



Laitue

Gestion de l'IRRIgation associée à des stratégies bas intrants pour réduire les pollutions d'origine agricole et améliorer la QUALité des productions



2024-2025

Claire Goillon, Louane Carruolo, APREL - Isabelle Boyer, Simon Cordier, CRIIAM Sud - Alexandra Candeille, CETA Durance-Alpilles

Essai réalisé dans le cadre du projet LIRRIQUE : Gestion de l'IRRIgation associée à des stratégies bas intrants pour réduire les pollutions d'origine agricole et améliorer la QUALité des productions



Réalisé avec le soutien financier de :



Résumé

Dans le but de limiter la consommation des ressources (eau, engrais, produits phytosanitaires), les maraîchers utilisent des outils de pilotage et sont en recherche permanente d'innovations. Le projet Lirrique cherche à combiner les OAD existants et de nouvelles techniques comme le système de restructuration de l'eau. Le système Homeo Dekalc (Traitagri Centre) est testé pendant 3 ans dans une parcelle en rotation laitue/tomate, en cherchant à évaluer les effets sur la production, la qualité, l'économie d'engrais, d'eau et de produits phytosanitaires

Deux années d'essai (2022-2023 et 2023-2024) n'ont pas montré d'effet de l'eau restructurée sur la performance de la culture (poids moyen des salades, état sanitaire à la récolte), même en appliquant une réduction de fertilisant. Pour cette année, le traitement de l'eau est testé en combinaison d'une conduite plus restreinte en intrants phytosanitaires. Des apports de biostimulants à base de spiruline et de silice sont également testés pour améliorer la tenue après récolte.

Mots clés : Eau restructurée, économie d'eau, système bas intrant, OAD, biocontrôle

1- Contexte et objectifs de l'essai

L'activité agricole est dépendante de nombreuses ressources naturelles menacées. Dans le but de limiter la consommation de ces ressources et de préserver leur qualité, certains outils de pilotage sont utilisés en maraîchage (sondes tensiométriques ou capacitives, méthode PILazo, Nitratest) mais d'autres innovations plus récentes restent à valider sur le terrain. C'est le cas de la restructuration de l'eau qui permettrait d'optimiser le pouvoir mouillant de l'eau (meilleure pénétration et rétention dans le sol), d'améliorer l'efficacité des traitements phytosanitaires, de favoriser la dissolution des minéraux et donc leur assimilation par la plante mais également de stimuler les racines et limiter le développement bactérien grâce à une augmentation de la concentration en oxygène de l'eau. Autour de cette innovation, le projet LIRRIQUE cherche à construire une stratégie de production bas intrant pour la laitue et la tomate

Une première année d'essai a évalué la restructuration de l'eau d'irrigation sur une culture de laitue sans modification d'autres paramètres (2022-2023). Les essais des deux années suivantes (2023-2024 et 2024-2025) ont pour objectif d'associer une réduction des intrants (eau, fertilisant, produits phytosanitaires) au traitement de l'eau. Des applications de Silice en fin de cycle sont également évaluées comme en 2023-2024 pour améliorer la tenue après la coupe.

2- Facteurs et modalités étudiés

Dans une parcelle de laitue, une partie de la surface est irriguée avec de l'eau restructurée (Chapelle C2) et conduite avec une réduction d'intrants. Deux parcelles témoins (C1 et C3) permettent d'évaluer l'effet de l'eau restructurée et l'effet de la réduction d'intrants.

Des micro-placettes de 6 m² (environ 84 salades) sont définies pour tester des biostimulants de manière indépendante potentiellement favorables à une amélioration du développement et de la résistance de la laitue à différents stress :

- Basfoliar Spyra SL (Compo) à base de micro-algues appliqué en début de cycle
- Basfoliar Si (Compo) à base principalement de Silice, appliqué en fin de cycle pour renforcer la tenue des laitues après la coupe

L'essai comprend donc 8 modalités :

	Restructuration de l'eau	Réduction d'intrants	Application de Silice	Application de Spyra	
C1_FDC		X			Témoin conduite bas intrant
C1_FDC_Si		X	X		Témoin conduite bas intrant + Silice
C1_FDC_Spyra		X		X	Témoin conduite bas intrant + Spyra
C2_FDC_HD	X	X			Conduite bas intrant + eau restructurée (Feuille de chêne)
C2_Bata_HD	X	X			Conduite bas intrant + eau restructurée (Batavia)
C3_Bata					Témoin conduite producteur
C3_Bata_Si			X		Témoin conduite producteur + Silice
C3_Bata_Spyra				X	Témoin conduite producteur + Spyra

3- Matériel et méthodes

3.1 - Site d'implantation

L'essai est réalisé chez M. Eric Bres à Saint-Rémy-de-Provence (13), dans une multichapelle plastique de 3500 m², orientée Est/Ouest. Système de production conventionnel

Le système Homéo Dekalc est installé sur l'arrivée d'eau de forage d'une des chapelles et permet de traiter l'eau sur le réseau d'aspersion (voir compte-rendu 2022-2023)

3.2 - Dispositif expérimental

La figure 1 présente la disposition de chaque modalité et des zones de prélèvements. La chapelle plus au sud correspond à la modalité C1_FDC. La chapelle C2 traitée avec Homeo Dekalc est plantée avec une moitié feuille de chêne et moitié batavia. Enfin, la chapelle C3 correspond à la modalité non traitée avec des batavias (témoin producteur).

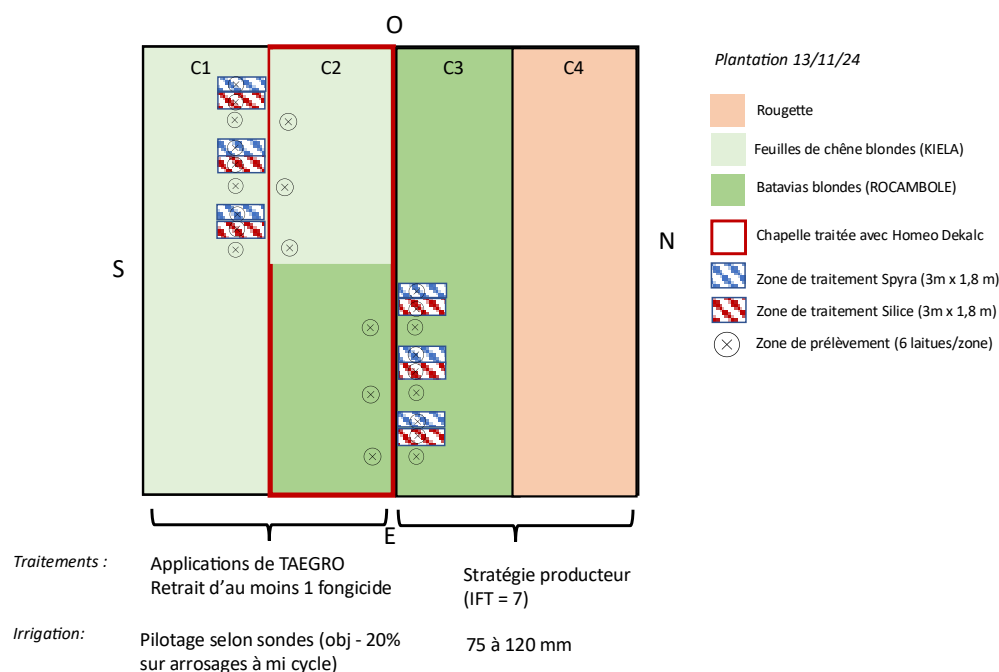


Figure 1 : Dispositif expérimental sur laitue (projet LIRRIQUE, 2024)

3.3 – Données culturelles

Variétés	Feuille de chêne blonde : Modane de la société Vilmorin Batavia blonde : Rocambole de la société Vilmorin
Densité	14 plants/m ²
Date de plantation	13/11/2024
Date de récolte	19/02/2024 (100j)

3.4 - Observations et mesures

Suivi climatique

- Une sonde Sencrop est installée dans la multichapelle avec relevés de température, hygrométrie et Humectation foliaire

Suivi de l'irrigation (CRIIAM Sud) :

- Des sondes capacitatives ont été positionnées dans la chapelle 2 (eau traitée) et 3 (témoin) afin de suivre l'évolution de l'eau dans le sol.
- Evaluation des quantités d'eau apportées

Rendement :

- Récolte de 18 laitues/modalité, mesure du poids brut individuel puis du poids après parage.
- Evaluation de la teneur en eau des laitues : sur 6 laitues parées/modalité, 1/4 de chaque laitue est prélevé, pesé puis mis en sachet papier. Après passage à l'étuve (70°C pendant 24h puis 50°C pendant 20h), les échantillons sont pesés individuellement pour calculer le % de Matière sèche.

Qualité des laitues

- Evaluation de la tenue après récolte sur 3 critères (tenue, flétrissement, brunissement du collet), après 4j et 8j de conservation. Echantillons de 6 laitues/modalité
- En fin de culture, des prélèvements de jeunes feuilles et vieilles feuilles sont réalisés pour envoi au laboratoire Novacrop et analyse foliaire complète de 23 éléments.
- A la récolte, 3 laitues entières sont prélevées pour les modalités Témoin et Lirrique dans les 2 typologies (Feuille de Chêne et Batavia). Analyses multi résidus réalisées par le laboratoire Eurofins

Qualité de l'aspersion

- Evaluation de l'homogénéité et du mouillage de l'aspersion sur feuille de papier noir

Analyse statistique :

- Pour les mesures de poids des laitues, vérification des données par le test de Shapiro-Wilk pour la normalité des données permettant ensuite la réalisation d'une Anova. Test non paramétrique de Kruskal-Wallis si les données ne suivent pas la loi normale (comparaison des médianes des groupes).

4- Résultats

4.1 Mise en œuvre des modalités

Réduction de fertilisation

Des analyses de sol et des nitrates ont été réalisés en octobre, à la fin des cultures de tomate pour calculer la fumure nécessaire à la salade (Annexe 1).

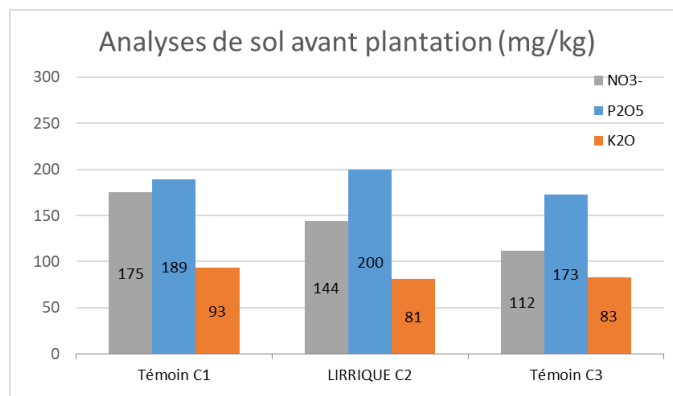


Figure 2 : Analyses des éléments minéraux NPK disponibles dans le sol avant plantation (en mg/kg). Valeurs issues du Nitratetest pour NO3- et d'une analyse base échangeable pour P2O5 et K2O

Les analyses révèlent un sol avec un bon taux de matières organiques (entre 5.4 et 5.7%), très bien pourvu dans tous les éléments sauf en potasse. On note un gradient de Nitrates sur les 3 chapelles avec des teneurs plus élevées dans la chapelle C1. La parcelle traitée avec l'eau restructurée ne présente pas plus de Nitrates contrairement aux analyses de l'année précédente.

Les teneurs en phosphore sont très proches entre les 3 chapelles et permettent de réaliser une impasse selon la grille de raisonnement du projet REVEIL utilisé dans le projet.

Comme les années précédentes, les teneurs en potasse sont inférieures aux valeurs standard des sols et nécessiteraient un apport d'environ 270 unités mais l'apport de sulfate de potasse surchargerait le sol en soufre alors qu'il est déjà excédentaire.

Avec le délai très court de réflexion avant l'apport de fumure, le producteur a choisi d'apporter un amendement organique de Tourteau de Ricin (4.5 – 2-1) pour l'ensemble des modalités, à hauteur de 2.3 T/ha compte tenu de la présence importante de nématodes sur tomates. Le ricin permet en effet de freiner le développement des nématodes. L'apport a été réalisé le 7 Novembre, soit une semaine avant la plantation.

Réduction d'eau

La conduite du producteur étant déjà optimale et peu importante sur laitue (120 mm pour la saison 2022-2023, 75 mm pour la saison 2023-2024), les irrigations n'ont pas été différenciées.

Réduction de traitements phytosanitaires

L'IFT pour la culture de laitue était de 7 pour 2022-2023 et 6 pour 2023-2024 comprenant 4 à 5 fongicides. Les résultats d'essais du Taegro (*Bacillus amyloliquefaciens*) contre pourriture du collet en feuille de chêne rouge sur la saison 2023-2024 permettent d'envisager l'intégration de ce produit de biocontrôle en substitution d'1 ou plusieurs fongicides. En concertation avec le producteur et sa conseillère, il est convenu d'appliquer Taegro 15j après plantation et de le renouveler 2 fois dans la modalité Lirrique (C2) et le témoin bas intrant (C1). Une application de fongicide chimique est supprimée dans ces modalités (Annexe 3)

3 applications de Taegro à la dose de 0.370 kg/ha sont réalisées par le producteur dans C1 et C2 : 27/11 – 3/12 – 18/12

Application de Basfoliar Spyra

Le produit Basfoliar Spyra a été fourni par la société COMPO. La dose recommandée est de 2L/ha à appliquer après reprise des plants. Des placettes de 3m x 1.80m (5.4 m² soit environ 75 laitues) sont définies dans C1 et C2. 3 placettes de Feuille de chêne (C1) et de batavia (C2) reçoivent les traitements de Spyra, appliqués avec des petits pulvérisateurs à main. Un volume de 7 mL dans 3L d'eau est utilisé pour couvrir les 6 placettes de l'essai (32.4 m²), représentant un mouillage de 860 L/ha.

3 applications de Basfoliar Spyra sont réalisées sur les placettes en début de culture : 30/11 – 6/12 – 13/12

Application de Basfoliar Si (silice)

Le produit Basfoliar Si a été fourni par la société COMPO. La dose recommandée est de 2L/ha à appliquer environ 10j avant récolte. Des placettes de 5.4 m² positionnées à côté des placettes traitées avec Basfoliar Spyra reçoivent des applications de Basfoliar Si dans les mêmes conditions que ci-dessus

4 applications de Basfoliar Si sont réalisées sur les placettes avant la récolte : 28/01 – 31/01 – 3/02 – 6/02

4.2 Observations culturelles

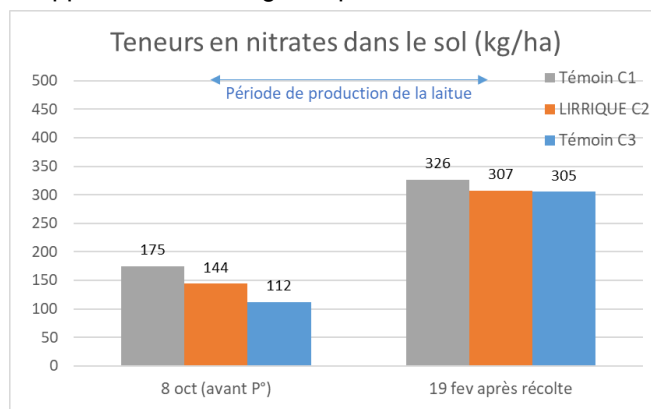
Développement de la culture sans problème particulier et sans différence visible entre les modalités.

La chapelle 1 présente des lignes de salades moins développées sur les rangs de plantation de tomate de l'été.

Suivi des nitrates

Les teneurs en nitrates sont peu élevées dans le sol avant la plantation. Après récolte, les teneurs sont plus homogènes et ont augmenté (aux alentours de 300 unités). Cette augmentation est probablement due à la minéralisation de la matière organique du sol durant la culture.

Figure 3 : Relevés des nitrates dans le sol, effectués autour du cycle cultural de la laitue



Suivi climatique

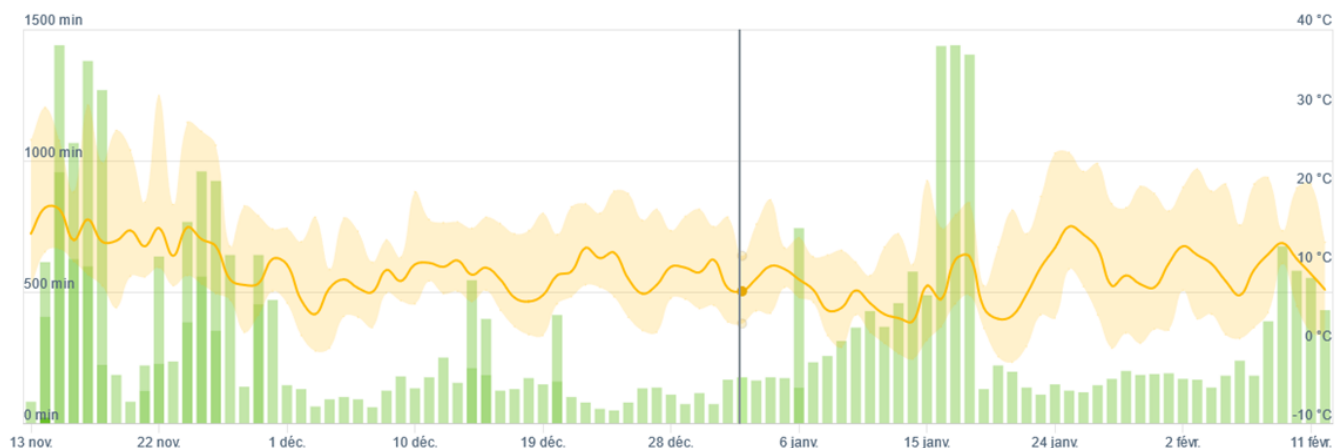


Figure 4 : relevés climatiques de la sonde Sencrop pendant la culture de laitue. Humectation foliaire en min/h (histogrammes verts) et température en °C (courbe orange)

La culture de salade s'est déroulée du 13/11 au 19/02. Le graphique ci-dessus retrace les conditions climatiques (température dans la serre) durant la culture.

L'humectation foliaire est observée tout au long de la culture et particulièrement élevée sur les périodes d'arrosage. Cette humidité permanente des feuilles est propice au développement des maladies fongiques.

Suivi sanitaire

L'année se caractérise par une pression fongique élevée liée aux températures douces de l'hiver. Cependant, aucun problème sanitaire n'a été observé dans la culture avec le programme de protection appliqué. La culture a reçu 2 applications d'insecticides et 4 applications de fongicides, portant l'IFT à 6 pour cette culture comme l'an dernier. La substitution d'un fongicide par le Taegro a permis de réduire l'IFT à 5 fongicides chimiques dans la modalité Lirrique.

En fin de culture, un dénombrement des salades pourries (= non récoltable, dite « fondues ») a été fait sur l'ensemble des placettes, et ne représente que 0,44% sur les batavias (modalité témoin). Pour les feuilles de chêne, plus sensibles à la fonte, on observe au maximum 3,4% de fontes sur la modalité traitée à l'eau restructurée (fig 4).

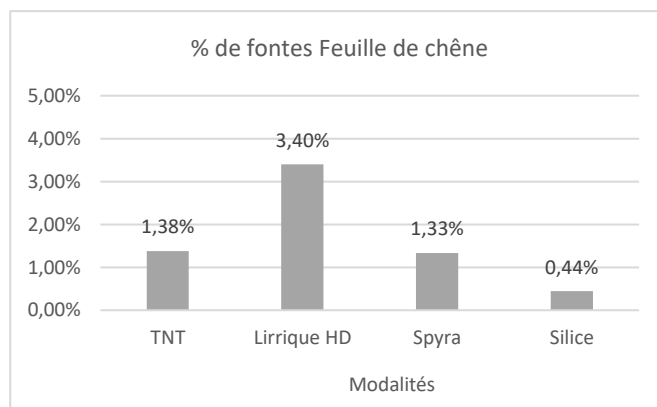


Figure 4 : Relevés des salades touchées par une pourriture du collet (fondues) à la récolte dans les différentes modalités
Feuille de chêne sur placettes entières

Lors des récoltes, les observations précises des dessous montrent la présence de brunissement ou de développement de botrytis sur les feuilles ou le collet. Une échelle de S0 (pas de symptôme) à S4 (pivot cassant) est utilisée.

- S0 = pas de symptôme
- S1 = symptômes sur <3 feuilles
- S2 = symptômes sur >3 feuilles
- S3= sporulation visible/forte sur au moins 2 feuilles
- S4= pivot cassant OU non commercialisable

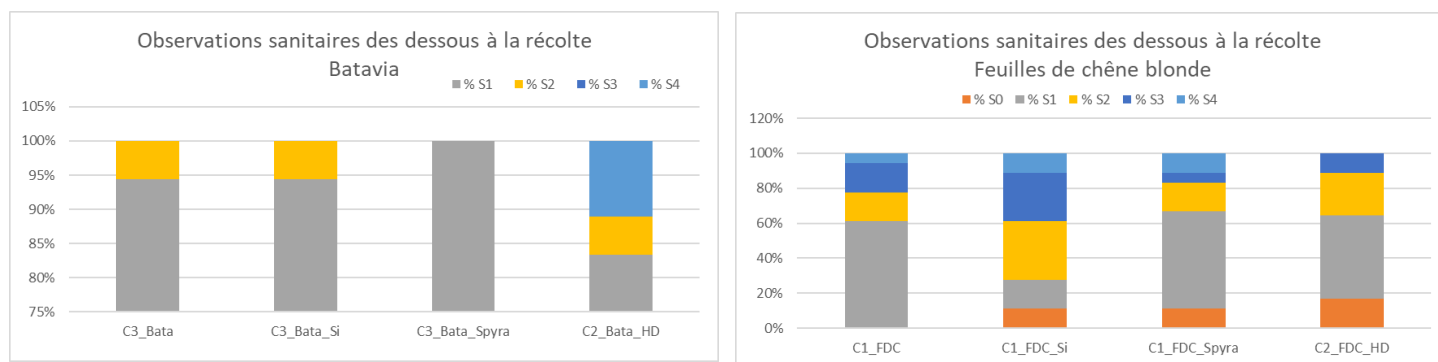


Figure 5 : Proportion de salades touchées par des nécroses fongiques au collet et sur les feuilles basales au parage (18 salades observées par modalité)

Les batavias ne présentent quasiment pas de symptôme, sauf pour la modalité traitée à l'eau restructurée qui atteint 11% de S4. Les feuilles de chêne sont globalement plus marquées que les batavias, la modalité avec silice présente des symptômes plus marqués.

Suivi de l'irrigation

Les sondes capacitatives permettent de suivre l'évolution de l'humidité du sol sur les parcelles irriguées avec l'eau restructurée et le témoin. Ce suivi fait l'objet d'un compte-rendu par un autre partenaire du projet (CRIIAM Sud)

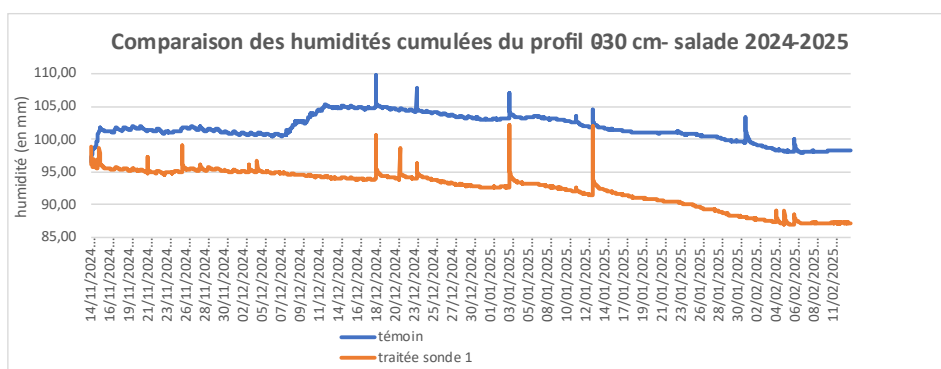


Figure 6 : Courbes d'évolution comparative de l'humidité du sol sur culture de salade entre la modalité traitée avec Homeo Dekalc et la modalité témoin

La courbe de la modalité avec l'eau traitée HD reste en-dessous de la modalité témoin (Fig 6), notamment en fin de cycle comme les années précédentes. L'évolution de l'humidité dans le sol est similaire si ce n'est une différenciation de l'humidité à la hausse au 17/12/2024 sur la modalité témoin.

Les apports se sont concentrés à la plantation avec 1h30 d'irrigation soit un apport théorique de 20 mm d'eau. Les apports suivants sont ponctuels et avec un temps limité compris entre 30 à 15 min (pics visibles sur les courbes). Les pluviomètres ont enregistré 32 mm sur la modalité témoin et 35 mm d'apports d'eau sur la modalité traité HD.

Les conditions de culture n'ont pas nécessité beaucoup d'eau et la conduite a été optimale avec un volume cumulé théorique très faible de l'ordre de 50 mm. Ces volumes d'eau n'ont pu être vérifiés : le producteur n'a pas noté les temps d'irrigation et n'a pas souhaité faire de test de pluviométrie pour des raisons sanitaires.

Ce volume d'eau n'a donc pas permis pas de faire de différenciation de pilotage sur les modalités.

4.3 Evaluation du rendement

La récolte a été effectuée le 19 février 2025 sur un cycle de 100j.

➤ Poids individuel des laitues après parage

Valeurs moyennes obtenues sur les pesées individuelles de 18 salades par modalité. Les laitues sont pesées avant parage (poids brut) et après parage des feuilles jaunies et abimées (poids net ou poids paré) pour la commercialisation.

Tableau 3 : Moyennes des résultats des pesées à la récolte dans les différentes modalités

	Poids moyen brut (g)	Ecart type	Poids moyen net (g)	Ecart type	% déchet
C1_FDC	369	26	328	26	11%
C1_FDC_Si	377	23	331	21	12%
C1_FDC_Spyra	361	27	319	24	12%
C2_FDC_HD	314	29	279	27	11%
C3_Bata	408	35	339	29	17%
C3_Bata_Si	415	38	349	36	16%
C3_Bata_Spyra	409	23	338	20	17%
C2_Bata_HD	409	29	345	21	16%

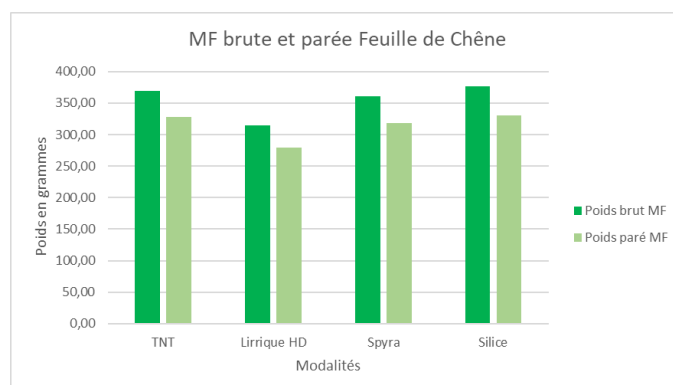
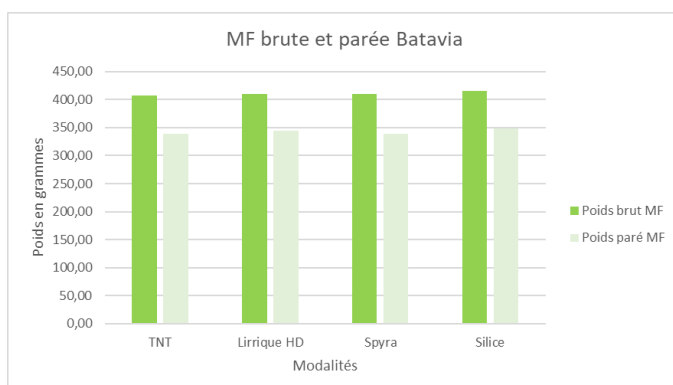


Figure 6 : Poids moyens (bruts et nets) mesurés à la récolte dans les différentes modalités

Le taux de parage est identique d'une modalité à l'autre pour chaque typologie.

Analyse statistique des poids moyens

Batavias :

Selon le test de Shapiro-Wilk, les données ne suivent pas une distribution normale ($p\text{-value} = 0.01546 < 0.05$). Avec le test de Kruskal-Wallis les résultats sont les suivants : $\chi^2 = 0.27824$, $df = 3$, $p\text{-value} = 0.9641$.

⇒ il n'y a donc pas de différence significative entre les modalités pour le poids moyen brut des Batavias ($p\text{-value} > 0.05$)

Feuilles de Chênes :

Pour cette typologie le résultat du test de Shapiro-Wilk ($W = 0.97471$, $p\text{-value} = 0.168$) indique que les données suivent une distribution normale ($p\text{-value} > 0.05$). Au vu de la petite taille de l'échantillon analysé (moins de 20 salades) le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été utilisé. Les résultats sont les suivants : $\chi^2 = 30.247$, $df = 3$, $p\text{-value} = 1.224e-06$

Cela montre qu'il y a des différences significatives entre au moins deux modalités. Après avoir appliqué un test de Dunn, on identifie la modalité Lirrique différente des trois autres modalités :

⇒ le poids moyen brut des feuilles de chêne de la modalité Lirrique est significativement inférieur aux autres modalités.

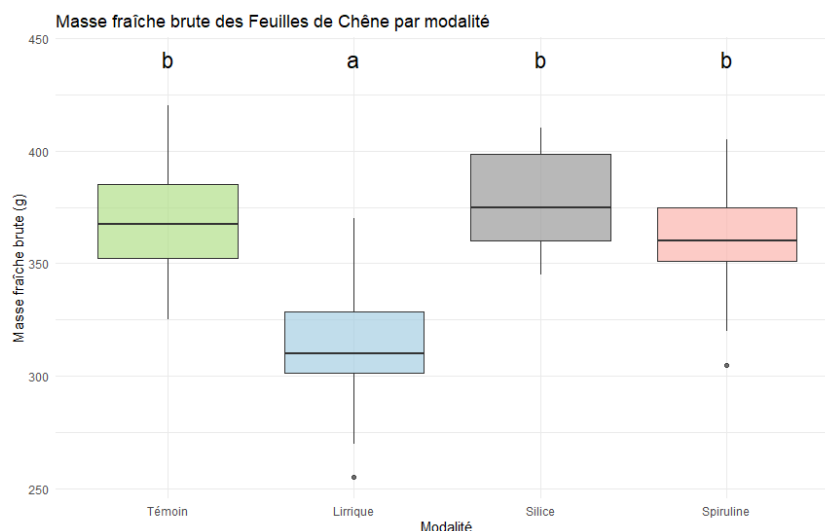


Figure 7 : Représentation graphique des différences de masse fraîche brute FDC selon les modalités

➤ Pourcentage de matière sèche des laitues

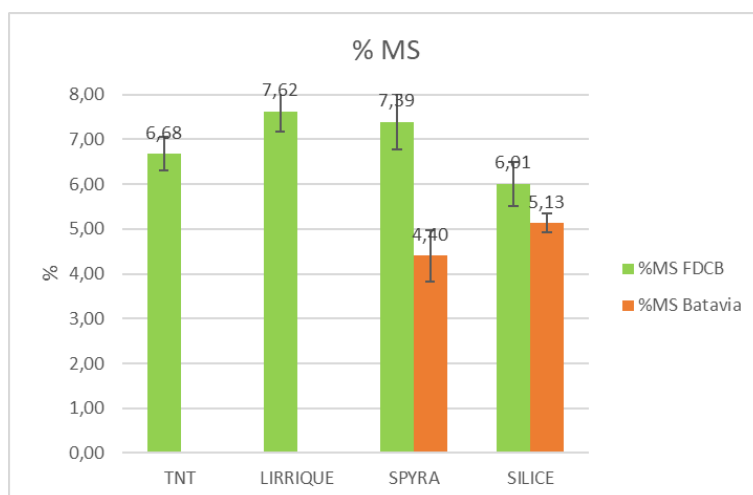


Figure 8 : Pourcentage de matières sèche (MS) mesurés à partir des échantillons de chaque modalité

Les mesures de matière sèche varient de 4.4 à 7.6% avec une tendance à plus de matière sèche dans les feuilles de chêne blondes. Pour les batavias, les modalités Témoin (TNT) et Lirrique n'apparaissent pas car elles ont été mélangées lors des manipulations.

Analyse statistique des mesures de matière sèche

Batavias :

Avec le test de Kruskal-Wallis, les résultats sont les suivants : chi-squared = 2.2721, df = 3, p-value = 0.5179.

- ⇒ Il n'y a donc pas de différence significative entre les modalités pour le pourcentage de matière sèche des Batavias (p-value > 0.05).

Feuilles de Chênes :

Avec le test de Shapiro-Wilk, les résultats sont les suivants : chi-squared = 6.6838, df = 3, p-value = 0.08269.

- ⇒ Il n'y a donc pas de différence significative entre les modalités pour le pourcentage de matière sèche des feuilles de chêne (p-value > 0.05)

La p-value étant cependant assez proche de 0.05, il se pourrait que les données suivent une tendance ou un faible effet d'une des modalités, d'autant plus que la taille de l'échantillon est petite. La représentation graphique (Figure 9) permet d'identifier cette tendance non significative : la modalité Lirrique semblerait avoir un pourcentage de matière sèche plus élevé que les autres modalités.

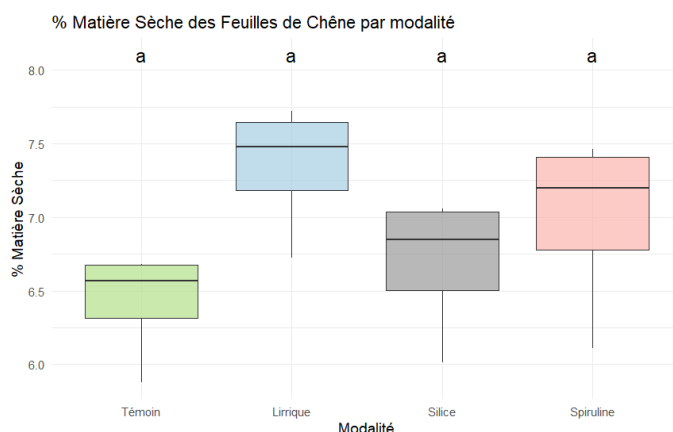


Figure 9 : Représentation graphique des différences non-significatives de pourcentage de MS de FDC selon les modalités

4.4 Evaluation de la qualité de production

➤ Analyses foliaires

Les prélèvements de feuilles ont été réalisés le 18 février, au stade récolte sur des jeunes feuilles et vieilles feuilles de 3 modalités (Témoin, Lirrique et Spyra) sur feuille de chêne et batavia. Les analyses portent sur une vingtaine de paramètres : sucre total, Ec, PH, éléments majeurs (K, Ca, Mg, Na, NH₄, Na, NO₃, N total, Cl, S, P) et oligo-éléments (Si, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo, Al)

Les résultats en annexe permettent de comparer graphiquement les 3 modalités entre elles. La visualisation de ces graphiques n'a pas permis d'identifier de tendances entre jeunes feuilles et vieilles feuilles ou entre typologies. Aucune analyse statistique visant à montrer des différences de composition foliaire selon les modalités n'a donc été poussée. Cela nous indique donc pour l'instant que ni le traitement à l'eau restructurée ni celui au biostimulant Basfoliar Spyra n'ont d'effets clairs sur la composition foliaire des salades.

➤ Tenue post-récolte

Analyse statistique des mesures de matière sèche

Batavias :

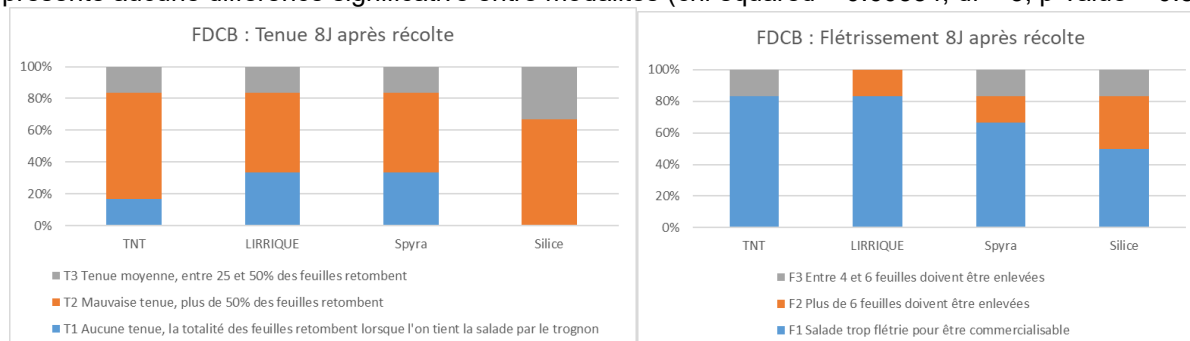
La confusion de 2 caisses d'échantillonnage (Lirrique et témoin) ne permet pas d'analyser correctement l'ensemble des modalités sur la tenue post-récolte. Seules les modalités Spyra et Silice sont comparables et ne montrent pas de différence de comportement à 4 et 8j après récolte.

Feuilles de Chênes :

D'après les mesures réalisées dans nos conditions d'essai, la modalité avec Silice se distingue des autres modalités avec une meilleure tenue après 8j de conservation (résultats similaires à l'an dernier). Cependant, des analyses statistiques (Test de Kruskal-Wallis) n'ont montré aucune différence significative dans la dégradation de la tenue au cours du temps des modalités (chi-squared = 1.2525, df = 3, p-value = 0.7404). Nous ne pouvons donc pas affirmer qu'un des traitements améliore le témoin.

Les observations du flétrissement vont dans le même sens pour la modalité Silice qui présente moins de salades non commercialisables que les autres modalités.

Enfin, pour ce qui est de l'évolution du brunissement du collet, il est comparable entre les modalités et ne présente aucune différence significative entre modalités (chi-squared = 0.60354, df = 3, p-value = 0.8956).



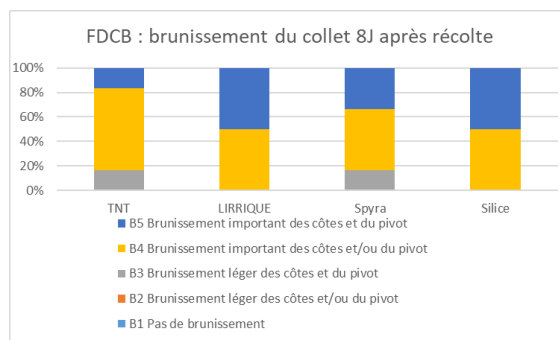


Figure 10 : Notations de conservation à J8 sur feuilles de chêne blonde : Tenue-Flétrissement et brunissement du collet (en % de salades par catégorie)

Ces résultats ne permettent pas de mettre en avant un effet de l'eau restructurée avec Homeo Dekalc ou du biostimulant Basfoliar Spyra sur la conservation des laitues. Sur feuille de chêne, un effet de la silice peut être intéressant à suivre sur la tenue et le flétrissement des salades.

➤ Analyse multi résidus

Avant la récolte, un échantillonnage de 5 salades dans la modalité témoin et la modalité traitée avec l'eau restructurée HD ont été pris à la fois pour les Feuilles de chêne et les batavias afin de réaliser une analyse multirésidus. Cette analyse peut permettre de détecter des différences d'assimilation de substances entre les modalités et de voir l'effet de la réduction d'un fongicide.

Molécules		Batavia		FDCB		LMR
		Lirrique mg/kg	TEMOIN mg/kg	Lirrique mg/kg	TEMOIN mg/kg	
Boscalide	<i>Signum</i>		0,016	0,17	0,16	50
Pyraclostrobine	<i>Signum</i>			0,023	0,021	2
Propamocarbe	<i>Infinito, Previcur Energy</i>	1,1	1,5	0,28		2
Fluopicolide	<i>Infinito</i>	0,29	0,44	0,78	0,54	6
Fluopyram	<i>Luna sensation</i>	0,052	0,091	0,083	0,11	15
Mandipropamide	<i>Revus</i>	0,068	0	0,96	0,85	25
Cumul		1,51	2,05	2,30	1,681	
%LMR		1,5%	2,0%	2,3%	1,7%	

Les résultats d'analyse permettent de détecter la présence de plusieurs molécules, toutes liées à l'application de fongicides. Les valeurs sont inférieures aux LMR retenues par la législation européenne sur ces produits et permettent la commercialisation des salades.

La comparaison des modalités ne met pas en évidence de différence en lien avec le traitement à l'eau restructurée. Les teneurs sont moins importantes dans la modalité Lirrique sur Batavia mais plus importantes sur Feuille de chêne.

4.1 Evaluation de la qualité d'aspersion

Un test d'aspersion a été réalisé en fin de culture en disposant 7 carrés de papier noir de 40 x 40 cm sur les salades pendant 4 min d'aspersion. La quantité d'eau reçue est mesurée par la différence du poids avant aspersion et après pour chaque morceau de papier. Une observation des traces de calcaire (blanches) est faite après 24h de séchage

La proportion d'eau retenue ([poids mouillé – poids sec]/poids sec) est de 64% pour le témoin et de 59% pour la modalité eau structurée. Ce teste ne permet pas de mettre en évidence un meilleur mouillage de l'eau structurée. Les gouttelettes d'eau paraissent de même forme et de même dimension. Après séchage, il n'y a pas eu visuellement de différences de traces blanches sur le papier.

Pour bien évaluer l'effet sur la solubilité du calcaire, il aurait fallu observer la propreté des asperseurs en début et fin de saison, ce qui n'a pas pu être fait chez le producteur



5- Conclusion

Dans les conditions de notre essai (conduite jugée optimale), l'irrigation des laitues par de l'eau restructurée (Homéo Dekalc / Traitagri) n'apporte pas de gain de production (poids brut, poids net et matière sèche) pour la 3^e année consécutive. De la même façon, il n'a pas été constaté de rétention supérieure dans le sol (courbes d'humidité très comparable sur les 3 ans).

Avec 3 années climatiques différentes, il n'a pas été constaté d'amélioration de l'état sanitaire car la pression a été faible, malgré la réduction des IFT fongicides.

Les essais n'ont pas montré de différence entre les modalités sur les suivis d'humidité du sol.

Les autres paramètres évalués cette année (analyse multirésidus, analyse foliaire, qualité d'aspersion) ne mettent pas non plus en évidence de différence avec l'eau restructurée.

Les applications de biostimulants sur les 2 dernières années (Basfoliar Si et Basfoliar Spyra) en fin de cycle n'ont pas eu d'effet sur la production de matière fraîche ou sèche. Un effet significatif sur la tenue des feuilles de chêne 8j après récolte a été observé 2 années consécutives avec Basfoliar Si appliqué en fin de culture mais ne se confirme pas sur les batavias et ne se traduit pas toujours par une réduction du flétrissement des feuilles. Cette solution peut être intéressante à vérifier à grande échelle sur des typologies à feuilles fines (feuilles de chêne blonde/rouge, Lollo blonde/rouge ou jeunes pousses)

Sur laitue, la réduction des apports d'eau et d'engrais n'a pas pu être réalisée dans la mesure où la conduite était déjà à l'optimum. Au cours des 3 ans d'essai, les IFT ont été réduits de 6 fongicides chimiques à 4 dans les modalités bas intrants sans impact sur la production que ce soit avec ou sans eau restructurée. Trois applications du produit Taegro (fongicide de biocontrôle) en substitution de 2 fongicides chimiques (Signum et Revus) ont permis de maintenir un résultat équivalent, ce qui peut être une piste à vérifier à grande échelle. D'un point de vue économique (hors coût de main d'œuvre d'application) :

⇒ 3 applications de TAEGR0 = 165 € HT

⇒ 1 application de Signum + 1 application de Revus = 150 € HT

La stratégie avec le biocontrôle est donc environ 30% plus coûteuse.

En l'état, la restructuration de l'eau n'apporte pas de bénéfices pour soutenir une conduite plus économe en intrants.

Les difficultés rencontrées sur un site de production pour réduire les intrants au-delà d'une conduite déjà optimisée laisse penser que des essais en station sur petite parcelle pourraient être le moyen d'évaluer si l'eau restructurée a un effet à des niveaux de restriction plus importants (au-delà de la limite du risque pouvant être pris par un producteur).

Renseignements complémentaires auprès de :

Claire Goillon, APREL, Route de Mollégès 13210 Saint-Rémy de Provence, 0490923947, goillon@aprel.fr

Action A935

ANNEXES

ANNEXE 1 : Analyses physico-chimique du sol dans les 3 modalités fin octobre avant plantation de la salade

Modalité C1 – Témoin « bas intrants »



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture



ANALYSE de TERRE
Vos résultats & conseils

Numéro d'Analyse

2410593

du type

T1CN

Echantillon reçu le

31/10/2024

Edition du

18/11/2024

Parcelle

Mas Republicain - C1

Surface

Ha

Précédent

Tomates

Culture en place

Culture prévue

Salades

Exploitant

goillon@aprel.fr

APREL

Route de Mollèges

D 31

13210 SAINT REMY DE PROVENCE

Conseiller

Destinataire

APREL

Route de Mollèges

D 31

13210 SAINT REMY DE PROVENCE

Les déterminations sont effectuées sur la fraction de terre de granulométrie <= 2 mm. Les résultats sont exprimés par rapport à cette même fraction.

Les interprétations et les calculs sont valables pour la tranche de terre prélevée, soit 30 cm

Il est tenu compte du pourcentage de cailloux estimé sur champ quand il est indiqué, soit 15 %

Réaction du sol : Sol très alcalin Réaction très élevée pour ce type de sol et chlorosante

Niveau calcaire : Terre très calcaire

Quantité théoriquement nécessaire pour amener votre sol à un niveau :
en Unité ou Kg d'élément / Ha

	Minimum	Optimum	Moyen
P2O5	0	0	0
K2O	629	767	698
MgO	0	0	0

Les quantités ne sont pas les quantités à apporter à votre sol, elles donnent une idée du déficit pour l'élément considéré et pour l'horizon prélevé.

Méthodes NF	Déterminations	Résultats	Très Faible	Faible	Normal	Elevé	Très Elevé	VS(*)
	Refus	0 %						
X 31-130	Capacité d'échange cationique CEC	11.3 meq/100g						
ISO 10390	pH Eau	8.0						
ISO 10390	pH KCl	7.8						
ISO 10693	Calcaire Total	32 %						
X 31-106	Calcaire Actif	11 %						
ISO 10894 Combustion sèche	Matières Organiques Totales 5.66 % Carbone C : 32.83 g/Kg							3.0
X31-160	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5	189 mg/Kg						116
X31-161	Anhydride Phosphorique Joret P2O5	mg/Kg						
X 31-108	Oxyde de Potassium K2O	93 mg/Kg						260
X 31-108	Oxyde de Magnésium MgO	616 mg/Kg						130
X 31-108	Oxyde de Calcium CaO	10 563 mg/Kg						3332
X 31-108	Sodium Na2O	350 mg/Kg						
X 31-121	Fer DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Cuivre DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Zinc DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Manganèse DTPA	mg/Kg						
X 31-122	Bore	mg/Kg						
ISO 13876 Combustion sèche	Azote total 2 188 mg/Kg C / N 15.0							
	Indicateur de l'activité biologique K2	0.99 %						1.5
	Bilan humique prévisionnel	1 681 Kg d'humus/héctare sans apport organique						
ISO 11265	Résistivité 738 ohm.cm Conductivité 135.5 µmhos/cm							

INDICE DE POUVOIR CHLOROSANT IPC :

- Certains de ces éléments peuvent poser problèmes, agissez si possible
- Eléments plus ou moins corrects, à surveiller ou à améliorer si possible
- Eléments se situant à un bon niveau pour ce type de sol, à préserver

(*)VS = Valeurs théoriquement souhaitables pour votre sol, fonction de nombreux paramètres, elles sont à prendre avec réserve et prudence.

E. Taviot

Modalité C2 – Lirrique, traitement Homeo Dekalc



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture

ANALYSE de TERRE
Vos résultats & conseilsNuméro d'Analyse **2410594**du type **T1CN**
Echantillon reçu le **31/10/2024**
Edition du **18/11/2024**

ANALYSE DE TERRE

Parcelle

Mas Republicain - C2

Surface

Ha

Précédent

Tomates

Culture en place

Culture prévue **Salades**

Exploitant

goillon@aprel.fr

APREL

Route de Molières

D 31

13210

SAINT REMY DE PROVENCE

Conseiller

Destinataire

APREL

Route de Molières

D 31

13210

SAINT REMY DE PROVENCE

Les déterminations sont effectuées sur la fraction de terre de granulométrie ≤ 2 mm. Les résultats sont exprimés par rapport à cette même fraction.Les interprétations et les calculs sont valables pour la tranche de terre prélevée, soit **30 cm**Il est tenu compte du pourcentage de cailloux estimé sur champ quand il est indiqué, soit **15 %**Réaction du sol Sol très alcalin
Niveau calcaire Terre très calcaireRéaction très élevée pour ce type de sol
et chlorosanteQuantité théoriquement nécessaire pour amener votre sol à un niveau :
en Unité ou Kg d'élément / Ha

	Minimum	Optimum	Moyen
P2O5	0	0	0
K2O	655	794	724
MgO	0	0	0

Les quantités ne sont pas les quantités à apporter à votre sol, elles donnent
une idée du déficit pour l'élément considéré et pour l'horizon prélevé.

Méthodes NF	Déterminations	Résultats	Très Faible	Faible	Normal	Elevé	Très Elevé	VS(*)
	Refus	0 %						
X 31-130	Capacité d'échange cationique CEC	10.6 meq/100g						
ISO 10390	pH Eau	8.1						
ISO 10390	pH KCl	7.8						
ISO 10693	Calcaire Total	34 %						
X 31-106	Calcaire Actif	11 %						
ISO 10894 Combustion sèche	Matières Organiques Totales	5.39 % Carbone C: 31.26 g/Kg						3.0
X31-160	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5	200 mg/Kg						114
X31-161	Anhydride Phosphorique Joret P2O5	mg/Kg						
X 31-108	Oxyde de Potassium K2O	81 mg/Kg						254
X 31-108	Oxyde de Magnésium MgO	605 mg/Kg						127
X 31-108	Oxyde de Calcium CaO	10 540 mg/Kg						3124
X 31-108	Sodium Na2O	387 mg/Kg						
X 31-121	Fer DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Cuivre DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Zinc DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Manganèse DTPA	mg/Kg						
X 31-122	Bore	mg/Kg						
ISO 10878 Combustion sèche	Azote total	2 189 mg/Kg C / N 14.3						
	Indicateur de l'activité biologique K2	0.96 %						1.5
	Bilan humique prévisionnel	1 552 Kg d'humus/ha/an sans apport organique						
ISO 11265	Résistivité	605 ohm.cm Conductivité 165.3 μ S/cm						

INDICE DE POUVOIR CHLOROSANT IPC :
 Certains de ces éléments peuvent poser problèmes, actions si possible
 Éléments plus ou moins corrects, à surveiller ou à améliorer si possible
 Éléments se situant à un bon niveau pour ce type de sol, à préserver

(*)VS = Valeurs théoriquement souhaitables pour votre sol, fonction de
nombreux paramètres, elles sont à prendre avec réserve et prudence.

E. Tariot

Modalité C3 – Témoin producteur



Laboratoire agréé par le Ministère de l'Agriculture

Numéro d'Analyse **2410595**

ANALYSE DE TERRE

 du type **T1CN**
 Echantillon reçu le **31/10/2024**
 Edition du **18/11/2024**

Parcelle

Mas Republicain - C3

Surface

Ha

Précédent

Tomates

Culture en place

Culture prévue **Salades**Exploitant **goillon@aprel.fr**
APRELRoute de Mollèges
D 31

13210 SAINT REMY DE PROVENCE

Conseiller

Destinataire
APREL
Route de Mollèges
D 31

13210 SAINT REMY DE PROVENCE

Les déterminations sont effectuées sur la fraction de terre de granulométrie ≤ 2 mm. Les résultats sont exprimés par rapport à cette même fraction.Les interprétations et les calculs sont valables pour la tranche de terre prélevée, soit **30 cm**Il est tenu compte du pourcentage de cailloux estimé sur champ quand il est indiqué, soit **15 %**
 Réaction du sol **Sol très alcalin** Réaction très élevée pour ce type de sol
 Niveau calcaire **Terre très calcaire** et chlorosante

Quantité théoriquement nécessaire pour amener votre sol à un niveau :

en Unité ou Kg d'élément / Ha

Les quantités ne sont pas les quantités à apporter à votre sol, elles donnent une idée du déficit pour l'élément considéré et pour l'horizon prélevé.

	Minimum	Optimum	Moyen
P2O5	0	0	0
K2O	563	677	620
MgO	0	0	0

Méthodes NF	Déterminations	Résultats	Très Faible	Faible	Normal	Elevé	Très Elevé	VS(*)
	Refus	15 %						
X 31-130	Capacité d'échange cationique CEC	11.9 meq/100g						
ISO 10390	pH Eau	8.2						
ISO 10390	pH KCl	8.0						
ISO 10693	Calcaire Total	33 %						
X 31-106	Calcaire Actif	11 %						
ISO 10894 Combustion sèche	Matières Organiques Totales 5.42 %	Carbone C : 31.44 g/Kg						2.9
X 31-160	Anhydride Phosphorique Olsen P2O5	173 mg/Kg						116
X 31-161	Anhydride Phosphorique Joret P2O5	mg/Kg						
X 31-108	Oxyde de Potassium K2O	83 mg/Kg						262
X 31-108	Oxyde de Magnésium MgO	521 mg/Kg						131
X 31-108	Oxyde de Calcium CaO	10 486 mg/Kg						3399
X 31-108	Sodium Na2O	298 mg/Kg						
X 31-121	Fer DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Cuivre DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Zinc DTPA	mg/Kg						
X 31-121	Manganèse DTPA	mg/Kg						
X 31-122	Bore	mg/Kg						
ISO 13876 Combustion sèche	Azote total 2 042 mg/Kg C / N	15.4						
	Indicateur de l'activité biologique K2	0.92 %						1.5
	Bilan humique prévisionnel	1 496 Kg d'humus/héa sans apport						
ISO 11265	Résistivité 985 ohm.cm	Conductivité 103.6 μ S/cm						

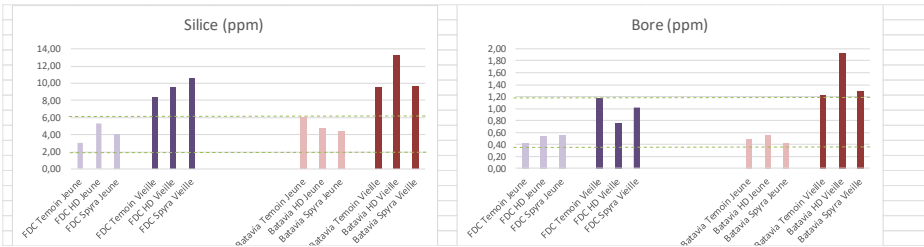
INDICE DE POUVOIR CHLOROSANT IPC =
 Certains de ces éléments peuvent poser problèmes, actions si possible
 Éléments plus ou moins corrects, à surveiller ou à améliorer si possible
 Éléments se situant à un bon niveau pour ce type de sol, à préserver

(*)VS = Valeurs théoriquement souhaitables pour votre sol, fonction de nombreux paramètres, elles sont à prendre avec réserve et prudence.

E. Tariot

ANNEXE 2 : Résultats d'analyses foliaires Novacrop





ANNEXE 3 : Calendrier de traitement réalisé sur la culture de laitue 2024-2025

		Lirrique	Producteur
Date	Cible	Produit	Produit
	escargots	Ferramol	Ferramol
13-nov	Sclerotinia	Contans	Contans
15-nov	Pucerons	Decis Protech	Decis Protech
22-nov	Rhizo/Nem	Luna sensation	Luna sensation
27-nov	Rhizo/sclero	Taegro	
02-déc	Bremia	Previcur	Previcur
03-déc	Rhizo/Sclero	Taegro	Signum
	Bremia	Infinito	Infinito
18-déc	Rhizo/Sclero	Taegro	
07-févr			Revus
	IFT insect	1	1
	IFT fongi	3	5
	IFT biocontrôle	5	2
	IFT chimique	4	6