

## Raisonner l'apport d'un produit organique

*Les produits organiques sont utilisés soit en amendement pour apporter de l'**humus** au sol afin d'améliorer ses propriétés (physiques, chimiques et biologiques), soit en engrais pour apporter des éléments nutritifs à la plante, voire les deux (produit à profil agronomique mixte).*

*Les sols de la région étant d'une manière générale peu pourvus en Matières Organiques (**MO**), le raisonnement est basé en priorité sur un éventuel redressement ou un entretien du taux de MO du sol puis sur un apport d'éléments nutritifs.*

*L'objectif de ce chapitre est de fournir des éléments de raisonnement de l'apport du produit organique qui sera soit à profil amendement organique ou mixte.*

*Les points de raisonnement sont détaillés étape par étape pour déterminer la dose à apporter pour un produit donné.*

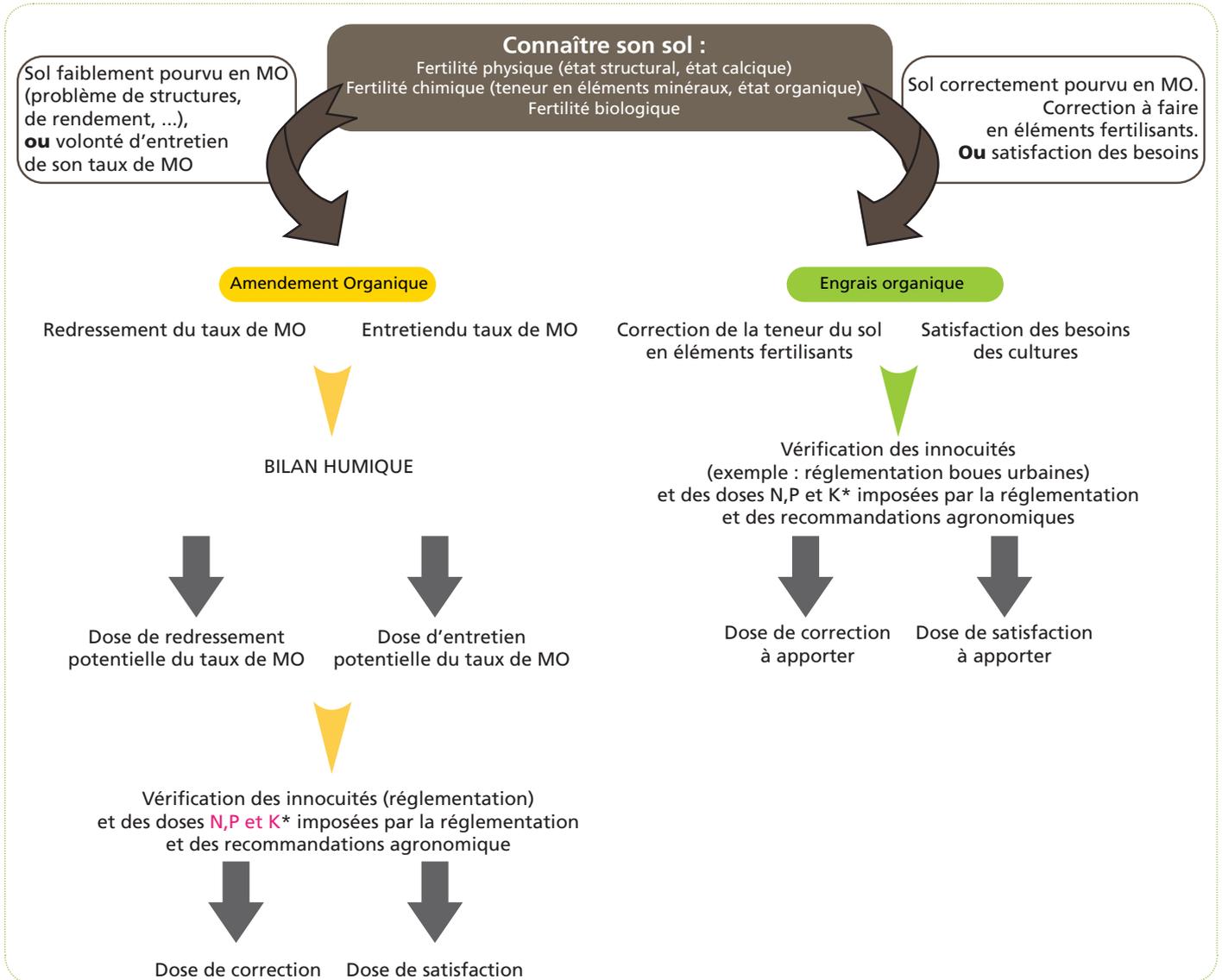
*L'explication est étayée à l'aide d'un exemple concret pour chacune des situations agronomiques : redressement ou entretien du taux de MO.*

*Cela permettra ainsi de mieux comprendre les calculs à effectuer et l'utilisation des références disponibles tout au long de ce guide.*

*La démarche retenue peut être résumée sur la Figure 15. La première étape est de connaître son sol, puis d'effectuer un bilan humique et enfin de vérifier si la dose calculée respecte des critères d'innocuité du produit, relatifs aux **Éléments Traces Métalliques (ETM)** et aux **Composés Traces Organiques (CTO)**.*



Figure 15 : Schéma simplifié du raisonnement d'un apport de produit organique



\* N = azote, P = Phosphore, K = potassium

## Les cultures choisies dans ce guide

Il était impossible de traiter toutes les cultures de la région et encore moins tous les systèmes culturaux. Les cultures choisies pour illustrer les « fiches produits » sont les espèces les plus représentées <sup>(1)</sup> en Languedoc-Roussillon (LR). En maraîchage une culture annuelle et une pluriannuelle ont été sélectionnées. (Tableau 39)

Tableau 39 : Surfaces sur l'année 2009 (moyenne 2007-2009 pour les cultures maraîchères à cycles pluriannuels). (Agreste<sup>(1)</sup>, 2010)

FAMILLE CULTURALE	Viticulture	Grandes cultures	Arboriculture		Maraîchage		Cultures fourragères
CATEGORIE	Viticulture	Cultures céréalières	Fruit à pépins	Fruit à noyaux	Cycle annuel	Cycle pluriannuel	Prairies
CULTURE	Vigne (255 165 ha)	Blé dur (73 675 ha)	Pomme (2 020 ha)	Pêche (6 369 ha)	Melon (2 770 ha)	Artichaut (1 164 ha)	P. permanentes (365 000 ha)

Pour chacune d'entre elles, une fréquence d'apport a été déterminée. La dose mentionnée dans les « fiches produits » du Tome 2 fait écho aux conditions définies dans le Tableau 40.

Pour ce guide, le groupe des Chambres d'Agriculture du Languedoc-Roussillon a retenu quatre critères :

- La période et la dose d'apport orientent le choix du matériel,
- Les pratiques culturales précisent la nature des résidus de cultures et la rotation pour les cultures annuelles,
- Le devenir des résidus conditionne l'importance des restitutions humiques,
- La fréquence des apports fixe la quantité à épandre par apport.

**Tableau 40 : Conditions d'apport pour les 7 cultures de références**

Famille culturale	Espèces référencées dans les « fiches produits »	Localisation des apports d'amendements organiques	Fréquence d'apport du produit organique, choisie dans le guide
Viticulture	Vigne enherbée 1 rang sur 2	Avant plantation : Apport en plein champ ; après défonçage ou parfois apport sur le rang de plantation.	Tous les 5 ans
		Entretien : - Sur le rang : possible en fonction des pratiques culturales - Inter-rang : Avec un épandeur à tapis + enjambeur. Valable pour tous les produits solides.	Tous les 3 ans
Arboriculture	Pommier/Pêcher	Avant plantation : Apport en plein champ ; après défonçage, ou parfois apport sur le rang de plantation.	Tous les 5 ans
		Entretien : Sur le rang.	Tous les 3 ans
Maraîchage	Melon/Artichaut	Avant plantation : Apport en plein champ	Tous les 2 ans
Grandes cultures	Rotation blé dur/Tournesol	En interculture : Apport en plein champ En culture : Apport en plein champ	Tous les 3 ans
Prairies	Prairie fauchée	Avant semis : Apport en plein champ En culture : Apport en plein champ	Tous les 3 ans

## La démarche étape par étape pour calculer une dose de redressement

### Les données complètes de notre exemple :

- Parcelle dédiée à la vigne avec un apport avant plantation sur un sol Limono-Argilo-Sableux (LAS) d'une profondeur de 30 cm avec 20 % de cailloux et une densité apparente de 1,45 t/m<sup>3</sup> et un taux de MO de 1,1 %.
- Ce choix a été établi à partir de la Base de Données des Analyses de Terres (BDAT)<sup>(2)</sup> sur un sol fréquemment rencontré dans la région.
- Il faut redresser le taux de matières organiques de 0,1 % pour atteindre l'objectif raisonnable de 1,2 %, spécifique de cette culture et de ce type de sol (voir 2<sup>ème</sup> étape, p.121).
- Produit choisi : « compost de déchets verts ».
- La parcelle reçoit un apport d'amendement organique tous les 5 ans.
- Les restitutions humiques à prendre en compte sont : sarments broyés et restitués sur place en années 4 et 5 et enherbement un rang sur deux chaque année.
- Données climatiques issues de Montpellier.

## » 1<sup>ère</sup> étape : je caractérise mon sol : analyse et calcul de la masse de terre.

Tout d'abord, un prélèvement et une analyse de sol complète (physico-chimique) de la parcelle concernée doivent être réalisés à défaut d'avoir une analyse récente.

Puis la masse de terre concernée par le redressement est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Masse de terre fine} = \text{volume de terre (m}^3\text{)} \times \text{densité apparente (t/m}^3\text{)} \times \text{teneur en terre fine (\%)}$$

Référez-vous à votre analyse de sol (texture) pour les valeurs à prendre en compte pour votre parcelle.

Pour celles concernant la densité apparente, à défaut de mesure, vous pouvez utiliser les données du Tableau 41<sup>(2)</sup>.

**Tableau 41 : Densité apparente selon la texture du sol pour une profondeur de 30 cm (BAIZE (2000) citant JAMAGNE (1977), MALTERRE et ALABERT (1963))**

Appréciation de la terre au toucher	Textures de l'horizon prélevé	Densité apparente en t/m <sup>3</sup>
Très fine	argileuse lourde AA	1,35
Très fine	argileuse A	1,45
Fine	argilo-sableuse As et AS	1,55
Fine	argile-limono-sableuse Als	1,5
Fine	limon-argilo-sableuse LAS	1,45
Fine	argile-limoneuse et limon argileux Al et La	1,4
Moyenne	sablo-argileux et sable-argilo-limoneux Sa et Sal	1,5
Moyenne	limon sablo-argileuse Lsa	1,5
Moyenne	limoneuse L	1,35
Moyenne	limon pur LL	1,45
Grossière	limon sableux Ls	1,45
Grossière	sableuse et sablo-limoneuse S et Sl	1,4
Très grossière	sable SS	1,35

Concernant le pourcentage de terre fine, faire une estimation du taux de cailloux (Photo 1) à la surface de votre parcelle. Attention, ce taux est très variable (de 5 à 50 %) et impacte fortement la dose de produit organique à apporter.

**Photographie 1 : Exemple de taux de cailloux sur parcelle de vigne**



**Notre exemple :**

- Surface : 1 ha soit 10 000 m<sup>2</sup>,
- Profondeur du sol : 30 cm soit 0,3 m,
- D'où Volume de terre = 10 000 × 3 = 3 000 m<sup>3</sup>
- Densité apparente : 1,45 t/m<sup>3</sup> (cf. Tableau 41),
- Teneur en cailloux : 20 % soit 80 % de terre fine
- Masse de terre fine = 3 000 × 1,45 × 0,8
- soit Masse de terre fine = 3 480 t/ha

## » 2<sup>ème</sup> étape : je calcule le bilan humique de ma culture sur ma parcelle pour déterminer le BESOIN EN HUMUS.

Le bilan humique consiste à comparer, sur une période donnée correspondant en général à une rotation ou à une période définie dans le cadre de cultures pérennes (par exemple 5 ans en vigne ou en arboriculture), les « entrées » et les « sorties » d'humus.

Les quantités d'humus « entrantes » résultent de la transformation dans le sol (humification) des matières organiques apportées ou restituées (résidus de cultures, amendements organiques...).

Les quantités « sortantes » sont dues à la minéralisation annuelle de l'humus (cf. chapitre 5).

Un bilan négatif indique que le stock de carbone organique du sol tend à baisser. L'état d'équilibre théorique est atteint quand les pertes (« sorties ») sont compensées par les restitutions (« entrées »).

**Rappel :** L'humus est assimilé à la matière organique déterminée par l'analyse du sol. Le raisonnement est donc basé sur un taux de MO donné par l'analyse de sol.

*Nota :* Le raisonnement sur le stock de carbone organique du sol est une approche plus juste du point de vue agronomique. Ce dernier n'a pas été retenu dans le guide car le taux de MO est le critère le plus couramment utilisé.

### ① Préalable : Estimer la quantité d'humus présent dans le sol de la parcelle

La formule est :

Quantité d'humus présent sur 0/30 cm de profondeur de sol (t/ha):  
masse de terre fine (t/ha) × taux en MO de l'analyse (%)

**Notre exemple :**

- Masse de terre fine = 3 480 t/ha
- Taux de MO mesuré, donné sur le bulletin d'analyse : 1,1 %
- Quantité d'humus = 3 480 × 1,1 % = 38,28 t/ha
- ① = **Quantité d'humus = 38,28 t/ha**

### ② : Estimer les pertes en humus par minéralisation entre deux apports

Pour calculer la minéralisation annuelle de l'humus du sol (pertes en humus), le coefficient de minéralisation  $K_2$ <sup>(3)</sup> a été déterminé à partir d'un modèle qui prend en compte les taux d'argile et de calcaire total du sol de la parcelle, ainsi que la température moyenne annuelle de l'air. La formule de calcul de la minéralisation annuelle de l'humus du sol est consultable dans le glossaire.

**Pour le sol choisi LAS pour la région et à Montpellier,** avec :

Taux d'argile : 21 %,

Taux de calcaire total : 16 %,

$K_2$  retenu = 2,24 % par an

**Notre exemple :**

- $K_2 = 2,24$  % / an et apport tous les 5 ans
- 38,28 t d'humus par ha sur la parcelle × 2,24 % = 0,85 t/ha/an d'humus minéralisé
- Quantité d'humus minéralisé entre 2 apports = 0,85 × 5
- PERTES en humus = Quantité d'humus minéralisé entre 2 apports = 4,25 t/ha/ 5 ans
- ② = **PERTES en humus = 4,25 t/ha sur 5 ans**

### ③ : Estimer les gains en humus par humification des résidus de culture entre deux apports

Les résidus de culture contribuent favorablement au maintien du stock d'humus du sol. Leur importance dépend de leur nature et de leur quantité produite à l'hectare.

Le Tableau 42 expose les valeurs retenues pour les calculs de doses fournies dans ce guide.

*Nota :* Concernant les espèces fruitières et les prairies, les restitutions humiques sont manquantes à ce jour.

**Photographie 2 : Bois de taille laissés au sol sur une parcelle de vigne (cf. Tableau 42)****Photographie 3 : Parties aériennes de l'artichaut qui seront enfouies après récolte des capitules commercialisables (cf. Tableau 42)****Tableau 42 : Restitutions humiques de quelques cultures de références**

Culture	Résidus	Rendement tonne de matière sèche/ha)	Coefficient isohumique, K1 (% de la matière sèche)	Restitutions humiques attendues (kg d'humus /ha/an)	Restitutions humiques retenues (kg d'humus /ha/an)
Vigne (ITAB, 2001) <sup>(5)</sup>	Bois de taille (photo 2)	1 à 2	25 %	250 à 500	375
	Feuilles	1 à 2,5	20 %	200 à 500	350 (négligeable en LR)
	Herbe (interrang)	1 à 3	10 %	100 à 300	200 (150 en LR 1 rang/2)
Blé dur	Racines	2 à 3	15 %	300 à 450	375
	Pailles	2 à 4	15 %	300 à 600	450
Tournesol (CA11)	Racines + Pailles				240
Melon (ITAB, 2001 ; CEHM* 2011)	Partie aérienne	3,3	13,5 %	445	445
	Fruits*	0.2			
Artichaut (CA66* 2011)	Partie aérienne + souterraine (photo 3)				1 800*

\* communication personnelle. CA11 : Chambre d'Agriculture de l'Aude, CA66 : Chambre d'Agriculture du Roussillon, CEHM : Centre d'Expérimentation Horticole de Marsillargues.

**Notre exemple :**

- Humus restitué par les bois de taille en année de production = 0,375 t/ha/an sur 2 ans (les 3 premières années, la vigne est juvénile)
- Humus restitué par l'herbe = 0,10 t/ha/an sur 5 ans
- Quantité d'Humus restitué entre 2 apports (ici 5 ans) =  $(0,375 \times 2) + (0,10 \times 5) = 0,75 + 0,5$
- GAINS en humus = Quantité d'Humus restitué entre 2 apports = 1,25 t/ha/5 ans
- **③ = GAINS en humus = 1,25 t/ha sur 5 ans**

**④ : Estimer la quantité d'humus pour redresser le taux de MO à un taux optimal**

L'objectif de taux de MO souhaitable est fixé par culture et pour le type de sol retenu dans notre exemple (LAS) :

- Vigne : 1,2 %
- Arboriculture, Grandes Cultures : 1,5 %
- Maraîchage : 2 %
- Prairies : 4 %

Pour d'autres types de sol, prenez contact avec votre conseiller agricole.

L'objectif souhaitable de taux de MO est une base de travail et de raisonnement. Aucun seuil n'est établi dans l'absolu, c'est l'équilibre du bilan humique qui est à privilégier et la dynamique de fonctionnement du sol à maintenir par un entretien organique régulier.

En fonction du taux de MO initial, constaté par l'analyse, on déterminera donc une valeur d'augmentation de taux à atteindre.

C'est cette valeur qui permettra de calculer la quantité d'humus nécessaire au redressement en appliquant la formule suivante :

**Quantité d'humus à apporter pour redresser au taux de MO souhaitable (t/ha)**  
 = Masse de terre fine (t/ha) X Augmentation du taux MO recherchée (%)

**Notre exemple :**

- Masse de terre fine : 3 480 t/ha
- Taux de MO optimal en vigne et en sol LAS : 1,2 %
- Taux de MO fourni par l'analyse : 1,1 %
- Augmentation du taux de MO recherchée =  $1,2 \% - 1,1 \% = 0,1 \%$
- REDRESSEMENT en humus =  $3\ 480 \times 0,1/100$
- REDRESSEMENT en humus = Humus à apporter pour atteindre un taux optimal = 3,48 t/ha
- **④ = REDRESSEMENT en humus = 3,48 t/ha**

**⑤ : Déterminer le besoin en humus**

Il est déterminé par la formule générale :

**Besoin en humus = Pertes ② - Gains ③ + Redressement ④**

**Notre exemple :**

- Pertes en humus : 4,25 t par ha sur 5 ans (rappel : sur 5 ans, soit avant le prochain apport d'amendement organique)
- Gains en humus par restitution : 1,25 t/ha sur 5 ans aussi
- Redressement nécessaire pour obtenir l'objectif recherché de + 0,1 % du taux de MO : 3,48 t/ha
- BESOIN en humus =  $4,25 - 1,25 + 3,48$
- BESOIN en humus = 6,48 tonnes d'humus par ha, arrondies à 6,5 t/ha
- **⑤ = BESOIN en humus = 6,5 t/ha**

**» 3<sup>ème</sup> étape : je calcule la dose potentielle de redressement du produit organique choisi.**

Pour déterminer la dose de produit à apporter, il faut avoir connaissance des caractéristiques du produit choisi et donc se reporter aux « fiches produits » avec profil agronomique Amendement Organique ou profil mixte.

**Dans un premier temps**, on recherche le potentiel humigène du produit organique (en kg d'humus/tonne de produit). Pour cela, se référer aux « fiches produits », dans lesquelles il est calculé.

Pour l'utilisation de produit non référencé dans le guide, on utilisera la formule suivante, en ayant demandé au fournisseur le résultat de l'*ISMO* du produit (à défaut l'*ISB*, la *CBM-Tr* ou le *K1*).

La formule suivante est appliquée :

**Potentiel humigène du produit (kg/t) = taux de MO du produit (kg/t) X ISMO (%)**

*Nota : L'ISMO n'est pas un critère obligatoire dans la norme NF U44-051. Les Chambres d'Agriculture LR insistent auprès des fournisseurs pour que ce type d'analyse, dont l'intérêt agronomique est important, soit réalisé de façon plus standardisée et en routine. En revanche, la norme NF U44-095 impose une analyse annuelle.*

**Dans un deuxième temps**, la quantité de produit organique à apporter, est déduite selon la formule :

**Quantité de produit organique à apporter pour couvrir le besoin en humus total (t/ha)**  
 = Besoin en humus (kg/ha) / potentiel humique du produit (kg/t)

**Notre exemple :**

- Choix du produit : compost de déchets verts. La « fiche produit » n°8 est à utiliser :
- MO : 244 kg/t de compost (exprimée sur Matière Brute (MB))
- ISMO : 79,9 % de la MO
- **Potentiel humigène du produit organique =  $244 \times 0,799 = 195,0$  kg par tonne de compost**
- Besoin total en humus (2<sup>ème</sup> étape avec notamment le redressement de 0,1 % de taux de MO) = 6,5 t/ha
- Dose potentielle de produit pour couvrir le besoin total en humus = 6 500 / 195
- **Dose potentielle de produit pour couvrir le besoin total en humus = 33,33 tonnes/ha arrondies à 33 t/ha**

**Photographie 4 : Le compost de déchets verts de notre exemple**



**» 4<sup>ème</sup> étape : je vérifie l'innocuité et les critères agronomiques de la dose potentielle**

Cette étape est souvent négligée mais elle est essentielle pour le respect de la réglementation et des cahiers des charges aval. En préalable, le produit doit respecter des teneurs limites en **ETM** et **CTO** (cf. Tableaux 24 et 26 du chapitre 6), en fonction de la norme à laquelle il se réfère.

**(1) Respect des flux annuels et décennaux en ETM et CTO**

Pour vérifier l'innocuité du produit, des flux annuels et décennaux pour ces paramètres sont également à respecter, selon la norme. Ils correspondent à une quantité pour chaque élément, apportée sur la parcelle et exprimée en g sur MB par hectare par an ou sur 10 ans.

**Flux annuel d'un élément = teneur de l'élément (g/t MB) x dose apportée du produit (t/ha)**

Souvent les valeurs en éléments sont fournies en % MS, pour les transformer en % MB, la formule suivante est utilisée :

**Teneur en l'élément, ETM ou CTO (mg/kg ou g/t sur MB) = Teneur en l'élément g/t sur MS) x taux de MS / 100**

**Notre exemple :**

- Choix du produit : compost de déchets verts. La « fiche produit » n°8 est à utiliser.
- MS : 59,8 % (sur MB)
- Exemple du Cuivre pour les ETM :
- Cuivre : 82,7 mg/kg ou g/t sur MS
- Teneur en Cuivre en g/t sur MB =  $82,7 \times 59,7 / 100$
- Teneur en Cuivre en g/t sur MB = 49,45 g/t sur MB
- Exemple du Fluoranthène pour les CTO :
- Fluoranthène : < 0,05 mg/kg ou g/t sur MS
- Teneur en Fluoranthène en g/t sur MB =  $0,05 \times 59,7 / 100$
- Teneur en Fluoranthène en g/t sur MB = < 0,03 g/t sur MB

A titre illustratif, le cas du Cuivre, avec l'exemple sur le compost de déchets verts, est développé dans le Tableau 43. La même démarche s'applique pour tous les autres ETM et CTO.

**Tableau 43 : Vérification de l'innocuité de l'apport de Cuivre à la dose potentielle de produit apportée, au regard des flux annuels et décennaux réglementaires**

Flux annuel		Flux décennal	
L'apport de 33 t/ha/an de compost entraîne la 1 <sup>ère</sup> année un apport de Cuivre de :	Flux maximal annuel NF U44-051 Cas du Cuivre	Dose de 33 t/ha de compost apportée tous les 5 ans Soit 66 t/ha sur 10 ans entraînent un apport de Cuivre de :	Flux maximal sur 10 ans NF U44-051 Cas du Cuivre
33 t/ha x 49,45 g/t <b>= 1 632 g de Cu/ha/an</b>	<b>3 000 g/ha/an</b>	66 t/ha x 49,45 g/t <b>= 3 264 g de Cu /ha/10 ans</b>	<b>10 000 g de Cu /ha/10 ans</b>
Dose annuelle validée : OUI <del>NON</del>		Dose décennale validée : OUI <del>NON</del>	
Dose potentielle validée : OUI <del>NON</del>			

En cas de dépassement d'un des deux seuils de flux, il faut réduire la quantité de produit organique à apporter. Pour cela, se référer à votre conseiller « Matières Organiques ».

**Rappel : pour les produits normés, le fabricant doit s'assurer que les préconisations de doses d'utilisation de son produit ne dépassent pas les flux d'ETM et de CTO réglementaires.**

## (2) Veiller à ne pas surdoser en éléments fertilisants

Il est nécessaire ensuite de vérifier que les apports de matières fertilisantes ne vont pas au delà de ce que la culture peut accepter ou le sol pour les éléments azote, phosphore et potassium, sans oublier les contraintes réglementaires en vigueur. Pour cela consulter votre conseiller agricole ou les guides techniques.

En fonction de la composition en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O du produit organique retenu, on calcule les éléments fertilisants totaux apportés. Seule une partie sera effectivement assimilable par la plante la 1<sup>ère</sup> année qui suit l'épandage du produit.

La proportion de nutriment disponible l'année qui suit l'apport est déduite à partir :

- des coefficients d'équivalence engrais (NPK) issus d'expérimentations et qui sont présentés en annexe 1,
- du coefficient de minéralisation à 91 jours de l'azote, lorsque la cinétique a été réalisée en laboratoire (cf. chapitre 5).

Ces coefficients sont indiqués sur chacune des « fiches produits ».

### Notre exemple :

#### • 33 t/ha de compost de déchets verts apportent :

- 294 kg d'azote total (N), dont 20 kg disponibles pour la vigne l'année qui suit l'apport.
  - 135 kg de phosphore total (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), dont 74 kg assimilables sur la 1<sup>ère</sup> année.
  - 304 kg de potassium (K<sub>2</sub>O),
  - 211 kg d'oxyde de magnésium (MgO)
  - 1 099 kg d'oxyde de calcium (CaO)
- } dont la totalité est disponible l'année qui suit l'apport

**Conclusion : Les éléments fertilisants apportés par ces tonnages permettent de répondre correctement aux besoins d'une jeune vigne plantée.**

**La dose finale de compost à apporter pour satisfaire l'objectif de redressement est donc : 33 t par ha.**

## » 5<sup>ème</sup> étape : je choisis l'épandeur le plus adapté au produit et à la dose

Afin d'apporter l'amendement organique, de façon régulière sur l'ensemble de la parcelle, le matériel d'épandage doit être soigneusement choisi. Pour cela, reportez-vous au chapitre 7.

Pour le calcul du nombre d'épandeurs, se reporter également au chapitre 7, page 95.

### Notre exemple :

- Dose finale avec le compost de déchets verts choisi : 33 t/ha
- **Les épandeurs possibles sont les épandeurs à hérissons verticaux (photo 5). Un matériel avec table d'épandage ou guillotine serait à utiliser en priorité car plus adapté.**
- Selon la fiche du compost de déchets verts n° 7, 10 tonnes occupent un volume de 19 m<sup>3</sup>.
- Cas d'un épandeur au volume de 8 m<sup>3</sup>
- Volume occupé par les 33 tonnes de compost :  $3,3 \times 19 = 63 \text{ m}^3$
- Nombre d'épandeurs nécessaires pour apporter la dose de 33 t/ha =  $63 / 8$
- **Nombre d'épandeurs nécessaires pour apporter la dose de 33 t/ha = 7,87 arrondis à 8 épandeurs/ha**

**Photographie 5 : Epandage de compost de boues avec un épandeur à hérissons verticaux et guillotine**



## Récapitulatif de notre exemple « redressement »

Calcul de la quantité d'humus à apporter :

① : Estimer la quantité d'humus présent dans le sol de la parcelle <u>Cf. p103</u>	② : Estimer les pertes en humus par minéralisation entre 2 apports	③ : Estimer les gains en humus par humification des résidus de culture entre 2 apports <u>Cf. tableau 42 p104</u>	④ : Estimer la quantité d'humus pour redresser le taux de MO de 0,1 %	⑤ : Besoin en humus = ② Perte - Gains ③ + Redressement ④
LE STOCK D'HUMUS	LES PERTES EN HUMUS	LES GAINS EN HUMUS	0,1 % D'HUMUS EN PLUS	LE BESOIN ⑤ = [② - ③] + ④
<p>Surface : 10 000 m<sup>2</sup> Profondeur du sol : 0,30 m</p> <p>Densité du sol = 1,45 t/m<sup>3</sup></p> <p>Masse de terre fine = 3 480 t/ha (cf. calcul p 103)</p> <p>Taux de MO mesuré = 1,1 %</p> <p>Quantité d'humus = 38,28 t/ha (3 480 x 1,1%)</p>	<p><math>K_2 = 2,24 \%</math></p> <p><math>38,28 \times 2,24 \%</math> soit 0,85 t/ha/an d'humus minéralisé</p> <p>Humus minéralisé entre 2 apports = 4,25 t/ha/5ans (0,85 x 5)</p>	<p>Humus restitué par le bois de taille = 0,375 t/ha/an</p> <p>Humus restitué par l'herbe = 0,15 t/ha/an</p> <p>Total Humus restitué par an = 0,525 t/ha/an</p> <p>Humus restitué entre 2 apports = 2,6 t/ha/5ans</p>	<p>Densité du sol = 1,45 t/m<sup>3</sup></p> <p>Masse de terre fine = 3 480 t/ha</p> <p>Augmentation recherchée = 0,1 %</p> <p>Humus à apporter = 3,48 t/ha (3 480 x 0,1/100)</p>	<p>Besoin en humus de 5 t/5ans Soit 1 t/an</p>
① = 38,28 t/ha	② = 4,25 t/ha sur 5 ans	③ = 2,6 t/ha sur 5 ans	④ = 3,48 t/ha	⑤ = 5 t/ha sur 5 ans

Détermination de la dose de produit organique à apporter :

Estimation du potentiel humigène du produit organique	Dose de produit organique à apporter
<p><u>Compost de déchets verts :</u></p> <p>MO = 24,4 % MB = 244 kg/t MB compost ISB = 79,9 % de la MO Potentiel humus = 244 kg/t compost x 0,799</p> <p>Potentiel humus = 195 kg humus par tonne de compost</p>	<p>Dose de « redressement avant plantation de vigne », apport valable pour 5 ans = 6 500 kg/ha / 195 kg/t</p> <p>Dose de « redressement avant plantation de vigne » = 33,3 arrondie à 33 t/ha</p>

# La démarche étape par étape pour calculer une dose d'entretien

L'apport avec « objectif entretien » se raisonne suivant la même logique que l'apport avec « objectif redressement ». Dans cette situation, l'enjeu est uniquement de maintenir le taux de MO du sol.

## Les données complètes de notre exemple :

- Parcelle de vigne en production avec un apport dit « sur vigne en place » sur un sol Limono-Argilo-Sableux (LAS) d'une profondeur de 30 cm avec 20 % de cailloux et une densité apparente de 1,45 t/m<sup>3</sup> et un taux de MO de 1,2 %.
- Ce choix a été établi à partir de la Base de Données des Analyses de Terres (BDAT) <sup>(2)</sup> sur un sol fréquemment rencontré dans la région.
- Le taux de MO du sol est de 1,2%, taux optimal spécifique de cette culture et de ce type de sol. L'objectif est donc de maintenir ce taux, sachant que s'il n'y a pas d'apport en humus, naturellement le sol va naturellement s'appauvrir.
- Produit choisi : « compost de marc ».
- La parcelle reçoit un apport d'amendement organique tous les 3 ans.
- Les restitutions humiques annuelles à prendre en compte sont : sarments broyés et restitués sur place et enherbement un rang sur deux.
- Données climatiques issues de Montpellier.

## » 1<sup>ère</sup> étape : je caractérise mon sol : analyse et calcul de la masse de terre.

### Notre exemple :

- Surface : 1 ha soit 10 000 m<sup>2</sup>,
- Profondeur du sol : 30 cm soit 0,3 m,
- D'où Volume de terre = 10 000 × 3 = 3 000 m<sup>3</sup>
- Densité apparente : 1,45 t/ m<sup>3</sup> (cf. Tableau 41),
- Teneur en cailloux : 20 % soit 80 % de terre fine
- Masse de terre fine = 3 000 × 1,45 × 0,8
- soit Masse de terre fine = 3 480 t/ha

## » 2<sup>ème</sup> étape : je calcule le bilan humique de ma culture sur ma parcelle pour déterminer le BESOIN EN HUMUS.

### ① Préalable: Estimer la quantité d'humus présent dans le sol de la parcelle

#### Notre exemple :

- Masse de terre fine = 3 480 t/ha
- Taux de MO mesuré, donné sur le bulletin d'analyse : 1,2 %
- Quantité d'humus = 3 480 × 1,2 % = 41,76 t/ha
- ① = Quantité d'humus = 41,76 t/ha

### ② : Estimer les pertes en humus par minéralisation entre deux apports

#### Notre exemple :

- K<sub>2</sub> = 2,24 % / an et apport tous les 3 ans
- 41,76 t d'humus par ha sur la parcelle × 2,24 % = 0,94 t/ha/an d'humus minéralisé
- Quantité d'humus minéralisé entre 2 apports = 0,94 × 3
- PERTES en humus = Quantité d'humus minéralisé entre 2 apports = 2,81 t/ha/ 3 ans
- ② = PERTES en humus = 2,81 t/ha sur 3 ans

### ③ : Estimer les gains en humus par humification des résidus de culture entre deux apports

#### Notre exemple :

- Humus restitué par les bois de taille en année de production = 0,375 t/ha/an sur 3 ans
- Humus restitué par l'herbe = 0,10 t/ha/an sur 3 ans
- Quantité d'Humus restitué entre 2 apports (ici 3 ans) = (0,375 × 3) + (0,10 × 3) = 0,13 + 0, 3
- GAINS en humus = Quantité d'humus restitué entre 2 apports = 1,43 t/ha/3 ans
- ③ = GAINS en humus= 1,43 t/ha sur 3 ans

#### ④ : Déterminer le besoin en humus

Il est déterminé par la formule générale :

$$\text{Besoin en humus} = \text{Pertes } \textcircled{2} - \text{Gains } \textcircled{3}$$

##### Notre exemple :

- Pertes en humus : 2,81 t par ha sur 3 ans (rappel : sur 3 ans, soit avant le prochain apport d'amendement organique)
- Gains en humus par restitution : 1,43 t sur 3 ans aussi
- BESOIN en humus = 2,81 – 1,43
- BESOIN en humus = 1,38 t/ha d'humus, arrondi à 1,4 t/ha
- ④ = BESOIN en humus = 1,4 t/ha

#### » 3<sup>ème</sup> étape : je calcule la dose potentielle d'entretien du produit organique choisi.

##### Notre exemple :

- Choix du produit : compost de marc. La « fiche produit » n°49 est à utiliser :
- MO : 231 kg/t de compost (exprimée sur MB)
- ISMO : 68,3 % de la MO
- Potentiel humigène du produit organique =  $231 \times 0,683 = 157,8$  kg par tonne de compost
- Besoin total en humus = 1,4 t/ha
- Dose potentielle de produit pour couvrir le besoin total en humus =  $1\ 400 / 157,8$
- Dose potentielle de produit pour couvrir le besoin total en humus = 8,87 tonnes/ha arrondies à 9 t/ha

#### » 4<sup>ème</sup> étape : je vérifie l'innocuité et les critères agronomiques de la dose potentielle

##### (1) Respect des flux annuels et décennaux en ETM et CTO

##### Notre exemple :

- Choix du produit : compost de marc. La « fiche produit » n°49 est à utiliser :
- MS : 51,2 % (sur MB)
- Exemple du Cuivre pour les ETM :  
Cuivre : 199 mg/kg ou g/t sur MS
- Teneur en Cuivre en g/t sur MB  
 $= 199 \times 51,2 / 100$
- Teneur en Cuivre en g/t sur MB  
 $= 102$  g/t sur MB
- Exemple du Fluoranthène pour les CTO :  
Fluoranthène : 0,05 mg/kg ou g/t sur MS
- Teneur en Fluoranthène en g/t sur MB  
 $= 0,05 \times 51,2 / 100$
- Teneur en Fluoranthène en g/t sur MB  
 $= 0,03$  g/t sur MB

A titre illustratif, le cas du Cuivre, avec l'exemple sur le compost de marc, est développé dans le Tableau 44. La même démarche s'applique pour tous les autres ETM et CTO.

**Tableau 44 : Vérification de l'innocuité de l'apport de Cuivre à la dose potentielle de produit apportée, au regard des flux annuels et décennaux réglementaires**

Flux annuel		Flux décennal	
L'apport de 9 t/ha de compost entraîne la 1 <sup>ère</sup> année un apport de Cuivre de :	Flux maximal annuel NF U44-051 Cas du Cuivre	Dose de 9 t/ha de compost apportée tous les 3 ans Soit 30 t/ha sur 10 ans entraînent un apport de Cuivre de :	Flux maximal sur 10 ans NF U44-051 Cas du Cuivre
$9 \text{ t/ha} \times 199 \text{ g/t}$ <b>= 1 791 g de Cu/ha/an</b>	<b>3 000 g de Cu/ha/an</b>	$30 \text{ t/ha} \times 199 \text{ g/t}$ <b>= 5 970 g de Cu /ha/10 ans</b>	<b>10 000 g de Cu /ha/10 ans</b>
Dose annuelle validée : OUI NON		Dose décennale validée : OUI NON	
Dose potentielle validée : OUI NON			

En cas de dépassement d'un des deux seuils de flux, il faut réduire la quantité de produit organique à apporter. Pour cela, se référer à votre conseiller « Matières Organiques ».

Rappel : pour les produits normés, le fabricant doit s'assurer que les préconisations de doses d'utilisation de son produit ne dépassent pas les flux d'ETM et de CTO réglementaires.

## (2) Veiller à ne pas surdoser en éléments fertilisants

Notre exemple :

- 9 t/ha de compost de marc de raisin apportent :
- 77 kg d'azote total (N), dont 2 kg disponibles pour la vigne l'année qui suit l'apport.
- 61 kg de phosphore total (P2O5), dont 61 kg assimilables sur la 1<sup>ère</sup> année.
- 222 kg de potassium (K2O),
- 42 kg d'oxyde de magnésium (MgO) } dont la totalité est disponible l'année qui suit l'apport
- 723 kg d'oxyde de calcium (CaO)
- **Conclusion : Les éléments fertilisants apportés par ces tonnages permettent de couvrir les besoins en P et K l'année de l'apport.**
- **La dose finale de compost à apporter pour satisfaire l'objectif de redressement est donc : 9 t par ha.**

## » 5<sup>ème</sup> étape : je choisis l'épandeur le plus adapté au produit et à la dose

Notre exemple :

- Dose finale avec le compost de marc choisi : 9 t/ha
- **Les épandeurs les plus adaptés sont les épandeurs avec table d'épandage et/ou avec guillotine.**
- Selon la fiche du compost de marc n°49, 10 tonnes occupent un volume de 19 m<sup>3</sup>.
- Cas d'un épandeur au volume de 8 m<sup>3</sup>
- Volume occupé par les 9 tonnes de compost :  $0,9 \times 19 = 17 \text{ m}^3$
- Nombre d'épandeurs nécessaires pour apporter la dose de 9 t/ha =  $17 / 8$
- **Nombre d'épandeurs nécessaires pour apporter la dose de 9 t/ha = 2,13 arrondis à 2 épandeurs/ha**

## Récapitulatif de notre exemple « entretien »

Calcul de la quantité d'humus à apporter :

① : Estimer la quantité d'humus présent dans le sol de la parcelle	② : Estimer les pertes en humus par minéralisation entre 2 apports	③ : Estimer les gains en humus par humification des résidus de culture entre 2 apports <u>Cf. tableau 42 p104</u>	④ : Besoin en humus = ② Perte - Gains ③
LE STOCK D'HUMUS	LES PERTES EN HUMUS	LES GAINS EN HUMUS	LE BESOIN EN HUMUS ④ = ② - ③
Surface : 10 000 m <sup>2</sup> Profondeur du sol : 0,30 m Densité du sol = 1,45 t/m <sup>3</sup> Masse de terre fine = 3 480 t/ ha soit (10 000 x 0,3) 3 000 m <sup>3</sup> x 1,45 t/m <sup>3</sup> x 0,80 (20% de cailloux)  Taux de MO mesuré = 1,1 % Quantité d'humus = 38,28 t/ha (3 480 x 1,1%)	K <sub>2</sub> = 2,24 %  38.28 x 2,24 % soit 0,85 t/ha/an d'humus minéralisé  Humus minéralisé entre 2 apports = 4,25 t/ha/5ans	Humus restitué par le bois de taille = 0,375 t/ha/an Humus restitué par l'herbe = 0,15 t/ha/an Total Humus restitué par an = 0,525 t/ha/an Humus restitué entre 2 apports = 2,6 t/ha/5ans	Besoin en humus de 1,65 t/5ans Soit 0,33 t/an
① = 38,28 t/ha	② = 4,25 t/ha sur 5 ans	③ = 2,6 t/ha sur 5 ans	④ = 1,65 t/ha sur 5 ans

Détermination de la dose de produit organique à apporter :

Estimation du potentiel humigène du produit organique	Dose de produit organique à apporter
<u>Compost de marc :</u>  MO = 23 % MB = 230 kg/t MB compost ISB = 68 % de la MO Potentiel humus = 230 kg/t compost x 0,68  <b>Potentiel humus = 157 kg humus par tonne de compost</b>	Dose d' « entretien sur vigne en production », apport valable pour 3 ans = 1 400 kg/ha / 157 kg/t  <b>Dose d'« entretien sur vigne en production » = 8,9 arrondie à 9 t/ha</b>

Rappel : Pour les autres "fiches produits", vous référez au Tome 2.

## A retenir :

» Selon le taux de MO du sol, les caractéristiques agronomiques de la parcelle et les objectifs culturaux, les raisonnements de la dose d'apport d'un produit organique diffèrent :

- La dose avec un objectif « redressement » est calculée pour remonter le taux de MO à un niveau optimal fonction de la culture et du sol, compenser les pertes en humus et tenir compte des restitutions en humus des débris végétaux, pendant une période donnée.
- La dose avec un objectif « entretien » est calculée pour un sol dont le taux de MO est à « l'optimal » pour la culture et le sol considérés. La dose d'apport sert à compenser les pertes en humus et tient compte des restitutions en humus des débris végétaux, pendant une période donnée.

» La dose d'apport conseillée dépend de très nombreux facteurs et les cas sont multiples. Il est nécessaire d'adapter cette dose à votre situation et à votre objectif par le biais de la méthode explicitée dans ce chapitre. Les conditions de culture (enherbement de la vigne, rotations, restitutions humiques existantes, etc.) et les conditions de sol sur l'horizon 0-30 cm (texture, % d'argile, % de CaCO<sub>3</sub>, coefficient de minéralisation de l'humus, etc.) jouent un rôle prépondérant.

» Les outils de calcul existent au sein des Chambres d'Agriculture : contacter votre conseiller agricole ou votre conseiller « Matières Organiques ».

## A approfondir :

» Les références concernant le coefficient de minéralisation de l'humus K2 doivent être mieux adaptées au climat méditerranéen.

» Les références concernant les restitutions humiques des espèces pérennes et sur prairies doivent être acquises pour pouvoir affiner les doses d'apport de produits organiques.

## Pour en savoir plus

- (1) Agreste Languedoc-Roussillon, 2010 : *Services Statistiques Annuelles*, Direction Régionale de l'Agriculture de l'Alimentation et de la Forêt, Service Régional de l'Information Statistique et Economique.
- (2) INRA Orléans, 2010 : *Base d'analyses de terres (BDAT)* en ligne [www.gissol.fr/programme/bdat](http://www.gissol.fr/programme/bdat), consultation le 13 juillet 2010
- (3) BAIZE, 2000 : *Guide des analyses en pédologie*, 2ème édition, Editions INRA, tableau p 188, 266 p.
- (4) REMY et MARIN-LAFLECHE, 1974 : *L'analyse de terre : réalisation d'un programme d'interprétation automatique*. Annales Agronomiques, 1974, p 607-632.
- (5) ITAB, 2001 : *Guide des matières organiques tomes 1 et 2*, deuxième édition, ITAB, avril 200.