



**AGRICULTURES  
& TERRITOIRES**  
CHAMBRE D'AGRICULTURE  
TARN-ET-GARONNE



**2019**



**GUIDE**

Jean-François Larrieu

Chambre d'Agriculture de Tarn-et-Garonne

03/01/2019

# **FERTILISATION RAISONNÉE**

## **EN ARBORICULTURE FRUITIÈRE**

## SOMMAIRE

Introduction .....	5
L'arbre : son alimentation et le milieu régional .....	6
Les besoins des arbres fruitiers .....	6
L'azote .....	6
Le phosphore .....	8
Le potassium .....	9
Le calcium.....	10
Le magnésium .....	11
LeS Oligoéléments.....	12
Les sols du verger régional .....	15
Liste des principaux sols du département.....	16
Synthèse .....	17
La pratique de la fumure raisonnée .....	19
L'analyse de sols.....	19
Le pH du sol.....	19
La CEC (Capacité d'échange cationique des sols.....	21
Le phosphore assimilable.....	23
Les bases échangeables (Ca, K <sub>2</sub> O, MgO).....	25
Les matières organiques .....	26
Le taux de calcaire total et actif .....	28
Les oligo-éléments .....	28
Le reliquat azoté.....	28
Le cycle de l'azote .....	28
Préparation des échantillons pour l'analyse d'une terre .....	30
Analyses de la solution obtenue .....	30
Bilan des évolutions moyennes en azote.....	31
L'analyse foliaire.....	31

L'intérêt de l'analyse foliaire .....	31
Le protocole .....	32
L'exploitation des résultats .....	33
Les limites du diagnostic foliaire .....	33
La mise en œuvre de la fertilisation .....	34
mesures complémentaires au raisonnement de la fertilisation .....	34
L'enherbement .....	34
La fertilisation localisée .....	34
Le fractionnement des apports .....	34
Le choix des engrais .....	35
Les engrais simples .....	35
Les engrais composés binaires .....	37
Les engrais composés .....	38
Les engrais organiques et organo-minéraux .....	38
Le calendrier des apports .....	40
fertilisation annuelle en P et K .....	40
fertilisation annuelle en N .....	40
Conclusion .....	42
BIBLIOGRAPHIE .....	43



## INTRODUCTION

Ce guide est destiné à toutes les personnes désirant réaliser une fertilisation qui optimise la qualité de la production et le résultat économique du verger, tout en préservant l'environnement.

Une première étape, indispensable pour aboutir à ce résultat, réside dans une bonne connaissance des besoins des différentes espèces fruitières. Comment se nourrit l'arbre ? Quels sont les éléments minéraux nécessaires et en quelles quantités ? À quels moments sont-ils prélevés ?

L'observation du fonctionnement du sol est la base de la nutrition des arbres fruitiers. Cela passe par une observation indispensable du profil racinaire des arbres, une bonne préparation du sol avant plantation et une gestion de l'alimentation hydrique adaptée au sol.

Pour faciliter le raisonnement différents outils sont actuellement disponibles. L'analyse de sol guide sur les fumures de correction à apporter. Le reliquat azoté permet un pilotage en temps réel de la fumure azotée du verger. Enfin l'analyse foliaire permet de valider le pilotage de la fertilisation réalisé à partir de l'analyse de sol et du reliquat azoté.

Une fois tous ces éléments réunis, il est alors possible de sélectionner les engrais adaptés au sol, avec les quantités adéquates susceptibles de satisfaire les besoins des arbres, tout en minimisant les coûts et les risques environnementaux associés à la fertilisation

Le choix judicieux de l'époque d'apport réduira encore les risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité de l'eau.

LES BESOINS DES ARBRES FRUITIERS

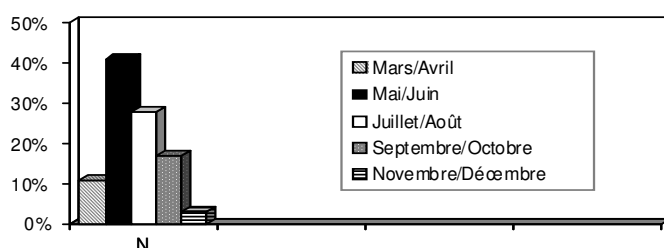
L'AZOTE

L'azote est un élément très important pour la **croissance de l'arbre et la formation du rendement**. Il contribue à former des boutons floraux de qualité et rend les fleurs fécondables plus longtemps ; la coulure et l'alternance sont de plus réduites par une bonne nutrition azotée des arbres. Tous les organes de l'arbre ont besoin d'azote. Les prélèvements ont été estimés pour chacun d'entre eux mais les difficultés associées aux analyses de plantes peuvent aboutir à des quantités différentes selon les auteurs.

Prélèvements en azote pour le pommier

Organes	Auteurs	Prélèvements N en kg/ha
Organes ligneux : charpente et racines	Batjer, 1952	15,5
	Butijn, 1961	7
	Greenham, 1980	18.4
Bois de taille	Batjer, 1952	10
	Butijn, 1961	10
	Greenham, 1980	11.8
Feuilles	Batjer, 1952	43
	Greenham, 1980	47.6
Fruits	Batjer, 1952	20
	Butijn, 1961	12
	Greenham, 1980	20.8
Prélèvements divers : bourgeons, chute de fruits	Batjer, 1952	10,
	Greenham, 1980	11.95
Prélèvements totaux	Batjer, 1952	98
	Greenham, 1980	110.5

Rythme d'absorption de l'azote par le pommier



Source : SCPA, CdF Chimie AZF.

Pratique de la fertilisation raisonnée- Pommiers et poiriers. P9.

Les besoins sont très variables au cours de l'année. Au mois de mars avril, pour le pommier, l'absorption est de l'ordre de 10 % des besoins annuels. Durant cette phase de démarrage, l'arbre

utilise principalement les réserves contenues dans les racines, les charpentières et les bourgeons. Puis en mai-juin un le pic d'absorption apparaît avec plus de 40 % des prélèvements. L'azote participe alors à la croissance des fruits et du feuillage. Puis les prélèvements diminuent en juillet et en août. À cette époque, la minéralisation de la matière organique du sol suffit pour alimenter la plante. En cas d'une fourniture en azote excessive, il peut y avoir une deuxième phase d'assimilation intense. Le redémarrage de la végétation qui se produit est toujours nuisible pour l'équilibre des arbres et la qualité des fruits.

En septembre- octobre, l'absorption représente presque 20 % des prélèvements annuels. L'azote sert alors uniquement à la mise en réserve dans les bourgeons, les charpentières et les racines.

Les prélèvements annuels totaux en azote suivant les auteurs sont très variables. Globalement ceux-ci varieront de 60 kg d'azote par hectare à 160 kg d'azote par hectare.

Il ressort du cycle d'absorption de l'azote trois époques où le raisonnement de la fertilisation azotée doit intervenir.

La première période est celle de fin d'hiver, de début à fin mars, un peu avant le débourrement. Il faut que l'arbre dispose de suffisamment d'azote, essentiellement sous forme de nitrates. La fourniture en azote doit répondre aux besoins de la floraison, à un moment où la nitrification est encore peu active.

La deuxième époque critique est celle de mi-avril à mi-juin. Les stocks d'azote doivent répondre aux besoins de la nouaison. Toutefois un excès d'azote en début de nouaison peut être responsable de coulures importantes sur certaines espèces. Les stocks d'azote maximum nécessaires sont de 60 kg d'azote par hectare.

En verger adulte, il est inutile d'apporter de l'azote de mi-juin au mois d'août (minéralisation suffisante) d'autant plus qu'un apport estival peut avoir des conséquences néfastes sur le fruit (manque de coloration, déséquilibre minéral, sensibilité au bitter pit,...).

Les excès d'azote en arboriculture sont pénalisants pour la qualité des fruits par plusieurs effets :

- Ils aggravent la concurrence végétative du fait du maintien des pousses en période estivale, qui rationnent l'eau aux dépens des fruits,
- Cette activité végétative tardive entraîne un retard de fructification et de maturation des fruits,
- Il a été montré que plus les apports d'azote sont importants, plus l'indice réfractométrique (teneur en sucre du fruit) est bas, qu'il soit mesuré à la récolte ou après conservation,
- Enfin, les excès d'azote conduisent à des accidents de conservation des fruits (développement de bitter-pit, sensibilité aux attaques fongiques).

La troisième période importante est après l'enlèvement des récoltes en début d'automne. L'essentiel des consommations d'azote réalisées au printemps et début d'été se retrouve exporté dans les

feuilles et dans les fruits. L'azote mis en réserve dans les racines et les tiges est absorbé principalement d'août à octobre. À cette époque l'arbre doit disposer de 40 unités dans le sol pour assurer une bonne mise en réserve.

## LE PHOSPHORE

Le phosphore intervient dans des fonctions essentielles telles que la respiration, l'assimilation photosynthétique, la reproduction. Il participe activement à la mise à fruit et à la croissance des racines. Il participe aussi à la conservation des fruits en réduisant les pertes en eau. Il intervient en très faible quantité. **Le phosphore est très fortement retenu par le sol.** De plus, l'arbre ne prélève le phosphore du sol que dans le millimètre qui entoure les racelles.

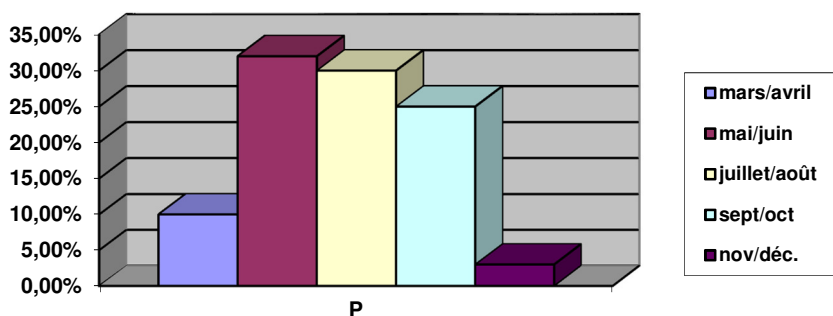
Cela rend pratiquement inefficace l'apport d'engrais phosphatés en surface pour les sols, à plus de 10 % d'argile. On peut estimer que, en 20 ans, moins de 1 % participera à l'alimentation de l'arbre. Il faut donc prévenir les problèmes de déficience en P à la plantation, par le biais d'une fumure de fond adaptée, tant du point de vue quantitatif que qualitatif (type d'engrais P en fonction du type de sol). Par la suite une faible alimentation en phosphore nécessitera la mise en œuvre d'autres techniques que l'apport d'engrais au sol.

### Prélèvement en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pour le pommier

Organes	Auteurs	Prélèvements en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en kg/ha
Organes ligneux : charpente et racines	Batjer, 1952	8.5
	Butijn, 1961	2
	Greenham, 1980	9.6
Bois de taille	Batjer, 1952	4.4
	Butijn, 1961	3
	Greenham, 1980	5.3
Feuilles	Batjer, 1952	6.5
	Greenham, 1980	7.6
Fruits	Batjer, 1952	13
	Butijn, 1961	4
	Greenham, 1980	14.4
Prélèvements divers : bourgeons, chute de fruits	Batjer, 1952	3
	Greenham, 1980	3.9
Prélèvements totaux	Batjer, 1952	35
	Greenham, 1980	40.8

### Rythme d'absorption du phosphore par le pommier





Source : SCPA, CdF Chimie AZF. Pratique de la fertilisation raisonnée- Pommiers et poiriers. p 9.

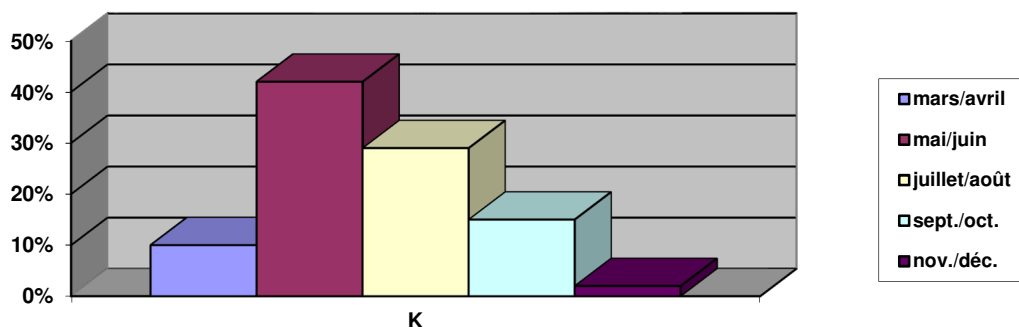
## LE POTASSIUM

Le potassium est un élément essentiel pour la qualité et le rendement. Il intervient dans de nombreuses fonctions, photosynthèse, transpiration (économie d'eau), formation des sucres, de la couleur et de l'acidité des fruits, prolongation de la conservation. Il confère aux arbres une certaine résistance aux maladies et aux ravageurs. Sa rétention dans le sol est liée au taux d'argile et à la nature de ces argiles. Le potassium peut-être très fortement retenu dans les terres fortes (sols très argileux du sud-ouest), ce qui réduit l'efficacité de la fumure. Une bonne disponibilité en eau est indispensable pour une bonne assimilation. Les équilibres entre  $K^+$  et les ions  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  sont très importants pour une bonne assimilation du potassium. En effet il y a antagonisme entre les trois éléments. Un excès en calcium ou magnésium peut bloquer temporairement l'assimilation en potassium. Les éléments minéraux n'agissant pas seuls, il est indispensable d'avoir un raisonnement global de la fertilisation.

### Prélèvement en $K_2O$ pour le pommier

Organes	Auteurs	Prélèvements en $K_2O$ en kg/ha
Organes ligneux : charpente et racines	Batjer, 1952	15
	Butijn, 1961	3.5
	Greenham, 1980	9.69
Bois de taille	Batjer, 1952	4
	Butijn, 1961	4.5
	Greenham, 1980	4.3
Feuilles	Batjer, 1952	54.5
	Greenham, 1980	62.9
Fruits	Batjer, 1952	60
	Butijn, 1961	30
	Greenham, 1980	67.9
Prélèvements divers : bourgeons, chute de fruits	Batjer, 1952	15.5
	Greenham, 1980	17.8
Prélèvements totaux	Batjer, 1952	148
	Greenham, 1980	170.1

### Rythme d'absorption de la potasse par le pommier



La prise en compte de la capacité d'échange cationique (CEC) dans l'analyse de sol permettra de bien gérer les apports de potassium. Enfin les ions potassium malgré une migration relativement lente peuvent être lessivés en profondeur. Les pertes sont de l'ordre de quelques kilos de K<sub>2</sub>O par an.

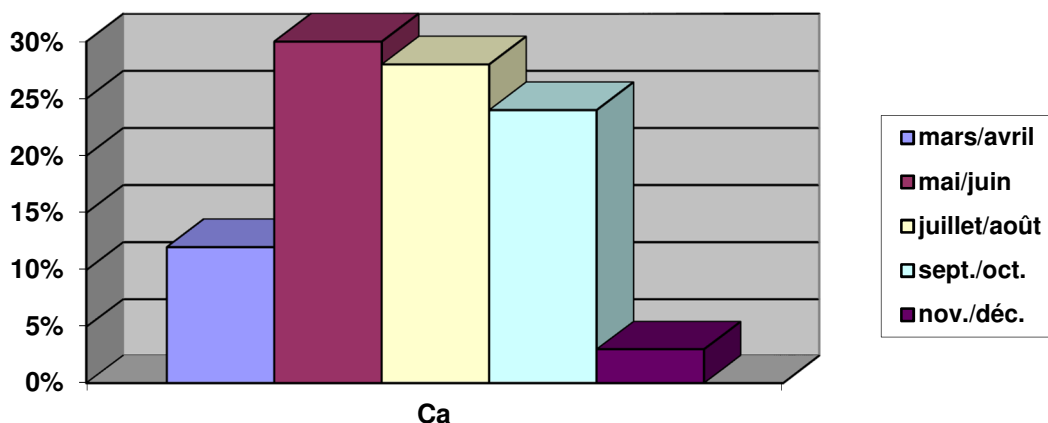
## LE CALCIUM

Les besoins des arbres fruitiers en calcium sont importants. Par contre il est présent en petite quantité dans le fruit. Son rôle est cependant fondamental. Il intervient dans la qualité du fruit et sa conservation. Le calcium apparaît comme un régulateur du métabolisme des fruits. Présent en quantité suffisante, il ralentit la respiration des pommes, retardant ainsi la maturité du fruit. Il entre aussi dans la composition des membranes cellulaires. Il faut bien avoir à l'esprit qu'il existe durant l'été une compétition entre les pousses en croissance et les fruits pour le calcium. Une trop forte croissance s'accompagne d'une sensibilité accrue au bitter-pit (tâches amères se développant sur les pommes).

### Prélèvement en CaO pour le pommier

Organes	Auteurs	Prélèvements en CaO en kg/ha
Organes ligneux : charpente et racines	Batjer, 1952	52
	Butijn, 1961	53
	Greenham, 1980	64.1
Bois de taille	Batjer, 1952	32
	Butijn, 1961	36
	Greenham, 1980	39.2
Feuilles	Batjer, 1952	98
	Greenham, 1980	120.1
Fruits	Batjer, 1952	5
	Butijn, 1961	7
	Greenham, 1980	6.2
Prélèvements divers : bourgeons, chute de fruits	Batjer, 1952	4
	Greenham, 1980	5.2
Prélèvements totaux	Batjer, 1952	191
	Greenham, 1980	234.8

### Rythme d'absorption du calcium par le pommier



Source : SCPA, Pratique de la fertilisation raisonnée- Pommiers et poiriers. p 9.

## LE MAGNESIUM

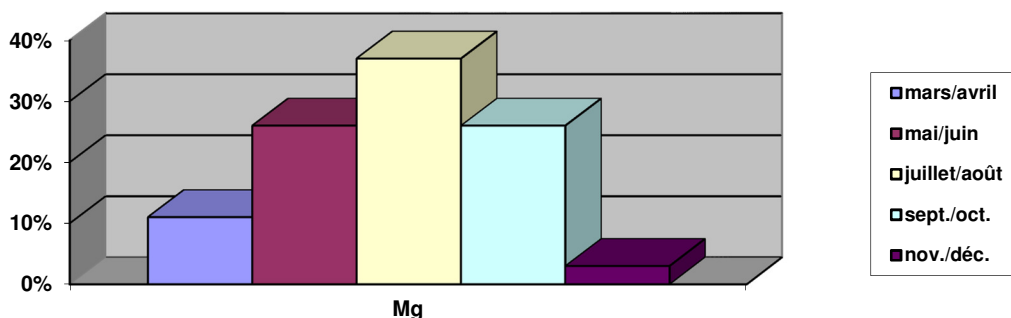
Comme le calcium, le magnésium se porte vers les zones de croissance actives. Il influe sur la régulation stomatique des feuilles et s'avère nécessaire à la formation des bourgeons. C'est un constituant de la chlorophylle. Il favorise en outre l'absorption du phosphore.

On note souvent des carences induites en Mg sur pommier en juin, juillet sur des variétés comme Golden, même lorsque le sol est bien pourvu. Très souvent la carence se manifeste d'abord dans les feuilles les plus âgées de la base des rameaux. Ensuite se produit une défoliation du rameau à partir de sa base.

### Prélèvement en MgO pour le pommier

Organes	Auteurs	Prélèvements en CaO en kg/ha
Organes ligneux : charpente et racines	Batjer, 1952	3.5
	Butijn, 1961	1
	Greenham, 1980	3.8
Bois de taille	Batjer, 1952	2.5
	Butijn, 1961	1.0
	Greenham, 1980	2.8
Feuilles	Batjer, 1952	27
	Greenham, 1980	30.1
Fruits	Batjer, 1952	3
	Butijn, 1961	5
	Greenham, 1980	3.7
Prélèvements divers : bourgeons, chute de fruits	Batjer, 1952	1.5
	Greenham, 1980	1.8
Prélèvements totaux	Batjer, 1952	35
	Greenham, 1980	42.2

### Rythme d'absorption du magnésium par le pommier



La cause la plus probable de l'apparition de ces carences induites, est soit des apports trop importants en potassium, soit de libérations trop fortes d'ammonium dans le sol.

## LES OLIGOELEMENTS

Les oligoéléments sont des éléments nutritifs indispensables aux arbres fruitiers, mais contrairement aux macro-éléments, ils se trouvent présent en quantités très faibles dans les tissus des arbres fruitiers. De plus la corrélation est souvent faible entre les teneurs dans le sol et les teneurs des feuilles.

Ceux qui sont essentiellement responsables de carences, en vergers, sont le fer (Fe), le manganèse (Mn), le zinc (Zn) et le bore (Bo). Les prélèvements varient en fer de 250 à 750 g/ha, en manganèse de 250 à 500 g/ha, en zinc de 150 à 500 g/ha et en bore de 150 à 300 g/ha. Pour les autres oligo-éléments tels que le cuivre (Cu) et le molybdène (Mo) les carences sont pratiquement inconnues. Les apports de cuivre associés à l'épandage de produits phytosanitaires réalisés en foliaire compensent le plus souvent les problèmes de disponibilités au niveau du sol.

### Le FER (Fe)

Les symptômes de carences les plus fréquents rencontrés en verger liés aux oligo-éléments, sont dus au fer. Sa carence provoque des chloroses ferriques facilement identifiables. Elles commencent deux à trois mois après le débourrement, avec une chlorose caractéristique des jeunes pousses qui présentent un jaunissement internervaire et des nervures qui restent vertes. Puis ces symptômes gagnent les feuilles plus âgées, avant la nécrose des feuilles sur les bords des limbes. Dans les cas graves les feuilles chutent prématurément.

Le développement de l'arboriculture fruitière dans des régions où les sols calcaires sont importants a donné une grande incidence aux problèmes de chlorose. Le dosage du pouvoir chlorosant des sols (IPC), par le dosage du « calcaire actif », est très utile pour le choix des espèces et des porte-greffes les mieux adaptés. Enfin en cas de risque de chlorose, des techniques d'irrigation appropriées vont réduire notablement l'expression des chloroses, en limitant les problèmes d'asphyxies. Il faut en

particulier retarder le démarrage de l'irrigation au printemps et pratiquer des irrigations plus faibles à intervalles plus rapprochés.

Les corrections par l'apport de chélates de fer au sol en préventif, ou en foliaire en correction, ont fait largement leurs preuves. Les meilleurs résultats au sol sont obtenus avec le chélate EDDHA en raison de sa plus grande stabilité en sols calcaires et argileux. Les doses appliquées en France vont en moyenne au sol de 50 à 200 g de produit par arbre. En pulvérisation foliaire en général deux pulvérisations foliaires de chélates de Fe (EDTA, DTPA, HEDTA) sont préconisées, 4 semaines après la floraison et la seconde 3 semaines plus tard. Mais il s'agit de mesures temporaires, qui ne remplacent pas la correction au sol.

### Le MANGANESE (Mn)

Le manganèse est un oligo-élément important pour la qualité du feuillage (coloration et dimension des feuilles). Des teneurs élevées en manganèse en été ont un effet important sur la coloration verte de fond des fruits. Contrairement à la chlorose ferrique avec laquelle on pourrait la confondre, au début, elle commence par les feuilles plus âgées, à la base des pousses. Dans le cas de déficience en Mn une bande étroite reste verte de chaque côté des nervures principales avec un contour assez irrégulier. Elle peut aussi être confondue au début avec une déficience magnésienne. La fructification n'est en général pas affectée, sauf cas grave. Dans les vergers la déficience en Mn est souvent liée à la déficience en Zn. Les espèces les plus sensibles sont le pêcher et le cerisier. La déficience manganique se manifeste surtout en sols calcaires ou à la suite d'augmentation brusque du pH (chaulage excessif).

Contrairement au Fe les apports au sol ont une efficacité très limitée. Les traitements consistent donc en pulvérisations foliaires au printemps de sulfate de manganèse à des concentrations comprises entre 0,3 et 0,5 %.

### Le ZINC (Zn)

Les carences en zinc débutent, comme pour le fer, par les feuilles en extrémité de pousses. Les feuilles sont plus petites, pointues, anormalement étroites. Elles présentent des zones chlorotiques marginales et internervaires qui sont presque blanches, alors que les nervures et les zones voisines sont blanches. Le bord des feuilles est ondulé, en particulier sur le pêcher. En cas de carence grave les feuilles sont très petites et groupées en rosettes. Les fruits sont petits et peuvent être déformés (pêcher et abricotier) et de faible valeur. Sa carence est favorisée par une teneur trop élevée du sol en phosphore et des teneurs en Zn du sol insuffisantes.

Comme pour le manganèse les apports au sol ne montrent pas d'efficacité. Les meilleurs résultats sont obtenus par des applications automnales de sulfate de zinc, après récolte, lorsque les feuilles sont encore présentes à des concentrations de 0,5 à 1 %.

## Le BORE (Bo)

La carence en bore est assez fréquente sur pommier et sur poirier. Le bore joue un rôle positif dans la germination du pollen et la croissance du tube pollinique. La déficience se traduit par un avortement de bourgeons, des feuilles petites, épaisses mais sans présence de chlorose comme pour le zinc, une écorce boursouflée qui donne un aspect « peau de crapaud » et sous l'écorce le bois présente des taches liégeuses noirâtres. Les fruits peuvent être déformés avec présence de liège interne plus ou moins profond.

Le dosage du bore du sol permet d'apprécier les risques de carence ou de toxicité pour cet élément.

Si des apports en sols sableux acides peuvent être efficaces, il est préférable de réaliser des apports foliaires de bore. Ces apports sont à réaliser au printemps, avant floraison. Les pulvérisations d'automne, en même temps que le zinc, sont conseillées pour améliorer la mise en réserve de cet élément dans l'arbre.

La nature du sol agit sur la cinétique de minéralisation car elle modifie la répartition et l'activité microbienne du sol, mais aussi l'accessibilité de la matière organique. En effet, la minéralisation de l'azote d'un sol diminue lorsque la proportion d'argile augmente. La présence de particules argileuses provoque un effet de protection de la matière organique, gênant ainsi l'action des micro-organismes.

Par ailleurs, le calcaire joue aussi un rôle stabilisant de la matière organique et donc diminue la minéralisation de l'azote.

En Tarn-et-Garonne, trois zones peuvent être définies :

### Les alluvions en vallée

Ces sols sont généralement de type limono-argilo-sableux. Le calcaire est toujours présent et le pH est nettement basique. Ce sont des sols très **fertiles et profonds** avec une structure à dominante sableuse. Les racines sont puissantes et peuvent facilement atteindre la nappe phréatique. Tout excès d'azote et d'eau est à proscrire dans ces sols pour maîtriser la vigueur des arbres. Ce sont pourtant ceux où les apports sont les plus importants. La RFU sur 1 m de sol peut atteindre entre 90 et 150 mm. C'est essentiellement en raison de leur perméabilité relative que ces sols présentent des risques pour le lessivage des nitrates.

### Les boubènes

Le mot "boubène" désigne des sols assez dissemblables. Leurs propriétés générales est d'être d'un **travail facile** quand leur degré d'humidité est bon. Le premier caractère des boubènes est d'être totalement décalcifiées et appauvries en éléments fertilisants. Le sol est **relativement profond**. Nous retrouvons en profondeur des accumulations d'argile entre 60 cm et 1 m. Le réseau racinaire est essentiellement constitué de petites et moyennes racines. Les limons dominent dans la texture du sol d'où des RFU relativement basses de 60 à 80 mm.

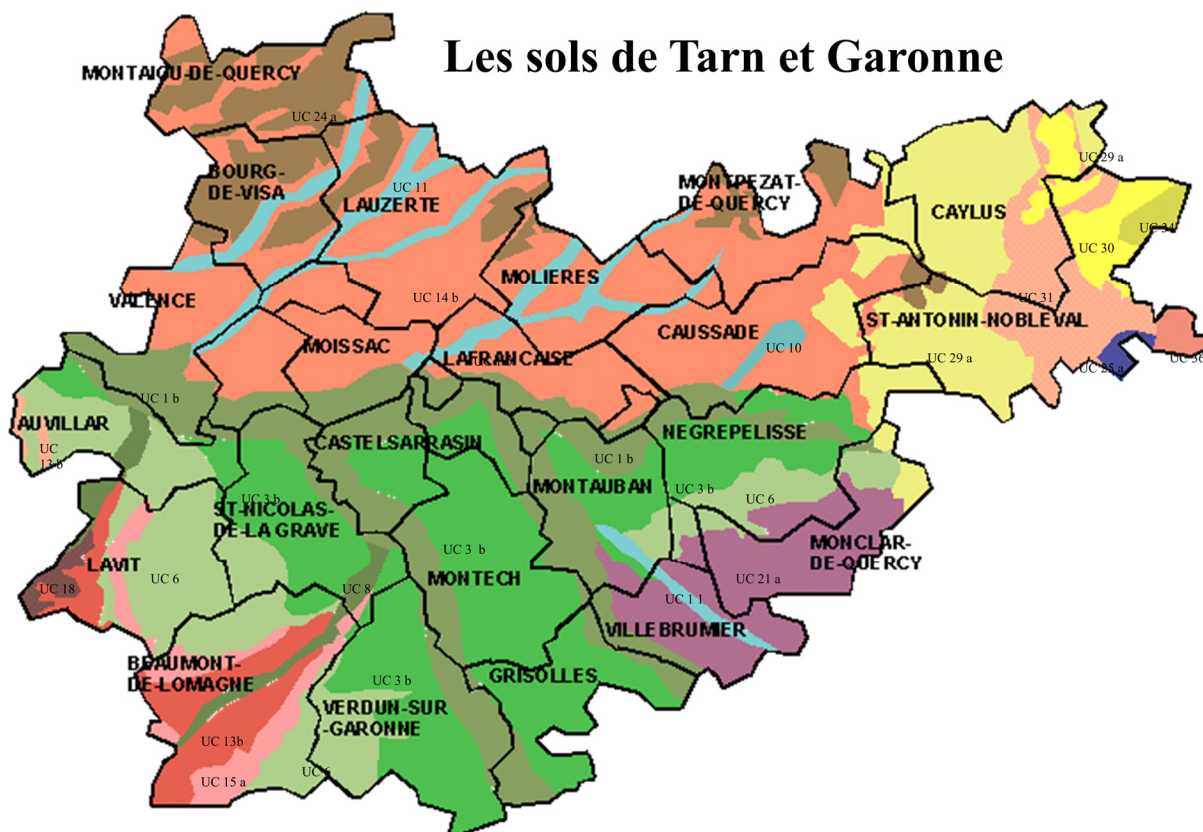
En raison de la forte proportion d'éléments fins non colloïdaux, ces sols ont une forte tendance à la battance et l'hydromorphie y est particulièrement marquée lorsqu'ils n'ont pas été drainés. Les risques de lessivage des nitrates sont donc essentiellement liés à la présence d'hydromorphie et à la capacité de rétention en général assez limitée de ces sols.

### Les terreforts, en coteaux essentiellement

Le nom "terrefort" désigne des terres **difficiles à travailler**. L'origine géologique de ces sols est généralement commune : la molasse. Cette molasse peut être plus ou moins argileuse et plus ou moins calcaire. Les sols comprennent en général 25 à 50 % d'argile. Souvent, dans ce type de sol, les racines se répartissent dans les quarante premiers centimètres du sol. A partir de 50-60 cm, l'horizon devient encore plus argileux. A cette profondeur, il est souvent sujet à de l'hydromorphie.

La RFU observée sur l'horizon exploité par les racines va de 70 à 90 mm du fait de la faible profondeur explorée.

## Les sols de Tarn et Garonne



Source : Chambre Régionale d'Agriculture Midi-Pyrénées

### LISTE DES PRINCIPAUX SOLS DU DEPARTEMENT

- [UC1B] [Basses plaines d'alluvions récentes non à peu caillouteuses : Garonne](#) (en aval de Toulouse)
- [UC3B] [Terrasses planes d'alluvions anciennes mal drainées à bouldiers limoneux : Garonne](#) (en aval de Toulouse)
- [UC6] [Hautes terrasses anciennes découpées](#)
- [UC8&9] [Basses plaines d'alluvions récentes argileuses et calcaires](#)
- [UC10] [Terrasses d'alluvions anciennes \(et glaciaires de limons soliflués\) Sud de la Gascogne](#)
- [UC11] [Petites vallées à basses plaines et terrasses](#)
- [UC13B] [Coteaux peu à moyennement accidentés : Gascogne](#)
- [UC14A] [Coteaux moyennement accidentés : Volvestre](#)
- [UC14B] [Coteaux moyennement accidentés : Bas-Quercy de Montpezat](#)
- [UC15A] [Coteaux accidentés avec bancs calcaires : Gascogne](#)
- [UC18] [Coteaux peu accidentés et glaciaires sur molasse argileuse Gascogne Centrale](#)
- [UC21A] [Coteaux moyennement accidentés sur marnes et argiles à graviers](#)
- [UC24A] [Plateaux sur roche calcaire tendre : Pays de Serre et Quercy Blanc](#)
- [UC25A] [Vallées étroites des Causses](#)
- [UC29A] [Grands plateaux calcaires ondulés : Grands Causses de l'Aveyron](#)
- [UC30] [Petits plateaux calcaires du Lias. Avant Causses](#)
- [UC31] [Coteaux argilo-calcaires sur marnes du Lias. Limargue, Quercy, Aveyron](#)
- [UC34] [Versants et plateaux sur grès du Trias](#)
- [UC36] [Plateaux et collines sur schistes et autres roches primaires. Ségala](#)



Prélèvements, restitutions, exportations de nutriments

Les prélèvements totaux annuels comprennent :

- ☐ Les minéraux incorporés par les fruits ;
- ☐ Les minéraux prélevés par les charpentes et les racines.

Les quantités restituées au sol correspondent à :

- ☐ Les minéraux contenus dans les feuilles,
- ☐ Les minéraux contenus dans le bois de taille,
- ☐ Les minéraux contenus dans les fleurs et les fruits chutés.

Les exportations en nutriments correspondent aux quantités contenues dans les fruits, et éventuellement aux quantités contenues dans du bois de taille et des feuilles, si transportés hors du verger.

Compte tenu du caractère pérenne de certaines parties des arbres fruitiers, les règles de fumure applicables aux cultures annuelles sont difficilement envisageables. Quelles quantités de nutriments faut-il apporter ? La totalité des besoins en minéraux ? Uniquement l'exportation par les fruits ? Comment estimer l'influence des réserves contenues dans les arbres (charpentes et racines) ?

On pourrait raisonner les fumures en considérant qu'il faut compenser strictement la totalité des exportations (fruits, bois de taille, feuilles), sans tenir compte de ce qui est immobilisé dans l'arbre (tronc, charpente et racine). Concernant les prélèvements, rappelons qu'ils ne s'effectuent pas de façon linéaire dans l'année : l'arbre a des rythmes d'absorption, avec une période de pointe dans le cycle végétatif.

Les préconisations sont à mi-chemin entre les deux options basées soit sur les exportations, soit sur les prélèvements, sachant que les quantités de minéraux prélevées sont différentes en fonction de la variété, du porte-greffe, de l'âge, de la vigueur des arbres, et de la densité de plantation du verger.

Ceci aboutit au tableau de préconisations suivant :

**Kg d'unités fertilisantes par tonne de fruits**

	N	P2O5	K2O	MgO
Pommiers	1 à 2	0.4 à 0.8	1.5 à 3	0.3 à 0.6
Poiriers	1 à 2	0.5 à 1	1.5 à 3	0.3 à 0.6
Pêchers	2 à 4	0.6 à 1.2	2.5 à 5	0.2 à 0.4
Cerisiers	2.4 à 4.8	0.6 à 1.2	2.0 à 4	0.3 à 0.6
Pruniers	2.4 à 4.8	0.2 à 0.4	2.3 à 4.6	0.3 à 0.6
Kiwi	2 à 3	1 à 2	3 à 4	0.3 à 0.6
Chasselas	0 à 1	0 à 2	10 à 15	0
Muscat	2 à 4	0.6 à 1.2	2.5 à 5	0.2 à 0.6

La fixation des doses de fumure annuelle intègre aussi des considérations relatives à la disponibilité des éléments dans le sol.

Pour l'**azote**, il faut tenir compte de l'apport par le sol. Suivant le taux de matière organique et les conditions climatiques, la libération d'azote minéral sera très différente d'une année sur l'autre. La fourniture par le sol peut atteindre de 70 à 200 unités. De plus il faut s'assurer que les pics de consommation, d'environ 60 unités puissent être couverts. Ce qui correspond aux mois de mai juin en arbres fruitiers à pépins et juin juillet pour le pêcher. Il faut aussi tenir compte des pertes par lessivage.

Pour le **phosphore**, il faut tenir compte des phénomènes de fixation très forte de cet élément sur la phase solide du sol. Les ions phosphates sont mobiles uniquement à l'échelle millimétrique, à partir des sites de rétention sur la phase solide du sol, ou autour des granules d'engrais. Il faut donc que l'engrais soit apporté dans les horizons du sol les plus susceptibles d'être colonisés par les racines. Sinon la fertilisation sera très peu efficace, voir inutile.

Pour le **potassium**, il faut aussi tenir compte des fixations qui sont très fortes en sols argileux, bien qu'elles puissent être en partie réversibles. De fait l'apport de potassium au sol agit très peu sur l'alimentation des fruitiers à court terme. Il faut aussi tenir compte des pertes par lessivage dans le raisonnement, et, s'il a lieu, des besoins propres de l'enherbement.

Différents outils vont donc permettre de mieux ajuster la fertilisation aux besoins des arbres fruitiers. C'est ce qui va être abordé dans la deuxième partie.

L'analyse de sol et sous-sol est indispensable à la plantation pour déterminer les fumures et amendements de redressement du sol. Pour des éléments comme la matière organique ou le phosphore, il sera impossible d'intervenir par la suite. Ensuite un contrôle tous les cinq ans permettra d'affiner la fertilisation en base échangeable (Ca, K<sub>2</sub>O et MgO), et éventuellement les redressements de pH à effectuer.

Les principaux indicateurs à prendre en compte pour raisonner la fertilisation sont les suivants :

#### LE PH DU SOL

C'est l'indicateur de l'état d'acidité (ions H<sup>+</sup>) ou d'alcalinité ions (OH<sup>-</sup>) des sols. Le sigle pH est l'abréviation de potentiel Hydrogène. Il est fondamental de connaître cette donnée car l'assimilabilité des éléments dépend énormément de sa valeur (annexe 4). Il agit aussi sur l'activité biologique du sol, sur la stabilité de la structure du sol et sur la qualité de la matière organique.

La plupart des analyses donnent deux sortes de pH.

- pH eau : C'est le plus intéressant agronomiquement. Il mesure l'acidité de la solution du sol obtenue par une extraction à l'eau distillée. Il est donc le plus proche de la réalité.

Suivant le taux d'argile un optimum est souhaitable.

Type de sol (argile en %)	pH eau
Moins de 15 %	6.2 à 6.4
De 15% à 25 %	6.5 à 6.8
Plus de 25 %	7.0 à 7.4

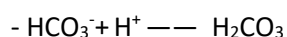
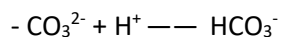
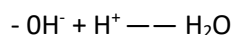
pH KCL : Les ions H<sup>+</sup> sont extraits avec une solution de chlorure de potassium. Il correspond à une acidité «potentielle »du sol. Il est toujours plus bas de 0.5 à 1.5 par rapport au pH eau.

---

## REDRESSEMENT DU PH

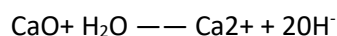
Dans le cas de sols acides, pour améliorer les qualités agronomiques, un amendement basique sera nécessaire. Une base est forcément un accepteur de proton ( $H^+$ ) :

Exemple de réaction acido-basique :



Les cations alcalins sont inertes :  $Ca^{2+} + H^+ \longrightarrow$  rien.

Un amendement basique apporte donc une base. Ainsi, si on prend la chaux  $CaO$ , la réaction est la suivante :



Ensuite la base  $OH^-$  extrait des protons  $H^+$  du sol. Les cations  $Ca^{2+}$  occupent la place laissée libre. C'est pour cela qu'un amendement améliore la fertilité du sol.

La réaction de neutralisation est propre à chaque type de sol. Elle dépend du pouvoir tampon du sol, de son alcalinité et du taux de gaz carbonique dans le sol (annexe 5). Il n'est donc pas possible de prévoir à l'avance l'effet d'un amendement sur le gain de pH. Il faut toujours réaliser des apports progressifs (1 à 5 T/ha de  $CaO$ , voir annexe 5) et suivre l'évolution du pH régulièrement. En règle générale, plus le sol est lourd, plus l'apport est important.

L'efficacité des amendements basiques dépend de leurs vitesses de solubilisation et de la force de la base. Dans la pratique il faut retenir que plus l'amendement est fin, plus il est efficace.

On distingue (annexe 6) :

Les amendements crus : il s'agit des carbonates de calcium ( $CaCO_3$ ). Le degré de pulvérisation joue sur son efficacité. Les calcaires concassés ou brut de plus 4 mm n'ont aucune action. A l'inverse les carbonates micronisés ( $80\% < 50 \mu$ ) sont presque aussi efficaces que les amendements cuits ;

Les amendements cuits : cuisson dans un four à chaux, affinage et calibrage. Il s'agit des oxydes de calcium ( $CaO$ ). Ils possèdent l'action la plus rapide.

Les amendements mixtes : comportent à la fois des amendements crus et cuits. Les caractéristiques sont intermédiaires entre les deux.

Enfin les plâtres agricoles, qui sont des sulfates de calcium, n'ont pas d'effets sur le pH. Ils sont par contre intéressants en sols alcalins pour apporter du calcium si nécessaire.

## LA CEC (CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE DES SOLS)

La connaissance de la CEC est indispensable pour raisonner correctement la fertilisation. Elle traduit le pouvoir de fixation du sol vis à vis des éléments nutritifs  $K^+$ ,  $Mg^{++}$  et  $Ca^{++}$ . En effet le complexe argilo-humique est chargé négativement en surface. Il fixe donc tous les cations en surface. Ce sont tous ces cations qui déterminent le réservoir en élément nutritif du sol. C'est eux que l'on va retrouver dans la solution du sol. Tous les cations qui ne sont pas « protégés » par le complexe argilo-humique seront forcément soit précipités, soit adsorbés, soit rétrogradés. Dans tous les cas ils seront sous une forme insoluble.

De plus la capacité d'échange cationique va permettre d'évaluer l'équilibre optimum entre les différents cations. Elle est exprimée en centimoles par kilogramme de sol (cmol/kg) dans le système international ou en milliéquivalent pour 100 g de terre, système Français ( $1 \text{ meq}/100\text{g} = 1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Un bon équilibre au niveau de la CEC, sera le garant d'un bon équilibre dans la solution du sol. On évitera ainsi les antagonismes entre  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  et  $K^+$ . Enfin la CEC est le meilleur indicateur pour prévoir l'effet d'un amendement calcique sur le pH.

CEC = charge de cations qu'une masse de terre peut retenir à un pH donné.

La CEC est liée à la quantité d'argile et d'humus (complexe argilo-humique) et à la qualité de celles-ci.

CEC doit être mesurée par la méthode Metson = charge cationique du sol à l'optimum

Entre deux sols différents la CEC peut varier dans un rapport de 2 à 50. Deux éléments jouent sur la valeur de la CEC, l'humus et les argiles. Mais la connaissance du taux de chacun de ces éléments ne suffit pas. Le type d'argile et d'humus va intervenir

### Evolution de la CEC suivant le type de colloïde du sol

	Limites cmol/kg	Moyenne cmol/kg
Acide humique		370
Humus		260
Vermiculite	65 à 145	140
Montmorillonite	60 à 150	80 à 120
Illite	20 à 40	30
Kaolinite	3 à 15	6 - 8

Source : Memento de l'Agronome-1984- p 74

Il est impossible de connaître à l'avance les types d'argiles qui composent le sol d'une parcelle, ni la proportion de chacune.

La mesure de la CEC enlève ce problème en donnant la quantité maximum de cations métallique que peut fixer un sol. A partir de là il est possible d'évaluer la fertilité du sol.

### Interprétation de la valeur de la CEC

	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
CEC Cmol/kg	5<	5 à 10	10 à 25	25 à 40	>40

Source : Memento de l'Agronome-1984- p 79

Les cations  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  et  $K^+$  ne sont pas les seuls à pouvoir être fixés sur les colloïdes du sol. On peut trouver malheureusement en forte proportion des ions sodium  $Na^+$ , qui n'ont aucun intérêt agronomique. En sol salin, ils vont même prendre la place des éléments nutritifs. On trouve aussi en moins forte proportion des ions ammonium ( $NH_4^+$ ), manganèse ( $Mn^{++}$ ), Cuivre ( $Cu^{++}$ ), aluminium ( $Al^{3+}$ ). Enfin les ions  $H^+$ , responsable de l'acidité vont prendre la place sur le complexe argilo-humique d'éléments nutritifs. C'est pour cela aussi que les sols acides sont moins fertiles.

C'est pour cela qu'en plus de la CEC, il est important de connaître la somme des cations échangeables ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  et  $K^+$ ) et le taux de saturation de la CEC en cations échangeables.

### Interprétation de la valeur de la somme des cations échangeables et du taux de saturation de la CEC

	Très faible	Faible	Moyenne	Normale	Trop forte
Somme des cations ( $Ca^{2+}+Mg^{2+}+K^+$ ) cmol/kg	2<	2 à 5	5 à 10	10 à 15	>15
( $Ca^{2+}+Mg^{2+}+K^+$ )/CEC en %	<40	40 à 50	50 à 60	60 à 90	90 à 100

Source : Memento de l'Agronome-1984- p 79

Enfin pour pouvoir interpréter correctement la CEC il faut connaître les équilibres existants entre les différents cations.

### Répartition des éléments en % de la CEC

	Insuffisant	Normal à optimum	Trop fort
K/CEC	<2.5%	2.5% à 4 %	>4 %
Mg/CEC	<5%	5% à 8 %	>8%
Ca/CEC	<65 %	65% à 80 %	>80 %

Un dernier point important, qui doit être indiqué sur l'analyse, est la méthode utilisée pour mesurer la CEC. En effet plusieurs méthodologies existent, qui ont recours à différents liquides d'extraction des cations. Certains liquides d'extractions vont mettre en solution des cations qui sont sous forme insolubles. Seule la méthode METSON garantit une interprétation fiable des résultats.

---

## UTILISATION DE LA CEC POUR LE CONSEIL EN FERTILISATION

Exemple de l'interprétation d'une analyse de sol :

La CEC est de 8.74 cmol/kg. Elle est donc faible. Cela est à relier avec un taux moyen d'argile, 16 % et un taux faible de matière organique. Dans ce cas, seul un apport massif de matière organique peut permettre d'améliorer la CEC. S'il n'est pas réalisé il sera inutile de se ruiner en engrais potassique. Ceux-ci passeraient de suite sous une forme insoluble. La ferti-irrigation par contre dans ce type de sol permettrait d'améliorer l'alimentation en potasse et en magnésie.

La somme des cations échangeables (K+Mg+Ca) est égale à 5.5 cmol/kg. Cette valeur est moyenne à faible. Le taux de saturation est de 63 %. Il est moyen à normal. Le pH étant de 5.6 il est clair qu'une partie de la CEC, qui est déjà faible est occupée par des ions H+. Le chaulage améliorera la fertilité du sol en extrayant les ions H+ (réaction acido-basique), et en les remplaçant par des cations Ca++.

La valeur en potasse est de 0.3 cmol/kg. Ce qui fait 3,4 % de la CEC. Ce n'est pas la peine de vouloir apporter plus de potasse. On déséquilibrerait la CEC. Et la majorité de l'apport au sol risque d'être rétrogradé.

La valeur en magnésium est de 1.1 cmol/kg. Ce qui représente 12.6 % de la CEC. On est largement au-dessus de la plage optimum de 5 à 8 %. Les risques sont forts d'avoir des blocages en alimentation potassique et calcique. La meilleure solution est là aussi de réaliser un chaulage pour remplacer des cations Mg++, par des Ca ++ et rééquilibrer la CEC.

La valeur en Ca est de 4.1 cmol/kg. On est à 47 % de la CEC. On est très loin de la plage optimum. Seul le chaulage va là aussi permettre de redresser la situation.

Il manque donc plus de 33 % de la CEC pour arriver à l'optimum (soit 80 %)

$$8.74 \text{ cmol/kg} \times 0.3 = 2.62 \text{ cmol/kg}$$

Il faut donc apporter une correction de 2.62 cmol de Ca par kg de terre sur l'horizon étudié (30 cm).

On estime la densité de terre en moyenne à 1.3.

Il faut 28 mg de chaux vive (CaO) pour avoir 1 cmol de Ca (confère annexe 7). Pour une chaux agricole dosant 70 % de CaO, il faut donc  $28 \text{ (mg)} \times 1.7 = 40 \text{ mg}$ .

Ce qui donne un redressement de :

$$2,62 \text{ (cmol)} \times 1,3 \times 30 \text{ (cm)} \times 40 \text{ (mg)} = 4087, 2 \text{ kg de chaux vive agricole à apporter par hectare.}$$

En amenant une base (OH<sup>-</sup>), l'apport permettra dans le même temps de redresser le pH. Il sera nécessaire de vérifier celui-ci, par la suite, pour savoir si on est dans la plage optimum de pH qui est de 6,5 à 6,8 pour ce type de sol.

---

## LE PHOSPHORE ASSIMILABLE

La CEC permet de calculer les cations échangeables. Elle ne permet pas de prendre en compte l'anhydride phosphorique (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). En effet celui-ci chargé négativement n'est pas fixé sur le

complexe argilo-humique. C'est aussi pour cette raison que les apports en phosphore sont très rapidement mis sous une forme insoluble. L'hypothèse la plus commune est que le phosphore qui peut passer dans la solution du sol est lié au complexe argilo-humique par des ponts calciques ou hydroxyde.

Pour estimer la fertilité d'un sol en phosphore il ne sert donc à rien de doser le phosphore total du sol. Mais il est nécessaire de connaître uniquement la part de phosphore soluble. C'est pour cela que deux méthodes d'analyses sont utilisées actuellement. Il s'agit de la méthode DYER en sol non-calcaire et de la méthode JORET-HEBERT en sols alcalins.

Dans les terres acides ou neutres, la méthode DYER, permet de doser les phosphores assimilables. L'interprétation est à faire suivant des abaques qui sont propre aux sols de chaque région (annexe8).

Le tableau ci-dessous donne en résumé les valeurs souhaitables pour la région Midi-Pyrénées.

Valeurs souhaitables en anhydride phosphorique (Phosphate DYER)

PH inférieur à 7.2 Type de sol (argile en %)	g/kg
Inférieur à 10%	0.10 à 0.12
10% à 15 %	0.12 à 0.15
15% à 20 %	0.15 à 0.18
20 % à 25 %	0.18 à 0.22
25% à 30%	0.22 à 0.24
supérieur à 30 %	0.24 à 0.26

En sol calcaire, le réactif utilisé dans la méthode DYER met en solution des phosphores inutilisable par la plante. On utilise alors la méthode JORET-HEBERT.

En sols basique, cette méthode dose le phosphore assimilable. Cette méthode peut être utilisée aussi en sols non-calcaire ; pour interpréter les résultats avec plus de sécurité.

Valeurs souhaitables en anhydride phosphorique (Phosphates JORET-HEBERT)

Type de sol (argile en %)	pH supérieur à 7.2 g/kg	pH inférieur à 7.2 g/kg
------------------------------	----------------------------	----------------------------



Inférieur à 10%	0.1	0.10 à 0.11
10% à 15 %	0.15	0.11 à 0.13
15% à 20 %	0.16	0.13 à 0.16
20 % à 25 %	0.18	0.16 à 0.18
25% à 30%	0.20	0.18 à 0.20
supérieur à 30 %	0.22	0.20 à 0.22

Source, Pour valoriser les analyses de sols, Purpan, N°134, p31

On peut aussi estimer les valeurs souhaitable en P2O5 par rapport à la CEC du sol .Les normes d'interprétation pour Midi-Pyrénées avec la méthode METSON sont en cours de réalisation.

Pour passer d'une valeur en phosphore (P) à une valeur en anhydride phosphorique (P2O5) on utilise la formule suivante :

$$P \times 2.29 = P2O5$$

---

#### CALCUL DES CORRECTIONS EN PHOSPHORE SUIVANT L'ANALYSE DE SOL

*Dans le cas de l'analyse de sol étudiée la valeur en P2O5 est de 0.15.*

*Le pH de sol est de 5.6, le taux d'argile de 16 %, il faudrait une teneur souhaitable de 0.15 à 0.18*

*On est juste à la limite de la valeur souhaitable.*

*Si on décide de passer à la valeur supérieure de 0.18 il manque donc 0.03 g de P2O5 par kilo de sol.*

*Le calcul de la fumure de correction est la suivante :*

$$10\ 000(m^2) \times 0.3(m) \times 1300(kg) \times 0.03(g) = 117000\ g\ soit\ 117\ kg\ de\ P2O5\ par\ hectare$$

*Si on utilise un super phosphate dosant 45 % de P2O5, il faut donc un apport de :*

$$117 / 0.45 = 260\ kg\ de\ superphosphate\ par\ hectare.$$

Cet apport doit être réalisé lors de la préparation du terrain, avant plantation. En cours de culture l'engrais est fixé là où il est déposé. Il est inutilisable par les racines des arbres

---

#### LES BASES ECHANGEABLES (CA, K2O, MGO)

Il s'agit du calcium, du magnésium et du potassium. Les méthodes d'extraction permettent d'évaluer les quantités des différents éléments absorbés à la périphérie du complexe argilo-humique. Dans les analyses de sols les valeurs de ces éléments sont indiquées en mg/kg de leurs formes oxyde. Comme nous l'avons vu avec la CEC, seule l'interprétation à partir de leurs valeurs en cmol/kg est intéressante. Les coefficients de transformation sont donnés en annexe 7.

La plupart des analyses de sols donnent des interprétations de la valeur sous forme oxyde en mg/kg ou g/kg. Ces interprétations sont faites à partir d'abaques comme indiqués en annexe 10. Ces abaques ont été mis au point pour des sols bien précis. C'est pour cela que l'interprétation d'une analyse à partir des formes oxydes ne peut-être faite que régionalement. Attention donc lorsque l'analyse est faite dans une autre région. De plus, ces abaques ont été mis au point pour les grandes cultures, avec des objectifs de productivité très élevés. Elles ne sont pas adaptées à l'arboriculture. Enfin, elles ne tiennent absolument pas compte de la nature de l'argile et de l'humus. Dans la pratique pour avoir une interprétation exacte il faudrait une abaque par parcelle. Ce problème est résolu par la mesure de la CEC.

---

#### EXEMPLE DE REDRESSEMENT A PARTIR DES FORMES OXYDES EN MG/KG

*Le sol pris en exemple à un taux d'argile de 16% et de matière organique de 1,17% :*

<i>Valeurs en oxydes :</i>	<i>K<sub>2</sub>O = 0.132 g/kg</i>	<i>Valeurs souhaitées :</i>	<i>0.180 g/kg</i>
	<i>CaO = 1.140 g/kg</i>		<i>1.04 g/kg</i>
	<i>MgO = 0.212 g/kg</i>		<i>0.160 g/kg</i>

*Suivant les abaques il manque donc :*

*K<sub>2</sub>O = 0.048 g/kg*

*CaO = 0 g/kg*

*MgO = 0 g/kg*

*La fumure de correction à apporter est alors de :*

*10 000 (m<sup>2</sup>) x 0.3 (m) x 1300 (kg) x 0.048 (g/kg) = 187 200 g de K<sub>2</sub>O, soit par exemple 407 kg/h de chlorure de potasse dosant 46 %.*

*La CEC nous avait par contre montrée qu'il ne fallait pas fertiliser en potasse, mais au contraire apporter du calcium pour ré-équilibrer le sol.*

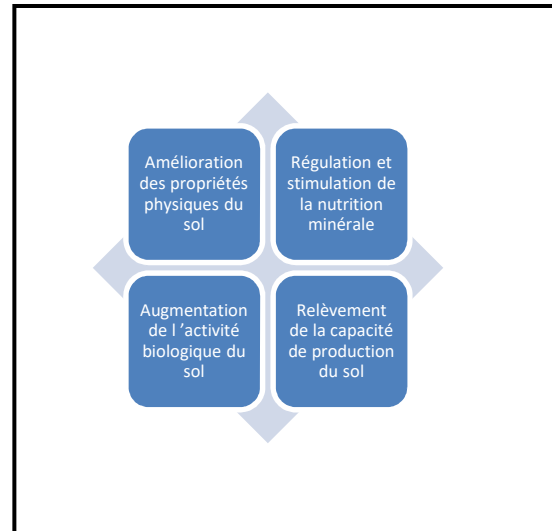
---

#### LES MATIERES ORGANIQUES

Le taux de matière organique est obtenu en dosant le carbone : M.O. = C x 1.72.

Pour une bonne interprétation du taux de matière organique, il faudrait comme nous l'avons vu tenir compte de la quantité, mais aussi de la qualité de cette matière organique. Notamment en pH trop acide ou trop alcalin les formes d'humus sont de mauvaise qualité. Les conditions d'aération, d'humidité et de température vont aussi jouer sur la qualité de la matière organique.

Il va de soit que la matière organique est un élément fondamental pour un bon état d'ameublissement, une bonne stabilité structurale, et pour l'augmentation de la réserve en eau du sol et de la fertilité du sol.



#### Valeurs souhaitables en fonction du taux d'argile

Taux d'argile en %	Teneur en matière organique en %
<10	Au moins 3
10	3
15	2.5
20	2
25	2.5
30	3
>30	au moins 3

Le taux est à redresser à la plantation. Car une condition, indispensable à une bonne évolution de la matière organique vers de l'humus stable, est son enfouissement. Sinon les micro-organismes du sol ne peuvent agir, et on risque des pertes importantes sous forme gazeuse, particulièrement pour l'azote. Par la suite, il est totalement inutile de faire des apports, l'enherbement, les bois de taille, les feuilles au sol, et la fumure minérale suffisent à maintenir le taux d'humus, et cela gratuitement.

#### EXEMPLE DE REDRESSEMENT DU TAUX DE MATIERE ORGANIQUE

*Le sol pris en exemple à un taux d'argile de 16% et de matière organique de 1,17% . Le taux souhaitable est de 2%.*

*Il manque donc par hectare 0.83 % de matière organique.*

*10 000 (m<sup>2</sup>) x 0.3 (m) x 1 300 (kg) x 0.0083 = 32 370 kg d'humus.*

*Du fumier de bovin à 20 % de M.S, avec un K1 de 50 % donne 100 kg/T d'humus.*

*Il faudrait donc 320 T/ha de fumier, qu'on ramène à 200 T/ha (limite de toxicité). Dans la pratique on limitera souvent l'apport au rang de plantation, soit 75 T/ha en localisé.*

---

## LE TAUX DE CALCAIRE TOTAL ET ACTIF

Le calcaire total correspond à la quantité totale de carbonate de calcium. Seules les particules les plus fines ont une activité chimique, c'est le pourcentage de calcaire actif.

Si sa connaissance est indispensable pour choisir les portes-greffes, sa connaissance ne rentre pas directement en ligne dans le calcul de la fertilisation. On peut juste estimer les risques de blocage en certains éléments : fer, cuivre, zinc, ...

---

## LES OLIGO-ELEMENTS

On dose en général le Bore, le zinc et accessoirement le Manganèse. Le dosage du cuivre est seulement intéressant pour évaluer les risques de phytotoxicité. L'interprétation se fait selon le pH.

## LE RELIQUAT AZOTE

Le suivi par reliquat azoté devrait être la base du raisonnement de la fertilisation azotée.

Les processus qui déterminent la disponibilité en azote minéral sont pour la plupart sous le contrôle de la microflore du sol. Il en résulte une grande sensibilité de ces transformations aux facteurs du milieu (oxygène, température) et par conséquent une difficulté à en prévoir l'intensité. Cependant, on peut distinguer les processus qui auront lieu en toutes circonstances (sauf exceptions extrêmes) : **minéralisation, organisation et nitrification** et les pertes : **volatilisation, dénitrification, lessivage** qui se produisent de manière beaucoup plus discontinue.

---

## LE CYCLE DE L'AZOTE

---

### LA MINÉRALISATION DE L'HUMUS DU SOL

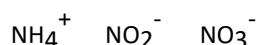
Elle correspond à la **destruction de la matière organique** humifiée ou fraîche par les micro-organismes et la microfaune du sol. Les étapes successives de destruction permet une simplification des molécules jusqu'à **obtenir l'ion ammonium  $NH_4^+$** .

La minéralisation dépend du type de sol : le coefficient annuel de destruction de la matière organique a été estimé (K2), il se situe entre 0,7 et 2 % selon les sols. Les taux d'argile et de calcaire, exerçant une protection de la matière organique face à l'attaque microbienne, vont déterminer ce coefficient de minéralisation. L'humidité et la température jouent aussi un rôle prépondérant.

---

## LA NITRIFICATION

C'est l'oxydation biologique, par des bactéries, de l'ammonium en nitrate.



Nitrosation	Nitratation
-------------	-------------

### NITRIFICATION

Ces bactéries nitrifiantes spécifiques ont un optimum d'activité pour des conditions de milieu bien définies : aérobiose stricte, grande sensibilité à la température.

---

## L'ORGANISATION DE L'AZOTE MINERAL

C'est le **passage de l'azote d'une forme minérale** (ammonium ou nitrate) **à une forme organique**. Celui-ci est réalisé lors de l'assimilation d'azote par des micro-organismes. A leur mort, l'azote est soit immédiatement reminéralisé (production de  $\text{NH}_4^+$ ), soit humifié (forme organique non vivante plus ou moins stable).

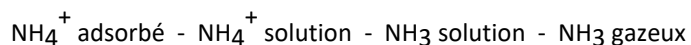
La minéralisation et l'organisation sont donc des processus qui travaillent en sens inverse, détruisant ou construisant la matière organique. Ils constituent le cycle interne de l'azote.

---

## LES PERTES GAZEUSES

- Aux dépens de  $\text{NH}_4^+$  : la volatilisation d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ )

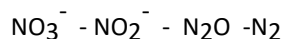
C'est un processus physico-chimique résultant de l'équilibre :



Ce phénomène est très sensible aux facteurs pédo-climatiques :

- Capacité d'Echange Cationique, déterminant la rétention de  $\text{NH}_4^+$  sur le complexe argilo-humique,
- Température et Humidité, déterminant la solubilisation et la diffusion de  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3$ ,
- pH, déterminant l'équilibre entre les formes  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NH}_3$ ,

- Aux dépens de  $\text{NO}_3^-$  : La dénitrification biologique



Cette dénitrification est favorisée en milieu pauvre en oxygène, en présence de nitrates et d'une source de carbone assimilable.

---

## LES PERTES PAR LESSIVAGE (OU LIXIVIATION)

C'est l'*entraînement des nitrates* par les eaux de percolation hors de la zone exploitée par les racines. Ces pertes sont d'autant plus importantes que la production des nitrates est importante, corrélée avec de fortes pluviométries.

---

## EVALUATION DE LA MINERALISATION NETTE

Les deux phénomènes de minéralisation et organisation ont lieu simultanément. La minéralisation nette, selon B. Mary (1996), prend en compte ces différents éléments.

Minéralisation nette = Minéralisation brute - Organisation

et Minéralisation brute = Minéralisation de base + Reminéralisation + effet " flush "

**L'organisation** correspond à l'assimilation de l'azote par la microflore du sol.

**La minéralisation de base** peut être définie comme la minéralisation brute de la matière humifiée organique d'un sol qui n'a reçu aucun résidu de culture ou autres matières organiques et où l'organisation de l'azote est faible.

**La reminéralisation** apparaît après la phase de décomposition primaire des matières organiques telles que celles des résidus de culture. L'azote des résidus est dans un premier temps organisé, mais ensuite est partiellement reminéralisé, à plus ou moins long terme.

**L'effet flush** est dû aux successions dessiccation/réhumectation ou gel/dégel qui entraîne la mort des micro-organismes et leur décomposition, produisant de l'azote minéral. Il s'accompagne d'une variation rapide de la biomasse.

Ces quatre processus nous permettent donc d'obtenir la minéralisation nette, c'est à dire la quantité d'azote minéral disponible pour la plante. Cependant, ces différents phénomènes sont sensibles aux changements de l'environnement.

---

## PREPARATION DES ECHANTILLONS POUR L'ANALYSE D'UNE TERRE

Le prélèvement est réalisé à deux profondeurs de 0 à 30 cm et de 30 à 60 cm. Pour chaque horizon quatre prélèvements sont réalisés sur les rangs sélectionnés à la tarière et mélangés entre eux.

Les prélèvements de sols sont ensuite transportés dans une glacière jusqu'au Laboratoire d'analyses de sols. L'azote total de chaque échantillon est alors mesuré sur une chaîne d'analyse.

---

## ANALYSES DE LA SOLUTION OBTENUE

On prélève 50 g de l'échantillon de terre. Ils sont introduits dans un sachet. On ajoute 50 ml de KCL à 3 g/l. Les sachets sont ensuite thermo-soudés. Les sacs sont numérotés.

On place 30 g de l'échantillon de terre dans une coupelle en alu, avec le même numéro que l'échantillon correspondant. On note le poids de la coupelle vide, le poids total (coupelle + échantillon). Le tout est placé à l'étuve 24 h.

Les sachets sont placés dans un agitateur Stas. On laisse tourner 30 minutes minimum. La partie liquide est versée ensuite dans des tubes à hémolyse numérotés.

Ces tubes passent ensuite à la centrifugeuse pendant 4 minutes à 3500 tours.

Deux méthodes d'analyses ont été comparées. La première en laboratoire suivant le protocole utilisé pour les solutions du sol.

La deuxième fait appel à un outil plus léger, le Nitrachek® 404. Le Nitrachek® est calibré suivant la température de l'air de la pièce où se fait l'analyse. Une bandelette réactive est introduite dans la solution et insérée ensuite dans l'appareil suivant le mode d'emploi.

## BILAN DES EVOLUTIONS MOYENNES EN AZOTE

La réalisation des suivis de reliquats azotés en verger a permis en 9 ans de baisser les apports de 40 % sans nuire à la qualité des vergers.

Sur la première partie de la saison les seuils d'interprétation on tenu compte de la présence des ions nitrates et ammonium. L'utilisation des seules valeurs en nitrates conduirait à surfertiliser les vergers. Un outil comme le Reflex ou le suivi en laboratoire est plus approprié.

Ceci nous conduit à proposer comme seuils d'interprétation en vergers le tableau suivant :

Teneur dans le sol de 0 à 60 cm en azote minéral suivant les stades phénologiques

	Débourrement à la floraison	Floraison à fin mai	Début juin à la récolte
Niveau faible $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	<40 unités	<60 unités	<40 unités
Niveau normal $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	40 à 60 unités	60 à 80 unités	40 à 60 unités
Niveau fort $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$	>60 unités	>80 unités	>60 unités

En raisin de table il apparaît que les libérations d'azote sont beaucoup plus faibles qu'en vergers.

Les résultats ne permettent pas encore d'établir de seuils de références pour apporter des compléments de fertilisation azotée.

## L'ANALYSE FOLIAIRE

### L'INTERET DE L'ANALYSE FOLIAIRE

Les analyses de la solution du sol permettent de jauger la richesse du sol en éléments minéraux disponibles pour la plante mais ne disent pas comment l'arbre utilise ce potentiel. Seule la **consultation du végétal** lui-même est susceptible de fournir des indications sur l'état de son alimentation. C'est une indication à posteriori des conditions d'alimentation minérale de l'année. Cet outil permet de juger de la validité des stratégies de fertilisations mises en place à partir de l'analyse de sol, du reliquat azoté et de l'appréciation de la nouaison du verger.

Les besoins nutritifs peuvent être évalués par **l'analyse chimique des feuilles**. Mais la feuille étant un lieu de passage, elle a une composition en évolution permanente. Il convient donc de tenir compte du temps, des caractéristiques de l'organe (âge, emplacement) si on veut en tirer des conclusions valables.

Pour cela, il faut mettre en place un protocole du diagnostic foliaire et le suivre scrupuleusement.

---

## LE PROTOCOLE

---

### LE PRELEVEMENT

- lieu de prélèvement :
- Il faut choisir 20 ou 30 arbres sains et homogènes, représentatifs de la parcelle et au cours des années, prélever toujours sur les mêmes arbres.
  - date de prélèvement :
- Il faut toujours prélever à la même époque :
  - 70 à 90 jours après la pleine floraison (stade F2) pour le pommier et le poirier.
- 70 80 jours après le stade F2 pour le prunier.
- 105 jours après le stade F2 pour l'abricotier, l'amandier et le pêcher.
- 45 jours pour le cerisier
  - 90 jours après la floraison pour le Kiwi.
  - caractéristiques du prélèvement :
  - il faut choisir le rameau à bois de l'année représentatif de la vigueur et de la croissance moyenne de l'arbre (éliminer les gourmands),
  - prélever à hauteur du bras levé des deux côtés du rang,
  - choisir la feuille située au milieu du rameau, la cueillir avec son pétiole,
  - au total, prélever 100 à 200 feuilles.

---

### LE CONDITIONNEMENT DES FEUILLES



Les feuilles collectées sont placées dans des sacs plastiques neufs et perforés et en attente d'être portées au Laboratoire d'analyse ; elles sont stockées dans une glacière ou au froid à 4-5°C pour qu'elles conservent toutes leurs caractéristiques.

## L'ANALYSE DES FEUILLES

L'analyse se fait au plus tard le lendemain de la cueillette. Elle porte en particulier sur la teneur en azote exprimée en % de matière sèche (% MS).

## L'EXPLOITATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus sont comparés à des valeurs de référence propres à chaque espèce et même à chaque variété.

### Seuils de références

	N (% MS)	P (% MS)	K (% MS)	Ca (% MS)	Mg (% MS)
Pommier :	2,2 à 2.4	0.22	1.13 à 1.75	1.25	0.22 à 0.3
Prunier	2,4 à 3	0.14 à 0.25	1.6 à 3.0	1.5 à 3.0	0.3 à 0.80
Pêcher:	3,5	0.25	2.71	2.28	0.45
Cerisier	2,2 à 2.6	0.14 à 0.25	1.6 à 3.0	1.4 à 2.4	0.3 à 0.80
Poirier	2,0 à 2.5	0.15 à 0.30	1.2 à 1.6	1.2 à 1.8	0.20 à 0.30
Raisin Chasselas	1,6 à 1,8	0,20	1,7 à 1,8	1,7	0,22
Raisin Muscat	1,8 à 2,0	0.18 à 0.19	1,5 à 1,7	1,8 à 2,0	0.22

Source : MARTIN-PREVERT P. et al. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. 1984.

Cette pratique n'est utile que si elle est renouvelée chaque année. Seule une observation continue peut mettre en évidence les orientations nutritionnelles véritables du verger.

L'analyse de la feuille d'une année reflète surtout le **passé culturel de la parcelle** et très peu le présent qui, lui, va décider, en grande partie, de l'importance de la récolte l'année suivante. Seul un suivi sur plusieurs années permet l'établissement de prévisions et donc d'une politique de fertilisation.

Le diagnostic foliaire doit permettre de faire réaliser aux arboriculteurs des économies sur les frais de fertilisation de 30 à 60 % par rapport aux fumures précédemment pratiquées.

## LES LIMITES DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE

L'analyse foliaire est essentiellement un **diagnostic de nutrition**. Appliqué dans des conditions bien définies, il indique si l'alimentation minérale des arbres constitue un facteur limitant ou non de leur croissance et de leur production. Si le diagnostic foliaire signale des anomalies de la nutrition, il ne rend pas compte de leurs origines. La connaissance du sol, du verger et des conditions de culture restent indispensables à qui veut proposer des solutions à une situation critique.

## LA MISE EN ŒUVRE DE LA FERTILISATION

### MESURES COMPLEMENTAIRES AU RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION

#### L'ENHERBEMENT

A l'heure actuelle, la majorité des vergers sont enherbés. La présence de ce **couvert végétal permanent** entre les rangs constitue un **"piège à nitrates"** efficace, limitant les risques de lessivage.

L'enherbement améliore à la fois les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. Il présente une action structurante sur les agrégats du sol ainsi qu'un effet de décompaction. Les racines pénètrent donc plus facilement le sol et le volume prospecté est supérieur. Il accroît également le taux de matière organique dans le sol. De plus, il favorise le développement des bactéries et des champignons du sol, principaux acteurs des processus biochimiques responsables de la fertilité des sols.

Il nécessite néanmoins un **entretien** : il doit être fauché régulièrement pour ne pas générer une compétition trop forte pour l'eau, pour ne pas favoriser les gelées printanières et pour ne pas abriter certains ravageurs.

#### LA FERTILISATION LOCALISEE

La colonisation latérale du sol par les racines des plants se fait progressivement et peut ne jamais être totale. Aussi la migration des engrais solubilisés se faisant verticalement, tout épandage en dehors de la zone d'action racinaire de la culture risque d'être mal valorisée. C'est pourquoi, aujourd'hui, les producteurs pratiquent la fertilisation localisée au rang pour diminuer les coûts d'intrants et éviter un lessivage important.

#### LE FRACTIONNEMENT DES APPORTS

Les apports se font maintenant en plusieurs fois pour éviter les problèmes de lessivage et pour essayer de suivre au plus près les besoins des arbres. Deux apports sont en général réalisés au printemps.

## LE CHOIX DES ENGRAIS

Le choix des différents engrais se fera suivant leurs principales aptitudes par rapport à la plante et au sol. Toutes les formulations distribuées dans la région de Midi-Pyrénées ne seront pas présentées ici. En effet ce marché, très concurrentiel, incite certains fabricants à proposer continuellement de nouvelles formulations. Leurs équilibres ne présentent pas forcément un intérêt pour des fumures équilibrées.

### LES ENGRAIS SIMPLES

Ce sont des engrais ne contenant qu'un seul des fertilisant principaux (N, P, K et Mg).

### LES ENGRAIS AZOTES

La teneur en azote de l'engrais est exprimée en pourcentage d'azote (N). Tous ces engrais azotés simples sont acidifiant. Au final tous ces engrais donneront des formes nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) qui seront assimilées par les racines. Le cycle de transformation de l'urée et de l'ammoniaque ( $\text{NH}_4^+$ ) dépend fortement des conditions de températures et d'humidité du sol.

Nature de l'engrais	Forme	Prix H.T /100 kg	Coût de l'unité	pH	Observations
Perlurée	46 % d'azote uréique	37	0.80	4 à 8,5	Risques de lessivage. Le cycle de transformation de l'urée est plus long par temps froids.
Sulfate d'ammoniaque	21% $\text{NH}_4^+$ + 58 à 60 % $\text{SO}_3^-$	41.40	1.97	4 à 8,5	Engrais très acidifiant Forme non lessivable immédiatement Intéressant en Terrefort calcaire .
Ammonitrate	16.5 % $\text{NH}_4^+$ 16.5 % $\text{NO}_3^-$	38.07	1.14	4 à 8.5	Engrais le plus polyvalent par son action à la fois rapide( nitrique) et prolongée (ammoniacale).

Références prix année 2018

## LES ENGRAIS PHOSPHATES

La teneur en phosphore de l'engrais est exprimé en pourcentage d'hydroxide phosphorique ( $P_2O_5 = 2,3 \times P$ ). La nature du phosphore conditionne sa solubilité.

Les engrais phosphates simple monocalciques

Nature de l'engrais	Forme	Prix H.T /100 kg	Coût de l'unité	pH	Observations
Superphosphate Normal de chaux	18 % $P_2O_5$ 50% à 38 % CaO 27 à 30 % de $SO_3^-$	30	1.67	4 à 8,5	Solubilité rapide dans le sol (93% soluble dans l'eau). Efficace dans tous type de sols en fumure entretien et fond. Neutre sur le pH.
Superphosphate concentré	25% $P_2O_5$ 37 % CaO 20% $SO_3^-$	37	1.47	4 à 8,5	Même caractéristique que le 18%. Intéressant en binaire en 0-25-25 pour les fumures d'automne.
Superphosphate triple	45 $P_2O_5$ 20 à 3% de CaO 12 à 2 % $SO_3$	47.67	1.06	4 à 8.5	Solubilité rapide dans le sol(93% soluble dans l'eau). Efficace dans tous type de sols en fumure entretien et fond. Neutre sur le pH.

## LES ENGRAIS POTASSIQUE

Le dosage de ces engrais ne s'exprime pas en potassium mais en oxyde de potasse ( $K_2O = 1.23 \times K$ ).

Nature de l'engrais	Forme	Prix H.T /100 kg	Coût de l'unité	pH	Observations
Sulfate de potassium	50% de $K_2O$ 45% $SO_3^-$	62.85	1.26	4 à 8,5	Recommandé pour les grosses fumures de fond. En fumure d'entretien le positionner au printemps pour profiter de l'effet soufre.
Chlorure de potasse	60% de $K_2O$ 47 % de Cl	40.93	0.67	4 à 8.5	Aux doses utilisées (100 à 150 U/ha/an) le chlorure ne pose pas de problème en fertilisation d'entretien et est deux fois moins cher que la forme sulfate. A positionner plutôt à l'automne pour que les chlorure soit lessivés pendant l'hiver .

Références prix année 2018

## LES ENGRAIS MAGNESIEN

Le dosage de ces engrais ne s'exprime pas en magnésium mais en oxyde de magnésium(MgO) .

Nature de l'engrais	Forme	Prix H.T /100 kg	Coût de l'unité	pH	Observations
Sulfate de magnésie	16% de MgO	34	2.13	4 à 8,5	Solubilité rapide. A utiliser préférentiellement en sol carencé pour redressement. Utilisable en pulvérisation foliaire en cas d'apparition de carence.
Sulfate et oxyde de magnésie en granulé	48% de MgO 26% SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34	1.36	4 à 8,5	Solubilité moins rapide que le sulfate pur. S'utilise pour corriger les carences au sol..
Kieserite	26% de MgO 54% SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40	1.54	4 à 8,5	C'est un sulfate de magnésie riche en soufre. A utiliser au sol en correction de carences.

Références prix année 2018

## LES ENGRAIS COMPOSES BINAIRES

Ce sont des engrais apportant au moins deux éléments fertilisants et formés généralement par un mélange d'engrais simples. Ils ont donc les caractéristiques de chacun de ces engrais.

Nature de l'engrais	Forme	Prix H.T /100 kg	pH	Observations
Phosphate d'ammoniaque	18-46-0 18% NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 46 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	85	4 à 8.5	Azote sous forme ammoniacal et phosphore sous forme de superphosphate soluble citrate et eau. Intéressant en fumure de début de printemps les premières années de plantation, pour aider la croissance des jeunes arbres.
Nitrate de potasse	13-0-46 13% NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 46 % K <sub>2</sub> O	79	4 à 8.5	Engrais intéressant après floraison et Durant le grossissement du fruit. Permet d'avoir un effet rapide de l'azote et de compléter la fumure potassique.
Nitrate de chaux et de magnésie	15% d'azote total dont	52	4 à 8.5	Engrais azoté à action rapide. Sur les variétés sensibles au manque de

	13.7 % NO <sub>3</sub> - 1,3%NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  8% MgO 14% Cao			calcium et de magnésie à apporter durant le grossissement du fruit.
Patenkali	28 % K <sub>2</sub> O 10% MgO 50% SO <sub>3</sub> -	70	4 à 8.5	Cet engrais peut être utilisé pour la fumure de fond ou à apporter à l'automne pour la fumure d'entretien en potasse et en magnésie,
Superpotassique (0-25-25)	0-25-25 25% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 25% K <sub>2</sub> O	120	4 à 8.5	Associe le chlorure de potasse et le super phosphate. Intéressant en apport à l'automne comme fumure d'entretien. La dose est calculée suivant les besoins en phosphore.

Références prix année 2018

La base de la fertilisation sera réalisée à partir d'engrais simple ou binaire, plutôt que d'engrais composé.

## LES ENGRAIS COMPOSES

Ils associent trois à quatre éléments fertilisants. Ils sont obtenus soit par mélange d'engrais simple ou binaire, soit par des réactions chimiques complexes. Ils sont faciles d'emploi car ils apportent tous les éléments fertilisants en même temps. Mais malgré leur diversité, **ils ne sont que très rarement** à la fois compatible avec les exigences de la culture et le type de sol. Ils peuvent parfois être utilisés à la sortie de l'hiver, s'ils sont faiblement dosés en azote.

On distingue parmi les engrais composés, les **engrais enrobés** et les **engrais avec retardant de nitrification**. Les engrais enrobés sont utilisés en horticulture pour libérer progressivement les éléments fertilisants. Ils ne présentent pas d'intérêt particulier en arboriculture.

Le principe des engrais composés, qui associent dans leur composition un retardant de nitrification, est plus intéressant. On limite ainsi les risques de lessivage des nitrates. La libération d'azote, suivant les conditions d'humidité et de température du sol au printemps, répond mieux aux besoins des arbres. Leur formulation sous forme d'engrais composés limite leur intérêt pour le moment.

## LES ENGRAIS ORGANIQUES ET ORGANO-MINERAUX

Les engrais organiques sont composés de matières animales ou végétales, sans ajouts de fertilisants minéraux. La teneur minimale en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O doit être de 3%. Ils doivent avoir au moins 1% d'azote sous forme organique.

Ils sont la seule source de fertilisation utilisable en agriculture biologique, avec les amendements organiques. Leurs efficacités est comparable à des engrais chimique à la condition essentielle d'être enfouis. Dans le cas contraire on peut perdre jusqu'à 80 % de l' aazote organique apporté sous forme gazeuse. Sinon aux doses indiquées ils ne contribuent pas à élever les doses d'humus. Il faut noter que seule la matière organique d'origine végétale (présence de matières carbonées), fournit de l'humus au sol en se décomposant. Tous les autres (guanos, poudres de cornes et d'os) ne fournissent que des éléments minéraux. Le but de la fertilisation est d'arrivé en avril, avant le pic de besoin, à avoir un stock d'azote minéral de 40 à 60 unités d'azote dans les 60 premiers centimètres du sol.

## CHOIX DES ENGRAIS ORGANIQUE DE PRINTEMPS

Il faut des engrais organique capable de fournir rapidement de l'azote minéral en mai.

Nature du produit	Teneur en Azote total	% de l'azote total sous forme minérale	% minéralisation après 14 semaines à 20°C	Autres éléments apportés
Guano(*)	13% 14 %	9%	90%	7 à 8 % P 3 à 4 % K
Farine de plume(*)	9% à 10 %	9%	70%	-
Vinasse de betterave(*)	de 3 à 4%	5%	70%	0,4 à 0,5 % P 5 à 7 % K

(\*) la composition varie en fonction de l'origine, sont indiquées ici les teneurs les plus fréquentes.

## QUANTITES

Les quantités à apporter dépendent du reliquat azoté présent dans le sol en sortie d'hiver. Ces quantités varient chaque année suivant l'historique et les conditions pédo-climatiques de la parcelle.

## LES ENGRAIS ORGANO-MINERAUX

Les engrais organo-minéraux contiennent à la fois des matières azotées organiques et des matières fertilisantes minérales. Là aussi ils ne contribuent pas à élever le taux d'humus du sol et le coût de l'unité fertilisante est très élevé. De plus ils ne sont pas utilisables en agriculture biologique si les minéraux ne sont pas issues de roches naturelles.

FERTILISATION ANNUELLE EN P ET K

Comme nous l'avons vu, le redressement du sol en phosphore, magnésium et potasse doit être fait à la plantation. Par la suite la fertilisation pour ces éléments aura pour but essentiellement de compenser les exportations (tableau : Kg d'unités fertilisantes par tonne de fruits, p. 21). Si le sol se situe à un niveau élevé, l'impasse totale pour ces éléments peut-être envisagée. Sinon la meilleure époque se situe à l'automne. L'apport se fera en plein avec un engrais de type 0-25-25. En effet pour le phosphore le principal intérêt est d'éviter que l'enherbement épuise les réserves du sol en surface. On améliore ainsi la résistance au tassement.

Pour limiter les passages il est aussi possible d'apporter un engrais complet faiblement dosé en azote au mois de mars, de type 6-15-30. Là aussi, l'apport est réalisé en plein. En apport au sol il faut avoir conscience que la fertilisation n'arrivera aux racines des arbres que 2 à 3 ans après pour la potasse, et pour la très grosse majorité (90 à 60 %) jamais pour le phosphore. On calcul la dose sur l'apport total de phosphore. Le complément en potasse et ensuite apporté avec l'azote si nécessaire.

FERTILISATION ANNUELLE EN N

Il faut que l'arbre dispose d'**azote assimilable (nitrates) au printemps**. Par contre, il est inutile d'apporter de l'azote au delà du mois de juin, d'autant plus qu'un apport tardif peut avoir des conséquences néfastes sur le fruit (bitter-pit, problème de conservation).

En **automne**, les besoins de la partie végétative de l'arbre étant faibles et le **lessivage important**, l'apport d'azote est à raisonner soigneusement. Un apport d'azote à cette époque est nécessaire uniquement lorsque le niveau du sol est à un niveau insuffisant pour assurer une bonne mise en réserve dans l'arbre. Seul le suivi par reliquat azoté permet de raisonner cet apport. Sinon une forte absorption d'azote en automne rend les arbres sensibles au froid (retard de l'aoûtement), et on accroît les risques de lessivages.

Pour aider les arboriculteurs, des conseils sont donnés par la Chambre d'agriculture.

Pour les pommiers, on obtient :

Époque	Quantité	Type d'engrais
avant débourrement	0 à 40 unités	Ammonitre ou Nitrate de chaux
nouaison à basculement du fruit	0 à 60 unités	Ammonitre ou Nitrate de chaux ou Nitrate de potasse
automne : après récolte à fin octobre	0 à 30 unités	Urée (si possible en foliaire) ou 6-15-30 ou organique



Pour les pruniers :

Époque	Quantité	Type d'engrais
février	0 à 40 unités	Ammonitre
durcissement du noyau	0 à 60 unités	Nitrate de potasse
grossissement du fruit	éventuellement 0 à 60 unités	Nitrate de potasse
automne	éventuellement 0 à 30 unités	6-15-30 ou organique

Il est recommandé de bien raisonner sa fertilisation en azote car tout excès ou carence peut avoir de graves conséquences sur l'arbre et sa production.

Les excès d'azote sont pénalisants pour la qualité des fruits :

- ils aggravent la concurrence végétative du fait du maintien des pousses en période estivale, qui rationnent l'eau aux dépens des fruits,
- cette activité végétative tardive entraîne un retard de fructification et de maturation,
- il a été montré que plus les apports d'azote sont importants, plus l'indice réfractométrique (= teneur en sucre du fruit) est bas, qu'il soit mesuré à la récolte ou après conservation,
- enfin, les excès d'azote conduisent à des accidents de conservation (développement de bitter-pit, sensibilité aux attaques fongiques).

Il semblerait que les arbres à fruits à pépins soient plus sensibles aux excès d'azote que les arbres à fruits à noyaux.

Il est souvent préconisé aux producteurs de réduire leurs apports d'azote par crainte d'un lessivage important qui irait polluer les nappes phréatiques. Mais il faut prendre garde à ne pas diminuer les doses à l'extrême, ce qui pourrait carencer l'arbre.

Le manque d'azote se manifeste par un **mauvais état général de l'arbre**, un développement réduit et une chlorose des feuilles. Sur les fruits, on observe une évolution plus rapide que ce soit au verger, à l'étalage ou en chambre froide.

## CONCLUSION

La nécessité d'un raisonnement de la fumure, et surtout des intrants azotés, est comprise depuis plusieurs années pour essayer de concilier au mieux **azote-verger-environnement**.

Globalement on observe depuis de nombreuses années une baisse significative des apports azotés, sans baisse de rendement, ni de qualité pour les fruits en verger. Cette principale évolution provient d'une meilleure prise en compte des fournitures en azote minéral du sol durant les mois de mai et juin, par le biais de mesures ou d'estimations tenant compte des caractéristiques de sols et des conditions climatiques. En effet souvent seuls les premiers apports en mars et avril sont réalisés par les arboriculteurs. Lorsque l'on constate une remontée suffisante des quantités d'azote minéral dans le sol, il n'est pas nécessaire de renouveler les apports en mai et juin. Les suivis de l'état de nutrition azotée des arbres par les analyses foliaires confirment que l'on arrive à une alimentation azotée satisfaisante avec des apports inférieurs à une centaine d'unités dans la plupart des cas.

Ce constat montre qu'un raisonnement de la fertilisation azotée soucieux de l'environnement peut être compatible avec les objectifs de production, tant qualitatifs que quantitatifs, des arboriculteurs.

## BIBLIOGRAPHIE

BLAIZE Denis. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA. 1988. p123

CHAMBONNIERE S., LARRIEU J.F., SAGNES J.L. Chambre d'agriculture Tarn et Garonne. **L'azote en arboriculture fruitière**. Mai 1997

CHAMBONNIERE S., LARRIEU J.F., SAGNES J.L. Chambre d'agriculture Tarn et Garonne. **Comment aborder la Directive Nitrates en arboriculture fruitière**. Mai 1997.

GAUTIER Michel. La culture fruitière - volume 1- L'arbre fruitier. La fertilisation et l'irrigation des vergers. 1993. pp 45-47, pp 274-281

GIGLEUX-SPITZ C. Infos - Ctifl. **Mirabelier, Approche des besoins en azote**. Septembre 1997, pp 34 - 39

HUGUET Claire, BORIOLI Pascal. Le programme des vergers de référence. Assemblée générale du COVAPI. 24 avril 1984.

HUGUET Claire. **L'arboriculture fruitière. Spécial fertilisation**. Mai 1988. N °406

INRA Institut National de Recherche Agronomique. Nitrates-Agriculture-Eau. International Symposium organized by Institut National Agronomique Paris-Grignon. 1990

Measurement of nitrate leaching : a review of methods. ADISCOTT T. Mpp 157-168 Systèmes de culture, systèmes d'élevage et pollutions azotées.

LARRIEU J.F.. Chambre d'agriculture de Tarn et Garonne. Gestion d'un réseau irrigation et fertilisation en arboriculture fruitière en Midi-Pyrénées. 1996

LARRIEU J.F., LERALU F., AUTIN G. Fruits et Légumes. Gestion d'un réseau d'irrigation en arboriculture fruitière en Midi-Pyrénées. Mai 1997, pp 22-23.

LARRIEU J.F., SALSE J., CHAMBONNIERE S., SAGNES J.L. Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne. **Raisonnement de la fertilisation azotée en verger**. 1998.

LARRIEU J.F. Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne. Gestion d'un réseau de parcelles de références fertilisation azotée en verger. 2000.

LARRIEU J.F. Edition France Agricole. Guide de la fertilisation raisonnée du Comifer 2017, pp 390-399

MARTIN-PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P. L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. 1984 p 131

MULLER Jean-Charles. Un point sur trente ans de lysimétrie en France 1960-90. 1996. pp 5-84 OPERATING INSTRUCTIONS FOR THE MODEL 1990 SOIL WATER SAMPLER

PEYREMORTE Paul et al. **Fruits et légumes. Tensiométrie et pilotage des irrigations**. n ° 117. Mars 1994. pp 28-29

QUARTIERI M., TAGLIAVINI M., MILLARD P., MARANGONI B. **The Fourth International peach Symposium- INRA** - Juin 1997.

Storage and remobilisation of nitrogen in peach trees as affected by the timing of N uptake.

REMY J.MC., WERY J. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Nouveaux outils de diagnostic pour une meilleure gestion de l'eau et de l'azote dans les parcelles cultivées. 20 février 1997.

## Chambre d'Agriculture de Tarn et Garonne

130, avenue Marcel Unal  
82017 Montauban cedex

Tél : 05.63.63.30.25

Fax : 05.63.63.86.25

Email: [accueil@agri82.fr](mailto:accueil@agri82.fr)

*Notre force est dans notre nature*

Retrouvez-nous sur le Web :

<https://agri82.chambre-agriculture.fr/>

« LA FERTILISATION RAISONNEE  
EST UNE DES COMPOSANTES  
DE L'AGRICULTURE RAISONNEE  
RESPECTUEUSE DE  
L'ENVIRONNEMENT. »

*Comité Français d'Etude et de  
Développement de la fertilisation  
raisonnée*

