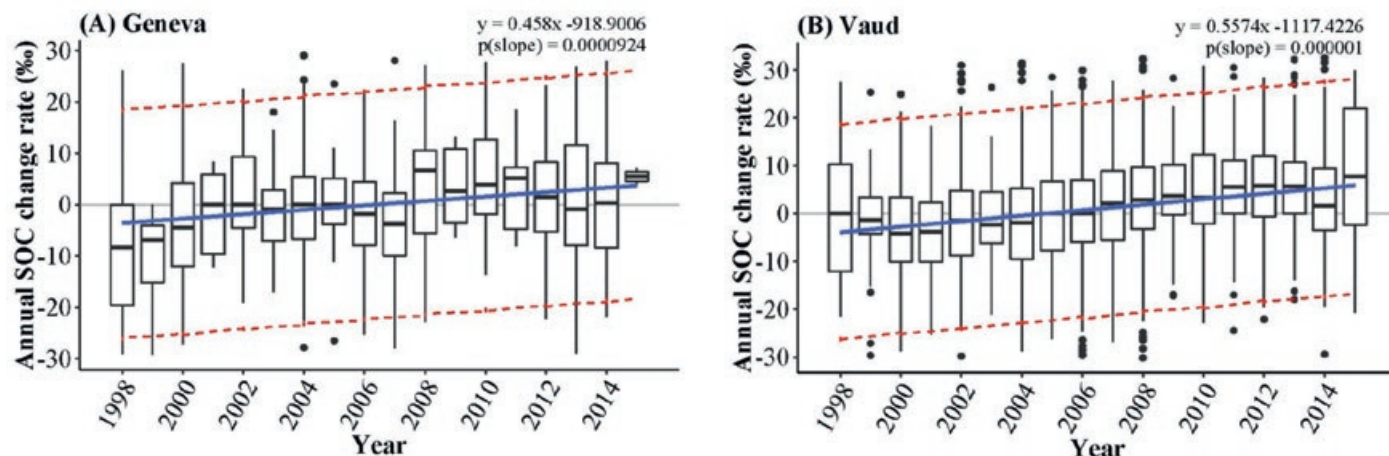


Figure 4

**TAUX ANNUEL D'ÉVOLUTION DES TENEURS EN CARBONE ORGANIQUE DES SOLS EN GRANDES CULTURES SUR GENÈVE (A, 486 PARCELLES) ET VAUD (B, 1793 PARCELLES) ENTRE 1998 ET 2015**



sol des parcelles en grandes cultures des cantons de Vaud et Genève, entre 1995 et 2015 (dates moyennes entre deux analyses espacées de 10 ans), sont présentés en figure 4. Les taux sont présentés en % par analogie au 4 %. Ainsi, un taux de -5 % signifie que chaque année la teneur en

Corg (ou en MO) est multipliée par 0,995, elle diminue donc, tandis qu'un taux de 10 % signifie que la teneur augmente annuellement en étant multipliée par 1,01. Un taux négatif signifie donc une perte de MO (émission), tandis qu'un taux positif signifie un gain (séquestration).

On voit que les taux annuels s'étirent concrètement (après exclusion de toutes les valeurs atypiques) entre -30 % (teneurs multipliées par 0,97) et +30 % (1,03 chaque année). En 1998, sur les deux cantons, les sols étaient en moyenne émetteurs de Corg à un taux d'environ -5 % mais ils remontent linéairement avec le temps, atteignent la neutralité en 2006, dépassent le 4 % en 2012, et seraient aujourd'hui voisins de 10 %. Sans rentrer dans un débat de spécialistes, il est très probable que l'évolution des stocks soit similaire. La question de savoir si l'agriculture peut séquestrer du carbone dans les sols, voire si elle peut atteindre le 4 %, ne se pose donc pas. Dans la région lémanique, c'est chose faite et le 4 % est largement dépassé. Comment cela s'explique-t-il ?

la fréquence des couverts végétaux et leur diversité, et les éléments de bilan humique (apports et exportations, exemples en figure 5). Les paramètres liés aux couverts végétaux sont les principaux facteurs positifs. Au-dessus d'un STIR de 40 ce n'est déjà plus du semis direct strict. L'indice varie ensuite en fonction de la rotation : par exemple une exploitation qui a 7 années de prairie permanente dans une rotation aura un STIR relativement faible même si le sol est labouré pour les autres cultures. Une des meilleures façons de mettre en évidence le rôle des couverts est de dénombrer le nombre d'intercultures non couvertes (figure 5), sachant que les couverts dérobés (avant une culture d'hiver) jouent un rôle majeur à Genève, tandis qu'ils ne sont pas pratiqués sur l'échantillon des 60 exploitations vaudoises.

### Facteurs expliquant ces changements

Sur les deux cantons, ce sont les mêmes facteurs qui expliquent les taux observés, aussi bien négatifs que positifs (méta-analyse pour 120 exploitations – rétrospective sur 10 ans). Les facteurs significatifs sur l'ensemble des données sont en négatif : l'indice de travail du sol (STIR<sup>2</sup> : « Soil Tillage Intensity Rating » – prend en compte toutes les opérations mécaniques) et le nombre de labours, en positif :

Puis il faut prendre garde à ne rien interpréter en prenant les variables isolément. Par exemple, STIR et couverts végétaux, en particulier dérobés, sont fortement anti-corrélés. Ceci correspond à des pratiques bien vérifiées sur le terrain : travailler le sol après récolte ne permet pas de semer le couvert « au cul de la moissonneuse », et le condamne soit à l'échec soit à une faible couverture. Il nous manque ici la biomasse des couverts qui renforce-

**Des solutions alternatives en filière courte**

**Engrais Foliaires et solutions fertilisantes innovantes : Soufre élémentaire, Borat, Oligo-éléments, chélatés ou non**



**Une plante en bonne santé, c'est une plante bien alimentée**

De nombreuses formulations pour l'agriculture biologique sont également proposées.



Maïs en semis direct  
Témoin

Essais 2020 en semis direct dans des sables de Sologne

Pour tout conseil ou demande, vous pouvez nous contacter par mail pour un retour dans les meilleurs délais.  
www.billeco.fr      billeco74@gmail.com

**ALCIONE N°1 des ventilations par aspiration**  
Colonnes de ventilation spéciales grains

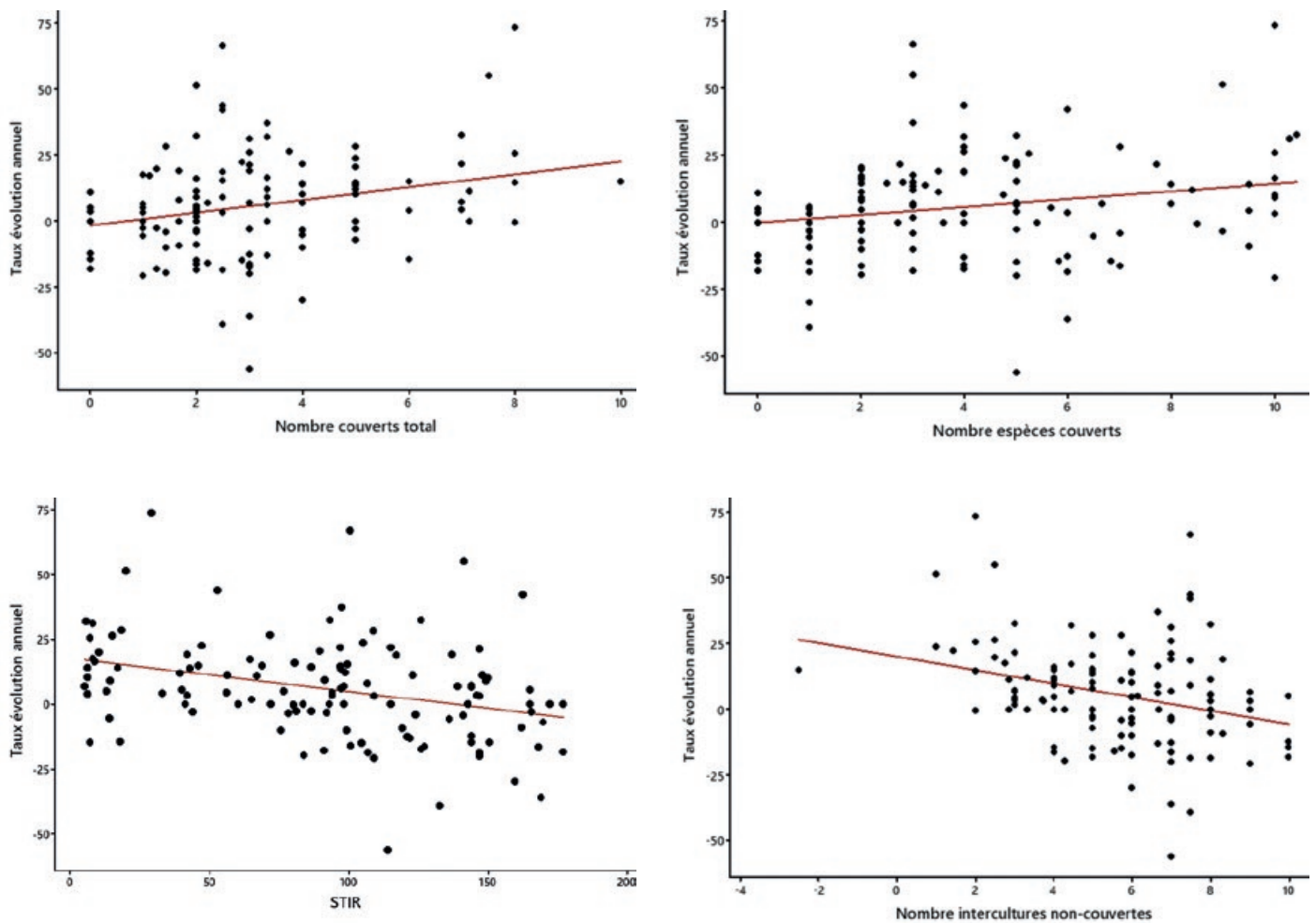


**L'essentiel est de conserver la qualité de votre récolte.**

**AGRILEAD .com**  
Édrolles 02210 Billy sur Ourcq | contact@agrilead.com  
Tél. : 03 23 711 895 Fax : 03 23 711 998

Figure 5

EXEMPLES DE LIEN ENTRE LES PRATIQUES ET LES TAUX D'ÉVOLUTION DES TENEURS EN MATIÈRE ORGANIQUE DES SOLS



120 parcelles en grandes cultures conduites différemment, région lémanique. STIR < 40 : ACS stricte.

rait certainement ce constat. Quand, dans certaines régions, on se réjouit d'une matière sèche de 3-4 t/ha des couverts, sur Genève on vise au minimum 5 t/ha, voire le double en fonction de la pluviométrie de l'été et de l'automne. On voit donc que si labourer « toutes

choses égales par ailleurs » peut ne pas pénaliser le bilan carbone (cas des essais en station), au champ, labourer ou simplement déchaumer implique de perdre en couverts végétaux et de sacrifier leur biomasse, alors que c'est désormais reconnu comme un facteur prépondé-

rant de séquestration de carbone. L'effet du travail du sol est cette fois très net sans que ce soit nécessairement un effet direct de minéralisation. Mais une autre information met plus directement en cause le labour. En figure 6 sont reportés les taux d'évolution carbone

en fonction du rapport Corg/argile en début de période, et les différents modes de mise en valeur sont distingués. On voit que tous les systèmes (TCS, labour, labour occasionnel, ACS) permettent de séquestrer ou d'émettre de façon équivalente lorsque le rapport Corg/argile

Rien ne sert de courir...avec

# MONOSEM MONSHOX



**ON NE CHANGE PAS  
UNE ÉQUIPE QUI GAGNE**

**Nous,  
c'est la rentabilité...**

- l'optimisation du rendement
- l'économie de carburant
- la rationalisation des besoins en puissance
- l'épargne des pièces d'usure
- la polyvalence ultime du boîtier de distribution

**...et vous ?**

Parce que nos valeurs communes sont au coeur de notre métier



Rendez-vous sur Facebook  
#NosValeursCommunes



La précision augmentée



est bas. Mais lorsque le rapport s'élève, les taux d'évolution diminuent et deviennent négatifs sauf en ACS (STIR < 40) tandis que les STIR élevés produisent des taux d'émissions négatifs et négativement corrélés avec STIR. Pour un rapport Corg/argile de 10 % (MO argile 17 %), seule l'ACS offre encore des taux positifs. Séquestrer du carbone implique le non-labour si l'on veut atteindre les seuils minimaux de teneur en MO ou les maintenir. Les rares exceptions correspondent à des fumures organiques très élevées et des couverts hivernaux systématiques. Précisons enfin :

- que les exploitations en AB dans cette étude sont globa-

lement en perte de MO – en raison de leur STIR élevé et de ses conséquences ;

- que sur notre échantillon d'exploitations, la teneur en MO sur la tranche 20-30 cm n'est pas inférieure en ACS aux autres modalités ;

- que des exploitations se déclarant en ACS sont aussi nettes émettrices de carbone depuis leurs sols : ce sont celles dont les couverts sont négligés et les pailles exportées.

La possibilité de séquestrer du carbone organique en quantité dépend donc bien de la mise en œuvre appropriée des piliers de l'ACS. Néanmoins, une transition progressive est possible lorsqu'on part de très

faibles rapports MO/argile (12 % et moins), en systématisant les couverts d'automne, réduisant l'intensité du travail du sol et assurant des apports organiques. C'est la nécessité de réussir des couverts puissants qui conduira à passer au semis direct et de ce fait, de maximiser la séquestration, même pour des rapports MO/argile corrects (> 17 %).

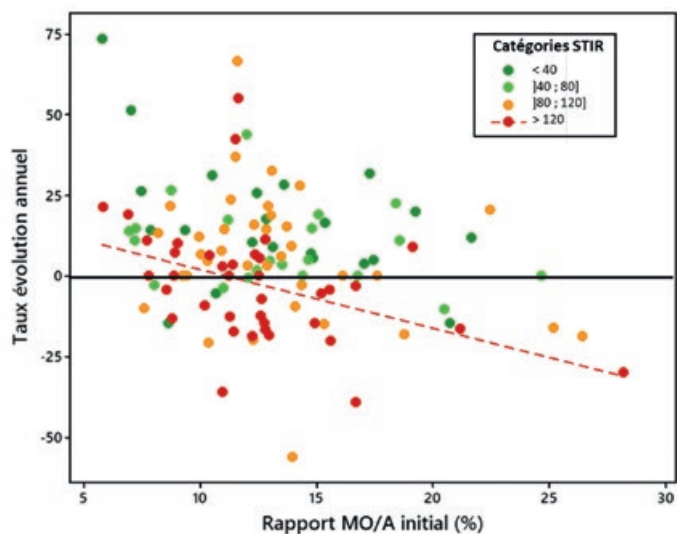
Enfin, il ne faut pas oublier l'élément humain, la technicité et la motivation de l'agriculteur, qui se cachent derrière ces facteurs. Sur notre échantillon d'exploitations, l'ancienneté de la conversion à l'ACS et les taux de séquestration sont positivement corrélés.

particulièrement stimulé dès qu'il s'agit d'agriculture, parfois au-delà du bon sens. Rappelons encore que si l'on met avant tout l'accent sur l'amélioration des sols, et notamment leur adaptation au changement climatique, les piliers de l'ACS sont également la voie indiquée, et ces critiques n'ont plus lieu d'être.

Sur le fond, la question de la réversibilité est très technique et aux limites de la connaissance. Le turnover des MO est beaucoup plus élevé en surface qu'en profondeur (Balesdent et al., 2018). Ce que montrent nos résultats (non encore publiés au niveau international), c'est que les formes dites labiles s'accumulent relativement aux formes dites stables lorsque MO/Argile > 17 %. Ce qui signifie que quelle que soit la méthode employée, il y aura des MO labiles si la séquestration est réussie. Et ceci est bénéfique pour le sol : cela stimule l'activité microbienne facteur de structuration (Naveed et al., 2016), et cela permet de protéger de l'appétit microbien, les formes organiques stables. Si l'on veut séquestrer, AC ou pas, il faut donc augmenter le pool des formes dites labiles.

Enfin, si l'ACS permet de séquestrer du carbone, la pérennité de cet effet ne dépend pas des agriculteurs mais d'une politique agricole et d'une chaîne de valeur qui garantissent des conditions de production respectueuses des agriculteurs et de l'environnement. Osera-t-on dire que ce pourrait ne pas être l'objectif ?

Figure 6  
RELATION ENTRE RAPPORT MO/ARGILE INITIAL, TAUX D'ÉVOLUTION CARBONE ET INDICE STIR



Semis direct strict : STIR < 40. Pointillés rouges : régression significative entre taux d'évolution et MO/argile, pente -1,819, p-value 0,005

**SEMOIR À COUVERT VÉGÉTAUX**  
Microgranulateur à soufflerie et descente par tuyaux

T15 120 Litres : 1 020€ HT  
T15 80 Litres : 970€ HT  
(prix hors accessoires)

DELIMBE - Abbaye de Bonport 27340 Pont de l'Arche  
Tél : 02 35 23 27 62 Fax : 02 35 23 27 78 Email : contact@delimbe.com

### Un mot sur la réversibilité

Les questions ouvertes (répartition verticale du Corg, émissions d'oxydes d'azote) demeurent à surveiller et à étudier. Mais une critique fréquente exprimée à l'encontre de l'option ACS vis-à-vis du climat est la potentielle réversibilité de la mesure. Cette question vaut sans doute pour toute approche, à commencer par la réduction des émissions, mais elle est particulièrement adressée à l'agriculture. Or il serait incohérent d'affirmer en même temps que l'ACS ne séquestre pas véritablement de carbone par rapport au labour, tout en arguant du fait que la séquestration serait réversible et en déplorant la perte de carbone suite à la pratique conventionnelle. Cette remarque un brin agacée provient du constat que l'esprit critique nous semble

### Teneur en carbone organique, ou stock ?

Dans cette étude, il est question de teneurs en carbone organique, soit un pourcentage de la masse du sol. Les stocks de carbone sont évalués en masse par volume de sol. C'est donc différent, il faut une information supplémentaire pour calculer le stock à partir de la teneur : la densité apparente de la couche concernée. Il existe des méthodes simples pour y parvenir mais par souci de concision cela n'a pas été abordé ici. On pourra se référer aux publications de ces résultats dans des revues scientifiques.

**Conclusions : les enjeux sont dans la qualité des sols**

En 2004, l'éditeur de Science mettait en garde : « l'érosion est un défi aussi grave que le changement climatique ». Le rapport cité de l'IPCC (2019) a élargi ce diagnostic et la littérature spécialisée quelque peu anxiogène abonde sur le sujet. On voit à quel point le problème climatique peut être l'arbre qui cache la forêt des questions environnementales. Or lutter contre l'érosion et préparer les sols au changement climatique renvoient vers les techniques de l'ACS et la nécessité agronomique de restaurer les teneurs en carbone organique, bien au-delà des objectifs climatiques. On sait maintenant qu'il est possible d'atteindre rapidement des taux de croissance de 10 %, et de viser des rapports MO/argile de plus de 17 %. On sait que cela suppose d'abandonner progressive-

ment le labour à mesure que la teneur en MO augmente. On connaît les techniques prioritaires à développer : couverts végétaux denses et diversifiés, couverts associés etc. Les défis sont donc ailleurs : quelles mesures les cadres politiques et économiques doivent-ils prendre pour favoriser le basculement des exploitations dont les sols émettent vers des exploitations en ACS ? Quels cadres offrir pour permettre à ceux qui ont adopté l'ACS mais ne la maîtrisent pas, de progresser ? Un autre défi est posé : celui du recours aux herbicides, qui conduit à opposer de façon stérile ACS et AB. L'ABC<sup>3</sup> se développe, les méthodes des pionniers de l'ACS leur permettent de converger vers l'AB et réciproquement. Souhaitons que des engagements crédibles puissent être pris de ce côté-là par les partenaires de la chaîne de valeur, favorisant

la réussite de ces méthodes pionnières et l'émergence de l'ABC, plutôt que de bloquer l'ensemble du système par des décisions dénuées de sens agronomique, tantôt tournées vers une priorité climatique, tantôt tournées vers une priorité sanitaire au gré des urgences perçues.

(1) Minéralisation : consommation de la matière organique par les (micro)organismes du sol, qui est dégradée en éléments minéraux, en particulier le CO<sub>2</sub> (mais aussi H<sub>2</sub>O, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> etc.)  
 (2) STIR : tous les passages mécaniques sont comptabilisés, y compris les roulements (poids aux essieux), et notés selon la profondeur et le type de perturbation, le plus fort indice étant donné au retournement (labour). Voir [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1119754.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1119754.pdf). La pondération des opérations peut être adaptée. Nous avons repris le STIR adapté par Büchi, et al., 2017. Soil and Tillage Research 174, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.07.002> et l'avons légèrement simplifié. Une simplification extrême revient à décompter la fréquence des labours, ce qui apporte moins d'information que le STIR mais va déjà dans le même sens dans notre étude (du point de vue de l'impact sur la teneur en MO).  
 (3) Agriculture biologique de conservation.

**Article réalisé par...**  
**Pascal BOIVIN<sup>1\*</sup>,**  
**Xavier DUPLA<sup>1,2</sup>,**  
**Téo LEMAÎTRE<sup>1</sup>,**  
**Karine GONDRET<sup>1</sup>,**  
**Ophélie SAUZET<sup>1</sup>**  
**et Éric VERRECCHIA<sup>2</sup>**

\* PASCAL.BOIVIN@HESGE.CH  
 (1) SOLS ET SUBSTRATS, HEPIA-AGRONOMIE, 150 ROUTE DE PRESINGE, 1254 JUSSY – SUISSE  
 (2) FACULTÉ DES GÉOSCIENCES ET DE L'ENVIRONNEMENT, UNIVERSITÉ DE LAUSANNE, 1015 LAUSANNE – SUISSE.

LE CONTENU DE CET ARTICLE EST EXTRAIT DES ÉTUDES RÉALISÉES PAR LE GROUPE « SOLS ET SUBSTRATS » DE LA HAUTE ÉCOLE DU PAYSAGE, D'INGÉNIERIE ET D'ARCHITECTURE DE GENÈVE (HEPIA) CONDUIT PAR P. BOIVIN. ELLES ONT ÉTÉ FINANÇÉES PAR LES PLANS CLIMAT DES CANTONS DE VALUD ET GENÈVE ET PRINCIPALEMENT RÉALISÉES PAR XAVIER DUPLA, TEO LEMAÎTRE, KARINE GONDRET ET OPHÉLIE SAUZET EN COLLABORATION AVEC E. VERRECCHIA SUR LE CANTON DE VALUD. UNE BIBLIOGRAPHIE EST LIÉE À CET ARTICLE. ELLE SERA CONSULTABLE À LA MISE EN LIGNE DE CET TEXTE SUR LE SITE AGRICULTURE-DE-CONSERVATION.COM



La stratégie colza avec plantes compagnes développée par les réseaux ACS est également un booster de diversité, de fixation d'azote et de production de biomasse d'autant plus qu'elle est de plus en plus combinée avec une légumineuse pérenne qui permet de prendre habilement le relais dès la récolte du colza et cela, sans aucun travail du sol ni même de semis. C'est certainement encore quelques tonnes de carbones supplémentaires qui se trouvent réinjectées dans le sol où elles seront très utiles. Ainsi, et comme le démontre le résultat de ces recherches et mesures réalisées en situations réelles, ce n'est pas vraiment l'arrêt du labour et du travail du sol de manière plus large qui permet de séquestrer du carbone mais l'intensification de la photosynthèse par une végétation diversifiée et adaptée aux périodes climatiques que l'ACS exige, permet et facilite.

**CT CARBURE TECHNOLOGIES**  
 L'EXCELLENCE PAR TRADITION  
 FABRICATION FRANÇAISE

Descente de semis réglable  
 Nouveaux Brevets  
 Chasse débris pour semoirs  
 Roue de fermeture

Tous nos brevets en SD sur [www.carbure-technologies.fr](http://www.carbure-technologies.fr)

Innovation Performance Rentabilité  
 02 41 82 58 78 / 06 85 69 09 71  
[www.carbure-technologies.fr](http://www.carbure-technologies.fr)