



# OBJECTIFS

Ensemble pour améliorer la qualité de notre eau

N° 69

## La vie dans les sols

Encore mal connus, les organismes du sol font de plus en plus parler d'eux.

En effet, ils participent activement à la formation et au fonctionnement des sols. La vie dans les sols avec la matière organique constitue ainsi le 3<sup>e</sup> pilier de sa fertilité avec la fertilité chimique et la fertilité physique (cf. Objectifs n° 64 et n° 67).



**Une formidable biodiversité !**

**Les sols hébergent 1/4 des espèces de la planète.**

## La matière organique, l'énergie du sol

**La matière organique a un rôle capital à plusieurs titres car elle agit sur tous les compartiments de fertilité du sol :**

- **c'est un « carburant »**, de l'énergie pour les micro-organismes du sol ;
- **c'est un « garde-manger »** qui stocke de nombreux éléments fertilisants (azote, phosphore, oligo-éléments...) à court ou long terme ;
- **c'est une « éponge »** qui améliore la rétention en eau et la capacité d'infiltration des sols ;
- **c'est une « colle »** via l'activité biologique qui permet de structurer, d'aérer le sol et de le rendre moins sensible aux phénomènes d'érosion, de tassement et de battance.

Cependant il est préférable de parler DES matières organiques.

Présentes sous des formes physiques et chimiques très variées, les matières organiques ont des propriétés bien différentes. Très schématiquement, on peut distinguer trois grandes classes par une approche granulométrique.

### Principales caractéristiques des différents types de matières organiques.

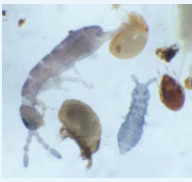


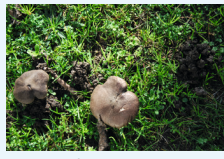
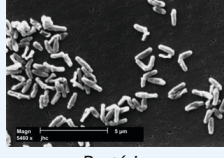
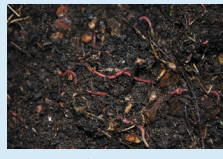

<b>Matière vivante</b>	<b>La MO libre grossière</b> Turnover de 2-5 ans	Résidus de culture Couverts végétaux	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Stimule la vie du sol</li><li>■ Libère rapidement ses éléments minéraux (azote, P, K...)</li><li>■ Effet structurant limité et éphémère</li></ul>
<b>Matière fraîche</b>	<b>La MO libre fine</b> Turn-over entre 5 à 20 ans	Matière organique déjà bien décomposée, BRF <sup>1</sup> , composts mûrs	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Minéralisation plus lente liée à sa composition chimique (ex. : lignine) ou à sa protection physique dans des macro-agrégats</li></ul>
<b>Matière transformée</b>	<b>La MO stable, liée = humus</b> Temps de résidence de 20 à 100 ans Fraction majoritaire dans les sols cultivés	MO liée chimiquement ou physiquement avec la fraction minérale (micro-agrégats) du sol	<ul style="list-style-type: none"><li>■ Rôle essentiellement physique = meilleure capacité à résister aux tassements, à l'érosion ou à la battance</li><li>■ Amélioration de la capacité d'infiltration et de rétention en eau</li><li>■ Amélioration de la CEC<sup>2</sup> du sol (complexe argilo-humique)</li><li>■ Réservoir long terme d'éléments fertilisants</li></ul>

1 - BRF : Bois Raméal Fragmenté = bois jeune broyé.

2 - CEC = Capacité d'Échange Cationique – indication sur la taille du réservoir en éléments minéraux du sol.

# La vie des sols, un écosystème complexe

Un sol contient environ 5 tonnes de matière vivante par hectare soit l'équivalent de 6 à 10 vaches ou d'une centaine de moutons ! C'est plus d'un milliard d'individus dans 1 g de sol. Les acteurs sont donc nombreux et ont chacun leur rôle.

LES FRAGMENTATEURS	LES RÉGULATEURS	LES INGÉNIEURS CHIMISTES	LES INGÉNIEURS GÉNÉRALISTES
 <p>Collembolles</p>  <p>Acariens Photos : M. Fouchard - INRA</p>	 <p>Nématodes Photo-M Laumond-INRA</p> <p>Et protozoaires</p>	 <p>Champignons</p>  <p>Bactéries © Janice Carr. Public Health Image Library. + algues</p>	 <p>Vers de terre épigés</p>  <p>Vers de terre anécique Et les fourmis, les coléoptères...</p>
<p><b>La mésofaune</b> 0,2 à 4 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fragmentation de la matière organique.</li> <li>Micro-brassage.</li> <li>Structuration du sol en surface.</li> <li>Régulation des champignons.</li> </ul>	<p><b>La microfaune</b> &lt; 0,2 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Régulation des populations microbiennes et des parasites du sol.</li> </ul>	<p><b>La microflore</b> &lt; au micron</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modification chimique de la matière (minéralisation – humification) ⇒ action centrale dans les cycles du carbone de l'azote et du phosphore.</li> <li>Action physique sur la structure et la stabilité des sols.</li> </ul>	<p><b>La macrofaune</b> 4 à 80 mm</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Action sur l'ensemble des piliers de fertilité du sol: macro-brassage (bioturbation), porosité, décomposition de la MO, stimulation de la vie du sol par une digestion mutualiste (= en commun avec des micro-organismes).</li> </ul>



## FOCUS SUR: l'importance des racines

Les racines ont plusieurs rôles majeurs dans les sols:

Effet de structuration du sol par des racines fasciculées de graminées et leur rhizodéposition

Photo: Couronne MP. / Chambre d'agriculture de la Drôme.

- Par leur exploration, elles améliorent la porosité du sol et participent au cycle des éléments minéraux.
- Leurs exsudats, composés de sucres, protéines, acides aminés, apportent une ressource énergétique facilement disponible aux micro-organismes du sol. Ils stimulent ainsi cette microflore autour des racines et favorisent, par leurs mucilages, la création d'agrégats.
- Elles sont également une source importante de matière organique dans le sol: 15 à 20 % de la masse végétale des plantes se situe dans le sol. 40 % des entrées de carbone dans le système sont liées au système racinaire et à sa rhizodéposition (cf. la production d'exsudats



## FOCUS SUR: les mycorhizes

Plus de 90 % des plantes cultivées sont capables de développer des symbioses avec des champignons mycorhiziens (quelques exceptions: colza, betterave).

La truffe, un exemple d'association mycorhizienne ô combien fameux

Photo: Cerdon C. / Chambre d'agriculture de l'Hérault.

Cette association « gagnant-gagnant » permet à la plante d'augmenter via le champignon son rayon de prospection. La plante offre au champignon le « gîte et une partie du couvert » (les sucres), le champignon complète le « couvert » (eau et éléments nutritifs) et participe à la défense de la racine contre ses bioagresseurs en occupant la place.



Lorsque l'on coupe une nodosité, si celle-ci présente une couleur rose à l'intérieur, c'est qu'elle est active.

Photo: Couronne MP. / Chambre d'agriculture de la Drôme.

## FOCUS SUR: les nodosités

Il s'agit également d'une symbiose mais cette fois d'une bactérie avec un végétal de la famille des légumineuses (pois, soja, vesce, trèfle, gesse...). Elles jouent un rôle primordial dans le cycle de l'azote car c'est le seul mécanisme biologique permettant de fixer de l'azote atmosphérique.

Les nodosités sont donc un facteur d'enrichissement du sol en azote. Un pH trop acide, un sol asphyxié ou tassé, un excès d'azote ou un manque de phosphore nuisent à leur développement.

Les couverts végétaux, notamment les légumineuses, favorisent les mycorhizes. Certaines cultures comme l'ail, l'oignon ou les poireaux ont également un effet positif sur leur développement.

## FOCUS SUR: les vers de terre

LES ÉPIGÉS	LES ENDOGÉS	LES ANÉCIQUES
Appelés aussi vers du compost, ils vivent à la surface du sol. Ils se nourrissent de résidus végétaux fragmentés.	Ils vivent exclusivement dans le sol (sur les 20 premiers centimètres) et se nourrissent de matières organiques déjà bien dégradées. Ils creusent des galeries plutôt sub-horizontales.	Ils font la navette entre la surface où ils vont se nourrir de résidus végétaux la nuit et les horizons profonds (à plus de 70 cm parfois) où ils se reposent et se protègent des intempéries. Leurs galeries verticales sont des voies privilégiées de circulation de l'eau mais également des racines.
RÔLES PRINCIPAUX DANS LES SOLS		
Fragmentation de la matière organique.	Décomposition de la matière organique. Aération du sol.	Décomposition de la matière organique. Aération du sol. Brassage entre l'organique et le minéral.
LES RECONNAÎTRE		
Très colorés (rouges) sur la totalité du corps. Très actifs. De petite taille.	Très peu colorés. De taille petite à moyenne.	Vers de grande taille. Surtout colorés au niveau de la tête.



Pour reconnaître les vers de terre, rendez-vous sur le site de l'observatoire participatif des vers de terre: [https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT\\_accueil.php](https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php)

### Vers de terre et travail du sol



Les épigés et les anéciques sont fortement perturbés par le travail du sol. Les endogés le sont beaucoup moins. La période de travail du sol compte également beaucoup. Ainsi un labour agricole peu profond réalisé en plein hiver, alors que les vers de terre sont en dormance à 40 cm sous la surface, sera beaucoup moins préjudiciable qu'un labour effectué en automne en pleine période d'activité.

Par ailleurs, un autre facteur est tout aussi important pour les vers de terre: la présence de matière organique fraîche en abondance. Les effets négatifs d'un labour raisonné pourront être largement compensés par des apports réguliers de matière végétale (résidus de culture, couverts végétaux...).



Un turricule de vers de terre contient 2 x plus de magnésium, 4x plus d'azote, 6x plus de phosphore et 10x plus de potassium disponibles que le sol non remanié à proximité.

### Évaluer la vie biologique de ses sols

Quelques méthodes choisies:

#### ■ Analyse du taux de matière organique (MO) et du rapport Carbone/Azote (C/N) du sol

(plus de détail dans le bulletin Objectifs n° 64)

Le taux de matière organique dépend beaucoup du type de sol. Ainsi pour un sol sableux en climat méditerranéen, un taux de 1,5 % sera très correct alors qu'il sera considéré comme faible pour un sol argileux de climat plus frais. Le C/N donne une vague information sur la vitesse de minéralisation de la MO du sol. Cependant cet indicateur peu précis reste à manier avec prudence.

C/N	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	TRÈS FAIBLE						TRÈS ÉLEVÉE ←		
	Décomposition très rapide de la MO						Décomposition lente de la MO		
							VIE BIOLOGIQUE RALENTIE		

À demander avec l'analyse de sol classique pour quelques euros supplémentaires.

## ■ Fractionnement granulométrique de la matière organique des sols

Il s'agit, tout comme pour la texture d'un sol, de classer la matière organique par taille de particules. On en déduit ensuite la nature des matières organiques présentes dans le sol. Plus les particules sont de grande taille, plus elles sont facilement dégradées.

MO liée, peu disponible ..... taille < 50 µm  
MO transitoire, libre ..... taille 50 à 200 µm  
MO libre, facilement dégradable ..... taille > 200 µm

**Coût: compter environ 80 €.**

À noter: la composition chimique peut également jouer un rôle dans la vitesse de dégradation des matières organiques (la lignine se dégrade en général moins vite que la cellulose par exemple). Dans ce cas, on peut effectuer un fractionnement chimique de la MO: sucres / hémicellulose / cellulose / lignine et cutine. Mais cette approche ne prend pas en compte la protection physico-chimique des MO dans le sol. Elle est donc complémentaire de l'approche granulométrique.

## ■ Analyse de la biomasse microbienne

Les méthodes et l'interprétation des résultats se sont affinées ces dernières années (cf. encarts Celesta-lab et Projet AgrInnov).

**Coût: 50 € en moyenne.**

### Quelques ordres de grandeur de la biomasse microbienne d'un sol (données Celesta-lab)

en mg de carbone / kg de terre

PRAIRIES LONGUE DURÉE	SOLS CULTIVÉS	DONT GRANDES CULTURES	DONT VITICULTURE
> 1000	0 à 1000	200 à 800	50 à 300

## ■ Analyses spécifiques

Elles sont nombreuses mais plus coûteuses. Certaines sont spécifiques pour des activités biologiques ou populations du sol bien précises. Leur interprétation nécessite une certaine expertise car les valeurs mesurées sont très dépendantes des types de sols, des contextes climatiques et des pratiques culturales. Elles sont plutôt utilisées dans un contexte expérimental.

Pour les plus courantes: compter 165 € pour la minéralisation du carbone ou de l'azote avec biomasse microbienne et granulométrie de la MO incluses.

Autres exemples d'analyses: le comptage des populations symbiotiques (mycorhizes, rhizobium), des nématodes, l'évaluation d'activités enzymatiques liées à la respiration ou à d'autres activités.

## ■ Comptage des vers de terre

Un comptage peut être effectué par un prélèvement à la bêche ou à l'occasion d'un profil de sol. Pour plus de précision, il existe le protocole moutarde. Cependant ces méthodes demandent beaucoup de temps et de minutie pour ne pas oublier d'individus et le nombre de vers de terre n'est pas toujours un indicateur pertinent. Ce n'est pas parce qu'il n'y a pas de vers de terre dans certains sols qu'ils fonctionnent forcément mal.

Cf. méthodologies détaillées dans la fiche technique SolAB: [www.itab.asso.fr](http://www.itab.asso.fr) → Projets de recherche expé → Agronomie: Fertilité et sur le site de OPVT.



### L'intérêt des analyses biologiques des sols

Si les analyses chimiques permettent d'ajuster le niveau de fertilisation N-P-K des cultures depuis longtemps, quel outil permet de diagnostiquer et de corriger le fonctionnement biologique du sol? Le rapport C/N utilisé en routine manque de sensibilité et n'est pas fait pour positionner un diagnostic annuel. Il faut alors faire l'usage d'indicateurs réactifs et sensibles aux pratiques culturales:

- Le fractionnement de la matière organique permet d'une part de répondre à la question de la qualité de la MO de votre sol (est-elle bloquée? assez active? etc.) et de choisir le type de produit organique (compost, fumier, fientes etc.) ou le couvert végétal (légumineuses, graminées etc.) le plus propice à l'équilibre du sol. Il permettra de savoir si vous avez assez d'humus vrai ou un déficit en matières actives.
- Si vous souhaitez savoir si votre sol est vivant, si la vie se développe normalement, et si son potentiel d'activité est satisfaisant, optez pour la mesure de la biomasse microbienne (= quantité de microbes du sol).
- Si vous souhaitez connaître le potentiel de fourniture d'azote de votre sol, savoir si les matières organiques se minéralisent bien, si elles ne sont pas trop déprotégées (= très rapidement minéralisables) ou au contraire inertes, si la teneur en matières énergétiques pour nourrir votre vie du sol est satisfaisante, optez pour la mesure du potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote.

*Celesta-lab*  
Acteur de votre environnement

Xavier Salducci  
Celesta-lab, le 04/10/2016

## ■ Les litterbags

Des sacs grillagés imputrescibles contenant une quantité connue de matière végétale (paille généralement) sont enfouis dans le sol. Un suivi de la dégradation de cette matière végétale est réalisé périodiquement.

Un test de même nature, mais plus ludique, a été mis en place par l'IFAO<sup>3</sup>, le « cotton test » (ou test du slip !). Il s'agit d'enterrer un slip 100 % coton dans une parcelle et de regarder sa dégradation au bout de 8 semaines. Plus le slip sera dégradé, plus la vie du sol est active.

3 - IFAO = Innovative Farmers Association of Ontario (Association des Agriculteurs Innovants de l'Ontario).

## AgrInnov et le Réseau de Veille à l'Innovation (REVA)

Le projet AgrInnov est un projet participatif associant chercheurs, conseillers et agriculteurs. Il a impliqué 250 agriculteurs répartis sur tout le territoire français. Ce projet a permis de tester et de démontrer la pertinence d'utilisation de bioindicateurs facilement interprétables dans des contextes agricoles variés pour qualifier l'effet des pratiques culturales sur la qualité des sols. Les indicateurs retenus concernent l'abondance et la diversité des communautés de micro-organismes (bactéries et champignons), de la nématofaune, et des lombrics ainsi que des indicateurs agronomiques : structure du sol, physico-chimie, dégradation de la matière organique ⇨ litterbags.

Tous les agriculteurs ayant participé à ce projet ont été formés par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs et conseillers agricoles afin de les rendre autonomes dans la réalisation des prélèvements de sol, les observations de terrain et l'interprétation des indicateurs. L'implication et le retour des agriculteurs qui ont participé à ce réseau national démontrent leur grand intérêt pour la préservation de la qualité de leurs sols et la nécessité d'étoffer ce réseau pour affiner l'impact des pratiques agricoles dans des contextes pédoclimatiques et agronomiques variés (plus d'informations sur : <http://www.jiag.info/>). C'est l'objectif maintenant du Réseau de Veille à l'innovation Agricole (REVA), piloté par l'Observatoire Français des Sols Vivants (OFSV : <http://www.ofsv.org/>).



Ajouter éventuellement un petit toit surélevé pour protéger le piège des pluies.

Photo : Castel L. / Chambre d'agriculture de la Drôme.

## ■ Les pièges Barbers

Ces pièges permettent d'identifier la macrofaune épigée active et une partie de la mégafaune (exemples : carabes, limaces...).

Vous pouvez les réaliser facilement avec un pot en plastique, de diamètre 7 à 10 cm, enterré jusqu'au bord que vous remplissez au tiers d'un liquide non attractif à base d'eau, de détergent (sans parfum) et de sel.

À date fixe, il suffit de relever le contenu du pot. La durée d'installation varie de 24 heures à une semaine.



## Favoriser la vie dans les sols

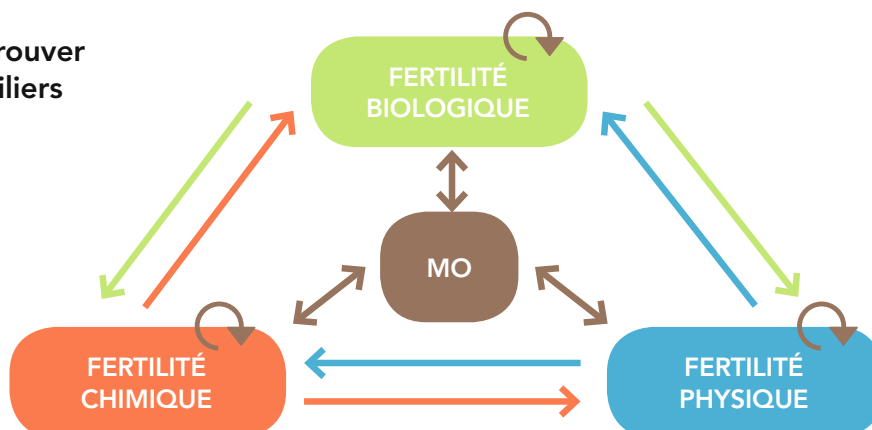
### ■ Donner à manger aux organismes vivants

- Laisser les résidus de récolte.
- Apports organiques : attention à la nature de la MO apportée en fonction des effets recherchés.
  - Pour stimuler la vie du sol : préférer des matières rapidement dégradables (engrais verts, fumier frais).
  - Pour reconstituer le stock d'humus : miser sur des matières organiques plus mûres et à C/N élevé (composts, BRF...).
- Développer les couverts végétaux.
- Successions de cultures et prairies.

### ■ Laisser le sol respirer *(plus de détail dans le bulletin Objectifs n° 67).*

- Éviter les tassements pour maintenir la porosité et la structure du sol.
- Limiter le travail du sol intensif (passages répétés, avec des engins lourds, labours profonds...) et les passages en conditions non ressuyées pour éviter :
  - des risques de tassements et compactages,
  - une stimulation trop importante de la minéralisation ⇨ perte de matière organique,
  - un impact sur les vers de terre mais également sur les populations de micro-organismes.

### ■ Un équilibre à trouver entre les trois piliers de la fertilité



## ■ Quelques exemples d'effets croisés :

	FERTILITÉ CHIMIQUE	FERTILITÉ PHYSIQUE	FERTILITÉ BIOLOGIQUE	PISTES D'ACTION
<b>pH acide</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>↳ CEC</li> <li>Toxicité aluminique si pH &lt; 5</li> </ul>	Instabilité structurale ⇨ ↳ porosité, ↗ battance et érosion	Moins de bactéries (minéralisation) mais plus favorable aux champignons (dégradation de la lignine)	Chaulage (remontée progressive)
<b>Présence de calcium</b>	Blocage d'éléments minéraux si excès (phosphore, fer...)	Favorable à la structure du sol (ponts calciques) ⇨ meilleure aération	Favorables aux bactéries mais moins aux champignons Protection physique de la MO ⇨ ↳ minéralisation	Cultures pérennes: choix de porte-greffes adaptés par rapport à la chlorose ferrique
<b>Sol compacté</b>	Moins bonne alimentation des plantes en éléments minéraux	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Moins bonne rétention en eau dans le sol</li> <li>■ Ruissellement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Obstacle au développement racinaire</li> <li>■ Asphyxie ⇨ réduction de la vie biologique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prévenir les tassements en passant en conditions ressuyées</li> <li>■ Pression des pneus</li> <li>■ Enherbement en cultures pérennes</li> <li>■ Décompactage</li> </ul>
<b>Labour</b>	Homogénéité de l'horizon labouré (pH, MO, éléments minéraux)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aération du sol 👍</li> <li>■ Semelle de labour 🚫</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Perturbe la vie du sol</li> <li>■ ↗ minéralisation ⇨ ↳ taux de MO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pratiquer un labour peu profond et non systématique</li> <li>■ Apports organiques</li> <li>■ Implantation de couverts végétaux</li> </ul>
<b>Fertilisation</b>	Bonne alimentation des plantes. En cas d'excès: pollution des nappes (nitrates)	Attention aux engrais à effet acidifiants	La plante ayant en abondance des éléments nutritifs elle va moins développer de stratégie d'exploration (racines) et de coopération (mycorhizes) et sera alors plus sensible à une variation brutale de son environnement	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Raisonner la fertilisation au plus juste / besoin des plantes (doses et périodes d'apport)</li> <li>■ Apports organiques</li> <li>■ Engrais verts</li> </ul>
<b>Irrigation</b>	Bonne disponibilité des éléments fertilisants	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Risque de battance</li> <li>■ Ne permet pas aux argiles de restructurer les sols en été</li> </ul>	Active la vie des sols en été (↗ minéralisation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prévoir une rotation qui laisse les sols secs certains étés.</li> <li>■ Attention aux sols battants: remonter le taux de MO</li> </ul>
<b>Couverts végétaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Recyclage des éléments minéraux</li> <li>■ Limite les fuites de nitrates</li> <li>■ Si C/N élevé attention aux fuites d'azote</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Protection de surface contre la battance et l'érosion</li> <li>■ Effet légèrement structurant des racines</li> <li>■ Peut assécher le profil de sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Apporte du carburant aux organismes du sol</li> <li>■ Stimule la vie du sol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Développer ces techniques notamment dans les sols sensibles</li> <li>■ Choisir des couverts adaptés aux objectifs</li> </ul>

**Ces thématiques sur le sol vous intéressent ?**  
**Vous voulez aller plus loin ?**  
**La Chambre d'agriculture de la Drôme vous accompagne :**

DES FORMATIONS SPÉCIFIQUES  
SUR LA FERTILITÉ DES SOL

**Service formation : 04 27 24 01 58**

UN ACCOMPAGNEMENT SI VOUS SOUHAITEZ  
RÉALISER UN PROFIL DE SOL SUR UNE DE VOS PARCELLES

**Marie-Pascale Couronne : 04 27 24 01 64**