



CHAMBRE
D'AGRICULTURE
DRÔME

Essai GaGnée

Compte rendu technique 2023

Evaluation de l'intérêt technico-économique
du goutte à goutte enterré en culture légumière

Période considérée : 28 novembre 2022 au 28 juin 2023

Dates de l'essai : 2021-2023

Partenaires : CTIFL, GIE, TOP semences

Correspondance : david.fortune@drome.chambagri.fr



PÔLES D'EXPÉRIMENTATIONS PARTENARIALES
POUR L'INNOVATION ET LE TRANSFERT
VERS LES AGRICULTEURS D'Auvergne-Rhône-Alpes



Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION
*Liberté
Égalité
Fraternité*



Rédacteur : David FORTUNE - Chambre d'Agriculture de la Drôme

Date de rédaction : 12/10/2023

Action : Essai comparatif de 3 conduites de système d'irrigation menée en goutte à goutte et aspersion

Table des matières

| | |
|---|-----|
| Le contexte et présentation de l'essai | 3 |
| Le contexte..... | 3 |
| Les objectifs de l'essai..... | 4 |
| Le matériel et les méthodes | 4 |
| Le matériel végétal, le site expérimental et la description du dispositif | 4 |
| L'itinéraire technique cultural..... | 7 |
| Les mesures et suivis réalisés..... | 7 |
| Les résultats : Les pressions maladies et adventices | 8 |
| Les résultats : les données de rendement et calibre | 9 |
| Les discussions et les conclusions..... | 12 |
| La valorisation | 13. |
| <u>Les annexes</u> | 14 |

Contexte et présentation de l'essai

Le contexte

L'eau est indispensable à la production agricole et dans un contexte de changement climatique, les questions relatives à sa disponibilité et sa qualité sont de plus en plus prégnantes, en particulier pour les agriculteurs.

La principale ressource en eau pour l'agriculture est l'eau de pluie (eau verte = eau de pluie stockée dans le sol et utilisée par la plante) ; on parle à ce propos d'agriculture pluviale. Cette ressource est inégalement répartie dans le temps et l'espace, plus en hiver où les besoins en eau sont plus faibles et moins en été où les besoins sont les plus élevés. Le changement climatique tend à accentuer ce phénomène d'inégalité de répartition spatio-temporelle de l'eau de pluie, ce qui explique le recours à l'irrigation au printemps ou en été pour combler le besoin en eau de la culture non satisfait par l'eau verte. En Drôme par exemple, les projections climatiques sur les prochaines années présentent des périodes de sécheresse estivales qui s'étalent sur davantage de mois de l'année (source : Etude ClimA-XXI du réseau des Chambres d'Agriculture). En effet, les grandes tendances du climat à l'avenir vont vers une augmentation de la demande climatique qui se traduit par l'évapotranspiration Potentielle (ETP) et une diminution des précipitations en été et des étiages plus marqués sur les cours d'eau, ce qui font que les besoins en eau d'irrigation vont augmenter en conséquence.

Ainsi, l'eau peut rapidement devenir le facteur limitant de la production agricole. C'est alors qu'interviennent différents types d'irrigation, plus ou moins économes en eau, répartis aujourd'hui en deux grands modèles :

→L'irrigation par aspersion, qui est le modèle classique le plus répandu. Il utilise des canalisations sous pression qui alimentent des arroseurs en surface. Les cultures sont arrosées par une pluie artificielle (le canon enrouleur, la couverture intégrale, le pivot et la rampe frontale).

→L'irrigation localisée dont le principe est d'acheminer l'eau sous faible pression, directement sur la zone racinaire de la culture (micro-irrigation, le goutte-à-goutte et l'irrigation pendulaire). Les plantes reçoivent l'eau par intermittence, directement au niveau des racines. Aujourd'hui peu utilisé en système grande culture, ce système se démocratise peu à peu en cultures de légumes plein champs. Les maraîchers, eux, utilisent déjà cette technique de manière habituelle.

En acheminant seulement la quantité d'eau nécessaire au niveau des racines des plantes, le goutte à goutte est le système d'irrigation le plus économe en eau. Le tout doit être piloté par sondes tensiométriques afin d'optimiser ce système d'irrigation.

L'INRAE estime que l'économie d'eau réalisée en maraichage plein champs, par le changement de matériel d'irrigation, en passant de l'irrigation par aspersion en irrigation goutte-à-goutte, pourrait être de l'ordre de 5 à 15%, ce qui n'est pas négligeable dans le cadre d'un usage de l'eau qui peut être limité pour l'irrigation et soumis à des restrictions. Ainsi, le système de goutte à goutte pourrait répondre à l'enjeu d'économie et de la productivité de l'eau.

De plus, le goutte à goutte, qu'il soit en enterré ou non, présente l'avantage de ne pas mouiller le feuillage des cultures. Ainsi, cette pratique devrait permettre outre la réduction de la perte par évaporation directe, de **limiter le développement des maladies foliaires** et ainsi réduire l'utilisation de fongicides.

Par un apport d'eau en localisé, cette méthode pourrait également combiner un avantage supplémentaire, celui de limiter le développement d'adventices et ainsi limiter l'utilisation d'herbicides.

Enfin, le système goutte-à-goutte pourrait aider les agricultures en vallée du Rhône pour la gestion de leur irrigation. En effet, dans le secteur, **le vent est très souvent un facteur déterminant dans l'organisation des agriculteurs en matière d'irrigation. Cette contrainte engendre des zones sur-irriguées** autour des asperseurs et des zones sèches en limite de recoupement.

Nous avons choisi de réaliser notre étude sur la culture d'ail en agriculture biologique. Car l'ail est une culture qui s'intègre dans des systèmes grandes cultures tout en disposant pourtant elle dispose de nombreuses similitudes avec les cultures maraichères.

Malgré tout, la profession manque de références à ce sujet afin de juger du réel intérêt de cette méthode.

Objectifs de l'essai

Il s'agit d'étudier 3 modalités d'irrigation : 1) le goutte-à-goutte enterré ; 2) le goutte-à-goutte en surface ; et 3) l'aspersion avec la couverture intégrale et de les comparer en termes d'impact sur le rendement et le calibre de l'ail, d'éventuelles économies d'eau ou encore de limiter le développement des maladies fongiques et des adventices.

L'essai avait de multiples objectifs scientifiques et techniques :

- **Accompagner les producteurs** vers une nouvelle solution d'irrigation ainsi que son pilotage
- **Evaluer l'efficacité d'utiliser la technique du goutte-à-goutte** enterré ou non en maraîchage et cultures de plein champ afin de réduire l'utilisation et les pertes en eau (dérives par le vent, évaporation, etc.) en apportant celle-ci au plus près du système racinaire des cultures.
- **Quantifier les apports d'eau réalisés**, tout en s'assurant de conserver la qualité et la quantité du produit final. Les techniques de pilotage de l'irrigation et de la fertilisation azotée doivent également être adaptées et les impacts phytosanitaires, économiques, agronomiques et environnementaux évalués.
- **Juger des performances de chaque modalité** par la capacité de faire le lien entre le rendement et la quantité d'eau apportée.

Remarque : La gestion de l'enherbement, des ravageurs, des pathogènes ainsi que la tenue du produit en conservation constitueront des paramètres d'évaluation pertinents pour la culture d'ail (culture longue à lever qui ne recouvre que partiellement le sol).

Matériel et Méthodes

Le matériel végétal, le site expérimental et la description du dispositif

L'étude a portée sur de l'AIL BLANC MESSIDROME ; semence certifiée non traitée caïeux à calibre hétérogène sur l'ensemble de la parcelle.

L'ail a été planté le 28 novembre 2022 en 5 rangs avec un espace d'inter-rang de 60 cm selon une densité de 10 plants par mètre.

L'essai a été implanté sur la parcelle TAB-C6 sur la plateforme TAB sur le site de la ferme expérimentale d'Etoile-sur-Rhône. Il s'agissait d'une parcelle de près de 3000 m² sur sol et type Argilo (23%) ; Limono (46%) ; Sableux (31%) ; alcalin (pH= 8,18) avec forte présence de cailloux (terme local de terre à pêchers).



Figure 1 : Vue aérienne de la parcelle d'expérimentation en essai irrigation sur une culture d'ail

Dans notre étude, les trois modalités d'irrigation ont été testées sur trois blocs indépendants sans répétitions.

La parcelle de 3000 m² a été divisée en 3 blocs distincts :

→ Les deux modalités goutte-à-goutte mesurent chacune 15m de large pour une longueur de 50 m (750 m²).

→ Quant à la modalité aspersion, elle mesure 25 m de large pour une longueur de 60 m (1500 m²).

La parcelle est menée en agriculture biologique. L'ensemble des travaux et les différentes conduites sont réalisés en prestation par la ferme expérimentale ou par des opérateurs spécifiques (plantation, récolte). Il s'agit de conduites et de matériels transposables à des conditions « agriculteurs ».

Remarque : Pour des raisons pratiques et d'impossibilité de faire intervenir une machine de récolte dans la parcelle (au vue des précipitations annoncées au moment de la récolte), la décision a été prise de récolter manuellement des placettes de manière aléatoire. Les études de rendement et de calibre ont donc été menées sur un échantillonnage de 150 ails pour chacune des modalités.

Pour des raisons pratiques, il ne sera pas possible d'avoir des répétitions. Cependant, la parcelle est homogène au niveau de l'enherbement et de son potentiel (sol, fertilité ...). Les différentes mesures ont été effectuées respectivement selon un certain nombre de « fausses répétitions » au sein de chaque modalité – voir méthode d'évaluation.

La mise en évidence des deux modalités de goutte-à-goutte

Dans cet essai, un paramètre a été rajouté par rapport à l'essai mené en année précédente. Il s'agissait cette année d'intégrer une modalité de goutte-à-goutte en surface en plus de la modalité goutte-à-goutte en enterré (à environ 15 cm).

Cet ajout avait pour but de comparer les deux modalités entre elle et de savoir si le fait d'enterrer le tuyau et donc d'apporter l'eau au plus proche du système racinaire, pouvait avoir un réel impact positif sur le comportement de la culture (calibre et rendement final), et également le développement des adventices, en comparaison à un modèle où la gaine de goutte à goutte est positionnée à même le sol.

On a pu noter pour cette année 2023 qu'aucune différence significative a pu être vérifiée entre ces deux modalités.

Que ce soit sur la gestion et le pilotage de l'irrigation, la pression fongique et adventices ou bien encore le rendement, le fait d'avoir un goutte-à-goutte enterré n'a pas apporté de plus-values significatives par rapport à la modalité goutte-à-goutte surface.

Aux vues des contraintes (besoin en main d'œuvre lors de la mise en place) auxquelles est soumis cette méthode d'irrigation, il est préférable de se diriger vers un système de goutte à goutte où la ligne de goutteurs est disposée à même le sol (et permet donc une facilité de mise en place).

En effet, en culture d'ail, le goutteur ne doit pas être enterré à plus d'une quinzaine de cm afin de permettre une alimentation hydrique optimale de la culture. Ainsi, le goutteur peut poser un problème lors du travail mécanique du sol (herse étrille et binage notamment). Le travail du sol qu'il soit profond ou non peut engendrer un déterrage de la ligne de goutte à goutte. Il ne peut donc pas être conservé sur le long terme et faire partie intégrante de la rotation comme c'est le cas pour le maïs par exemple où la mise en place d'un goutte-à-goutte est rentabilisée sur une quinzaine d'année car ce dernier reste sur place à environ 40 cm de profondeur.

A cela s'ajoute d'éventuels problèmes et surcoût tels que :

- Tuyaux obstrués ou perforés dus aux racines, terres, cailloux.
- Une demande d'entretien plus importante
- Coût à l'installation plus important qu'un système goutte à goutte classique
- Réalisation d'un circuit fermé pour égaliser la pression
- Utilisation de tuyaux spéciaux pour être enterrés qui ont des parois plus épaisses et des goutteurs spéciaux qui empêchent l'entrée des racines.
- Installation de ventouses de façon à éviter la succion de l'eau et des particules de sol, une fois l'arrosage terminé

Le goutte-à-goutte en surface semble alors être une meilleure alternative au changement de pratique d'irrigation par la plus grande simplicité de sa mise en place.

Une question reste malgré tout en suspens, à savoir quelles adaptations peuvent être apportées aux différents outils de travail du sol pour préserver la ligne de goutte-à-goutte lors notamment des passages de désherbage mécanique.


Néanmoins, si un projet d'installation de goutte-à-goutte de surface pour la culture d'ail existe, les préconisations suivantes peuvent être utiles :

- Mettre en place le réseau d'irrigation goutte-à-goutte peu avant le déclenchement prévu de la première irrigation,
- Redimensionner le réseau pour correspondre à nos besoins (une gaine par rangs, 1 gaine pour deux rangs, 1 goutteur par plante, 1 goutteur par deux plantes du même rang, etc.) ;
- En fonction de la caractéristique de la culture qui remplace l'ail dans la rotation, définir son choix entre la gaine réutilisable ou la gaine jetable ;
- De se pourvoir des outils de pilotage d'irrigation, les sondes tensiométrique ou les sondes capacitatives, afin de mieux valoriser l'usage du goutte-à-goutte et générer plus d'économie d'eau ;
- Faire usage de la fertirrigation également (irrigation et solution d'engrais dissout) constitue un atout du système goutte-à-goutte, et qui optimise à la fois l'usage de l'eau et l'usage des engrais fractionné, en particulier l'azote qui est un élément très mobile dans le sol et donc d'assurer une meilleure productivité. Néanmoins, l'ajout de station de filtration est nécessaire pour l'entretien du réseau et d'éviter les problèmes de colmatage physique ou chimique par précipitation du phosphate avec du calcium par exemple.
- Adapter des outils pour le dépôt, pour le travail du sol par exemple avec système portatif permettant le travail du sol sans endommager les tuyaux et pour le rembobinage des gaines à la fin de la saison pour les tuyaux réutilisables.

L'itinéraire technique cultural

Test et comparaison d'ITK de système d'irrigation - ETOILE-SUR-RHÔNE - CAMPAGNE 2022/2023 - SURFACE plantée : 0,26 ha

MESSIDROME AIL BLANC, planté à 10 au ml, le 28 novembre 2022 - précédent blé dur d'hiver / LEVEE DIFFICILE (forte battance)

| Modalité | Modalité 1 | Modalité 2 | Modalité 3 |
|------------|---|---|------------------------------|
| | GOUTTE A GOUTTE enterré | GOUTTE A GOUTTE Surface | ASPERSION |
| Superficie | 750 m2 | 750 m2 | 1500 m2 |
| | Précédent: Blé dur d'hiver Travail du sol: Labour | | |
| nov-01 | | | |
| nov-02 | Passage de herse étrille en pre-plantation | | |
| nov-03 | Plantation 28 nov. (Messidrome à 10 plantes/m) | | |
| déc-01 | | | |
| déc-02 | | | |
| déc-03 | | | |
| janv-01 | | | |
| janv-02 | | | |
| janv-03 | Apport 420 kgs/ha 12-2-0 et 500 kgs/ha Patentkali Binage | | |
| févr-01 | Passage de la bineuse | | |
| févr-02 | Passage de la houe rotative (contre la battance) | | |
| févr-03 | Précipitation significative de 15 mm (le 24 février) | | |
| mars-01 | Pose du goutte à goutte (le 03 mars) - Apport de Guanito 700 kgs | pluie non significative (3 mm) le 08 mars | |
| mars-02 | Précipitation significative= environ 20 mm | | |
| mars-03 | Passage de la herse étrille - 300 kgs Patentkali | pluie non significative (3 mm) le 17 mars | |
| avr-01 | Début irrigation gg (07 avril) | Passage bineuse + apport 400 kgs Orgavio | |
| avr-02 | Désherbage mécanique + désherbage manuel | | irrigation: 20 mm (19 avril) |
| avr-03 | | | |
| mai-01 | Précipitation significative de 10 mm (09 mai) | | irrigation: 10 mm (11 mai) |
| mai-02 | Précipitation significative de 30 mm (13 mai) | | |
| mai-03 | Précipitation significative de 20 mm (22 mai) | | |
| juin-01 | | | irrigation: 10 mm (02 juin) |
| juin-02 | Précipitation significative de 20 mm (10 juin) | | |
| juin-03 | Arrêt irrigation gg (22 juin) | Récolte le 28 juin | |
| |  | | |
| | Mise en route du goutte à goutte à 37 reprises sur la période avr.-juin avec une moyenne de 6 mm d'eau apportée sur les modalités goutte à goutte | | |
| | Travail du sol avant plantation | | |
| | Travail de désherbage mécanique | | |
| | Apport d'engrais | | |
| | Précipitations | | |
| | Irrigation | | |
| | Récolte | | |

Mesures et suivis réalisés

- **Le suivi des maladies de l'ail** : Notations de l'intensité de la pression sanitaire concernant la rouille selon un indice de 1 à 10 entre le 02 mai (date à laquelle ont été observées les premières pustules) et le 06 juin (date à laquelle la pression n'est plus distinctive selon les modalités).
- **Le suivi et la pression des adventices** : Evaluation globale de l'enherbement (de 1 à 10) et identification des adventices au sein de chaque modalité lors de quatre notations dès la sortie d'hiver jusqu'au stade récolte.

Remarque : Echelle de notation enherbement: 0: aucune herbe ; 1 à 3: acceptable ; 4 à 7: mal maîtrisé ; 8 à 10: Très mal maîtrisé, non acceptable et impactant sur le rendement

- **Le rendement et calibres** : Analyse du rendement et des différences de calibres selon les modalités.

Cf explication en annexe

Résultats : Pression maladies et adventices

Cf. Données météorologiques en annexes

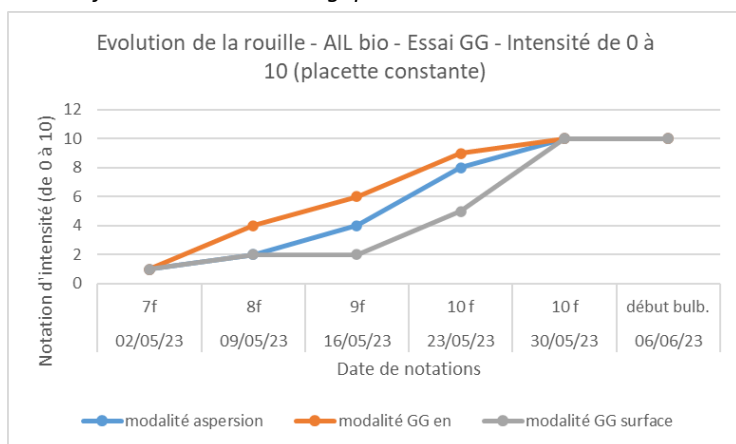


Figure 2 : Evolution de la rouille dans le temps selon les 3 modalités

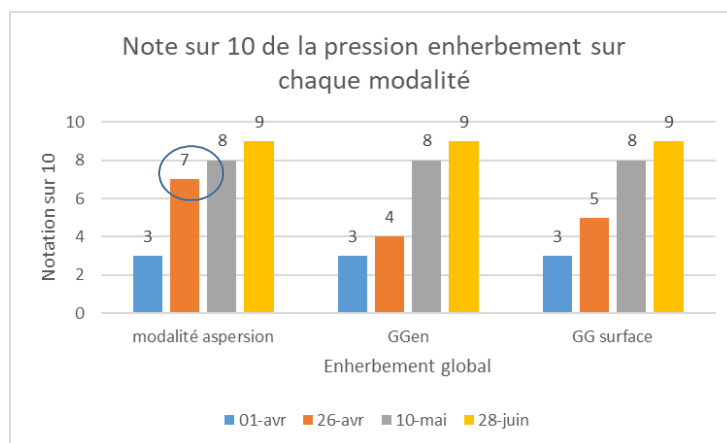


Figure 3 : Pression adventices (fin du printemps à stade récolte) pour chaque modalité

Figure 2 : Evolution de la rouille dans le temps selon les 3 modalités

Le printemps 2023 a été particulièrement pluvieux avec de nombreuses reprises, des pluies significatives notamment le 09, 13 et 22 mai. Il faut rajouter à cela, un temps plutôt maussade avec d'un point de vue général de la fraîcheur et de l'humidité.

Aux vues des conditions météorologiques, il est difficile d'exploiter les résultats de la figure 2. En effet, l'excès d'humidité sur le feuillage dû aux précipitations surtout du mois de mai, a engendré une apparition de la rouille tardive mais avec une pression très forte. Cette tendance a pu être vérifiée sur l'ensemble du département. De ce fait, aucune distinction n'a pu être faite entre modalités. Or, on aurait pu supposer une pression fongique moins importante concernant les modalités goutte-à-goutte du fait d'un feuillage non arrosé lors des irrigations.

Comme le montre la figure 1, la progression de la rouille est ascendante et constante pour l'ensemble des modalités et les écarts de pression rouille entre les modalités sont trop faibles pour pouvoir en tirer des enseignements.

Aucune conclusion ne peut alors être envisagée concernant l'analyse de la pression rouille. Cela est d'autant plus vrai que le printemps 2023 est inhabituel par rapport à la moyenne des cinq derniers printemps qui sont plutôt chauds et secs.

Cette analyse vient contrebalancer les analyses de l'essai 2022 qui montraient que la modalité goutte-à-goutte avait tendance à **limiter ou retarder l'apparition de la rouille selon la pression du champignon en réduisant fortement l'humidité autour et sur le feuillage de la culture.**

Les résultats de l'année 2023 sont difficilement comparables à ceux de 2022, en raison d'une forte différence des conditions climatiques. En effet, l'apparition de la rouille est différente entre printemps sec et printemps humide. Ce qui explique la différence d'observation sur la variable rouille entre 2022 et 2023. Dans tous les cas, quel que soit les systèmes d'irrigation utilisés, l'apparition et le développement de la rouille restent très liés aux conditions météorologiques, en particulier l'humidité et la température de l'air.

Pour étudier le réel impact des modalités d'irrigation sur le développement de la rouille, il faudrait pouvoir mener les essais sur un nombre d'années conséquent cumulant des années sèches et pluvieuses.

Figure 3 : Pression adventices à la fin du printemps en fonction de chaque modalité

Le graphique exposé ci-dessus est intéressant du point de vue de la progression des adventices selon chaque modalité.

En effet, on peut voir qu'à la notation du 26 avril, c'est-à-dire avant les pluies significatives du mois de mai, on pouvait voir une nette diminution de la pression adventice concernant les modalités goutte-à-goutte enterré et surface avec respectivement 30% et 20% de moins de pression enherbement que la modalité aspersion.

Dès lors que des précipitations ont fait leur apparition, la pression enherbement explose dans toutes les modalités, quel que soit le système d'irrigation utilisé. Cela est bien visible sur le graphique avec une pression des adventices mal maîtrisée dès la notation du 10 mai pour l'ensemble des modalités.

D'un point de vue générale, les précipitations printanières sont venues troubler et fausser les résultats que l'on pouvait attendre sur cet indicateur enherbement.

Malgré tout, on peut quand même conclure qu'en année plutôt sèche, un système d'irrigation en goutte-à-goutte peut contraindre la pression adventice et ainsi limiter leur impact dans une certaine mesure par le fait que l'eau est apportée à la culture sur une faible zone en enterré ou non, diminuant ainsi les conditions favorables au développement des adventices.

On note néanmoins que le recours au désherbage mécanique est primordial et prévôt qu'importe le système d'irrigation utilisé afin de maîtriser de manière linéaire l'enherbement et assurer un rendement potentiel de culture important. En effet, le système de goutte-à-goutte ne peut contenir à lui seul la pression adventice et c'est d'autant plus vrai en année pluvieuse.

Résultats : Données de rendement et calibre

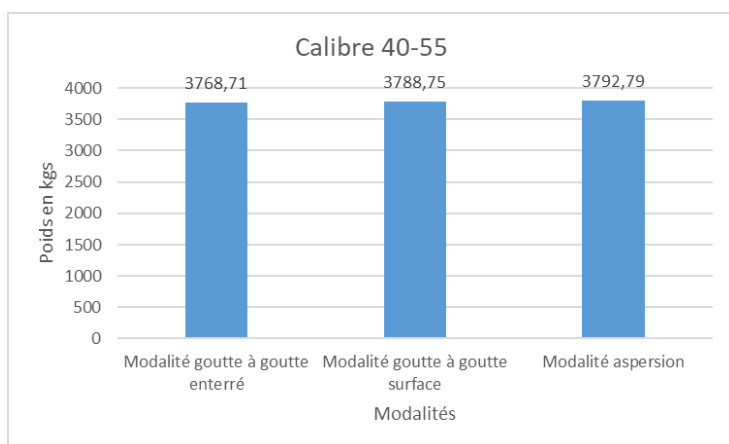


Figure 4 : Répartition du poids en fonction du calibre 40-55

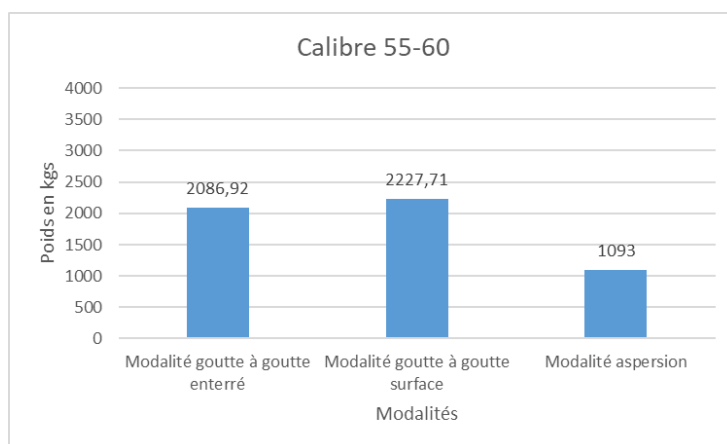


Figure 5 : Répartition du poids en fonction du calibre 55-60

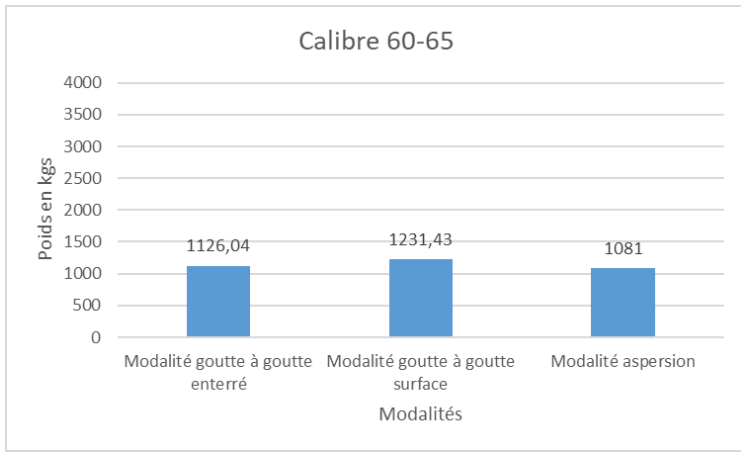


Figure 6 : Répartition du poids en fonction du calibre 60-65

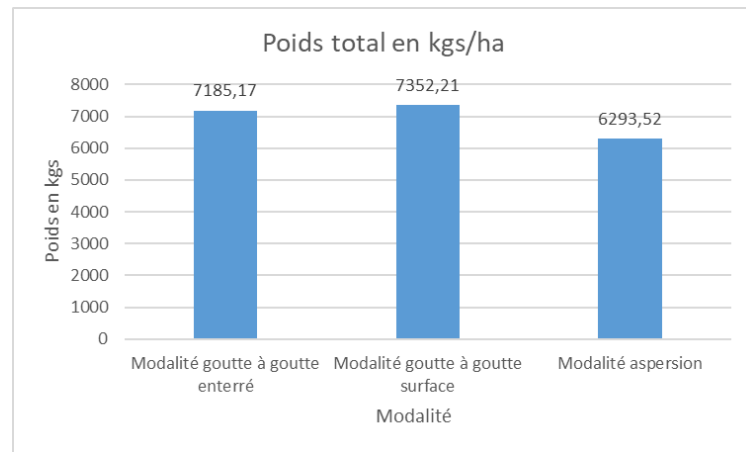


Figure 7 : Rendement par hectare selon les modalités

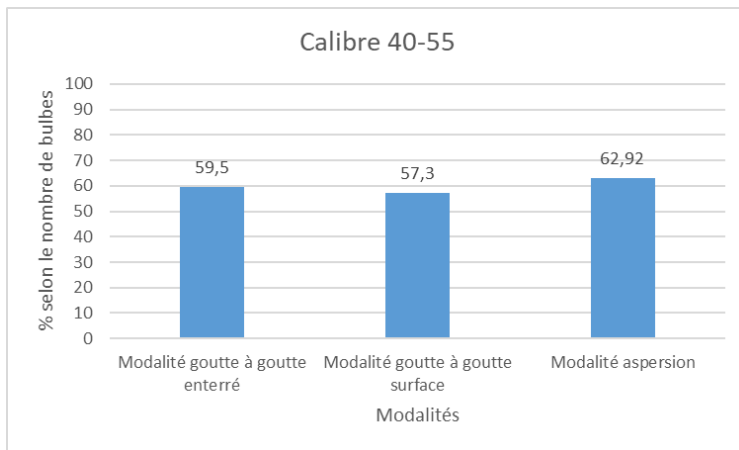


Figure 8 : Répartition du nombre de bulbes en fonction du calibre 40-55

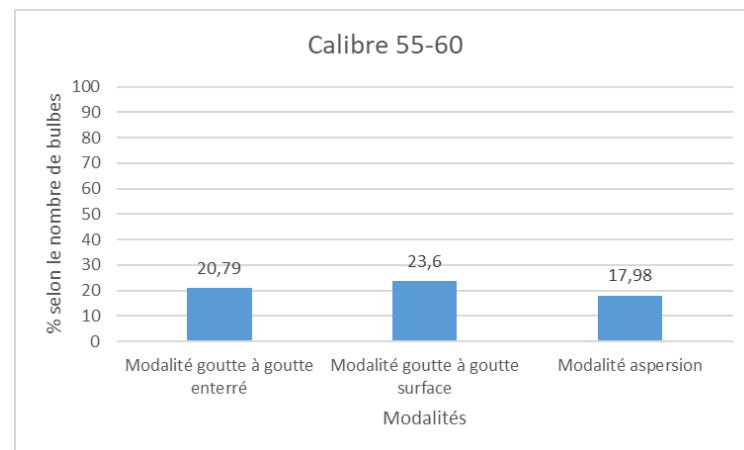


Figure 9 : Répartition du nombre de bulbes en fonction du calibre 55-60

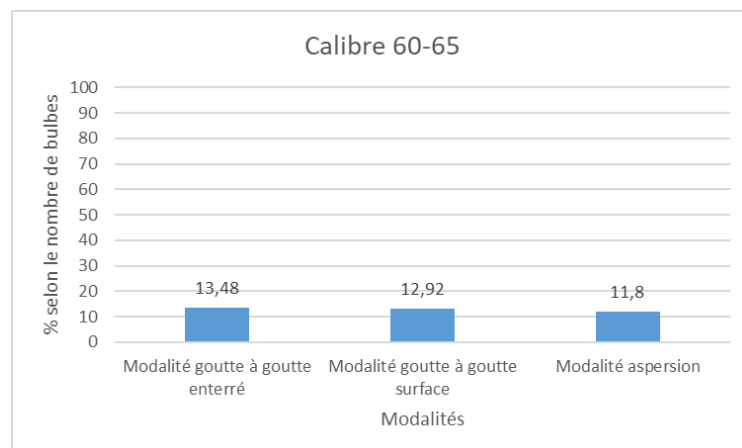


Figure 10 : Répartition du nombre de bulbes en fonction du calibre 60-65

Figure 4, 5, 6, 7 : Estimation du rendement total en fonction du calibre par modalité

Ce graphique nous montre le détail sur le rendement obtenu en fonction du calibre selon les modalités.

Lorsque l'on analyse le graphique 7 qui reprend le rendement global de chaque modalité, on note une nette augmentation du rendement concernant les modalités goutte à goutte. L'écart de rendement entre les deux modalités menées en goutte-à-goutte est anecdotique puisque la variation entre ces deux dernières est d'environ 2% en faveur de la modalité goutte à goutte surface. Cependant lorsque l'on compare cette valeur avec celle de la modalité menée en aspersion, on note là une différence notable puisque la différence entre les deux systèmes d'irrigation se situe aux alentours de 15%. Cet ordre de grandeur vient confirmer les résultats de l'essai 2022. En effet, l'an dernier déjà, une augmentation du rendement à hauteur de 15% avait été observée sur la modalité goutte à goutte enterré par rapport à la modalité aspersion.

En analysant le rendement de manière détaillée, la différence se fait surtout sur les calibres 55-60. En effet, en proportion, la modalité aspersion est composée de moitié moins d'ail de calibre 55-60 (-51%) par rapport aux modalités goutte à goutte. En comparant les modalités goutte à goutte entre elles, on constate un écart de seulement 6%.

Des différences non négligeables sont visibles également sur les calibres 60-65 avec une différence d'environ 8% entre les deux modalités goutte à goutte au profit de la modalité goutte à goutte surface.

Un écart important là aussi est observé entre les deux systèmes d'irrigation avec une variation de près de 15% en défaveur de la modalité conduite en aspersion.

Ces éléments viennent confirmer le compte-rendu d'essai 2022 où les mêmes observations dans les mêmes ordres de grandeur avaient également été notées.

Figure 8, 9, 10 : Répartition des calibres en fonction du nombre de bulbes selon les modalités

L'observation de ces graphiques viennent confirmer l'analyse vue précédemment. Là aussi, les modalités goutte à goutte sont respectivement meilleures que la modalité aspersion.

Effectivement, l'écart le plus significatif se situe là aussi sur le calibre 55-60 avec des différences entre chaque modalité. Un écart de +3% en faveur de la modalité goutte à goutte surface est apprécié face à la modalité goutte à goutte enterré. C'est ensuite un écart de près de 6% qui sépare la modalité goutte à goutte surface à la modalité aspersion.

Sur la saison 2021-2022, à quantité de volume d'eau identique apporté entre la modalité aspersion et goutte à goutte, le système de goutte à goutte s'était démarqué par un meilleur rendement et donc une productivité de l'eau optimisée par ce système. Ainsi, on pouvait en conclure une meilleure efficacité du système de goutte à goutte vis-à-vis de la ressource en eau.

Cette année, les modalités goutte à goutte ont été pilotées en suivant de manière stricte les courbes des sondes tensiométriques. Ainsi, la culture a été maintenue en zone de confort hydrique (primordial notamment au moment de la formation du bulbe qui impacte fortement le rendement). Cela a permis un rendement maximisé avec une ressource en eau non limitante. Pour conclure, cela signifie que le système de goutte à goutte permet un pilotage de l'irrigation pointu afin d'obtenir un rendement optimisé en gardant la culture en zone de confort hydrique. Malgré tout, cela comporte un élément non négligeable, celui de devoir apporter une quantité d'eau importante pour maintenir le sol humide et la culture en zone de confort hydrique. **Ceci vient à l'encontre de ce pourquoi le système de goutte à goutte est développé, à savoir permettre une économie d'eau tout en garantissant le rendement de la culture.**

Des éléments explicatifs détaillés sur la productivité de l'eau mise en évidence entre les modalités aspersion et goutte à goutte est calculée et commentée en annexes.

Remarque intéressante : A cela vient s'ajouter une quantité d'ail de calibre -40 en proportion beaucoup plus importante pour la modalité aspersion comme le montre le graphique ci-dessous.

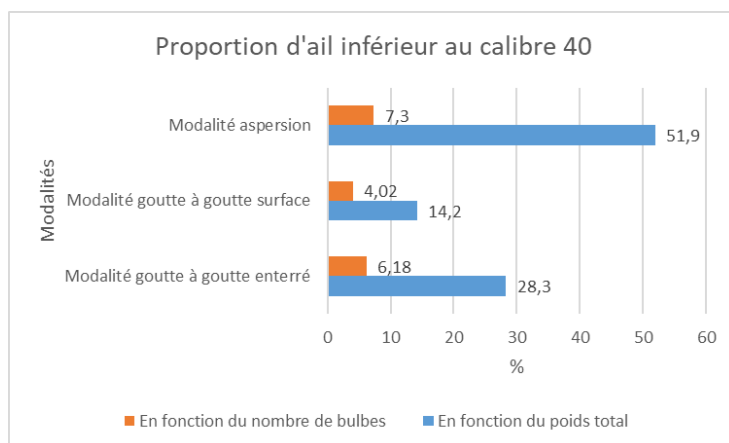


Figure 11 : Pourcentage d'ail de calibre inférieur à 40 selon chaque modalité

Discussions et Conclusions

Cette seconde année d'essai s'est avérée intéressante car elle a pu confirmer certains aspects de l'essai précédent notamment concernant le rendement potentiel en forte hausse par l'utilisation d'un système de goutte à goutte qu'il soit enterré ou en surface avec des différences significatives à hauteur de 15% sur le rendement global.

Cependant, d'autres aspects n'ont pas été analysés où les résultats semblent non exploitables par le fait que le printemps 2023 fut particulièrement humide par rapport aux références de ces dernières années. En effet, aucune différence significative n'a pu être constatée au sujet de l'enherbement et de la pression fongique dans sa globalité car les nombreuses précipitations ont grandement favorisé la pression enherbement (à partir du mois de mai) et fongique sur l'ensemble des modalités. Les résultats concernant ces deux indicateurs ne peuvent alors pas être pris en compte dans leur ensemble.

A propos d'un potentiel gain de la ressource en eau, là encore, le climat particulièrement pluvieux au printemps n'a pas pu permettre de vérifier une économie d'eau sur les modalités conduites en goutte à goutte. Aux vues du principe d'utilisation du système de goutte à goutte, à savoir un fractionnement important avec un apport de dose réduit, une année pluvieuse va engendrer un accroissement de l'utilisation de l'eau car le principe même du goutte à goutte est de maintenir la culture en zone de confort hydrique. Ce système prend alors tout son sens en période de stress hydrique important. Lorsque ce n'est pas le cas, il est beaucoup plus compliqué de mener l'irrigation de manière « linéaire » et les atouts du système de goutte à goutte sont alors estompés.

Certains avantages restent néanmoins indéniables quel que soient les conditions climatiques. On parle ici de :

- La capacité à automatiser ce système,
- Son aptitude à apporter l'eau directement à la rhizosphère des cultures et ainsi faciliter l'absorption de l'eau et également l'ensemble des nutriments essentiels au développement de la culture
- Sa facilité d'utilisation car non soumis à la contrainte du vent et aux restrictions d'eau.

D'autres questions restent aujourd'hui en suspens et notamment deux sujets majeurs que sont le coût d'implantation et les méthodes et techniques à mettre en place pour effectuer un travail du sol, et notamment par l'utilisation de la herse étrille et bineuse couplée au recours au système de goutte à goutte.

Néanmoins, nous avons pu déterminer un ordre de grandeur concernant l'achat de l'ensemble du matériel nécessaire pour équiper une parcelle d'un hectare en goutte à goutte. En effet, près de 5000 euros (4885.20 €) sont essentiels pour développer le goutte à goutte sur une surface d'un hectare. En parallèle, il faut rajouter à cela le temps de main d'œuvre à l'installation qui peut être fastidieux la première année. Sur les années suivantes, une très grande partie du matériel d'irrigation pourra être conservé, seul le temps de main d'œuvre à l'installation devra être comptabilisé. Il faudra alors compter sur une dizaine d'heures de travail pour doter une parcelle d'un hectare en système de goutte à goutte. Ce temps pourra être amorti plus tard par l'automation du système et ainsi permettre un gain de temps non négligeable en saison.

Des ajustements sur le matériel de désherbage mécanique devront également être apportés afin de rendre possible le désherbage mécanique même en présence des lignes de goutte à goutte.

Malgré les nombreux points de vigilance qu'il reste encore à éclaircir, il est certain que le principe même d'irrigation par goutte à goutte est la méthode sur laquelle nous devons nous appuyer afin d'imaginer et construire les méthodes d'irrigation de demain.

Valorisation

Comme nous avons pu le vérifier une fois de plus dans cet essai. En parallèle, un facteur limitant apparaît de plus en plus problématique, il s'agit de la main d'œuvre essentielle à la mise en place d'un système de goutte à goutte car ce dernier est très gourmand en main d'œuvre lors de sa mise en place.

En projection de cet essai de goutte à goutte, il serait également intéressant d'évaluer la capacité de ce système à valoriser les éléments nutritifs du sol disponible pour la plante et notamment l'azote qui est un élément hautement lessivable. Ainsi, le recours au goutte à goutte à fréquence régulière et dosage contrôlé pourrait permettre de mieux valoriser la ressource en azote et permettre également d'avoir recours à la fertirrigation.

Un point bloquant à l'installation d'un système de goutte à goutte en culture d'ail reste la possibilité de désherber la culture mécaniquement. Ainsi, un travail de réflexion important doit être apporté sur les herses étrilles et bineuse afin d'avoir la possibilité de travailler dans la parcelle tout en conservant les lignes de goutte à goutte.

La réutilisation du matériel est également un élément très important. Il faut alors ne pas sous-estimer l'organisation nécessaire et le temps de récupération du matériel d'irrigation notamment les lignes de goutte à goutte réutilisables qui devront être enroulées (afin de ne pas les détériorer) et stocker pour pouvoir les utiliser à nouveau lors des prochaines saisons.

Les annexes

| Indicateurs | Méthode |
|---|---|
| Mesure de la consommation d'eau pour chaque modalité | Relevé précis de chaque irrigation (date et quantité) |
| Suivi de l'enherbement | Evaluation globale d'enherbement pour chaque modalité lors de quatre notations (en sortie d'hiver et en cours de culture) |
| Notations fréquence de la pression sanitaire (rouille) Notation intensité de la pression sanitaire (rouille) | Comptage au cadre (0,6*0,6) et 6 relevés fixes (choisi aléatoirement). Le cadre devra impérativement comprendre le rang d'ail afin d'avoir une évaluation représentative du rang et l'inter-rang. Le rang est mesuré sur 30 cm tout comme l'inter-rang. |
| | Evaluation globale de la pression rouille pour chaque modalité lors de six notations significatives sur le mois de mai et juin. |
| | Comptage sur ligne fixe de 20 plantes |
| Mesure du rendement commercial Mesure du calibre Mesure du taux de déchets | Arrachage manuel des bulbes au moment de la récolte: selon six placettes aléatoires sur chaque modalité à surface identique sur un échantillonnage de 150 bulbes par modalité afin d'évaluer le peuplement et le rendement. Séchage des échantillons en conditions producteurs (palox ventilé). Reprise fin août de ces échantillons pour mesure du calibre et poids de chaque bulbe. |
| Remarques | *placettes au sein des bandes (modalités) considéré comme des fausses répétitions |

Tableau 1 : Suivi et explications des indicateurs et méthodes évalués

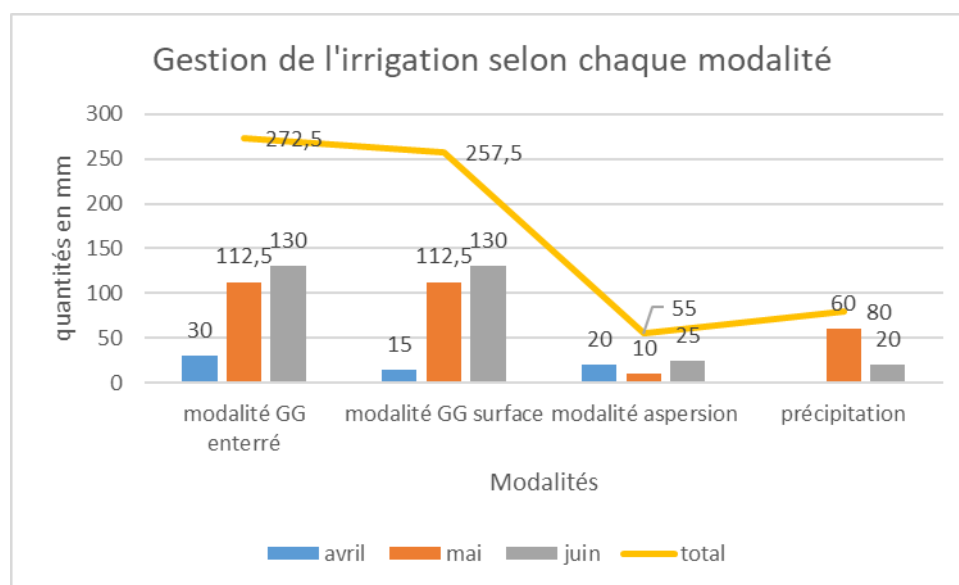


Figure 1 : Graphique permettant d'évaluer la productivité de l'eau

L'analyse de la figure 1 dans le détail a pour objectif de pouvoir faire le **lien entre le rendement final et la quantité d'eau apporté**. L'année 2023 a connu un printemps assez pluvieux et de grands écarts sont donc visible entre la modalité aspersion et goutte à goutte en terme d'apport d'eau car les modalités goutte à goutte ont été gérées dans le but de conserver la culture en zone de confort hydrique (par le principe d'arrosage en fréquence régulière et dosage limité), ce qui n'a pas été le cas pour la modalité aspersion, qui elle, ne peut être conduite qu'en alternant des passages en zone de stress puis d'excès hydrique car cette technique ne permet pas un pilotage de l'irrigation de manière pointue et ajustée. Nous verrons cela plus en détail dans les graphiques ci-dessous qui montrent le bilan hydrique par l'utilisation de sondes tensiométriques.

Par le calcul du rendement en lien avec la valorisation de l'eau, on peut déterminer que la modalité aspersion a pu valoriser **11,44 kgs d'ail pour 1 m3** d'eau d'irrigation utilisé. Ce calcul prend en compte, uniquement les apports d'eau et exclut donc les précipitations.

Quant aux modalités goutte à goutte, elles valorisent en moyenne **2,64 kgs d'ail pour 1 m3** d'eau d'irrigation utilisée. C'est-à-dire près de 5 fois moins que la modalité aspersion.

Cette différence très importante s'explique en premier lieu par les conditions défavorables à l'utilisation d'un goutte-à-goutte, c'est-à-dire un temps globalement très incertain et pluvieux où en parallèle, il est difficile de mettre en place un programme d'irrigation pointu et approprié à la situation. De fait, selon les conditions météo et l'objectif de rendement, le système d'irrigation de goutte à goutte n'aboutit pas obligatoirement à une moindre utilisation de la ressource en eau. Dans certains cas, c'est précisément l'inverse qui se produit.

Une seconde explication est à apporter au sujet de la pression enherbement. En effet, au sein de la modalité aspersion, la pression adventices a pu être correctement gérée par le passage d'outils mécaniques en premier lieu par la herse étrille puis par la bineuse. Ce qui n'a pas été le cas au sein des modalités goutte-à-goutte où par l'absence d'outils adapté à ce système d'irrigation innovant, le désherbage a dû être fait manuellement. Par une présence des adventices accrue par des conditions météo qui leur sont favorables, cette partie de l'essai a rapidement été gagnée par l'enherbement. Ainsi, une grande partie de l'eau apportée par le goutte-à-goutte a été captée par les adventices au détriment de la culture qui n'a pas pu valoriser cette eau pour le rendement final. Afin de maintenir la culture en zone de confort hydrique, les apports d'eau ont parfois donc été conséquent sans pour autant profiter à la culture elle-même.

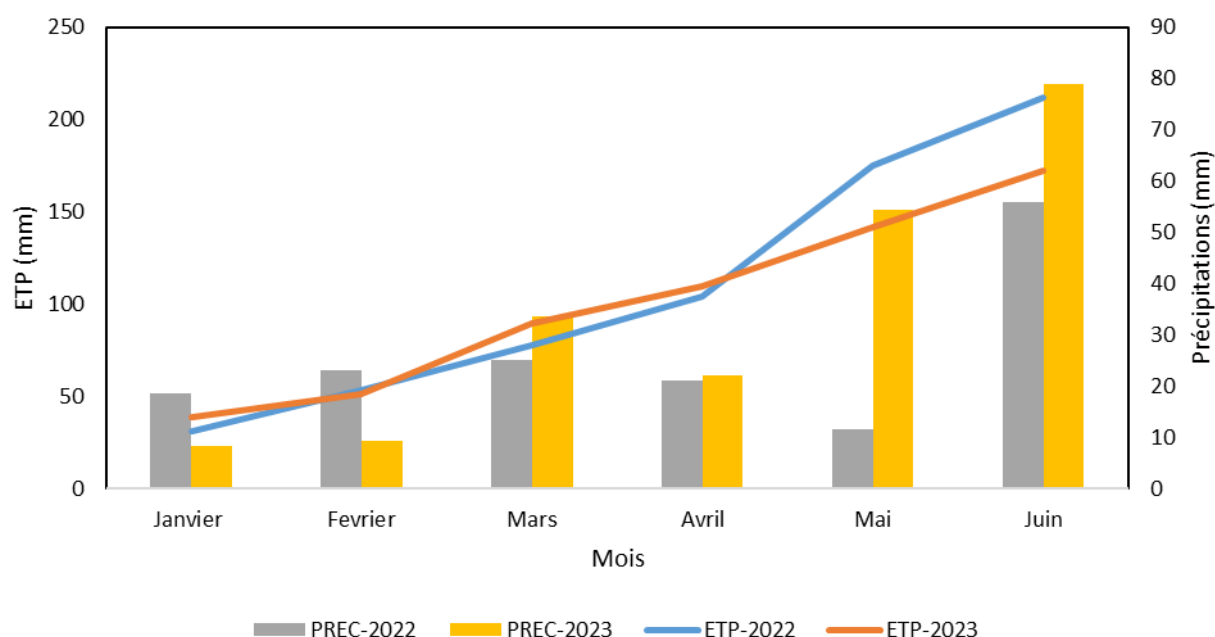


Figure : Comparaison météorologique des années 2022 et 2023 de l'évolution des précipitations et de l'ETP en culture d'ail

L'année 2023 a été marquée par de la précipitation et de l'évapotranspiration potentielle (ETP = demande en eau) particulièrement plus favorable à la croissance et au développement de la plante par rapport à l'année 2022. En effet, en 2023, d'une part, les précipitations notamment pendant les phases sensibles de la culture d'ail (stades bulbaison, grossissement et remplissage) étaient plus importantes pendant les mois de mars, avril, mai et juin, et d'autre part, les cumuls de l'ETP pendant ces mêmes périodes étaient plus faibles, par rapport à 2022.

| Décade | Mars | | | avril | | | Mai | | | Juin | | |
|----------------------------|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Stade de culture | debut levée | | | fin levée | | | Formation bulbe | | | Grossissement max | | |
| | Phase de croissance des feuilles | | | | | | | | | | | |
| Coefficient cultural Kc | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ETP | 21,6 | 24,2 | 32,1 | 24,5 | 41,8 | 37,8 | 41,5 | 63,9 | 70 | 66,4 | 93,9 | 60,2 |
| Besoin en eau en mm | 11 | 12 | 16 | 15 | 25 | 23 | 29 | 51 | 56 | 60 | 85 | 54 |
| Précipitation en mm | 0,6 | 17,2 | 7,2 | 9,4 | 4,2 | 7,4 | 9,8 | 0 | 1,8 | 2 | 0,4 | 53,5 |
| Déficit hydrique (mm) | -10 | 5 | -9 | -5 | -21 | -15 | -19 | -51 | -54 | -58 | -84 | -1 |

Tableau : Evaluation des besoins en eau de l'ail durant la campagne culturale (2022)

| Décade | Mars | | | avril | | | Mai | | | Juin | | |
|----------------------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Stade de culture | debut levée | | | fin levée | | | Formation bulbe | | | Grossissement max | | |
| Coefficient cultural Kc | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| ETP | 21,7 | 30,9 | 36,8 | 35,7 | 32,6 | 41,5 | 50,5 | 38,6 | 52,5 | 50,8 | 62,5 | 64,6 |
| Besoin en eau en mm | 11 | 15 | 18 | 21 | 20 | 25 | 35 | 31 | 42 | 46 | 56 | 58 |
| Précipitation en mm | 12 | 19,7 | 2 | 2,6 | 12 | 7,4 | 10 | 30 | 20 | 29,4 | 7,4 | 42,2 |
| Déficit hydrique (mm) | 1 | 4 | -16 | -19 | -8 | -18 | -25 | -1 | -22 | -16 | -49 | -16 |

Tableau : Evaluation des besoins en eau de l'ail durant la campagne culturale (2023)

S'agissant des besoins en eau des cultures, et les besoins en eau d'irrigation, vue les caractéristiques météorologiques de l'année 2023, les besoins en eau d'irrigation étaient moindres en 2023 en comparaison de l'année 2022. En 2023, on estime un déficit hydrique climatique (cumul d'ETP- cumul de Précipitation) de l'ordre de 184 mm (1840 m³/ha) tandis qu'en 2022, il était de l'ordre de 323 mm (3230 m³/ha), pour la période du janvier à juin.

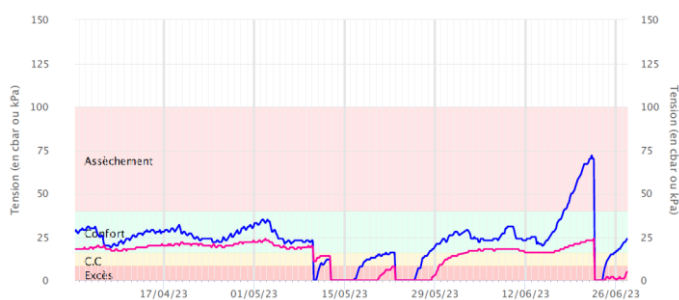


Figure 2 : Evolution des courbes de tension de l'eau dans le sol à 20 et 40 cm de profondeur en goutte-à-goutte enterré

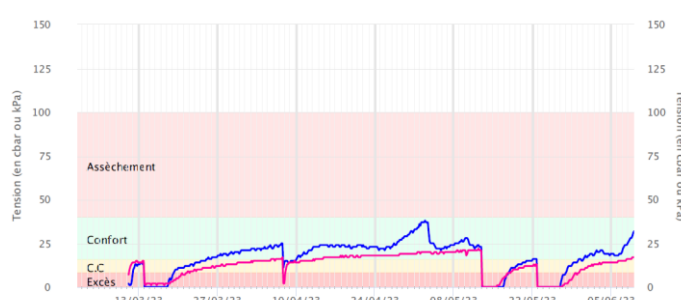


Figure 3 : Evolution des courbes de tension de l'eau dans le sol à 20 et 40 cm de profondeur en goutte-à-goutte de surface

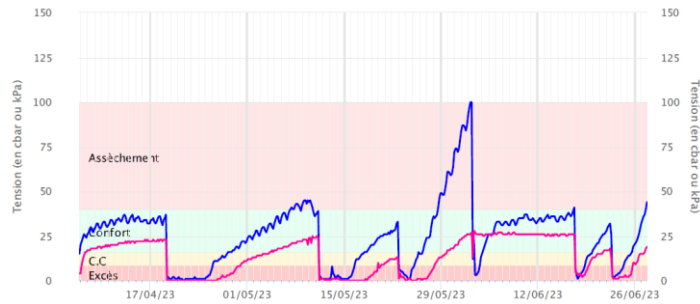


Figure 4 : Evolution des courbes de tension de l'eau dans le sol à 30 et 60 cm de profondeur en aspersion

Ces 3 graphiques montrent les évolutions de la disponibilité en eau du sol exprimée en tension (cbar) pour chacune des modalités du mois d'avril (début des irrigations) au mois de juin (récolte).

Les deux modalités goutte à goutte ont été menées sensiblement de la même manière. Ainsi, on peut donc remarquer sur l'ensemble des 2 courbes, des passages brefs en zone d'excès hydrique notamment à cause des précipitations qui ont eu lieu au mois de mai (9-13 et 22 mai). Le reste du temps, la courbe oscille dans la partie verte, zone correspondant au confort hydrique de l'ail et ceci jusqu'à quelques jours précédant la récolte, date à laquelle l'irrigation a été stoppée. Ceci a été permis grâce au pilotage de l'irrigation par système de goutte-à-goutte. On peut donc clairement noter que ce système optimise et rend possible le pilotage précis de l'irrigation de la culture.

Ce qui n'est pas le cas concernant la figure 4, qui elle est conduite avec un système d'aspersion. On voit clairement une succession de passages entre un stress puis un excès hydrique engendré par l'utilisation de la couverture intégrale.

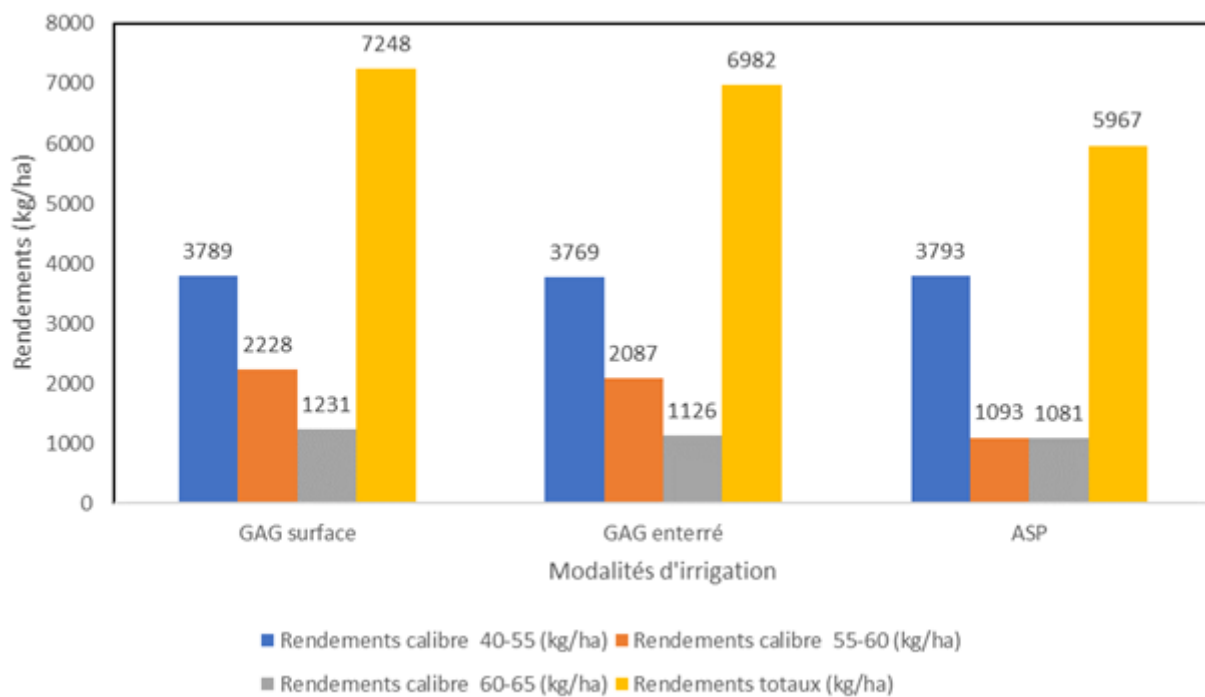
Aux vues de l'étude du calibre et du rendement de la culture d'ail, on peut soutenir l'hypothèse que maintenir la culture en zone de confort hydrique permet de favoriser un ail à meilleur calibre et donc à rendement potentiel plus élevé.

Point de vigilance : le couplé goutte-à-goutte et sonde tensiométrique présente en effet des potentiels pour optimiser l'irrigation et être performant sur l'aspect production. Néanmoins, la maîtrise in-fine de la technique de pilotage, du dimensionnement adéquat du système, l'évaluation des besoins en eau des cultures, sont nécessaires pour exploiter au maximum le potentiel de performance du système d'irrigation goutte-à-goutte.

Il faut également réduire au maximum l'infestation des adventices. En effet, la pression sur la compétition, tant sur la ressource en eau et sur les éléments nutritifs, est plus marquée en système irrigué en goutte-à-goutte que l'aspersion. Se partager 3 mm par 2 espèces différentes est plus contraignant que 10 ou 20 mm d'apport avec l'aspersion.

Pourquoi plus d'irrigation sur les modalités goutte-à-goutte que sur l'aspersion ?

- Forte compétition entre l'ail et les adventices (parcelle plus sale par rapport à l'aspersion)
- Les contraintes liées à l'automatisation (difficultés d'optimisation en cas de précipitation)



Graphique : Synthèse des données de rendement par hectare

| | Rendements calibre 40-55 | | | Rendements calibre 55-60 | | | Rendements calibre 60-65 | | | Rendements totaux | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------|-----|---------------------------------|-------------|-------|---------------------------------|-------------|------|---------------------------------|-------------|------|
| | Modalité irrigation GAG surface | GAG enterré | ASP | Modalité irrigation GAG surface | GAG enterré | ASP | Modalité irrigation GAG surface | GAG enterré | ASP | Modalité irrigation GAG surface | GAG enterré | ASP |
| Modalité irrigation GAG surface | 0% | -1% | 0% | 0% | -7% | -104% | 0% | -9% | -14% | 0% | -4% | -21% |
| GAG enterré | 1% | 0% | -1% | 7% | 0% | -91% | 9% | 0% | -4% | 4% | 0% | -17% |
| ASP | 0% | 1% | 0% | 104% | 91% | 0% | 14% | 4% | 0% | 21% | 17% | 0% |

Tableau : Synthèse des comparaisons des performances des différents systèmes d'irrigation