

Formation sol et fumure

Office de la vigne et du vin

Vitival



Décembre 2024

Sommaire

- Stratégie et objectifs de fertilisation
- Fertilisation et durabilité
- Historique de la fertilisation
- Comment nourrir mon sol ?
- Etat nutritionnel des sols romands
- Analyses en laboratoire
- Engrais et amendements à disposition
- Bilan de fumure et journal d'exploitation
- Enrichissement organique des sols, comment y parvenir ?

Stratégie et objectifs de fertilisation

Elaborer une stratégie de fertilisation

Où se situent mes vignes ?

- En plaine
- En coteau

Quel est mon **type sol** ?

- Étude des terroirs
- Profil de sol
- Analyse de sol

Quel est mon **objectif** de production ?

- Rendement
- Vinification

Adéquation **sol-cépage-porte greffe** optimal ?

Quel est le **régime hydrique** de ma région, du millésime ?

Quel est mon **cahier des charges** ?

- PI
- Vitiswiss
- BIO (fédéral, BioSuisse)
- Demeter

Quelles sont mes **pratiques culturales** ?

- Désherbage
- Enherbement partiel
- Enherbement total
- Travail du sol
- Irrigation



Objectifs de la fertilisation

1. Fournir à la plante une nutrition minérale équilibrée;
2. Satisfaire les besoins de la plante (sans impact négatif sur l'environnement);
3. Maintenir le pool alimentaire du sol dans un état de fertilité satisfaisant, sans l'appauvrir ni l'enrichir inutilement;
4. Obtention de produits de qualité (vigueur, azote assimilable, précurseurs aromatiques,...).

Fertilisation et durabilité

Fertilisation et durabilité

- La durabilité, préoccupation liée à:
 - la dégradation de l'environnement;
 - la pollution;
 - l'épuisement des ressources naturelles;
 - la baisse de la biodiversité;
 - au réchauffement climatique.
- Viticulture durable s'inscrit dans ce même contexte et passe par une **fertilisation raisonnée**.

Risques de pollution liés à la fertilisation

■ Pertes par lessivage, dénitrification, érosion ou émissions gazeuses.

■ **Phosphore:**

Croissance excessive d'algues dans les eaux, décomposition dans les profondeurs, manque d'oxygène.
→ Incidence sur les organismes supérieurs.

Problème pour les marais, les prairies sèches et autres écosystèmes sensibles qui ont besoin de milieux pauvres en nutriments.

→ Disparition d'associations végétales et installation d'espèces plus communes.

Risques de pollution liés à la fertilisation

■ Azote:

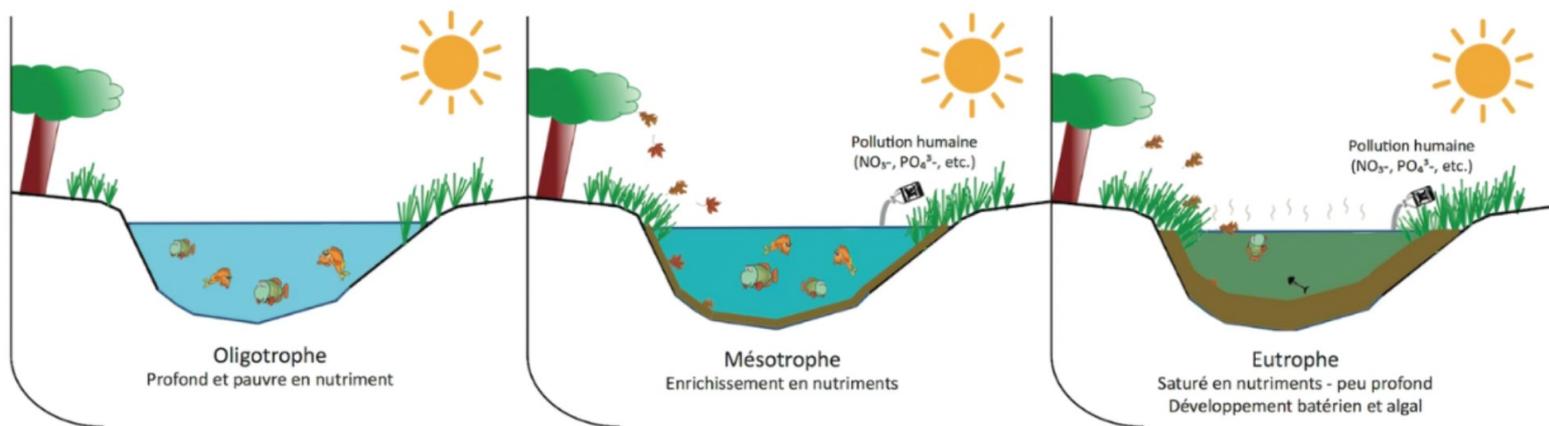
Libération de l'excédent N_2 / NH_3 / NO_3^- / N_2O

NH_3 : modifie les écosystèmes sensibles (marais, forêts)

NO_3^- : pollution des eaux souterraines

N_2O : gaz hilarant qui est un gaz à effet de serre

Source: [L'azote dans l'agriculture](#) admin.ch



Chaque gramme compte !

1 gramme de produit peut polluer une rivière large de 1 m et de 1 m de profondeur sur **10 km de long**.



Cas de pollution

■ Cyanobactéries :

- Qu'est-ce qui favorise la prolifération ou le bloom des cyanobactéries?
- Pour que les cyanobactéries prolifèrent et qu'un bloom ou efflorescence se forme, elles ont besoin d'une eau calme et chaude, d'un fort ensoleillement et d'importantes quantités d'azote et de phosphore.

Source : [Institut Fédéral Suisse des Sciences et Technologies de l'Eau](#)

N Le Nouvelliste

Cyanobactéries dans le Léman: pas de cas en Valais mais prudence

Des cyanobactéries potentiellement toxiques ont été confirmées dans un secteur du Léman, sur la Riviera vaudoise. La vigilance reste de mise...

9 août 2024



Cas de pollution

■ Pollution eau potable

Environ 80 % de l'eau potable provient des ressources souterraines.

Les nappes phréatiques sont principalement alimentées par l'infiltration naturelle des eaux de pluie dans le sol.

→ la qualité de l'eau dépend de l'utilisation des sols dans le bassin versant.

Progrès considérables déjà réalisés.

Nombreuses eaux suisses sont encore contaminées par des **nutriments** et des micropolluants.

source : [État des eaux](#), OFEV

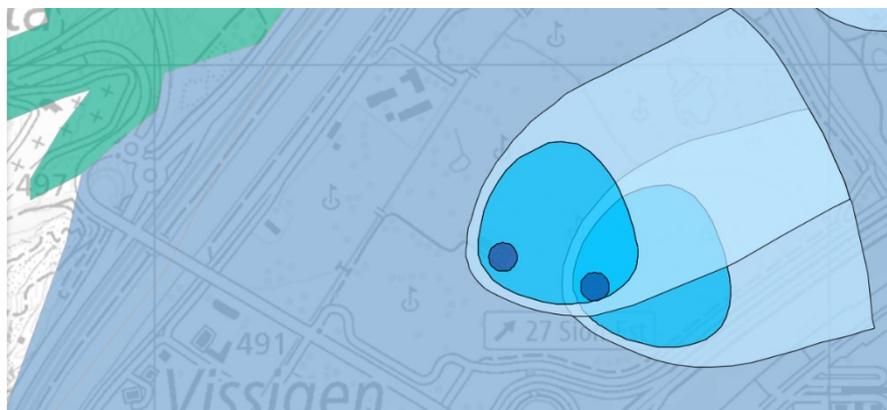


Mesures prises pour limiter les pollutions

- PER: enherbement une ligne sur deux (sauf exceptions).
- Bilan de fumure équilibré. Suppression de la tolérance de +10 % pour le dépassement de la norme en N et P.
- ORRChim: 3 m distance aux eaux superficielles. Utilisation interdite de pph et d'engrais.
- Espace réservé aux eaux (ERE): [SDANA - Espace réservé aux eaux \(ERE\)](#)
- Respect des périmètres de protection des eaux souterraines (S1, S2, S3) ainsi que les secteurs de protection des eaux superficielles A_o

Zone de protection

	Zone S1, approuvée
	Zone S2, approuvée
	Zone S3, approuvée
	Zone Sh, approuvée
	Zone Sm, approuvée
	Zone S1, provisoire
	Zone S2, provisoire
	Zone S3, provisoire
	Zone Sh, provisoire
	Zone Sm, provisoire



[SEN - Carte cantonale de protection des eaux – i](#)

Fertilisation en viticulture

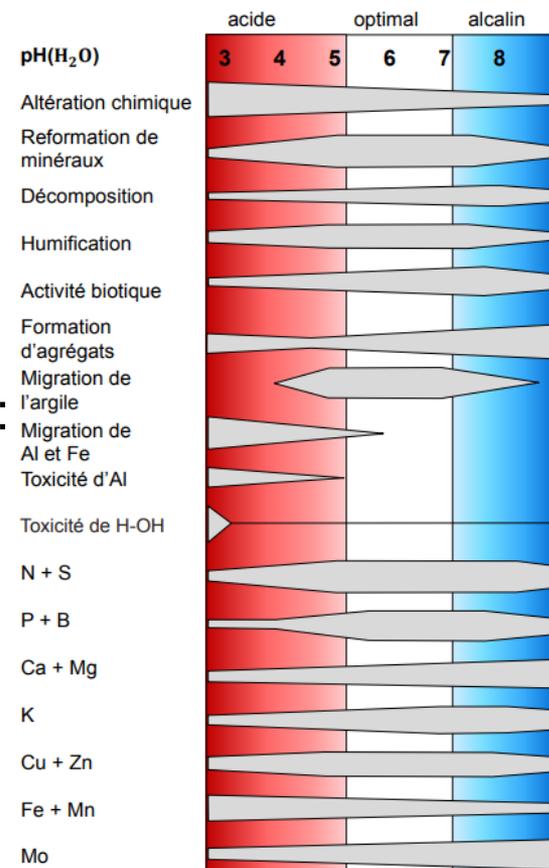
Historique de la fertilisation

- Vignoble ont reçu des apports de matières fertilisantes de tout temps (fumiers, composts, terres).
- 1820 théorie de l'humus d'Albrecht Thaer (1752-1828). Les plantes peuvent absorber les résidus d'animaux et de plantes en état de décomposition.
- 1840-1930 exploration des principes de la chimie agricole qui a conduit au développement des engrais minéraux hydrosolubles. Passage d'une fertilisation organique → minérale.
- Première guerre mondiale: L'Allemagne, isolée des producteurs de nitrates, donne une portée industrielle au procédé Haber-Bosch permettant de fabriquer de l'ammoniaque à partir de l'azote de l'air.

Source: Hauert.com

Comment se nourrit la vigne ?

- Absorption des ions minéraux seulement si dissous **dans l'eau du sol.**
- En lien avec la **capacité de rétention en eau** d'un sol et la disponibilité des ions.
- **Stockage et mise à disposition** des minéraux: texture du sol, profondeur d'enracinement et la teneur en matière organique.
- Disponibilité: pH (idéal autour de 7)
- pH influence les processus chimiques mais également biologiques !



Les plantes aidées par les micro-organismes

■ **Bactéries:**

fixent N

solubilisent le phosphate

solubilisent le fer (sécrétion de sidérophores)

minéralisent la MO

produisent des hormones favorisant la croissance racinaire

■ **Champignons:**

explorent le sol de façon intense et étendue

fournissent P et N aux plantes (mycorhizes)

minéralisent la MO

■ **Protozoaires:**

minéralisent la MO

FOCUS: Nutrition azotée de la vigne

- La fertilisation azotée ne peut pas se baser sur l'analyse de sol, car les taux de N varient énormément en cours de saison (selon températures et teneurs en eau des sols).

→ observation du végétal: rendement, couleur des feuilles, la vigueur et la présence/absence de maladies.

- Ne pas négliger les apports d'azote dans les vignes enherbées.
- Localiser l'apport de N sur les parties désherbées.
- Les effets d'une correction de l'azote assimilable sur moût sont limités.

Elle permet la gestion de la cinétique fermentaire mais ne permet pas d'optimiser les précurseurs aromatiques.

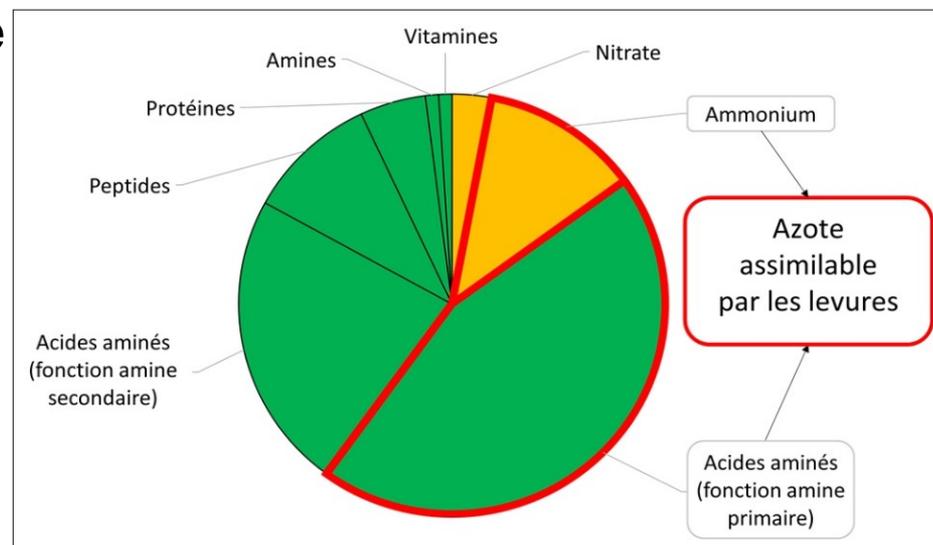
→ La gestion azotée se fait avant tout à la vigne !

Nutrition azotée de la vigne

- Déterminer la concentration d'azote assimilable à la véraison: permet de corriger les teneurs via une fertilisation foliaire.
- L'apport d'azote à la véraison est efficace, sauf sur les carences sévères.
- **L'analyse de l'azote assimilable sur moût devrait être une pratique bien plus généralisée:** permet de tirer un bilan de l'année, la gestion des apports en cave et la gestion de N l'année suivante.
- Prix analyse a.a. au laboratoire d'Œnologie à Châteauneuf: 18.-

Source: Agroscope,

Nutrition azotée de la vigne: mesures et interprétations



Composés azotés dans le moût à la vendange

Nutrition azotée de la vigne

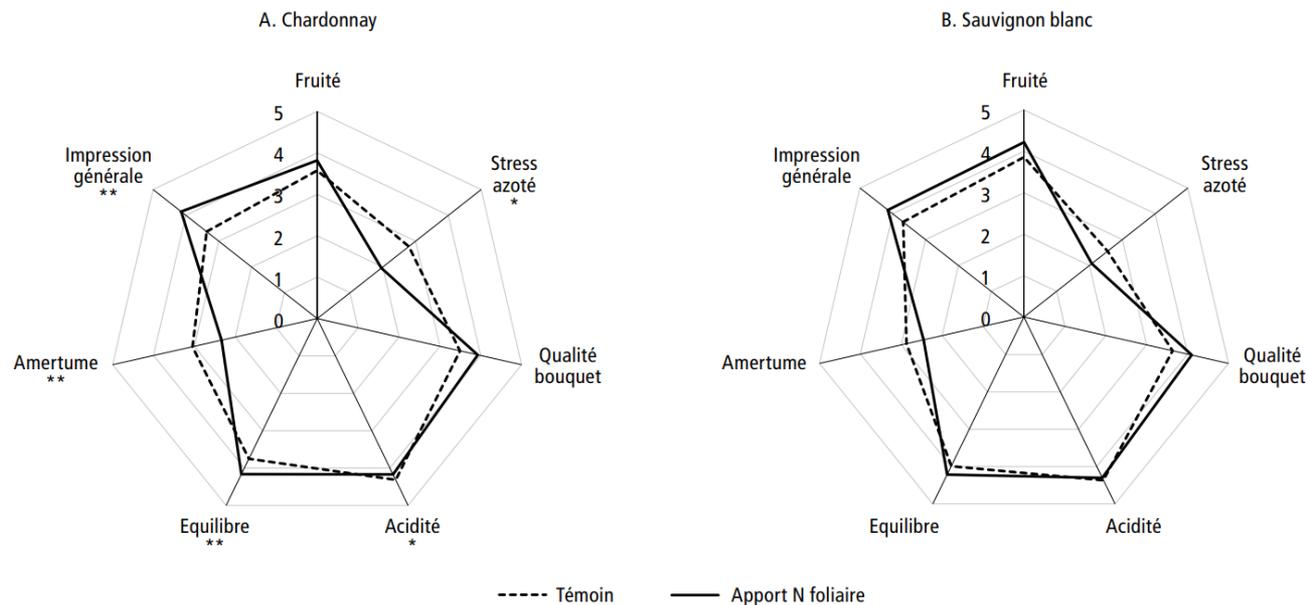


Figure 2 | Comparaison des profils organoleptiques des vins issus des variantes témoin (0 kg N/L) et apport d'azote foliaire (20 kg N/L) pour le chardonnay (A) et le sauvignon blanc (B). Moyennes 2006–2011. Analyse des variances: «.», $p < 0,10$; «*», $p < 0,05$; «***», $p < 0,01$.

Source: Agroscope 2024,
Impact d'une supplémentation en azote foliaire sur les vins de Chardonnay et Sauvignon blanc

Fertilisation annuelle d'entretien

Normes de fertilisation annuelle pour la vigne en fonction du rendement (kg/ha/an) dans le cas d'un état de fertilité du sol satisfaisant

Rendement (kg/m ²)	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
0,8	23 (10)	54 (45)	25
1,0	23 (10)	66 (55)	25
1,2	27 (12)	78 (65)	25
1,6	27 (12)	90 (75)	25
2,0	34 (15)	102 (85)	25

N \cong 50

P₂O₅ \cong 25 (P \cong 11)

K₂O \cong 75 (K \cong 62)

Mg \cong 25 (Mg \cong 25) car très mobile

Comment nourrir mon sol ?

- Choix de l'engrais ou de l'amendement organique selon:

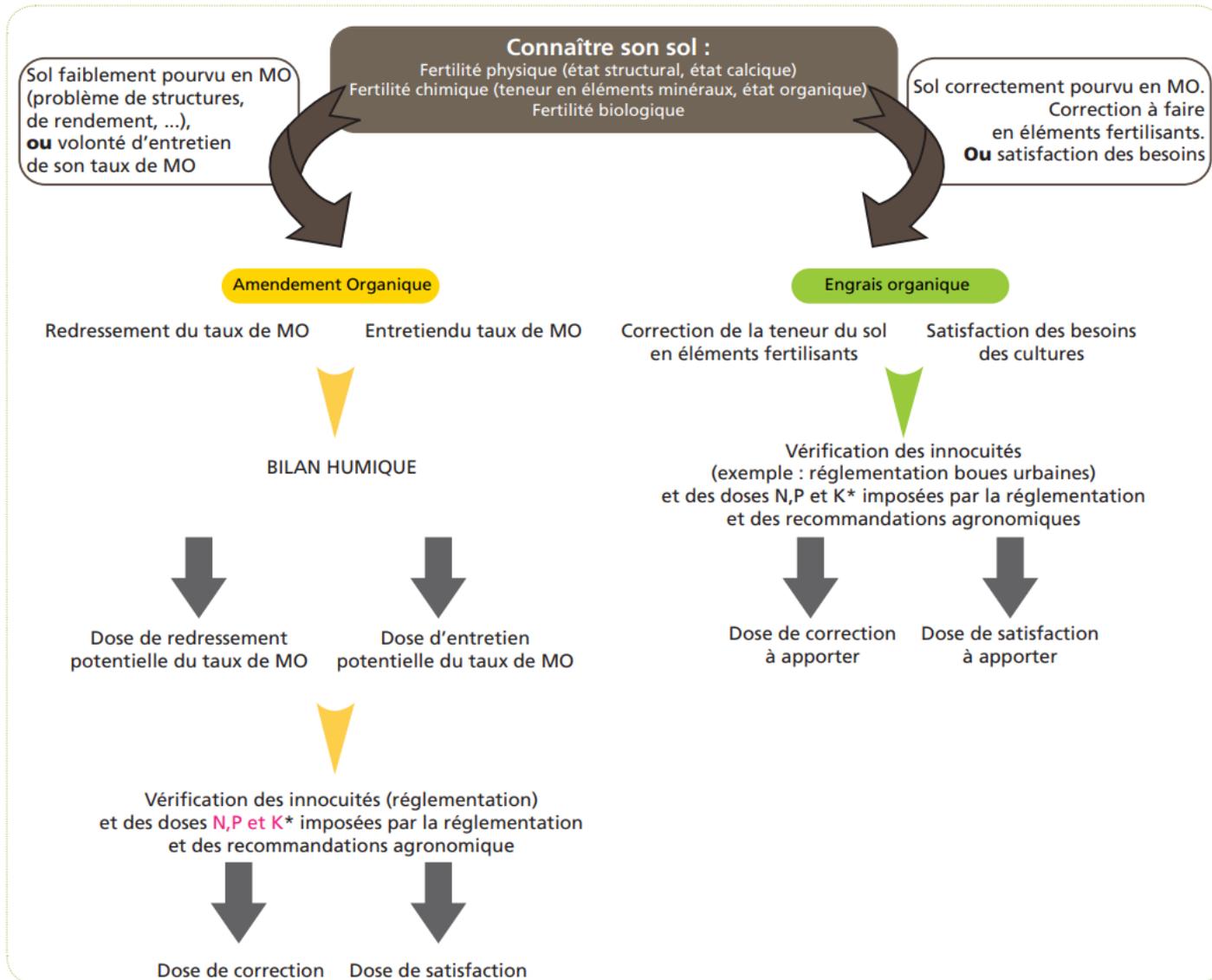
Objectif

(redressement MO, correction fertilisation, rendement)

Analyse de sol

- Principe de la norme: Principe du remplacement des éléments nutritifs prélevés par les cultures.

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

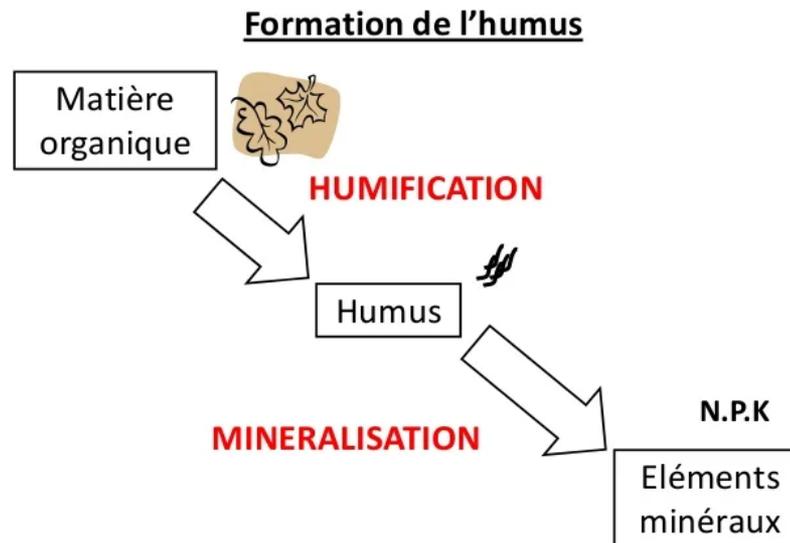


* N = azote, P = Phosphore, K = potassium

Source: Chambre d'Agriculture Française

La matière organique, le garde-manger du sol

- Représente 1-10 % d'un sol (sol de vigne environ 2 %).
- Matière organique doit d'abord être décomposée par la microflore du sol avant d'être accessible.
- L'humus est minéralisé dans le sol à raison de 1 à 2 % par année = perte.
- Un apport en amendement organique vise à conserver/améliorer le taux d'humus d'un sol.



12

La matière organique, le garde-manger du sol

- Minéralisation: 1'000-1'500 kg/ha/an en sol moyen
- Restitutions sarments: 300-600 kg/ha/an (humus)
- Restitution enherbement: 300-800 kg/ha/an (humus)
- Démarche: planifier la fumure organique sur un cycle de plusieurs années et compléter avec des engrais minéraux/organiques.
- Pour évaluer les quantités d'amendements à apporter il faut connaître leur rendement en humus (K1).

Tableau 21. Composition des principales matières organiques utilisées en viticulture.

Amendement	Dose d'application en t/ha min.-max.	Composition des matières organiques en kg/t de matière fraîche									
		Matière sèche	Matière organique*	Humus	N total	N disponible	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	K1
Fumier bovin au tas ¹	20-40	190	150	75	4,9	1,5	3,2	6,6	3,7	0,8	0,5
Fumier bovin de stabulation ¹	20-40	210	175	90	5,3	1,9	2,2	10,8	2,7	0,7	0,51
Pailles de blé d'automne ²	2-10	860	800	80	5,0	-	2,0	11,0	3,0	0,8	0,1
Pailles des marais	10-20	850	800	80	6,0	-	0,7	3,4	3,9	0,6	0,1
Compost de marc ¹	20-50	330	300	120	7,9	2,0	2,6	7,9	2,4	0,5	0,4
Marc de raisin frais	20-50	350	270	90	6,8	1,7	2,2	6,6	2,0	0,4	0,33
Compost vert ¹	20-50	450	200	60	7,0	0,1	4,0	5,7	28,0	3,1	0,3
Sarments	2-4	500	480	150	4,2	-	1,3	4,8	3,1	0,5	0,31

¹Ces valeurs sont sujettes à de fortes variations. Seule l'analyse permet de connaître les valeurs exactes.

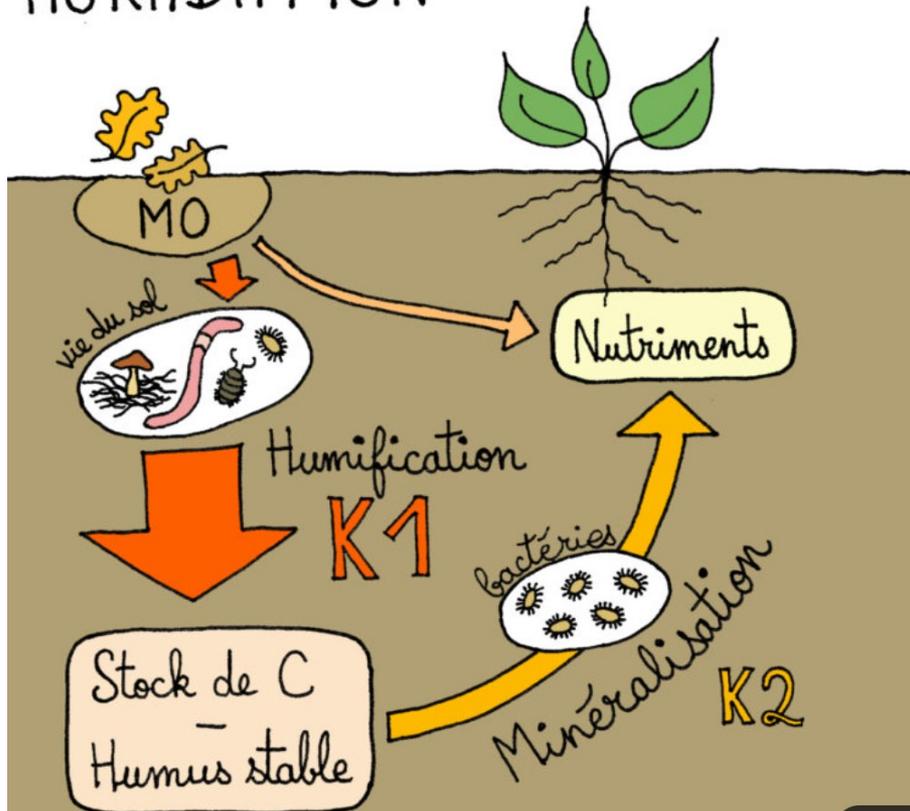
²Il s'agit des valeurs du blé d'automne, les autres céréales ont des teneurs proches (pour toute information complémentaire concernant d'autres types de matière organique, voir les «Données de bases pour la fumure des grandes cultures et des herbages» tabl. 55, Revue suisse Agric. 33 (5), 2001).



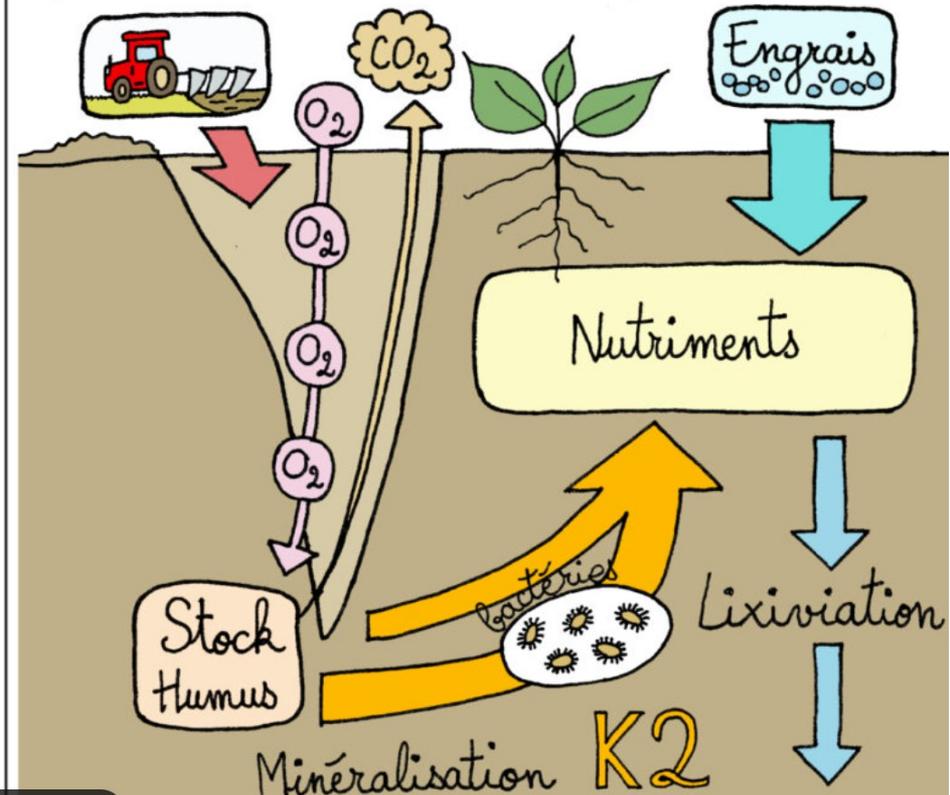
* MO sèche

D'après Spring et al., 2003, DBF

AGRADATION



DÉGRADATION



Source: Le lopin de Serre,
Cycle de la matière organique

3 types d'action

- Analyser le sol et l'approvisionner dès le départ selon ses besoins.

But: éviter des problèmes de croissance et de qualité.

Fumure de fond

- Entretenir la fertilité (durabilité de la production)

Fumure d'entretien

- Réagir en cas de carence pour retrouver l'équilibre

Fumure de correction

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Mise en valeur de résultats d'analyses obligatoires «PER», période 2000-2014

Attention: mise en valeur sur la base d'un grand nombre de résultats, statistique simplifiée sans objectif scientifique

Epure:

1. Bureaux d'ingénieurs
2. Etude de terroirs
3. Recherche agronomique
4. Demandes viticoles spécifiques

Neuchâtel

Sol: 823 échantillons

Sous-Sol: 368 échantillons

Vaud

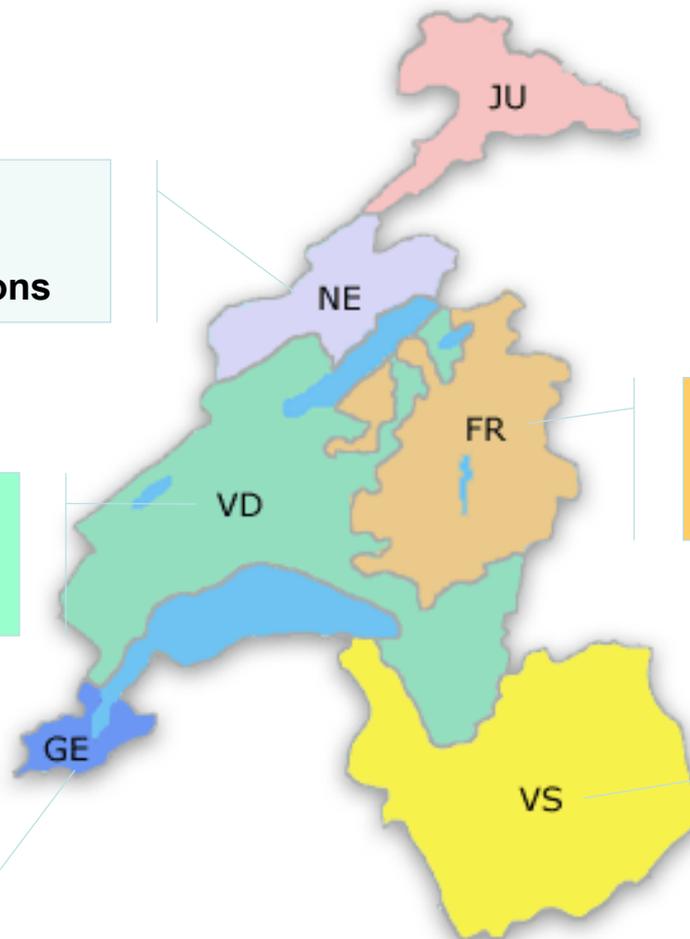
Sol: 7'444 échantillons

Sous-Sol: 2'288 échantillons

Genève

Sol: 220 échantillons

Sous-Sol: 69 échantillons



Fribourg

Sol: 137 échantillons

Sous-Sol: 74 échantillons

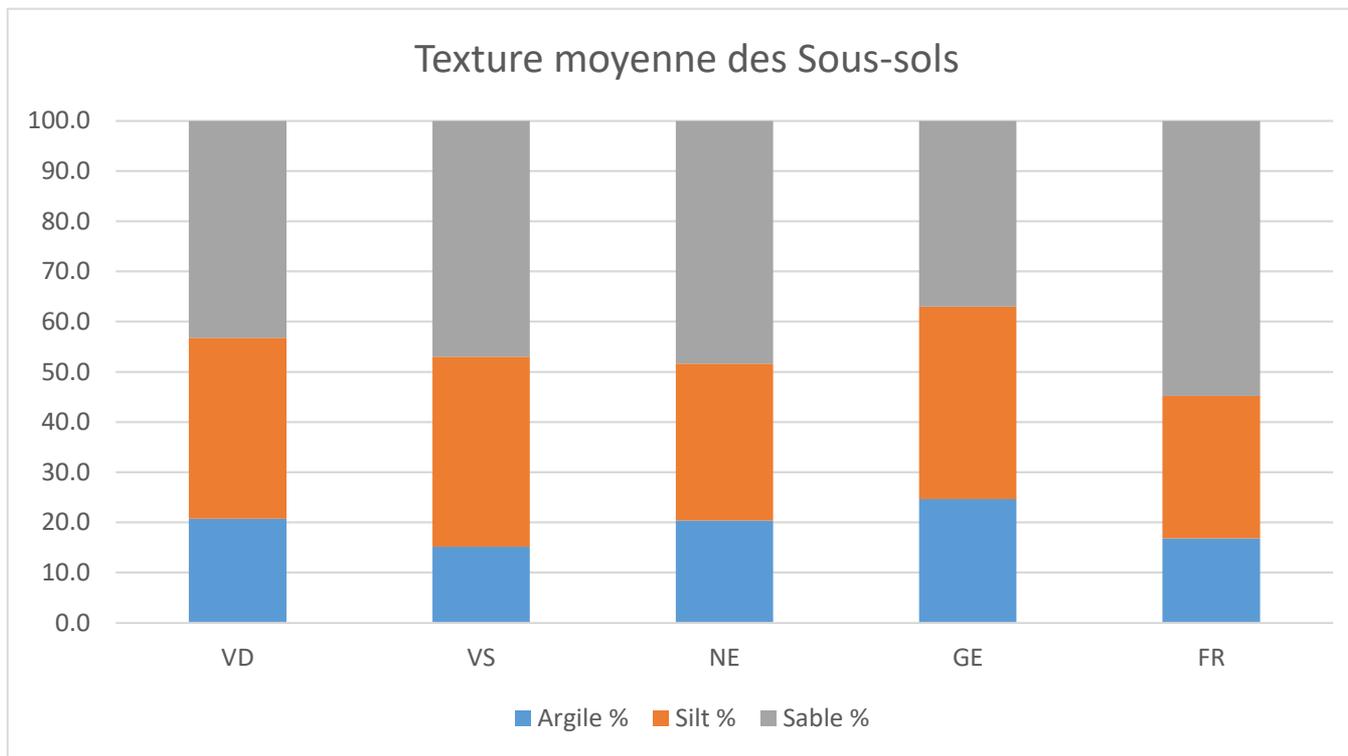
Valais

Sol: 5'994 échantillons

Sous-Sol: 2'113 échantillons

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Texture moyenne des sols (à partir de granulométries 3 fractions des sous-sols)



VD: N=2288
VS: N=1961
NE: N=364
GE: N=65
FR: N=73

Agronomiquement, les sols viticoles romands sont des sols «*légers-moyen sableux*», des «*moyens-sableux*», et des «*moyens-silteux*»

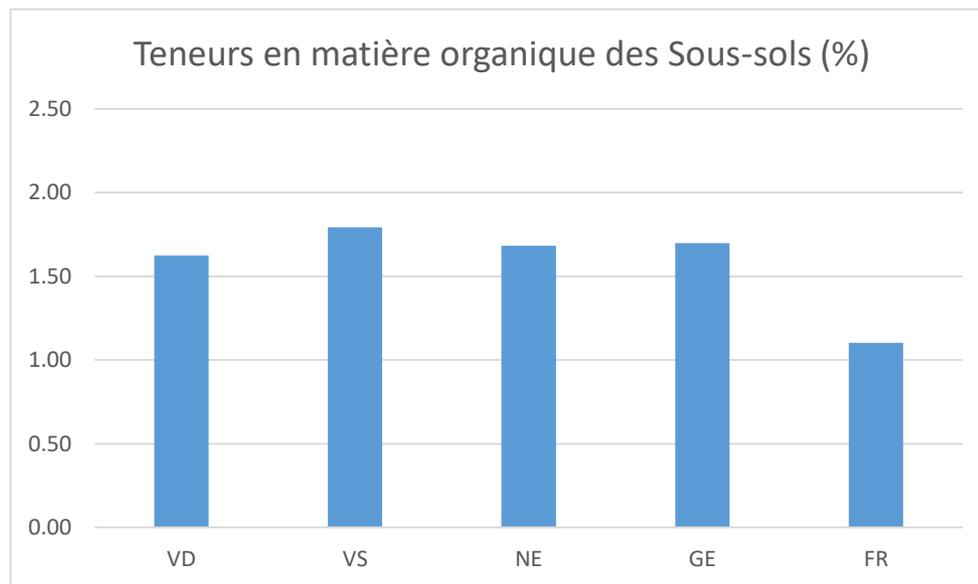
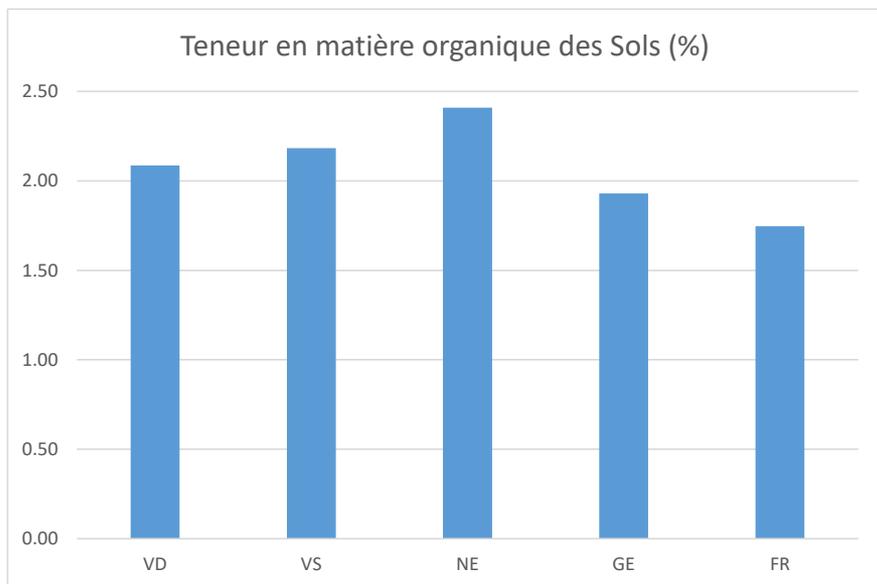
Pédologiquement, il s'agit essentiellement de sols bruns de type «*Limons*» et «*Limons-sableux*»



Etat nutritionnel des sols viticoles romands

VD: N=7283/2263
VS: N=5809/1929
NE: N=796/339
GE: N=212/66
FR: N=137/72

Teneurs moyennes en matière organique des sols et des sous-sols
(à partir de la méthode Corg)



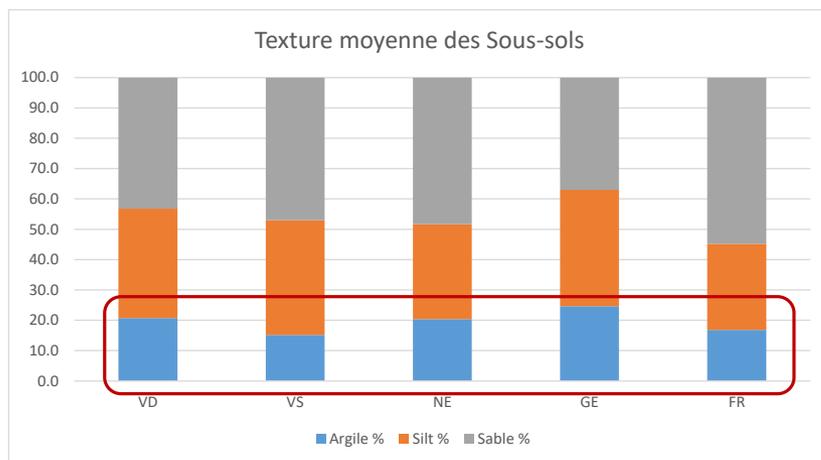
L'écart entre les teneurs des sols et des sous-sols est globalement faible (de l'ordre de 0,5 %). Ceci provient essentiellement:

1. de la présence de racinelles dans les échantillons de sous-sol
2. de l'enfouissement de matière organique lors des constitutions / reconstitutions
3. d'une profondeur de prélèvement pour le sous-sol en moyenne certainement inférieure aux 30-50 cm préconisés



Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Teneurs moyennes en matière organique des sols et optimum pédologique

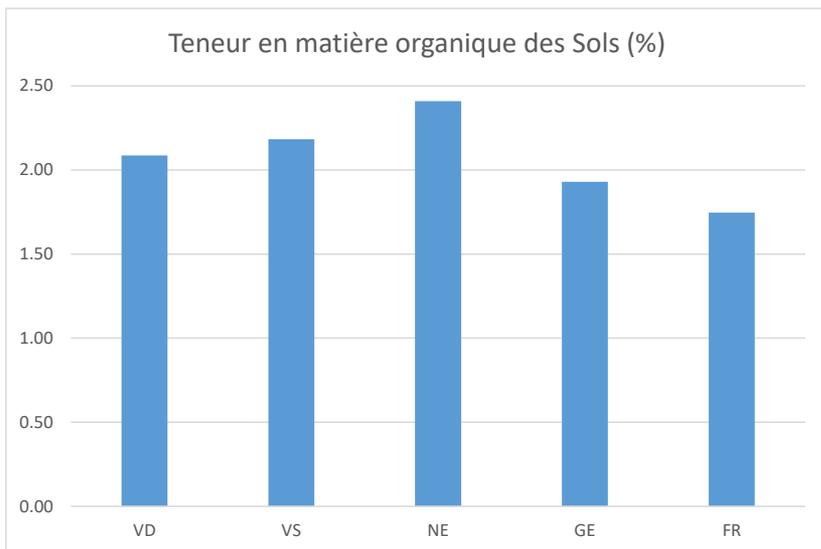


Plusieurs études ont montré que l'amélioration des fonctions du sol était corrélée à l'augmentation du taux de matière organique (MO).

Ainsi un «optimum pédologique» existe entre le taux d'argile et le taux de MO.

Il est fonctionnel (sous-entendu «bon»), à partir d'un ratio de **17%**.

(3,4% de MO pour un sol de 20% d'argile)

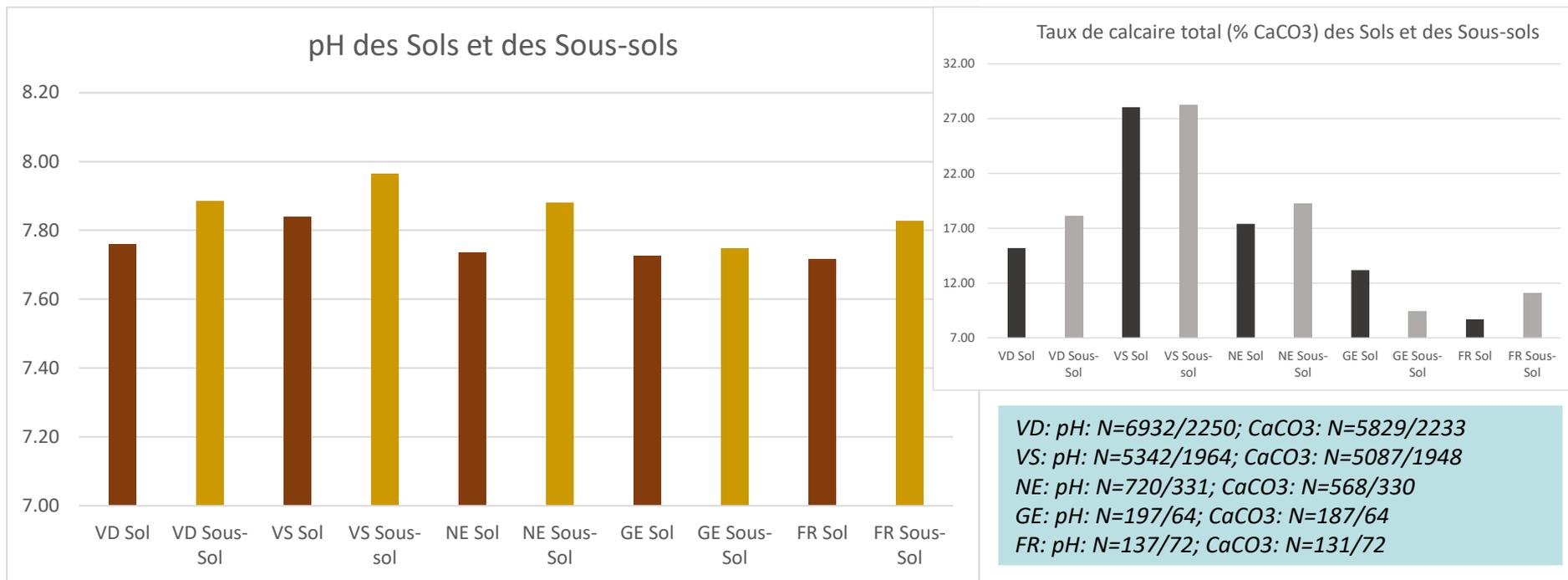


Ratio: état actuel moyen

1. Vaud: 10,1
2. Valais: 14,3
3. Neuchâtel: 11,8
4. Genève: 7,8
5. Fribourg: 10,4

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

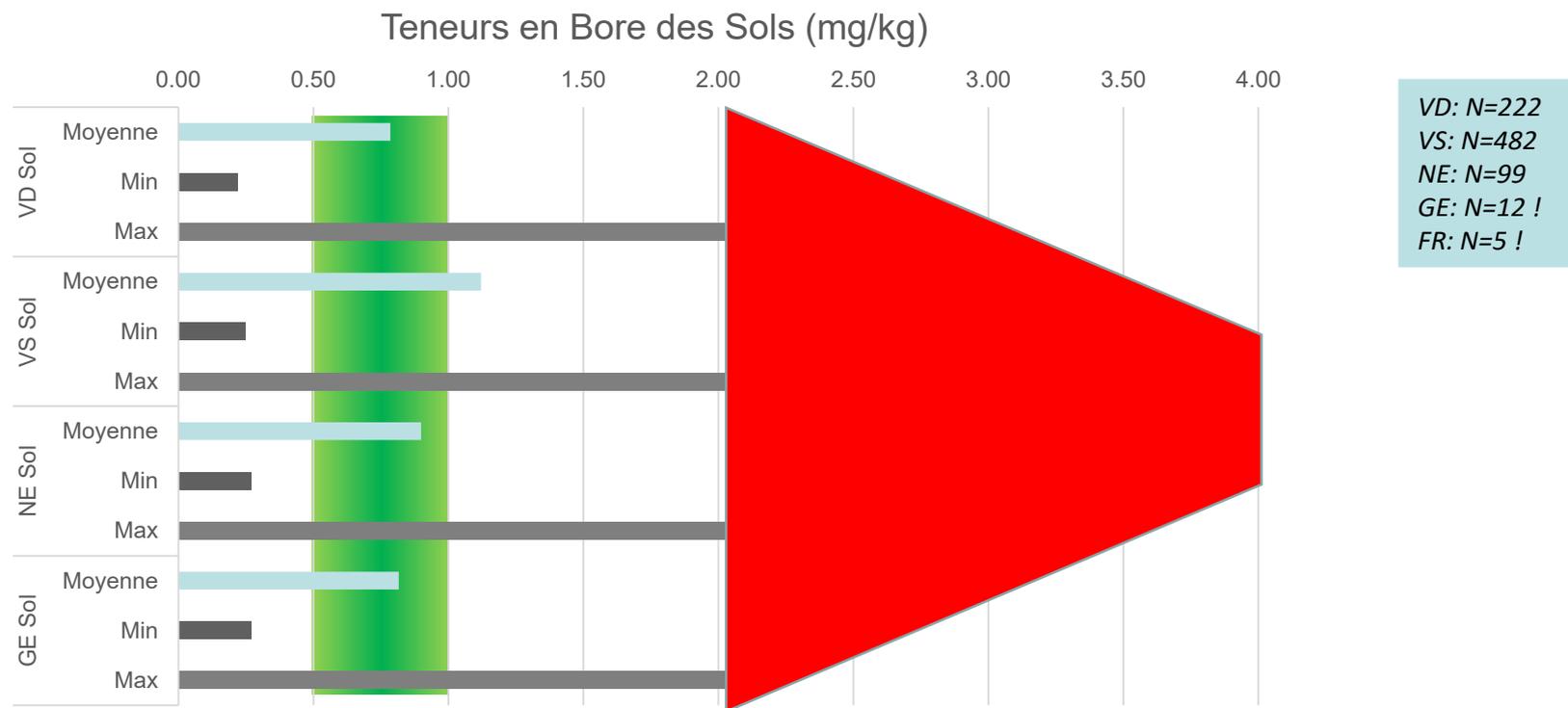
Teneurs moyennes en pH et en calcaire total pour les sols et les sous-sols



- L'énorme majorité des sols viticoles est fortement carbonatée; résultat: des pH élevés !
- Par le biais du lessivage et de la recarbonatation, les sous-sols sont généralement encore plus alcalins (de l'ordre de 0,2 pts d'écart).
- Les taux de calcaire totaux supérieurs des sols valaisans ne donnent pas systématiquement des valeurs de pH plus alcalines que leurs homologues vaudois ou neuchâtelois.

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

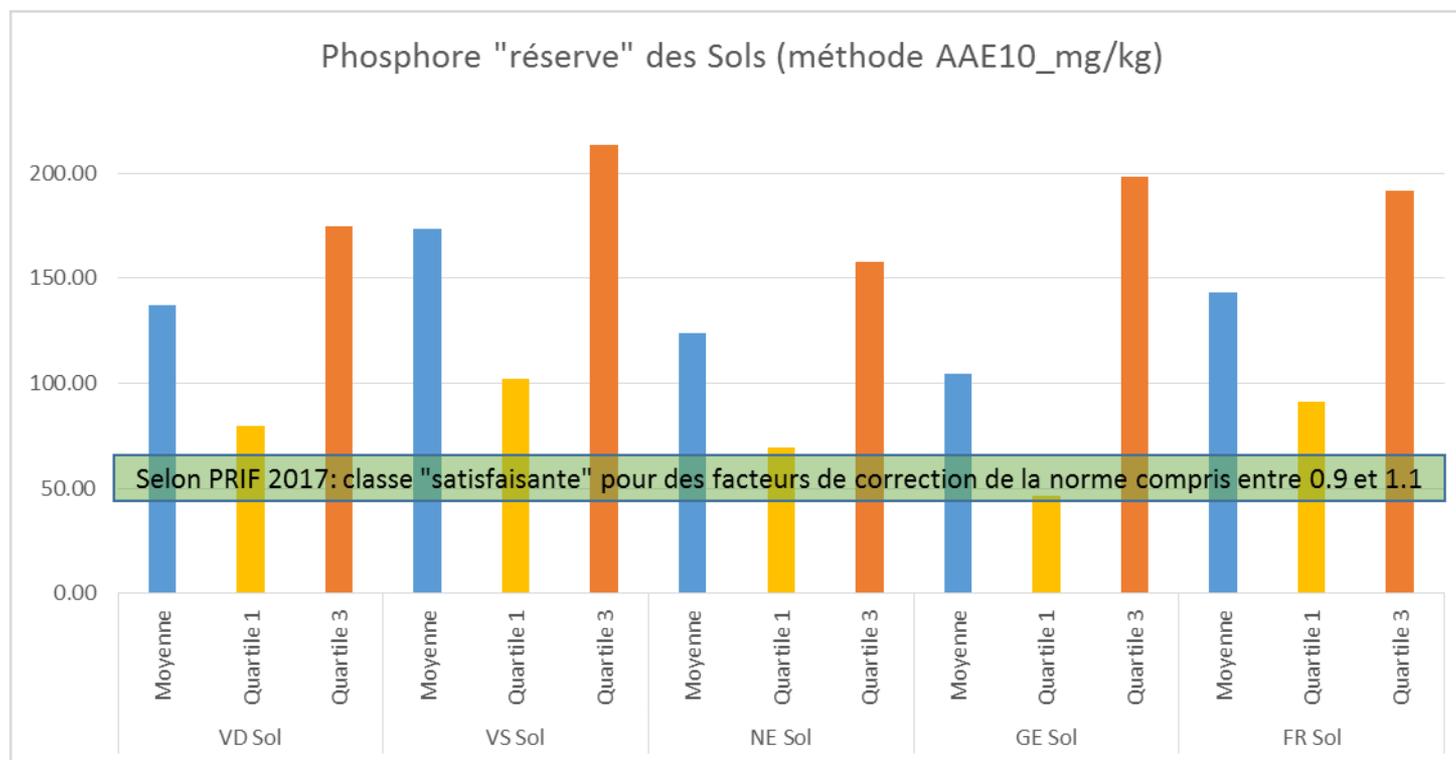
Teneurs moyennes en Bore pour les sols (méthode H₂O chaude)



- En moyenne, les sols romands sont proches de l'optimum.
- Dans tous les cantons, quelques sols dépassent les 2 mg/kg, valeur généralement admise comme limite de phytotoxicité (valeur la plus élevée: 12,2 mg/kg !).

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Teneurs moyennes en phosphore pour les Sols (méthode éléments réserves_AAE10)



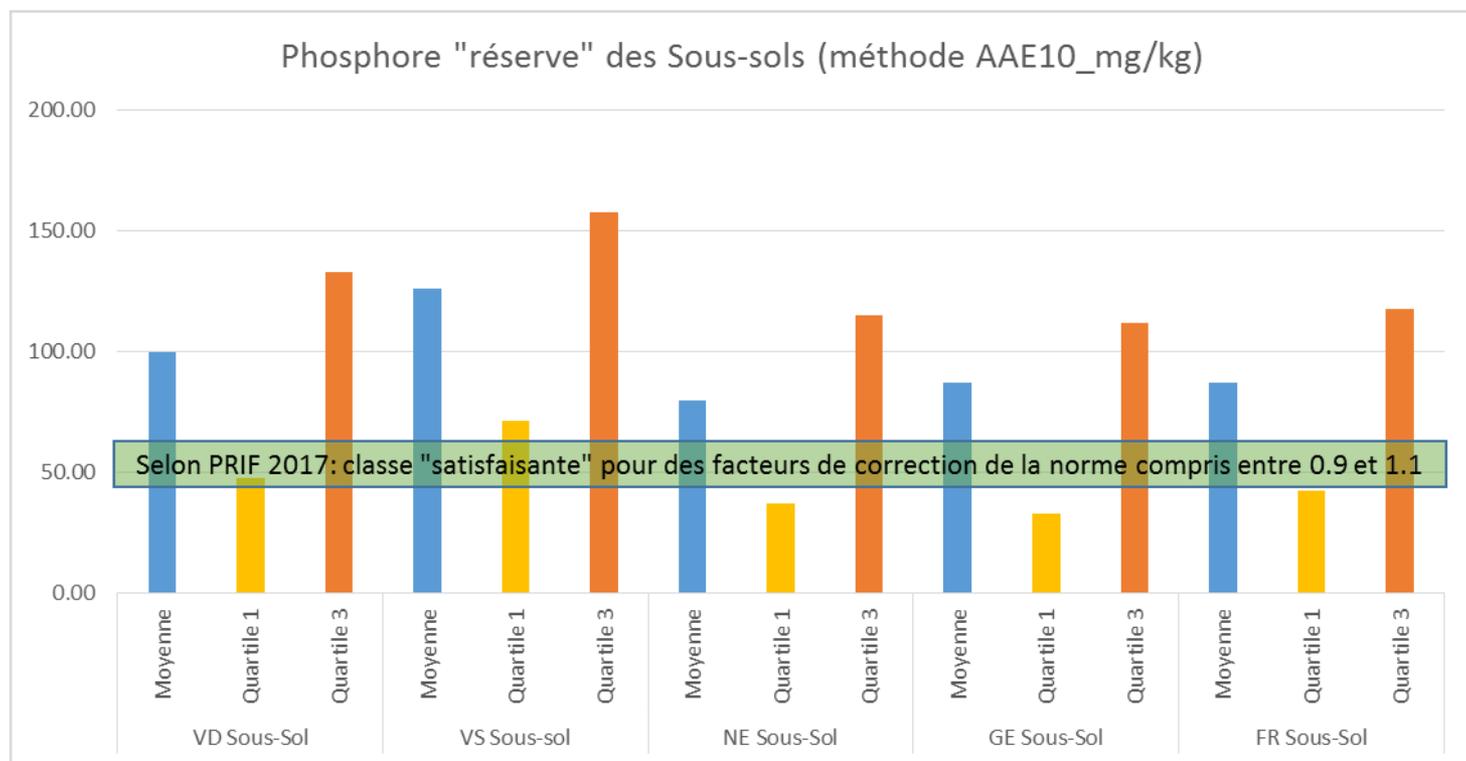
VD: N=6516
VS: N=5930
NE: N=816
GE: N=210
FR: N=131

- Les sols viticoles romands sont excédentairement pourvus en phosphore !
- Seul à Genève, reste le premier quartile (*les 25% inférieurs des données*) dans la classe des sols «satisfaisants».



Etat nutritionnel des sols viticoles romands

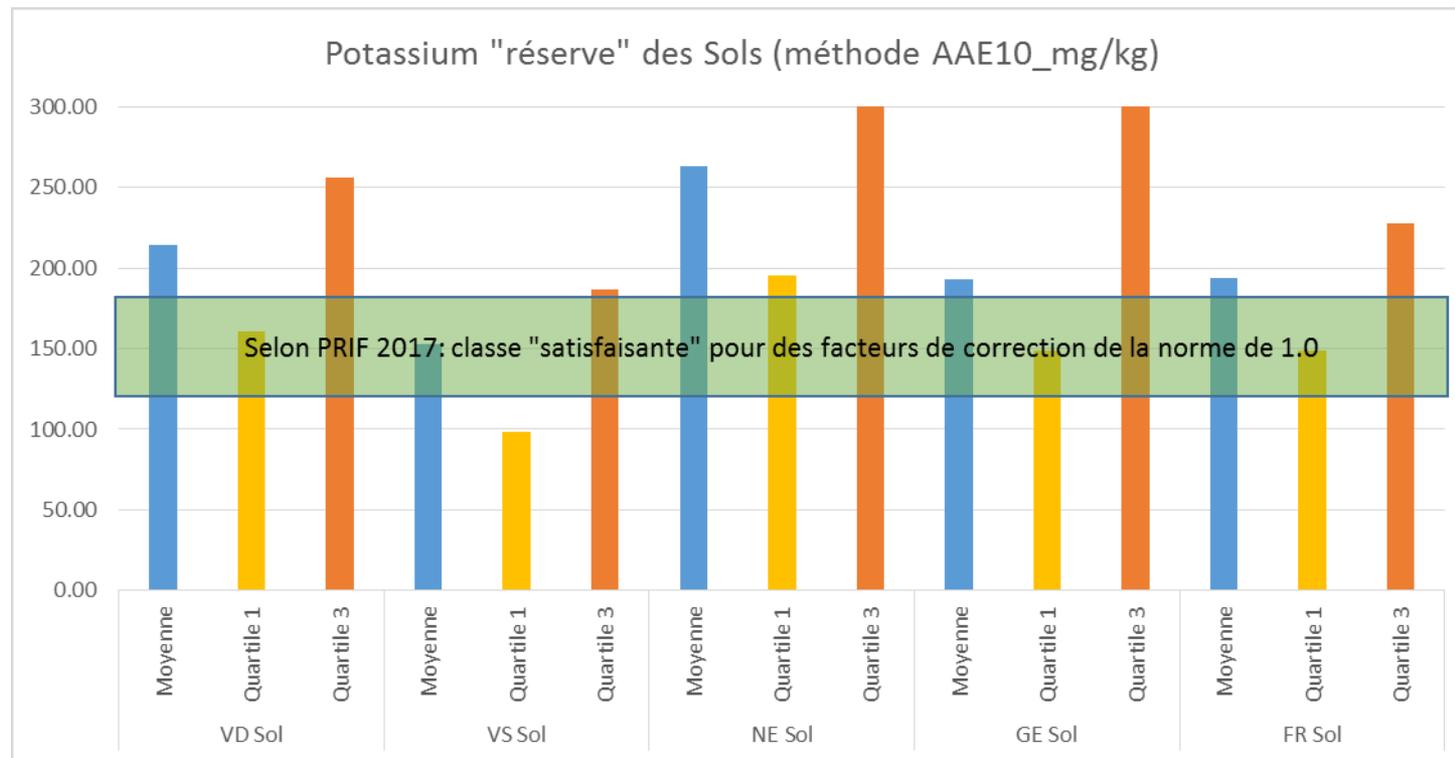
Teneurs moyennes en phosphore pour les Sous-sols (méthode éléments réserves_AAE10)



- Les sous-sols viticoles romands suivent la même tendance (excédents en phosphore).
- Le premier quartile des valeurs (*les 25% inférieurs des données*) sont en deçà ou dans la classe «satisfaisante» (exception en Valais).

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Teneurs moyennes en potassium pour les Sols (méthode éléments réserves_AAE10)



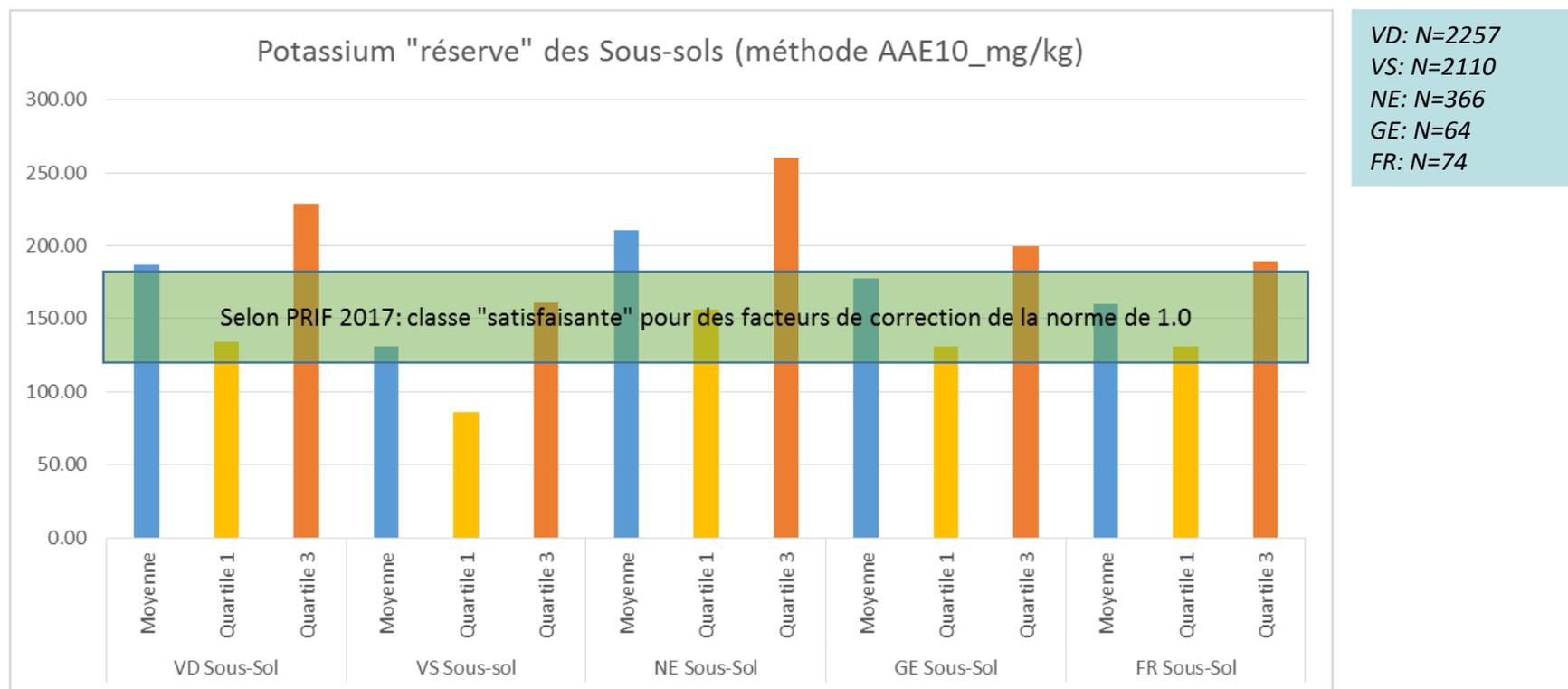
VD: N=6507
VS: N=5932
NE: N=816
GE: N=210
FR: N=131

- Les sols viticoles romands tendent aussi à être excédentairement pourvus en potassium, toutefois dans une moindre mesure que pour le phosphore.
- En Valais, l'état d'alimentation en potassium est correct !



Etat nutritionnel des sols viticoles romands

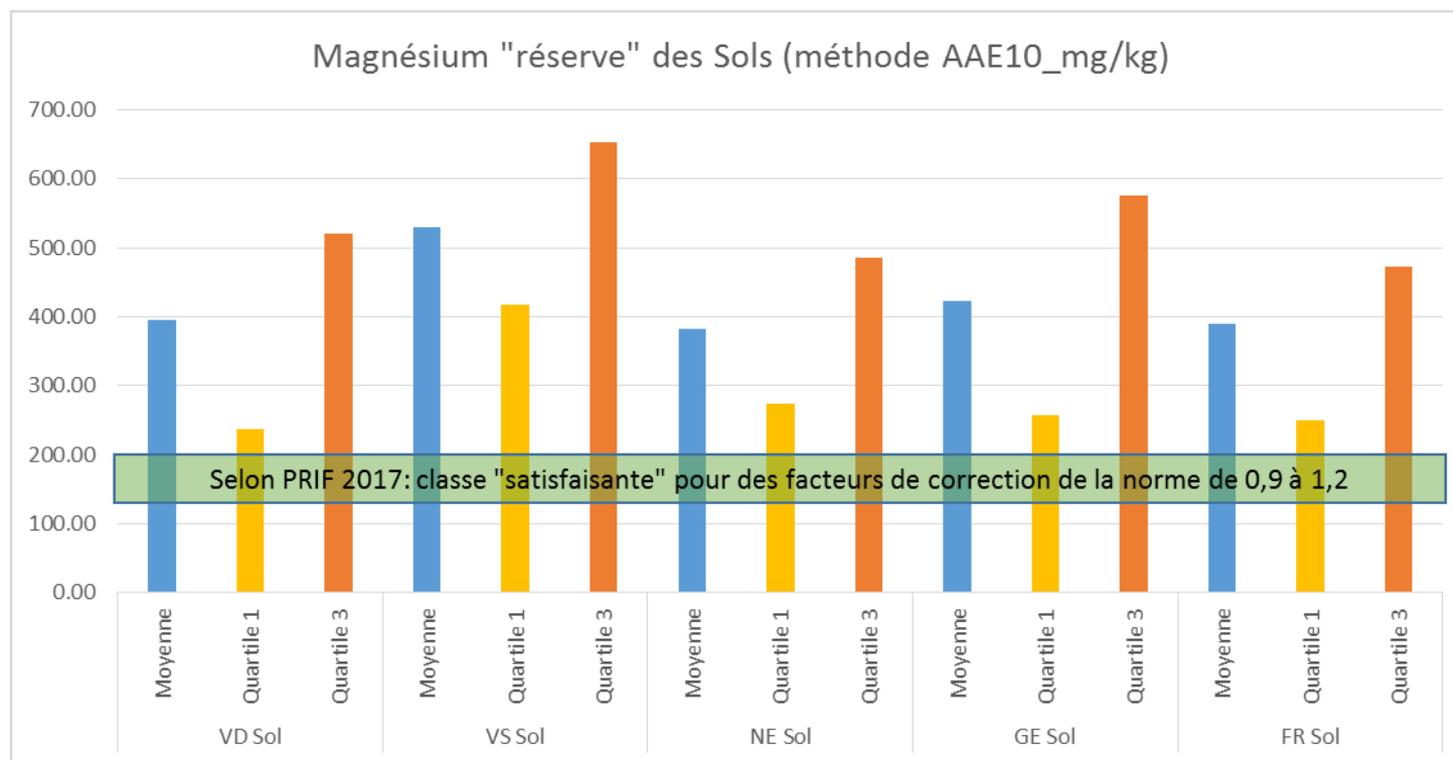
Teneurs moyennes en potassium pour les Sous-sols (méthode éléments réserves_AAE10)



- Les sous-sols sont généralement bien alimentés en potassium, une tendance excédentaire est surtout constatée sur Vaud et Neuchâtel.

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Teneurs moyennes en magnésium pour les Sols (méthode éléments réserves_AAE10)



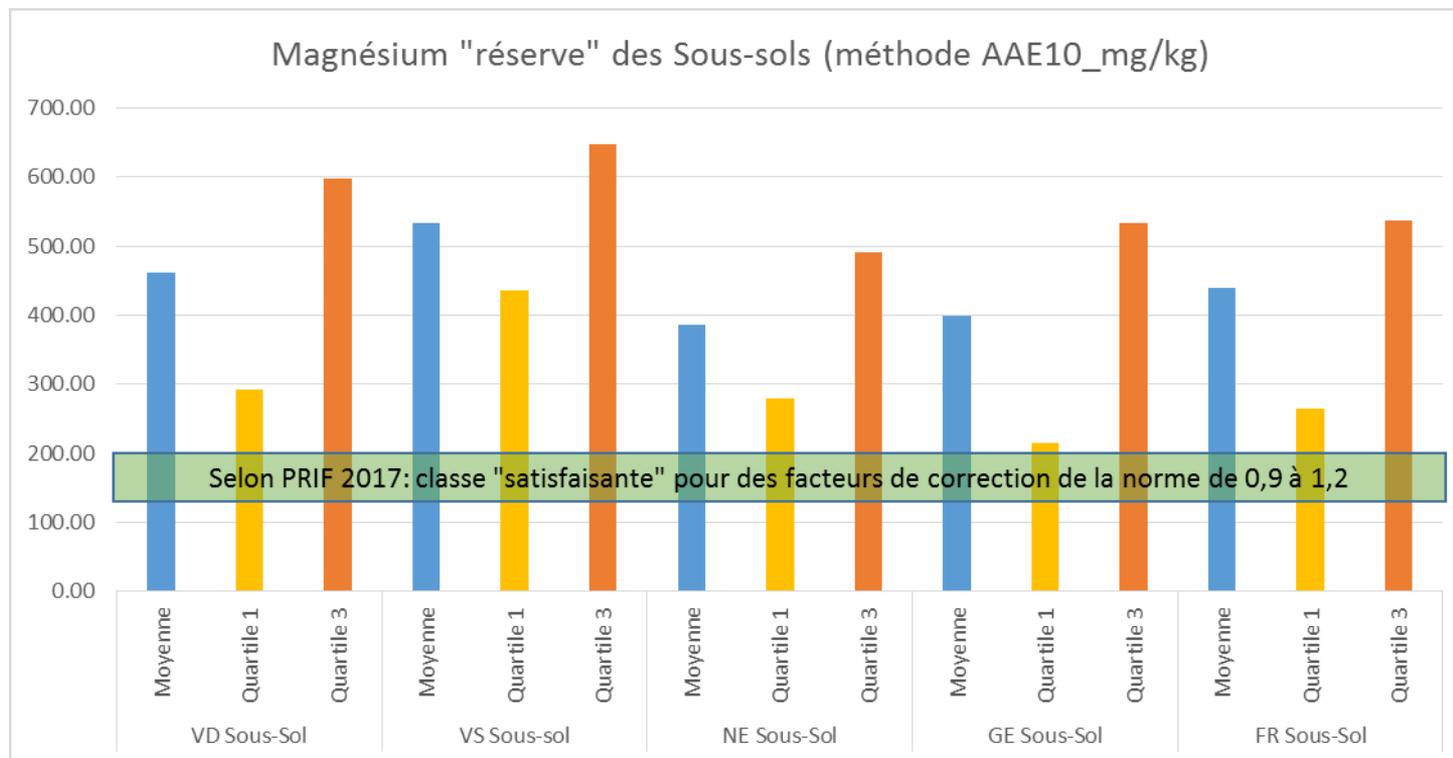
VD: N=6507
VS: N=5930
NE: N=816
GE: N=210
FR: N=131

- L'état moyen d'alimentation des sols en magnésium est trop important, de l'ordre de 2x à 3x les concentrations recherchées pour un état «satisfaisant» (application de la norme de fumure sans correction).



Etat nutritionnel des sols viticoles romands

Teneurs moyennes en magnésium pour les Sous-sols (méthode éléments réserves_AAE10)



VD: N=2257
VS: N=2110
NE: N=366
GE: N=64
FR: N=74

- Même image analytique pour les sous-sols: la fertilisation magnésienne excédentaire se retrouve dans l'horizon B, cet élément subissant un important lessivage !

Etat nutritionnel des sols viticoles romands

ELEMENT EN EXCES

NUTRIMENTS GENERALEMENT AFFECTES

Azote	Potassium, calcium
Potassium	Azote, calcium, magnésium
Phosphore	Zinc, fer, cuivre
Calcium	Bore, magnésium, phosphore
Magnésium	Calcium, potassium
Fer	Manganèse
Manganèse	Fer, molybdène, magnésium
Cuivre	Molybdène, fer, manganèse, zinc
Zinc	Fer, manganèse
Molybdène	Cuivre, fer
Sodium	Potassium, calcium, magnésium
Aluminium	Phosphore
Ion ammonium	Calcium, cuivre
Soufre	Molybdène



Analyses au laboratoire

Comment connaître l'état de nutrition de mon sol ?

- Analogie avec les vergers (les PRIF ne renseignent pas sur le mode de prélèvement en viticulture).
- L'échantillonnage doit être représentatif de la zone d'épandage.

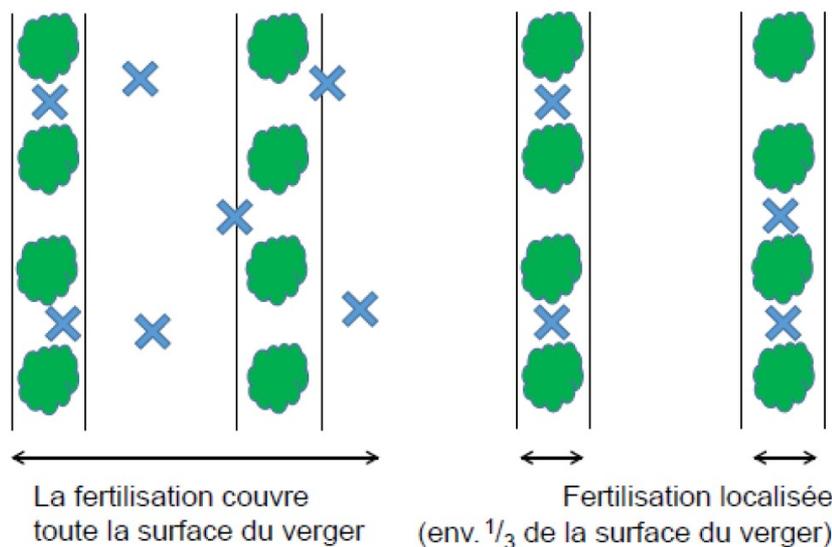


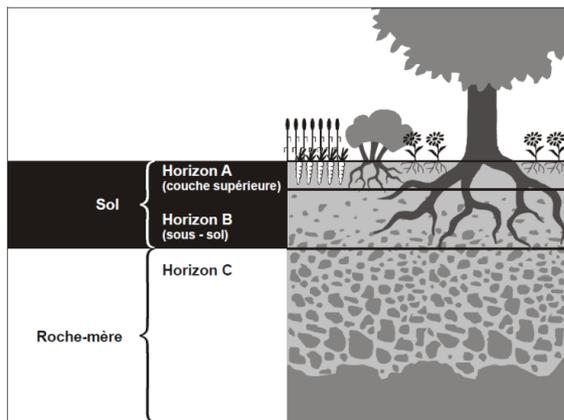
Figure 1. Schéma de prélèvement d'échantillons de sol (x), dans le cas où l'engrais est distribué sur toute la parcelle (à gauche) ou lorsque l'engrais est apporté localement sur des terrasses ou sur les lignes (à droite).

Comment connaître l'état de nutrition de mon sol ?



PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS DE TERRE POUR L'AGRICULTURE

LE SOL AU SENS DE LA LOI



Couche supérieure du sol = horizon A (couramment appelé « humus »):
Couche minérale meuble et friable, enrichie de matières organiques (humus), riche en racines et en organismes vivants, généralement de couleur brun foncé.

Sous-sol = horizon B:
Couche plus souvent moins friable, moins vivante et moins riche en racines, ne contenant que très peu d'humus, généralement de couleur plus claire (rouille jusqu'à brun clair), d'une densité plus élevée que la couche supérieure (horizon A).

Roche-mère = horizon C:
Couche pas ou peu friable, contenant peu d'organismes vivants, peu de racines, matériau de base sans matière organique. N'est plus considérée comme sol.

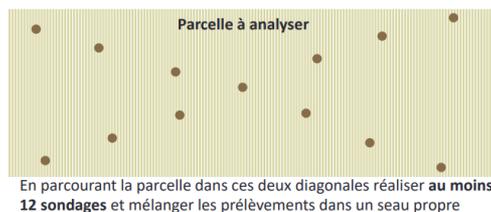


Tarière de prélèvement
(tarière hollandaise)



Sachets en plastique Sol-Conseil

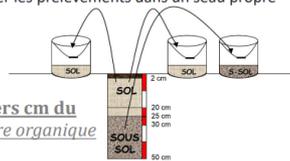
PRINCIPE



En parcourant la parcelle dans ces deux diagonales réaliser **au moins 12 sondages** et mélanger les prélèvements dans un seau propre



Ôter les 2 premiers cm du sol (évite la matière organique fraîche)



Sol	2-25cm
Sous-sol	25-50cm

QUANTITÉ & IDENTIFICATION

L'échantillon doit être représentatif de la parcelle ou de la zone, conditionné de manière adéquate (en fonction des paramètres analytiques demandés) et être constitué de suffisamment de volume afin de réaliser l'ensemble des analyses.

Quantité : env. **1kg** du mélange de terre
Contenant : sachets en plastique (type Sol-Conseil)
Identification* : nom de l'échantillon, profondeur de prélèvement, ...

*annotations claires directement sur le sachet de prélèvement

ACHEMINEMENT & ENVOI DES ÉCHANTILLONS

Sol-Conseil – Ch. Du Lavasson 4 - 1196 Gland

Contact : 022.361.00.11 - info@sol-conseil.ch - www.sol-conseil.ch

PRÉLEVEMENTS

Période : Optimum entre la récolte et le démarrage de la végétation, au moins 2 mois après l'application d'une fumure.

Matériel : Une tarière ou une bêche, sachets en plastique et seaux propres.

Procédure : **12 à 15 prélèvements** par parcelle, répartis régulièrement (*ligne ou diagonale*), leur mélange constitue l'échantillon final pour le laboratoire.

AGRICULTURE

Type de cultures :	Profondeur :
Prairies naturelles, permanentes	2-10cm
Grandes cultures, terres assolées	2-20cm
Cultures maraîchères	2-20cm
Arboriculture, viticulture ¹⁾	2-25cm (sol) + 25-50cm (sous-sol)

¹⁾ Sol et sous-sol lors de la première analyse et lors de chaque reconstitution pour les cultures pérennes (vigne, verger)

FEUILLE DE DEMANDE

Une **feuille de demande d'analyse** doit être jointe aux échantillons pour le laboratoire, comprenant les informations suivantes :

- **Coordonnées du demandeur**
 - **Nom de l'éch.** (correspondance avec le sachet / p.ex. N° ou nom de parcelles)
 - **Programme d'analyse désiré**
- Les annotations doivent être claires et lisibles

Exigences et fréquences des analyses de sol

- Analyses par unité de production (parcelle ou ensemble de parcelles dans une zone pédologique homogène)

Analyse complète du sol (physique et chimique) par un laboratoire agréé (OFAG) et selon des méthodes reconnues. Cette analyse est reconduite à intervalles de 30 ans, de préférence lors d'une reconstitution. Si aucune analyse existante n'est reconnue valable, une analyse complète du sol sera exigée au plus tard lors de la prochaine analyse périodique.

Carte de visite					Etat de fertilité					
					Eléments assimilables			Eléments réserves		
	pH	CaCO ₃ Total	MO	Granulo.	P	K	Mg	P	K	Mg
Sol	x	x	x		x	x	x	x	x	x
Sous-sol	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Exigences et fréquences des analyses de sol

Analyse périodique de l'état de fertilité au moins **chaque 10 ans** par un laboratoire agréé et selon des méthodes reconnues.

Carte de visite			Etat de fertilité					
			Eléments assimilables			Eléments réserves		
	pH	MO	P	K	Mg	P	K	Mg
Sol	x ¹⁾	x	x ²⁾	x ²⁾	x ²⁾	x	x	x

1) Uniquement pour les sols pauvres en calcaire

2) Lorsque les résultats d'une première analyse complète indiquent une bonne corrélation entre les éléments assimilables et les éléments réserves (max. 1 classe de fertilité de différence), on peut renoncer à l'analyse des éléments assimilables lors des contrôles périodiques suivants.

■ Conservation des documents pendant 10 ans

Analyses de sol

L'analyse des sols viticoles: étude de cas et interprétations

Laboratoire et bureau d'étude au service de l'agriculture et de la protection de l'environnement

SOL • CONSEIL  

N° commande: 15-00895
N° client: 11162
Date de réception: 08.10.2015
Copie à: 

Nyon, le 23.10.2015

RAPPORT

N° échantillon: 15-00895-001
Nom de l'échantillon: 
Matériel: TERRES
Profondeur de prélèvement: 2-10cm

CARTE DE VISITE

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation
Gravier ^{NA}	Estimation visuelle	0%		non graveleux
Taux d'argile	Test tactile	25 à 30%		sol moyen à lourd saboteux
MO	Corg(MO)	59,1	%	très riche
pH	pH H2O	6,3		faiblement acide
CaCO3 tot.	CaCO3	1,0	%	traces de calcaire

NA: analyse non accréditée

ELEMENTS RESERVE

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation					
				poivre	médiane	satisfaisant	riche	très riche	F.corr.
P	AAE10	12,1	mg/kg						1,5
K	AAE10	177,4	mg/kg						1,0
Mg	AAE10	207,7	mg/kg						0,6

Les résultats d'analyses correspondent aux échantillons transmis au laboratoire. La reproduction de ce rapport n'est autorisée que dans sa forme intégrale. Les responsabilités de Sol-Conseil sont limitées aux conditions générales.

Route de Nyon 21 - 1196 GLAND - 022.361.00.11 - info@sol-conseil.ch - www.sol-conseil.ch Page 1/8

Informations clients relatives à votre commande

Informations par échantillons

Nom des paramètres analysés

Codification interne de la méthode d'analyse utilisée pour la détermination du paramètre

Légende:
Indique si le paramètre et la méthode d'analyse n'entrent pas dans le cadre de notre accréditation ISO 17025.

Indique également si des analyses sont sous-traitées (ST).

Note : les analyses mentionnées NA ne sont toutefois pas traitées de manière différente du point de vue de la qualité interne.

Explications pour modèle de rapport agricole

Pictogramme correspondant au secteur d'activité

N° échantillon : comprenant N° de commande + N° d'échantillon (15-XXXX-YYY)

Unité propre au résultat

Interprétation selon les normes et barèmes en vigueur

Interprétation graphique (histogrammes indiquant le placement dans les classes)

Facteurs de correction : à appliquer sur les normes de fumure par type de culture

L'analyse des sols viticoles

Les propriétés chimiques ne sont pas les seules à influencer le développement des cultures, les propriétés physiques et d'autres paramètres jouent également un rôle important

Compréhension de la réserve utile en eau (RU)
selon :

- Succession des horizons et profondeur utile (PU)
- Volume occupé par la pierrosité
- Hydromorphie éventuelle
- Porosité et compacité
- Enracinement de la vigne
- Texture

Propriétés	Valeurs de seuil pour l'interprétation des analyses chimiques				
	Sols sableux	Sols sableux-limoneux ¹	Sols limoneux ¹	Sols argilo-limoneux ¹	Sols argileux
	< 10 % d'argile	10–19,9 % d'argile	20–29,9 % d'argile	30–39,9 % d'argile	≥ 40 % d'argile
Perméabilité à l'eau	très bonne	bonne	bonne	moyenne	faible
Capacité hydrique	faible	moyenne	élevée	élevée	très élevée ¹
Aération	très élevée	bonne	bonne	moyenne	faible
Capacité de rétention pour les éléments nutritifs	faible	faible à moyenne	moyenne	bonne	très bonne ¹
Travail du sol	facile	facile	moyen	moyen à difficile	difficile
Pénétration des racines	très bonne	très bonne	bonne	médiocre	faible

L'analyse des sols



L'analyse des sols viticoles

➔ Choix du porte-greffe

Nom de la méthode :	CaCO3	Code :	7.2.1MT002
Principe :	Le calcaire total est mesuré par la quantité totale de gaz carbonique (CO ₂) formé par l'attaque acide (HCl) des carbonates. $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \Rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2^{\uparrow}$ Le volume de CO ₂ formé est proportionnel à la quantité de carbonates.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	---		
Rapport d'extraction :	---		
Matériel :	Balance précision		
Réactifs principaux :	H ₂ O ultrapure HCl 32%		
Dosage :	Calcimètre		
Expression des résultats :	% CaCO ₃ tot.		
Référence :	Méthodes de référence des Stations de recherches Agroscope – code : CaCO3		

Teneur en calcaire total / Proportion de carbonates dans le sol

Nom de la méthode :	Ca++	Code :	7.2.2MT001
Principe :	Un échantillon de terre contenant du calcaire est mis en solution avec de l'oxalate d'ammonium. Suivant son état d'agrégation et son degré de finesse, le calcaire est plus ou moins attaqué. Le calcium mis en solution forme de l'oxalate insoluble et l'oxalate d'ammonium en excès est titré en retour par une solution de permanganate de potassium. Remarque : dans la pratique on procède généralement à l'analyse du calcaire actif qu'à partir de 10 % et plus de calcaire total.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	Di-ammonium oxalate monohydraté 0.1M		
Rapport d'extraction :	1 : 100 (2.5g de terre dans 250 ml de solution d'extraction)		
Matériel :	Balances précision/analytique Rampe électrique		
Réactifs principaux :	H ₂ O ultrapure Acide sulfurique 95-98% Permanganate de potassium		
Dosage :	Unité de titration		
Expression des résultats :	%		
Référence :	Juste C., Pouget R., C.R. Acad. Agric. 58, Station de recherches INRA, Bordeaux, 1972, pp. 352-357 Mathieu C., Pieltain F., Analyse chimique des sols – Méthodes choisies, TEC et DOC, 2003		

Calcaire actif (actif en solution)

L'analyse des sols viticoles

Nom de la méthode :	Corg./MO	Code :	7.2.1MT047
Principe :	A l'aide d'un analyseur à haute température on procède à la détermination du COT par combustion sèche (chauffage dynamique contrôlé avec méthode de rampe de température) dans un flux d'O ₂ et N ₂ . Le résultats correspond (via facteur interne) à la méthode Corg officielle. L'humus comprend l'ensemble des formes organiques du carbone du sol. Il est calculé à partir du carbone organique, multiplié par le facteur de conversion 1.725.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	---		
Rapport d'extraction :	---		
Matériel :	Balances précision/analytique		
Réactifs principaux :	---		
Dosage :	B. TOC analyseur		
Expression des résultats :	% MO (Humus) [TOC x 1.725] [1.725 = facteur conventionnel entre humus et carbone organique]		
Référence :	Méthodes de référence des Stations de recherches Agroscope – code : TOC		

Teneur en matière organique :
Corg*1,725
Important : atteindre optimum
pédologique, ratio de 17 % (R_{MO/A})

Nom de la méthode :	GRAN	Code :	7.2.1MT005
Principe :	Les fractions pondérales de la terre fine constituées d'argile et de silt sont déterminées selon un principe de sédimentation (loi de Stokes). La fraction pondérale du sable est calculée soit par différence à 100%, soit par séparation sur une batterie de tamis. Après destruction de l'humus avec de l'eau oxygénée (H ₂ O ₂) et un ajout d'un agent dispersant (hexaméthaphosphate de sodium), on laisse la suspension sédimenter. Après agitation, on prélève une aliquote de la fraction silt et de la fraction argile à une profondeur donnée et après un temps déterminé. L'aliquote est évaporée sur bain-marie, séchée à l'étuve et pesée.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	H ₂ O		
Rapport d'extraction :	---		
Matériel :	Balances précision/analytique Granulomètre		
Réactifs principaux :	H ₂ O dem. H ₂ O ₂ 30% Alcool cétylique Hexaméthaphosphate de sodium NaOH 100%		
Dosage :	Granulomètre Balance de précision et logiciel de pesée		
Expression des résultats :	A + U + S en % à 1 décimale Le calcul du sable se fait par différence à 100%		
	Fractions et sous-fractions (diamètres des particules comprises entre ...)		
	A = Argile 0,000 - 0,002 mm		
	U = Silt total 0,002 - 0,050 mm		
	UF = Silt fin 0,002 - 0,020 mm		
	UG = Silt grossier 0,020 - 0,050 mm		
	S = Sable total 0,050 - 2,000 mm		
	SF = Sable fin 0,050 - 0,200 mm		
	SF = Sable fin poudreux 0,050 - 0,100 mm		
	SF = Sable fin grossier 0,100 - 0,200 mm		
	SM = Sable moyen 0,200 - 0,500 mm		
	SG = Sable grossier 0,500 - 2,000 mm		
Référence :	Méthodes de référence des Stations de recherches Agroscope – code : KOM		

Obtention jusqu'à 7 fractions
granulométriques

L'analyse des sols viticoles

Nom de la méthode :	H2O10	Code :	7.2.1MT013/14/15
Principe :	Par extraction à l'eau, les sels du sol P, K, Ca, Mg sont mis en évidence. Une suspension de terre et d'eau est agitée une heure sur agitateur horizontal pour en extraire les éléments solubles. Après filtration, on détermine les éléments.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	H ₂ O		
Rapport d'extraction :	1 : 10 (10g de terre dans 100 ml de solution d'extraction)		
Matériel :	Balances précision/analytique Bain-marie		
Réactifs principaux :	H ₂ O ultrapure Heptamolybdate d'ammonium-tetrahydrate Molybdate d'ammonium Acide amidosulfonique Acide ascorbique		
Dosage :	Spectrophotomètre UV/visible Spectromètre (type : ICP-AES, MP-AES)		
Expression des résultats :	mg/kg de terre séchée		
Référence :	Méthodes de référence des Stations de recherches Agroscope - code : H2O10		

Eléments soluble directement assimilable par les plantes

Nom de la méthode :	AAE10	Code :	7.2.1MT020/21/22
Principe :	Par extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA pH 4,65, les éléments « réserves » majeurs P, K, Ca, Mg et les oligo-éléments Cu, Fe, Mn, Zn du sol sont mis en évidence. Une suspension de terre et de solution d'extraction est agitée durant une heure pour en extraire les éléments dits de réserve. Après filtration, on détermine les éléments.		
Préparation :	Terre séchée à 40°C (48 heures) et tamisée à 2 mm (terre fine).		
Solution d'extraction :	Acétate d'ammonium + EDTA, pH 4.65		
Rapport d'extraction :	1 : 10 (5g de terre dans 50 ml de solution d'extraction)		
Matériel :	Balances précision/analytique Bain-marie		
Réactifs principaux :	H ₂ O ultrapure Heptamolybdate d'ammonium-tetrahydrate Molybdate d'ammonium Acide amidosulfonique Acide ascorbique Acétate d'ammonium EDTA = Acide éthylène diamino tétra-acétique		
Dosage :	Spectrophotomètre UV/visible Spectromètre (type : ICP-AES, MP-AES)		
Expression des résultats :	mg/kg de terre séchée		
Référence :	Méthodes de référence des Stations de recherches Agroscope - code : AAE10		

Eléments de réserve présent dans le sol disponible à moyen-long terme

L'analyse des sols viticoles

N° échantillon: 23-00470-006
Nom de l'échantillon: Johannisberg
Matériel: TERRES

CARTE DE VISITE

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation
Gravier ^{NA}	Estimation visuelle	>30%		très graveleux
Taux d'argile ^{NA}	Test tactile	10 à 20%		sablo-limoneux
MO	Corg (COT)	2,8	%	satisfaisant
pH	pH H2O	8,0		alcalin
CaCO3 tot.	CaCO3	34,4	%	calcaire

NA: analyse non accréditée

ELEMENTS RESERVES

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation					F.corr.
				pauvre	médiocre	satisfaisant	riche	très riche	
P	AAE10	143,6	mg/kg						0,0
K	AAE10	172,8	mg/kg						1,0
Ca	AAE10	71422,5	mg/kg						0,0
Mg	AAE10	507,5	mg/kg						0,0

Analyses de terre (standard «PER», vigne en place)

L'analyse des sols viticoles

Paramètre	F.corr.
P	0,0
K	1,0
Ca	0,0
Mg	0,0



Tableau 8. Appréciation de l'état de fertilité des sols basée sur les facteurs de correction définis dans les tableaux 10 à 18.

Facteur de correction	Appréciation	Classe de fertilité
> 1,4	pauvre	A
1,2–1,4	médiocre	B
0,9–1,1	satisfaisant	C
0,4–0,8	riche	D
< 0,4	très riche	E

Tableau 10. Normes de fertilisation annuelle pour la vigne en fonction du rendement (kg/ha/an) dans le cas d'un état de fertilité du sol satisfaisant

Rendement (kg/m ²)	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
0,8	10 (23)	45 (54)	25
1,0	10 (23)	55 (66)	25
1,2	12 (27)	65 (78)	25
1,6	12 (27)	75 (90)	25
2,0	15 (34)	85 (102)	25



$$P_2O_5: 0,0 \times 27 = 0$$

$$K_2O: 1,0 \times 78 = 78$$

$$Mg: 0,0 \times 25 = 0$$

Pas de norme de fumure pour le calcium: appréciation sur la base de l'état calcique du sol et la réponse de la vigne

Analyse foliaire

Observation du végétal : dérèglements nutritionnels

Carence en K



Carence en Mg



Dessèchement de la rafle



Folletage des grappes



Carence en B



Carence en Fe



Source : PRIF (2017)

L'analyse du végétal : Objectifs, bénéfices et limites

Descriptif : détermine l'état nutritionnel de la plante dans un contexte pédoclimatique donné

Analyse les teneurs en N, P, K, Ca, Mg + analyses possibles des oligo-éléments B, Cu, Mn, Fe, Zn

Bénéfices :

- Mise en évidence des carences, des excès et des antagonismes entre éléments, basés sur des valeurs de références selon le cépage.
- Analyses et références robustes.
- Système comparatif possible (parcelle problématique vs référence locale).
- Analyses «factuelles» = état nutritionnel annuel de la vigne à un «temps T» dans le contexte sol-climat de la parcelle.

Limites :

- Analyse bornée aux périodes propices de prélèvement, en dehors de cette période l'interprétation des résultats est plus aléatoire.
- Incertitude du prélèvement (non contrôlé).
- Références officielles uniquement pour les éléments majeurs et seulement pour 4 cépages (Chasselas, Pinot noir, Gamay et Merlot).
- Références standard pour les oligo-éléments.

Analyses végétales en viticulture

Technique n°1 :

- prélèvement de 25 feuilles avec pétioles au début de la véraison
- analyse des macroéléments (N, P, K, Ca, Mg) avec références solides si cépage référencé
- analyse des microéléments (Fe, Mn, Zn, B) avec références bibliographiques

Technique n°2 :

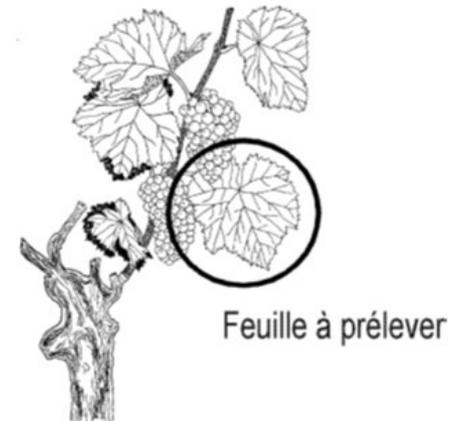
- analyses en système comparatif pour les cas particuliers



Parcelle ou zone problématique



Référence sans symptôme = «témoin»



Diagnostic foliaire

Analyses végétales en viticulture

Tableau 2. Plages de référence pour le diagnostic foliaire en viticulture au stade de début véraison.
Les valeurs sont exprimées en % de la matière sèche.

(Valeurs provenant du réseau de référence de la Suisse romande et du Tessin de 1976 à 2000). L'interprétation normale s'effectue sur cinq classes, les classes faibles et élevées se calculent par différences.

Cépage		Chasselas	Pinot noir	Gamay	Merlot
N	très faible	< 1,74	< 1,93	< 1,74	< 1,85
	bon	1,93–2,31	2,08–2,38	1,93–2,31	1,98–2,24
	très élevé	> 2,50	> 2,53	> 2,50	> 2,37
P	très faible	< 0,15	< 0,18	< 0,18	< 0,13
	bon	0,17–0,20	0,20–0,23	0,21–0,27	0,14–0,18
	très élevé	> 0,22	> 0,25	> 0,30	> 0,19
K	très faible	< 1,38	< 1,45	< 1,05	< 1,95
	bon	1,56–1,92	1,59–1,87	1,24–1,62	2,10–2,40
	très élevé	> 2,10	> 2,01	> 1,82	> 2,55
Ca	très faible	< 2,07	< 2,24	< 3,07	< 1,47
	bon	1,49–3,33	2,66–3,51	3,42–4,14	1,64–2,00
	très élevé	> 3,75	> 3,94	> 4,49	> 2,17
Mg	très faible	< 0,15	< 0,16	< 0,15	< 0,18
	bon	0,19–0,27	0,20–0,29	0,21–0,34	0,20–0,24
	très élevé	> 0,31	> 0,33	> 0,40	> 0,27

La valeur de référence pour le calcium dans les feuilles du Merlot provient essentiellement des essais menés au Tessin sur sols acides (décarbonatés) = référence inadaptée pour du Merlot Romand)

L'analyse foliaire : étude de cas et interprétations

N° échantillon: 23-01430-001
Nom de l'échantillon: Miège A
Matériel: VEGETAUX

ELEMENTS MAJEURS

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité
N tot.	Végétaux	1,73	%
P	Végétaux	0,23	%
K	Végétaux	1,45	%
Ca	Végétaux	2,37	%
Mg	Végétaux	0,25	%

OLIGO-ELEMENTS

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité
Bore	Végétaux	36,50	mg/kg
Cu	Végétaux	208,00	mg/kg
Fe	Végétaux	147,00	mg/kg
Mn	Végétaux	18,80	mg/kg
Zn	Végétaux	23,00	mg/kg

Analyses végétales

L'analyse foliaire : étude de cas et interprétations

Calcul par rapport à une référence (PRIF 2017)

10 % SD de classe à classe

Référence VITI Vigne Mélange cépages

Eléments	Résultats	Référence	Appréciation (%)				
			très faible	faible	bonne	élevée	très élevée
N % m.s.	1.73	2.240	77		108		
P % m.s.	0.23	0.213					
K % m.s.	1.45	1.700		85			
Ca % m.s.	2.37	2.920		81			
Mg % m. s.	0.25	0.245			102		
N+P+K % m.s.	3.41	4.15		82			
N %	50.73	53.94			94		
P %	6.74	5.13					132
K %	42.52	40.93			104		
K+Ca+Mg % m.s.	4.07	4.87		84			
K %	35.63	34.94			102		
Ca %	58.23	60.02			97		
Mg %	6.14	5.04					122
(N+P)/K	1.35	1.44			94		
Ca/P	10.30	13.71	75				
K/Ca	0.61	0.58			105		
K/Mg	5.80	6.94		84			
K/(Ca+Mg)	0.55	0.54			103		
B ppm	36.5	35			104		
Cu ppm	208	5					4 160
Fe ppm	147	150			98		
Mn ppm	18.8	35	54				
Zn ppm	23	35	66				
Na ppm	.						

Commentaires:

N :	faible	P :	bon	K :	bon
Ca :	faible	Mg :	élevé	Na :	
B :	normal	Cu :	très élevé	Fe :	normal
Mn :	forte carence	Zn :	forte carence		

N+P+K	: absorption des éléments principaux	: faible
K+Ca+Mg	: absorption des cations	: faible
Ca/P	: âge physiologique des feuilles au moment du prélèvement	: jeune
K/Mg	: risque de carence en K, confirme le déséquilibre K/Mg	

L'analyse foliaire : étude de cas et interprétations

Echantillon 23-01430-001, Miège A

Eléments et appréciation	Causes potentielles (choisir celles adaptées à vos conditions de culture !)	Conséquences et moyens de lutte
Azote (N) faible	<ul style="list-style-type: none"> - sécheresse ou temps pluvieux et froid - teneur en matière organique du sol trop faible - forte concurrence de la couverture verte - apport insuffisant d'azote - forme mal adaptée de l'azote 	<ul style="list-style-type: none"> - aucune action possible - apport de matière organique - réduction des surfaces de couverture verte - augmentation des apports d'azote - choix d'azote nitrique ou ammoniacal
Phosphore (P) bon	<ul style="list-style-type: none"> - sol normalement pourvu - techniques culturales favorables - forme de phosphore adaptée au pH - conditions climatiques idéales 	<ul style="list-style-type: none"> - maintenir la fumure phosphatée - adopter les mêmes techniques culturales - choix de la même forme de phosphates - aucune action possible
Potassium (K) bon	<ul style="list-style-type: none"> - fumure équilibrée en potassium - apports de phosphore minéral équilibrés 	<ul style="list-style-type: none"> - apport de même fumure potassique - mêmes apports de phosphates
Calcium (Ca) faible	<ul style="list-style-type: none"> - manque de calcium dans le sol (pH acide) - excès de K et Mg, voire un excès d'azote 	<ul style="list-style-type: none"> - déterminer chaulage par analyse de terre - réduire fumures potassique et magnésienne
Magnésium (Mg) élevé	<ul style="list-style-type: none"> - grande richesse en magnésium soluble - pauvreté en K, dans une moindre mesure en Ca 	<ul style="list-style-type: none"> - réduire la fumure magnésienne - augmenter la fumure potassique si déficient
Ca/P faible	<ul style="list-style-type: none"> - maturation retardée - prélèvement trop tôt dans la saison 	<ul style="list-style-type: none"> - attention à fumure N, irrigation, MO, taille, etc. - se conformer aux dates de prélèvement
K/Mg faible	<ul style="list-style-type: none"> - carence en potassium - excès de magnésium 	<ul style="list-style-type: none"> - augmenter la fumure potassique -réduire ou supprimer la fumure magnésienne
Oligo-éléments B bon Cu élevé Fe bon Mn faible Zn faible Na	<p>apport régulier, pas de lessivage ou blocage</p> <p>sol acide, résidus phytosanitaires</p> <p>propriétés du sol, porte-greffe adaptés</p> <p>sol humif. ou riche en MO, calcaire, neutre-alcalin</p> <p>sol calcaire, froid et humide, chaulage, excès de P</p>	<p>maintenir les mêmes apports</p> <p>chaulage si besoin, maintien bonne MO du sol</p> <p>maintien des mêmes techniques culturales</p> <p>éviter apports chaux et engr. calcifiants; pulvér. Mn</p> <p>drainage, chaulage raisonné, réduire fumure P</p>

Pause

Engrais et amendements à disposition

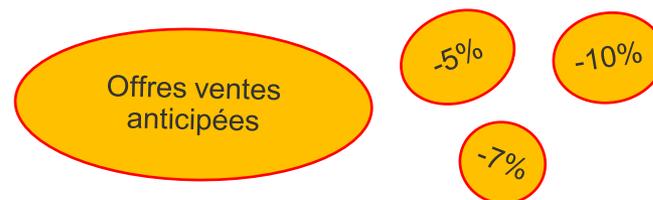
Engrais – Importations

- La Suisse importe ~260'000 tonnes d'engrais (2021)
- Engrais azotés (49,1 %)
- Autres engrais* (41,5 %)
- Engrais phosphatés (1,3 %)
- Engrais et potassiques (8,0%)

*Engrais minéraux composés et engrais organiques

Tendance saisonnière, pic d'août à novembre lors des achats anticipés d'engrais.

Source: sbv-usp.ch
Agristat_2022-07



Engrais – Importations

- En Suisse, les engrais sont principalement importés par voie maritime (50%) et routière (40%), par rail (10%).

Principaux pays d'origine :
Pays voisins, BE et NL.



Source: ufarevue.ch
Site de transbordement à Auhafen (BL)

La production d'engrais phosphatés et potassiques est liée à des gisements naturels :

Phosphate : Maroc

Potasse : Canada et Biélorussie

Source: sbv-usp.ch
Agristat_2022-07

Engrais – Importations

- La production d'engrais azotés est possible partout dans le monde. L'ammoniac est fixé à partir de de l'azote atmosphérique (procédé Haber-Bosch).
- Production énergivore dépendante de combustibles fossiles (gaz naturel).
- Les principaux producteurs d'engrais azotés se trouvent dans les pays qui disposent d'importantes réserves en combustibles fossiles.

3% de l'énergie mondiale est associée à la synthèse de l'ammoniac par le procédé Haber-Bosch.

Source: sbv-usp.ch
Agristat_2022-07

Engrais – Importations

- Le prix des engrais énergivores à la production peuvent fortement varier en fonction des coûts de l'énergie.

Exemple :

Conflit géopolitique, politique, crise, météo...

= Augmentation des coûts de l'énergie

= **Augmentation du prix des engrais.**

+ X%

En parallèle :

Diminution de la production

= Diminution de l'offre

= **Augmentation du prix des engrais.**

+ X%

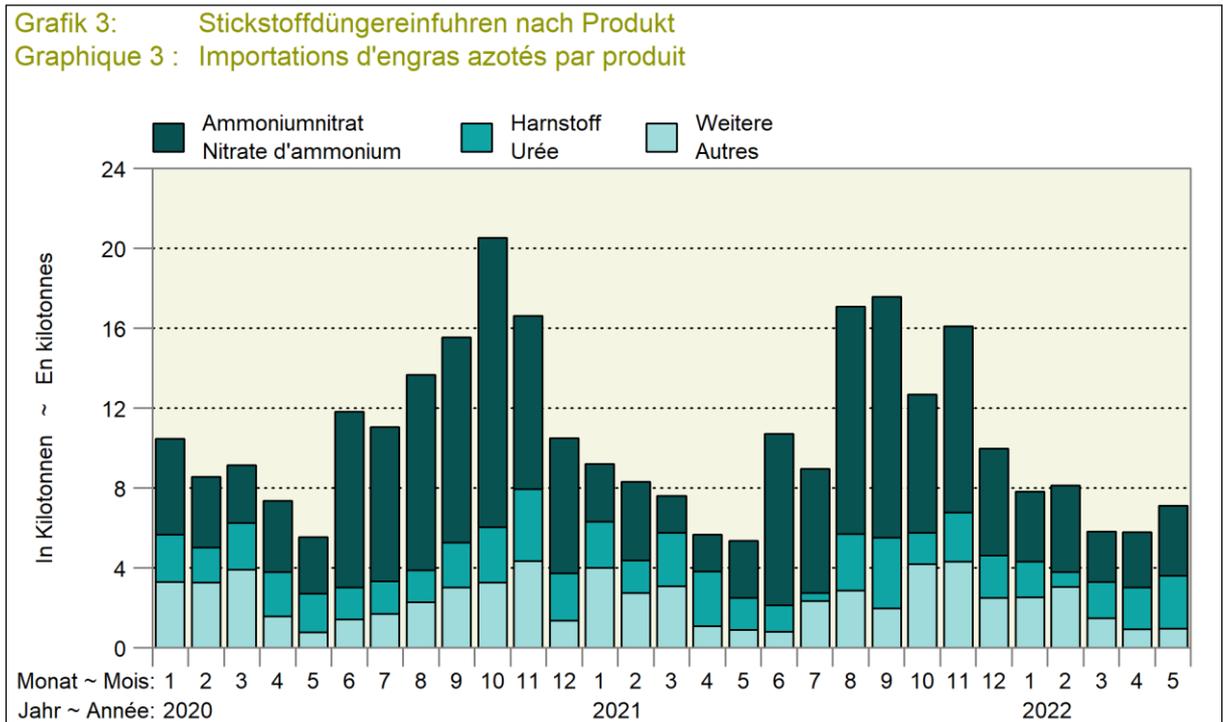
= **Augmentation totale de :**

+150%

+200%

Engrais – Importations

- En 2021 : ~130'000 tonnes d'engrais azotés sont importés en CH.
- Le nitrate d'ammonium constitue ~ 50% des importations de N.



Source: sbv-usp.ch
Agristat_2022-07

Engrais et amendements à disposition

Quels produits de fertilisation ?

Compost

Purin d'ortie

Epsotop

Compost marc

Fumier de bovin

Jus de compost

Engrais vert

Poudre de corne

Hasorgan

Fumier de poule

Labinor 10

Vivasol

TraiNer

Azocor

Azoten

Bio orga

Fumier de cheval

Biosal

Azoplum
Optisol

Paille

Amino N9

Engrais organique

Thé de compost

Trapper

Bio 3G

FiBL

Source : FiBL - Résultats issus de l'enquête 2020

Les grandes familles

Engrais	Amendements
Engrais simples (N) (P) (K)	Fumiers
Engrais composés (NPK)	Marc de raisin
Engrais foliaires (simples ou composés)	Composts
Engrais liquides pour le sol (simples ou composés)	

PI

BIO *selon composition, cahiers des charges

FiBL : Liste des intrants ([PDF](#)) – Carte interactive (listedesintrants.ch)

Engrais organiques riches en azote (N)



Compositions et formes physiques différentes

- Farine de plumes
- Farine de corne
- Raclure de corne
- Farine de poils et de crins
- Farine de sang
- Farine de viande
- Farine d'os
- Peaux hydrolysées
- Déchets de poisson compostés

- Tourteaux végétaux
- Biomasse de champignons fermenté
-



Source: v-label.com

Fertilisation et agriculture

Le processus d'octroi du V-Label pour les produits et les ingrédients couvre toutes les étapes à partir de la récolte. Les fertilisants utilisés pour le sol sur lequel les matières premières des produits labellisés sont cultivées ne figurent pas parmi les critères retenus.

Engrais organiques riches en azote (N)

■ Critères de sélection :

- Prix / 50 unités d'azote

$$\left(50 \text{ unités} / \text{teneurs N en \%} \right) \times \text{Prix au kg} =$$

Ex: Azoneuf : 10.5-0-0 (CHF 0.98) = 466.-

Azotron : 12-0-0 (CHF 1.20) = 500.-

+7%

- Composition : Simple-complexe
- Vitesse de libération
- Compatibilité avec l'agriculture biologique
- Forme physique et facilité d'application
- Disponibilité locale

Engrais riches en azote (N)



Pour 50 unités Ha/an	Nitrate d'ammonium (27 % N)	Engrais organiques riches en N (11%)
Prix moyen (CHF)	117.-	690.-
Poid moyen (kg)	185	462
Sac (25 kg)	7.5	18.5
Apport MO (kg)	0	375
Compatible Bio	Non	Oui
Limite d'apport	N	N

Composition des principales matières organiques utilisées en viticulture

Amendement	Dose d'application en t/ha Min.-max.	Valeurs exprimées en kg/t de matière fraîche								
		Matière sèche	Matière orga- nique	Humus	N total	N dis- ponible	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Fumier bovin au tas ¹	20-40	190	150	75	4,5	0,9-1,8	3,0	6,1	3,0	0,93
Fumier bovin de stabulation ¹	20-40	210	175	90	4,9	1,2-2,5	2,2	10,0	2,2	0,82
Pailles de blé d'automne ²	2-10	860	800	80	5,0	–	2,0	11,0	3,0	0,80
Pailles des marais	10-20	850	800	80	6,0	–	0,7	3,4	3,9	0,60
Compost de marc ¹	20-50	330	300	120	7,9	2,0	2,6	7,9	2,4	0,50
Marc de raisin frais	20-50	350	270	90	6,8	1,7	2,2	6,6	2,0	0,40
Compost vert ¹	20-50	510	214	60	7,0	0,1	3,0	5,0	25,0	3,00
Sarments	2-4	500	480	150	4,2	–	1,3	4,8	3,1	0,50

Les critères de choix amendement organique

- La teneur en MO
- Le rapport C/N: renseigne sur son degré d'évolution et la disponibilité en azote.

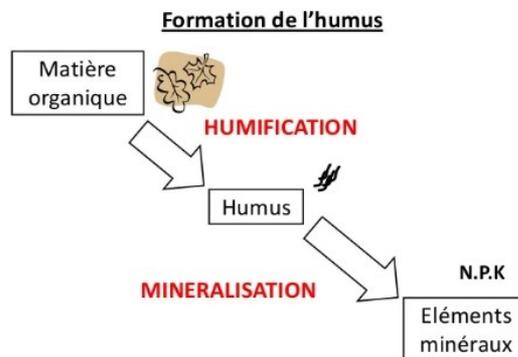
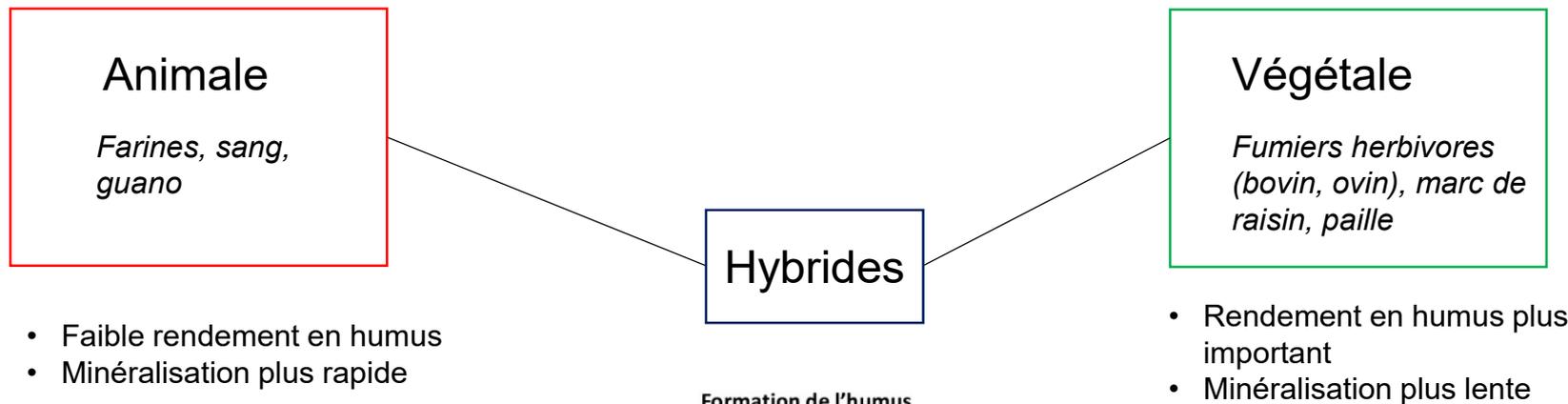
Rapport C/N	Remarques
< 14	Décomposition rapide et libération élevée d'azote, faible production d'humus
14 – 19	Décomposition moyenne et faible libération d'azote, production rapide d'humus stable
➤ 19	Décomposition lente, libération très progressive de l'azote

- Le rendement en humus (K1): essentiel si l'on souhaite compenser les pertes par minéralisation.
- pH
- Prix
- Epandage

Les critères de choix amendement organique

- Rare indication du **rendement en humus** de la MO des amendements organiques du commerce.

Origine de la matière organique



17

Bilan de fumure et journal d'exploitation

Bilan de fumure

- Le bilan de fumure sert à montrer que les apports d'azote et de phosphore ne sont pas excédentaires (PER).
- La marge d'erreur permettant +10 % pour le phosphore et l'azote dans le bilan de fumure, en vigueur jusqu'à présent, est supprimée en 2024.
À partir de cette date, le bilan bouclé (= contrôlé début 2025 et suivants) devra correspondre aux besoins des cultures sur l'ensemble de l'exploitation.
- L'ensemble des transferts d'engrais de ferme et d'engrais de recyclage à l'intérieur ou en dehors de l'agriculture ainsi qu'entre les exploitations doit être enregistré dans l'application Internet HODUFLU.

Comptabilisation des engrais minéraux/organiques

■ Fumure phosphorique (PER)

Exception:

Matière organique (humus) :

Les parcelles pour lesquelles les **taux de matière organique** (humus) ne sont pas considérés comme « bon » (PRIF 2017. Caractéristiques et analyses du sol, tableau 3), peuvent faire l'objet d'apports d'amendements organiques sans tenir compte de la correction de la norme en phosphore. Cette particularité n'est valable que dans les parcelles concernées et en cas d'apports exclusifs d'amendements organiques.

Tableau 3. Interprétation agronomique de la teneur en humus du sol pour une appréciation du potentiel de fourniture de N par le sol.

Appréciation de la teneur en humus du sol ¹ (%) en regard des différentes classes de teneur en argile				Potentiel de fourniture de N
< 10 % d'argile	10–19,9 % d'arg.	20–29,9 % d'arg.	≥ 30 % d'argile	
< 1,2	< 1,6	< 2,0	< 2,5	faible
1,2–2,9	1,6–3,4	2,0–3,9	2,5–5,9	satisfaisant
3,0–4,9	3,5–6,9	4,0–7,9	6,0–9,9	bon
5,0–19,9	7,0–19,9	8,0–19,9	10,0–19,9	élevé
≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 20,0	très élevé

¹ La teneur en humus du sol correspond à sa teneur en carbone organique (C_{org}) multipliée par 1,725.

Plan de fumure amendement organique

1. **Bilan humique:** *Combien d'humus je perds ?*
2. **Éléments apportés avec amendement choisi:** *Voir tableau Agridea ou analyse de l'amendement*
3. **Norme corrigée:** *Selon analyse de sol*
4. **Quel est le facteur limitant ?**
5. **Quelle quantité peut-être apportée ?**
6. **Calculer le cycle organique**
7. **Quantité apportée par cycle**
8. **Δ quantité nécessaire – organique = apport d'engrais pour compléter**

Plan de fumure amendement organique

1. Bilan humique

Combien d'humus je perds ?

1-2% de la masse de sol par année: 1'000-1'500 kg/ha/an

Perte annuel d'humus 1-2% (1000-1500 kg/ha/an) -1300

Restitution des sarments: 250-500 kg/ha/an +400

Feuilles: 200-500 kg/ha/an +300

Enherbement: 100-300 kg/ha/an +200

Apport de fumier **xxx** t/ha/an -400

	Matière sèche	K1*	Rendement en humus
Bois de taille	1-2 t/ha	0,25	250-500 kg/ha
Feuilles	1-2,5 t/ha	0,20	200-500 kg/ha
Herbe	1 -3 t/ha	0,10	100 - 300 kg/ha
TOTAL			550 - 1300 kg/ha

Plan de fumure amendement organique

2. Eléments apportés:

Minéralisation: **400 kg/ha/an** à compenser

Fumier: **xxx kg/ha/an**

1 t = 75 kg

xx = 400 kg

5.3 t/ha/an

Composition des principales matières organiques utilisées en viticulture

Amendement	Dose d'application en t/ha Min.-max.	Valeurs exprimées en kg/t de matière fraîche								
		Matière sèche	Matière organique	Humus	N total	N disponible	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Fumier bovin au tas ¹	20-40	190	150	75	4,5	0,9-1,8	3,0	6,1	3,0	0,93
Fumier bovin de stabulation ¹	20-40	210	175	90	4,9	1,2-2,5	2,2	10,0	2,2	0,82
Pailles de blé d'automne ²	2-10	860	800	80	5,0	–	2,0	11,0	3,0	0,80
Pailles des marais	10-20	850	800	80	6,0	–	0,7	3,4	3,9	0,60
Compost de marc ¹	20-50	330	300	120	7,9	2,0	2,6	7,9	2,4	0,50
Marc de raisin frais	20-50	350	270	90	6,8	1,7	2,2	6,6	2,0	0,40
Compost vert ¹	20-50	510	214	60	7,0	0,1	3,0	5,0	25,0	3,00
Sarments	2-4	500	480	150	4,2	–	1,3	4,8	3,1	0,50

K1=0.5

Plan de fumure amendement organique

3. Norme corrigée

5.3 t/ha/an

MO	N	P2O5	K2O	Mg	% K1
150	1.5	3	6.1	0.93	50
Norme	50	25	75	25	
Norme corrigée	50	0	82.5	25	
	8	16	32	5	

CARTE DE VISITE - SOL

Paramètre	Méthode	É. partiel	Résultat	Unité	Interprétation
Gravier ^{NA}	Estimation visuelle	S	>30%		très graveleux
pH	pH H2O	S	8,0		alcalin
CaCO3 tot.	CaCO3	S	8,7	%	peu calcaire
MO	Corg (COT)	S	2,4	%	satisfaisant

^{NA}: analyse non accréditée

Autorisé voir exception PER

ELEMENTS RESERVES - SOL

Paramètre	Méthode	É. partiel	Résultat	Unité	Interprétation				
					pauvre	médiocre	satisfaisant	riche	très riche
P	AAE10	S	477,9	mg/kg					
K	AAE10	S	90,8	mg/kg					
Ca	AAE10	S	34658,3	mg/kg					
Mg	AAE10	S	460,1	mg/kg					

FACTEURS DE CORRECTION

Paramètre	F.corr.
P-Facteur de correction	0,0
K-Facteur de correction	1,1
Ca-Facteur de correction	0,4
Mg-Facteur de correction	0,4

Analyse de sol
Châteauneuf 2024

Plan de fumure amendement organique

6. Cycle organique (selon N)

$$50 \text{ U/ha/an} / 8 \text{ U/ha/an} = 6.25 \text{ ans}$$

Répartition de la fumure organique 2-5 ans:

$$5.3 \text{ t/ha} * 5 \text{ ans} = \mathbf{26.5 \text{ t/ha chaque 5 ans}}$$

Comptabilisation de N l'année de l'épandage:

$$26.5 * 1.5 = 40 \text{ U/ha}$$

Plan de fumure amendement organique

7. Δ quantité nécessaire – organique:

MO	N	P2O5	K2O	Mg	% K1
150	1.5	3	6.1	0.93	50
Norme	50	25	75	25	
Norme corrigée	50	0	82.5	25	
	40	16	32	5	
Complément	10	-	51	10	
TOTAL	50	16	83	15	

N: - 10 U/ha

K: - 51 U/ha

Mg: - 20 U/ha

Complément:

Engrais organique minéral azoté (10%)

+ 100 kg/ha/an

Patenkali (30% K;10% Mg): + 170 kg/ha/an

Possible d'apporter pour 2 ans → 340 kg/ha/an

ELEMENTS RESERVES - SOL

Paramètre	Méthode	É. partiel	Résultat	Unité	Interprétation				
					pauvre	médiocre	satisfaisant	riche	très riche
P	AAE10	S	477,9	mg/kg					
K	AAE10	S	90,8	mg/kg					
Ca	AAE10	S	34658,3	mg/kg					
Mg	AAE10	S	460,1	mg/kg					

FACTEURS DE CORRECTION

Paramètre	F.corr.
P-Facteur de correction	0,0
K-Facteur de correction	1,1
Ca-Facteur de correction	0,4
Mg-Facteur de correction	0,4

Plan de fumure amendement organique

- Apport de 26.5 t/ha de fumier chaque 5 ans

Perte annuel d'humus 1-2% (1000-1500 kg/ha/an) -1300

Restitution des sarments: 250-500 kg/ha/an +400

Feuilles: 200-500 kg/ha/an +300

Enherbement: 100-300 kg/ha/an +200

Apport de fumier 5,3 t/ha/an **+400**

0 kg/ha/an

Bilan équilibré !

	Matière sèche	K1*	Rendement en humus
Bois de taille	1-2 t/ha	0,25	250-500 kg/ha
Feuilles	1-2,5 t/ha	0,20	200-500 kg/ha
Herbe	1 -3 t/ha	0,10	100 - 300 kg/ha
TOTAL			550 - 1300 kg/ha

Journal d'exploitation

Bilan de fumure viticole **VITISWISS**

Association: Viticulteurs valaisans SAU Viticole: 0
 Nom: Jollien SAU totale: 0
 Prénom: Françoise N° d'exploitation: 0
 Rue: 0
 NPA/Lieu: 0

Année: 2024

ZONES PI (UNITES DE PRODUCTION)		Surface are	N	Norme par ha corrigée selon analyses de sol			Besoins en unités par zone PI			
No.	Nom			P2O5	K2O	Mg	N	P2O5	K2O	Mg
1	Botza ouest	100.00	50	0	90	0	50	0	90	0
2							0	0	0	0
3							0	0	0	0
4							0	0	0	0
5							0	0	0	0
6							0	0	0	0
7							0	0	0	0

Bilan de fumure viticole **VITISWISS**

Association: Viticulteurs valaisans SAU Viticole: 0
 Nom: Jollien SAU totale: 0
 Prénom: Françoise N° d'exploitation: 0
 Rue: 0
 NPA/Lieu: 0

Année: 2024

ZONES PI (UNITES DE PRODUCTION)		Surface are	N	Norme par ha corrigée selon analyses de sol			Besoins en unités par zone PI			
No.	Nom			P2O5	K2O	Mg	N	P2O5	K2O	Mg
1	Châteauneuf, deuxième terrasse	100.00	50	25	83	25	50	25	83	25
2							0	0	0	0
3							0	0	0	0
4							0	0	0	0
5							0	0	0	0
6							0	0	0	0
7							0	0	0	0
8							0	0	0	0
9							0	0	0	0
10							0	0	0	0
11							0	0	0	0
Bilan							0	0	0	0
A Total des besoins							0	0	0	0
B Engrais pris en							0	0	0	0
= Bilan de l'exploit							0	0	0	0
Surface totale ares		100.00	Total des besoins				50	25	83	25
Bilan final en %							40	16	85	14
Quant. unité par 100 kg							40	16	85	14
Unités totales pour l'année							40	16	85	14
Engrais effectivement utilisés. Noms							40	16	85	14
(Δ Pour fumure organique calculer le N assimilable)							40	16	85	14
Report de l'excédent de l'année précédente							40	16	85	14
Fumier bovin (automne)		26500.0	0.2	0.3	0.6	0.1	40	16	85	14
Patenkali (printemps)		340.0			30.0	6.0	0	0	102	20
Sera pris en compte l'année prochaine							0	0	0	0
TOTAL DES APPORTS PRIS EN COMPTE CETTE ANNEE							40	16	85	14
Unités par ha selon engrais effectivement utilisés							40	16	85	14
Bilan							40	16	85	14
A Total des besoins (-)							-50	-25	-83	-25
B Engrais pris en compte cette année(+)							40	16	85	14
= Bilan de l'exploitation							-10	-10	2	-11
Bilan final en % , excédentaire (+) déficitaire (-)							-20.5	-38.0	2.6	-43.8
Excédent maximum (en %)							0	0	10	10

Apport de fumier: Comptabilisation sur 5 ans, à l'exception de N (sur 1 an) !

Si carence magnésienne observée sur feuille, apporter du Bittersalz (10%) à répartir sur 2 ans: 200 kg/ha pour deux ans (10 U/ha par an)

Localisation de la fumure azotée sous le cep Oui Non

Lieu, date: _____ Signature: _____

© Réservé à l'usage exclusif des membres des associations affiliées à Vitiswiss.

Enrichissement organique des sols, comment y parvenir ?

Sources de carbone pour les sols

**Engrais
verts**

**Prairies
permanentes
et temporaires**

**Biochar
(charbon végétal)**



**Engrais de ferme
(fumiers, lisiers,...)**

**Bois Raméal
Fragmenté
(BRF)**

**Engrais de recyclage
(composts, digestats, jus
de presse,...)**

+ certains sous-produits «industriels» (marc de café par exemple)

Sources de carbone pour les sols

PRODUITS DE LA METHANISATION ET DU COMPOSTAGE

«Composts et produits de la méthanisation – Propriétés, qualité et applications»

Directive qualité de la branche 2022

DIRECTIVE QUALITÉ

Quels produits sont adaptés pour quelles applications ?

Groupes de produits	Produits méthanisés		Composts et terreaux		
	Lisier méthanisé et digestat liquide	Fumier méthanisé et digestat solide	Agriculture	Horticulture de plein champs	Horticulture sous abri
Fertilisation	+	+	+	+	+
Grandes cultures / cultures fourragères	+	+	+	+	+
Amendement	-	(+)	+	+	+
Cultures spéciales	(+)	(+)	(+)	+	+
Horticulture	-	-	-	+	+
Jardinage amateur	-	-	-	(+)	+
Terreux	-	-	-	(+)	+
Cultures sous abri	-	-	-	(+)	+

+ recommandé sans restriction (+) recommandé sous réserve de restrictions - non recommandé



Sources de carbone pour les sols

Engrais verts



1. Activation de la biologie du sol.
2. Amélioration de la structure du sol.
3. Fixation d'azote = réduction des risques de lessivage.
4. Couverture du sol = limitation de l'érosion hivernale.



1. Effet de reproduction du Corg limité (14-25%) dépendant du type et de l'âge des plantes).
2. **Aucune espèce ne répond à toutes les exigences = mélanges plurispécifiques et choix à faire en fonction de ses objectifs.**

Sources de carbone pour les sols

Engrais de ferme « solides » (fumiers, fumiers compostés, fumiers méthanisés,...)



1. Bon effet de reproduction du Corg (35 à 50% selon les matières composant le fumier).
2. Nourrit la faune dont l'activité génère la structure du sol.
3. Effet fertilisant important (P, K, oligo-éléments).
4. Pas ou peu de mauvaises herbes et de pathogènes (en cas de compostage ou de méthanisation).



1. **Risque de blocage azoté en cas de fumier riche en pailles apporté à trop haute dose ou trop tardivement.**
2. **Risque de perte d'azote ammoniacal lors de l'épandage.**
3. **Parfois formation de substances de décomposition phytotoxiques.**

Source: Arvalis.fr

Source: Bioactuel

Sources de carbone pour les sols

Bois Raméal Fragmenté (BRF)

1. Coefficient isohumique K1 élevé, effet de reproduction du Corg important de l'ordre de 50%.
2. Activation de l'activité des champignons décomposeurs.
3. Couverture de sol = effet de paillage bénéfique pour réduire la concurrence des adventices et limiter les pertes en eau par évaporation.
4. Léger effet chaulant si intégration limitée des résineux (ne pas dépasser 20% dans le mélange).

1. Attention il y a BRF et BRF !
2. Risque de faim d'azote surtout au printemps (C/N entre 50 et 200). Ne déposer au sol qu'en automne et idéalement en combinaison avec un enherbement riche en légumineuses.
3. Phénomènes allélopathiques avec certaines essences (encore peu documenté).
4. Peut contenir des polluants métalliques si provenance urbaine du BRF.

Sources de carbone pour les sols

Biochar (charbon végétal)



1. «Puit» de carbone : effet de reproduction du Corg le plus élevé (90 à 95%).
2. Amélioration de la capacité de rétention en eau.
3. «Détoxification du sol» = capacité à fixer des métaux lourds.
4. Produit hygiénisé lors de la pyrolyse, stable et homogène.

1. Doit être «activé» (chargé en éléments fertilisants) pour ne pas produire un effet de blocage des nutriments dans le sol.
2. Produit coûteux

Nécessite encore d'être scientifiquement documenté (une recherche d'Agroscope est en cours...)

Source: ETHZ.ch

Sources de carbone pour les sols

Compost



1. Formation d'humus stable. Effet de reproduction du Corg compris en 40% (compost jeune) et 50% (compost mûr).
2. Nutrition de la pédofaune.
3. Protection des plantes contre les pathogènes du sol.
4. Fertilisation complète (sauf N).
5. Léger effet chaulant.

1. Forte variabilité en fonction des intrants.
2. Risque de faim d'azote avec les composts ligneux épanchés trop tardivement.
3. Hygiénisation imparfaite si le processus de compostage est mal maîtrisé.
4. Les plastiques !

Utilisation du compost en viticulture



Selon Biomasse Suisse:

« Viticulture »

- Amendement organique avant plantation (compost 0-40): dose de 100 m³/ha
 - Amendement organique sur parcelle établie (compost 0-25): dose de 50 m³/ha
 - En mulch sous la ligne
-
- ligneux, riche en éléments structurants, donc criblage relativement grossier (25 à 40 mm)
 - protection du sol contre l'érosion (vignes en pente)
 - microbiologiquement actif, indemne de corps étrangers
 - fumure limitée par des normes basses



Utilisation du compost en viticulture

Périodes d'apport du compost

- Spécificité des cultures pérennes:
 - cycle végétatif annuel complexe
 - report des bénéfices (arrière effet)
 - périodes d'utilisation relativement larges
- apport à l'automne après vendanges en favorisant les composts peu décomposés
- apport en hiver sur sols portants (gelés mais pas couverts de neige)
- apport de printemps en favorisant les composts « mûrs »



Utilisation du compost en viticulture

Risques potentiels

- minéralisation tardive des composts (surtout les composts jeunes)
= disponibilité d'azote en période de faibles besoins de la vigne soit après grossissement des baies.
- blocage d'une partie de l'azote du sol au profit de la dégradation du compost (« faim d'azote »).
- stock semencier d'adventices si utilisation de broyat ou de compost de mauvaise qualité.



Utilisation du compost en viticulture

Norme de fumure

N (kg/ha)	50
P ₂ O ₅	20
K ₂ O	75
Mg	25

10 tonnes ou 15 m³ de compost contiennent :

- env. 80 kg de N_{tot} (8 kg de N_{disp} au bilan)
- env. 30 kg de P₂O₅
- env. 65 kg de K₂O
- env. 27 kg de Mg

Un apport d'environ 10 tonnes (en matière fraîche), soit environ 15 m³ couvre les besoins élémentaires annuel de la vigne (complément azoté à prévoir pour les vignes à faible vigueur).



Sources de carbone pour les sols

Engrais de recyclage: digestats solides/liquides



1. Effet de reproduction du Corg variable compris entre 15 et 20% pour les digestats liquides, 30 à 35% pour les digestats solides.
2. Riches en nutriments facilement assimilables, y compris en azote.
3. Produits homogènes.
4. Production de biogaz.



1. Pas de dégradation des matières ligneuses.
2. Peu d'élaboration de formes stables d'humus.
3. Hygiénisation imparfaite en cas de méthanisation mésophile (40-45°C). OK en cas de méthanisation thermophile (53°- 55°C).
4. Plastiques dans les digestats solides issus des tournées vertes des agglomérations.

Source: Agriculture.gouv.fr

Sources de carbone pour les sols

Engrais de ferme «liquides» (lisiers, lisiers méthanisés, purins,...)



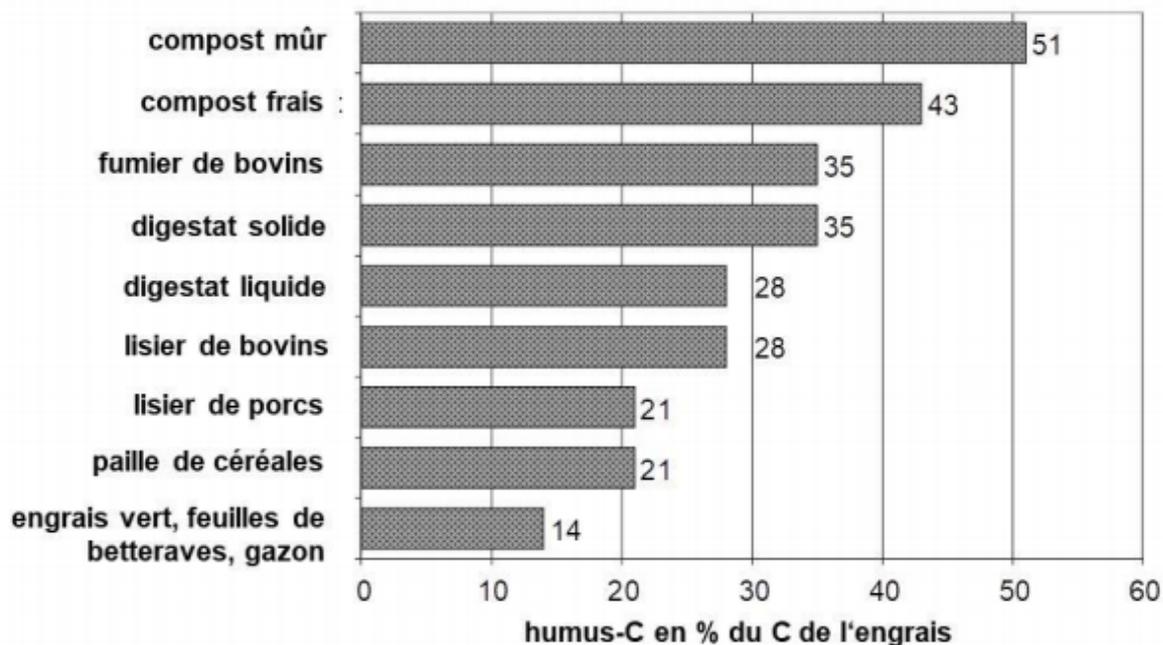
1. Bon effet fertilisant à court terme.
2. Si méthanisé, effet azoté renforcé.

1. Peu d'effet direct sur la formation d'humus dans le sol; parfois même négatif en stimulant l'activité de décomposition des bactéries.

2. Risque de pertes ammoniacales, notamment pour les lisiers méthanisés riches en NH₃.

Amendements organiques

- › Apport d'éléments nutritifs (macro et oligo-éléments)
- › Apport de matière organique stable



Capacité de reproduction d'humus du carbone organique de divers engrais organiques (selon Reinhold 2006)

Merci pour votre attention !