



RECYCLONS LES NUTRIMENTS DE NOS BIODÉCHETS !

Introduction

L'agriculture dépend des apports de nutriments sur les sols cultivés. Alors que ceux-ci ont été largement assurés par des engrais minéraux depuis plusieurs décennies, le recyclage des nutriments disponibles dans les déchets organiques est une piste pour limiter les impacts environnementaux de l'alimentation. Parmi eux, les biodéchets constituent une ressource peu mobilisée à l'heure actuelle. Quels cycles sont à l'œuvre dans la croissance des plantes ? Quelles matières organiques peuvent retourner au sol ? Quelles technologies peuvent faciliter ce retour au sol ?

Le groupe de travail « Bouclage des cycles et valorisation des biodéchets » du Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation ([CTBM](#)) a rassemblé les éléments disponibles sur ce sujet. Ce document présente les enjeux du recyclage des nutriments, notamment concernant la méthanisation.



LES MEMBRES DU GROUPE DE TRAVAIL « Bouclage des cycles et valorisation des biodéchets »

Merci aux membres du GT pour leurs contributions et relectures de ce document.

AMORCE - HERVIER Delphine	FNCCR - PERRIN Guillaume	SAGE - FRUTEAU Nicolas
ATEE Club Biogaz - MÉLIX Marion	Gaec du Pichet AAMF - LAURENT Matthieu	SEDE (Veolia) - TREGUER Ronan
ATEE CTBM - L'HOSTIS Alice	GRDF - AUBEUT-CHOJNACKI Laëtitia	Setec - DIARA Arnaud
Axibio - GALY Pierre-André	INRAE - GIRAULT Romain	Setec - VITTOZ Claire
CVE - BOSSIS Arnaud	INRAE - PEU Pascal	Solagro - BERGER-RUIZ Sylvaine
DRIAAF - FONTAINE Juliette	INRAE - TRÉMIER Anne	Suez - HARRY Jean-Pierre
DRIAAF - ULRYCH Raphaëlle	INSA Toulouse - HAMELIN Lorie	SYCTOM - MOREL Loïc
Elanor Consulting - DAMASIN Martial	INSA Toulouse - POMMIER Sébastien	TotalEnergies - FRANCKE Loïc
EnviTec Biogas - PORROT Erwann	Keon - SPANNAGEL Philippe	TotalEnergies - SAMBUSITI Cecilia
Erep - MEMBREZ Yves	Paprec - GORRIA Morgane	Valotech Energies - HANY Sara
FIBL - FUCHS Jacques	Région Île-de-France - DUCOTTET Séverine	VoxGaïa - CHENON Pascale
FNCCR - GODOY Céline	RISPO - ARDOUIN Estelle	

Alice L'HOSTIS - Directrice du CTBM

a.lhostis@atee.fr

www.atee.fr/energies-renouvelables/club-biogaz/ctbm

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon par le Code pénal. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées dans le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code pénal art. 425).

QU'EST-CE QU'UN « CYCLE DE NUTRIMENTS » ?

Nous pouvons faire un parallèle avec le cycle de l'eau. Dans la nature, l'eau circule sous différentes formes : elle tombe sous forme de précipitations, se rassemble en cours d'eau et en nappes phréatiques, rejoint éventuellement une mer puis est évaporée et se condense dans les nuages. Entre-temps, des plantes et des animaux ont pu s'en servir pour s'hydrater et l'ont ensuite évacuée (évapo-transpiration ou urine). On parle de cycle de l'eau pour décrire son parcours en différentes étapes. En agriculture, les plantes sont également produites dans nos champs à partir de matières

premières (l'eau, les nutriments des sols et le carbone de l'atmosphère) et d'énergie (venant du soleil). Elles sont ensuite utilisées dans l'alimentation humaine et animale et fournissent à la fin des déchets de nature organique, dont font partie les « biodéchets ». Ils contiennent une partie des nutriments initialement captés dans le sol par les plantes en croissance. Il est donc important de ramener dans les sols agricoles ces nutriments, à travers des filières adaptées : la méthanisation et le compostage. C'est ce que l'on appelle « boucler le cycle des nutriments ».



LEXIQUE

BIODÉCHETS (définition de l'ordonnance 2020-920)
« Les déchets non dangereux biodégradables de jardin ou de parc, les déchets alimentaires ou de cuisine provenant des ménages, des bureaux, des restaurants, du commerce de gros, des cantines, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que les déchets comparables provenant des usines de transformation de denrées alimentaires ».

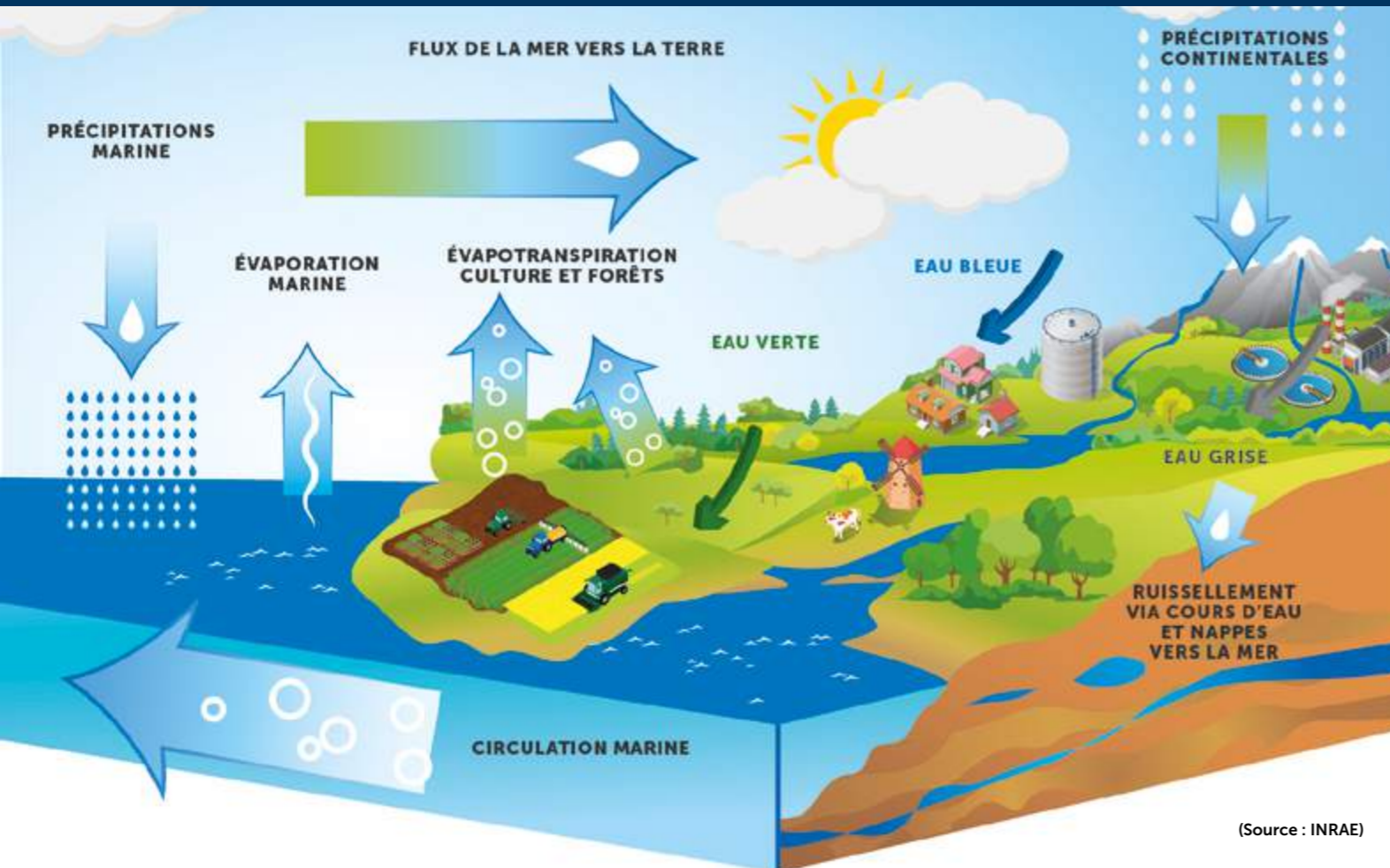
NUTRIMENTS
Composés nécessaires à l'organisme vivant pour entretenir la vie.

MÉTHANISATION
Processus biologique de dégradation de la matière organique en l'absence d'oxygène. Produit du biogaz combustible et du digestat engrais.

COMPOSTAGE
Processus biologique de dégradation de la matière organique en présence d'oxygène. Produit du compost engrais.

BOUCLER UN CYCLE
Assurer que les composés retournent dans leur milieu d'origine, ici le sol.

CYCLE DE L'EAU



3
 Eau bleue : l'eau pompée et consommée par l'Homme
 Eau verte : l'eau de pluie utilisée pour les cultures et les pâturages
 Eau grise : l'eau rejetée sous forme dégradée

PRINCIPAUX FLUX D'EAU

CYCLE DES NUTRIMENTS



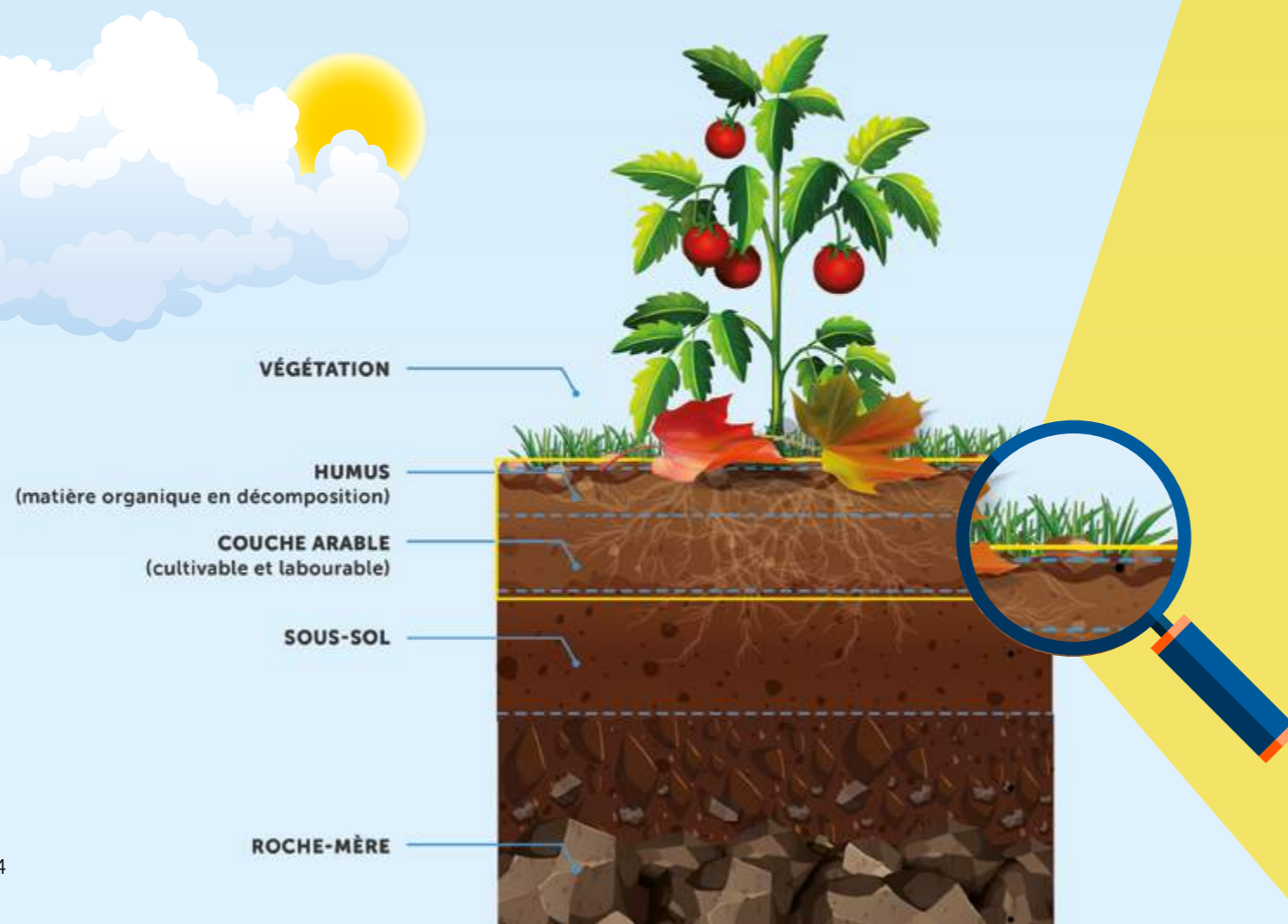
DE QUOI ONT BESOIN LES SOLS ET LES PLANTES ?

Les plantes sauvages et cultivées utilisent le sol comme support d'ancrage et source d'alimentation. Les sols sont organisés en différentes couches (voir schéma ci-dessous), dont l'humus qui est de couleur sombre et riche en matière organique en décomposition.

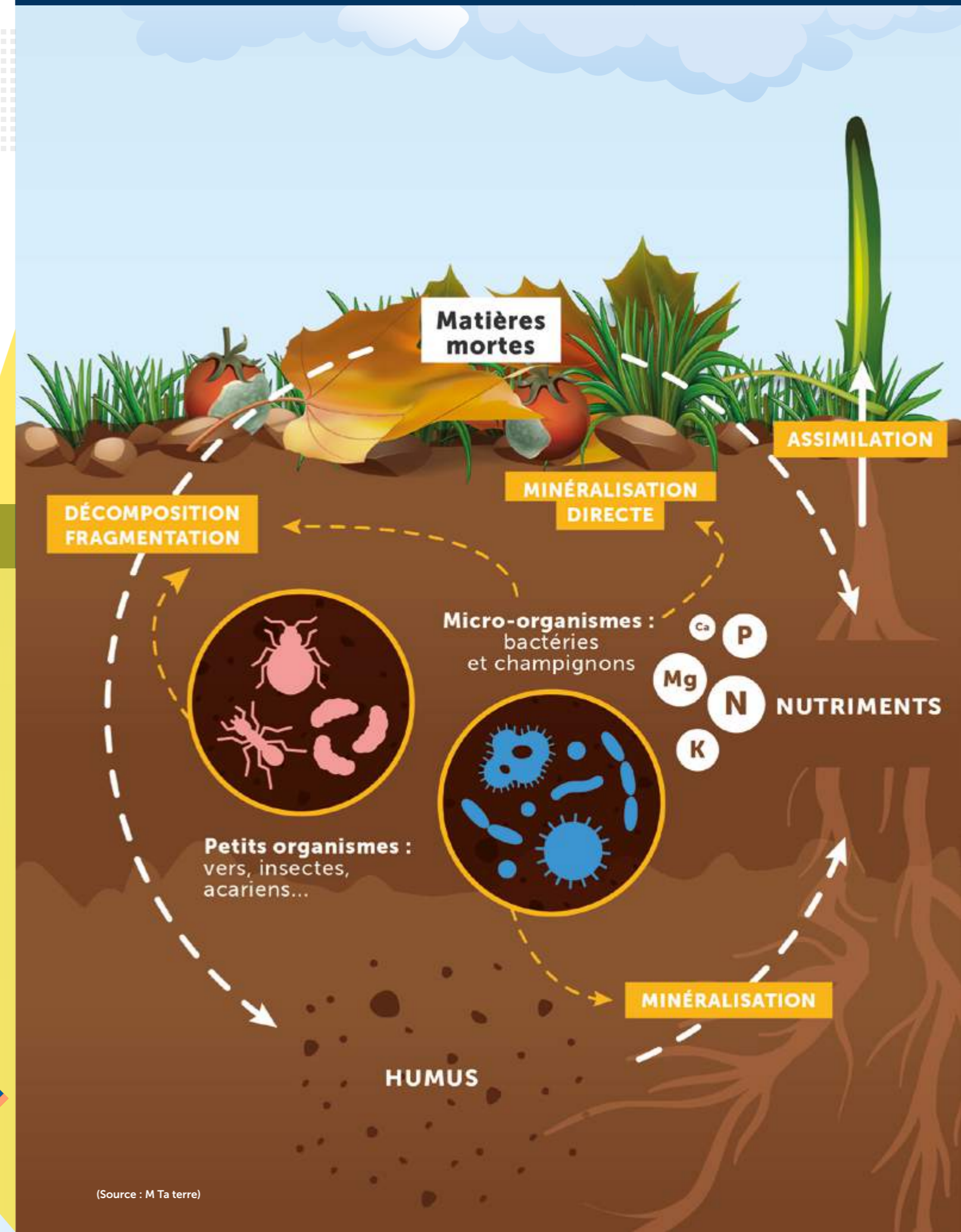
L'humus provient de la dégradation des racines, des feuilles mortes et des cadavres d'animaux par des organismes décomposeurs de toute taille, allant du plus petit (les bactéries et champignons) au plus grand (les vers de terre par exemple). Cette biodégradation libère des

nutriments présents dans les matières initiales (azote, phosphore, potassium entre autres). Ces derniers sont utilisés par les plantes pour grandir. Ils sont essentiels pour les organismes vivants : combinés avec le **carbone**, l'**oxygène** et l'**hydrogène** issus de l'atmosphère et de l'eau, ce sont les « matières premières » des feuilles, des tiges, des graines et des fruits que nous mangeons, puis des cellules de nos organismes. En effet, les molécules d'ADN contiennent de l'**azote** et du **phosphore** et les **protéines** sont des matières azotées.

ORGANISATION D'UN SOL



RÔLE DES ORGANISMES VIVANTS DANS LA DÉGRADATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE



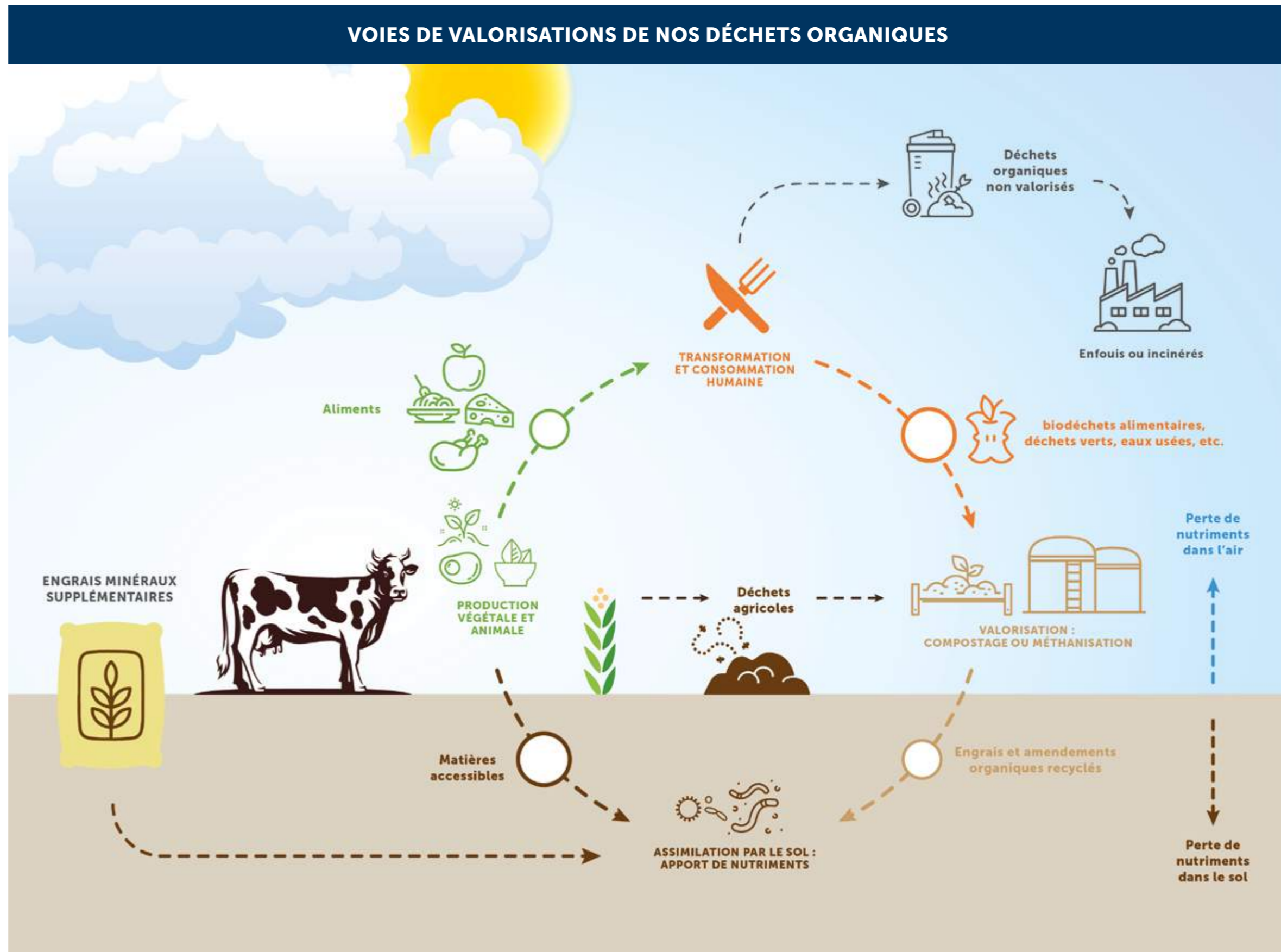
POURQUOI RECYCLER LES NUTRIMENTS DES BIODÉCHETS ?

Les plantes cultivées extraient des nutriments du sol, et en restituent peu par recyclage, car leurs parties aériennes sont récoltées. Ainsi contrairement aux milieux naturels où les matières restent sur place, les cycles des nutriments ne sont pas **bouclés** naturellement dans les systèmes cultivés. En compensation, de nouveaux nutriments sont apportés par différentes matières : des produits organiques et des engrais minéraux. Ces derniers nécessitent beaucoup d'énergie pour les produire, voire sont importés de loin (notamment le phosphore) et ne sont pas renouvelables.

Cependant, une grande partie des nutriments dont ont besoin les sols et les plantes sont toujours présents comme « matières premières » dans les **biodéchets**, issus des industries et de la consommation. Il apparaît primordial de valoriser ces biodéchets par des filières adaptées (**compostage et méthanisation**), en récupérant leurs nutriments pour les ramener dans les sols agricoles, **bouclant** ainsi leurs cycles.

LES ENGRAIS PHOSPHORÉS

Le phosphore est peu abondant dans les roches et absent de l'atmosphère. Il s'agit d'une ressource géologique non renouvelable dont les réserves sont estimées entre 100 et 250 ans [Pellerin et al 2014], et localisées pour les trois quarts au Maroc dans des roches sédimentaires. Le phosphore est recensé comme l'une des 20 matières premières critiques, et la seule qui concerne l'alimentation.



MOBILISER LES BIODÉCHETS

Comment faciliter le bouclage des différents cycles ? Quels sont les enjeux sanitaires, socio-logiques, techniques et réglementaires ?

Pour permettre le retour au sol des nutriments présents dans les biodéchets, plusieurs filières sont disponibles : le compostage et la méthanisation.

QUELQUES CHIFFRES

RATIOS : Si on méthanise 100 kg de biodéchets, la masse annuelle produite en moyenne par personne, on obtient :

- 90 kg de digestats contenant quelques pourcents d'azote
- 20 Nm³ de biogaz = 110 kWh = 8.4 kg de bioGNV.

(Source : Veolia)

Elles s'appuient toutes sur le tri à la source de ces déchets pour assurer une qualité optimale des flux traités. Ainsi, les producteurs de déchets sont invités à sortir de la poubelle des ordures ménagères les déchets verts, épluchures et autres restes alimentaires. Cette règle s'applique depuis 2016 aux gros producteurs de biodéchets (> 10 t/an) et sera généralisée fin 2023 à tous les producteurs, y compris les ménages. La réglementation fixe également des objectifs forts

de prévention via la lutte contre le gaspillage alimentaire.

Les déchets verts issus des parcs et jardins sont tout à fait adaptés au compostage : leurs nutriments peuvent donc retourner au sol par l'intermédiaire du compost, par exemple domestique. Néanmoins, pour rendre les biodéchets des zones urbaines à un sol agricole, il faut les collecter à une plus grande échelle afin de les valoriser en grande quantité en compostage ou méthanisation.

Ainsi, la collecte des déchets alimentaires pour valorisation en sols agricoles peut être organisée par les collectivités locales au titre du service public de gestion des déchets comme représenté ci-contre. Dans ce cas, les ménages disposent d'un « bio-seau » à domicile pour conserver les biodéchets au meilleur stade de fraîcheur possible et sans problèmes d'odeurs. Ensuite, comme les autres collectes sélectives, elle peut être effectuée en **porte-à-porte** avec des camions qui couvrent tout le territoire concerné, ou en **point d'apport volontaire** avec des conteneurs placés dans les rues.

Afin de réduire le taux d'indésirables qui sont parfois présents dans ces déchets malgré toute l'attention portée au tri, les gestionnaires d'unité pratiquent souvent un traitement pour extraire le verre, le métal et le plastique. Comme il y a des risques de contamination par des agents infectieux, les biodéchets collectés sont généralement hygiénisés avant méthanisation. L'étape d'hygiénisation n'est pas indispensable avant compostage car le processus lui-même est considéré comme suffisamment hygiénisant quand il dépasse les 70°C.



RETOUR AU SOL DES NUTRIMENTS

La méthanisation et le compostage permettent de transformer des déchets en matières fertilisantes utilisables sur les champs : le digestat et le compost.

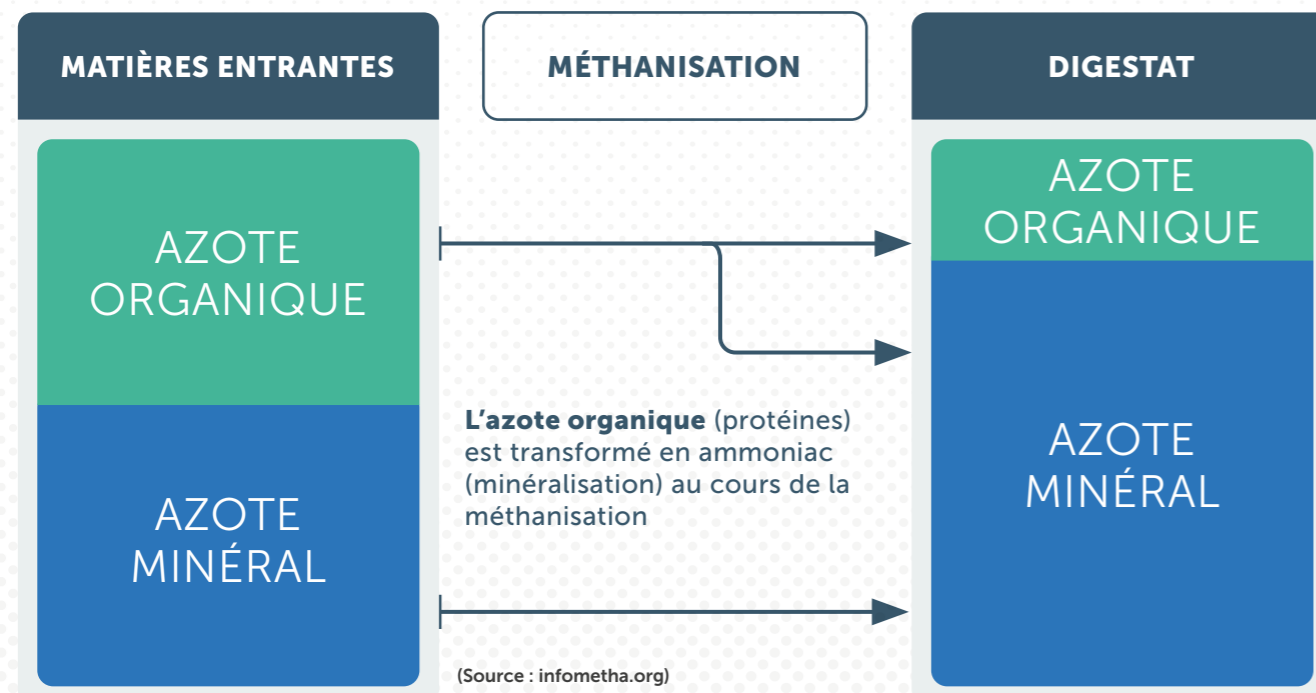
Le **compost** contient beaucoup de carbone, notamment du carbone stable. Il apporte un effet physique à long terme sur la structure du sol et peu de nutriments. Son utilisation permet aux agriculteurs de compenser la matière organique prélevée par les plantes.

Après **méthanisation**, l'azote présent dans les matières digérées est plus facilement assimilable par les plantes. Le **digestat** contient de l'azote minéral comme les engrais de synthèse et de l'azote organique qui reste dans la matière organique digérée et sera libéré plus tard. Il répond donc au double besoin des cultures d'une ferti-

lisation de court et de moyen terme. Comme il contient aussi du phosphore et du potassium, son utilisation permet aux agriculteurs de réduire leur consommation coûteuse d'engrais minéraux.

Enfin, le « nettoyage » des biodéchets réalisé avant la digestion réduit le risque de pollution des sols et des eaux. Néanmoins, le retour au sol du digestat impose de mesurer la présence d'indésirables avant retour au sol et de raisonner les quantités épandues selon leur teneur en fertilisants, notamment l'azote. De plus, cet épandage est interdit aux périodes de l'année pendant lesquelles les plantes n'assimilent pas les éléments fertilisants. Il est aussi déconseillé lorsque le temps est trop humide ou trop sec car les nutriments, notamment l'azote, courent plus de risques d'être perdus.

ÉVOLUTION DE L'AZOTE PENDANT LA MÉTHANISATION



POUR ALLER PLUS LOIN

BIODÉCHETS

- [InfoMétha.org](https://www.infometha.org/) : [Méthanisation des biodéchets](#)
- <https://atee.fr/club-ctbm/bouclage-des-cycles-biogeochimiques>, ATEE - CTBM
- [OPTIGEDE](#) : Centre de ressources économie circulaire et déchets (ADEME)
- [Biodéchets](#), Ministère de la Transition écologique
- [Ordonnance n° 2020-920 du 29 juillet 2020 relative à la prévention et à la gestion des déchets, 2020](#)
- J. R. Bautista Angeli et al., [Anaerobic digestion and integration at urban scale: feedback and comparative case study](#), 2018 , Energy, Sustainability and Society 8:29
- Moretti, Paul, Joacio de Araujo Morais, A. Borges de Castilhos, Pierre Buffière, Rémy Gourdon, et Rémy Bayard. « [Characterization of Municipal Biowaste Categories for Their Capacity to Be Converted into a Feedstock Aqueous Slurry to Produce Methane by Anaerobic Digestion](#) ». Science of The Total Environment 716 (février 2020): 9.

NUTRIMENTS

- [InfoMétha.org](https://www.infometha.org/) : [le cycle du phosphore](#), [le cycle de l'azote](#), [la matière organique](#).
- S. Pellerin et al (coord.), [Fertilisation et environnement - Quelles pistes pour l'aide à la décision ?](#), 2014

DIGESTATS

- [InfoMétha.org](https://www.infometha.org/) : [Digestat](#), [Effets des digestats sur les sols et les cultures](#).
- Webinaire "[Digestats : état des connaissances scientifiques actuelles](#)" du 30/11/20, S. Houot (INRAE), ATEE - CTBM

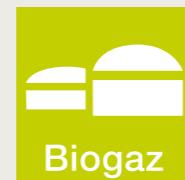
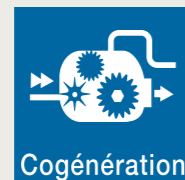
Recyclons les nutriments de nos biodéchets !

Publication du Centre Technique national du Biogaz et de la Méthanisation (CTBM)

Juillet 2021



ATEE • Tour Eve - 1 place du Sud
CS20067 - 92800 PUTEAUX
Tél. : 01 46 56 91 43 • www.atee.fr



L'ATEE bénéficie du soutien de l'ADEME