LA CANNE
n° 45
août
2018

CAHIER
technique

Mieux connaître ses sols

Une fertilisation bien raisonnée passe par une bonne connaissance de son sol où les racines des cannes vont puiser les ressources minérales dont la canne à besoin pour ce développer. Ce cahier technique, premier d'une série de trois, vous parle de l'origine et des propriétés de vos sols pour mieux comprendre leur fonctionnement et mieux gérer leur fertilité.



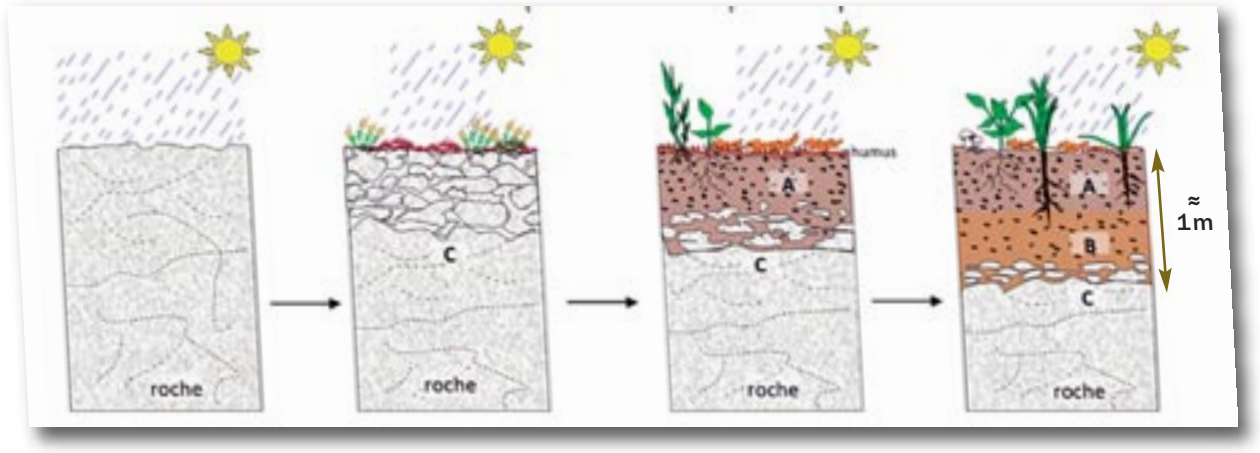
Podzol andique, sol brun andique, sol vertique, sol brun - Source : CIRAD

> Comment se forme un sol ? II
> Diversité et grands types de sols à La Réunion III
> Les caractéristiques physiques et chimiques des sols IV
> Les principaux éléments nutritifs de la plante V
> Le rôle des organismes vivants VI
> Le rôle de la matière organique VII
> Potentiel et contraintes des grands types de sols à La Réunion VIII

Ce cahier technique a été rédigé avec la contribution du CIRAD : M. Bravin, A. Versini, F. Feder et L. Le Mézo.

COMMENT SE FORME UN SOL ?

Un sol se forme sous l'effet de l'altération d'une roche mère par le climat (pluie et chaleur) et de l'action de la végétation et des organismes vivants du sol (apport de matières organiques), sur des durées très longues (plusieurs milliers à millions d'années).



Quelques milliers à quelques millions d'années

© 2005-2018 Banque de Schémas - SVT - Académie de Dijon

La roche issue de coulées volcaniques à La Réunion est présente en surface (C).

Un premier horizon superficiel se forme, par désagrégation physique et altération chimique de la roche mère en surface sous l'effet principal du climat tandis que les premiers végétaux et lichens apparaissent.

Un horizon plus épais (A) se forme en surface. Les matières organiques et minérales s'y mélangent, sous l'action de la végétation et des organismes vivant dans le sol.

Plusieurs horizons différenciés peuvent ensuite se former (ici, A et B, par exemple), par migration ou accumulation d'éléments. Le sol devient alors généralement plus profond.

Evolution accélérée des sols en milieu tropical

C'est la chaleur et l'humidité qui font évoluer un sol. La roche mère s'altère donc plus vite en milieu tropical humide, comme à La Réunion, qu'en milieu tempéré comme en métropole. Mais notre île est relativement jeune d'un point de vue géologique, et toujours en formation pour ce qui concerne le massif du piton de la Fournaise.

Du fait de la relative jeunesse et de l'érosion naturellement importante à La Réunion, les sols sont peu profonds (parfois moins de 30 cm) par rapport à ceux d'îles plus anciennes, comme Maurice, où certains sols très altérés et peu érodés peuvent atteindre plusieurs mètres de profondeur.

De la terre, de l'eau, de l'air

Le sol est constitué de trois fractions : la fraction solide (la terre), la fraction liquide, que l'on appelle couramment « l'eau du sol » et la fraction gazeuse, « l'atmosphère du sol ».

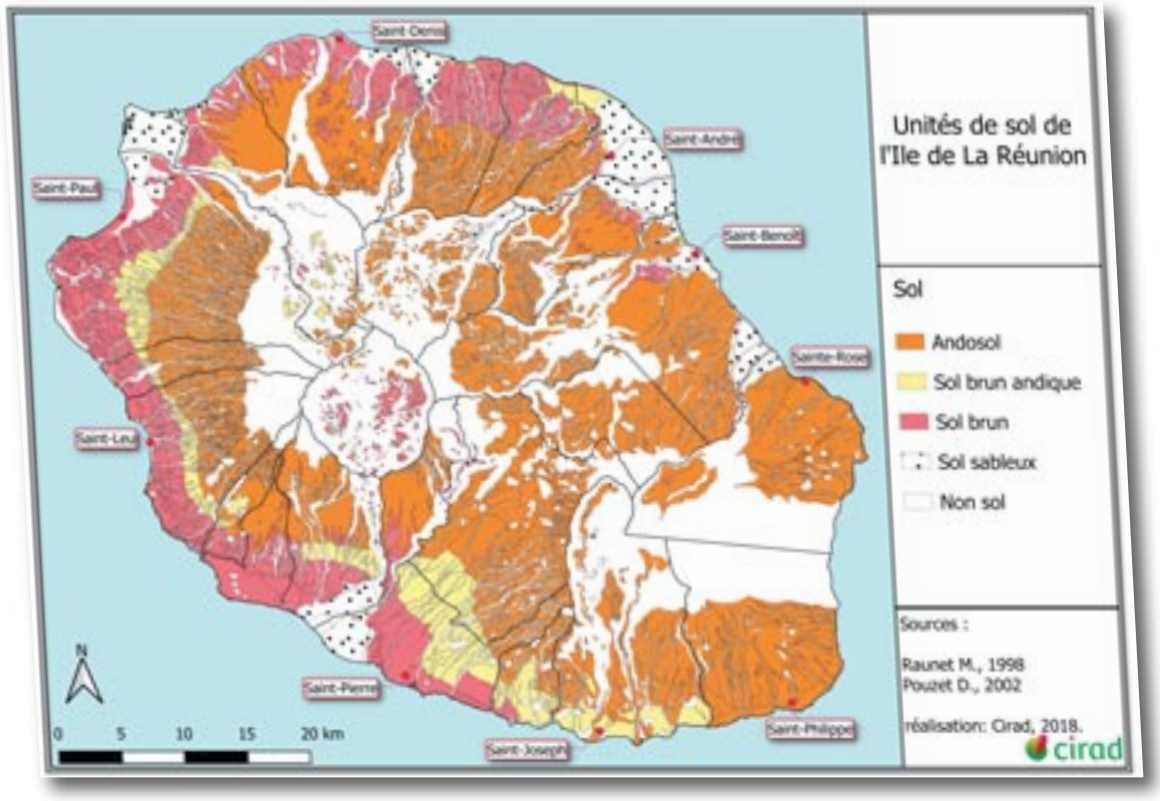
Comme la fraction solide est de loin la plus importante, sa composition détermine grandement celle de l'eau et de l'atmosphère du sol. Cette fraction solide est généralement composée à plus de 90 % de minéraux (argiles, oxydes de fer et d'aluminium) et à moins de 10 % de matière organique vivante et morte, qui évolue beaucoup plus rapidement que les minéraux.

GRANDE DIVERSITÉ DE SOLS À LA RÉUNION

Même si le niveau d'altération n'est pas complet pour la très grande majorité des sols de La Réunion, leur diversité est en revanche exceptionnelle rapportée aux dimensions réduites de l'île. Cette diversité est due à la fois :

- à son histoire géologique, La Réunion étant constituée de deux massifs volcaniques (piton des Neiges et piton de la Fournaise) qui se sont mis en place à des époques différentes. De la naissance de l'île il y a 3,6 millions d'années à nos jours, les sols se sont donc formés sur des roches d'âges différents. A cette variabilité s'ajoute le dépôt en surface de cendres lors de certaines éruptions volcaniques, ces cendres s'altérant beaucoup plus vite que les roches dures, les sols qui se forment à partir d'elles évoluent plus rapidement ;
- à l'importance du relief, qui crée des conditions de température et de pluviométrie très différentes en fonction de l'altitude;
- aux vents dominants, qui génèrent une pluviométrie beaucoup plus importante sur la partie Est de l'île.

La nature des sols change donc souvent avec l'altitude, plus particulièrement sur la partie Ouest de l'île. Les sols les plus jeunes, les moins évolués, se trouvent le plus souvent en altitude, les plus vieux et les plus évolués à proximité de la côte. A l'exception de certains sols sableux formés de sables clairs issus de la désagrégation naturelle du récif corallien, la totalité des sols de La Réunion sont issus de roches volcaniques. Au fur et à mesure de leur évolution, ces sols perdent peu à peu les marques et les propriétés liées à l'origine volcanique des roches dont ils sont issus.



QUATRE GRANDS TYPES DE SOLS

Les sols andiques ou andosols - Type de sols le plus fréquent, généralement les plus jeunes, répandus dans les zones les plus humides (Hauts de l'Ouest et du Nord, façades Est et Sud). Ce type de sols couvre environ 60% des surfaces cultivées en canne à sucre.

Les sols bruns andiques ou cambisols andiques - Stade suivant de l'évolution des andosols. On les trouve le plus souvent en moyenne altitude dans l'Ouest et sur le littoral Sud. Ce type de sols couvre environ 15% des surfaces cultivées en canne à sucre.

Les sols bruns ou cambisols (incluant les sols ferrallitiques et vertiques) - Sols plus âgés et plus évolués, se rencontrent surtout dans les zones basses du Nord et de l'Ouest. Ce type de sols inclut les sols ferrallitiques qui sont les sols les plus altérés et les sols vertiques très argileux représentés par quelques poches isolées (< 1% des surfaces cultivées). Les sols bruns au sens large couvrent environ 25% des surfaces cultivées en canne à sucre.

Les sols sableux ou arénosols - Type de sols des zones alluvionnaires, qui sont localisés au débouché des principales rivières de l'île et qui n'ont pas de lien avec l'évolution des autres sols. Sols rarement cultivés en canne à sucre.

LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS

Les qualités physiques d'un sol sont liées à :

sa texture - La taille des constituants qui le composent, du plus gros au plus fin. A l'exception des sols sableux, la texture des sols réunionnais est généralement fine (limoneuse ou argileuse). Cependant, la texture n'est pas un critère de qualité du sol très pertinent à La Réunion car, pour une même texture, peuvent se cacher des natures de constituants et surtout des comportements très différents (par exemple : les sols andiques et vertiques ont une texture à dominante argileuse mais se comportent très différemment – voir page VIII);

sa structure - La manière dont s'agencent les constituants du sol. La structure naturelle du sol et la manière dont il est travaillé le rendent plus ou moins compact ou à l'inverse aéré et poreux. La structure du sol a donc un impact important sur la rétention et la circulation de l'eau et des éléments nutritifs pour la plante dans le sol;

sa pierrosité - Proportion de constituants grossiers du sol (par exemple: graviers, cailloux, galets), qui ont une taille supérieure à 2 mm. S'il est généralement admis que les constituants grossiers ne sont pas assez fins pour jouer sur les caractéristiques chimiques du sol, en revanche la pierrosité joue un rôle important sur le comportement physique du sol. Lorsqu'elle augmente, la rétention d'eau diminue alors que sa circulation augmente;

sa profondeur - Lorsqu'elle est limitée, elle détermine le volume de sol exploitable par les racines des plantes. Ainsi, un sol dont la terre fine (constituants dont la taille est inférieure à 2 mm) est riche mais dont la profondeur est faible aura un potentiel de fertilité limité. A La Réunion, la profondeur des sols, très variable et fortement déterminée par sa localisation, reste le plus souvent inférieure à 1 ou 2 m.



Structure grumeleuse observée dans la couche de surface d'un sol, constituée d'agrégats de petite taille et de forme plutôt arrondie qui laissent bien pénétrer les racines et circuler l'eau dans le sol.
Source : J.-P. Legros, Association Française pour l'étude des sols

LES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DES SOLS

Au-delà de la quantité d'éléments contenus dans une masse de sol, la qualité chimique d'un sol est principalement liée à sa capacité à retenir les éléments nutritifs utiles à la plante et à son degré d'acidité.

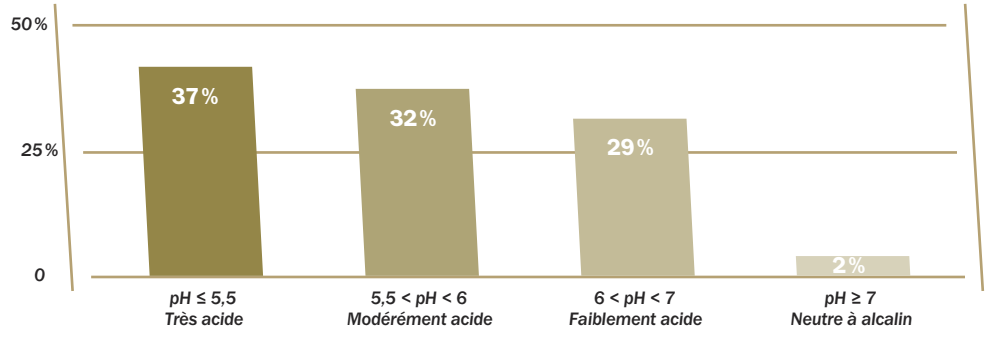
La capacité des sols à retenir les éléments nutritifs

La fraction solide (la terre) régule grâce à sa capacité de rétention la quantité d'éléments nutritifs présents dans l'eau du sol où les racines des plantes s'alimentent. De par la nature de leurs constituants, les sols de La Réunion présentent d'assez fortes capacités de rétention, mais elles sont variables selon les éléments nutritifs.

L'acidité des sols

Caractéristique essentielle à connaître, le pH mesure l'acidité d'un sol, ou, à l'inverse, son alcalinité. Le pH des sols à La Réunion varie entre 4 et 8,5. Plus le pH descend en dessous de 7, plus il est acide. Plus il est supérieur à 7, plus il est alcalin. Sur l'île, on estime que plus de 95 % des sols sont acides, dont près de 40 % sont très acides (pH < 5,5). Or, l'acidité a des effets multiples sur le fonctionnement d'un sol. Elle diminue notamment sa capacité à retenir le calcium, le magnésium et le potassium qui sont alors emportés par l'eau circulant dans le sol et ne pourront donc plus nourrir la plante.
Le phosphore est quant à lui d'autant plus fortement retenu par le sol que celui-ci est acide. Dans un sol très acide, il sera donc peu disponible pour la plante même s'il est présent en grande quantité.
Une acidité importante a également pour effet de rendre soluble l'aluminium du sol, dès lors toxique pour la plante. De manière plus générale, une acidité importante diminue la vie biologique des sols.

Répartition des sols agricoles réunionnais en fonction des classes de pH



LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS NUTRITIFS DE LA PLANTE

L'azote, le phosphore et le potassium sont les principaux éléments utiles à la plante. Ce sont les moteurs de la croissance de la canne et de son enrichissement en sucre. La plante se nourrit également de calcium, de magnésium, de soufre et de divers éléments en très petites quantités mais indispensables, les oligo-éléments. Une bonne gestion des éléments nutritifs du sol nécessite non seulement de compenser les pertes d'éléments (par la récolte des plantes, la volatilisation vers l'atmosphère et la circulation de l'eau dans le sol) mais également d'assurer que ces éléments sont dans le sol disponibles pour la plante.

L'azote (N)

L'azote est d'un point de vue quantitatif le second élément nutritif accumulé dans la canne à sucre (0,3% de la masse totale sèche). Dans le sol, l'azote se trouve très majoritairement sous forme organique, et donc en l'état non utilisable par la plante. Mais au contact des micro-organismes, il se transforme en permanence, passant de l'état organique à l'état minéral et inversement. C'est à l'état minéral (nitrate et ammonium) qu'il devient assimilable par la plante. La mise à disposition de l'azote du sol pour la plante est donc principalement contrôlée par le fonctionnement biologique du sol, transformant l'azote organique en azote minéral.



(pas d'azote => fertilisation complète)

A l'état de nitrate, l'azote nourrit la canne mais, aussi très mobile, il peut être emporté par les eaux circulant dans le sol. Le risque de voir le nitrate ou les ions nitrate arriver jusqu'aux nappes phréatiques et dans les eaux de surface est toutefois limité ; d'une part grâce à la capacité relative des sols réunionnais à les retenir (sols andiques et bruns andiques en particulier); d'autre part en raison de la vigueur et de l'importance du système racinaire de la canne, capable d'aller prélever rapidement le nitrate ou les ions nitrates en profondeur.

Le phosphore (P)

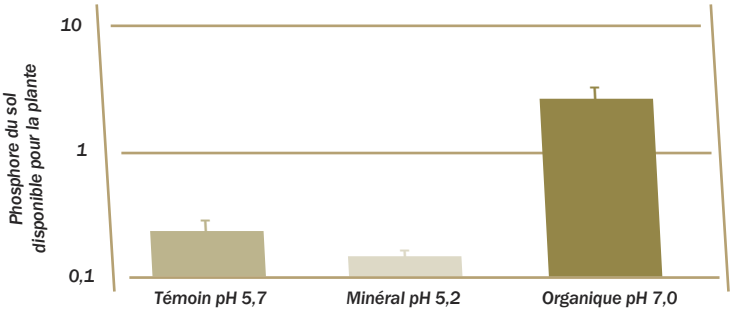
Indispensable complément de l'azote et du potassium pour la croissance de la canne, le phosphore est d'un point de vue quantitatif le troisième élément nutritif accumulé dans la canne à sucre (0,08% de la masse totale sèche). Il est un élément constitutif de nombreuses molécules essentielles au fonctionnement de la plante. Le phosphore, naturellement très présent dans les sols de La Réunion, est peu disponible pour la plante, en particulier quand le sol est très acide. La mise à disposition du phosphore pour la plante est donc principalement contrôlée par les caractéristiques chimiques du sol.

Des travaux récents ont montré que l'acidification des sols andiques par une fertilisation minérale mal maîtrisée diminuait la mise à disposition du phosphore pour la plante. A l'inverse, une fertilisation organique a diminué l'acidité du sol et ainsi augmenté la mise à disposition de phosphore pour la plante.

Mise à disposition du phosphore en fonction du type de fertilisation sur un sol andique

Contrairement à une fertilisation minérale, une fertilisation organique diminue l'acidité du sol et augmente ainsi la mise à disposition du phosphore pour la plante

Source : Cirad-Runéo, thèse C. Nobile, 2017



Le potassium, le calcium et le magnésium

Le potassium intervient dans de nombreux processus biologiques et favorise notamment l'accumulation du saccharose dans la canne. Le potassium est le premier élément nutritif accumulé dans la canne à sucre (0,6% de la masse totale sèche).
Le calcium et le magnésium contribuent également à la croissance de la plante et sont présents dans la canne dans les mêmes proportions que le phosphore. Ils se présentent essentiellement sous une forme minérale assez mobile, mobilité qui les met facilement hors de portée des racines du fait de l'eau qui circule dans le sol.
La réserve de potassium, calcium et magnésium disponible pour la plante est directement reliée à la capacité de rétention du sol qui diminue fortement lorsque le sol s'acidifie.

LE RÔLE DES ORGANISMES VIVANTS

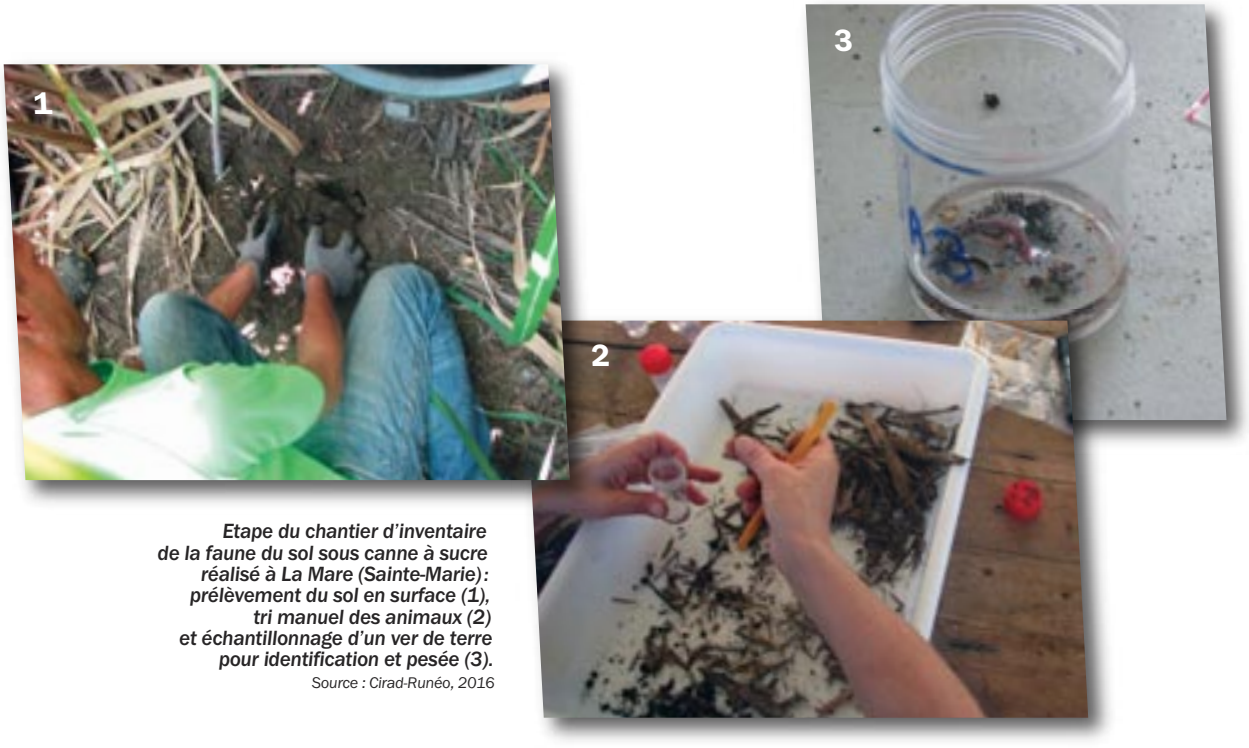
Les caractéristiques biologiques d'un sol ont des effets importants sur les qualités physiques et chimiques de ce dernier.

Un sol contient une grande diversité d'organismes vivants : bactéries, champignons, organismes unicellulaires, vers de terre, nématodes, myriapodes, insectes, mollusques, araignées… ainsi que la partie souterraine des plantes, principalement les racines. La masse de ces organismes vivants est généralement de l'ordre de 10 tonnes à l'hectare, sur les 20 à 30 premiers centimètres de sol.

Le premier et principal service rendu par les organismes vivants du sol est la minéralisation et l'incorporation au sol la matière organique présente. Les organismes vivants utilisent la matière organique comme source d'énergie et d'éléments nutritifs ; un rôle crucial qui a des conséquences très importantes sur les caractéristiques physiques et chimiques du sol ainsi que sur la mise à disposition des éléments nutritifs pour la plante :

- **les organismes vivants du sol participent ainsi à sa structuration** par le déplacement de la matière organique dans le sol (en particulier les vers de terre) ainsi que par son morcellement et son mélange avec la fraction minérale du sol. Ils créent de la porosité favorisant la circulation de l'eau et de l'air dans le sol ;
- par leur intense activité, **ils sont aussi capables de modifier les caractéristiques chimiques du sol**, en particulier l'acidité de l'eau du sol et la composition de l'atmosphère du sol ;
- **en minéralisant une partie de la matière organique**, les organismes du sol mettent les éléments nutritifs contenus dans la matière organique à disposition de la plante. Ils régulent la disponibilité des nutriments, en lien avec le cycle de vie des micro-organismes.

La biodiversité est un atout pour un sol : la présence d'un grand nombre d'organismes différents assurant une fonction identique garantit le maintien de cette fonction (quand un organisme, stressé, ne l'assure plus, les autres prennent le relais). De plus, la présence d'organismes différents permet d'assurer des fonctions différentes.



Etape du chantier d'inventaire de la faune du sol sous canne à sucre réalisé à La Mare (Sainte-Marie) : prélèvement du sol en surface (1), tri manuel des animaux (2) et échantillonnage d'un ver de terre pour identification et pesée (3).
Source : Cirad-Runéo, 2016

Une vie souterraine à mieux connaître - ***Très peu d'études ont pour l'instant été consacrées à la biodiversité dans les sols agricoles de La Réunion. Un inventaire des animaux vivants (notamment des vers de terre) dans les trente premiers centimètres d'un sol brun sous canne à sucre est cependant réalisé depuis 2013 dans le cadre d'un essai de fertilisation sur la station expérimentale de La Mare (Sainte-Marie). Les premiers résultats ont mis en évidence, quelle que soit la modalité de fertilisation (minérale ou organique), une densité de vers de terre tout à fait satisfaisante, avoisinant les 100 individus au mètre carré correspondant à 200 kg de vers de terre à l'hectare.***

LE RÔLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

La matière organique présente dans le sol résulte de la dégradation partielle des éléments vivants, composés de carbone : la biomasse des feuilles tombées au sol, des racines mortes… et les animaux morts.

La matière organique joue plusieurs rôles :

- c'est le premier maillon de la chaîne alimentaire du sol : elle nourrit notamment les microorganismes du sol et les vers de terre qui jouent un rôle central dans le fonctionnement biologique des sols ;
- c'est un réservoir de nutriments qui en se dégradant progressivement participe à la nutrition des plantes ;
- elle a une importante capacité de rétention des nutriments qui limite leur perte et favorise leur libération progressive de ces derniers dans le sol ;
- elle améliore la structure du sol, en favorisant l'agrégation de la fraction minérale ;
- elle a également une capacité propre à retenir l'eau.



La paille de vos cannes, une ressource importante de matière organique.



Epandage de résidus organiques (litière de volaille en bas à gauche et lisier de porc au milieu) sur un sol agricole dans les Bas du Nord de l'île. Source : Cirad-Runéo, 2014

Pièges à carbone – *Une des propriétés des sols d'origine volcanique (sols andiques et bruns andiques) est la forte capacité de certains de leurs minéraux à s'associer intimement à la matière organique et ainsi à la protéger de la minéralisation. Au-delà de cette propriété naturelle, la grande quantité de matière organique apportée au sol par les racines et les pailles de canne qui se minéralisent partiellement permet aux sols de La Réunion cultivés en canne de conserver des stocks importants de carbone.*

POTENTIEL ET CONTRAINTES DES GRANDS TYPES DE SOLS A LA RÉUNION

Les sols andiques ou andosols



Propriétés chimiques

Sols souvent très acides (pH < 6). Capacité d'échange des éléments nutritifs entre le sol et la plante : importante, sauf si le sol est très acide.
Fort pouvoir fixateur du phosphore même s'il est très abondant dans le sol. Le phosphore est d'autant moins disponible pour la plante que le pH est bas. Sols naturellement très riches en carbone organique, intimement associé aux minéraux et donc protégé de la minéralisation.

Propriétés physiques

Sols légers, poreux et perméables, ils retiennent beaucoup d'eau tout en la laissant bien circuler.
Sols le plus souvent profonds et à faible pierrosité.

Conséquences pour l'agriculture

Sols avec un haut potentiel de fertilité, à condition d'éviter qu'ils ne s'acidifient trop.
En cas d'acidité trop forte :
- l'aluminium du sol se dissout dans l'eau du sol et devient très toxique pour la plante ;
- les réserves de calcium, magnésium et potassium disponibles pour la plante diminuent très fortement ;
- le phosphore (y compris celui apporté par les engrais) devient peu disponible pour la plante.

Importante réserve d'eau disponible pour la plante. Risque de compaction s'ils sont travaillés quand ils sont trop humides : ils perdent alors leur capacité à bien laisser circuler l'eau. Forte diminution de leur capacité à retenir l'eau quand on laisse le sol nu et qu'il sèche en surface.

Les sols bruns andiques ou cambisols andiques



Propriétés chimiques

Elles sont proches de celles des sols andiques mais moins marquées :
l'acidité est moins forte (pH < 6,5), la capacité d'échange d'éléments nutritifs entre le sol et la plante est plus faible, tandis que le pouvoir fixateur du phosphore est proche de celui des andosols. Leur teneur en carbone est élevée, mais moindre que celle des andosols.

Propriétés physiques

Sols un peu plus denses que les andosols, tout en présentant une forte porosité avec une bonne capacité de rétention et de circulation de l'eau.
Leur pierrosité est généralement moyenne à faible.

Conséquences pour l'agriculture

Elles sont proches de celles décrites pour les andosols, bien qu'un peu moins marquée.
Bon potentiel de fertilité, à condition d'éviter une trop forte acidification. La réserve d'eau utile à la plante est assez élevée, mais dépend de la profondeur effective du sol.
Cette eau s'infiltre rapidement.

Les sols bruns ou cambisol (incluant les sols ferrallitiques et vertiques)



Propriétés chimiques

Sols acides à faiblement acides, voire neutres pour les sols vertiques (pH < 7,5).
Cas particuliers : les sols bruns ferralitiques sont les plus appauvris et donc plus acides. Capacité d'échange des éléments nutritifs entre le sol et la plante aussi élevée que dans les sols andiques lorsque l'acidité n'est pas trop forte et que le sol est riche en argiles. Phosphore est modérément fixé, donc généralement assez disponible pour la plante.

Propriétés physiques

Sols beaucoup plus denses que les sols andiques et plus lourds à travailler lorsqu'ils sont riches en argiles et humides.
Sols moyennement à peu profonds en majorité, parfois très pierreux. Cas particuliers : les sols vertiques contiennent des argiles gonflantes qui, lorsqu'ils sèchent, perturbent le développement des racines des plantes par la formation de fentes de retrait, visibles en surface.

Conséquences pour l'agriculture

Potentiel de fertilité important si les propriétés du sol sont préservées.
Réserve en eau utile pour la plante moyenne à faible (< 100 mm), surtout dans les sols peu profonds. Risque important de compaction sur les sols les plus argileux, pouvant causer une mauvaise infiltration de l'eau et du ruissellement en cas de fortes pluies.

Les sols sableux ou arénosols



Propriétés chimiques

Sols modérément acides, voire alcalins (pH > 6,5).
Faible capacité d'échange des éléments nutritifs entre le sol et la plante. Peu de réserves en phosphore, faible teneur en carbone.

Propriétés physiques

Sols les plus denses, à la pierrosité très variable.
Bonne circulation de l'eau, mais avec une faible capacité de rétention d'eau utile à la plante.

Conséquences pour l'agriculture

Fertilité potentielle assez faible. Sols qui se comportent comme un substrat à alimenter pour qu'il soit en mesure de nourrir la plante.
Ces sols nécessitent une gestion précise de l'irrigation car la réserve en eau utile à la plante est faible (< 50 mm). Les apports de nutriments doivent être absolument fractionnés, sinon une part importante sera perdue pour la plante suite à de fortes pluies.

Tous les cahiers techniques de Caro Canne sont téléchargeables sur le site http://www.carocanne.re