

Rapport de stage de 2ème année

Formation ingénieur ENSAT

Pilotage de l'irrigation et gestion de l'azote en
maraîchage biologique diversifié en Ariège et Haute-Garonne



Stagiaire : Johannes Le Borgne
étudiant 3ème année à INP ENSAT
Avenue de l'Agrobiopole Auzeville-Tolosane
Année scolaire 2022-2023

Remerciements

Je remercie en particulier Delphine Da Costa pour tous ses conseils et son accompagnement de qualité lors de mon stage. J'ai apprécié la collaboration que nous avons eu durant cet été. Merci également à toute l'équipe salariée et stagiaire de Bio Ariège-Garonne pour l'accueil, la bonne ambiance et les discussions enrichissantes.

Merci à Stanislas Poudou, Julien Eychenne et Hervé Henry d'avoir consacré de leur temps et énergie à échanger et travailler avec moi durant mon stage, ce fut très enrichissant.

Merci enfin à tous les maraîchers et maraîchères avec lesquels j'ai eu l'occasion de travailler et d'échanger, pour leur patience et leur bonne volonté.

Abstract :

This is a report of my internship in the association Bio Ariège Garonne during the summer 2022. The aim of the internship was to find out some references concerning irrigations practices in organic farm, on the production of tomato and aubergines. With the help of tensiometric probes that help the farmers to adjust their quantities, knowing precisely the humidity of the soil, we tried to determine what practices are the best, according with the soil structure and organic mater rate, the varieties of the fruits, and the frequency of watering.

Because of the limited quantities of farm that we were able to follow, and the diversity of the watering set up, we cannot conclude surrely what practices are the best, but we found some correlation and way of amelioration for the future.

Table des matières

Introduction.....	1
I) Contexte.....	2
a) Présentation de l'association et de la filière maraîchage en Ariège et Haute-Garonne.....	2
La filière maraîchage biologique en Ariège et Haute-Garonne :.....	2
b) Contexte géologique.....	3
c) Description du stage :.....	4
d) Logiciel Aquacrop.....	5
e) Objectifs dans lesquels s'inscrit le stage	6
II) Les missions du stage.....	7
a) Site Challenge, fonctionnement des sondes, utilité, partie théorique sur la création de bulbes de GAG.....	7
Comment se pratique l'irrigation en goutte à goutte ?.....	9
b) Suivi azote, lien avec l'irrigation : une partie théorique sur la minéralisation de l'azote, le protocole et matériel.....	9
Protocole de suivi de l'azote :.....	11
c) Les bulletins de conseil sur l'irrigation	12
d) Les résultats	13
e) Le conseil sur les maladies.....	16
f) Discussion sur les résultats : utilisables ? Peut-on en faire une référence locale ?.....	17
III) Les améliorations possibles.....	17
a) Le formulaire des installations d'irrigation.....	17
b) Les améliorations concernant le bulletin irrigation.....	18
c) Les améliorations du site Challenge.....	19
d) Le tableau récapitulatif des fermes.....	19
Conclusion.....	20
Bibliographie	21
Annexes.....	22

Table des figures

Numéro de figure	Page
<i>Figure 1 : évolution du maraîchage bio en Ariège et Haute-Garonne. Source : Bio Ariège-Garonne</i>	2
<i>Figure 2 : carte géologique autour de la Bastide de Sérou. https://www.geoportail.gouv.fr/, 2022</i>	3
<i>Figure 3 : carte des sols. https://www.geoportail.gouv.fr/, 2022</i>	4
<i>Figure 4 : Figure 4 : caractéristiques des sol des fermes, extrait du tableau de synthèse des fermes</i>	4
<i>Figure 5 : Agrochaîne de production de Tomate et aubergine biologiques</i>	5
<i>Figure 6 : capacités du champs et point de flétrissement selon la granulométrie. (Delphine Da Costa, Bio-Ariège Garonne, Journée technique irrigation et maraîchage 2022)</i>	7
<i>Figure 7 : graphique tensiométrique sur les planches de tomate du GAEC Attraction terrestre. (Challenge Agriculture, 2022)</i>	8
<i>Figure 8 : volumes enregistrés sur le GAEC Attraction terrestre. (challenge agriculture, 2022)</i>	8
<i>Figure 9 : schéma de l'installation de l'irrigation au GAEC de Faurejean et photo du compteur (réalisation perso)</i>	9
<i>Figure 10 : apports azotés selon les fermes</i>	10
<i>Figure 11 : cycle de l'azote dans le sol (M.Barret, cours 1A Ensat, 2020)</i>	10
<i>Figure 12 : photo du nitracheck (agroressources.com, 2022)</i>	11
<i>Figure 13 : graphiques des teneurs en nitrates (bulletin irrigation 2022 N°9, Stanislas Poudou)</i>	13
<i>Figure 14 : graphiques comparatif apports/recommandations en eau sur les fermes du Prat gros et du Matet</i>	14
<i>Figure 15 : graphique tensiométrique du Gaec du Matet (challenge agriculture 2022)</i>	15
<i>Figure 16 : Graphique tensiométrique du GAEC de l'Attraction terrestre (challenge agriculture, 2022)</i>	15
<i>Figure 17 : cul noir de la tomate (ephytia, inrae, 2022)</i>	16
<i>Figure 18 : Nécrose apicale blanche</i>	16
<i>Figure 19 : décoloration en doigt de gant sur tomate</i>	16

Liste des abréviations

- RHD : restauration hors domicile
- PAT : Projets Alimentaires Territoriaux
- CIVAM : Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural
- ERABLES : Ensemble pour Représenter l'Agriculture Biologique Locale Équitable et Solidaire
- MO : matière organique
- RU : réserve utile
- GAG : goutte à goutte
- ETP : Evapotranspiration potentielle

Introduction

L'association Bio Ariège-Garonne accompagne les agriculteurs de l'Ariège et de la Haute Garonne qui sont déjà certifiés en agriculture biologique ou qui s'y intéressent, avec des conseils techniques et de la mise en réseau, entre autres. La filière maraîchage bio est en expansion en Ariège, bien que le métier soit souvent dur et complexe. Il est très difficile pour les nouveaux maraîchers de connaître toutes les bonnes pratiques et de gérer tous les paramètres de culture. La difficulté augmente aussi avec la diversité des cultures à gérer, qui ont chacune leurs spécificités. L'enjeu est donc d'aider au mieux les maraîchers, par un appui technique et l'utilisation d'outils d'aide à la décision. Depuis le printemps 2020, un suivi du pilotage de l'irrigation et de gestion de l'azote de plusieurs fermes en maraîchage diversifié est réalisé par Delphine Da Costa, animatrice technique en maraîchage à Bio Ariège-Garonne, en partenariat avec la société de conseil agricole Arc-en-Ciel et la chambre d'agriculture 09. Ce suivi se fait grâce à des sondes tensiométriques, installées sur des planches de culture de tomates ou d'aubergines et reliées à un compteur, qui relève plusieurs fois par jour les tensions de l'eau dans le sol. Cela permet d'avoir une vision continue et précise de l'eau présente dans le sol, afin d'ajuster au mieux les besoins en eau des cultures. Cette démarche s'inscrit dans un objectif global de raisonner l'irrigation des cultures afin d'économiser l'eau. Le suivi de l'irrigation est lié à celui de la fertilisation azotée, toujours dans un objectif d'optimiser les apports et d'éviter les excès ou les manques d'apports. L'objectif est de réussir à établir des références utilisables par les autres maraîchers qui n'ont pas les sondes tensiométriques pour les guider. L'été 2022 a été particulièrement chaud et sec, ce qui relève la nécessité et l'urgence de se pencher sur la question de la ressource en eau. Bien que les restrictions impactaient plus fortement les agriculteurs céréaliers ou grandes cultures que les maraîchers, ces derniers ont tout de même pour certains des contraintes sur leurs consommations d'eau, contraintes juridiques, sociales ou matérielles.

Durant mon stage j'ai réalisé le suivi de huit fermes en maraîchage, sur leur gestion de l'irrigation et l'analyse des teneurs en nitrates dans les pétioles de tomates et d'aubergines, ainsi que dans le sol des planches de culture et des allées passantes des serres. Ce suivi comportait entre autres des prélèvements réguliers, environ toutes les deux semaines. Mon travail était très intégré dans celui de Delphine mais aussi de Stanislas Poudou, ingénieur à la chambre d'agriculture d'Ariège, qui collaborent sur les conseils à apporter aux maraîchers sur leur gestion de l'irrigation et de l'azote.

I) Contexte

a) Présentation de l'association et de la filière maraîchage en Ariège et Haute-Garonne

Bio Ariège-Garonne est une association loi 1901 créée en 2021 par la fusion de deux organismes, le CIVAM Bio 09 (Centre d'Initiatives pour Valoriser l'Agriculture et le Milieu rural) et ERABLES 31 (Ensemble pour Représenter l'Agriculture Biologique Locale Équitable et Solidaire). Son but est de promouvoir l'agriculture biologique en Ariège et Haute-Garonne selon quatre axes : l'accompagnement technique des agriculteurs, l'accompagnement des collectivités dans les projets agricoles, la sensibilisation à la bio et la représentation des agriculteurs dans les instances agricoles et auprès des collectivités.

L'association est dirigée par un comité d'administration composé de 14 personnes (2021) dont 11 agriculteurs, qui se réunit un fois par mois. L'équipe salariée comporte 12 personnes : 4 animatrices agricoles (maraîchage et arboriculture, grandes cultures, élevage et plantes aromatiques), 3 animatrices RHD (restauration hors domicile) et PAT (Projets Alimentaires Territoriaux), 1 animatrice de sensibilisation/communication, 1 chargée de mission pour la Foire Garo'bio 2022, 1 coordinatrice, 1 responsable administrative, 1 comptable.

Le nombre d'adhérents de l'association était de 398 en 2020 et de 395 en 2021.

La filière maraîchage biologique en Ariège et Haute-Garonne :

Le maraîchage biologique diversifié est en pleine expansion en Ariège et en Haute-Garonne. En parallèle à la demande, le nombre de maraîchers sur les deux départements est de plus en plus important (cf. chiffres de l'Agence bio). En 2021, on dénombre 160 maraîchers certifiés en bio en Ariège et 241 en Haute-Garonne (Agence Bio ORAB 2021).

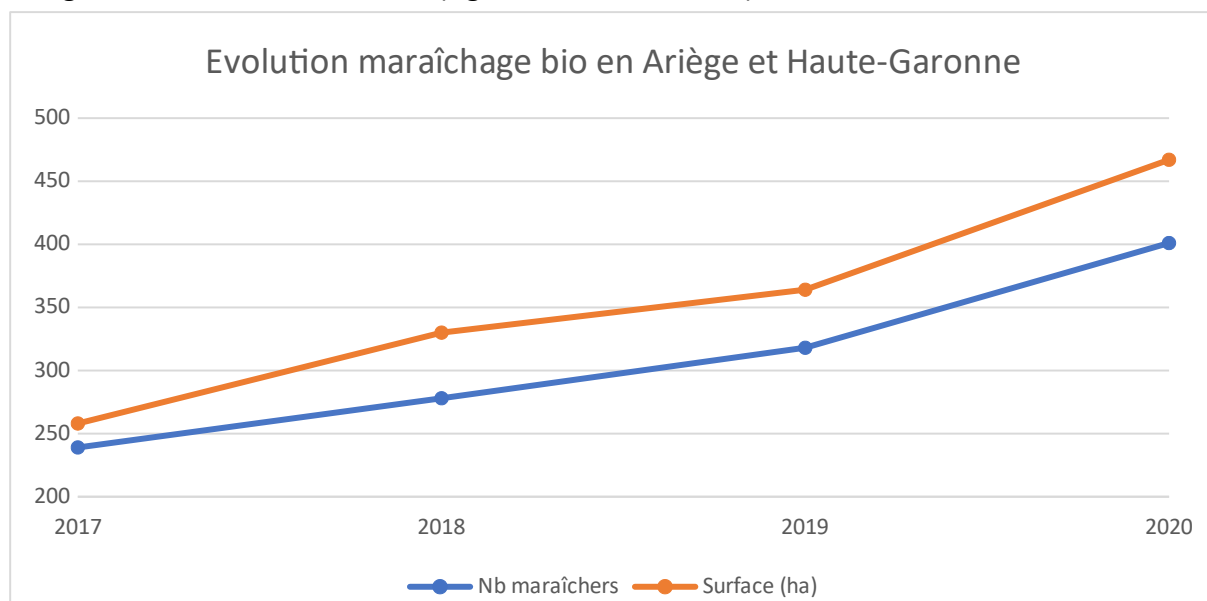


Figure 1 : évolution du maraîchage bio en Ariège et Haute-Garonne. Source : Bio Ariège-Garonne

Cela s'explique par plusieurs facteurs : d'une part l'envie de la population locale de consommer des produits de qualité, d'où une demande croissante en produits issus de l'agriculture biologique. Ensuite, il y a aussi un phénomène de repeuplement en Ariège, par ceux que l'on appelle communément les néo ruraux. Ce sont des personnes souvent diplômées, qui ne se trouvaient pas à leur aise dans leurs anciennes vies et qui ont décidé de vivre dans un environnement plus sain et plus en lien avec la nature et de faire un métier en accord avec leurs valeurs. Certains décident donc de se lancer dans le maraîchage biologique. Parmi les maraîchers suivis lors du stage, la plupart sont dans ce cas de figure. Le maraîchage présente l'avantage de demander moins d'investissements pour l'installation qu'une exploitation en élevage ou en grandes cultures. De plus, la mouvance autour de la permaculture, de l'agroécologie, vante l'idéal de la petite exploitation pleine de biodiversité et de légumes en tout genre, ce qui peut donner une certaine image séduisante du maraîchage. Cela incite donc celles et ceux en quête d'une agriculture responsable à s'installer en maraîchage biologique diversifié directement, sans passer par une exploitation en conventionnel. En Ariège, 98 % des exploitations en maraîchage sont conduites en agriculture biologique. Elles sont au nombre de 160 et leur nombre a augmenté de 9 % par rapport à 2019. En Haute-Garonne, la part des exploitation maraîchères en agriculture biologique est de 41 % et a augmenté de 12 % par rapport à 2019 (ORAB, 2021).

b) Contexte géologique

La carte ci-dessous montre les roches mères de l'Ariège et de Haute-Garonne, autour des huit fermes en maraîchage suivie durant le stage. La plupart des fermes se trouvent sur des zones sédimentaires, de plus en plus anciennes à mesure que l'on monte en altitude. L'ancienneté des roches sédimentaire va du jurassique pour le site de la Bastide de Sérou (-200 millions d'années) à l'Holocène (-12 000 ans) autour de Pamiers.

Les sols majoritaires autour des fermes sont les fluviolsols, sols caractéristiques des zones autours des cours d'eau. Ce sont des sols issus des dépôts d'alluvions, plus ou moins grossiers, avec plus ou moins de galets. Ce sont des sols inondables lors des crues.

Les villes indiquées en jaune sur la carte sont celles où sont situées les fermes maraîchères suivies lors du stage. En rouge, la Bastide de Sérou, où se trouve l'antenne principale de Bio Ariège-Garonne.

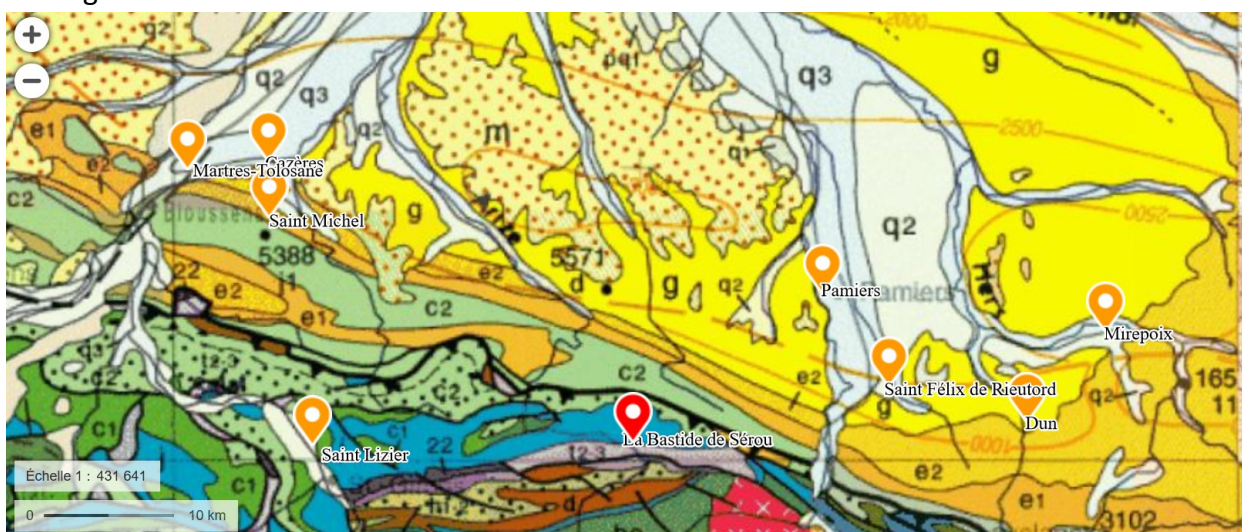


Figure 2 : carte géologique autour de la Bastide de Sérou. <https://www.geoportail.gouv.fr/>, 2022



Figure 3 : carte des sols. <https://www.geoportail.gouv.fr/>, 2022

Ci-dessous sont indiquées les granulométries des sols de chaque ferme, ainsi que leur teneur en Matière Organique (MO). Il est important de bien connaître ces caractéristiques pour adapter l'irrigation. La majorité des fermes ont un sol limoneux, mais cela varie entre sablo-limoneux et limon sablo-argileux, voir argilo-sableux, ce qui change beaucoup de choses en pratique : la réserve utile ne sera pas la même, les sols peuvent être plus ou moins drainants et plus ou moins faciles à travailler.

Fermes	Agathe ODDON	GAEC du Matet	Sabrina Chauvellie	GAEC en Vert de Terre	GAEC en Vert de Terre	GAEC de Faurejean	GAEC du Prat Gros	GAEC l'attraction terrestre	GAEC Fournier
Granulométrie	Limon sablo-argileux	Limon sablo-argileux	Sablo-limoneux	limon sablo-argileux	limon sablo-argileux	Limon sablo-argileux	Limon sablo-argileux	limon sablo-argileux	argilo-sableux
Teneur MO (%)	2,5	2,8	0,9	3,5	3,5	5	2,1	1,6	2,6

Figure 4 : caractéristiques des sol des fermes, extrait du tableau de synthèse des fermes. Voir Annexe 1

c) Description du stage :

Depuis 2020, une collaboration entre Bio Ariège-Garonne, Arc-en-Ciel d'Arudy et la Chambre d'Agriculture d'Ariège pour les relevés tensiométriques et des teneurs en nitrates a permis d'assurer un suivi sur plusieurs fermes en maraîchage, durant l'été. La première année : 3 fermes pilotes, la 2^{ème} année : 5 fermes et cette année 8 :

- Dans le Couserans le GAEC du Matet à Matres-Tolosane, la ferme de Sabrina Chauvellie à Cazères, la ferme d'Agathe Oddon à St-Michel, le GAEC en vert de Terre à St-Lizier,
- Dans la vallée de l'Ariège : le GAEC du Prat Gros à St-Félix de Rieutord, le GAEC de Faurejean à Pamiers, le GAEC Fournier à Dun, et le GAEC de l'attraction terrestre à Mirepoix.

La société Arc-en-Ciel d'Arudy assure depuis plusieurs années un suivi de l'irrigation, principalement en arboriculture, en Occitanie, région PACA et Aquitaine. La collaboration avec Bio Ariège-Garonne se fait depuis plusieurs années, par l'utilisation des sondes, mais également par des échanges réguliers sur les conseils à apporter aux agriculteurs suivis. En ce

qui concerne le suivi en maraîchage, nous travaillons principalement avec Hervé Henry, un des responsables locaux de Challenge Agriculture. L'avantage de cette collaboration est notamment d'augmenter les possibilités pour faire des relevés de terrain, de croiser les informations et de partager les expériences.

Comme mentionné précédemment, Bio Ariège-Garonne intervient essentiellement à la fin de l'agrochaine, sur l'aspect d'appui technique. En ce qui concerne la filière maraîchage, Delphine Da Costa se concentre principalement sur le conseil direct aux maraîchers, sur divers aspects techniques (irrigation, amendements, gestions des intrants), et par l'organisation et l'animation de formations et rencontres collectives.

La production d'aubergines et de tomates biologiques en Ariège comprend peu d'intermédiaires, car la commercialisation se fait essentiellement sur des circuits courts. La plupart des ventes se fait sur les marchés, en vente directe, ou alors en demi gros, dans de petits magasins du type Biocoop.

Agrochaine production de tomates et d'aubergines biologiques

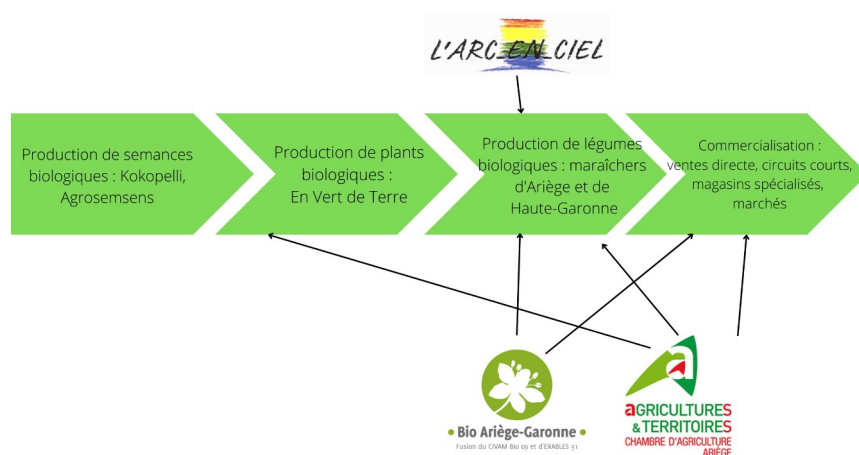


Figure 5 : Agrochaine de production de Tomate et aubergine biologiques

d) Logiciel Aquacrop

Dans notre recherche d'outil d'aide à la décision, il paraît logique de regarder ce qui a déjà été fait sur cette question. C'est pourquoi nous avons essayé de faire une simulation avec le logiciel Aquacrop.

Nous avons cependant trouvé que le logiciel Aquacrop ne permettait pas d'avoir des données assez précises et n'apportait pas plus que l'utilisation de la formule $KC \times ETP$, qui n'est déjà pas assez précise et reste à ajuster au cas par cas. Par exemple, les climats proposés dans le logiciel sont trop généraux, et il est difficile de créer un fichier adapté à la situation de cet été par exemple, où les canicules ont été anormalement fortes et le manque de pluie très marqué.

Les recommandations des ETP pouvant varier tous les 10 km, il est nécessaire de partir de ces ETP, mais d'aller plus loin en prenant en compte le type de sol, la variété, les caractéristiques de terrains.

e) Objectifs dans lesquels s'inscrit le stage

Ce travail de suivi part d'un constat de certains maraîchers et du technicien d'Arc en Ciel avec qui Bio Ariège-Garonne travaille, qui est que les recommandations globales théoriques utilisant les ETP (EvapoTranspiration Potentielle de références fournies par les stations météorologique), multipliées par les Kc (coefficients culturaux) ne suffisent pas, sont parfois trop généraux, et conduisent à une sur-irrigation. Des paramètres importants comme le type de sol, la fréquence d'irrigation, les variétés de légumes cultivés, doivent être prises en compte. L'objectif est d'utiliser les sondes pour guider quelques fermes, voir si cela conduit à améliorer les pratiques d'irrigation et de dégager des tendances et des recommandations utilisables pour tous les autres maraîchers du territoire. L'idée générale est de tendre vers un outil d'aide à la décision pour faciliter le travail des maraîchers, qui n'ont souvent pas le temps de se pencher sur des calculs théoriques parfois rébarbatifs en pleine saison.

Le conseiller de la chambre d'agriculture d'Ariège Stanislas Poudou avec qui Bio Ariège-Garonne est en lien, travaille également en grandes cultures. S.Poudou travaille depuis plusieurs années sur les bulletins de conseil irrigation (voir partie II.c). Dans ce bulletin, les recommandations d'irrigation sont en mm, calculés et fonction des ETP de références et des coefficients culturaux. Le but du travail commun que nous avons mené était de voir en quoi les différents outils à notre disposition (Kc*ETP, sondes, graphiques tensiométriques) pouvaient amener à compléter et à affiner les recommandations déjà existantes.

Il y a des divergences sur les recommandations nécessaires entre GAG et aspersion. Hervé Henry fait le constat que les recommandations utilisant les ETP amènent dans 80 % des cas à une sur-irrigation. Expliquer pourquoi, par rapport à la surface mouillée par le goutteur. Un des objectifs du goutte à goutte est de réduire la consommation en eau, car toute la surface de sol cultivée n'est pas irriguée uniformément, seulement en certains points qui constituent des réserves d'eau. Cependant, la particularité des maraîchers en Ariège est d'utiliser un grand nombre de gaines de goutte à goutte dans leurs serres, avec en moyenne 5 à 6 gaines par serre ? Hervé Henry assimile cette pratique de l'irrigation en goutte à goutte quasiment à de l'aspersion, car les bulbes couvrent presque l'entièreté de la surface de culture. Cela amène à utiliser plus d'eau, peut-être plus que nécessaire, mais peut s'avérer utile pour les maraîchers qui n'ont pas de pilotage automatique de l'irrigation, car cela permet d'apporter une grande quantité en une fois et donc de le faire moins souvent. De plus, la réserve d'eau disponible est plus importante, et il y a moins de risques d'assèchement des cultures, la conduite de l'irrigation est moins « technique ». Mais cela présente aussi des inconvénients, d'une part la consommation en eau sera plus élevée et il faut aussi avoir un débit initial suffisant pour que la pression soit équivalente partout dans toutes les gaines et donc une pompe suffisamment puissante, ce qui n'est pas le cas sur toutes les fermes.

II) Les missions du stage

a) Site Challenge, fonctionnement des sondes, utilité, partie théorique sur la création de bulbes de GAG

Expliquer en amont l'installation des sondes : le monitor, le compteur, trois paires de sondes sur les planches à différentes profondeurs + un plan que tu avais fait pour une ferme.

Les sondes étaient installées sur les planches de culture de tomate et d'aubergine. Il y avait 3 à 4 paires de sondes sur les planches d'intérêt, enfoncées à différentes profondeurs, en générale 30 et 60 cm. Dans certains cas, les sondes étaient enfoncées sur plus d'épaisseur, allant même jusqu'à 90 cm, et donc il y avait 4 sondes au même endroit. Cela permet d'avoir une meilleure vision d'ensemble sur le sol, en regardant les évolutions des tensions sur plusieurs horizons.

Ces sondes étaient reliées à un boîtier monitor, qui retransmettait en direct les tensions de l'eau (en centibar) sur le serveur du site challenge, où elles étaient retranscrites sous forme de graphique. Plus les valeurs sont élevées, plus le sol est en train de s'assécher. En fonction de leur texture ou granulométrie, certains sols peuvent supporter des tensions plus fortes avant de vraiment s'assécher. Plus la granulométrie sera fine, plus les sols pourront supporter des tensions élevées, car ils auront une capacité au champ plus importante. Un sol sableux aura une capacité au champ de 10 centibars (cbar), pour sol limoneux elle peut aller à 15 centibars et pour un sol argileux jusqu'à 25 centibars.

Types de sols	Capacité au Champ	Point de flétrissement
	cbar	Limite de RFU cbar
Sableux	10	40
Limoneux	15	70 / 75
Argileux	25	100

Figure 6 : capacités du champs et point de flétrissement selon la granulométrie. (Delphine Da Costa, Bio-Ariège Garonne, Journée technique irrigation et maraîchage 2022)

Ci-dessous est représenté le profil tensiométrique sur un sol sableux, pour lequel les valeurs du point de flétrissement sont autour de 40 centibars de tension et avec une zone de confort entre 10 et 40 centibars.

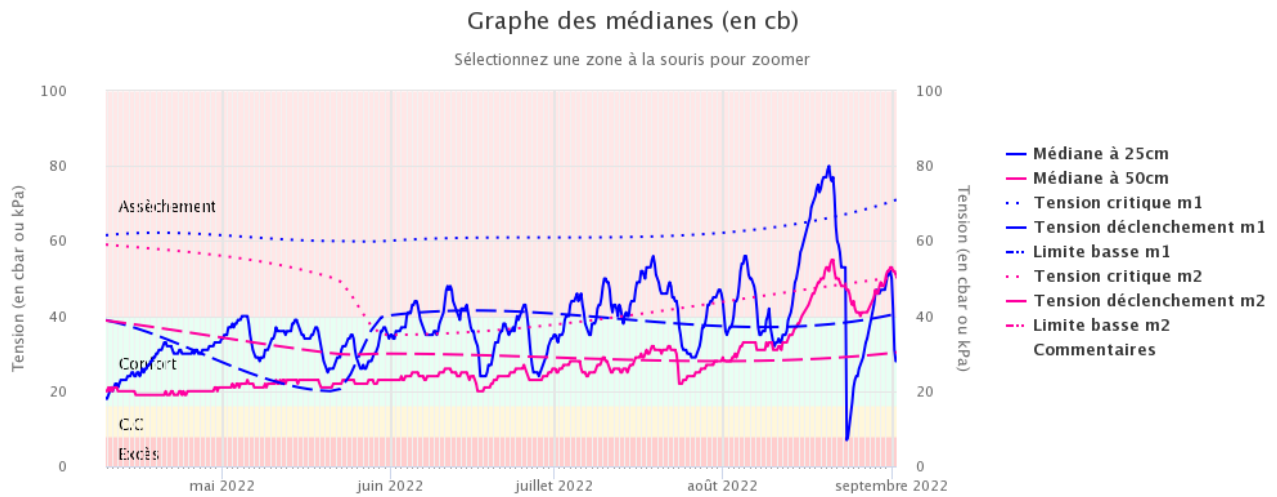


Figure 7 : graphique tensiométrique sur les planches de tomate du GAEC Attraction terrestre. (Challenge Agriculture, 2022)

La courbe bleue représente les tensions relevées par la sonde à 25 cm de profondeur et la rouge représente les tensions relevées à 50 cm. Chaque chute de tension correspond à un arrosage, comme on peut le voir par la correspondance avec la courbe ci-dessous. Ces courbes étaient obtenues via les compteurs hydriques, reliés également au boîtier, et qui relevaient 4 fois par jours les volumes d'eau écoulé au travers.

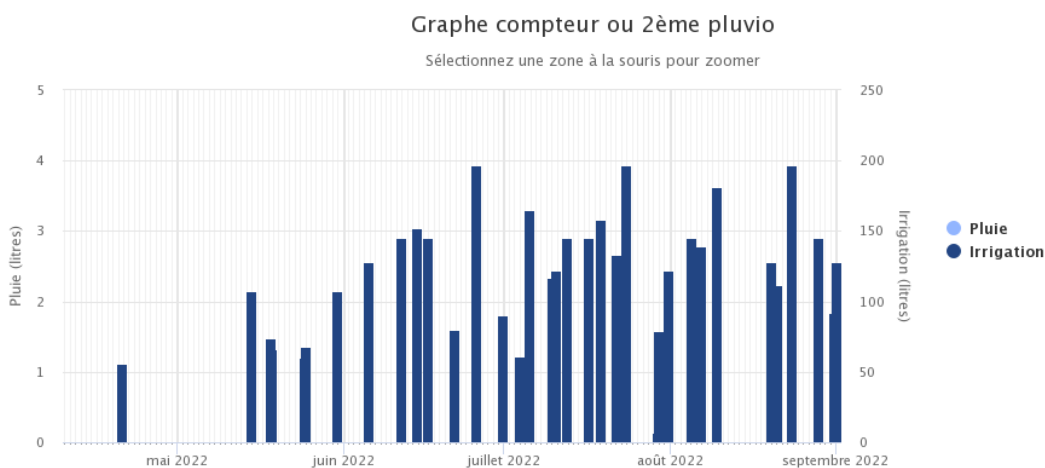


Figure 8 : volumes enregistrés sur le GAEC Attraction terrestre. (challenge agriculture, 2022)

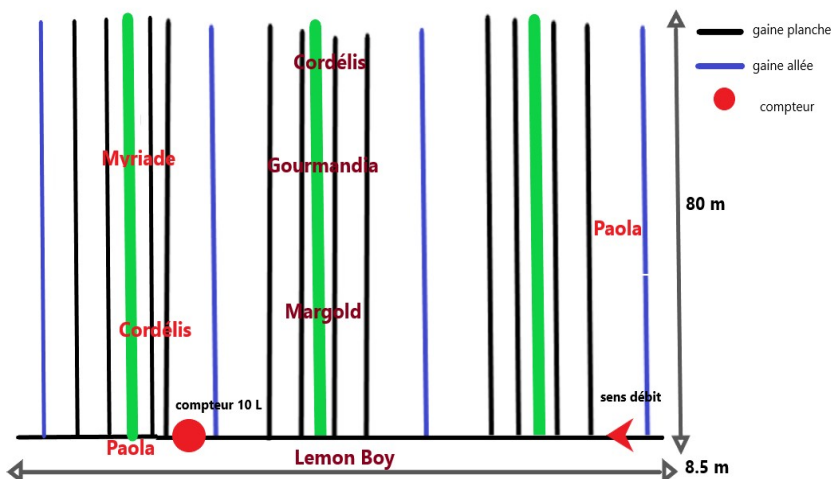


Figure 9 : schéma de l'installation de l'irrigation au GAEC de Faurejean et photo du compteur (réalisation perso)

Comment se pratique l'irrigation en goutte à goutte ?

La spécificité de l'irrigation localisée en goutte à goutte est qu'elle ne vise pas à avoir un sol uniformément irrigué, mais plutôt à créer des réserves d'eau pour les plantes, dans lesquelles elles vont puiser l'eau et les éléments minéraux nécessaires. Cette réserve, que l'on appelle le bulbe de goutte à goutte de part sa forme, sera plus ou moins complexe à réaliser suivant le type de sol et de plus ou moins bonne structure, selon sa quantité de matière organique etc. C'est le sol qui va déplacer l'eau et pas l'inverse. Un sol très drainant aura tendance à engendrer des bulbes en forme de carottes, très allongés mais très fins aussi. D'où l'intérêt de bien connaître son sol pour ajuster les pratiques d'irrigation. Le pilotage du goutte à goutte est donc bien plus technique que le pilotage en aspersion, mais s'il est bien réalisé, il peut amener à économiser de l'eau. La difficulté est de maintenir une régularité de l'humidité du sol tout au long de la saison. Le bulbe se forme lorsque le sol est encore humide, au printemps et il faut le maintenir tout au long de la saison. Le bulbe ne doit jamais s'assécher, sinon c'est beaucoup plus difficile et coûteux en eau pour le reformer.

b) Suivi azote, lien avec l'irrigation : une partie théorique sur la minéralisation de l'azote, le protocole et matériel

Concernant l'azote, chaque maraîcher avait apporté une quantité variable au départ, parfois avec un but précis en termes de rendement ou selon les habitudes. L'enjeu est de suivre le plus régulièrement possible l'évolution de l'azote dans le sol, afin de savoir si un ré-amendement est nécessaire ou pas en cours de saison.

Selon une chercheuse travaillant à l'OFAG, les besoins nets en azote pour un rendement de 12 kg/m² de tomate sont de 170 U d'N/ha et pour un rendement de 9 kg/m² d'aubergines les besoins nets sont de 200 U d'N/ha. Sur les 8 fermes suivies, 5 avaient des amendements supérieurs à 170 U/ha, jusqu'à 300 unités pour le GAEC de l'attraction Terrestre.

Fermes	Agathe ODDON	GAEC du Matet	Sabrina Chauvellie	GAEC en Vert de Terre	GAEC en Vert de Terre	GAEC de Faurejean	GAEC du Prat Gros	GAEC l'attraction terrestre	GAEC Fournier
Azote total apporté U/ha	230 (en 2x)	200	60	180U/ha sur planches et allées	175 U/ha moitié sur la planche à la plantation puis re-fertilisation moitié dans l'allée	100	240 en plein dans la serre	300	178

Figure 10 : apports azotés selon les fermes

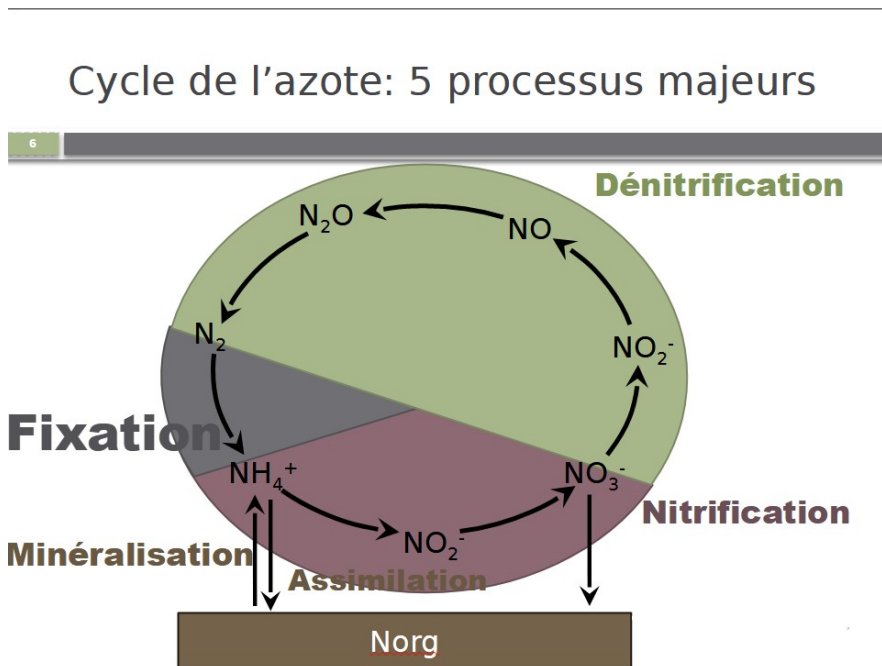


Figure 11 : cycle de l'azote dans le sol (M.Barret, cours 1A Ensaf, 2020)

Le schéma ci-dessus montre le cycle de l'azote dans le sol. La partie qui nous intéresse est l'étape de minéralisation de l'azote. Cette transformation s'opère sous l'activité des bactéries minéralisatrices, champignons, insectes qui vont décomposer la matière azotée et former des composés azotés beaucoup plus simples, pour au final former des ions ammonium (NH_4^+). L'étape suivante est la nitrification, réalisée également par un certain type de bactéries, qui vont d'abord transformer l'ammonium en dioxyde d'azote (NO_2^-) puis en nitrates NO_3^- , qui est la forme la mieux absorbable pour les plantes et aussi la plus mobile. Cette étape de nitrification dépend de plusieurs facteurs, notamment du pH, de l'humidité et de la température. Si le sol est sec, les bactéries vont être beaucoup moins actives et donc la minéralisation se fera plus lentement. À l'inverse, si le sol est saturé en eau pendant longtemps, il y a un risque de lixiviation et de lessivage des nitrates, qui sont très solubles dans l'eau. Il y a donc un lien important entre la gestion de l'irrigation et la gestion de l'azote, l'idéal étant d'optimiser ces deux paramètres de façon coordonnée afin de satisfaire les besoins des plantes tout en évitant de gaspiller les ressources.

Protocole de suivi de l'azote :

Nous avons utilisé la méthode PILazo pour les relevés des quantités de nitrates dans les pétioles des tomates et aubergines et la méthode Sérail pour les relevés dans les sols des planches de culture. Cette méthode a été développée sur des variétés hybrides en agriculture conventionnelle, par le CITFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes) (voir Annexe 6 et 7) Les prélèvements de pétioles doivent se faire avant 10h, pour limiter les variabilités dues à la circulation de la sève, qui s'active plus fortement à partir d'une certaine heure. Les pétioles étaient ensuite pressés pour en extraire le jus, au moins 1ml, qui était dilué au 20ème dans le l'eau déminéralisée. La teneur en azote était ensuite évaluée grâce au kit Nitrachek fourni par Challenge Agriculture, composé de bandelettes réactives aux nitrates et d'un appareil de mesure spectroscopique.



Figure 12 : photo du nitrachek (agroressources.com, 2022)

Les analyses dans le sol ont été réalisées dans les planches de culture et dans les allées de passage. Certains maraîchers amendent de façon décalée les planches et les allées, pour augmenter la durée de la réserve en azote. Cependant, l'irrigation au goutte à goutte gérée différemment entre planches de culture et allées. Dans la majorité des cas, les maraîchers mettent d'abord l'irrigation en marche sur les planches au début de la saison et en milieu de saison ils ajoutent l'irrigation dans les allées, lorsque la réserve en nitrate commence à s'épuiser dans les planches. L'enjeu est donc de savoir à quel moment mettre l'irrigation dans les allées pour que les plantes ne manquent pas d'azote, tout en ne gaspillant pas de nitrates par lessivage si les racines ne sont pas encore arrivées jusqu'aux allées. Sachant qu'en agriculture biologique on utilise des engrais organiques pour lesquels il faut compter au moins trois semaines de minéralisation, donc anticiper les apports. C'est dans cette logique que s'inscrit le suivi régulier des fermes.

Pour les analyses de sol, nous utilisons le protocole réalisé par challenge agriculture, le protocole Nitrasol II – cahier de savoir-faire B10 (voir Annexe 5)

c) Les bulletins de conseil sur l'irrigation

Stanislas Poudou, conseiller agricole à la chambre d'agriculture d'Ariège, réalise des bulletins hebdomadaires de conseils sur l'irrigation en grandes cultures et céréales (maïs, blé, soja, luzerne, pommes de terre) depuis 2017. Il travaille en collaboration avec Delphine Da Costa sur le conseil en maraîchage et arboriculture depuis 2018, sur la réalisation conjointe des bulletins « légumes ». Ce bulletin recense les ETP de la semaine passée relevés dans les stations météo d'Ariège et de Haute-Garonne proches des fermes étudiées et indique en fonction des cultures les quantités d'eau à apporter en mm, suivant le coefficient kc propre à chaque culture et stade de développement (Voir Annexe 4). Un zoom est également fait sur une des exploitations suivies, pour montrer un exemple de ce qui se fait et voir les résultats du suivi. Les graphiques de teneurs en nitrates ainsi que les volumes d'eau apportés étaient donc indiqués, avec une petite description de l'installation et de l'itinéraire technique.

Stanislas réalise également des bulletins dits « hydrologie », qui évaluent les réserves en eau disponibles en Ariège durant la saison, à savoir le débit des rivières, les réserves dans les lacs de stockages etc.

Le stage a permis de dégager des pistes d'améliorations pour le bulletin, afin de le rendre plus accessible et facile à comprendre pour les agriculteurs et agricultrices (voir partie III.b). Durant le stage, j'ai réalisé un petit questionnaire à destination des maraîchers adhérents à l'association, pour avoir leurs retours sur le bulletin. Nous avons pu recueillir les avis de 13 personnes, soit par le questionnaire en ligne, soit lors des relevés de terrain durant lesquels j'ai pu les interroger directement.

Ci-dessous le récapitulatif des questions avec les réponses :

1) Concernant les pratiques d'irrigation :

La plupart des maraîchers pilotent leur irrigation suivant la météo, au jugé visuel. 2 d'entre eux ont dit se servir de la gouge maraîchère. 3 ont dit utiliser les ETP du bulletin, un dit utiliser un outil excel fait par lui-même. 5 ont dit n'être pas satisfait de leurs pratiques.

2) Souhaitez-vous réduire votre consommation en eau ?

6 ne le souhaitent pas, soit parce qu'ils ont un puits, soit parce qu'ils considèrent qu'ils ne gaspillent pas d'eau. Un maraîcher aimerait bien pouvoir augmenter sa consommation, mais les restrictions lui interdisent. 6 aimerait réduire leur consommation d'eau, dont une parce qu'elle est reliée au réseau de la commune, d'autres par soucis écologique et économique.

3) Lisez-vous le bulletin irrigation légumes et l'utilisez-vous ?

10 lisent le bulletin, 6 l'utilisent. 3 ne le lisent pas et 7 ne l'utilisent pas.

Parties utilisées et idées d'améliorations

La partie la plus utilisée est celle qui recense les ETP suivant les stations.

4) Des idées d'améliorations pour le bulletin ?

Mettre les ETP des poireaux, avoir les ETP plus proches de la date de l'envoi (fait pour les 2 derniers bulletins 2022), mettre des informations suivant le niveau d'argile et de MO, avec paillage ou non.

d) Les résultats

Les résultats des relevés de nitrates ont été utilisés pour faire des courbes indicatives de la teneur en nitrates dans le sol et les plantes, en tenant compte du stade de la culture. Nous croisons ces informations avec celles obtenues via le site Challenge Agriculture, où sont reportés les graphiques des relevés en continu des tensions hydriques dans le sol, pour avoir un aperçu de leur gestion de l'irrigation. Cela permettait ensuite de prodiguer des conseils aux maraîchers, s'ils devaient arroser plus ou moins, à quelle fréquence, dans les planches ou dans les allées.

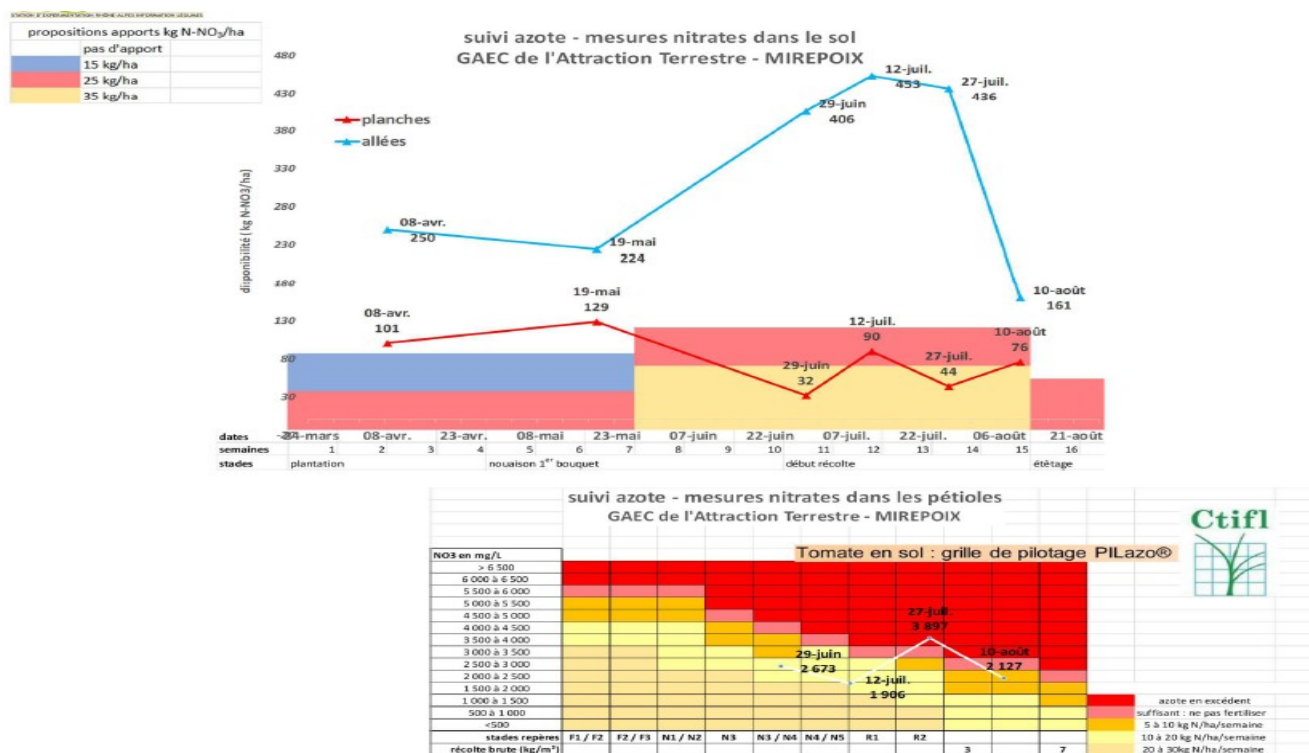


Figure 13 : graphiques des teneurs en nitrates (bulletin irrigation 2022 N°9, Stanislas Poudou)

Ci-dessus le graphique concernant l'évolution de l'azote sur les planches de tomates du GAEC de l'attraction terrestre. Le maraîcher avait apporté 300 unités d'azote au départ. On peut voir qu'au début de la saison entre avril et mai, les quantités restent stables, car les plantes ne prélèvent pas encore beaucoup d'azote. En revanche, entre mai et juin, les plants prennent de la vigueur et génèrent beaucoup de biomasse, ils absorbent donc beaucoup d'azote de ce fait. C'est pour cela qu'aux prélèvements fin juin, les quantités d'azote restant dans les planches de cultures étaient très faibles, aux alentours de 30 U/ha. En revanche, dans les allées, où il n'y avait pas encore d'irrigation, les valeurs étaient extrêmement élevées (supérieures à 400 U/ha). Cela s'explique par les apports importants de début de saison, ainsi que que résidus des cultures précédents. À savoir que le maraîcher a fait une erreur dans ses calculs, il voulait apporter seulement 200 U d'N/ha au départ. Voyant ces résultats, nous avons conseillé au maraîcher de mettre de l'irrigation dans ses allées, pour d'une part activer la minéralisation de l'azote, et inciter les racines à venir s'implanter dans les allées.

Afin de voir si les sondes avaient permis d'économiser de l'eau sur la saison, nous avons représenté sous forme de graphiques comparatifs les quantités d'eau réellement apportées et celles

recommandées dans les bulletins. Ci-dessous sont représentés les graphiques des fermes du Prat Gros et du Matet. Le GAEC du Prat Gros est parmi les fermes qui ont économisé de l'eau depuis qu'ils utilisent les sondes, comme on le voit sur les valeurs des volumes ajoutés qui sont systématiquement en dessous des recommandations. Cependant, les volumes d'irrigation dans les allées n'ont pas pu être comptabilisés sur cette exploitation, car le compteur n'était pas branché et personne n'a trouvé le temps de l'installer en cours de saison. Le graphique de droite montre les apports en eau sur la ferme GAEC du Matet, où nous avons pu suivre séparément les volumes d'arrosage dans les planches de culture et dans les allées. Comme on peut voir, les volumes apportés sont inférieurs aux recommandations, sauf pour la semaine du 19 juillet, qui suit une semaine de canicule durant laquelle les besoins étaient plus élevés. Il est difficile de bien ajuster les irrigations à la météo, et souvent il y a un décalage de quelques jours durant lesquels les maraîchers arrosent plus ou moins que nécessaire, un peu au jugé suivant la température.

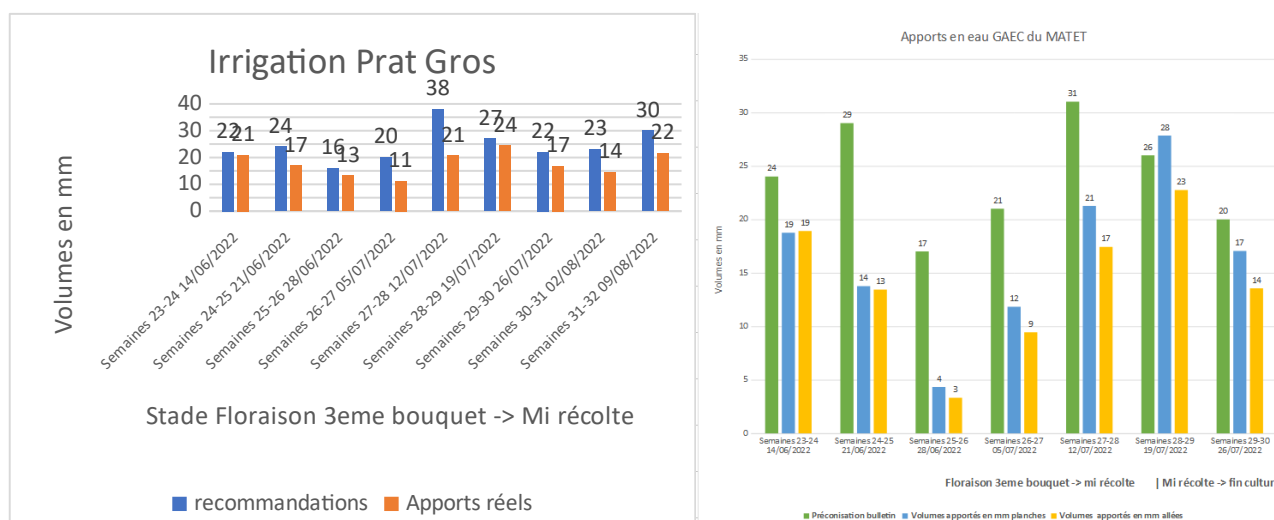


Figure 14 : graphiques comparatif apports/recommandations en eau sur les fermes du Prat gros et du Matet

Sur les 8 fermes que nous avons suivie, seules 4 apportaient significativement moins d'eau que les recommandation du bulletin chaque semaine (GAEC du Matet, ferme de Sabrina Chauvellie, GAEC du Prat Gros). Sabrina Chauvellie utilisait beaucoup le bassinage (irrigation en aspersion sous haute pression, qui a pour effet de brumiser la serre et abaisser la température. Cette pratique n'est pas utilisée dans les serres de tomates car elle peut favoriser l'apparition de maladies fongiques comme le mildiou) pour arroser ses aubergines, de même qu'Olivier Rosset d'en vert de Terre. Cependant, chez Sabrina les volumes de bassinages n'étaient pas comptabilisés par un compteur, les valeurs sont donc plus approximatives. Un bassinage apportait environ 1,5 mm. Au GAEC d'en Vert de Terre, les quantités d'eau apportées aux tomates correspondaient plus ou moins à celles préconisées dans le bulletin. Pour les aubergines, les quantités étaient inférieures voir égales à celles recommandées, mais un oubli d'arrêt de l'irrigation un soir a démultiplié les quantités apportées totales.

Trois maraîchers ont utilisé plus d'eau que les recommandations (Agathe Odon, GAEC de l'Attraction Terrestre, GAEC Fournier). Concernant le GAEC de Faurejean, un dysfonctionnement du compteur a fait que pendant la majorité de la saison les volumes d'irrigation n'ont pas été relevés.

Un des principaux problèmes auxquels nous avons été confrontés est que les installations d'irrigation et de culture sont trop variables, il n'est pas réellement possible d'isoler un paramètre et de l'étudier rigoureusement.

Il aurait fallu se focaliser sur une variété par exemple, et uniformiser le nombre de gaines de goutte à goutte par serre, pour pouvoir étudier les variations suivant le type de sol uniquement.

Cependant, d'après les observations des graphiques d'irrigation sur le site de challenge agriculture, il semblerait que les maraîchers qui avaient la meilleure stabilité étaient être ceux qui n'arrosaient pas tous les jours, mais plutôt 2 à 3 fois par semaine. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les arrosages trop fréquents augmentent progressivement l'humidité du sol, jusqu'à ce qu'un évènement climatique (pluie ou canicule) pousse les plantes à réduire leur consommation en eau, ce qui faisait brusquement chuter les tensions

Ci-dessous la courbe tensiométrique sur le GAEC du Matet, où les irrigations se faisaient tous les jours voir 2 fois par jour. On voit que les tensions montent progressivement puis s'affaissent rapidement. Nous pensons que cela est du à la canicule qui a fait stresser les plantes qui ont fermé leurs stomates pour se protéger, ce qui a réduit l'absorption en eau. À cela s'est ajouté un temps pluvieux et froid la semaine suivante, ce qui réduisait également l'évapotranspiration. Les maraîchers du Matet ont eu beaucoup de problèmes d'éclatement de leur tomate à ce moment, à cause de la sur-irrigation brutale.

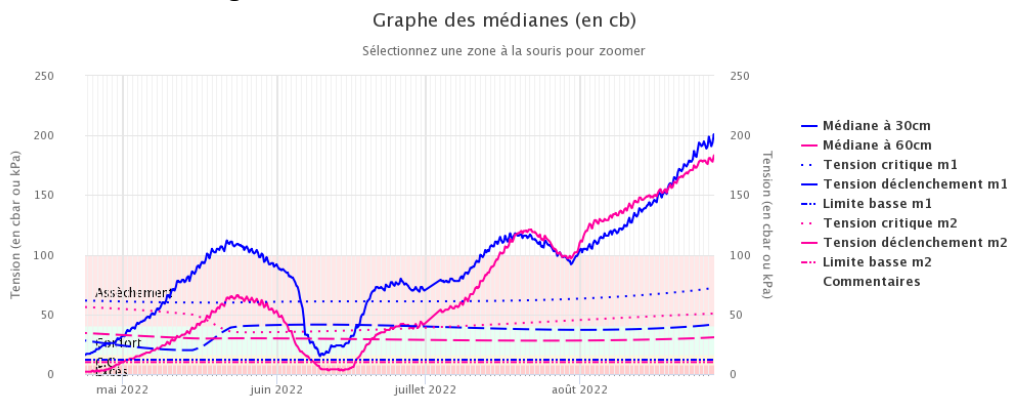


Figure 15 : graphique tensiométrique du Gaec du Matet (challenge agriculture 2022)

Ci-dessous le graphiques des tensions en eau sur le GAEC de l'Attraction terrestre. Les tensions oscillent en fonction des apports, qui se faisaient entre 1 et 3 fois par semaine, en fonction de la météo. Au final, durant la majorité de la saison, les tensions sont restées relativement stables, ce qui évite d'avoir des assèchement et permet de garder les bulbes de goutte à goutte bien humides. Il faut tout de même préciser que sur cette exploitation le sol est particulièrement léger, très limoneux, donc idéal pour le maraîchage, ce qui facilite les pratiques d'irrigation.

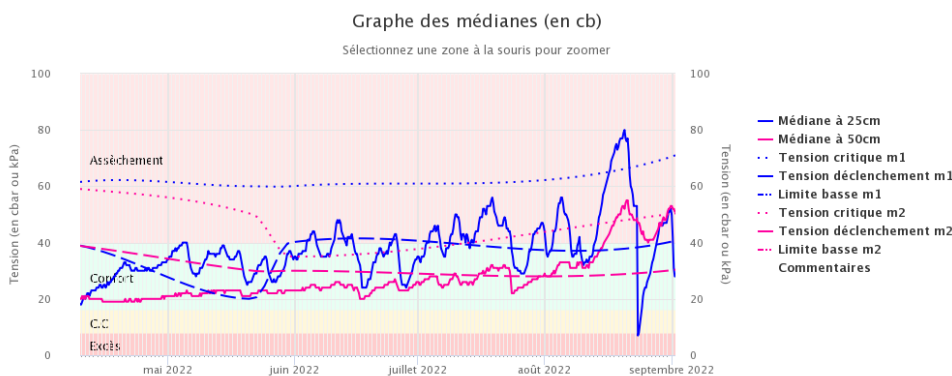


Figure 16 : Graphique tensiométrique du GAEC de l'Attraction terrestre (challenge agriculture, 2022)

e) Le conseil sur les maladies

Lors de la saison nous avons été amenés à conseiller les maraîchers sur les maladies ou carences qui apparaissaient. Le symptôme le plus répandu est celui dit du « cul noir », qui se caractérise par des nécroses apicales (photos ci-dessous).

Ces nécroses sont dues à une carence en calcium, qui provient dans la majorité des cas d'une mauvaise gestion de l'irrigation. Ce n'est pas une carence « vraie » mais plutôt une carence induite, qui se produit en général lorsque les plantes manquent d'eau. Chez un maraîcher nous avons observé le même phénomène mais avec une nécrose apicale de couleur blanchâtre.



Figure 18 : Nécrose apicale blanche (Source perso)

L'autre symptôme que nous avons observé chez de nombreux maraîchers était la décoloration en doigt de zinc (photo ci-contre)

Ceci peut indiquer une carence en magnésium, qui peut se régler par l'ajout de fer sur les planches de culture. Mais cette carence peut aussi être due à un excès de potassium, les deux éléments étant en compétition. Cette carence n'est pas trop grave en soit, elle impactait surtout les feuilles à mi-hauteur des plantes et non les fruits.



Figure 19 : décoloration en doigt de gant sur tomate (Source perso)



Figure 17 : cul noir de la tomate (ephytia, inrae, 2022)

f) Discussion sur les résultats : utilisables ? Peut-on en faire une référence locale ?

Le but du stage était d'utiliser les données des relevés de nitrates et des volumes d'eau utilisés pour aller vers un outil d'aide à la décision, utilisable par les maraîchers.

Nous avons hésité sur les paramètres à cibler en priorité : le type de sol, le type de plants, la fréquence d'arrosage. Au final, les informations collectées ne nous permettent pas d'établir un modèle valable en toutes circonstances, mais permet néanmoins de discerner quelques tendances : premièrement, les cultures où l'arrosage se faisait 2 à 3 fois par semaine semblent avoir une humidité plus stable dans le sol, que celles où l'arrosage se fait tous les jours, voire plusieurs fois par jour. En revanche, cela ne signifie pas qu'ils consomment moins d'eau (Voir Annexe 3) . Par exemple, le GAEC de l'attraction terrestre a une bonne stabilité durant la saison, mais utilise en moyenne plus d'eau que les recommandations.

Cependant, le type de sol, la présence de pente ou non, la variabilité des tailles de planche, du nombre de gaines par planche, par allée, les variétés utilisées, font qu'il devient difficile d'être certain des résultats. Le manque d'échantillons identiques permettant de comparer les résultats en isolant un paramètre d'intérêt fait qu'il ne nous semblait pas pertinent de les analyser statistiquement.

III) Les améliorations possibles

a) Le formulaire des installations d'irrigation

Le stage a permis de débroussailler certaines choses, qui permettront d'aider pour la saison prochaine à fluidifier le travail de suivi, et à s'approcher d'une expérience scientifique. La variabilité des installations est une fatalité en maraîchage, c'est pour cela qu'il faut noter tous les paramètres concernant l'installation du système d'irrigation, pour évaluer le plus précisément possible la pluviométrie potentielle apportée. Lors du stage, nous avons été amenés à chercher plusieurs fois des informations manquantes, comme le nombre de gaines de GAG par planche, les variétés plantées, les dates de début d'irrigation etc. Ce qui nous a amené à constituer un formulaire des installations (voir Annexe 2), à remplir avec l'agriculteur à chaque début de saison, pour mettre à plat toutes les informations nécessaires au suivi. Cela permettra on l'espère de gagner du temps et de la rigueur pour la saison prochaine. Un des points les plus importants de ce formulaire est de noter le plus précisément possible la configuration de l'installation de l'irrigation, à savoir le nombre de gaines de goutte à goutte par planche et par allée, et aussi le nombre de gaines que le compteur d'eau prendra en compte.

Il sera également important de préciser aux maraîchers qu'ils doivent compter leurs rendements dès le début de la saison, afin d'avoir toutes les données. Certains maraîchers n'avaient pas compté précisément leurs rendements, ce qui fait qu'au final il est difficile de savoir si les sondes ont eu un impact positif ou négatif sur le rendement.

Sur le GAEC du Prat gros, un des compteurs qui devait enregistrer les volumes d'irrigation dans les allées de passage n'avait pas été branché au début de la saison. Les maraîchers n'ont pas pu trouver le temps de le faire au moment où ils ont commencé à irriguer les allées (début juin). Il serait donc préférable d'installer tous les compteurs dès le début de la saison, et de noter combien de gaines il couvrent, afin de savoir la surface irriguée par les volumes enregistrés.

Nous avons également tâtonné pendant un moment sur le choix de la surface cultivée de référence à étudier, à savoir si nous devons prendre la surface correspondant à la serre entière, ou alors à seulement une planche ou deux, ou même si nous devons tout rapporter à l'hectare. Cela était nécessaire pour calculer les volumes d'eau apportés sur une surface, et calculer le rendement en kg/m². Au final, nous avons décidé de garder comme référence la surface correspondant à une planche de culture plus 2 demi allées de passage. Bien sûr, cette unité varie suivant les fermes, le but n'est pas de définir de manière arbitraire une surface figée qui ne correspond pas à la réalité. Il sera donc important de mesurer précisément la taille des planches, et des allées, et de noter le nombre de gaines de goutte à goutte sur ce compartiment.

b) Les améliorations concernant le bulletin irrigation

Nous nous étions rendu compte que la présentation dans le bulletin irrigation des graphiques qui montrait les volumes apportés en litres totaux n'était pas forcément compréhensible pour les maraîchers, qui n'ont pas toujours envie de refaire les calculs de débit de chaque installation présentés dans le bulletin pour avoir une comparaison avec la leur. D'où la démarche que nous avons abordé de chercher des unités plus parlantes pour les maraîchers.

Nous avons d'abord essayé de présenter les volumes en L par plant. Pour cela il fallait compiler toutes les données obtenues dans un tableau excel via le site challenge, qui donnait les volumes bruts, pour les rapporter au L/plant en fonction de la densité de plantation, du nombre de gaines par planche et par allées.

Nous nous sommes ensuite rendus compte que le plus simple était sans doute de présenter les unités d'irrigation en mm, car c'est l'unité de référence lorsque l'on parle des précipitations et des irrigations en aspersion. Bien qu'en goutte à goutte, toute la surface du sol ne reçoive pas une quantité égale d'eau, l'irrigation étant localisée, cette unité permet d'avoir une comparaison plus immédiate pour les maraîchers. Et elle n'est pas fautive non plus, il faut juste voir cette unité comme une moyenne d'eau apportée sur une surface donnée, en l'occurrence 1m².

Une partie de mon stage a donc consisté à compiler les volumes d'eau utilisés en une semaine chez chaque ferme, pour les mettre en comparaison avec les recommandations hebdomadaires du bulletin, ce qui permettait de voir si l'aide du pilotage via les sondes induisait une baisse de la consommation en eau ou pas.

Concernant les améliorations graphiques du bulletin soulevées lors du stage, nous avons proposé d'aligner les graphiques évolutifs des teneurs en nitrates dans le sol et les pétioles avec les graphiques indiquant les volumes d'eau utilisés.

Plusieurs maraîchers nous ont fait la demande de mettre les recommandations pour la semaine à venir, pour leur permettre de prévoir leur irrigation, et pas uniquement de se référer à leurs pratiques de la semaine passée.

Lors de la réunion de débriefing à la fin du stage, il a été décidé de privilégier la qualité à la quantité, pour la saison suivante. Cela implique de ne pas faire trop de prélèvements ni de bulletins, pour avoir le temps de bien préparer chaque bulletin et de traiter les données.

Nous avons été confrontés à la charge de travail importante concernant les relevés des teneurs en nitrates et la réalisation des bulletins d'irrigation. Ce qui fait que nous étions parfois pris par le temps et que les conseils indiqués dans le bulletin n'arrivaient pas forcément à temps.

Il a également été discuté de se focaliser sur une seule « région » à la fois, soit sur la vallée de l'Ariège, soit dans le Couserans.

c) Les améliorations du site Challenge

Une amélioration qui avait été soulevée en 2021 concerne le site Challenge Agriculture, et en particulier les zones d'arrière plan des graphiques tensiométriques. Les limites des points de flétrissement et capacité au champ sont fixés pour un sol sableux, or cela peut porter à confusion dans les bulletins pour les maraîchers qui ont des sols limoneux voire argileux, car ils vont croire que leur sol s'assèche alors qu'il reste beaucoup de marge avant de sortir de la zone de confort. Cela peut conduire à des excès d'eau. Stanislas Poudou et Delphine Da Costa aimeraient pouvoir ajuster les limites sur les graphiques en fonction des types de sol.

Le site challenge agriculture comprend une calculatrice intégrée, que nous avons utilisée. Cependant cet outil n'est pas évident à paramétrer, bien que relativement simple d'utilisation. Il serait utile que Hervé Henry fasse une petite notice explicative de la calculatrice. J'avais déjà compilé quelques remarques dans un document à ce sujet lors du stage (voir Annexe 8)

Les informations des saisons précédentes n'avaient pas toutes été sauvegardées, ce qui nous a posé un souci pour comparer avec cette année. Il ne faudra donc pas oublier de sauvegarder toutes les données de cette saison, si possible en les archivant sur le site.

Un dernier élément technique qui a posé un souci à une maraîchère est la suppression automatique des messages dans la boîte de dialogue, lorsque leur nombre devient trop important. Ces messages sont très utiles pour assurer le suivi et compiler les informations, et pour conseiller directement les maraîchers. Il serait donc utile d'augmenter la capacité de messages que peut gérer cette boîte de dialogue, si possible.

d) Le tableau récapitulatif des fermes

Afin de garder une trace pour l'an prochain, j'ai compilé toutes les informations sur les installations dans un tableau excel (Voir Annexe 1). Ce tableau est une synthèse de la saison et recense les principaux paramètres que nous avons essayé de comparer : le type de sol, les variétés, les installations.

Il manque une synthèse finale des comparaisons entre apports réels d'eau et apports recommandés, et un lien entre l'azote et irrigation les 2 allant de pair. Il manque également le bilan de comparaison entre les rendements obtenus en fonction des apports. Cela passerait par un tableau comparant les volumes d'eau par kg de fruits commercialisables sur toute la saison et un autre comparant les unités d'azote apportées par kg de fruits commercialisables, pour estimer le rendement et l'efficacité de la conduite technique. Comme les saisons de récoltes durent parfois jusqu'en octobre, il n'était pas possible de tirer le bilan de la saison dès la fin du stage (19 août), c'est pourquoi les cases du bas du tableau ne sont pour l'instant pas remplies.

Conclusion

Le but du travail que mènent conjointement les différents acteurs sur le suivi estival des l'irrigation et de l'azote est de simplifier le travail des maraîchers en dégagant des références de pratiques à partir des sondes. In fine, l'idéal serait d'avoir un outil d'aide à la décision adapté à l'Ariège et Couserans. Nous n'avons malheureusement pas pu conclure sur quelles pratiques étaient les plus adaptées, mais nous avons au moins posé une base de travail pour avoir un suivi plus rigoureux lors des prochaines saisons.

Le débat reste ouvert concernant le nombre de gaines optimales et la fréquences d'arrosage pour les tomates et aubergines. Une façon de faire une comparaison pourrait être de tester plusieurs options sous une même serre : sur deux planches d'une même variété sous une même serre, tester une planche avec 3 gaines par exemple (1 sur la planche, 1 dans chaque allée de par et d'autre) , et une autre planche avec 5 gaines (3 sur la planche, 1 dans chaque allée), et comparer les résultats.

Il pourrait également être intéressant de comparer les résultats suivant les fréquences d'arrosage. Il n'est pas envisageable de demander à un maraîchers d'irriguer différemment chaque planche de tomate, en revanche suivant les exploitations il serait possible de répartir les expérimentations en 2 groupes, un groupe qui arroserait tous les jours avec de petits volumes, et un autre qui arroserait 2 à 3 fois par semaine maximum. Suivant les types de sol, il pourrait être intéressant d'avoir un type de sol dans chaque groupe, à savoir les sols plutôt sableux, les sols limoneux, et les sols limono-argileux.

Bibliographie

- challenge agriculture, pilotage de l'irrigation au goutte à goutte par l'échographie du bulbe, <https://www.challenge-agriculture.fr/tensiometrie/nouveautes/echographie-du-bulbe-goutte-a-goutte/>
- https://www.challenge-agriculture.fr/user/fr/station_info/graph/918
- Stanislas Poudou, bulletins de conseil irrigation, chambre d'agriculture ariège, 2022, <https://ariege.chambre-agriculture.fr/productions-techniques/cultures/gestion-de-leau/les-bulletins-de-conseil-irrigation/>
- Bio Ariège Garonne, *qui sommes nous* , <https://www.bioariege.fr/article/qui-sommes-nous>
- érables31, *journée technique irrigation et maraîchage*, janvier 2021 et janvier 2022, <https://www.erables31.org/forum/viewforum.php?f=87&sid=1df6ec9372ac6734cfa2f3b393b9e84f>
- Ephytia, nécrose apicale sur tomate, 2022, <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5353/Tomate-Necrose-apicale-sur-fruits>
- Chiffres clés de la bio d'occitanie 2020, Observatoire régional de l'agriculture bio, Interbio Occitanie, <https://www.erables31.org/article/qui-sommes-nous/3>
- Delphine Da Costa, Présentation pwpt pour l'animation des journées de restitution 2022, 2021 et 2020
- ERABLES BIO et CIVAM 31, Fiche technique *concevoir un réseau d'irrigation adapté à des cultures maraîchères diversifiées* , décembre 2015
- Sud&Bio Languedoc Roussillon, 2016, Fiche technique *Maîtriser son irrigation en maraîchage biologique*
- B.Pourrut, cours 1A Nutrition Minérale des plantes, ENSAT
- M.Barret, cours 1A cycle de l'azote
- <https://www.geoportail.gouv.fr/>

Annexes

- 1 : tableau récapitulatif des installations
- 2 : formulaire guide d'installation des système d'irrigation pour le suivi tensiométrique et fertilisation azotée
- 3 : comparatif des apports en eau et recommandations selon les fermes
- 4 : bulletin de conseil irrigation N°10
- 5 : protocole Nitrasol II Cahier de savoir faire B10 Challenge Agriculture
- 6 : grille pilotage PILazo Tomate en sol
- 7 : grille pilotage Serail Tomate
- 8 : quelques remarques sur la calculatrice intégrée à Challenge

Guide installations de l'irrigation pour le suivi tensiométrique et fertilisation azoté :

● Parcelle

Nom de la parcelle :

Type de sol

Granulométrie :

Taux de MO :

Travail du sol :

● Culture

Espèce :

Variétés :

Greffées ou non :

Pour les tomates, combien de têtes :

Date de plantation :

● Installation culture

Type d'abris (serre, tunnel, chapelle) :

Taille abris L x l :

Nombre de planche de culture sous l'abris :

Taille des planches L x l :

Nombre de rang par planche :

Espacement entre les plantes sur le rang en cm :

Nombre d'allées de séparation sous l'abri :

Taille des allées L x l :

● Installation Irrigation

Aspersion ou goutte à goutte :

Type de gaine de GAG :

Débit goutteur :

Espacement goutteur :

Nombre de gaine par planche :

Nombre de gaine par allée :

Pression initiale pompe :

Compteur 1L ou 10 L :

- **Gestion de l'irrigation**

Automatique ou manuel ?

Programmateurs ?

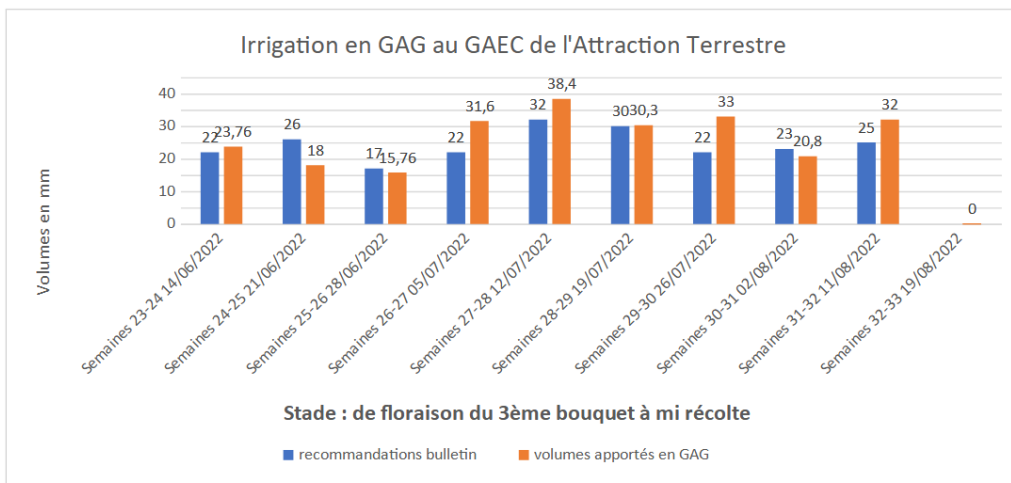
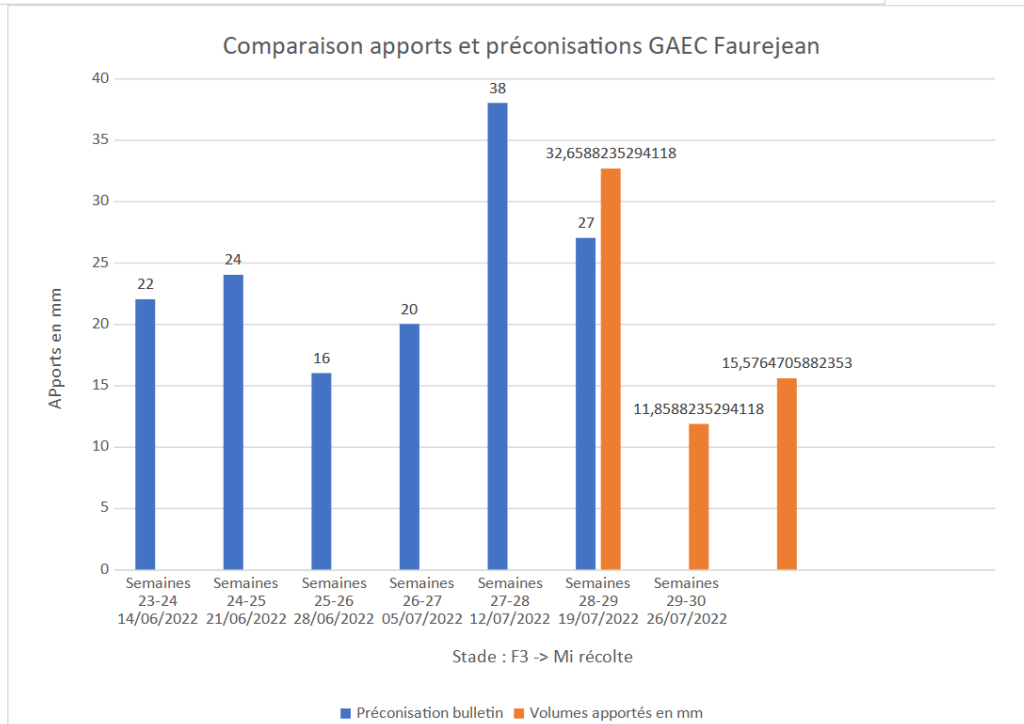
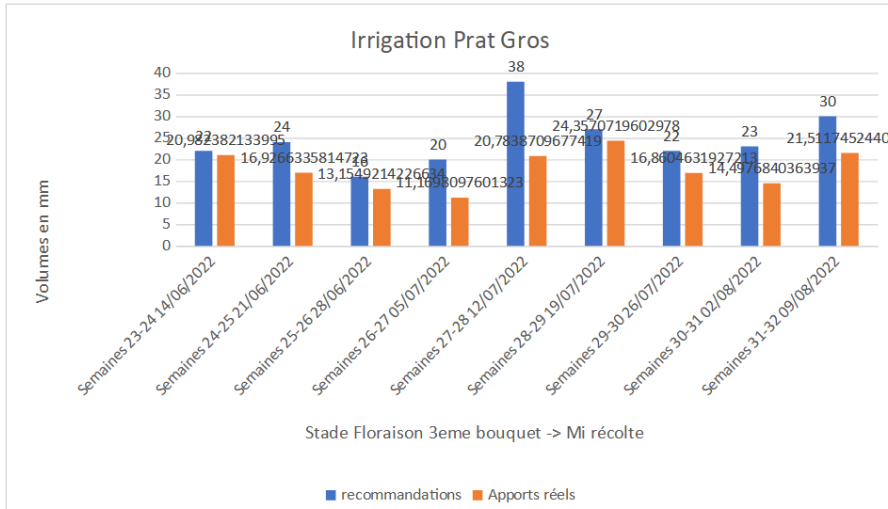
Fréquence habituelle :

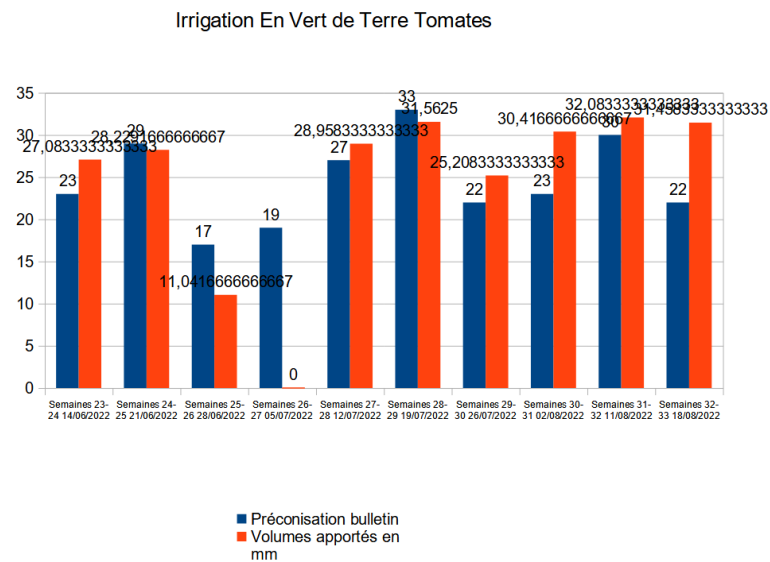
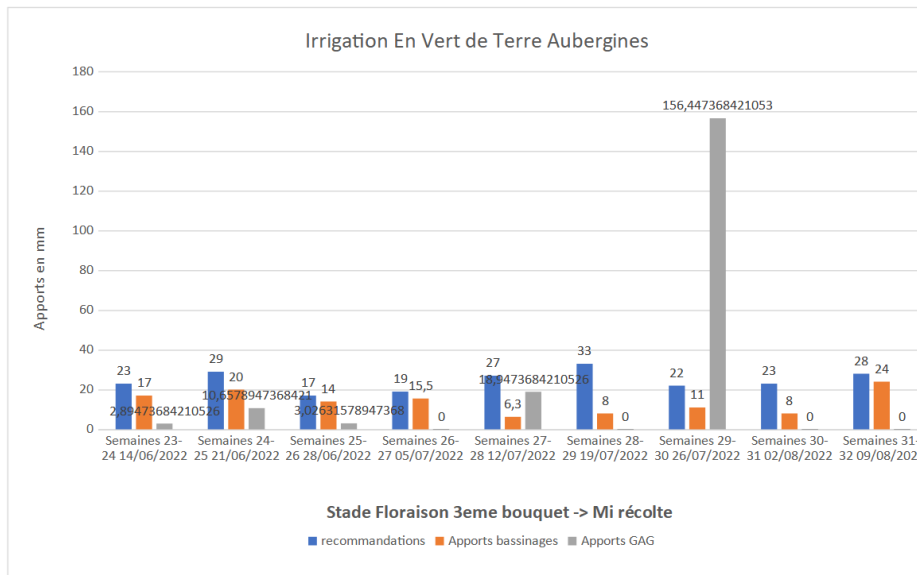
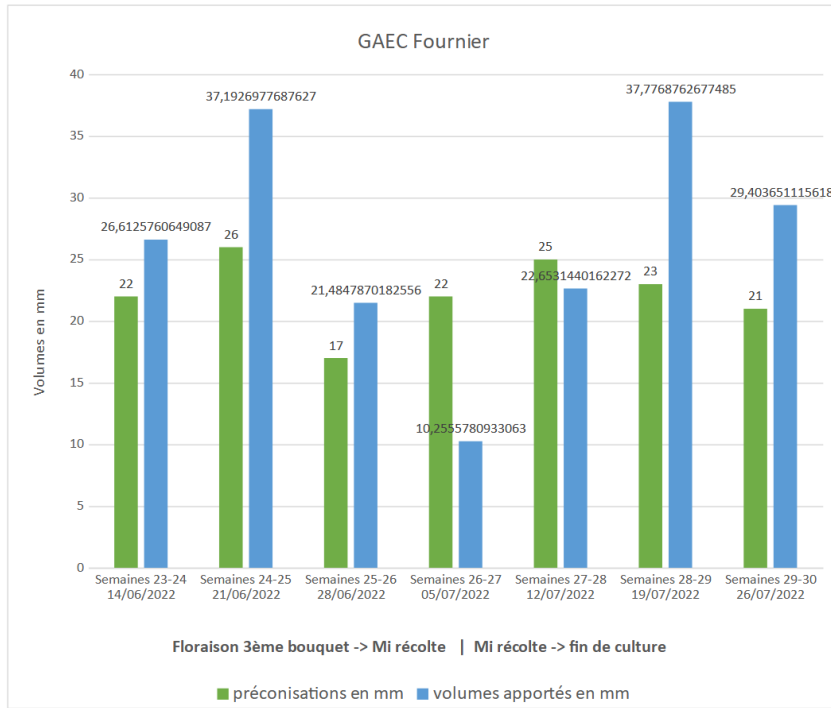
- **Apports azotés**

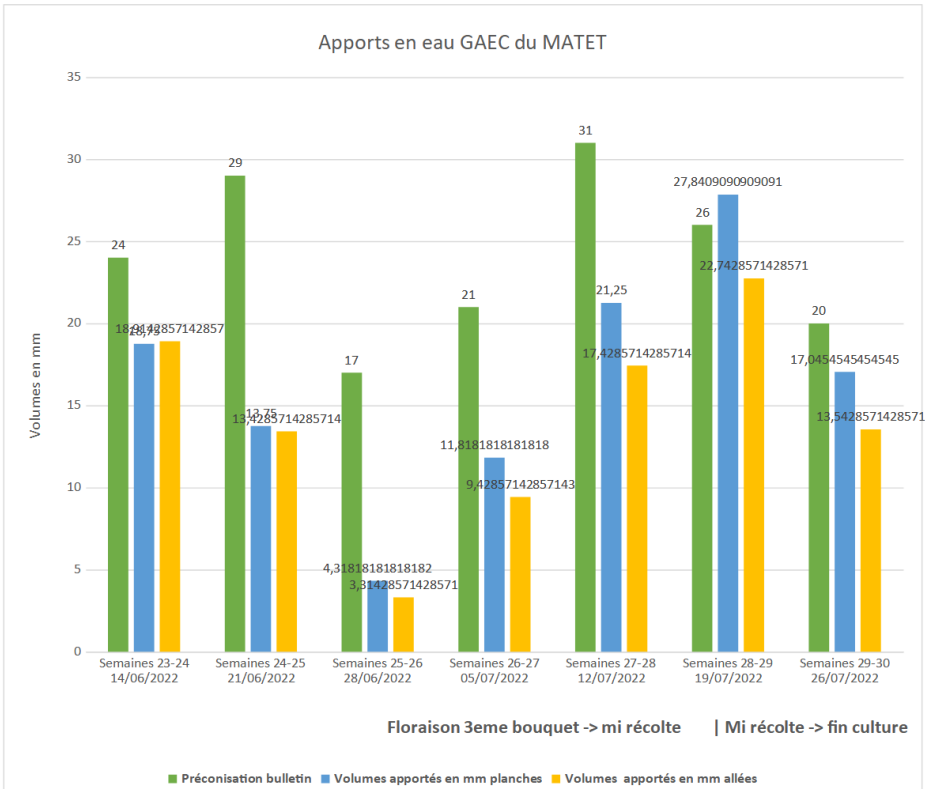
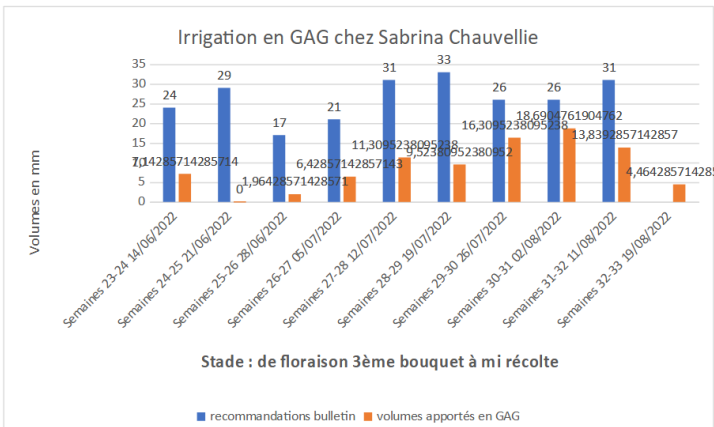
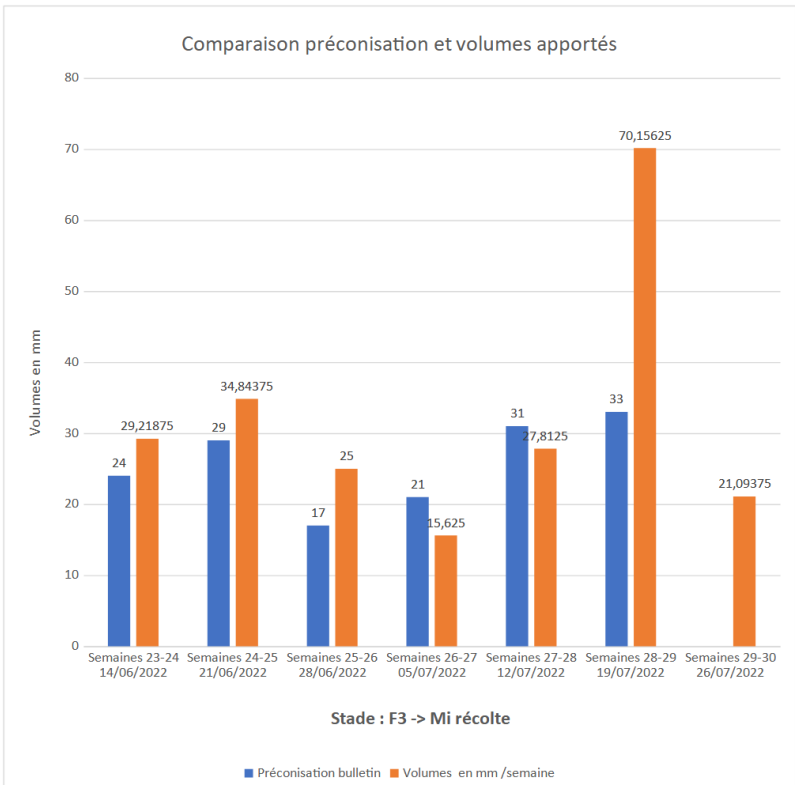
Type d'apport :

Quantité d'N total en U/ha :

Comparatif des apports en eau et des recommandations selon les fermes









**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
ARIÈGE



Vallée de l'Ariège

Bulletin de conseil Irrigation

N°10
Vendredi 19 août

Légumes

2022

Stanislas Poudou
Conseiller agronomie & irrigation
stanislas.poudou@ariego.chambagri.fr

Delphine Da Costa
Chargée de mission Maraîchage
delphine.da-costa@bio-occitanie.org



Bio Ariège-Garonne
Fusion du CIVAM Bio 09 et d'ERABLES 31



Ariège
PYRENEES
le Département 09



Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR, le MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION



PROJET COFINANCÉ PAR LE FONDS EUROPÉEN AGRICOLE POUR LE DÉVELOPPEMENT RURAL. L'EUROPE INVESTIT DANS LES ZONES RURALES.

Bulletin réalisé en partenariat avec le Conseil Départemental de l'Ariège, l'Organisme Unique de Gestion Collective "Vallée de l'Ariège", l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le CasDar

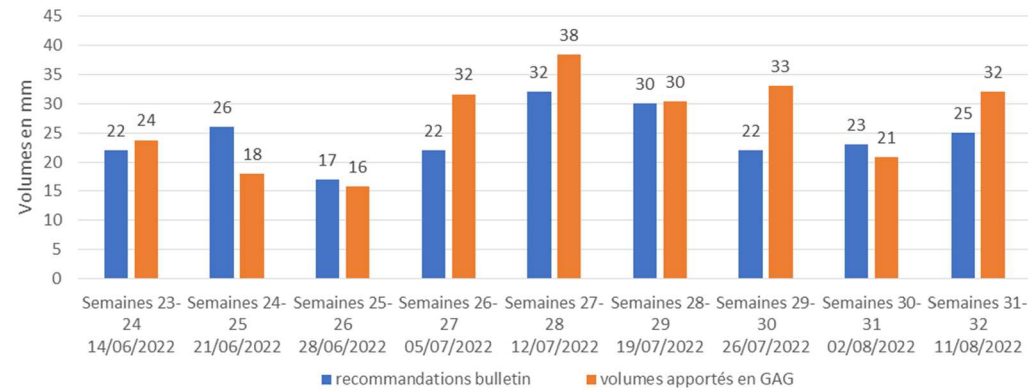
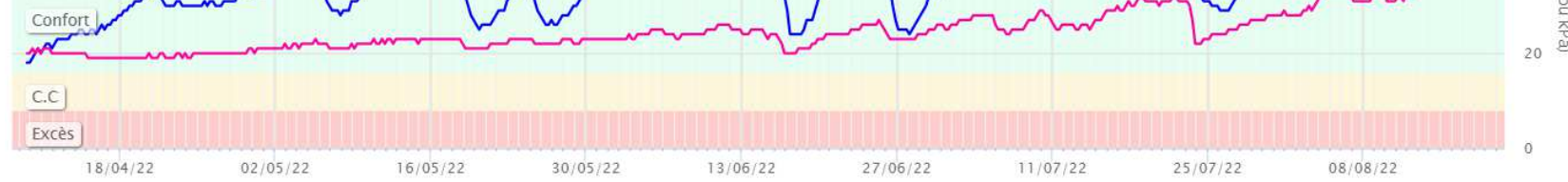
Pluie, ETP et consommation des cultures - secteur Est

Semaines n°32-33 du 12 août au 18 août 2022	Basse Vallée de l'Ariège				Pays de Mirepoix	
	PAMIERIS	MONTAUT	SAVERDUN	ST QUIRC	MIREPOIX	LERAN
Pluie hebdo	13 mm	15 mm	24 mm	13 mm	6 mm	6 mm
ETP hebdo	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
CONSOMMATION DES CULTURES DE PLEIN CHAMP						
AUBERGINE						
plantation ⇒ début floraison	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
début flo ⇒ croissance 3 ^{ème} étage	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
croissance 3 ^{ème} étage ⇒ mi-récolte	23 mm	33 mm	25 mm	24 mm	23 mm	29 mm
mi-récolte ⇒ fin culture	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
CAROTTE						
Semis ⇒ 30 j après semis	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
30 j après semis ⇒ récolte	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
COURGETTE						
Plantation ⇒ floraison	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
Floraison ⇒ mi-récolte	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
Mi-récolte ⇒ fin récolte	18 mm	26 mm	20 mm	18 mm	18 mm	23 mm
HARICOT						
30 j après levée ⇒ floraison	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
Floraison ⇒ formation gousseage	20 mm	30 mm	22 mm	21 mm	21 mm	26 mm
Formation gousseage ⇒ récolte	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
MELON						
Plantation ⇒ début floraison	10 mm	15 mm	11 mm	11 mm	10 mm	13 mm
Début floraison ⇒ nouaison	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
Nouaison ⇒ grossissement fruit	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
Grossissement fruit ⇒ en cours de récolte	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
OIGNON						
Levée ⇒ 30 j après levée	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
30 j après levée ⇒ 60 j après levée	20 mm	30 mm	22 mm	21 mm	21 mm	26 mm
60 j après levée ⇒ début maturité	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
Début maturité ⇒ 20 j avant récolte	28 mm	41 mm	31 mm	29 mm	28 mm	36 mm
20 j avant récolte ⇒ récolte	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
POIVRON						
Plantation ⇒ début floraison	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
Début floraison ⇒ croissance 3 ^{ème} étage	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
Croissance 3 ^{ème} étage ⇒ mi-récolte	18 mm	26 mm	20 mm	18 mm	18 mm	23 mm
Mi-récolte ⇒ fin récolte	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
POMME DE TERRE						
Levée ⇒ croissance (20 j après)	13 mm	19 mm	14 mm	13 mm	13 mm	16 mm
Croissance (20 j après) ⇒ fin tubérisation	28 mm	41 mm	31 mm	29 mm	28 mm	36 mm
Fin tubérisation ⇒ 20 j avant récolte	20 mm	30 mm	22 mm	21 mm	21 mm	26 mm
SALADE						
Plantation ⇒ début croissance active	10 mm	15 mm	11 mm	11 mm	10 mm	13 mm
Début croissance active ⇒ récolte	18 mm	26 mm	20 mm	18 mm	18 mm	23 mm
TOMATE						
Plantation ⇒ reprise	5 mm	7 mm	6 mm	5 mm	5 mm	6 mm
Reprise ⇒ floraison 3 ^{ème} bouquet	15 mm	22 mm	17 mm	16 mm	15 mm	19 mm
Floraison 3 ^{ème} bouquet ⇒ mi-récolte	23 mm	33 mm	25 mm	24 mm	23 mm	29 mm
Mi-récolte ⇒ fin culture	18 mm	26 mm	20 mm	18 mm	18 mm	23 mm

Semaines n°32-33 du 12 août au 18 août 2022	Basse Vallée de l'Ariège				Pays de Mirepoix	
	PAMIERIS	MONTAUT	SAVERDUN	ST QUIRC	MIREPOIX	LERAN
Pluie hebdo	13 mm	15 mm	24 mm	13 mm	6 mm	6 mm
ETP hebdo	25 mm	37 mm	28 mm	26 mm	26 mm	32 mm
CONSOMMATION DES CULTURES SOUS ABRI (80% ETP)						
AUBERGINE						
plantation ⇒ début floraison	10 mm	15 mm	11 mm	11 mm	10 mm	13 mm
début flo ⇒ croissance 3 ^{ème} étage	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
croissance 3 ^{ème} étage ⇒ mi-récolte	18 mm	27 mm	20 mm	19 mm	19 mm	23 mm
mi-récolte ⇒ fin culture	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
COURGETTE						
Plantation ⇒ floraison	10 mm	15 mm	11 mm	11 mm	10 mm	13 mm
Floraison ⇒ mi-récolte	20 mm	30 mm	22 mm	21 mm	21 mm	26 mm
Mi-récolte ⇒ fin récolte	14 mm	21 mm	16 mm	15 mm	14 mm	18 mm
HARICOT						
30 j après levée ⇒ floraison	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
Floraison ⇒ formation gousseage	16 mm	24 mm	18 mm	17 mm	16 mm	21 mm
Formation gousseage ⇒ récolte	20 mm	30 mm	22 mm	21 mm	21 mm	26 mm
POIVRON						
Plantation ⇒ début floraison	10 mm	15 mm	11 mm	11 mm	10 mm	13 mm
Début floraison ⇒ croissance 3 ^{ème} étage	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
Croissance 3 ^{ème} étage ⇒ mi-récolte	14 mm	21 mm	16 mm	15 mm	14 mm	18 mm
Mi-récolte ⇒ fin récolte	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
SALADE						
Plantation ⇒ début croissance active	8 mm	12 mm	9 mm	8 mm	8 mm	10 mm
Début croissance active ⇒ récolte	14 mm	21 mm	16 mm	15 mm	14 mm	18 mm
TOMATE						
Plantation ⇒ reprise	4 mm	6 mm	4 mm	4 mm	4 mm	5 mm
Reprise ⇒ floraison 3 ^{ème} bouquet	12 mm	18 mm	13 mm	13 mm	12 mm	16 mm
Floraison 3 ^{ème} bouquet ⇒ mi-récolte	18 mm	27 mm	20 mm	19 mm	19 mm	23 mm
Mi-récolte ⇒ fin culture	14 mm	21 mm	16 mm	15 mm	14 mm	18 mm

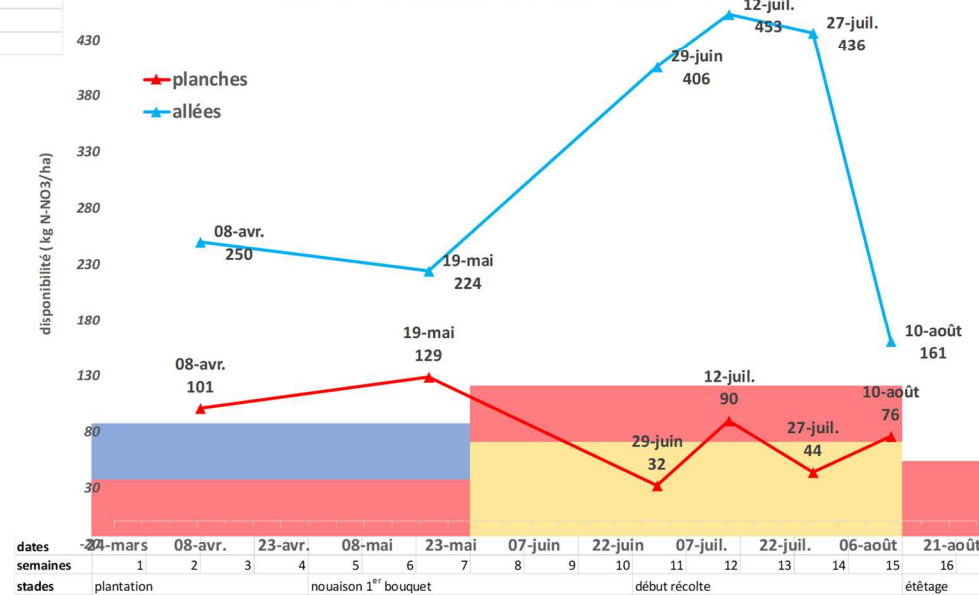
Sol limoneux :
limite RFU / assèchement = 75 cbar

— Médiante à 25cm
— Médiante à 50cm

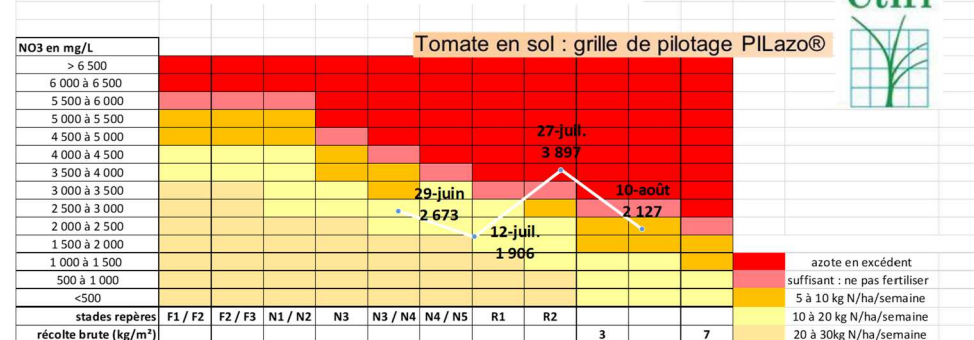


propositions apports kg N-NO ₃ /ha	
pas d'apport	
15 kg/ha	
25 kg/ha	
35 kg/ha	

suivi azote - mesures nitrates dans le sol
GAEC de l'Attraction Terrestre - MIREPOIX



suivi azote - mesures nitrates dans les pétiotes
GAEC de l'Attraction Terrestre - MIREPOIX



Réseau de parcelles de référence irrigation légumes 2022

Suivis tensiométriques et suivis nitrates

GAEC de l'Attraction Terrestre - Mirepoix

Tomates greffées hybrides - mono-rang 2 têtes

Serre : 39m x 9.30m

Plantation : 10 mars - 2 planches

Type de sol : limon sablo-argileux

Irrigation : 4 gaines / planche
goutteurs 33 cm, Q=2L/h

⇒ **pluviométrie installation** : 11 mm/h

Apports : 1 à 3 apports par semaine, entre 1h et 2h

Irrigation correctement gérée, depuis le départ les courbes aussi bien en surface et qu'en profondeur oscillent entre 15 et 75 cb.

Déplacement d'une gaine des planches vers l'allée début juillet (voir ci-dessous).

Fertilisation : 300 uN/ha (engrais organiques 10-6-0) + Patenkali
pas d'amendement organiques (compost ou fumier)

Sur les planches : tout au long de la culture la majorité des valeurs sont satisfaisantes.

Dans l'allée : de début avril à mi-juillet, les valeurs sont de plus en plus élevées, de 250 à 450 U/ha. Pour en faire bénéficier les plantes, Samuel a positionné une ligne de goutteurs le 1er juillet. Depuis fin juillet les valeurs baissent, ce qui laisse supposer que les racines en prélèvent.

Dans les pétiotes : les deux premières valeurs (fin juin et mi-juillet) indiquaient un besoin d'apport d'une quinzaine d'unités par hectare. Au vu des quantités présentes dans le sol, aucun apport ne sera fait. Depuis fin juillet les valeurs sont satisfaisantes, peut-être dues au complément de prélèvement réalisé dans l'allée.

Le rendement des tomates à ce jour est de 5,5 Kg/m².



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
ARIÈGE



Comment calculer ses apports d'irrigation?

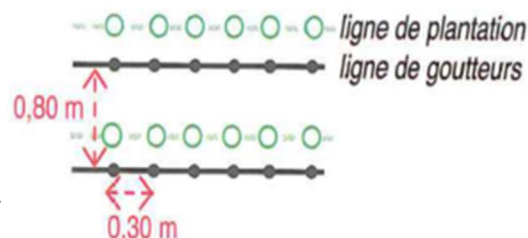
Il faut d'abord calculer la pluviométrie de son installation, c'est-à-dire la quantité d'eau (en mm) apportée par heure, et ainsi déterminer la durée d'irrigation nécessaire.

Exemple en goutte-à-goutte :

$$\text{pluviométrie horaire (mm/h)} = \frac{\text{débit des goutteurs (L/h)}}{\text{maillage (m}^2\text{)}}$$

$$\text{durée d'irrigation (h)} = \frac{\text{dose à apporter (mm)}}{\text{pluviométrie (mm/h)}}$$

- 1 ligne de goutteurs, débit de 1L/h, espacement de 0.30 m entre goutteurs
- écartement entre 2 lignes de 0.80 m
- ⇒ pluviométrie = $1 / (0.3 \times 0.8) = 4.2 \text{ mm/h}$
- pour une consommation de 35 mm en 7 jours
- ⇒ durée d'irrigation = $35 / 4.2 = 8\text{h environ}$ (à fractionner sur plusieurs jours)



Exemple en aspersion sous abri :

$$\text{pluviométrie horaire (mm/h)} = \frac{\text{nombre de rampes} \times \text{débit des asperseurs (L/h)}}{\text{espacement entre asperseur} \times \text{largeur serre (m}^2\text{)}}$$

$$\text{durée d'irrigation (h)} = \frac{\text{dose à apporter (mm)}}{\text{pluviométrie (mm/h)}}$$

- 1 serre de 8 m de large, 2 lignes d'asperseurs, espacement de 3 m entre asperseurs
- débit des asperseurs = 120 L/h
- ⇒ pluviométrie = $(2 \times 120) / (8 \times 3) = 10 \text{ mm/h}$
- pour une consommation de 45 mm en 7 jours
- ⇒ durée d'irrigation = $45 / 10 = 4\text{h}30$ (à fractionner en plusieurs apports)

Exemple en aspersion en plein champ :

$$\text{pluviométrie horaire (mm/h)} = \frac{\text{débit des asperseurs (L/h)}}{\text{maillage (m}^2\text{)}}$$

$$\text{durée d'irrigation (h)} = \frac{\text{dose à apporter (mm)}}{\text{pluviométrie (mm/h)}}$$

- 2 lignes d'asperseurs espacées de 18 m, espacement de 18 m entre asperseurs,
- débit des asperseurs = $2 \text{ m}^3/\text{h}$ à 3.5 bar
- ⇒ pluviométrie = $2000 / (18 \times 18) = 6.2 \text{ mm/h}$
- pour une consommation de 40 mm en 7 jours
- ⇒ durée d'irrigation = $40 / 6.2 = 6\text{h}30$ (à fractionner en plusieurs apports)



CHALLENGE AGRICULTURE®

L'eau et les minéraux maîtrisés

NITRASOL® II - Cahier de savoir-faire B 10

Réalisé par CHALLENGE AGRICULTURE en juin 1999

- 1 Prélèvement de la terre.
- 2 Préparation du matériel et des échantillons.
- 3 Rapport d'extraction 1 sur 1.
- 4 Extraction pour tous sols.
- 5 Filtration.
- 6 Mesure des nitrates au NITRACHEK 404.
- 7 Méthode de terrain
- 8 Méthode grossière.
- 9 Méthode scientifique.
- 10 Discussion.

Céréales : permet de déterminer le reliquat azoté, en sortie d'hiver notamment.
Permet de faire le point de l'azote disponible à tout moment.

Maraîchage : permet un suivi régulier de l'azote disponible. On apporte la différence entre les besoins (ou estimation de prélèvement par semaine ou quinzaine) et le stock disponible constaté dans le sol avec NITRASOL II.

Arboriculture : permet un suivi régulier de la minéralisation, et un ajustement de la fertilisation azotée .

L'ARC-EN-CIEL
26, Rue d'Anéou
64260 ARUDY
Tél 05.59.05.69.21
Fax 05.59.05.63.48

NITRASOL II

1 : UTILISER UNE TARIÈRE ADAPTÉE (voir CHALLENGE AGRICULTURE).



Tarière Edelman grande culture



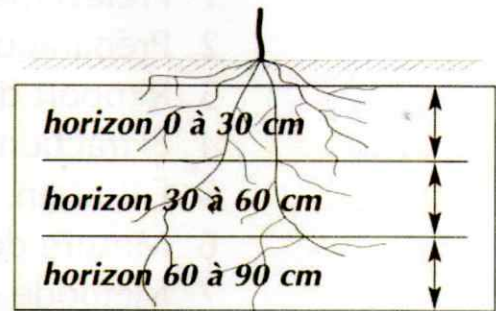
Mini gouge sols maraichers

Attention : les échantillons de terre n'attendent pas et voyagent mal, sauf congelés. Donc : pas d'attente. La méthode NITRASOL II est peu coûteuse. L'azote évolue beaucoup au cours de la saison ; il faut donc prendre l'habitude de le mesurer plusieurs fois par saison. On peut éventuellement tester plusieurs prélèvements séparément pour une même parcelle, pour juger de l'hétérogénéité.

2 : 12 PRÉLÈVEMENTS PAR HORIZONS

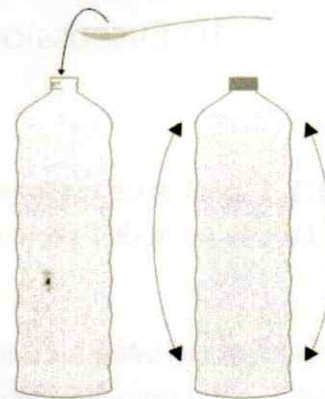
Prélèvement à la mini-gouge (maraîchage) : 12 prélèvements représentent 300 à 500 g de terre. On garde tout l'échantillon.

Prélèvement à la tarière (grandes cultures) : pour éviter les incertitudes liées au sous-échantillonnage, on coupe chaque carotte qui sort de terre en deux dans le sens de la hauteur et on garde tout : environ 1 kg de terre.



3 : PRÉPARATION DU MATÉRIEL ET DES ÉCHANTILLONS:

L'eau d'extraction = eau sans nitrate + Kcl ultrapur (qui facilite l'extraction). Pour cela, verser une cuillère à café de Kcl dans une bouteille de 1,5 l d'eau Volvic : soit 3g/l de Kcl ultrapur dans de l'eau. Contrôler préalablement avec Nitrachek 404 l'eau utilisée. Si l'eau ne contient pas ou très peu de nitrates : la lecture sera nulle = LO.



Achetez des packs d'eau de Volvic en prévoyant 1 bouteille par horizon.

4 : RAPPORT D'EXTRACTION 1 SUR 1 :

Sans cailloux :

Seau vide sur la balance :

Tarer en appuyant sur ON : lecture = 0

Mettre la terre dans le seau : 1157 g (par exemple)

Tarer de nouveau en appuyant sur ON : lecture = 0

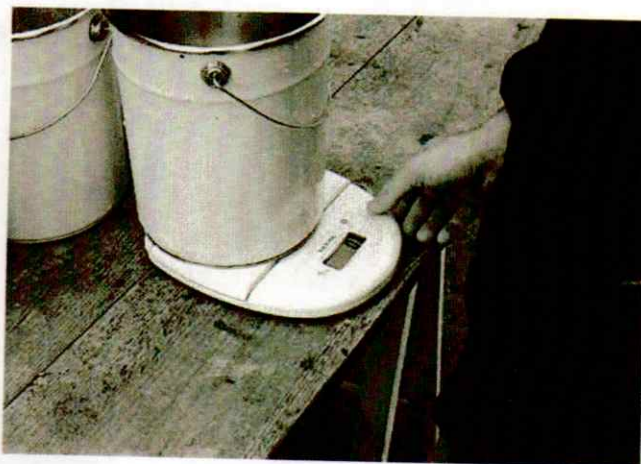
Ajouter l'eau : 1157 g (dans cet exemple)

Rapport d'extraction = 1/1



avec cailloux :

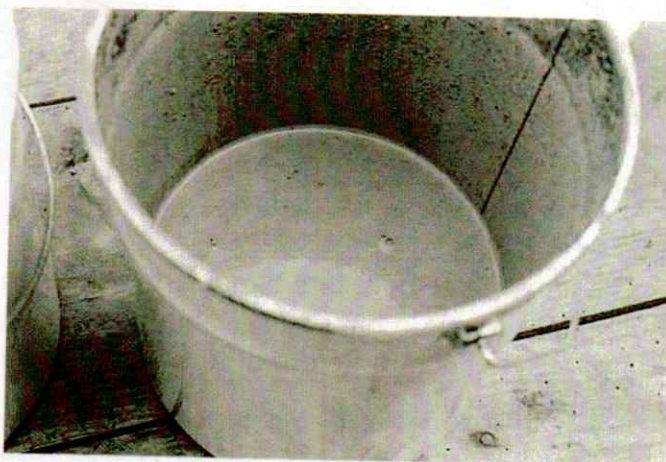
- Seau vide sur la balance :
- Tarer en appuyant sur ON : lecture = 0
- Estimer les cailloux : 20 % environ (exemple)
- Mettre la terre dans le seau : 1000 g (exemple)
- Tarer de nouveau en appuyant sur ON : lecture = 0
- Ajouter de l'eau : 700 g (inférieur à 1000 g - 20 %)
- Malaxer
- Retirer les cailloux avec l'écumoir (250 g par exemple)
- Noter le poids des cailloux = 250 g
- Calculer le poids de terre fine = terre - cailloux =
 $1000 \text{ g} - 250 \text{ g} = 750 \text{ g}$
- Ajouter le complément d'eau = 50 g
- Rapport d'extraction = 1/1



5 : EXTRACTION POUR TOUS SOLS :



- sable** : 1 agitation de 2 minutes
- limon** : 2 agitations de 2 minutes
- argile** : 3 agitations de 2 minutes

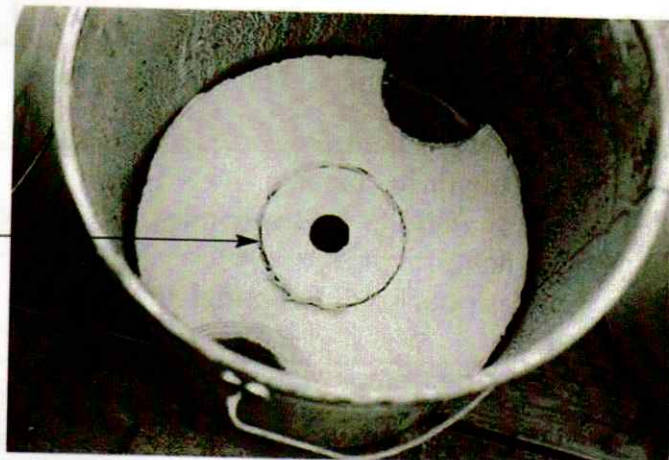


On doit obtenir une «pâte à crêpe très fine et sans grumeau»

6 : FILTRATION :

Utiliser uniquement des filtres de laboratoire sans résidus (voir Challenge Agriculture).
Coincer le filtre dans le flotteur, de manière à ce que le haut du filtre affleure.
Ainsi, le cône dépasse au maximum sous le filtre, et plonge dans la boue.

Un jus clair remonte au centre du cône, en quelques minutes.



7 : MESURER LA TENEUR EN NITRATE

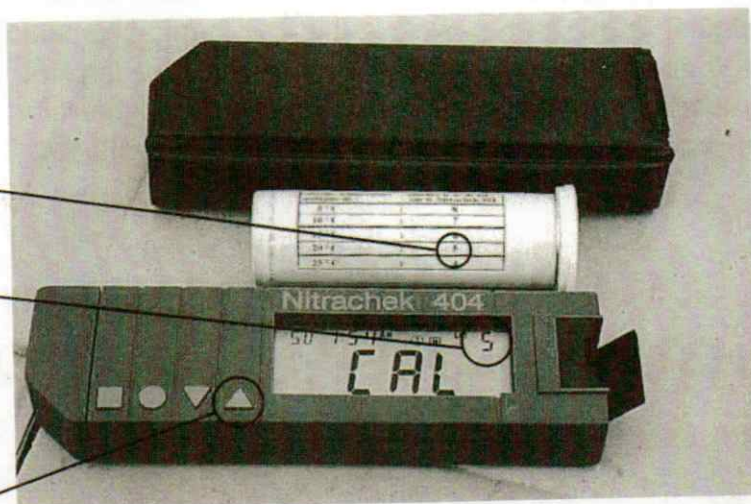
Trois mesures sont réalisées avec le Nitrachek 404.

RAPPEL : Lire la température ambiante sur le thermomètre. Tous les matériels doivent se trouver à température ambiante : Nitrachek, bandelettes, éprouvette, seringues, bol de presse, eau de dilution et pétiotes.
A la température ambiante correspond un numéro de lot des bandelettes à afficher sur le Nitrachek 404.

7.1 - CALIBRAGE

Lire la température ambiante sur le thermomètre, vérifier le n° de lot accompagnant les bandelettes.

- Ouvrir le clapet du Nitrachek. L'écran affiche «8888» puis la commande «CAL».
- Le n° de lot clignote (en haut à droite). Attention, il faut l'afficher correctement.
- Si le numéro doit être modifié ou si aucun numéro n'est affiché, alors sélectionner le numéro de lot (de 1 à 9) grâce à une touche triangle ▼▲



- Glisser délicatement une bandelette neuve en butée dans le guide-bandelette, zone réactive vers le bas et vers l'écran. Refermer le tube immédiatement.

- Refermer le clapet doucement. Le signe «—» s'affiche. Si la bandelette est acceptée et calibrée, le boîtier émet deux bips sonores et affiche «GO».



7.2 - MESURE

• Trempage

Seulement lorsque vous êtes prêt à tremper la bandelette, ouvrir le clapet.

L'opération se déroule en **4 secondes** (à respecter impérativement) :

- 2 secondes pour sortir la bandelette du Nitrachek,
- 2 secondes de trempage :
 - plongeon au 1er "bip"
 - remontée au 3e "bip"



égouttage

Après avoir sorti la bandelette de la solution, il faut éliminer l'excès de liquide. Agitez-la pendant 5 secondes. A l'issue de cet égouttage, la partie réactive doit apparaître sèche. Posez-la. Ne pas toucher, ni essuyer la partie réactive de la bandelette.

• Lecture

Dans les 10 dernières secondes, glisser la bandelette dans la fente de lecture (toujours zone réactive vers le bas et vers l'écran) et refermer doucement le clapet, sans le claquer.

Les 3 dernières secondes sont ponctuées par l'émission de 3 "bips" sonores qui marquent la fin du compte à rebours (le message «Shut» ne doit pas apparaître).

L'écran indique «—» puis rapidement le résultat de la teneur en nitrate du jus dilué s'affiche (en mg/l).



RÉSULTAT

Exemple

Mesure :	36
Mesure :	40
Mesure :	39
Moyenne des 3 mesures	38
Vérification +/- 10 %	38 - 10 % = 34 38 + 10 % = 42
Les 3 mesures sont bien comprises entre 34 et 42. Elles sont valides.	

TROIS MESURES EN TOUT

- A l'aide de bandelettes neuves, effectuer de la même manière les deux autres mesures.
- Calculer la moyenne des résultats (si un résultat diffère de plus de 10 % de la moyenne, l'éliminer et refaire une mesure).

8 - TABLEAU

Type de sol épaisseur horizon ↓ ↓	Eau du sol : → Excès		Excès collant	Excès collant	Ressuyé collant	Ressuyé plastique	Ressuyé plastique	Asséché s'effrite	Asséché s'effrite	Asséché s'effrite
	Aspect du sol : → trempé									
Sol argileux horizon de 30 cm	% humidité	35	34	33	32	30	29	28	27	26
	Coefficient	2,11	2,06	2,01	1,97	1,93	1,85	1,81	1,77	1,73
Sol argileux horizon de 15 cm	% humidité	35	34	33	32	30	29	28	27	26
	Coefficient	1,06	1,03	1	0,98	0,96	0,92	0,9	0,88	0,86
Sol limoneux horizon de 30 cm	% humidité	25	24	23	21	20	17	16	15	12
	Coefficient	1,69	1,66	1,62	1,56	1,52	1,43	1,40	1,37	1,29
Sol limoneux horizon de 15 cm	% humidité	25	24	23	21	20	17	16	15	12
	Coefficient	0,84	0,83	0,81	0,78	0,76	0,71	0,7	0,68	0,64
Sol sableux horizon de 30 cm	% humidité	14	11	10	10	9	9	8	8	8
	Coefficient	1,35	1,27	1,24	1,23	1,22	1,2	1,19	1,18	1,17
Sol sableux horizon de 15 cm	% humidité	14	11	10	10	9	9	8	8	8
	Coefficient	0,67	0,63	0,62	0,61	0,61	0,6	0,59	0,59	0,58

Exemple : sol limoneux juste ressuyé, horizon de 30 cm : $N = C \times 1,56$
une lecture de 40 au Nitratechek donne $N = 40 \times 1,56 = 62$ unités dans le sol.

9.1 - MÉTHODE DE TERRAIN :

Pour trouver le coefficient moyen sans trop compliquer, CHALLENGE AGRICULTURE propose le tableau ci-dessus, calculé à partir de la formule générale donnée plus bas, en prenant :

Densité du sol $da = 1,5$

Profondeur de l'horizon $p = 0,30$ (soit 30 cm) et $p = 0,15$ (soit 15 cm).

La connaissance de l'humidité du sol est importante pour être précis. Pour les reliquats de sortie d'hiver, les sols sont tout juste ressuyés, il n'y a peu de variations en général.

9.2 - MÉTHODE SCIENTIFIQUE :

Pour obtenir la meilleure précision possible, la formule suivante intègre tous les paramètres.

$$N = \frac{[C \times (100R + H)] - [100R \times T]}{(100 - H)} \times \frac{da \times p \times tf}{4,43 \times 10}$$

R = rapport d'extraction (poids eau / poids terre)

Ex: R = 1 si on ajoute à l'échantillon son poids d'eau)

C = concentration ppm NO₃ lue sur Nitrachek 404.

H = humidité pondérale du sol en % sur sol humide

Etuvage à 105 °C pendant 24 h de la terre, ou passage au micro-onde

T = tare ou charge de l'eau d'extraction en ppm NO₃

Il est préférable d'utiliser de l'eau distillée T = 0

da = densité apparente du sol sec. (1,3 à 1.5)

p = profondeur en mètre de l'horizon (conseillé : 0,30)

tf = pourcentage de terre fine en volume (exemple : 90).

Rappel: NO₃ = 4,43 N (14/62) ou N = NO₃/4,43

Pour mesurer effectivement l'humidité du sol, on peut étuver le sol frais après l'avoir pesé. On pèse exactement la terre. On l'étale en couche fine sur une assiette passée au four à micro-ondes, au fond d'une casserole sur un camping-gaz ou une cuisinière. En remuant et émiettant continuellement à 105 °C, il faut quelques dizaines de minutes pour évaporer l'eau du sol. On pèse à nouveau la terre sèche.

$$\text{L'humidité du sol} = \frac{\text{Poids frais} - \text{Poids sec}}{\text{Poids frais}}$$

L'ARC-EN-CIEL

26, Rue d'Anéou

64260 ARUDY

Tél 05.59.05.69.21

Fax 05.59.05.63.48

ANNEXE 2

Tomate en sol : grille de pilotage PILazo®

Réaliser le test NO₃ avec un appareil de mesures rapides (ex. Nitracheck®) dès le stade floraison du 1^{er} bouquet et selon une fréquence hebdomadaire.

La grille ci-dessous permet de relier la teneur en NO₃ mesurée au conseil de fertilisation azotée.

Tomate en sol : grille de pilotage PILazo®

NO ₃ en mg/l																	
> 6500	[Red]																
6000 à 6500	[Red]																
5500 à 6000	[Green]	[Green]	[Green]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]
5000 à 5500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
4500 à 5000	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
4000 à 4500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
3500 à 4000	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
3000 à 3500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
2500 à 3000	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
2000 à 2500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
1500 à 2000	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
1000 à 1500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
500 à 1000	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
< 500	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	[LightGreen]	
Stades repères	F1/F2	F2/F3	N1/N2	N3	N3/N4	N4/N5	R1	R2									
Récolte brute (kg/m ²)									3		7		12		14	17	

Fertilisation : à commencer dès la 3^{ème} semaine après la plantation

Début de récolte : ~ 500 °Jour (base : 10,5°C à partir de la plantation)

Stades repères: Fn = floraison n^{ème} bouquet

Nn = nouaison n^{ème} bouquet

Rn = récolte n^{ème} bouquet

[Red]	Azote en excédent
[Green]	Suffisant : ne pas fertiliser mais suivre de près
[LightGreen]	5 à 10 kg N / ha / semaine
[LightGreen]	10 à 20 kg N / ha / semaine
[LightGreen]	20 à 30 kg N / ha / semaine

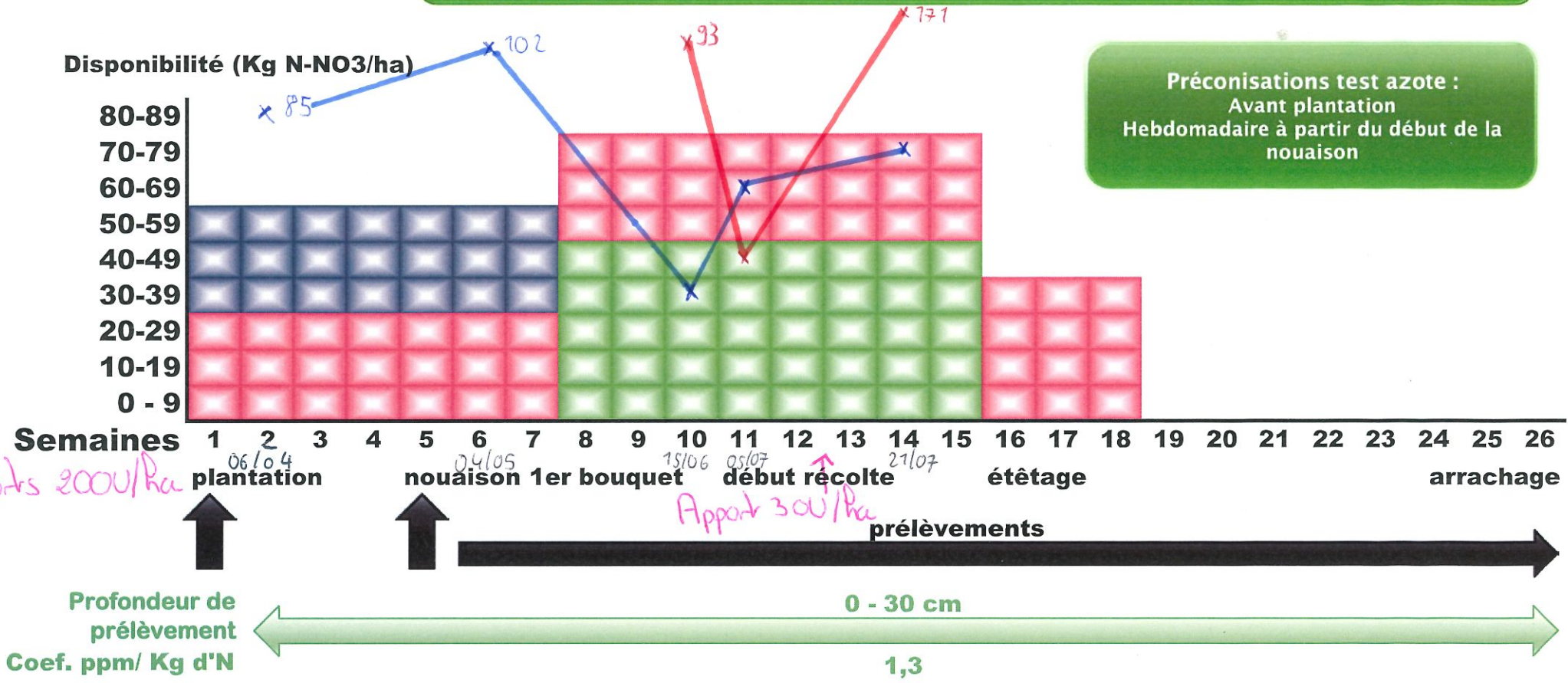


Attention : arrêt fertilisation 2 à 3 semaines avant la fin de la culture.



— : Milieu de planche
 — : Bords de planche

Tomate - Sol - Sous Abri



Préconisations test azote :
 Avant plantation
 Hebdomadaire à partir du début de la nouaison

PROPOSITION D'APPORT en Kg N-NO3/ha



- Pas d'apport
- 15 kg/ha
- 25 kg/ha
- 35 kg/ha

Equilibre entre éléments (N=1)

- 0 / 0,4 / 2 / 0,6 (si sol carencé en P, K, Mg)
- 1 / 0,4 / 1,8 / 0,6 (si P apporté en fond : P = 0)
- 1 / 0,4 / 1,8 / 0,6 (si P apporté en fond : P = 0)
- 1 / 0,4 / 2 / 0,6 (si P apporté en fond : P = 0)

Tomate en sol : grille de pilotage PILazo®

Réaliser le test NO3 avec un appareil de mesures rapides (ex. Nitracheck®) dès le stade floraison du 1^{er} bouquet et selon une fréquence hebdomadaire.

La grille ci-dessous permet de relier la teneur en NO3 mesurée au conseil de fertilisation azotée.

Tomate en sol : grille de pilotage PILazo®

NO3 en mg/l																																		
> 6500																																		
6000 à 6500																																		
5500 à 6000																																		
5000 à 5500																																		
4500 à 5000																																		
4000 à 4500																																		
3500 à 4000																																		
3000 à 3500																																		
2500 à 3000																																		
2000 à 2500																																		
1500 à 2000																																		
1000 à 1500																																		
500 à 1000																																		
< 500																																		
Stades repères																		F1/F2	F2/F3	N1/N2	N3	N3/N4	N4/N5	R1	R2									
Récolte brute (kg/m ²)																										3	7	12			14		17	

Fertilisation : à commencer dès la 3^{ème} semaine après la plantation
 Début de récolte : ~ 500 °Jour (base : 10,5°C à partir de la plantation)

Stades repères: Fn = floraison n^{ème} bouquet
 Nn = nouaison n^{ème} bouquet
 Rn = récolte n^{ème} bouquet

	Azote en excédent
	Suffisant : ne pas fertiliser mais suivre de près
	5 à 10 kg N / ha / semaine
	10 à 20 kg N / ha / semaine
	20 à 30 kg N / ha / semaine



Attention : arrêt fertilisation 2 à 3 semaines avant la fin de la culture.

Quelques remarques sur la calculette et la configuration challenge.

Exemple chez Agathe :

Compteur 10 L

1) Pour mettre en L/plant :

D'après le calcul théorique : si on prend la semaine 28 ou elle a apporté 2000 L sur sa planche. Il y a 2 rangs sur la planche, espacés de 50 cm. L'espacement des plants sur le rang est de 66 cm. Ce qui donne 120 plantes sur toutes la planche. On a donc une moyenne de 16 L/plant sur la semaine.

Dans la calculette, j'ai rentré ces valeurs :

Ecartement entre les rangs en m	<input type="text" value="0,5"/> m
Ecartement entre les arbres ou plantes sur le rang en m	<input type="text" value="0,66"/> m
Longueur totale de la parcelle (avec contournières) en m	<input type="text" value="40"/> m
Largeur totale de la parcelle (avec contournières) en m	<input type="text" value="2"/> m
Nombre de rangs possibles sur la largeur de la parcelle	2,0 rangs
Nombre de plantes possibles sur le rang dans la longueur	59,1 plantes
Surface totale de la parcelle en m ²	80 m ²
Surface totale de la parcelle en Ha	0,008 Ha
Nombre d'arbres sur cette parcelle entière	118 plantes
Surface disponible par arbre en m ²	0,3 m ²
Nombre de lignes de goutteurs par rang ou planche	<input type="text" value="2"/> lignes
Longueur de gaine GâG sur cette parcelle (en m)	156 m
Nombre de goutteurs sur la parcelle	472,72727 goutteurs
Ecartement entre goutteurs en cm	<input type="text" value="33"/> cm
Débit réel du goutteur, en L / heure	<input type="text" value="2"/> L/h
Débit au mètre linéaire en L/m/h	6,060606 L/m/h
Débit sur la parcelle en m ³ / ha	0,9454545 m ³ /ha
Volume / imp du compteur : 1 L ou 10 L ?	<input type="text" value="10"/> L
3 possibilités ci-dessous :	
Longueur de gaine après compteur	<input type="text" value="160"/> m

Le compteur prend en compte les 3 gaines plus la double gaine sur la moitié supérieure de la planche, donc en moyenne 4 gaines pour 2 rangs.

La calculette me donne un coef de 0.0825 pour le L par arbre.

Nombre de lignes	1		
Fuseau horaire	UTC/GMT +2		
Seuil pluie/irrigation	250 bascules / heure	<input type="text" value="250"/>	
Coefficient pluie	0.2540000 mm / bascule	<input type="text" value="0.2540000 mm / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Coefficient irrigation	0.2540000 mm / bascule	<input type="text" value="0.2540000 mm / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Ext seuil pluie/irrig	0 bascules / heure	<input type="text" value="0"/>	
Coeff pluie - ext	10.0000000 litres / bascule	<input type="text" value="10.0000000 litres / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Coeff irrigation - ext	1.0000000 L par plante / bascule	<input type="text" value="1.0000000 L par plante / bascule"/>	<input type="text" value="x 0,0825"/>

[Valider les modifications](#)

Quand je le rentre dans challenge, il faut que je mette **1L par plante/basculé** et pas 10 L, pour retrouver sur le graphiques des valeurs similaires à celles calculées théoriquement.

Est-ce que tu es ok avec cette façon de faire ?

2) Pour mettre en m3 par ha

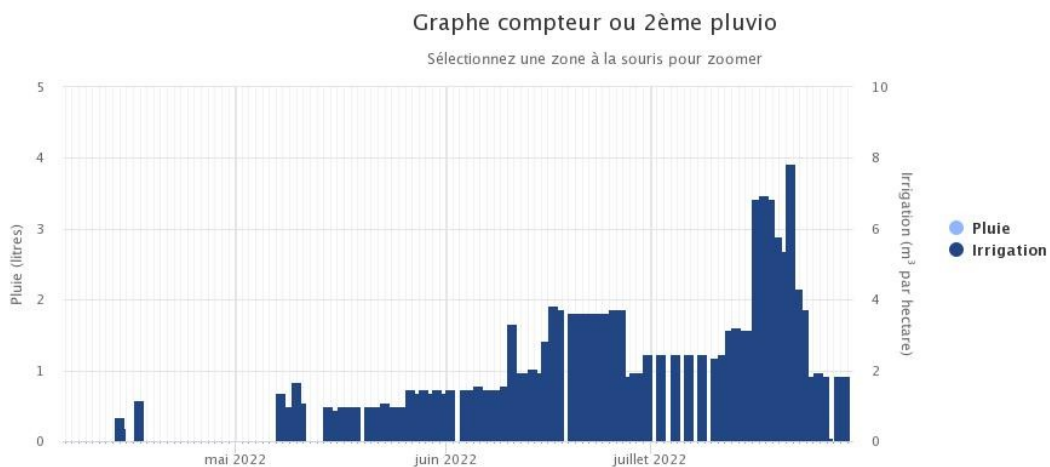
Avec les valeurs rentrés comme ci-dessus dans la calculette, le coefficient pour le m3/ha est de 0.00975

Quand je rentre dans la configuration de cette façon :

Nombre de lignes	1		
Fuseau horaire	UTC/GMT +2		
Seuil pluie/irrigation	250 bascules / heure	<input type="text" value="250"/>	
Coefficient pluie	0.2540000 mm / bascule	<input type="text" value="0.2540000 mm / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Coefficient irrigation	0.2540000 mm / bascule	<input type="text" value="0.2540000 mm / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Ext seuil pluie/irrig	0 bascules / heure	<input type="text" value="0"/>	
Coeff pluie - ext	10.0000000 litres / bascule	<input type="text" value="10.0000000 litres / bascule"/>	<input type="text" value="x 1"/>
Coeff irrigation - ext	10.0000000 m³ par hectare / bascule	<input type="text" value="10.0000000 m³ par hectare / bascule"/>	<input type="text" value="x 0,0098"/>

[Valider les modifications](#)

Ça donne les valeurs suivantes :



L'ordre de grandeur de l'échelle est 10 x trop faible. J'ai donc multiplié le coefficient par 10 avant de le rentrer, ce qui donne un ordre de grandeur plus vraisemblable, de l'ordre de la centaine de m³/ha apporté par semaine.

Sauf que si on compare aux calculs théorique fait sous excel, les valeurs ne sont pas du tout les mêmes (**Voir le tableaux excel, feuille « Agathe »**)

Je me suis aperçu que lorsque l'on modifie les valeurs des largeurs et longueur totale des parcelles, cela fait varier le coefficient des m³/ha, au lieu de garder un lien de proportionnalité :

Ecartement entre les rangs en m	0,5 m
Ecartement entre les arbres ou plantes sur le rang en m	0,66 m
Longueur totale de la parcelle (avec contournières) en m	40 m
Largeur totale de la parcelle (avec contournières) en m	9,3 m ←
Nombre de rangs possibles sur la largeur de la parcelle	16,6 rangs
Nombre de plantes possibles sur le rang dans la longueur	59,1 plantes
Surface totale de la parcelle en m ²	372 m ²
Surface totale de la parcelle en Ha	0,0372 Ha
Nombre d'arbres sur cette parcelle entière	981 plantes
Surface disponible par arbre en m ²	0,3 m ²

Ici j'ai changé pour mettre la largeur totale de la serre, et ça me donne un coefficient de 0.08 pour les m³/ha. Donc quasiment 10 x plus qu'avec 2m, qui est la largeur de la planche + allée de tomate suivie.

On peut tester et mettre par exemple une parcelle de 100 sur 100, le coefficient va varier en fonction pour dépasser 1, alors qu'a priori, qu'on arrose sur 80 m² ou sur 400 m², l'équivalence à l'hectare doit rester le même.

C'est pour ça que je ne comprends pas le calcul qui est fait pour les valeurs en m³/ha. On dirait que la calculette calcul le rapport entre le volume apporté sur la parcelle irriguée, et la surface d'un hectare. Sauf que dans notre cas, on cherche à extrapoler des valeurs en L sur une certaine portion de gaine, pour avoir l'équivalent sur un hectare, et pas à savoir les volumes totaux apportés sur un hectare, ce qui est rarement utile sur des petites exploitations maraîchères, qui plus est en irrigation GAG.

Aurais-tu une explication du calcul qui est fait par la calculette ? Si jamais la calculette pouvait donner un coefficient pour les mm, cela nous serait très utile, car on pourrait comparer directement avec les recommandations globales. Sinon il est possible de le faire manuellement avec excel, mais c'est un peu plus long.