

Impact des pratiques d'implantation de la betterave sucrière sur les risques d'érosion hydrique

Thématique : Préservation de la structure et la vie du sol

Localisation : Wallonie – 30 parcelles en zone limoneuse

Responsable(s) de l'essai : Laurent Sertheyn, Marianne Flahaux

Durée de l'essai : Mesures réalisées en mai 2022, 2023 et 2024

Partenaires : Raffinerie Tirlemontoise, Centre de Recherche Agronomique de Wallonie, Parc Naturel Burdinale-Mehaigne et Terrae

Mots clés : Betteraves, travail du sol, érosion, qualité du sol

1. Contexte de l'expérimentation

La betterave sucrière est l'une des cultures sarclées les plus emblavées dans les fermes wallonnes. Elle est souvent implantée après un travail profond du sol (labour/décompactage) et sa faible couverture printanière en fait l'une des cultures les plus problématiques au niveau du ruissellement et des coulées de boue. Ces problématiques sont, entre autres, dues aux faibles capacités d'infiltration des parcelles et à la faible stabilité structurale des sols travaillés.

Afin de réduire ces risques et d'améliorer leurs sols, de nombreux agriculteurs mettent en place des pratiques de conservation des sols (couverture maximale du sol, réduction de l'intensité de travail du sol, diversification de la rotation). En culture de betterave sucrière, ces principes se traduisent par : une destruction tardive du couvert d'interculture (en période de gel, voire jusqu'au semis dans le cas de couverts non gélifs ou non gelés) ; un travail du sol superficiel (TCS) ou inexistant (semis direct) ; un allongement du temps de retour aux cultures sensibles à l'érosion. Ces pratiques sont prometteuses, mais leur impact direct sur la fertilité physique, chimique et biologique du sol reste à démontrer sur base de données de terrain.

Nous avons donc établi la question suivante : la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol et la stabilité structurale du sol, en tant que paramètres déterminant les risques d'érosion hydrique, sont-elles influencées par les antécédents de travaux de sol, le taux de carbone organique, les modalités de gestion du couvert d'interculture et le mode d'implantation de la betterave ? **Ou plus largement : quelles sont les pratiques les plus à même de limiter les risques d'érosion hydrique en culture de betterave ?**

2. Objectifs de l'expérimentation

Dans cette étude de 3 ans, menée par l'ASBL Greenotec en partenariat avec le groupe Climate Farming de la Raffinerie Tirlemontoise, le Centre de Recherche Agronomique de Wallonie (CRA-W), le Parc Naturel Burdinale-Mehaigne et Terrae, une trentaine de parcelles ont été sélectionnées en Wallonie chaque année, avec les objectifs suivants :

- ✔ Évaluation de la capacité d'infiltration de l'eau et de la stabilité structurale ;
- ✔ Détermination des facteurs pouvant influencer ces deux paramètres, tels que les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que les modalités de gestion de la parcelle ;
- ✔ Comparaison des performances économiques des différentes modalités de gestion.

3. Dispositif expérimental et protocole

Trente parcelles réparties dans la zone limoneuse de Wallonie ont participé à l'étude chaque année. Chacune est définie par l'intensité du travail du sol (indicateur STIR) entre la récolte de la culture précédente et l'implantation de la betterave, le type de sol et ses caractéristiques, et la durée d'implantation du couvert. Le STIR étant difficile à lier concrètement aux pratiques agricoles, 4 catégories ont été différenciées : semis direct au printemps, labour d'hiver, TCS léger (maximum 3 passages à maximum 15 cm de profondeur), TCS lourd (plus de 3 passages et/ou à plus de 15cm de profondeur). Néanmoins, chaque catégorie s'accompagne d'une série d'autres pratiques : rotation, fréquence des travaux lourds, longueur de couverture de sol, etc. Elles sont donc bien à considérer comme des systèmes, à la lecture des résultats ci-après.

Tableau 1. Nombre de parcelles par catégorie de travail du sol et par année d'étude.

	SD	TCS léger	TCS lourd	Labour	Total
STIR moyen	46	73	105	164	
2022	8	6	9	7	30
2023	4	6	13	6	29
2024	6	9	10	5	30
Total	18	23	30	18	89

Dans chaque parcelle, les analyses suivantes ont été réalisées en mai-juin (soit environ 1 mois après le semis) 2022, 2023 et 2024 :

- ✓ Analyses de sol pour la texture, la granulométrie, le pH, la respiration potentielle et la biomasse microbienne et le taux d'humus (0-10 et 0-30 cm de profondeur pour ce dernier paramètre), en échantillons composites.
- ✓ Le test Beerkan¹ (4 répétitions par parcelle) qui exprime la capacité d'infiltration de l'eau en mm/h (Ks), obtenu en versant des volumes d'eau connus dans un cylindre et en mesurant le temps nécessaire à leur infiltration complète (Figure 1). La variable Ks est calculée sur base de la pente de la droite, à saturation du sol.



Figure 1. Test Beerkan permettant d'évaluer la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol (Source : ITAB Asso).

¹ <http://www.itab.asso.fr/downloads/solab/fiche-solab-beerkan.pdf>

- Le QuantiSlakeTest², méthode mise au point par le CRA-W pour quantifier la stabilité structurale d'un échantillon de sol. Sur chaque parcelle, 4 échantillons de sol ont été prélevés (entre 3 et 8cm de profondeur environ) à l'aide d'emporte-pièces de 100 cm³ et de 5 cm de haut (cylindres de Kopecky) (Figure 2). Les échantillons sont séchés à l'air libre pendant 1 mois minimum, puis placés dans un panier immergé dans une colonne d'eau et pesés en temps réel (Figure 3). La cinétique de perte de masse de la motte témoigne de sa désagrégation provoquée par l'eau. La dérivée de la cinétique permet de calculer l'aire sous la courbe (AUC) : plus elle est faible, moins le sol est stable vis-à-vis des phénomènes d'érosion hydrique.



Figure 2. Prélèvement de mottes de volume normalisé pour le QuantiSlakeTest.

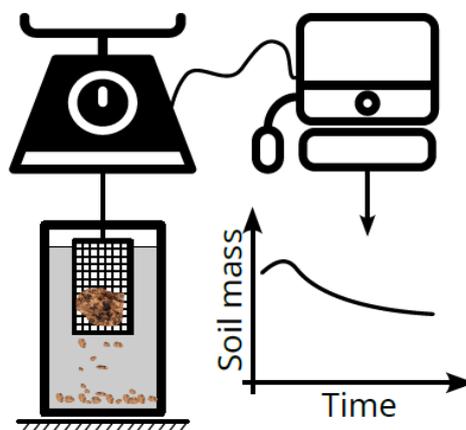


Figure 3. Schéma du QuantiSlakeTest pour évaluer la stabilité structurale du sol.³

² <https://www.cra.wallonie.be/fr/quantislaketest>

³ <https://soil.copernicus.org/articles/9/573/2023/soil-9-573-2023.pdf>

4. Résultats et interprétation

Capacité d'infiltration

La capacité d'infiltration de l'eau dans le sol est extrêmement variable entre les années de l'étude, entre et au sein des systèmes de pratiques culturales, voire parfois au sein même des parcelles. Nous ne pouvons donc tirer de corrélation ($R^2=0,013$) entre l'intensité du travail du sol et la capacité d'infiltration de l'eau (Figure 4). Il est pourtant à noter que les meilleurs résultats d'infiltrométrie sont obtenus dans les parcelles avec un STIR compris entre 50 et 100 sur la période d'interculture. En moyenne, sur les trois ans de l'étude, c'est le TCS léger qui tend vers une meilleure infiltration qu'en SD, TCS lourd et labour, avec toutefois une grande variabilité (

Figure 5).

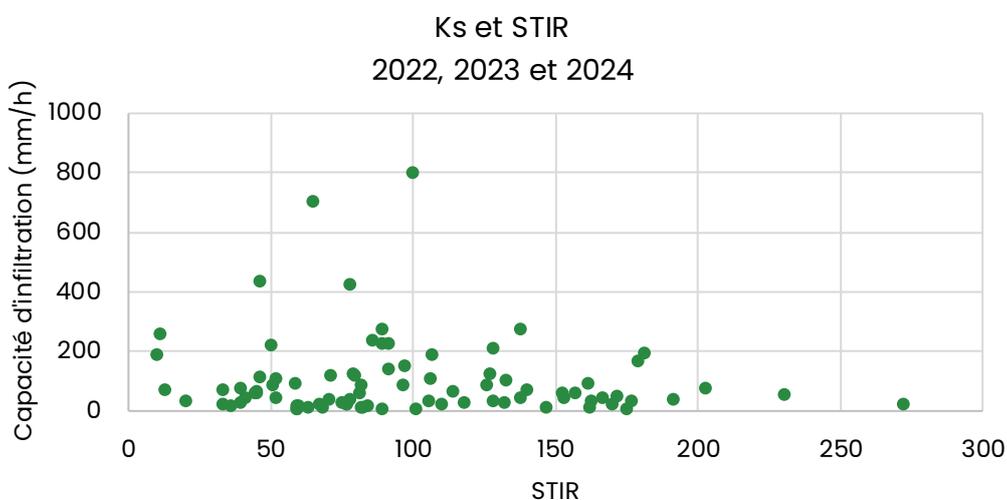


Figure 4. Lien entre la capacité d'infiltration de l'eau (Ks) et l'intensité du travail du sol (STIR).

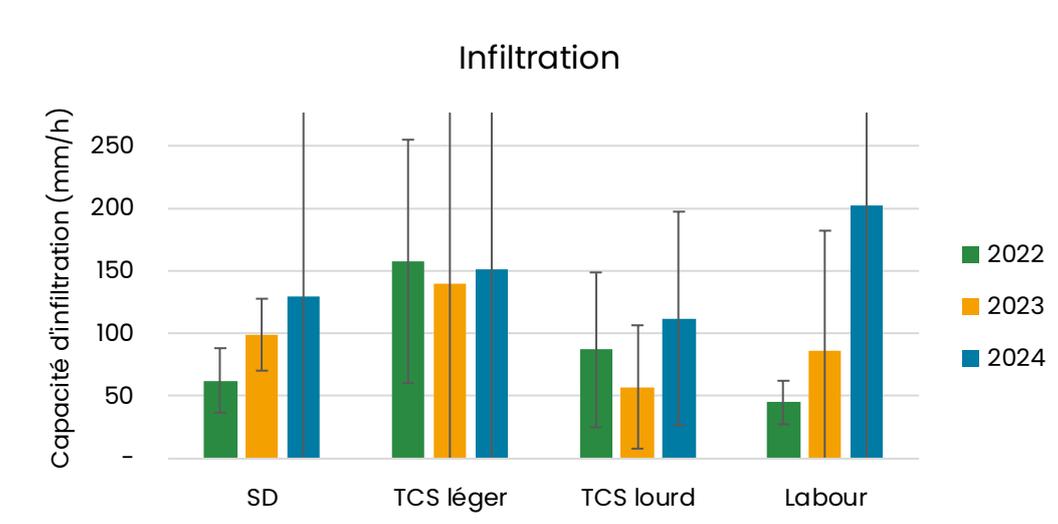


Figure 5. Capacité d'infiltration de l'eau selon les pratiques culturales, en 2022, 2023 et 2024.

L'infiltration de l'eau est en moyenne supérieure sur l'ensemble des parcelles en 2024 par rapport aux années 2022 et 2023 (Figure 6). Il semble qu'il y ait une forte corrélation entre la pluviométrie cumulée sur la période précédant les échantillonnages de terrain et la capacité d'infiltration moyenne sur l'ensemble des parcelles. Si le lien de causalité est difficilement explicable, la pluviométrie peut contribuer à la variabilité du paramètre d'infiltration. Cette différence de pluviométrie se traduit aussi en différence d'humidité du sol au moment de la mesure d'infiltration, ce qui pourrait également impacter l'infiltration (Figure 7). Mais rappelons que le test Beerkan permet bien de calculer le Ks d'un sol à saturation. La gravité (et non les phénomènes de capillarité) est alors le principal phénomène influant ce paramètre⁴. Dès lors, ce sont bien les défauts de structure, avec leurs couches (partiellement) imperméables, qui vont déterminer le paramètre d'infiltration. Sur le terrain, nous avons en effet remarqué que les parcelles présentant une croûte de battance infiltraient très peu l'eau par rapport aux autres parcelles, à travail du sol similaire. Néanmoins, ces défauts de structure ne sont pas rendus visibles par le paramètre SQ du test VESS et aucune corrélation entre SQ et Ks n'est visible.

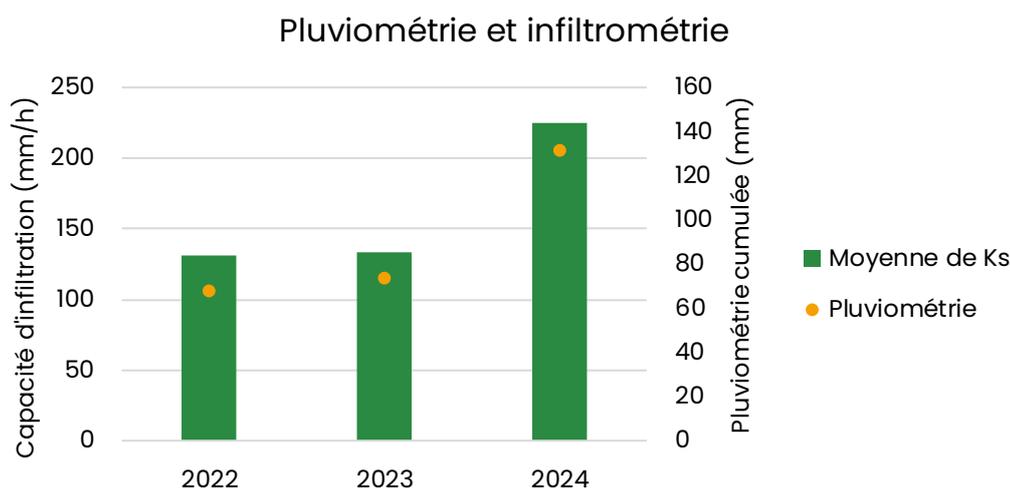


Figure 6. Pluviométrie cumulée à Uccle en avril et mai 2022, 2023 et 2024 et capacité d'infiltration moyenne des parcelles de l'étude.

Dans cette étude, nous pointons à nouveau l'intérêt de la réduction du travail du sol, et surtout du semis direct, dans la rétention de l'eau en année sèche (Figure 7). Dès qu'il y a un travail du sol à l'implantation de la culture, les phénomènes de capillarité sont en effet perturbés, ce qui peut

⁴<https://www.plantes-et-eau.fr/documentation/outils-et-concepts-de-base/17-le-sol-reservoir-d-eau-pour-les-plantes/120-le-sol-milieu-de-diffusion-de-l-eau-liquide>

éventuellement provoquer des stress hydriques à la plante. En année humide comme 2024, en revanche, l'humidité du sol est peu variable entre les pratiques culturales.

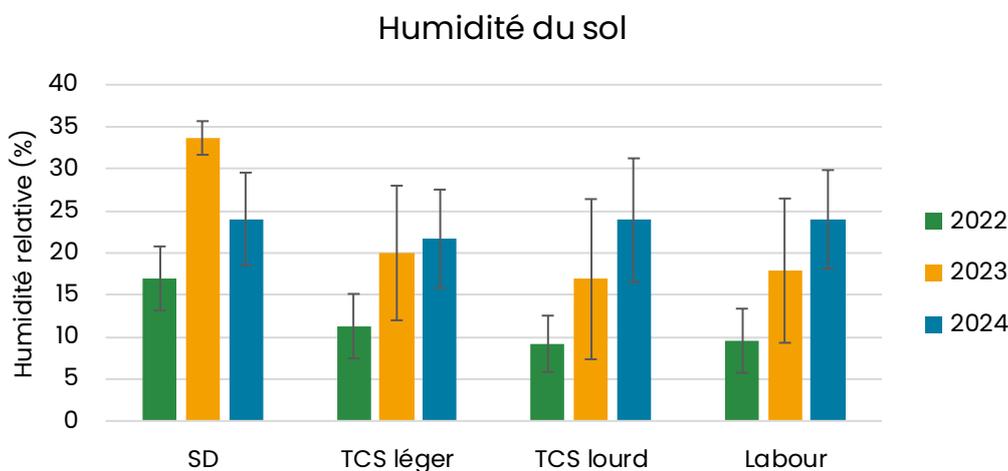


Figure 7. Humidité relative moyenne des sols au moment du test, en fonction des pratiques culturales et de l'année.

Stabilité structurale

La stabilité structurale des sols est directement impactée par les pratiques culturales. Plus l'intensité du travail du sol est faible, plus la stabilité structurale est grande et avec très peu de variabilité (Figure 8). Lorsque le STIR augmente, nous observons une plus grande variabilité dans les données d'AUC, ce qui se répercute dans les paramètres de la droite de la régression ($R^2 = 0,36$). Dans les catégories de travail du sol plus intenses (TCS lourd et labour), d'autres facteurs vont donc influencer la stabilité du sol, comme l'historique de la parcelle ou la teneur en carbone organique du sol.

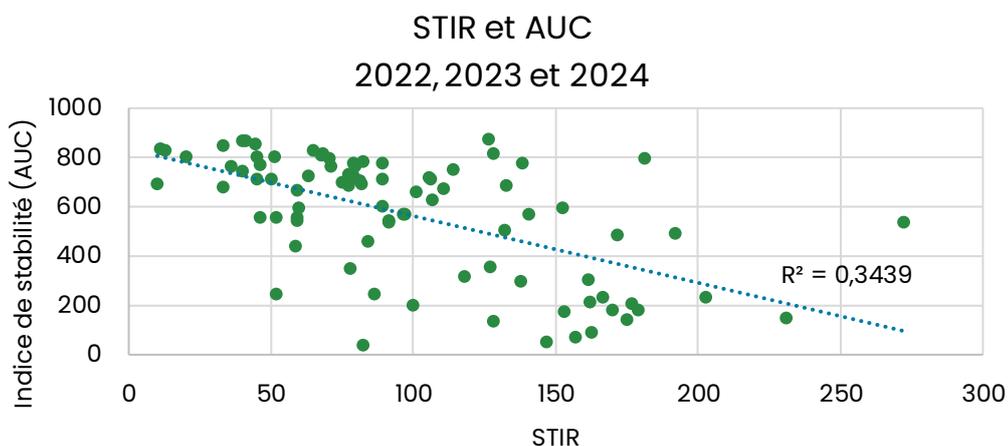


Figure 8. Lien entre l'intensité de travail du sol (STIR) et la stabilité structurale (AUC) en 2022, 2023 et 2024.

Contrairement à l'infiltration, les données de stabilité suivent les mêmes tendances sur les 3 années de l'étude (Figure 9). La stabilité en semis direct, donc sans travail du sol au moment du semis de la betterave, sécurise toujours la stabilité au maximum. La stabilité en labour d'hiver, quant à elle, est toujours au plus bas. Les parcelles en TCS sont plus variables en termes de pratiques et donc aussi de stabilité.

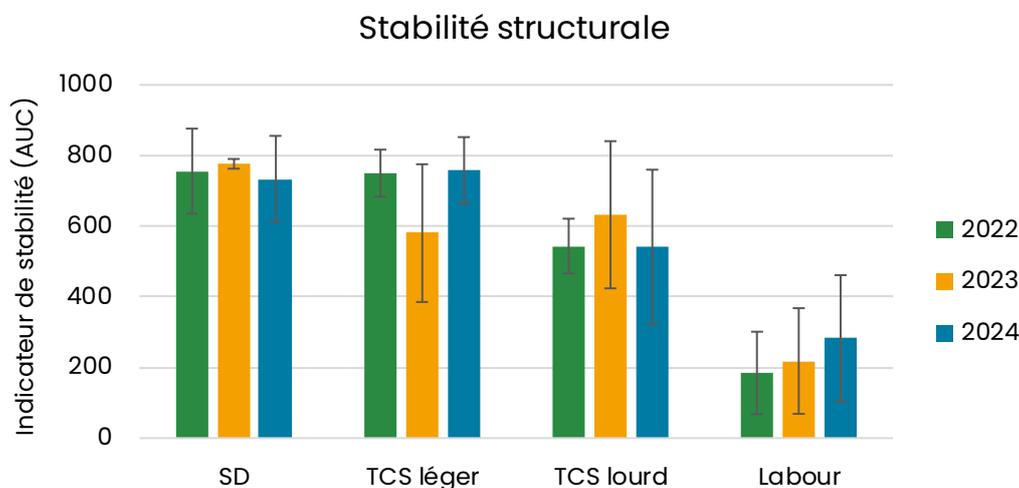


Figure 9. Stabilité structurale selon les pratiques culturales, en 2022, 2023 et 2024.

Certains biais de cette représentation graphique doivent être mentionnés. À l'échelle d'une rotation, nous ne pourrions pas discriminer ainsi les parcelles en ces 4 catégories, car aucun agriculteur ne fait 100% de SD, TCS (lourd ou léger) ou de labour d'hiver. Pour une vision plus correcte sur la rotation, nous devrions plutôt considérer 3 catégories : TCS léger (incluant du SD occasionnel), TCS lourd (incluant du labour occasionnel) et labour annuel systématique. Enfin, les pratiques de travail du sol n'expliquent pas à elles seules ces résultats, car elles sont étroitement liées à des longueurs différentes de couverture des sols (presque jusqu'au semis pour le SD, par rapport à plusieurs mois de sol nu pour les terres labourées en entrée d'hiver).

Ces résultats peuvent s'expliquer en partie par la teneur en carbone organique ramenée au taux d'argile. Pour les systèmes en travail du sol réduit (SD et TCS), la diminution de la teneur en carbone/argile de l'horizon de surface s'accompagne d'une diminution de la stabilité structurale (Figure 10). Ces hautes valeurs de carbone sont dues à un phénomène de stratification de la teneur en carbone dans les parcelles en non-labour. Pour les systèmes en labour, la stabilité du sol s'effondre, et ce, malgré une teneur en carbone/argile similaire aux parcelles en TCS lourd. La pratique du labour

(combiné à la longue période de sol nu) a donc un effet très directement négatif sur la stabilité des agrégats au printemps.

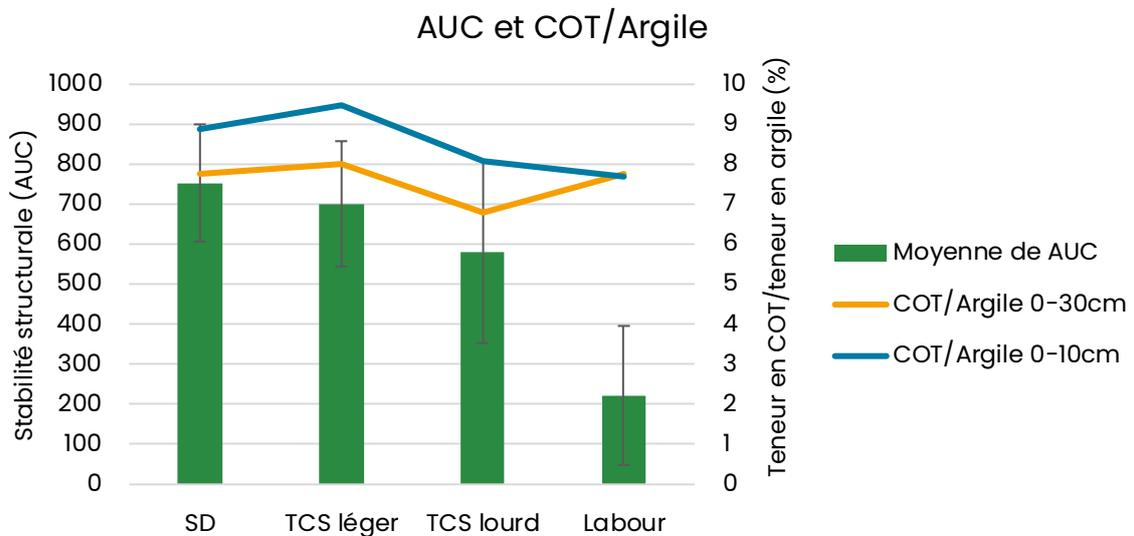


Figure 10. Lien entre la stabilité structurale du sol (AUC) et la teneur en carbone organique total (COT) ramené au taux d'argile (% COT/Argile).

Qualité biologique

En 2024, nous avons ajouté des paramètres biologiques dans le lot d'analyses de sol. Tout d'abord, nous n'avons pas observé de lien ($R^2=0.052$) entre l'activité (respiration du sol sur 24h) et l'abondance microbienne (biomasse microbienne vivante) (Figure 11).

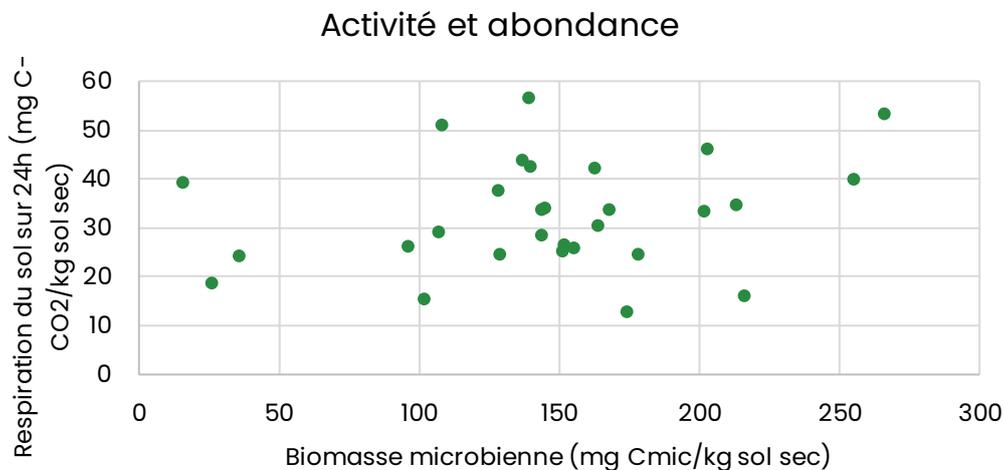


Figure 11. Lien entre activité et abondance microbienne dans les parcelles de betteraves 2024.

La biomasse microbienne ne semble pas dépendre d'autres facteurs étudiés, tels que l'intensité du travail du sol, la complexité et la durée du couvert, l'ajout

ou non de matière organique pendant la rotation culturale, le taux d'humus, le pH et l'humidité relative du sol, etc. Cette variable semble très variable, demandant dès lors un bien plus grand jeu de données pour espérer en tirer des tendances. Il est aussi probable que l'occupation de la parcelle influencerait bien davantage l'abondance microbienne que les différents paramètres étudiés sur le réseau de parcelles de betterave.

La respiration du sol, quant à elle, tend à diminuer lorsque la durée de couverture du sol augmente, et donc lorsque l'intensité du travail du sol diminue (Figure 12). Nous pourrions expliquer ce phénomène par la cinétique différentielle de minéralisation des résidus entre les pratiques de labour et celles de non-labour : au mois de mai, les couverts détruits tardivement seraient moins proches de leur pic de minéralisation que les couverts détruits précocement. Si la respiration est si dépendante du moment de l'année et des apports de matière organique, il semble délicat de la considérer comme un indicateur de qualité biologique intrinsèque des sols, à moins d'être mesurée à plusieurs moments de l'année. En outre, il faut considérer que de nombreux autres paramètres, biotiques et abiotiques, influencent la respiration du sol : conditions pédoclimatiques, température, humidité, structure du sol, nature des résidus, taux d'humus, etc.

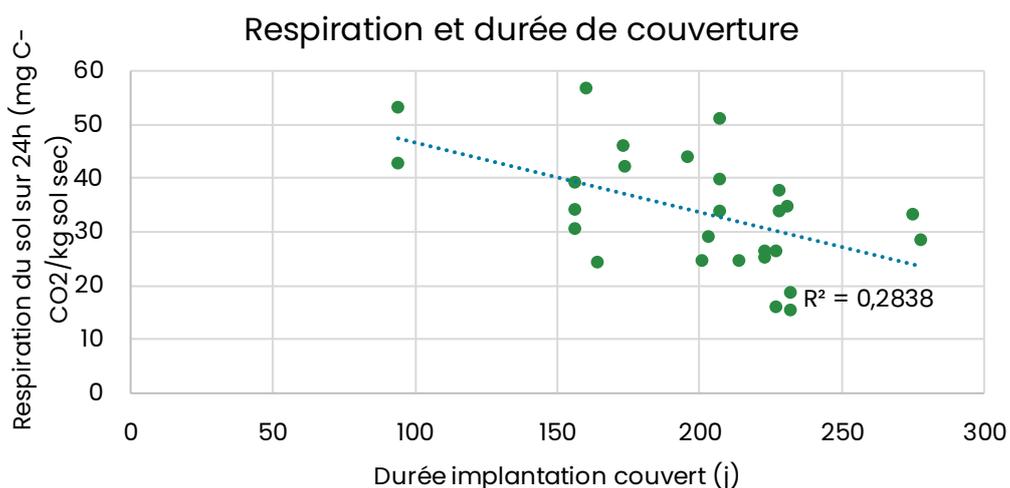


Figure 12. Lien entre respiration du sol sur 24h et durée d'implantation du couvert en 2024.

Performances économiques

Les rendements des parcelles sur les 3 années de l'étude et selon les pratiques de travail du sol sont repris dans la Figure 13. À noter qu'ils sont à considérer comme des estimations, car ils sont issus des données d'approvisionnement à la Raffinerie et non de mesures de terrain. L'année

2022 était bien meilleure que les années 2023 et 2024. Cependant, nous pouvons constater que les rendements des parcelles labourées, les plus hauts en 2022 et en moyenne générale, sont significativement plus faibles d'une année à l'autre. Si l'augmentation du travail du sol tend à faire augmenter les rendements, ces derniers sont plus susceptibles de décrocher en année très difficile (comme 2024).

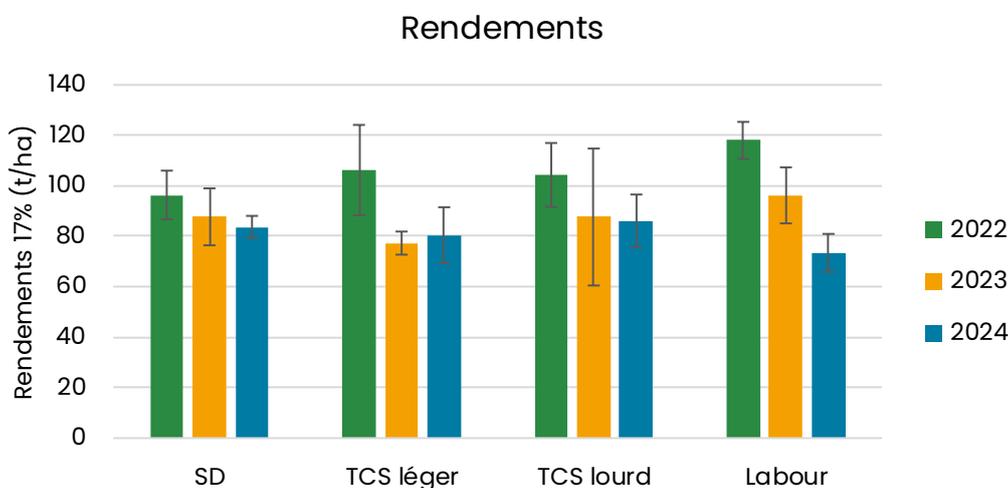


Figure 13. Rendements à 17% de sucre selon les pratiques culturales pour les 3 années de l'étude.

Lorsqu'une estimation des coûts des opérations culturales est prise en compte, il ressort que le système labour est le plus performant sur l'ensemble des 3 années de l'étude (Figure 14). Les systèmes en TCS lourd sont en moyenne les plus coûteux, sans gain notable de rendements. La performance économique des systèmes reflète assez fidèlement les rendements obtenus, car l'économie liée à la réduction du travail du sol est faible par rapport au chiffre d'affaires global de la culture. Il aurait donc été intéressant de calculer une marge brute complète des différentes parcelles, intégrant l'ensemble des charges des différents systèmes (pulvérisation, fertilisation, semences, etc.), les primes environnementales et, bien sûr, les fluctuations des prix du sucre.

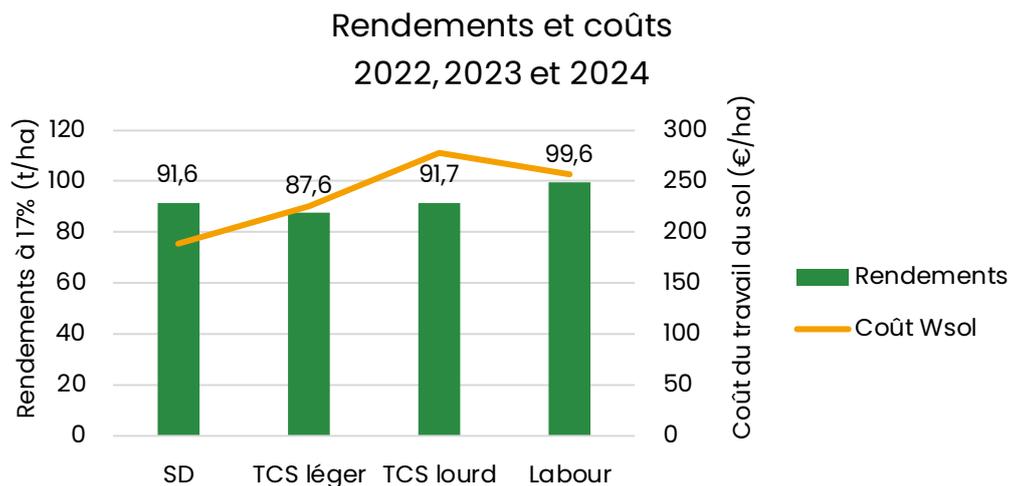


Figure 14. Rendements (17% de sucre) et coûts estimés du travail du sol en fonction des pratiques culturales, sur les 3 années de l'étude.

5. Conclusions

Après 3 campagnes d'évaluation de la capacité d'infiltration et de la stabilité des sols de parcelles de betteraves, nous tirons des conclusions intéressantes.

Tout d'abord, la capacité d'infiltration a montré une grande variabilité entre les pratiques et les années. En croisant les données recueillies et les observations de terrain, il nous apparaît que le facteur déterminant de la capacité d'infiltration de l'eau est la bonne structure du sol. Toute zone compactée ou lissée est susceptible de freiner ou stopper l'infiltration de l'eau. Ainsi, un sol glacé, qu'il soit en semis direct, en TCS ou en labour, infiltrait très peu l'eau. C'est également le cas en profondeur, s'il y a un lissage dû à un travail du sol réalisé en mauvaises conditions.

Les données de stabilité structurale sont, quant à elles, très similaires d'une année à l'autre et discriminent très clairement les pratiques les moins intenses (SD) et les pratiques avec retournement du sol et sol à nu pendant l'hiver (labour).

En analysant les rendements, nous montrons qu'il est possible d'allier préservation du sol, préservation de l'environnement et robustesse économique. Les pratiques de labour exposant l'agriculteur à plus de volatilité en termes de revenus sur les produits agricoles.

D'après les résultats de cette étude, il faudrait donc, afin de diminuer les risques d'érosion :

- ♥ Favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol :
 - Limiter la compaction et la corriger si besoin ;
 - Couvrir le sol ;
 - Absolument adapter les travaux aux conditions de l'année.

- ♥ Favoriser la stabilité structurale du sol :
 - Diminuer le travail du sol ;
 - Couvrir le sol ;
 - Augmenter la teneur en matière organique et la concentrer en surface.

- ♥ Réduire la vitesse de ruissellement de l'eau :
 - Réduire la taille des parcelles ;
 - Planter des haies et bandes antiérosives.

En d'autres termes, c'est la combinaison de la diminution du travail du sol (TCS et SD), sa conséquence directe d'un couvert (plantes vivantes ou en mulch et leurs racines) en place pendant toute la période hivernale et sa conséquence indirecte d'une accumulation de matière organique dans les horizons de surface qui contribuent à la résistance du sol face aux pluies érosives, hivernales et printanières.