité réalisée
Crotalaire	<i>Crotalaria juncea</i>	na	NT	La récolte	25	40
Lablab	<i>Lablab purpureus</i>	Sustain	NT	Semental	20	40
Luzerne en écusson	<i>Medicago scutellata</i>	na	NT	La récolte	30	50
Pois fourrager de printemps	<i>Pisum sativum</i>	Arvika	AB	agrosemens	100	200
Pois chiche	<i>Cicer arietinum</i>	na	AB	Agrosemens	100 à 150	200
Trèfle d'Alexandrie	<i>Trifolium alexandrinum</i>	Lorena	AB	Semence de France	25 à 30	50
Trèfle de Micheli	<i>Trifolium michelianum</i>	Border	NT	Semence de France	10 à 12	25
Fenugrec	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	na	NT (EA 2026)	Semence de France	35	55
Féverole de printemps	<i>Vicia faba</i>	Nanau	NT (EA 2028)	La récolte	55	100
Vesce de printemps	<i>Vicia sativa</i>	caravelle	AB	Semence de France	50 à 60	90
Vesce de Narbonne	<i>Vicia narbonensis</i>	Granveliero	NT	La récolte	100 à 120	200
Sainfoin cultivé	<i>Onobrychis vicifolia</i>	Zeus	AB	Semence de France	40 à 50	80



3.1.3. PLAN DE L'ESSAI



3.1.4. CALENDRIER

		SCREENING engrais vert RESIFAB été 2024																
		2024																
		J			A				S				O					
Années	Mois	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	Semaine	semis			Taux de levée				Biomasse (autre)				destruction			Biomasse (lablab, crotalaire)		

3.2. CONDUITE CULTURALE

3.2.1. TRAVAIL DU SOL

- Rotobèche pour reprendre le sol en profondeur
- Rotavator pour affiner la surface
- Maxiculteur équipé d'un rouleau crosskill

3.2.2. SEMIS

Compte tenu des conditions de semis non optimales (semis et enfouissement des semences manuels), les densités données par les fournisseurs sont doublées pour les variétés à petits PMG (Poids de Mille Graines) et multipliées par 1.5 pour les PMG plus importants. Les semences sont semées à la volée dans les différentes sous parcelles qui leur sont attribuées. Les zones de bordure sont semées avec une espèce au choix (luzerne en écusson en été 2024). Un ratissage manuel a ensuite été réalisé sur l'ensemble du tunnel pour enfouir les semences à la bonne profondeur. Les passes pieds centraux ont été recouvert d'une bande de toile tissée de 1 m de large afin de faciliter la circulation dans les tunnels.

3.2.3. DESTRUCTION

La biomasse est broyée au broyeur à marteau et incorporée au sol à la rotobèche. Un apport de 20mm est réalisé juste après enfouissement dans les deux modalités (confort et restriction) pour activer la minéralisation, fermer le sol et faciliter les prélèvements de sol.

3.3. MESURES ET OBSERVATIONS

Les mesures et les interventions culturales sont effectuées à la même date pour toutes les modalités. Hormis pour les mesures de biomasse pour lesquelles les différentes espèces ont été collectées selon leur date de maturité ou avant la fonte du couvert.

3.3.1. ITINERAIRE TECHNIQUE ET REFERENCES ECONOMIQUES

Les interventions sont enregistrées pendant toute la durée de l'essai en pépinière et en tunnel. Pour chaque intervention, sont renseignés : le matériel nécessaire, les noms et quantités d'intrants apportés (quantité/m²) et les temps de travaux (h/m²).

3.3.2. ANALYSE DE SOL

Une analyse de physico chimique de sol des tunnels 5, 6 et 7 est effectuée en été 2024 avant la première campagne d'essai (1 analyse par tunnel)

3.3.1. SUIVI CLIMATIQUE

Chaque serre est équipée d'un thermo-hygromètre et d'une sonde de température du sol permettant d'acquérir les variables climatiques associées en continue sous les abris.

Une station météo extérieure située à proximité immédiate des abris assure l'acquisition continue des données climatiques extérieures (température, vent, pluie, rayonnement, hygrométrie, ...). Les données de cette station sont notamment utilisées pour calculer l'ETP mobilisée pour piloter l'irrigation et pour automatiser la fermeture ouvrant au faitage en cas de pluie

3.3.2. SUIVI DE LA TENSION HYDRIQUE DU SOL

L'humidité du sol est suivie à l'aide de sondes Watermark à 10 cm et 20 cm de profondeur dans les 2 modalités d'irrigation pour une même espèce.

3.3.3. LEVEE, BIOMASSE ET RESTITUTIONS DES COUVERTS DES ADVENTICES

Ces mesures sont réalisées sur des cadres de 0.5m x 0.5m positionnés au centre de chaque sous parcelle, les espèces semées et les adventices sont identifiées puis dénombrées. Le taux de levée est ensuite calculé à partir de ce comptage et de la densité de semis. En fin d'essais la biomasse végétale issue dans le cadre est récoltée, les différentes espèces semées et les adventices sont triées, pesées en frais. La biomasse sèche de chaque espèce semée est estimée après passage à l'étuve à 60°C pendant 48h.

Des échantillons composite (issu des 3 blocs) de 50g de biomasse sèche de chaque espèce semée dans chaque modalité d'irrigation est envoyé au laboratoire pour déterminer la teneur en C, N et C/N.

3.3.4. RECOUVREMENT DES COUVERTS ET DES ADVENTICES

La notation se fait toutes les semaines ou toutes les deux semaines à l'échelle de la sous parcelle entière, le taux de recouvrement des légumineuses ainsi que celles des autres espèces (semées ou non confondues) est estimée selon l'échelle de Braun blanquet.

Coefficients	Échelle de recouvrement (%)	Recouvrement moyen (%)
5	Recouvrement supérieur à 75% de la surface de référence	87,5
4	Recouvrement de 50 – 75 % de la surface de référence	62,5
3	Recouvrement de 25 - 50 % de la surface de référence	37,5
2	Recouvrement de 5 – 25 % de la surface de référence	15
1	Recouvrement inférieur à 5 %	2,5
+	Peu d'individus, très faible recouvrement	0,1
r	Rare	-

Tableau 2 : Principe d'abondance-dominance selon Braun-Blanquet

3.3.1. SUIVI DES NITRATES DANS LE SOL

La teneur en nitrate dans le sol est suivie sur l'horizon 0-30cm selon ce calendrier :

- au semis (ou avant travail du sol) => 1 test nitrate / modalité d'irrigation
- juste après broyage/enfouissement => 1 test nitrate / placette
- 7jours après enfouissement => 1 test nitrate / placette
- 14 jours après enfouissement => 1 test nitrate / placette
- 21 jours après enfouissement => 1 test nitrate / placette

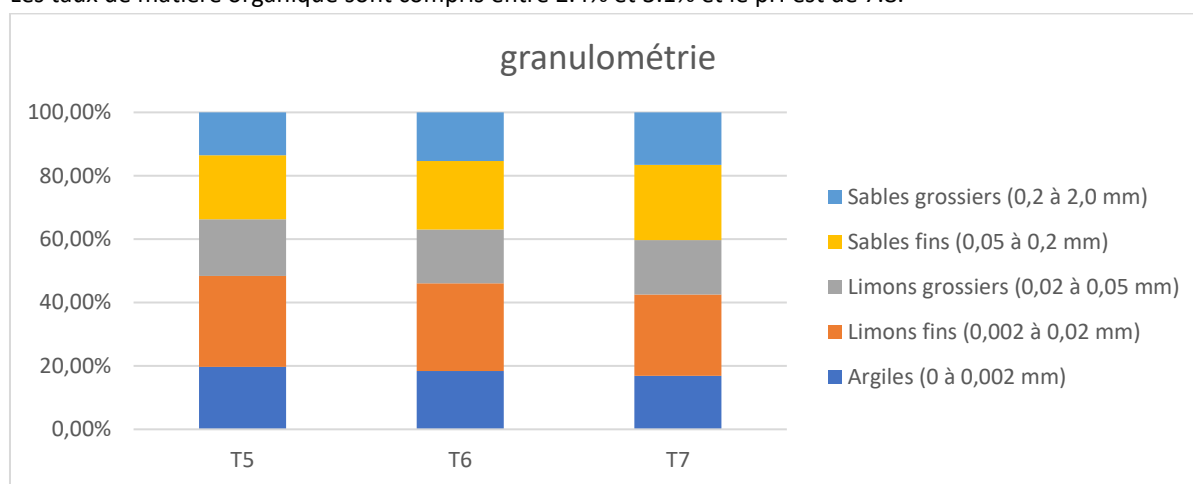
3.4. RESULTATS

3.4.1. ANALYSE DE SOL

Les prélèvements ont été réalisés le 01/07/2024

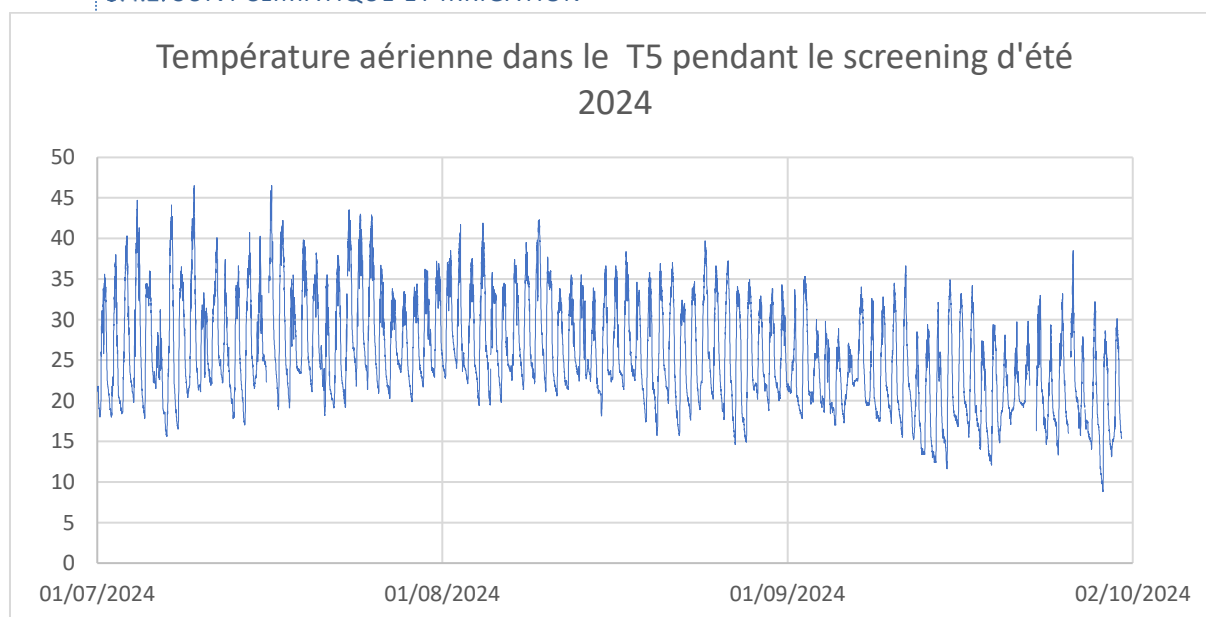
Les sols des 3 tunnels ont des propriétés physico-chimiques proches

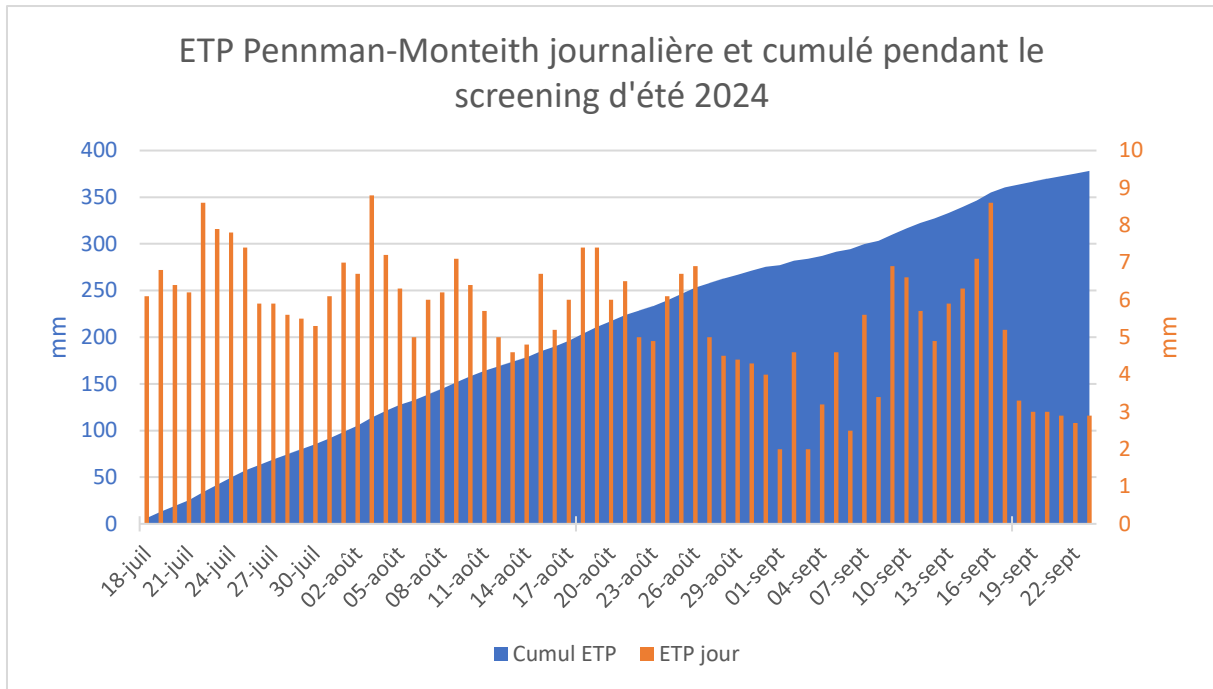
Les taux de matière organique sont compris entre 2.4% et 3.1% et le pH est de 7.8.



La teneur en nitrate au semis du screening d'été était très élevée (268 kg/ha en moyenne).

3.4.2. SUIVI CLIMATIQUE ET IRRIGATION



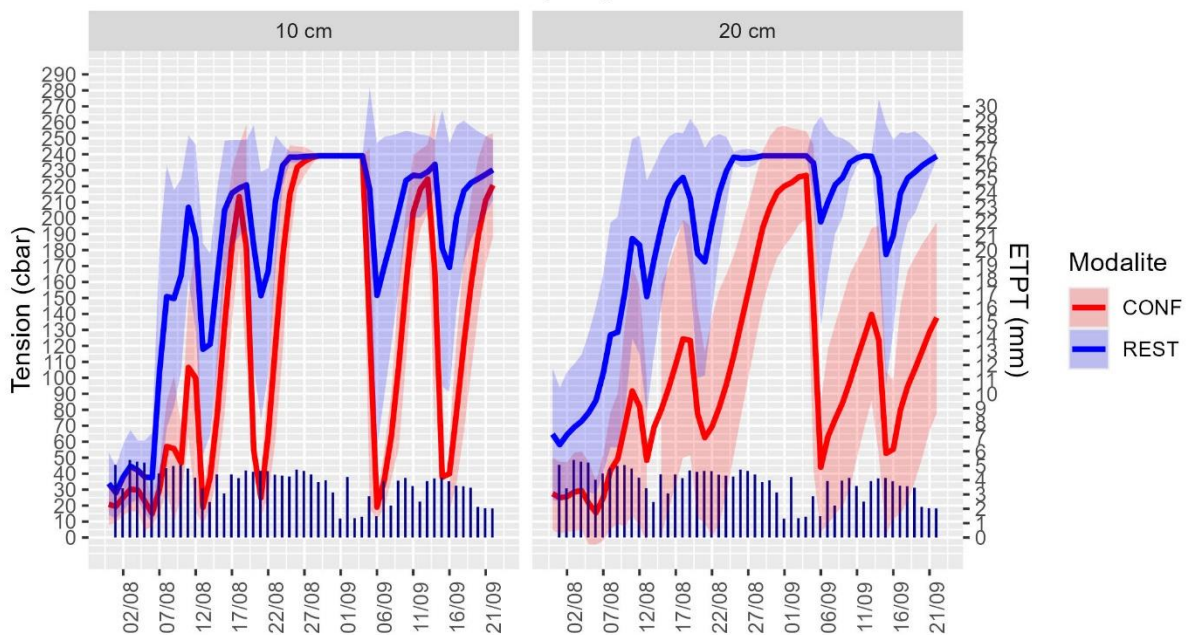


Le screening d'été a couvert une période très chaude allant du 18 juillet au 23 septembre avec des températures max supérieure à 35°C pendant et des ETP dépassant les 5mm/jours presque tous les jours du premier mois de culture. Dans ces conditions la levée du couvert est compliquée et nécessite de fortes quantités d'eau (150mm en 17 jours : fin de levée le 04/08/2024) afin de maintenir le sol frais en surface jusqu'à la levée de toutes les espèces. Ce n'est qu'à partir de début septembre que les températures et l'ETP passent sous ces seuils.

Sur le cycle, l'ETP cumulée atteint les 378 mm. Il a été apporté 293 mm (soit 77% de l'ETP cumulée) en condition de confort contre 220 mm (soit 58 % de l'ETP cumulée) en condition de restriction ce qui correspond à une réduction de 25% des apports par rapport à la modalité confort.

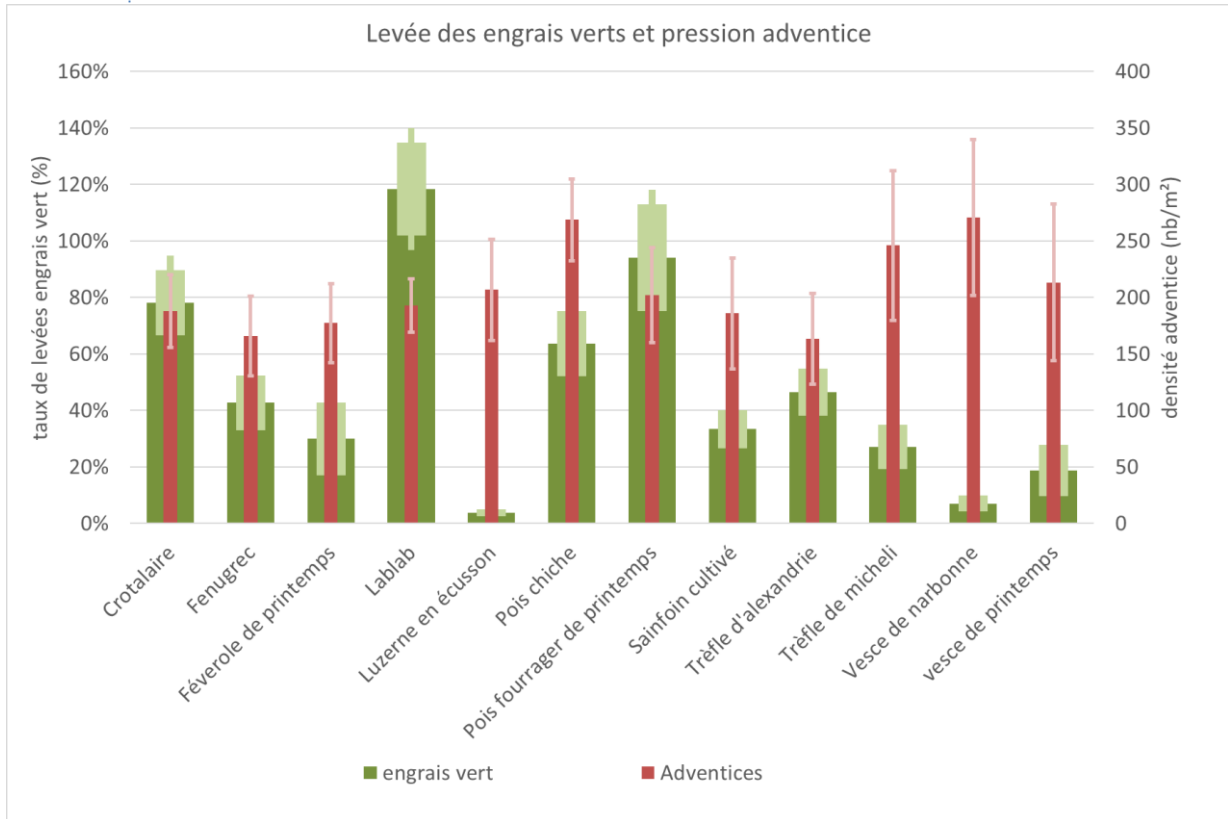
3.4.3. SUIVI DE LA TENSION HYDRIQUE DU SOL

Tension hydrique

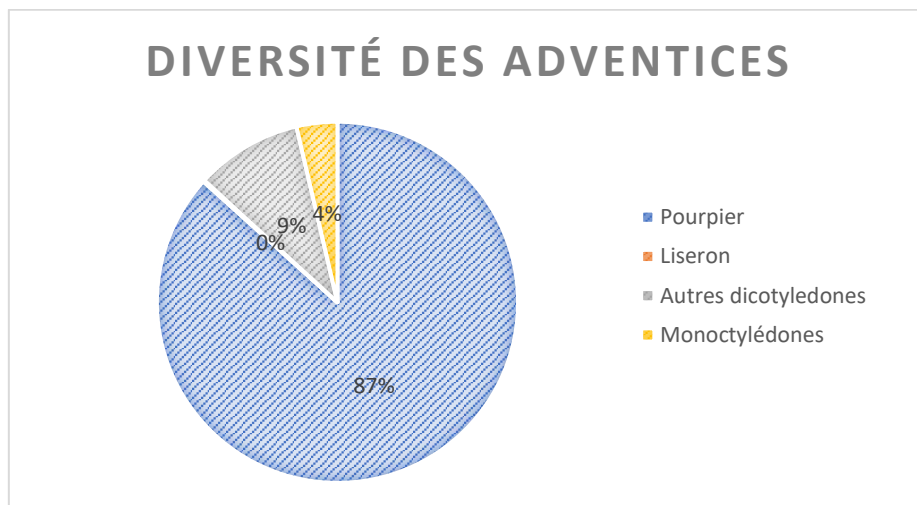


Les relevés tensiométriques montrent des différences marquées entre les deux modalités d'irrigation à fortiori en profondeur (à 20cm). A chaque irrigation la tension chute drastiquement, plus bas dans la modalité confort (env. 20cb à 10cm et 70cb à 20cm) que dans la modalité restriction (env. 170cb à 10cm et 190cb à 20cm) et remontent très rapidement, plus rapidement en restriction, pour atteindre la limite de lecture des sondes (252cb) à 10cm pour les 2 modalités alors qu'à 20cm le sol reste plus humide en condition confort et il plafonne à 252cb en restriction. La conduite de l'irrigation était assez restrictive, même dans la modalité confort à 20cm, la tension dépasse presque toujours les 70cb.

3.4.1. LEVEE DES COUVERTS ET DENSITE D'ADVENTICES



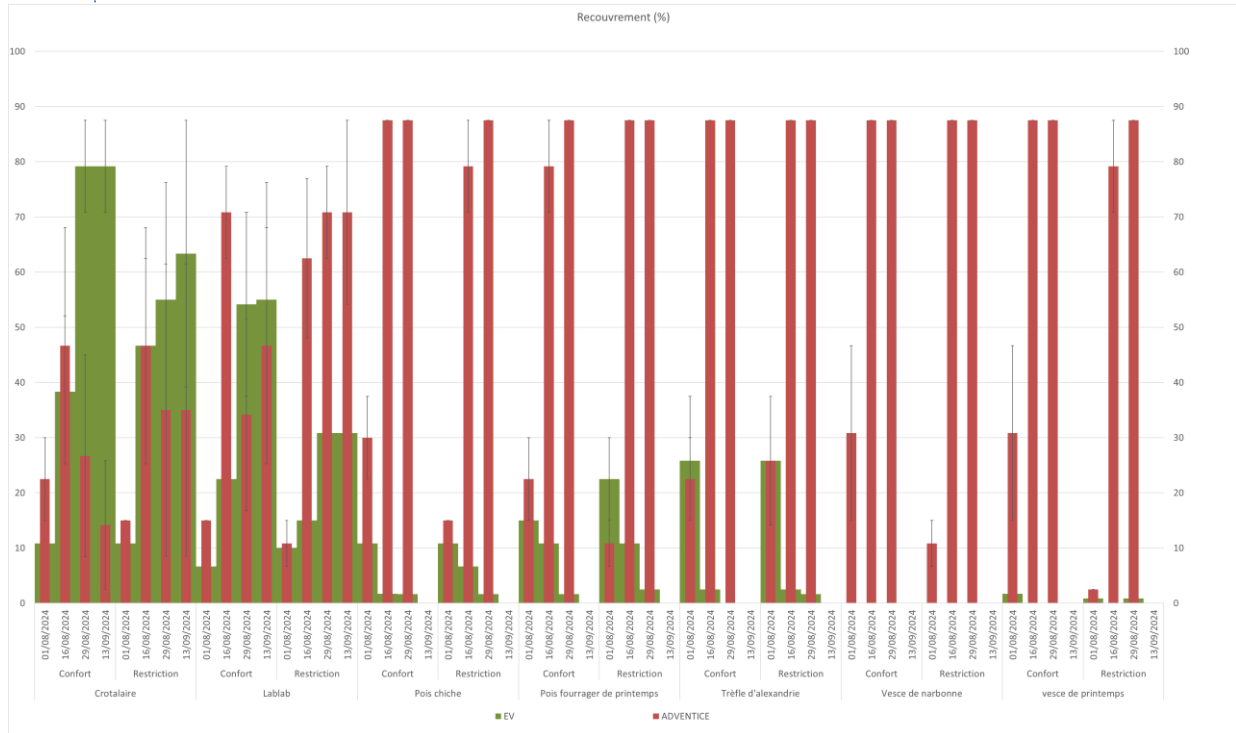
La levée des engrais verts est correcte pour les espèces tropicales (>70% pour crotalaires et lablab) et médiocre pour les espèces de climat tempéré (<50% sauf pour les pois chiche et fourragers >60%). La luzerne en écusson et les vesces de printemps et de Narbonne semblent particulièrement inadaptées à ces conditions climatiques.



La pression adventice est extrêmement forte (>150 plantules/m²) il s'agit en grande majorité de pourpier (87%) qui est particulièrement adapté à ces conditions de forte chaleur. La pression adventice est par ailleurs assez

homogène entre les blocs et les différentes espèces, si bien qu'aucune espèce ne semble être suffisamment concurrentielle à la levée pour réduire la pression adventice et ce malgré avoir semer à de fortes densités. Ce qui militerait pour les introduire plutôt en association avec une autre espèce plus agressive vis-à-vis des adventices sur les premiers stades.

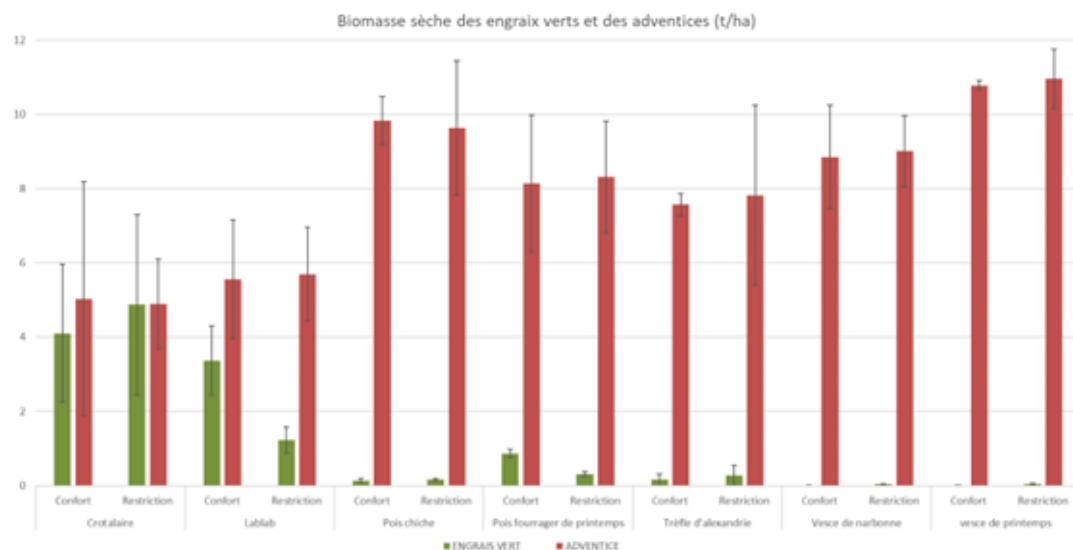
3.4.2. RECOUVREMENT DES COUVERTS ET DES ADVENTICES

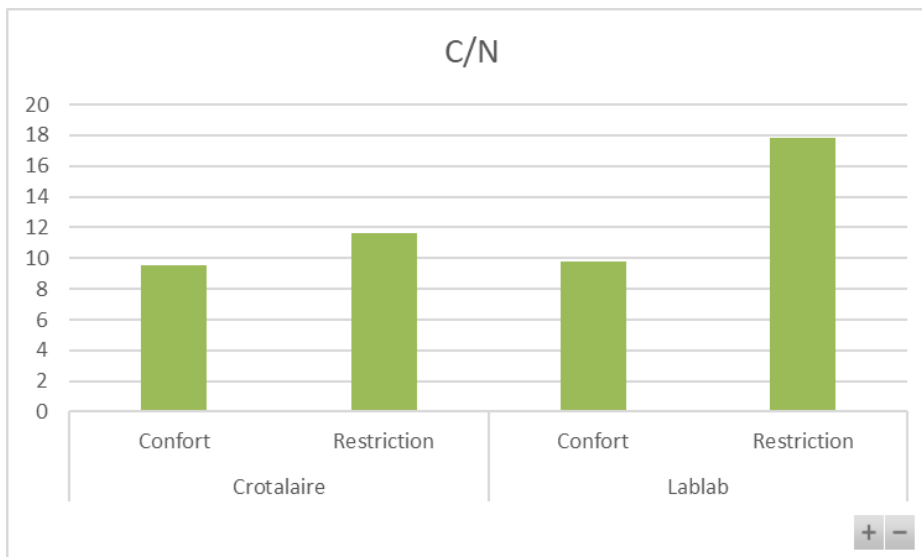


Les espèces tropicales sont celles qui se comportent le mieux en termes de recouvrement, elles prennent même le dessus sur les adventices à partir de la 3^{ème} date de suivi sauf pour le lablab en restriction. Toutes les autres espèces se sont faites ensevelir par les adventices entraînant bien souvent la fonte des couverts. Cela explique la très faible production de biomasse des couverts semés présentés ci-après.

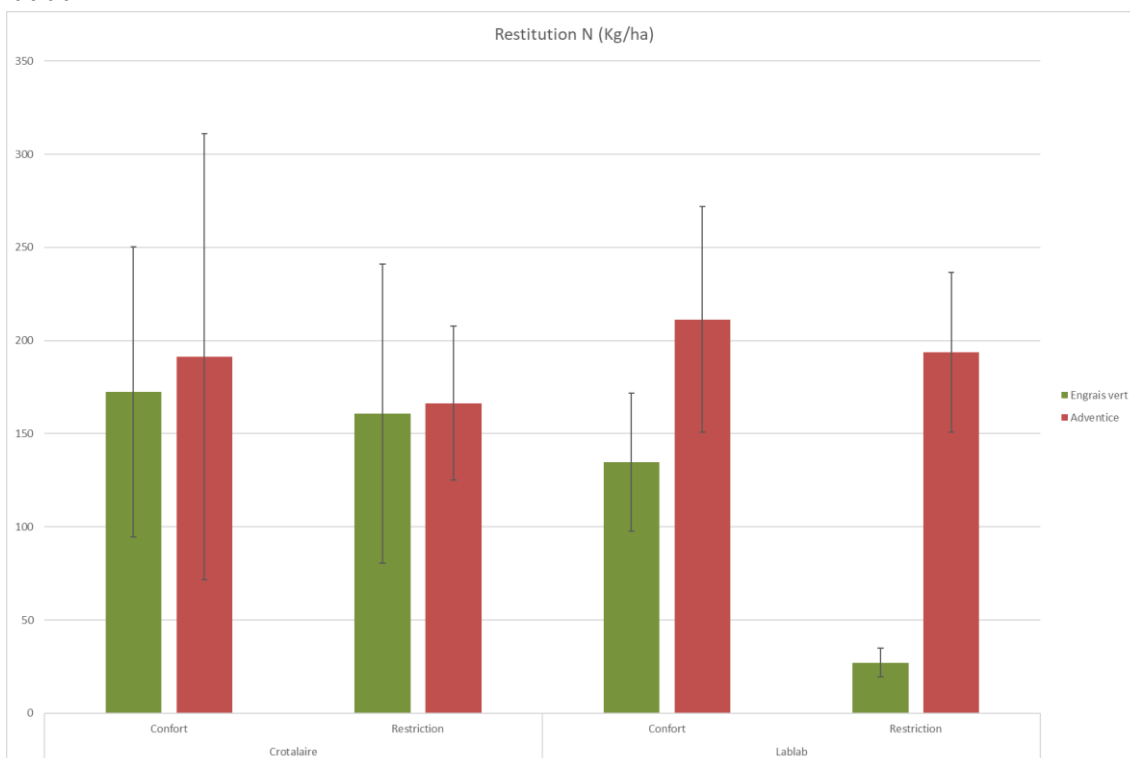
3.4.3. BIOMASSE ET RESTITUTIONS DES COUVERTS ET DES ADVENTICES

Toutes les espèces tempérées ont produit peu de biomasse (<1t/ha de MS). La crotalaire est l'espèce testée la plus productive avec plus de 4t/ha de matière sèche quel que soit le niveau d'irrigation, alors que le lablab a produit environ 3t/ha de matières sèche en confort et presque 3 fois moins en restriction.





La crotalaire et le lablab ont un rapport C/N proche de 10 en condition de confort et une composition légèrement plus riche en C en condition de restriction hydrique, avec une différence plus marquée pour le lablab



La crotalaire produit environ 172 unités d’N en confort contre et 160 en restriction.

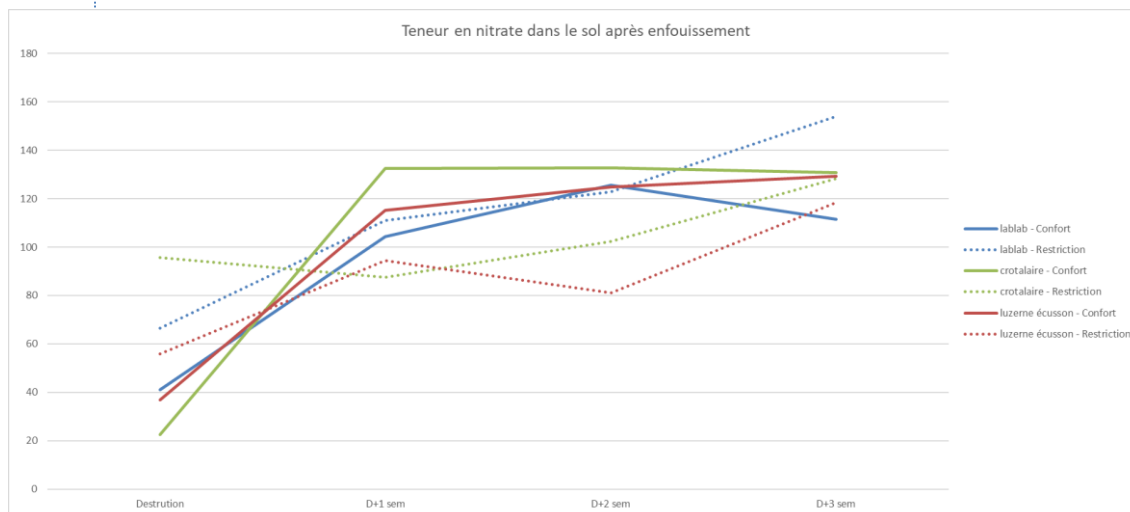
Le Lablab est moins performant, il atteint 134 unités d’N en confort et seulement 27 en restriction.

Aucune nodosité n’a été observée sur lablab et crotalaire à l’enfouissement et très peu sur les espèces tempérées. L’azote contenu dans les plantes a donc principalement été prélevé dans le sol. Plusieurs raisons peuvent expliquer cela :

- les semences n’ont pas été inoculée par des bactéries symbiotiques fixatrices d’azote
- le sol est peut fourni en bactéries symbiotiques fixatrices d’azote
- les souches locales de bactéries symbiotiques fixatrices d’azote ne sont pas adaptées aux espèces tropicales
- la forte teneur en nitrate du sol était trop élevée pour la mise en place de la symbiose

Les adventices (pourpier) produisent au moins autant de biomasse et d’azote que les légumineuses quelques soit l’espèce testée, et sont quasiment insensibles à la restriction hydrique.

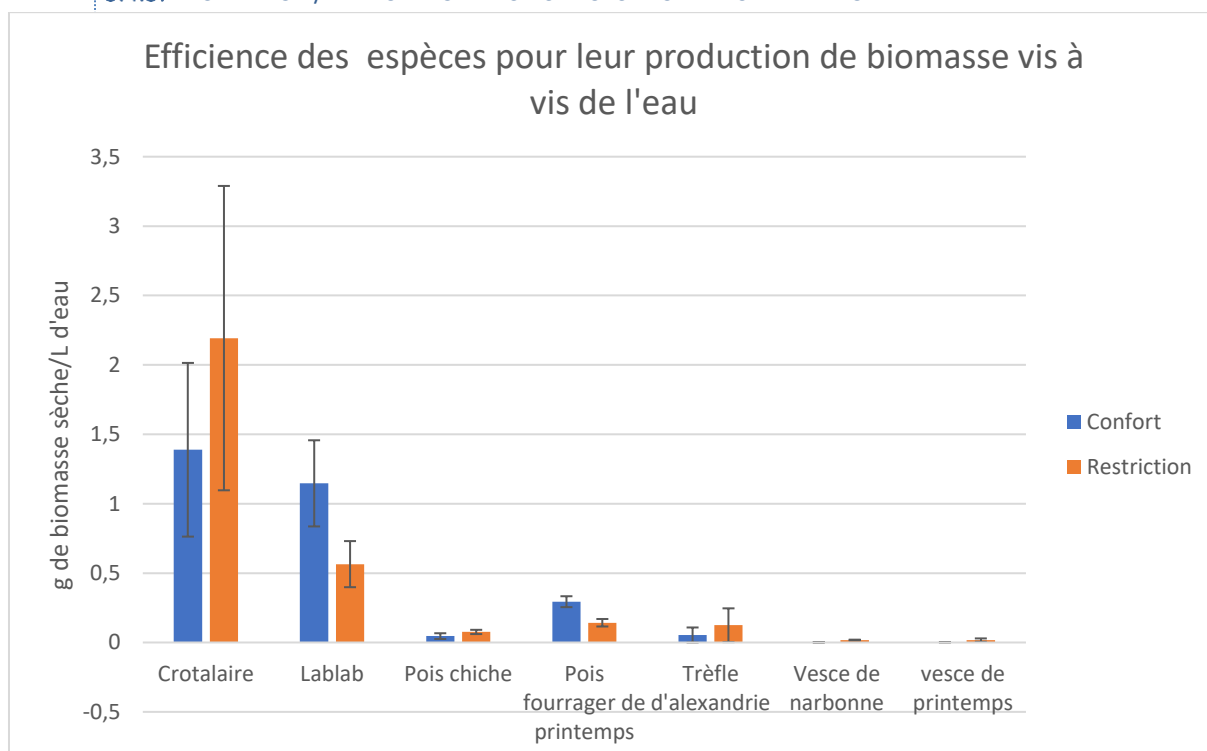
3.4.4. SUIVI DES NITRATES DANS LE SOL

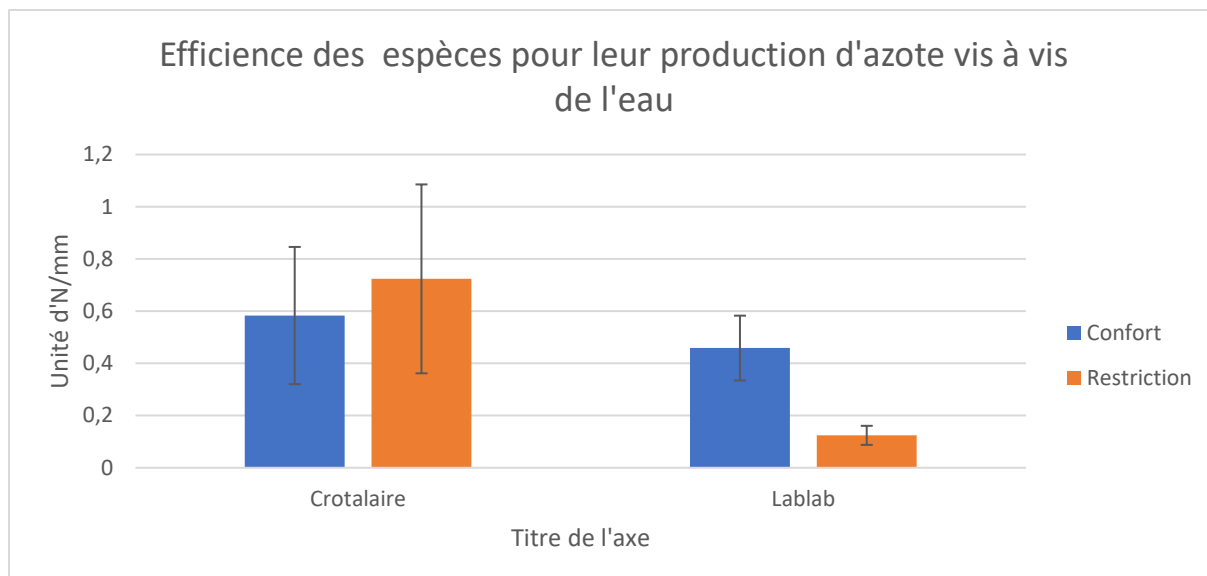


La luzerne écusson n’ayant pas produit de biomasse, elle sert ici de témoin « flore spontanée » essentiellement composée de pourpier. Les reliquats azotés à l’enfouissement étaient plus faibles en confort qu’en restriction, ces résultats s’expliquent sans doute par des prélèvements accrus d’azote par les engrais verts (plus de biomasse produite en confort). Les restitutions semblent plus rapides en condition de confort hydrique mais sont rapidement rattrapées par les modalités en restriction. Cela peut s’expliquer par une minéralisation plus rapide en un sol plus frais.

Les reliquats azotés après destruction sont faibles (entre 20 et 100 kg/ha) par rapport aux valeurs mesurées en début d’essais (268 kg/ha). Ce qui révèle un prélèvement d’azote important par les engrais vert qui peuvent jouer le rôle de CIPAN.

3.4.5. RESILIENCE / EFFICIENCE DES ESPECES VIS-A-VIS DE L’EAU





La crotalaire ressort comme l'espèce la plus efficace vis-à-vis de l'eau que ce soit pour la production de biomasse sèche ou d'azote. Contrairement au lablab, la crotalaire semble (tendance) même être légèrement plus performante en condition de restriction hydrique qu'en confort pour remplir ces fonctions.

3.5. CONCLUSION

- Ce créneau de semis est très gourmand en eau pour assurer la levée et la croissance des engrais-verts
- Malgré des densités de semis importante, aucune espèce testée n'a permis de maîtriser convenablement les adventices sur ce créneau, notamment le pourpier. Il serait plus judicieux de tester les légumineuses en association avec une espèce rapidement couvrante
- Seules les espèces tropicales sont adaptées à un semis de mi-juillet sous abris. Leur cycle aurait pu être prolongé de quelques jours pour la crotalaire à quelques semaines pour le lablab
- La crotalaire a donné les meilleurs résultats que le lablab en termes de biomasse et de restitution en N malgré une levée moins bonne avec de plus un meilleur comportement vis-à-vis de la restriction hydrique
- Aucune nodosité n'a été observée sur lablab et crotalaire ; l'azote a donc été prélevé dans le sol ce qui réduit considérablement l'intérêt d'introduire des légumineuses dans ces conditions. Une pré-inoculation des semences avec des souches tropicales de bactéries symbiotiques fixatrices d'azote mériterait d'être testées
- Les adventices, notamment le pourpier, sont plus performantes que toutes les espèces testées est sont très résilientes et efficaces en condition de restriction hydrique.