

CTIFL

CT100/314

la fertilisation des cultures légumières



LA CAGETTE PLASTIQUE RÉUTILISABLE

FL

MISE AU POINT PAR LE CTIFL
Pour LA PROFESSION

ROBUSTE : Les produits sont mieux protégés
STANDARDISÉE : Les manipulations sont plus faciles
RÉUTILISABLE : Les coûts emballages sont réduits

600 x 400
normes européennes
H 130, 170, 215

ASSOCIATION EMBALLAGES FRUITS ET LÉGUMES

4 bis, rue de CLERY, 75002 PARIS. Tél. 236.31.41



LA FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES

Henri ZUANG

Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes

On peut, avec A. Anstett, définir la fertilisation dans son sens le plus large « comme l'ensemble des techniques agronomiques permettant d'amener un sol à son niveau de production optimal et de l'y maintenir ».

Le but de cet ouvrage est de fournir aux producteurs et aux techniciens les données concernant l'application de ces techniques, et plus spécialement la fumure, aux espèces légumières et maraichères.

Il a été réalisé grâce à la collaboration personnelle de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens (cf. liste p. 2).

Sommaire en pages 4 et 5.

Index alphabétique en page 387.

Photo de couverture : Document SOPEXA Paris
(Photo B. Chaudanson)

**CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL
DES FRUITS ET LÉGUMES**

**CTIFL, 22, rue Bergère, 75009 PARIS
Tél. (1) 246.87.66**

COLLABORATEURS DE L'OUVRAGE

Ont participé à la rédaction des parties suivantes :

- Analyses de sol et leur interprétation :

M^{me} Claire HUGUET, INRA Station de Science du Sol et d'Agronomie, Montfavet.
G. DUCLOS, Société du Canal de Provence.
M. MUSARD, CTIFL Centre de Balandran (Gard).
J.-P. THICOÏPE, CTIFL Centre de Balandran (Gard).

- Irrigation fertilisante :

J. DUMOULIN, CTIFL Centre de Balandran.
M. DUPUY, conseiller agricole
M. MUSARD.
J.-P. THICOÏPE.

- Fumure carbonée:

C. WACQUANT, CTIFL Centre de Balandran.

Ont apporté leur concours à la totalité de l'ouvrage :

D. ADAM, CTIFL Paris.
A. ANSTETT, Directeur du Laboratoire de recherche de la chaire de chimie et science du sol. École Nationale Supérieure d'Horticulture de Versailles.
J.-M. LEFEBVRE, INRA Station de Science du Sol et d'Agronomie Dijon.

Ont apporté leur concours :

- Au rappel de notions générales :

M^{me} C. HUGUET.
G. DUCLOS.
G. MONNIER, INRA Station de Science du Sol Montfavet.
M. MUSARD.

- Aux amendements argileux, sableux, calciques et magnésiens :

M^{me} C. HUGUET.
G. DUCLOS.

- Aux amendements organiques :

C. JUSTE, INRA Station d'Agronomie Bordeaux.
F. LEMAIRE, INRA Station d'Agronomie Angers.

- A l'irrigation fertilisante :

M^{me} Christiane LESAIN, INRA Laboratoire d'étude du métabolisme intermédiaire et nutrition minérale, Versailles.

- Aux carences, toxicités et accidents végétatifs divers :

COPPENET, INRA Station d'Agronomie, Quimper.
C. JUSTE.

- Aux fiches de fertilisation par espèces :

M^{me} Denise BLANC, INRA Station d'Agronomie et de Physiologie Végétale d'Antibes.

G. GILLY, INRA Station d'Agronomie Antibes.

J. DUMOULIN.

J.-J. GERST, CTIFL Colmar.

J. LE BOHEC, CTIFL Saint-Brieuc.

B. MOREAU, CTIFL Blois.

M. MUSARD.

J. ODET, CTIFL Centre de Balandran.

J. PELLÉTIER, CTIFL Carquefou (Loire-Atlantique).

M. SCHIRMER, CTIFL Carquefou (Loire-Atlantique).

D. VESCHAMBRE, CTIFL Bordeaux.

Ont transmis des informations orales et écrites :

J. PANINE, Compagnie du Bas-Rhône Languedoc Nîmes.

PEYREMORTE, Société du Canal de Provence.

- Secrétariat :

M^{me} Thérèse PUEL, CTIFL, Centre de Balandran (Gard).

Il a été également fait usage des ouvrages, notes et comptes rendus d'essai de MM. ANSTETT, LAUMONNIER, PRATS, et de COFAZ, CTIFL, INVUFLEC, SCPA (voir les bibliographies en annexe de chaque chapitre et la liste des principaux ouvrages).

SOMMAIRE

Avant-propos	7
<hr/>	
● RAPPEL DE QUELQUES NOTIONS GÉNÉRALES	9
<hr/>	
A. Les besoins des plantes en éléments nutritifs	9
B. Le sol et ses caractéristiques	12
<hr/>	
● LES TECHNIQUES DE FERTILISATION ET LEUR APPLICATION	17
<hr/>	
A. Amélioration ou maintien des caractéristiques du sol	17
1. caractères physiques.	
2. caractères chimiques.	
3. caractères microbiologiques.	
B. Principales techniques de fertilisation	18
1. le travail du sol	19
2. les amendements argileux	19
sableux	20
calcaïques	23
organiques	23
3. la fumure	48
4. l'irrigation	60
5. l'irrigation fertilisante	61
6. la fumure carbonée	79
<hr/>	
● LES ANALYSES ET LEUR INTERPRÉTATION	91
<hr/>	
A. Les analyses :	
I. analyses physiques et chimiques des terres et leur interprétation .	91
II. analyses du végétal	114
III. analyses microbiologiques	115
B. L'interprétation et les conseils qui en découlent	116

● **CARENES, TOXICITES ET ACCIDENTS VÉGÉTATIFS DIVERS** 127

A. Les carences	127
I. généralités	127
II. carences en éléments majeurs	134
III. carences en oligo-éléments	139
IV. techniques de correction	153
B. Les toxicités	156
I. généralités	156
II. les principaux agents de toxicité	156
C. Accidents végétatifs divers	160
Planches en couleur	130 et 150

● **PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA FERTILISATION** 165

A. généralités	165
B. fertilisation et milieu vivant du sol	168
C. prélèvements, exportations et pertes	170
D. fertilisation et qualité	172
E. fertilisation sous serre	174
F. fertilisation des pépinières	177
G. précautions à prendre pour limiter la pollution des eaux	178
H. législation sur les teneurs en nitrates des produits	181

● **FICHES DE FERTILISATION PAR ESPÈCE** 191

Conception des fiches et plan général	191
Fiches par espèces, par ordre alphabétique	193

● **ANNEXES**

Laboratoires d'analyses	380
Quelques adresses utiles	383
Liste des principaux ouvrages	386
Index alphabétique	387
Publications disponibles au CTIFL	392
Publications à paraître	395
Liste des annonceurs	395

framboisiers
INRA-CTIFL
cassissiers
groseilliers
mûres géantes
fraisiers

*planteurs qui recherchent les meilleures variétés
plantez les sélections,
les nouvelles variétés
et exclusivités de FRUIROSE*

**les spécialistes
des arbustes
à petits fruits**

*

Association Pépinières FRUIROSE

FRUIROSE NORD
35 bis, rue de Chauny
60400 NOYON
Tél. (04) 444-03-07

FRUIROSE SUD-EST
Loisin
74140 DOUVAIN
Tél. (50) 94-11-69

FRUIROSE SUD-OUEST
Le Tatre
16360 BAINES-
Ste-RADEGONDE
Tél. (45) 78-41-68

Avant-propos

Si les ouvrages en langue française sur la fertilisation des cultures agricoles sont relativement rares, nous n'en connaissons pas un seul sur la fertilisation des cultures légumières. Henri ZUANG comble donc une lacune importante.

On peut se demander pourquoi il a fallu attendre 1981 alors que la fertilisation en maraîchage était intensive même avant l'ère de l'industrie chimique des engrais où le fumier à haute dose subvenait aux besoins importants par unité de temps de nos légumes.

A notre sens, il faut surtout y voir l'absence de données scientifiques. En effet, il était normal que la recherche agronomique s'occupe d'abord des plantes de grandes cultures à incidence économique importante plutôt que de plantes maraîchères. Il y a 25 ans, nous n'étions que 2 ou 3 chercheurs du département Agronomie de l'I.N.R.A. à tenter de remplacer l'empirisme qui régnait dans la fertilisation des cultures légumières par une doctrine de fumure mais qui nécessitait au préalable des déterminations d'ordre analytique complétées par de l'expérimentation. Dans ce dernier domaine, l'ex INVUFLEC à présent C.T.I.F.L. où œuvre Henri ZUANG a apporté une contribution indispensable pour comprendre, en particulier, l'incidence régionale dans l'élaboration des plans de fumure.

On dispose donc, à présent, de données scientifiques tant d'origine française que d'origine étrangère permettant d'abandonner l'information plus ou moins fragmentaire et de regrouper dans un ouvrage l'état actuel de nos connaissances, c'est ce qui a été fait par Henri ZUANG.

Cet ouvrage comporte en gros, deux volets, le premier est de caractère général, et englobe l'étude des différents facteurs de fertilité et le mode d'action du praticien sur ceux-ci, à cela s'ajoute le contrôle de l'alimentation minérale de la plante. Le second volet correspond à l'étude, espèce par espèce, de leur fertilisation. Si le praticien trouve dans cette dernière partie des exemples concrets de fumure, il en trouve toutes les explications dans le premier volet.

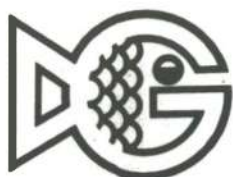
La fertilisation des cultures légumières est en ce sens plus complexe que celle des cultures agricoles car l'on a des degrés d'intensité très variable selon qu'on se situe en culture légumière champêtre, en culture maraîchère sous plastique et en culture sous serre chauffée ; en outre, souvent la même espèce est cultivée aussi bien en jour de durée croissante (printemps) qu'en jour de durée décroissante (automne) et les besoins nutritifs sont variables selon ces conditions. La difficulté de présenter de manière claire ces problèmes complexes a été parfaitement maîtrisée par Henri ZUANG, ce dont on doit le féliciter.

Enfin, je me permettrai d'ajouter une petite note d'ordre personnel. Henri ZUANG a dû me subir quand j'étais jeune professeur et il est reconfortant pour un enseignant de voir certains anciens élèves prendre le relais surtout quand cela se fait brillamment comme c'est le cas.

A. ANSTETT,

*Professeur, Directeur du Laboratoire
de recherche de la chaire de chimie
et science du sol*

*Ecole Nationale Supérieure d'Horticulture
de Versailles
Institut National de la Recherche Agronomique.*



Dans les principales
régions légumières

de nombreux professionnels
nous font confiance pour :

- une production en QUANTITE
en QUALITE
- le maintien de la fertilité des sols

LA Cie ANGIBAUD
propose une gamme complète
de fertilisants organiques :

- **LE GUANUMUS**
véritable guano de poisson :
engrais organique humigène et anti-carences.
- **LES GUANOS DE POISSON
COMPLEMENTES
EN MINERAUX**
- **DES AMENDEMENTS
ORGANIQUES VEGETAUX**
présentant toutes garanties sanitaires.

Pour tous renseignements

Cie du GUANO de POISSON ANGIBAUD

Rue de Roux - B.P. 93 - 17004 LA ROCHELLE CEDEX

Tél. (46) 44.02.04

Rappel de quelques notions générales

A. LES BESOINS DES PLANTES EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS

1. QUELS SONT LES ÉLÉMENTS INDISPENSABLES A LA VIE DE LA PLANTE ?

L'analyse des plantes montre qu'elles contiennent, dans des proportions différentes, un certain nombre d'éléments ; on a mis en évidence la présence de onze corps simples en quantité relativement importante. Ce sont : l'azote, le calcium, le carbone, le chlore, l'hydrogène, le magnésium, l'oxygène, le phosphore, le potassium, le sodium, le soufre.

En plus, on en trouve dix-huit autres en quantité très réduite : l'aluminium, l'arsenic, le bore, le brome, le cobalt, le cuivre, l'étain, le fer, le fluor, l'iode, le manganèse, le molybdène, le nickel, le plomb, le silicium, le titane, le vanadium, le zinc.

Ces corps ont été classés en deux séries : les éléments majeurs, formant plus de 99 % du poids des plantes, et les oligo-éléments.

● Les éléments majeurs

Ce sont :

- d'une part : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène,
- d'autre part : l'azote, le calcium, le magnésium, le phosphore, le potassium, le sodium et le soufre.

● Les oligo-éléments

Sur les dix-huit corps que peut mettre en évidence l'analyse, sept seulement ont un rôle déterminant dans la croissance des végétaux et agissent à l'état de traces : le bore, le chlore, le cuivre, le fer, le manganèse, le molybdène, le zinc.

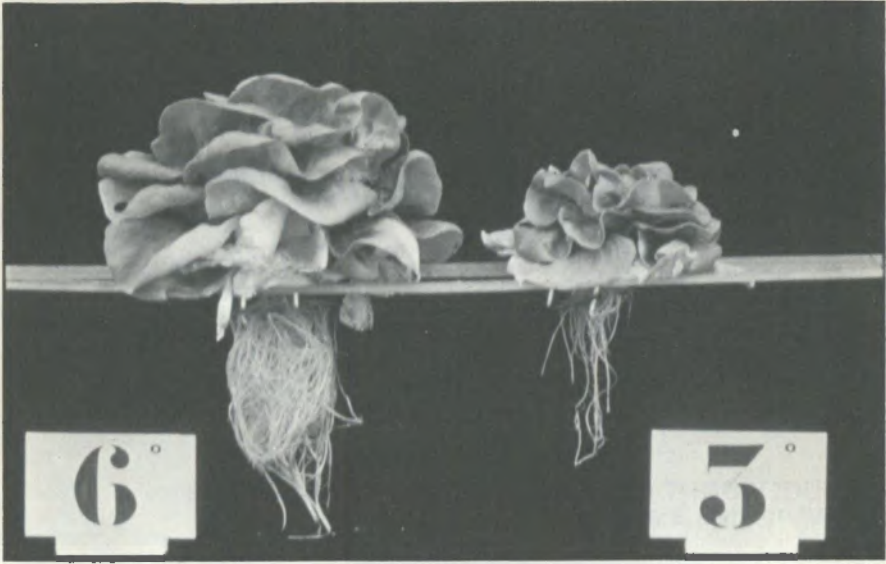
La connaissance physiologique peut allonger cette liste.

2. RÔLE DE QUELQUES ÉLÉMENTS ABSORBÉS

Dès la Renaissance, *Bernard Palissy* pense que la plante puise les éléments indispensables à sa nutrition sous forme minérale ; *Liebig*, en 1840, le démontre.

Actuellement, on sait que la plante puise le carbone sous forme de gaz carbonique (CO_2) dans l'air, l'hydrogène et l'oxygène à partir de l'eau du sol, et les autres éléments sous forme d'ions qui se trouvent dans le sol.

Rappel de quelques notions générales



Absorption des éléments suivant la température : 3 °C, 6 °C et 12 °C

(Photo INRA)



● **L'azote :**

C'est un élément de constitution des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante en général. Il est donc essentiel pour la croissance des végétaux.

● **Le phosphore :**

Il intervient :

- dans la photosynthèse,
- dans la dégradation des glucides (respiration),
- comme transporteur d'énergie,
- dans la transmission des caractères héréditaires ; les acides nucléiques sont des composés phosphorés.

● **Le potassium :**

Il existe dans les plantes sous formes minérales solubles et à un moindre degré dans les sels de certains acides organiques. Il est très mobile dans la plante et rapidement redistribué. On lui reconnaît un rôle, notamment dans les processus suivants :

- absorption des cations,
- accumulation des hydrates de carbone,
- réduction des nitrates et synthèse des protéines,
- organisation de la cellule et maintien de la turgescence ; c'est donc aussi un régulateur de l'économie de l'eau des cellules, il accroît la résistance des plantes au gel et à la sécheresse,
- activation des systèmes enzymatiques.

● **Le calcium :**

Il constitue environ 50 % des cendres de la plante entière. C'est un constituant des parois cellulaires. Il joue un rôle important dans la neutralisation des acides organiques.

● **Le magnésium :**

C'est un élément constitutif de la chlorophylle. Il existe, soit sous forme combinée dans les cellules, soit sous forme libre dans la sève. Il joue un rôle prédominant dans l'activité enzymatique concernant le métabolisme des hydrates de carbone.

● **Le sodium :**

On lui reconnaît un rôle dans les phénomènes d'osmose. Il peut être bénéfique à la croissance des plantes et peut se substituer, en partie, au potassium dans certaines cultures (betterave, céleri, épinard, navet).

● **Le soufre :**

C'est notamment un constituant des acides animés et il intervient dans le métabolisme des vitamines. Les odeurs et saveurs de certaines plantes sont dues à des produits contenant du soufre (ail, oignon, chou, haricot, etc.).

● **Les oligo-éléments :**

Ces éléments interviennent à très faibles doses dans tous les phénomènes du métabolisme. Ils jouent un rôle essentiel dans les réactions enzymatiques.

B. LE SOL ET SES CARACTÉRISTIQUES

1. DÉFINITION ET RÔLE

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre ayant subi des altérations sous l'influence des facteurs climatiques et biologiques.

Dans la pratique, le mot « sol » désigne le volume exploré par les racines.

Le sol assure à la plante un support où elle s'enracine, et où elle trouve l'eau et les éléments nécessaires à sa vie.

2. LES CONSTITUANTS DU SOL

Le sol est composé de trois groupes de constituants :

- des fractions solides minérales et organiques : la « terre »,
- des fractions liquides : les solutions du sol,
- des fractions gazeuses : l'atmosphère du sol.

a) Les fractions solides

Elles sont caractérisées par la dimension des particules (granulométrie), leur nature chimique (notamment le calcaire) et l'importance de la fraction organique.

● La granulométrie :

On distingue les éléments grossiers, dont la dimension est supérieure à 2 mm, et les éléments fins.

- Les éléments grossiers se divisent en graviers (de 2 mm à 20 mm), les cailloux (de 2 cm à 20 cm) et les blocs supérieurs à 20 cm.
- Les éléments fins, de diamètre inférieur à 2 mm, se divisent en cinq fractions :
 - le sable grossier (0,2 à 2 mm),
 - le sable fin (0,05 à 0,2 mm),
 - le limon grossier (0,05 à 0,02 mm),
 - le limon fin (0,02 à 0,002 mm),
 - l'argile (inférieur à 0,002 mm)*.

La proportion de ces différents éléments permet de définir des textures.

● Le calcaire :

Dans la qualification des sols (sol calcaire ou non), c'est surtout cet élément qui intervient. Sa granulométrie va des cailloux aux particules les plus fines. Agronomiquement, ce sont ces dernières qui, sous l'appellation de calcaire fin ou calcaire actif, interviennent dans le choix des productions en fonction des phénomènes de chloroses.

D'autre part, le calcaire a une action sur les propriétés physicochimiques du sol : pH, structure, matière organique (cf. chapitre « *Caractéristiques des sols* » et chapitre « *Analyses* »).

Il ne faut pas confondre calcaire (CaCO_3), chaux (CaO) et calcaire (Ca).

(*) A ne pas confondre avec la définition minéralogique des argiles, kaolinite, illite, etc.).

● **La matière organique :**

Le sol contient des matières organiques à divers degrés d'évolution. L'humus en constitue la fraction la plus évoluée et la plus stable (cf. chapitre « Amendements organiques et chapitre « Analyses du sol »).

b) **Les fractions liquides**

Elles ont pour origine l'eau qui dissout les sels et favorise les échanges avec la fraction solide.

c) **Les fractions gazeuses**

L'atmosphère du sol est constituée par de l'air et d'autres gaz (méthane, gaz carbonique...).

3. LES CARACTÉRISTIQUES DES SOLS

On peut les classer en quatre groupes : les caractéristiques physiques, hydrodynamiques, chimiques et biologiques.

a) **Les caractéristiques physiques**

● **La texture :**

C'est une appréciation qualitative de terrain qui est définie par la répartition granulométrique (cf. chapitre « Analyses »).

● **La structure :**

C'est le mode d'assemblage des agrégats du sol, définis eux-mêmes comme un assemblage relativement stable des particules élémentaires. La structure commande la porosité du sol.

b) **Les caractéristiques hydrodynamiques**

● **La capacité de rétention :**

C'est une caractéristique très importante à connaître pour conduire correctement l'irrigation et la fertilisation des cultures. C'est la quantité d'eau qu'un sol peut retenir après ressuyage à la suite d'une forte pluie ou d'une irrigation. Cette quantité varie avec les sols ; par exemple, elle est de 80 litres pour 1 m³ d'un sol sableux, de 300 litres pour 1 m³ d'un sol argileux. Plus la capacité de rétention est grande, plus la quantité d'eau et d'engrais apportée en une seule fois pourra être élevée.

● **La perméabilité :**

Elle se mesure au champ par la vitesse d'infiltration de l'eau sur une surface de référence. Elle permet de définir la vitesse de distribution de l'eau d'irrigation.

c) **Les caractéristiques chimiques**

L'analyse chimique donne des renseignements sur la forme et la quantité relative des principaux éléments contenus dans le sol (cf. chapitre « Analyses »).

● **Complexe argilo-humique et pouvoir adsorbant :**

Les propriétés physiques et chimiques des sols sont dominées par le complexe argilo-humique.

De quoi s'agit-il ?

Si on met de la terre acide dans de l'eau, qu'on agite fortement, qu'on laisse reposer, on obtient un dépôt et une fraction qui restent en suspension. Cette fraction est composée d'argile et d'humus. Cet état de dispersion dans l'eau est dit colloïdal, car l'argile et l'humus sont des *colloïdes*.

Ajoutons à cette suspension un sel de calcium, les particules d'argile et d'humus se coagulent et donnent des flocons gélatineux ; en éliminant par lavage l'agent floculant, on revient à l'état dispersé.

Dans un sol en place, l'argile et l'humus sont en général à l'état floculé et forment le complexe argilo-humique. Celui-ci conditionne l'état structural et les échanges chimiques avec les solutions du sol. Cette dernière propriété est désignée par **pouvoir ou complexe adsorbant**.

L'exemple suivant permet d'en comprendre le mécanisme :

Si on fait passer du purin riche en ammoniacque à travers un sol argileux, on obtient un liquide ne contenant presque plus d'ammoniacque. C'est cette propriété que possède le complexe argilo-humique de retenir à sa surface (adsorption) certains ions de la solution du sol que l'on nomme le pouvoir adsorbant (dans cet exemple l'ion ammonium). Le pouvoir adsorbant est mesuré par la capacité totale d'échange ou **capacité d'échange cationique (CEC)**.

Cette caractéristique fondamentale est difficilement modifiable.

Les sels dissous dans la solution du sol se dissocient en ions à charge électrique négative (les anions) et en ions à charge électrique positive (les cations). Le complexe argilo-humique est lui-même chargé négativement, attirant ainsi les cations qu'il retient plus ou moins énergiquement.

Les éléments intéressants pour la plante, qui se trouvent dans la solution du sol sont les suivants :

● **Cations :**

— calcium	Ca ⁺⁺ ,
— magnésium	Mg ⁺⁺ ,
— potassium	K ⁺
— ammonium	NH ₄ ⁺ ,
— sodium	Na ⁺ ,
— la majorité des oligo-éléments,	
— hydrogène	H ⁺ .

● **Anions :**

— phosphate	PO ₄ ⁻⁻⁻ ,
— sulfate	SO ₄ ⁻⁻⁻ ,
— carbonate	CO ₃ ⁻⁻⁻ ,
— nitrate	NO ₃ ⁻ ,
— chlore	Cl ⁻ ,
— bicarbonate	CO ₃ H ⁻ .

● **Principaux éléments fertilisants et leur dynamisme dans le sol :**

Dans le sol, les éléments nutritifs existent sous formes organiques ou minérales. La forme minérale se trouve sous trois états :

- état peu soluble : l'élément est partie intégrante de la fraction minérale du sol, sa solubilisation est très lente,
- état échangeable : l'élément est adsorbé par les colloïdes du sol, il est ainsi stocké et la plante peut en disposer aisément ;
- état soluble : l'élément se trouve dans l'eau du sol, la plante l'absorbe directement.

DYNAMIQUE DU POTASSIUM :

On rencontre le potassium uniquement sous forme minérale. Le potassium dans le sol provient, soit de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, soit des engrais. Il n'est qu'en partie assimilable par la plante, car une certaine fraction du potassium libéré ou apporté est fixée entre les feuillettes de certaines argiles. Cette fixation, qui varie suivant la nature des argiles, n'est pas toujours définitive et le potassium peut à nouveau être libéré. Il passe alors, soit sur le complexe argilo-humique, soit en solution. Le potassium n'est pas aussi mobile que l'azote, mais la perte par drainage peut être relativement importante dans certains sols et il faut en tenir compte dans les programmes de fertilisation.

DYNAMIQUE DU PHOSPHORE :

On rencontre trois cas :

- la forme diffusible : bien qu'étant un anion, on trouve le phosphore lié par l'intermédiaire des formes calciques et magnésiennes au complexe argilo-humique,
- les formes combinées : dans les sols acides il est en partie immobilisé par les hydroxydes d'aluminium et de fer, pour le libérer on chaulé et on apporte de l'humus,
- les formes insolubles : en terre calcaire, l'acide phosphorique donne des phosphates de calcium, dont certaines formes sont insolubles.

DYNAMIQUE DE L'AZOTE :

L'azote se trouve dans le sol sous forme organique et minérale. La minéralisation de l'azote organique se fait par l'ammonification et la nitrification. Cette transformation est effectuée par la microflore du sol. Par contre, les formes ammoniacales se fixent sur le complexe adsorbant (ion NH_4^+), mais une partie peut se volatiliser (NH_3) sous certaines conditions de sol. Les formes nitriques sont très solubles, donc disponibles pour les plantes, mais facilement entraînées par les eaux.

● Le pH des sols (ou potentiel hydrogène) :

Le sol est également caractérisé par son pH, qui dépend de la concentration en ions hydrogène $[\text{H}^+]$, et qui s'exprime par :

$$\text{pH} = \frac{1}{\log [\text{H}^+]}$$

(cf. chapitre « Analyses »). Le pH varie sous l'influence de différents facteurs : les pluies, l'irrigation, l'utilisation d'engrais, les techniques d'entretien du sol, l'activité racinaire,...

● La salinité :

Les éléments minéraux présents ou apportés par la fumure se solubilisent en partie dans l'eau du sol. La salinité indique la quantité d'éléments solubilisés. Elle s'exprime par la mesure de la conductivité électrique.

4. LES CARACTÉRISTIQUES BIOLOGIQUES DU SOL

a) Importance de la microflore et de la microfaune dans le sol

Le sol contient de très nombreux êtres vivants, animaux et végétaux, de tailles très diverses.

Du point de vue agricole, certains de ces êtres vivants sont utiles (les vers de terre, les bactéries fixatrices d'azote, etc...), les autres sont nuisibles (exemples : les rongeurs, les champignons pathogènes, tels le verticillium, etc.).

La microflore et la microfaune jouent un rôle particulier dans le sol. En effet, un gramme de terre contient 50 à 200 millions de micro-organismes. On estime que dans les 4.000 tonnes que pèse la couche cultivée d'un hectare, il y a 2 tonnes de micro-organismes. Annuellement, et sur les premiers centimètres, le renouvellement est compris entre 50 et 1.000 kg.

b) L'activité microbienne des sols

On trouve deux types de micro-organismes : les aérobies, qui vivent au contact de l'air, et les anaréobies, qui vivent à l'abri de l'air.

Parmi les activités microbiennes, citons la fixation de l'azote de l'air, la décomposition et le renouvellement de la matière organique.

Elles interviennent également au niveau du phénomène, encore mal connu, dit de fatigue des sols.

c) Actions des vers de terre

Elle favorise l'aération et le drainage du sol. Les vers de terre interviennent aussi en mélangeant les différentes couches. Cet ensemble améliore la structure.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., *Cours de Pédologie*.

DUCLOS G., *Les analyses de sol et leur interprétation*.

Eau et Aménagement de la Région Provençale, n° 15, oct.-nov.-déc. 1977.

GROS A., *Guide Pratique de la Fertilisation, les engrais*, 3^e édition. La Maison Rustique. MAGNY J., BAUR J., *pour comprendre les analyses de terre*.

Revue de Purpan, n° 41/42, 1962.

PRATS J., *La fertilisation raisonnée*. Ministère de l'Agriculture, 1970.

Les techniques de fertilisation et leur application

Conformément à la définition donnée en introduction de cet ouvrage, les techniques de fertilisation, au sens large du terme, concernent l'amélioration ou le maintien des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques du sol.

Elles consistent notamment en : travaux du sol, amendements, fumure, irrigation.

Les interventions à effectuer sont basées sur l'observation et la connaissance du milieu, sur l'analyse du sol, et/ou l'analyse du végétal.

A. AMÉLIORATION OU MAINTIEN DES CARACTÉRISTIQUES DU SOL

1. LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

a) La texture

Elle est appréciée par la proportion relative des différents constituants solides du sol : sable, limon, argile, calcaire, matière organique. Il est difficile de changer ces proportions. Lorsque c'est possible, le coût des investissements est assez élevé.

b) La structure

Elle est sensible à l'action de phénomènes physiques ou chimiques :

- excès d'eau, tels que pluie ou irrigation excessive ou brutale, qui provoquent la destruction des agrégats.
- piétinement, tassement par passages d'engins ou travail du sol avec des outils mal adaptés ou lorsque le sol est à un taux d'humidité peu favorable à certaines pratiques culturales,
- mauvais choix des engrais ; par exemple, le nitrate de soude qui, par apport de sodium, disperse les colloïdes,
- lessivage du calcium,
- les pertes de matières organiques.

On maintient une bonne structure, ou on l'améliore par :

- un bon drainage,
- une irrigation bien conduite,
- des travaux du sol appropriés et effectués dans de bonnes conditions d'humidité,
- des engrais et amendements adaptés, et notamment le maintien ou l'enrichissement en matière organique.

c) La capacité de rétention en eau

Elle est surtout améliorée par les amendements organiques.

2. LES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

a) Le potentiel nutritif du sol

Il est défini par l'analyse de sol (cf. chapitre « Analyses). Le maintien et l'amélioration de ses caractéristiques tient compte également des besoins des cultures (cf. fiches par espèce) et des techniques culturales telles que l'irrigation, etc. Il est diminué par les lessivages et les exportations. Il est amélioré et maintenu par les amendements calcaiques et humiques, et par l'apport d'engrais.

b) Le pH

Un pH entre 6 et 7 permet une bonne assimilation de la plupart des éléments.

Une diminution du pH a des conséquences néfastes sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, et, par conséquent, sur l'alimentation des plantes.

L'emploi d'amendements calcaiques et le choix d'engrais non acidifiants assurent le maintien ou l'augmentation du pH.

c) La salinité

Les espèces cultivées réagissent différemment à la salinité du sol. On évite les excès en fractionnant la fumure. Dans le cas de fortes salinités, on effectue des irrigations abondantes, afin d'assurer le lessivage et le drainage des sols hors de la zone racinaire (cf. page 102 et p. 161).

3. LES CARACTÉRISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Pour assurer une vie microbienne satisfaisante, il convient de maintenir une bonne aération du sol, de relever le pH, si la réaction est trop acide, et de conserver un état hydrique suffisant.

B. PRINCIPALES TECHNIQUES DE FERTILISATION

Dans ce chapitre, seront examinés successivement : le travail du sol, l'apport d'amendements minéraux ou organiques, la fumure et l'irrigation (1).

1. LE TRAVAIL DU SOL

Il a pour but essentiel de maintenir le bon état structural du sol, et, par ailleurs, il est nécessaire à l'incorporation des amendements et des engrais.

On évitera l'emploi d'outils qui pulvérisent exagérément le sol sur une trop grande profondeur. On cherchera à obtenir une structure grumeleuse pour les plantations. Cependant, dans le cas des semis, il peut être utile de créer une couche superficielle plus fine, dont l'épaisseur dépendra de la dimension des graines.

Par ailleurs, on peut être conduit à mélanger des couches de sol et de sous-sol de nature différente, argileuses et sableuses par exemple, pour pallier les défauts de chacun des horizons. Cependant, cette opération est délicate, elle doit être faite en plusieurs fois et avec prudence.

(1) « L'irrigation fertilisante » est traitée dans un paragraphe particulier (cf. p. 61).

2. LES AMENDEMENTS

a) LES AMENDEMENTS ARGILEUX

- **But :**

Dans le cas des terres sableuses, sablo-limoneuses ou tourbeuses, on améliore la texture par l'emploi d'amendement argileux. Dans ces conditions, on réalise également une augmentation de la cohésion des particules et de la capacité de rétention à l'eau.

- **Nature des produits :**

On utilise des terres argileuses, comportant plus de 40 % d'argile ; certaines peuvent contenir du calcaire et des matières organiques, dont la composition doit être contrôlée par l'analyse. Entrent dans cette catégorie les marnes argileuses, les vases d'étang ou d'origine marine, à condition que ces deux dernières n'appartiennent pas à un type limoneux.

- **Quantité :**

Pour augmenter de 3 à 5 % le taux d'argile, il faut 90 à 150 t/ha d'argile, soit 180 à 300 t d'une terre contenant 50 % d'argile.

- **Technique d'application :**

Dans le cas d'amendements argileux et des vases d'eau douce, l'apport peut se faire en une seule fois.

Pour la tange, ou la vase d'origine marine, les apports seront fractionnés sur la base de 10 t/ha et l'épandage aura lieu avant les pluies, afin de lessiver les sels contenus dans ces vases.

Pour les marnes calcaires, apporter 10 à 30 t/ha tous les 5 ans.

b) LES AMENDEMENTS SABLEUX

- **But :**

Alléger les terres lourdes et humifères et augmenter leur perméabilité.

- **Nature des produits :**

Sables de diverses origines : rivière, carrière, sables coquilliers.

Selon les substrats géologiques, les sables de rivière sont siliceux ou calcaires.

Les sables marins peuvent contenir de 30 à 70 % de carbonate de calcium. Les marnes sableuses, mélange de sables siliceux et calcaires, peuvent contenir de 20 à 50 % de calcaire.

De toute manière, il est recommandé de s'assurer de la composition des produits à utiliser.

- **Quantité :**

Pour augmenter le taux de sable du sol de 5 à 10 %, il faut 150 à 300 t/ha de sable.

- **Techniques d'application :**

Elles dépendent de la teneur en calcaire de l'amendement et de la nature du sol (cf. également « amendements calciques »).

Les amendements siliceux sont apportés en une seule fois, avant la mise en place de la culture. L'application des sables calcaires dépend de la nature du sol et notamment de son pH.

c) **LES AMENDEMENTS CALCIQUES**

● **But :**

Augmenter ou maintenir le pH d'un sol à un niveau convenable.

● **Nature des produits :**

Le tableau 1 ci-après donne les principaux produits disponibles.

● **Quantité :**

Elle est nécessairement déterminée en laboratoire. Il faut tenir compte :

- du pH du sol déterminé (entre deux cultures),
- du pH que l'on veut obtenir, sachant que l'optimum diffère selon les types de sol ; par exemple,
 - pour les sols humifères, ne pas remonter au-delà de 5,5 à 6,
 - pour les sols sableux, ne pas remonter au-delà de 6, 2,
 - pour les sols argileux, l'optimum est autour de 7, 5,
 - etc.,
- de l'exigence des plantes que l'on veut cultiver (*cf. fiches par espèce*).

Ceci étant dit, on calcule en unités de CaO/ha. La quantité dépend du pouvoir tampon * des sols. Il existe diverses formules utilisées par les laboratoires. A titre d'exemple, pour relever d'un demi-point le pH, il faut :

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| — pour les terres sableuses | : 750 à 1 000 kg de CaO/ha, |
| — pour les limons | : 1 000 à 1 500 kg de CaO/ha, |
| — pour les terres argileuses | : 1 500 à 2 000 kg de CaO/ha, |
| — pour les terres humifères | : 2 000 à 2 500 kg de CaO/ha. |

● **Techniques d'application :**

On distingue :

- le chaulage de fond :
- Il a pour objet de relever le pH à une valeur déterminée,
- le chaulage d'entretien :

Il sert à maintenir le pH au niveau estimé favorable pour la culture considérée. On utilise tous les trois ou quatre ans des doses modérées d'amendements calciques. La fumure minérale s'effectuera avec des engrais apportant du calcium.

PRÉCAUTIONS D'EMPLOI :

- éviter l'épandage avant une culture sensible à une brusque élévation du pH,
- ne pas épandre la chaux par temps pluvieux ou sur un sol humide,
- bien répartir sur toute la surface et enfouir,

(*) Le pouvoir tampon est une propriété du complexe argilo-humique ; c'est la résistance d'un sol à la variation de pH. Cette résistance est d'autant plus forte que le complexe argilo-humique est plus important.

LES AMENDEMENTS CALCIFIQUES ET MAGNÉSIENS
Tableau n° 1 : TABLEAU DU COMITÉ D'ÉTUDES ET DE LIAISON
DES AMENDEMENTS CALCAIRES (CELAC)
 (d'après Y. Darré - 1981)

	Teneurs en éléments utiles	
	Courantes	Minimales exigibles
1. CALCAIRES A L'ÉTAT BRUT OU BROYÉS		
● AMENDEMENTS CALCAIRES	45-55 % CaO	35 % CaO + MgO
Craie	50-55 % CaO	45 % CaO + MgO
Faluns	35-40 % CaO	25 % CaO + MgO
Maërl	{ 40-50 % CaO { 2,5-6 % MgO	{ 42,5 % CaO + MgO { 2,5 % MgO
Tangue	15-25 % CaO	15 % CaO + MgO
Trez	25-30 % CaO	15 % CaO + MgO
Marne	25-45 % CaO	25 % CaO + MgO
● AMENDEMENTS CALCAIRES MAGNÉSIENS	{ 25-45 % CaO { 8-17 % MgO	{ 43 % CaO + MgO { 17 % MgO
Dolomie	{ 25-35 % CaO { 17-22 % MgO	{ 43 % CaO + MgO { 17 % MgO
II. CHAUX		
Chaux vive agricole	75-92 % CaO	70 % CaO + MgO
Chaux éteinte agricole	55-70 % CaO	50 % CaO + MgO
Chaux magnésienne vive	{ 45-75 % CaO { 18-40 % MgO	{ 70 % CaO + MgO { 18 % MgO
Chaux magnésienne éteinte	{ 35-60 % CaO { 12-30 % MgO	{ 50 % CaO + MgO { 12 % MgO
Déchets ou cendres de chaux	40-80 % CaO	40 % CaO + MgO
Déchets ou cendres de chaux magnésienne	{ 30-70 % CaO { 8-30 % MgO	{ 40 % CaO + MgO { 8 % MgO
III. AMENDEMENTS MIXTES (mélange de chaux et de calcaire broyé)		
Amendement calcaire mixte	50-70 % CaO	45 % CaO + MgO
Amendement magnésien mixte	{ 30-50 % CaO { 10-30 % MgO	{ 45 % CaO + MgO { 10 % MgO
IV. AUTRES AMENDEMENTS		
Chaux vive de défécation de sucrerie	20-40 % CaO	20 % CaO + MgO
Craie phosphatée	{ 40-50 % CaO { 5-10 % P ₂ O ₅	{ 35 % CaO + MgO { 3 % P ₂ O ₅
Amendements sidérurgiques phosphatés	{ 35-45 % CaO { 5- 9 % MgO { 5- 8 % P ₂ O ₅	{ 35 % CaO + MgO { 3 % P ₂ O ₅

— la chaux vive ou éteinte a une action irritante sur les muqueuses ; on préconise le port de lunettes hermétiques et l'imprégnation d'huile nasale, les carbonates n'ont pas cet inconvénient,

— pour précautions à prendre avec les mélanges cf. *paragraphe « fumure »* p. 56.

LES EFFETS DU CHAULAGE :

— un chaulage correctement effectué :

AMÉLIORE :

la structure du sol,

l'absorption de certains éléments par la plante, la vie microbienne,

EVITE :

les excès d'aluminium, de manganèse, de cuivre, de bore, de zinc,

— un chaulage inadéquat, ou mal effectué :

ENTRAINE :

des carences en phosphore, fer, manganèse, cuivre, bore, magnésie,

une modification de la microflore, favorisant certaines maladies, telles que

la gale commune de la pomme de terre.

Le choix du produit dépend des caractéristiques du sol, déterminées par l'analyse, et il fait intervenir des considérations d'ordre économique.

d) LES AMENDEMENTS ORGANIQUES

1. BUT

Maintenir ou améliorer le complexe argilo-humique, stabiliser les agrégats, augmenter la capacité de rétention en eau.

2. NATURE DES PRODUITS

Seules les matières organiques d'origine végétale sont considérées comme des amendements organiques. Les matières organiques d'origine animale ne sont pas des amendements organiques, car elle ne donnent pas d'humus.

L'AFNOR*, dans sa circulaire NF U 44-051, de décembre 1974, concernant les amendements organiques, en donne le répertoire et la définition suivants :

- **Fumier :**

Mélange plus ou moins fermenté de litières et de déjections animales.

- **Fumier artificiel :**

Mélange de paille et d'engrais azotés ayant subi une fermentation.

- **Fumier de champignonnière :**

Mélange constitué essentiellement de fumier et tolérant au maximum 5 % de terre à gobeter calcaire ayant servi à la culture des champignons.

- **Compost de champignonnière :**

Mélange de composts et de terre à gobeter ayant servi à la culture des champignons.

- **Marc de raisin composté :**

Produit composé de pulpes et de peaux et/ou de pépins et /ou de rafles ayant subi une fermentation autre que la fermentation alcoolique.

- **Marc de raisin non composté :**

Produit composé de pulpes et de peaux et/ou de pépins et/ou de rafles.

- **Matière végétale brute :**

Matière(s) végétale(s) non fermentée(s) ne contenant pas de déchets d'origine animale et sans addition de matières inertes dans laquelle (lesquelles) la tourbe ne dépasse pas 30 % de la matière végétale totale.

- **Amendement végétal fermenté :**

Matière(s) végétale(s) ne contenant pas de déchets d'origine animale autre que le fumier, sans addition de matières inertes et dans laquelle (lesquelles) la tourbe ne dépasse pas 30 % de la matière végétale totale, ayant subi une fermentation.

- **Compost végétal :**

Mélange fermenté de matières d'origine végétale pouvant contenir des déchets d'origine animale et/ou des matières minérales et/ou des matières inertes, dans lequel la tourbe ne dépasse pas 30 % de la matière végétale totale.

(*) AFNOR : Association Française de Normalisation.

● Compost d'écorces de bois :

Écorces de bois feuillus ou résineux fermentées pouvant contenir des déchets de bois et des matières minérales.

● Compost urbain :

Mélange de déchets solides d'origine principalement domestique ayant subi au cours de sa fabrication un échauffement naturel de la masse à une température de 60° C ou plus, pendant une durée au moins égale à quatre jours et précédé ou suivi de certaines opérations mécaniques (trilage, broyage, dilacération, déferrailage, tamisage, etc.).

- compost urbain frais :
compost urbain ayant seulement subi la fermentation de quatre jours au minimum.
- compost urbain demi-mûr :
compost urbain ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation incomplète.
- compost urbain mûr :
compost urbain ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation complète.

● Gadoues anciennes tamisées synonyme criblés de décharge :

Produit obtenu en tamisant d'anciennes décharges d'ordures ménagères.

● Tourbe :

Résidus végétaux provenant de plantes développées et décomposées en milieu presque constamment saturé d'eau et pouvant contenir originellement une certaine quantité de matière terreuse.

- tourbe acide.
- tourbe dite alcaline.

● Compost de tourbe :

Mélange fermenté constitué de plus de 30 % de tourbe pouvant contenir des déchets d'origine végétale et/ou animale et/ou des matières inertes et/ou des matières minérales.

Notons que la commercialisation des ordures ménagères est réglementée par un circulaire du ministère de l'Agriculture, ou autres, ayant subi une fermentation dirigée, précédée ou suivie de certaines opérations mécaniques.

On distingue :

- Les gadoues vertes :
C'est le résultat de la collecte des déchets domestiques n'ayant subi aucun traitement mécanique, ni fermentation.
- Les gadoues criblées, broyées :
C'est le produit obtenu par traitement mécanique des ordures ménagères et passant dans une maille au plus égale à 75 mm.
- Les composts urbains ou compost de résidus ménagers :
Ce sont des déchets domestiques, ou autres, ayant subi une fermentation dirigée, précédée ou suivie de certaines opérations mécaniques.
- Les criblés de décharges :
Ce sont les produits obtenus en tamisant d'anciennes décharges d'âges divers. C'est un produit presque totalement minéral.

On peut demander aux préfetures, aux mairies ou à l'ANRED* l'adresse des usines de compostage d'ordures ménagères.

(*) ANRED : Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets (voir p. 383).

3. CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS UTILISÉS

Quels que soient les produits utilisés et les conditions de décomposition, lorsqu'on enfouit dans le sol une matière organique fraîche, elle évolue en donnant, sous l'action des micro-organismes du sol, une certaine quantité de produits minéraux (c'est ce qu'on nomme la minéralisation), d'humus stable (c'est l'humification) et de produits gazeux (CO_2 , CH_4 , oxyde d'azote), de nature variable en fonction de l'aération du milieu.

Cette première phase est assez rapide, elle est suivie d'une phase plus lente, pendant laquelle l'humus stable minéralise à son tour progressivement.

Les diverses matières organiques et leurs stades d'évolution sont caractérisées par le rapport C/N, le coefficient K2, le coefficient K1.

● Le rapport C/N

Le rapport carbone contenu dans la matière organique, exprimé en %, sur azote, exprimé en %, est appelé : rapport C/N.

La valeur de C/N permet de prévoir la vitesse de décomposition et de situer l'action de l'azote dans la transformation de la matière organique.

**Tableau n° 2 : VALEUR DE C/N
POUR QUELQUES MATIÈRES ORGANIQUES**

PRODUITS	$\frac{\text{C}}{\text{N}}$
Tourbe blonde	>40
Tourbe brune	50 à 80
Paille	50 à 80
Fumier pailleux (1 mois)	20 à 40
Fumier décomposé (6 mois)	15 à 20
{ Compost	
{ Boue	10 à 20
{ Gadoue	
Engrais vert	10 à 25
Humus stable du sol	8 à 10
Matière organique libre du sol	15 à 20

● Signification et interprétation du rapport C/N :

Que se passe-t-il dans le sol ?

On trouve :

- de la matière organique libre (dite fraîche et en voie de décomposition), dont le C/N varie selon la nature de la matière organique entre 15 et au-delà de 40.
- de la matière organique liée à la fraction minérale du sol (dite humus stable), dont le C/N est voisin de 10.

On distingue donc nettement ces deux types de matière organique, et seule ici nous intéresse la matière organique libre (pour le C/N du sol se reporter au chapitre « Analyse de sol », page 108).

Le tableau 3 donne le comportement à l'azote d'amendement organique selon le C/N.

**Tableau n° 3 : COMPORTEMENT A L'AZOTE D'AMENDEMENT ORGANIQUE
SELON LE C/N**
(d'après J.-C. Rémy et A. Marin-Lafliche, 1976)

C/N	Exemples	Vitesse de décomposition	Comportement à l'azote
▷40	Paille tourbe	Lente	Consommation de 5 à 10 kg par tonne
20 à 40	Fumier pailleux	Lente	Proche de l'équilibre
10 à 20	Fumier bien fait, compost, boues	Moyenne	Libération plus ou moins grande selon C/N
◁10	Engrais vert, lisier, fientes	Rapide	Libération importante

● **Le coefficient K2**

Nous avons vu que la matière organique la plus stable se transforme malgré tout et qu'une partie est détruite par minéralisation ; le taux annuel de destruction est évalué au moyen du coefficient K2, exprimé en %.

K2 est fonction du sol, du climat, des travaux culturaux.

VALEURS DE K2 :

Anstett admet comme valeurs de K2 :

- 2 % en maraîchage de pleine terre au nord de la Loire,
- 3 % en maraîchage de pleine terre dans le Midi,
- 4 % en cultures sous abris (plus élevé en sol léger).

Cependant K2 varie en fonction des sols. J.-C. Rémy et A. Marin-Lafliche donnent le coefficient suivant (tableau 4) :

**Tableau n° 4 : COEFFICIENT ANNUEL DE DESTRUCTION
DE LA MATIÈRE ORGANIQUE**
(d'après J.-C. Rémy et A. Marin-Lafliche, 1976)

TYPES DE SOL	ARGILE ‰	CALCAIRE ‰	pH	COEFF. K2
Sableux neutre	50	2	7,0	2,0 %
Sableux acide	50	0	5,0	1,0 %
Sableux calcaire	50	100	8,0	1,7 %
Limon moyen	150	2	7,5	1,6 %
Limon argileux	220	2	7,5	1,3 %
Limon calcaire	100	300	8,1	0,9 %
Argile	380	2	7,5	1,0 %
Argilo-calcaire	300	150	8,0	0,7 %

● **Le coefficient K1**

Le coefficient K 1 ou coefficient iso-humique, ou rendement en humus des matières organiques fraîches.

C'est la quantité d'humus stable restante, après trois ans d'enfouissement d'une quantité donnée de matière organique fraîche.

Ce coefficient varie avec le climat, le sol, les techniques culturales, et surtout le type de matière organique fraîche.

VALEUR DE K1 POUR QUELQUES MATIÈRES ORGANIQUES :

cf. tableau n° 6, page 28.

4. QUANTITÉS DE MATIÈRE ORGANIQUE A APPORTER

Pour calculer la quantité de matière organique à apporter, il faut connaître :

- la teneur du sol en matière organique,
- la teneur souhaitée,
- les pertes annuelles, par minéralisation de la matière organique stable,
- les rendements en humus stable des produits utilisés,
- les résidus de récolte.

● **Teneur du sol et teneur souhaitée**

La teneur des sols est donnée par l'analyse (cf. chapitre « Analyse », page 107).

Selon la texture, on considère qu'un sol est bien pourvu en matière organique s'il contient :

- pour une texture grossière : plus de 1,5 %,
- pour une texture moyenne : plus de 2,5 %,
- pour une texture fine : plus de 3 %.

Ce pourcentage devrait être multiplié par 2 pour les sols de serres.

Une autre façon d'apprécier la quantité optimale de matière organique d'un sol s'effectue à partir du taux d'argile. Le taux de matière organique doit être alors d'environ 15 % du taux d'argile ; par exemple, un sol contenant 10 % d'argile devrait renfermer 1,5 % d'humus, pour des cultures de plein champ, et 2 fois plus sous serre.

Tableau n° 5 : NIVEAU HUMIQUE DU SOL
(d'après Anstett, 1982)

	Taux minimal en M.O. %	Taux souhaitable en M.O. %
Culture légumière de plein champ au nord de la Loire .	2	2,5
Maraîchage méridional de pleine terre	2	2,5- 3
Maraîchage de pleine terre au nord de la Loire	3,5	4 - 5
Châssis froid	3,5	4 - 5
Serre	5	6 - 8
Couche	12	15 -30

N.B. Dans le Midi le taux est souvent inférieur à 2 et se situe entre 1,2 et 1,5, et il est difficile de le faire remonter ; le premier objectif est avant tout de le maintenir.

● **Pertes annuelles**

Elles sont données par le coefficient K2. On les estime à :

- 1,5 à 2 % en maraîchage de pleine terre au nord de la Loire,
- 3 % dans le Midi,
- 4 % au moins sous abris.

● **Calcul de l'humus stable que peut fournir une matière organique fraîche.**

Ce calcul exige la connaissance du coefficient iso-humique K1 de la matière organique (cf. page 27) et le pourcentage de matière sèche contenu dans la matière organique fraîche. Ce dernier varie de 20 %, pour un fumier bien décomposé, à 85 % pour une paille.

Soit, à calculer le rendement en humus d'un fumier bien décomposé :

$$\begin{aligned}
 &K1 &&= 50 \% \\
 &\text{Taux de matière sèche} &&= 20 \% \\
 &1 \text{ tonne d'un tel fumier contient :} \\
 &1\ 000 \times 20 \\
 &\frac{\quad}{100} &&= 200 \text{ kg de matière sèche,} \\
 &100 \\
 &\text{qui donneront :} \\
 &200 \times 50 \\
 &\frac{\quad}{100} &&= 100 \text{ kg d'humus stable.}
 \end{aligned}$$

Tableau n° 6 : QUANTITÉ D'HUMUS STABLE FOURNIE PAR QUELQUES PRODUITS (à partir des données de A. Anstett « niveau humique des sols », 1962 et J.-C. Rémy et A. Marin-Lafliche, 1976)

PRODUIT	K1 en %	Quantité de M.S. en % de la M.O fraîche	Poids d'humus stable fourni en kg par t. de M.O. fraîche
Fumier bien décomposé (6 mois)	50	20	100
Fumier moyennement décomposé (1 à 2 mois)	30 à 40	22	88
Fumier pailleux	25	25	62,5
Paille	8 à 20	85	127,5
Compost urbain	25 à 50	25	62,5
Boues d'épuration	20 à 50	20	40
Résidus de récolte (1)	13,5	20	27
Engrais vert	15	20	30
Humus industriel (2)	50	45	225

(1) cf. tableau des résidus de récolte p. 29

(2) Attention, tous les humus industriels ne présentent pas les mêmes caractéristiques.

N.B. Les tourbes blondes, les tourbes anciennes et les tourbes noires, dont les K1 sont respectivement de 100 %, 96 % et 85 %, sont des matières organiques stabilisées. Elles interviennent sur la texture et la capacité de rétention en eau et en cation.

**Tableau n° 7 : QUANTITÉ D'HUMUS STABLE FOURNIE
PAR LES RÉSIDUS DE RÉCOLTE DE QUELQUES LÉGUMES,
EN PRENANT COMME K1 MOYEN 13,5
(à partir des données extraites de A. Anstett « niveau humique des sols », 1962)**

	Quantité moyenne de M.S. en t/ha (racines + feuilles)	Quantité d'humus correspondant en kg/ha* (chiffre arrondi)
Carotte	3,2	430
Céleri-rave	4,6	620
Chou cabus	7,9	1.065
Chou-fleur hâtif	1,8	245
Chou-fleur tardif	2,6	350
Chou-rave	0,45	60
Concombre	1,7	230
Haricot	3,9	530
Laitue de pleine terre	0,22	30
Oignon blanc	0,5	65
Oignon de couleur	0,9	120
Poireau	4,4	595
Pois	1,9	255
Tomate	1,9	260

(*) Ce chiffre est le résultat de la multiplication de la quantité moyenne de matière sèche, en t/ha, par K1, c'est-à-dire 13,5 dans le cas présent ; exemple : carotte, $3,2 \times 13,5 = 432$.



**Tableau n° 8 : QUANTITÉ D'HUMUS STABLE FOURNI
PAR LES RÉSIDUS DE RÉCOLTE DE QUELQUES PRODUITS
DE GRANDE CULTURE ET D'ENGRAIS VERT
(d'après J.-C. Rémy et A. Marin-Lafliche, 1976)**

CULTURES	Restitutions obligatoires (racines)			Restitutions facultatives (parties aériennes)		
	K1	Rendement moyen		K1	Rendement moyen	
		M.S. /ha	kg humus		M.S. /ha	kg humus
Betterave sucrière	0,15	0,8	120	0,08	4,0	320
Pomme de terre	0,15	0,8	120	—	—	—
Maïs grain	0,15	2,0	300	0,12	4,0	480
Colza grain	0,15	2,0	300	0,15	5,0	750
Luzerne (par an)	0,20	2,0	400	0,12	1,0	120
Pois conserve	0,15	1,5	225	0,08	2,5	200
Lin graine	0,15	1,2	180	0,20	1,5	300
Lin fibre	0,15	0,6	90	—	—	—
Blé	0,15	2,0	300	0,15	4,0	600
Orge	0,15	1,0	150	0,15	2,5	375
Escourgeon	0,15	2,0	300	0,15	3,0	450
Engrais vert jeune	0,15	0,8	120	0,05	3,0	150
Engrais vert « avancé »	0,15	1,0	150	0,08	4,0	320

● **Calcul des quantités à apporter**

On distingue : les apports d'entretien et les apports de redressement.

● **Calcul des apports d'entretien :**

Base théorique du calcul :

1. On calcule la quantité de matière organique contenue dans la partie travaillée du sol.

2. En appliquant le coefficient K2 à la quantité trouvée on obtient les pertes annuelles.

3. On retranche à ce chiffre la quantité d'humus stable fournie par les résidus de récoltes (cf. tableaux n° 7 et 8). Le chiffre que l'on trouve est la quantité d'humus stable à apporter pour reconstituer le stock initial.

4. En se reportant au tableau n° 5, on calcule la quantité de matière organique à apporter.

Exemples pratiques de calcul :

Soit un sol maraîcher du nord de la Loire, à 2 % de matière organique, travaillé sur 25 cm. Quelle quantité de matière organique fraîche faudra-t-il à ce sol pour compenser les pertes ?

Éléments de calcul :

Une couche de 25 cm de sol pèse 3 000 t/ha et contient, dans notre cas :

$$\frac{3\,000 \times 2}{100} = \frac{6\,000}{100} = 60 \text{ t de matière organique sur 25 cm de profondeur.}$$

Les pertes annuelles données par K2 (cf. valeurs de K2, page 26) sont, dans ce cas de 2 %, soit :

$$\frac{60\,000 \times 2}{100} = 1\,200 \text{ kg de matière organique stable.}$$

Il faudra donc apporter annuellement 1.200 kg d'humus stable.

Une partie de cet humus sera compensée par les résidus de récolte, mais, compte tenu des problèmes phytosanitaires, la tendance actuelle est d'éliminer au maximum ces résidus.

Cependant, nous allons envisager deux cas :

1^{er} cas : on tient compte des résidus de récolte.

Soit, par exemple, une culture de poireau.

Le tableau n° 7 nous indique qu'en moyenne une telle culture apporte, si on enfouit tous les déchets, 595 kg d'humus stable ; il reste donc, dans notre cas, pour couvrir les pertes, à apporter :

$$1\,200 - 595 = 605 \text{ kg d'humus stable,}$$

soit, par exemple :

$$\frac{605}{100} = 6,05 \text{ t de fumier bien décomposé (cf tableau page 28),}$$

$$\frac{605}{62,5} = 9,68 \text{ t de compost urbain (cf tableau page 28).}$$

62,5

N.B. Lorsque plusieurs cultures se succèdent dans l'année, on additionne les résidus.

2^e cas : on ne tient pas compte des résidus de récolte, soit pour des problèmes phytosanitaires, soit parce qu'ils sont négligeables, comme ce serait le cas pour une culture d'oignon blanc, par exemple.

Les pertes devront alors être couvertes par un apport d'amendement, soit, par exemple :

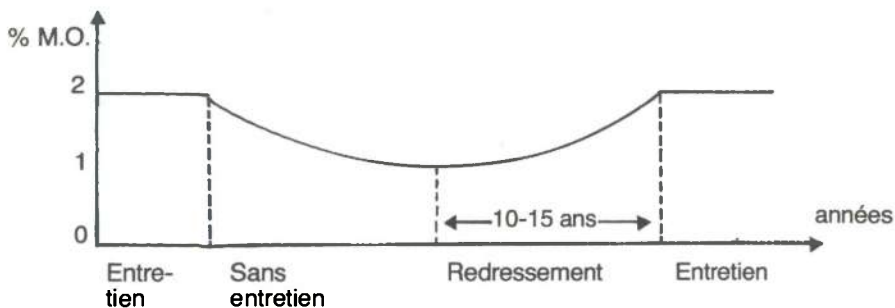
$$\frac{1\,200}{100} = 12 \text{ t de fumier bien décomposé,}$$

$$\frac{1\,200}{62,5} = 19,2 \text{ t de compost urbain.}$$

● Calcul des apports de redressement :

F. Lemaire (INRA Angers) souligne que « de même que la diminution du taux de matière organique est un phénomène lent, l'augmentation suit la même évolution, jusqu'à l'obtention d'un nouvel équilibre » ; ce que cet auteur illustre par le schéma ci-après.





Ces apports de redressement sont coûteux et exigent un plan portant sur plusieurs années et calculé en laboratoire d'analyses.

— Exemple :

Soit un sol à 2 % de matière organique, travaillé sur 25 cm et sachant qu'une couche de 25 cm de sol pèse 3 000 t/ha, si l'on désire porter ce sol à 3 %, il faut augmenter la quantité d'humus stable de :

$$\frac{3\ 000 \times 1}{100} = 30\ t + 1,2\ t \text{ représentant la quantité perdue pendant l'année par minéralisation.}$$

Sachant qu'une tonne de fumier bien décomposé fournit 100 kg d'humus stable, il faudra, pour obtenir 31 200 kg d'humus stable :

$$\frac{31\ 200 \times 1\ 000}{100} = 312\ 000\ \text{kg de fumier, soit } 312\ \text{t/ha.}$$

Ceci ne peut se faire en une seule fois et exige un plan d'apport.

A titre d'exemple, Bry et Anstett prescrivent, pour relever de 2,2 % à 4 % la matière organique d'un sol agricole, le plan d'amendement organique suivant :

— Amendement utilisé : fumier de ferme

Les trois premières années 150 t/ha, soit au total 450 t
De la 4^e à la 8^e année 50 t/ha, soit au total 200 t

De la 8^e à la 12^e année 25 t/ha, soit au total 625 t

Soit, en 12 ans, 1.275 t de fumier de ferme.

A partir de la 12^e année, un nouveau régime d'équilibre est atteint ; il faut alors 24 t/ha pour maintenir le taux de 4 %.

5. TECHNIQUES D'APPLICATION

a) Principes généraux

— Apporter 5 à 10 kg d'azote/ha par tonne d'amendement enfoui, lorsque celui-ci est pauvre en azote (paille, ...). La nécessité ou non d'apporter de l'azote est déterminée par le rapport C/N (cf. page 25).

Généralement on utilise l'azote sous sa forme le meilleur marché, mais il est souhaitable d'utiliser la forme ammoniacale ou l'urée.

— Répartir l'amendement par enfouissement sur toute la couche arable et non sur fond des raies de labour.

— Les matières organiques fraîches seront enfouies peu profondément, pour éviter un manque d'azote et une fermentation anaérobie.

b) Cas des fumiers

— Enfourer avant les pluies d'hiver, ou au printemps, quand le sol est ressuyé et jamais au fond des raies.

— Ne pas laisser le fumier en couverture trop longtemps avant de l'épandre, à cause des pertes d'azote qui se produisent.

Profondeur d'enfouissement :

10 cm en sol lourd,

20 à 30 cm en sol léger.

— Pas d'apport avant une culture de légumineuses ou de plante bulbeuse (oignon, ail, échalote).

— Pour les légumes racines, pas de paille ou de fumier pailleux, mais un fumier très décomposé, pour éviter les racines fourchues.

c) Cas des composts urbains et gadoues

Ils sont souvent riches en bore ; il faut éviter de les enfourer en trop grande quantité avant la culture des plantes sensibles au bore (cf. « sensibilité au bore », page 156).

d) Cas des engrais verts

Il est quelquefois nécessaire d'apporter un peu d'azote pour démarrer la culture (30 à 50 unités/ha).

Avant d'enfourer l'engrais vert on conseille de rouler ou de broyer. Il faut faire un labour à mottes disloquées, dit labour sale.

6. EFFET DES AMENDEMENTS ORGANIQUES

F. Lemaire décrit ainsi les effets des amendements organiques : « la matière organique contenue dans les amendements organiques a des effets sur les diverses propriétés du sol : physiques (structure, stabilité structurale, pouvoir de rétention en eau, portance), chimiques (formation du complexe argilo-humique, libération d'éléments fertilisants, intervention dans la dynamique de K_2O et P_2O_5), et biologiques (activité biologique des sols, action sur la flore saprophyte). La matière organique a d'autre part un effet direct sur les plantes, appelé effet spécifique, qui se traduit par une stimulation de la croissance, une augmentation des rendements et une réduction de l'action dépressive des nitrates apportés en quantités excessives ».

7. OBTENTION ET CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE QUELQUES AMENDEMENTS ORGANIQUES

Pour la composition, cf. tableau récapitulatif n° 14, page 51.

Sauf exception, nous ne reviendrons pas sur le rapport C/N et les valeurs de K_1 /cf. tableau 2).

a) Les fumiers

— Origine :

Litières d'élevage (bovins, ovins, porcins, chevaux), ou fabrication à partir de pailles (cf. page 37, le paragraphe « fabrication du fumier artificiel »).

— Préparation :

Les fumiers doivent subir une fermentation aérobie avant utilisation.

— Dose et fréquence :

En terre légère doses faibles tous les 2 ans.

En terre lourde doses fortes tous les 3 à 4 ans.

Attention !

— de trop forts apports, notamment sous serre, peuvent conduire à une libération importante de sels minéraux, entraînant une augmentation brutale de la salinité et une libération d'ammoniac, qui peuvent être toxiques pour certaines cultures (concombre par exemple),

— avant culture de légumes bulbeux et racines, enfouir 5 à 6 mois avant et n'utiliser que des fumiers bien décomposés.

— Action sur le sol :

Bonne augmentation d'humus stable.

Améliore le complexe argilo-humique.

Améliore l'élasticité des sols.

Favorise les travaux d'entretien.

Améliore la capacité de rétention en eau.

Apporte des éléments fertilisants, dont 50 % peuvent être utilisés dès la première année.

Apporte des oligo-éléments.

b) Compost et fumier de champignonnières

F. Lemaire et Menoury ont effectué des analyses en 1980 et étudié l'action sur le sol de ce type d'amendement. Les résultats d'analyses sont donnés dans les tableaux n° 9 et n° 10 et la comparaison avec du fumier de ferme dans le tableau n° 11.

F. Lemaire résume ainsi l'action sur le sol des composts de champignonnières : « Le compost de champignonnières issu de caisses élève le pH d'un sol sableux acide, alors que le fumier de champignonnières (compost dégotété) est neutre. L'action sur la croissance des plantes est la suivante : le compost et le fumier de champignonnières ont un effet bénéfique sur les rendements en matière sèche des plantes ».

Le même auteur définit ainsi les conditions d'emploi des composts de champignonnières : « On peut définir trois qualités de produits :

— le compost de champignonnières, issu de caisses, très calcaire (25 % MF en poids) peut être employé dans les sols acides et sur cultures ne craignant pas le calcaire,

— le compost de champignonnières issu de sacs, moins calcaire (15 % MF en poids) a un emploi moins restrictif,

— le fumier de champignonnières avec peu de calcaire a un emploi comparable à celui du fumier de ferme » (cf. tableau n° 11 comparatif p. 37).



**Tableau n° 9 : CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES
DU FUMIER DE CHAMPIGNONNIÈRES
(valeurs rapportées à la matière fraîche)**

	Fumier de champignonnières sans compost urbain	Fumier de champignonnières avec compost urbain
En % du produit brut :		
Matière sèche	34-42	40-55
Matière organique		19-24
Matières minérales	12-25	17-35
C/N		11-16
Azote total		0,6-0,85
Phosphore total		0,1-0,25
Potassium		0,4-0,7
Calcaire total		3,5-5,5*
Calcium		2-3,5*
Magnésium		0,1-0,17
Sodium	0,5-0,8	0,1-0,17
En ppm du produit brut :		
Cuivre	4,5-9	18-42
Fer	1.000-1.600	2.000-3.500
Manganèse	70-120	150-250
Zinc	15-60	100-300
Molybdène	0,45-0,6	0,7-1,6
Bore	4-7	6-7,5
Nickel	2-3	3,5-7,5
Plomb	0,9-1,5	40-300
Cadmium	0,04-0,1	0,2-1,0
Chrome	2-5	5-13,5

(*) Valeurs surestimées par la technique de prélèvement.

**Tableau n° 10 : CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES
DU COMPOST DE CHAMPIGNONNIÈRE**
(valeurs rapportées à la matière fraîche)

	Caisses		Sacs	
	Sans compost urbain	Avec compost urbain	Sans compost urbain	Avec compost urbain
En % de la matière fraîche				
Matière sèche	50-60		40-50	
Matières organiques		12-19		
Matières minérales	34-45		30-40	
C/N		11-16		
Azote		0,40-0,60		
Phosphore		0,06-0,17		
Potassium		0,25-0,45		
Calcaire total	16,5-24		11,5-15	
Calcaire actif	4-7		2-4,5	
Calcium	7,5-10		4,5-7	
Magnésium		0,7-0,13		
Sodium		0,03-0,12		
En ppm du produit brut				
Cuivre	2,5-6,5	13-33	2,5-6,5	13-33
Fer	600-1.180	1.500-2.500	600-1.180	1.500-2.500
Manganèse	40-90	110-180	40-90	110-180
Zinc	10-50	100-220	10-50	100-220
Molybdène	0,25-0,45	0,5-1,25	0,25-0,45	0,5-1,25
Bore	2,3-5	4,4-6	2,3-5	4,4-6
Nickel	1,2-2,2	2,5-6	1,2-2,2	2,5-6
Plomb	0,5-1	3-200	0,5-1	3-200
Cadmium	0,02-0,06	0,1-1	0,02-0,06	0,1-1
Chrome	1,2-3,5	4-10	1,2-3,5	4-10

**Tableau n° 11 : COMPARAISON
DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES
DU FUMIER DE FERME, DU FUMIER DE CHAMPIGNONNIÈRE
ET DU COMPOST DE CHAMPIGNONNIÈRE**

Valeurs rapportées à 10t MF**	Fumier de ferme*	Fumier de champignonnière	Compost de champignonnière
Matière organique	2t	2t	1,5t
N	50 kg	75 kg	50 kg
P ₂ O ₅	25 kg	40 kg	25 kg
K ₂ O	50 kg	75 kg	45 kg
CO ₃ Ca total	250 kg	moins de 500 kg (350 kg)	2t (caisses) 1,2t (en sacs)

* Moyenne de plusieurs moyennes.

** Matière fraîche.

c) Fabrication fumier artificiel à partir de paille
(d'après M^{me} Huguet - INRA/Agronomie - Montfavet).

On utilise une plate-forme pourvue d'une fosse à purin de faible capacité (de 10 m³ pour 100 m²) avec une pompe permettant d'arroser largement.

Mise en route et conduite de l'opération :

On commence par faire un lit de paille d'environ 60 à 80 cm de hauteur. Pour en assurer le mouillage, on effectue au moins trois arrosages successifs : matin, soir et lendemain matin, sur la base de 2.400 l par tonne de paille, soit 800 l dans chaque arrosage partiel. On apporte alors en surface un lit de fumier naturel ou provenant d'une opération précédente. On répand ensuite, aussi uniformément que possible en le semant à l'état de poudre, un mélange nutritif approprié sur la base de 5 à 7 kg d'azote par 1.000 kg de paille ; on effectue un léger arrosage pour faire pénétrer les produits solubles dans la masse. Au bout d'un à deux jours, on constate l'apparition de zones où la température s'élève. Lorsque celle-ci atteint 50 à 60° dans toute la masse, ce qui peut nécessiter 5 à 6 jours, on tasse en promenant un animal sur le tas. Si l'on n'a pas cette possibilité, le tassement se trouve assuré, à la rigueur, par le piétinement de l'ouvrier chargé de l'arrosage. On arrose ensuite copieusement. La température s'abaisse momentanément pour remonter vers 70° au bout de deux ou trois jours.

On effectue alors un nouveau chargement d'égale épaisseur de paille, et on renouvelle la même série d'opérations à l'exception de l'addition de fumier frais. La quantité d'azote ajoutée peut alors être réduite à 2,5 kg par 1.000 kg de paille.

Il convient de faire entrer en circulation dans les arrosages le purin qui s'écoule au début de l'opération. Toutefois, dans une opération bien conduite, la quantité de liquide exsudé est très réduite.

Il est utile de protéger les parois contre l'évaporation, au moyen de blocs de paille pressée qu'on superpose.

Mélange nutritifs :

On pourra utiliser simplement l'urée ou la cyanamide quand on vise essentiellement la production de matière humique (*).

Urée	5 kg
ou cyanamide à 20 %	12,5 kg

par tonne de paille ou tout autre mélange approprié.

Contrôle de la marche de la fermentation :

Le contrôle de la marche de la fermentation s'effectue d'après la température qu'on relève au moyen d'un thermomètre-pieu logé dans une gouttière pratiquée dans une monture à extrémité effilée.

La température doit atteindre environ 65-70° C dans la première phase de l'opération et rester ensuite aux environs de 50 ° C.

Un abaissement brusque de la température est l'indice que la matière se dessèche. Il faut alors arroser pour compenser les pertes importantes par vaporisation. Au bout de deux ou trois jours, la température doit être remontée à peu près à son degré initial.

Quantité de paille à employer :

La quantité de paille à employer est de 300 à 350 kg par m², en cinq chargements successifs.

Rendement :

Le rendement en fumier à 80 % d'humidité peut être à 2,7 - 2,8 fois le poids de la paille. Ces chiffres permettent d'évaluer la production d'une plate-forme de 100 m² à environ 120 t en trois mois.

d) Les pailles

Composition :
(cf. p 51).

Action sur le sol :

Comme le fumier, mais libère moins d'éléments fertilisants.

Ne pas oublier d'apporter de l'azote à l'enfouissement : 5 à 10 kg par tonne.

e) Les engrais verts

Composition :
(cf. p 40 et 51).

Définition :

C'est une plante rustique qui doit donner, dans un cycle très court, une forte quantité de matière organique jeune, qui sera enfouie sur place.

Rendement :

Les rendements peuvent varier de 15 à 45 t/ha, pour un même engrais vert, selon la date de semis, la densité, le soin apporté à la culture.

Exemple : les rendements moyens de la moutarde blanche sont considérés comme étant de l'ordre de 15 à 18 t, pour un semis d'août et un enfouissement en octobre.

(*) Certains auteurs recommandent le phosphate d'ammoniaque.

Pour une même période de culture (semis 20 août, enfouissement début octobre), la Sté du Canal de Provence a obtenu 43 t/ha, pour une culture irriguée (1 800 m³/ha en 3 arrosages).

Action sur le sol :

Les engrais verts se caractérisent par une fermentation rapide : ils n'augmentent pas, ou très peu, le taux d'humus stable. Ils provoquent une amélioration passagère, mais efficace, de la structure.

Ils empêchent le lessivage des engrais.

Inconvénients : ils peuvent être sensibles aux mêmes parasites que les cultures faites sur l'exploitation. Ils peuvent salir les terres.

Culture des engrais verts :

— Fumure : sauf cas exceptionnel, en sol maraîcher on n'apporte pas d'engrais, cependant un apport de 40 à 50 unités d'azote est parfois utile, mais en cas de sol non maraîcher, une fumure complète peut être nécessaire ; par exemple : N 50-60 - P₂O₅ 100 - K₂O 100.

— Préparation du sol et semis : il s'agit de préparer un bon lit de semences. Le semis s'effectue au semoir ou à la main, selon les superficies à emblaver.

— Entretien de la culture : selon la période et les régions, un arrosage peut être nécessaire à différentes phases de la culture.

— Quantité et période de semis : elle varie selon les espèces (cf. tableau n° 12).

— Durée de la culture : elle varie avec les espèces, la période de culture (cf. tableau 12).

Technique d'enfouissement :

(cf. p. 32 et 33).

Attention : ne mettre en culture ou semer la culture suivante que 2 à 3 semaines après enfouissement des engrais verts.

f) Gadoues et composts urbains

Définition (d'après norme AFNOR « NF U 44-051 » déc. 74).

● Compost urbain : mélange de déchets solides d'origine principalement domestique ayant subi au cours de sa fabrication un échauffement naturel de la masse à une température de 60° C ou plus, pendant une durée au moins égale à quatre jours et précédé ou suivi de certaines opérations mécaniques (triage, broyage, dilacération, déferailage, tamisage, etc.).

— compost urbain frais :

Compost urbain ayant seulement subi la fermentation de quatre jours au minimum.

— compost urbain demi-mûr :

Compost urbain ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation incomplète.

— compost urbain mûr :

Compost urbain ayant subi la fermentation thermophile suivie d'une maturation complète.

Tableau n° 12 : CULTURE DES ENGRAIS VERTS

Espèce ou mélange	Semence kg/ha	Date de semis recommandée	Durée de culture recommandée en mois	Exemples de Rendement		OBSERVATIONS
				mat. verte t/ha	mat. sèche t/ha	

GRAMINÉES

Avoine d'hiver	120 à 150	octobre	7	10-12		
Avoine de printemps	120 à 150	mars	4 à 5			
Blé	100	oct.-nov.	6 à 8	30-40		
Orge	100	oct.-nov.	6 à 8	30-40		
Ray-grass d'Italie	10 à 15	août à nov.	6 à 8			
Ray-grass type werterwald		fév. à juin	2	25-40	2-8 2-4	
Seigle	180 à 100	sept.	7			
Sorgho	40 à 50	avril au 30/7	1 à 1,5	40-60	4-9 4-7	demande de la chaleur

CRUCIFÈRES

Chou de Chine	20 à 25	mars à fin août	1,5 à 2			à éviter avant les crucifères potagères peu sensible aux gelées
Colza	8 à 10	automne	2 à 2,5	50	1,5-4	
Moutarde (variété à graines blanches)	10 à 15	mars à sept.-oct.	3 à 2	15-20		
Siletta	15 à 18	juillet-août	1 à 1,5 enfouir à la floraison	35		végétation rapide. A forte densité elle étouffe les vivaces

HYDROPHYLLACÉES

Phacelie (Phacelia)	15	mars à sept.	1,5 à 2			croissance rapide résiste à la sécheresse fort rendement en feuilles et racines
---------------------------	----	--------------	---------	--	--	---

LÉGUMINEUSES (à proscrire avant culture de pois, haricot, asperge)

Féverolle d'hiver	200	octobre	7 à 8	25-45	3-7 3-7	résiste bien au calcaire
Féverolle de printemps	200	fév.-mars	2 à 3	25-45		
Pois fourrager	250	mars à fin août	1,5 à 2			
Trèfle incarnat	20	août-sept. à nov.	5 à 7	20		
		fév.-juin	3 à 5	20		
Vesce d'été	200	mars à fin août	1,5 à 2	15-30		
Vesce d'hiver	200	automne	6 à 8	15-30		

MÉLANGES (mêmes remarques que pour crucifères et légumineuses).

Avoine d'hiver	50 %	250	sept.-oct.	8 à 9	4-6	les mélanges sont intéressants, car ils permettent l'exploration du sol à 2 ou 3 étages et ils donnent une bonne structure.
+ Vesce d'hiver	50 %					
Avoine de printemps	50 %	250	mars a mai	3 à 4	4-6	
+ Vesce de printemps	50 %					
Vesce d'été	70 %	200	mars à fin août	2 à 3		
+ Pois fourrager	30 %					
Trèfle d'Alexandrie	50 %	50	mars à fin août	2 à 3		
+ Trèfle de Suse	50 %					
Avoine	56 %	250	mars à fin août	1,5 à 3		
+ Vesce d'été	22 %					
+ Pois fourrager	22 %					
Vesce d'hiver	48 %	70 à 80	fin août	8 à 9		
+ Trèfle incarnat	32 %					
+ Ray-grass d'Italie	20 %					
Pois dit « mélange Blondeau »	100	100	mars à fin août	2 à 3		
+ Vesce	50					
+ Féverolle	50					

N.B. Ce tableau permet de donner une vue globale. Se renseigner auprès des conseillers. Il ne comprend pas tous les engrais verts.

● Gadoues anciennes tamisées (synonyme : criblés de décharge) : produit obtenu en tamisant d'anciennes décharges d'ordures ménagères.

Composition :
(cf. p. 51).

Action sur le sol :
Augmentent le taux d'humus stable.
Apportent quelques éléments fertilisants.

Attention :
— se renseigner selon les régions sur la teneur en métaux lourds (cf. chapitre *phytotoxicités*, p. 158).
— ils sont souvent riches en bore. Ne pas en épandre l'année précédant la culture d'une plante sensible (cf. p. 156).
— la valeur agronomique est variable avec le procédé de fabrication.

Tableau n° 13 : QUANTITÉS A APPORTER
(tableau fourni par J.-M. Lefebvre au stage CTIFL L. 69.80)

Quelques directives pour l'application des boues sur sols agricoles, variant suivant les pays [Hollande, Allemagne, France, Écosse, USA (EPA-Wisconsin-Ontario), Royaume Uni, Danemark, Finlande, Norvège, Suède], et les conditions de sol (d'après T.W.G. Hucker, 1978).

1. Application maximum suivant les cas :

- fonction de la demande en azote des cultures
- 1 à 5 t de matière sèche/ha.an
- 55 à 121 m³/ha de boue liquide par application
- apport de métal limité à 10 % de la capacité d'échange de cations du sol
- apport limite de cadmium à réduire de 2 kg/ha.an à 0,5 kg/ha.an (1980)

2. Apports limites :	Cadmium	Nickel	Zinc
— en g/ha.an	15 à 167	100-2.300	4.000-20.000
— cumulé en kg/ha	1,5 à 20	35- 200	250- 1.000
3. Concentrations limites :			
— dans les boues en mg/kg	10 à 40	50- 500	2.000-10.000
— dans le sol cultivé, mg/kg	5	50	300
4. Rapport minimal N ammoniacal/métal	500	40	4

5. Période d'application : 5 à 60 ans, ou non spécifié.

6. pH du sol : > 6, > 6,5, ou non spécifié.

g) Marc de raisin

Définition :
cf. norme AFNOR, page 23.

Le marc de raisin se trouve composté, et, dans ce cas, est souvent vendu comme une spécialité commerciale.

Si l'on désire le composter soi-même, on fait une couche de 20 cm, on arrose, on ne tasse pas. Après 8 jours, ajouter une seconde couche de 20 cm sans tasser, arroser, attendre 8 jours et ainsi de suite sur 1,50 m à 2 m d'épaisseur.

Il peut être utilisé non composté, mais, dans ce cas, on a des risques d'acidification. Pour un tel emploi, on utilisera des marcs après distillation et on pourra éventuellement ajouter à ces marcs non compostés : 1,5 % de chaux ou 3 % de scories ou 3 % de cyanamide.

Action sur le sol :

Il augmente le taux d'humus stable, apporte des éléments fertilisants, en particulier de la potasse.

h) Tourbe

Définition :

cf. norme AFNOR, page 24.

Composition :

cf. page 51.

Action sur le sol :

Elle se décompose très lentement. Elle fournit très peu d'éléments fertilisants (sauf si elle est enrichie). Elle a cependant un rôle important lorsqu'elle est amenée en quantité suffisante.

Ces apports se traduisent par :

- une augmentation de la capacité de rétention en eau et des cations,
- une augmentation de la cohésion dans les terres légères de type sableux,
- un allègement des terres argileuses.

Notons qu'elle joue indirectement sur la richesse en éléments fertilisants par sa capacité d'échange (100 à 150 me pour les tourbes blondes).

Attention :

- avant utilisation, il convient, dans la plupart des cas, de neutraliser les tourbes, généralement acides,
- les doses doivent être définies après analyse physique.

N.B. 1 m³ de tourbe blonde pèse 160 à 165 kg.

1 m³ de tourbe noire pèse 333 kg.

Exemple d'apport : on peut apporter, en tourbe blonde 5 à 10 l/m² (50 à 100 m³/ha), soit 0,8 à 1,6 kg/m² (8 à 16 t/ha).

i) Spécialités commerciales

Définition et réglementation :

cf. norme AFNOR, p. 23 et 24.

Action sur le sol

Elle est variable selon la composition et les doses.

Appréciation des différentes spécialités :

La comparaison des différentes spécialités n'est pas toujours aisée ; les points sur lesquels elle doit porter sont :

- le pourcentage de matière organique d'origine végétale,
- le poids de matière sèche de cette matière organique,
- le rapport C/N de la matière organique et non de l'ensemble de la spécialité,
- le pH,
- la quantité d'éléments fertilisants contenus dans le produit,
- la valeur du coefficient K1 quand elle est connue.

N.B. On consultera avec profit le Bulletin Technique des Pyrénées-Orientales, n° 86, printemps 78 (s'adresser à la Chambre d'Agriculture des P.O.).

7. CHOIX DU PRODUIT A UTILISER

Il faut tenir compte de trois critères principaux :

- LE BUT que l'on veut atteindre, qui est donné par l'analyse de sol et des cultures à faire.

- LA CONFORMITÉ DU PRODUIT, avec les normes (cf. p. 23-24).

- LE PRIX DU PRODUIT :

Plusieurs formules sont proposées, à titre d'exemple, nous donnons :

— celle de J.-C. Rémy et A. Marin-Lafêche, qui, dans leur ouvrage « *L'entretien organique des terres* », proposent quelques exemples de coût du kg d'humus à partir de la paille, du fumier, d'humus industriel.

N.B. les prix indiqués datent de 1976.

Coût d'un kg d'humus sous-produit =

(Prix marché 1 t — coût de conditionnement 1 t) + coût des opérations enfouissement - économie de fumure 1 t

Nombre de kg humus représenté par une tonne

■ A PARTIR DE LA PAILLE

$$\text{Coût « kg d'humus paille »} = \frac{(P \times Q - P_1) + P_2 - P_3}{H}$$

- P Prix de la tonne de paille sur le marché. Nous allons le faire varier de 50 F à 250 F la tonne.

- Q Quantité de paille ramassable à l'hectare (4,5 tonnes par exemple).

P₁ : Coût des interventions en vue de la vente de la paille. Les valeurs citées par M. Grillot (1) constituent des valeurs minimales. Actuellement, et selon les informations recueillies par le S.U.A.D. de l'Aisne (2), on peut retenir 90 F la tonne, soit 405 F l'hectare.

- P₂ : Coût des interventions en vue de l'enfouissement. Broyage : 42 F (2). Epandage 40 N 92 F (2).

- P₃ : Valeur PK de la paille 9 kg P₂O₅ à 1,50 F et 54 kg K₂O à 0,60 F.

- H : Quantité d'humus laissée par 4,5 tonnes de paille, soit 575 kg.

Prix du marché 1 t de paille	50	100	150	200	250
Coût du « kg d'humus »	—	0,23	0,62	1,01	1,41

On voit que le prix de la paille pèse lourdement sur le coût de l'humus paille et qu'à partir d'un certain prix, le fait d'enfouir la paille peut se discuter.

(1) D'après M. Grillot, Paille : ce que coûte le ramassage ? Entreprises Agricoles, n° 71, octobre 1975.

■ A PARTIR DU FUMIER

$$\text{Coût « kg humus fumier »} = \frac{P + P_2 - P_3}{H}$$

- P : valeur marchande de la tonne de fumier en tas (30 à 70 F la tonne).
- P₂ : Coût reprise et épandage : chantier, remorque, épandeuse 10 F (1).
- P₃ : valeur NPK du fumier : 1 kg N à 1,5 F, 3 kg P₂O₅ à 1,5 F et 7 kg K₂O à 0,60 F.
- H : quantité d'humus laissée par 1 tonne de fumier, soit 100 kg

Prix marché 1 t de fumier	30	40	50	60	70
Coût « kg humus fumier »,	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70

Remarque : En partant de la valeur marchande de la paille et de celle du lisier et en affectant la manipulation de la paille à la seule production animale, on peut établir une estimation de la valeur du fumier :

Prix 1 t de paille	50	100	150	200	250
Prix 1 t fumier pailleux	28	38	48	58	68
Prix 1 t fumier bien fait	35	48	60	73	85

■ A PARTIR DE L'HUMUS INDUSTRIEL

$$\text{Coût « kg humus industriel »} = \frac{P + P_2 - P_3}{H}$$

- P : Prix de la tonne de produit.
- P₂ Coût de l'épandage : 20 F.
- P₃ : Valeur fertilisante : 8 kg N à 1,50 F, 5 kg P₂O₅ à 1,50 F, 1 kg K₂O à 0,60 F.
- H : quantité d'humus formé, soit environ 275 kg.

Prix 1 t d'humus industriel	300	400	500	600	700
Coût « kg humus »	1,09	1,45	1,82	2,18	2,55

(1) D'après temps travaux et tarifs entraide 1976. Chambre d'Agriculture Aisne.

— quelques coûts du kg d'humus, calculés par Y. Aurier (*Directeur du SUAD de la Chambre d'Agriculture du Gard*) (Référence année 1979).

1. *Enfouissement des pailles :*

Soit 4 tonnes de paille/ha à 170 F la tonne = 680 F.

'Broyage, épandage = 100 F/ha

680 F + 100 F = 780 F/ha de paille enfouie.

Rendement en humus de la paille = 15 %.

4 tonnes de paille x 15 % = 600 kg d'humus stable.

780

— = 1,30 F/kg d'humus

600

2. *Apport d'humus industriel :*

0

Humus « x » : 30 % de matière sèche.

Rendement en humus : 50 %.

Prix au kg : 0,76 F.

1 kg d'humus « x » donne : $1 \times \frac{30}{100} \times \frac{50}{100} = 0,15 \text{ kg d'humus.}$

d'où : Prix du kg d'humus stable : $0,76 \text{ F} : 0,15 = 5,06 \text{ F}$

3. *Apport de compost de lies et marc :*

Compost : 35 % de matière sèche, rendement en humus de la matière sèche 30 %.

Prix au kg : 0,07 F rendu.

1 kg de marc donne : $1 \times \frac{36}{100} \times \frac{30}{100} = 0,105 \text{ kg d'humus.}$

d'où, prix du kg d'humus stable : $0,07 : 0,105 = 0,68 \text{ F.}$

Il faut bien entendu ajouter les frais d'épandage qui sont plus élevés avec un produit à faible rendement humique.

4. *Apport de fumier :*

Fumier moyen à 25 % de matière sèche à rendement en humus de la matière sèche de 35 %.

Prix au kg rendu . 0,11 F.

1 kg de fumier donne : $1 \times \frac{25}{100} \times \frac{35}{100} = 0,087 \text{ kg d'humus stable.}$

d'où, prix du kg d'humus : $0,11 : 0,087 = 1,26 \text{ F}$

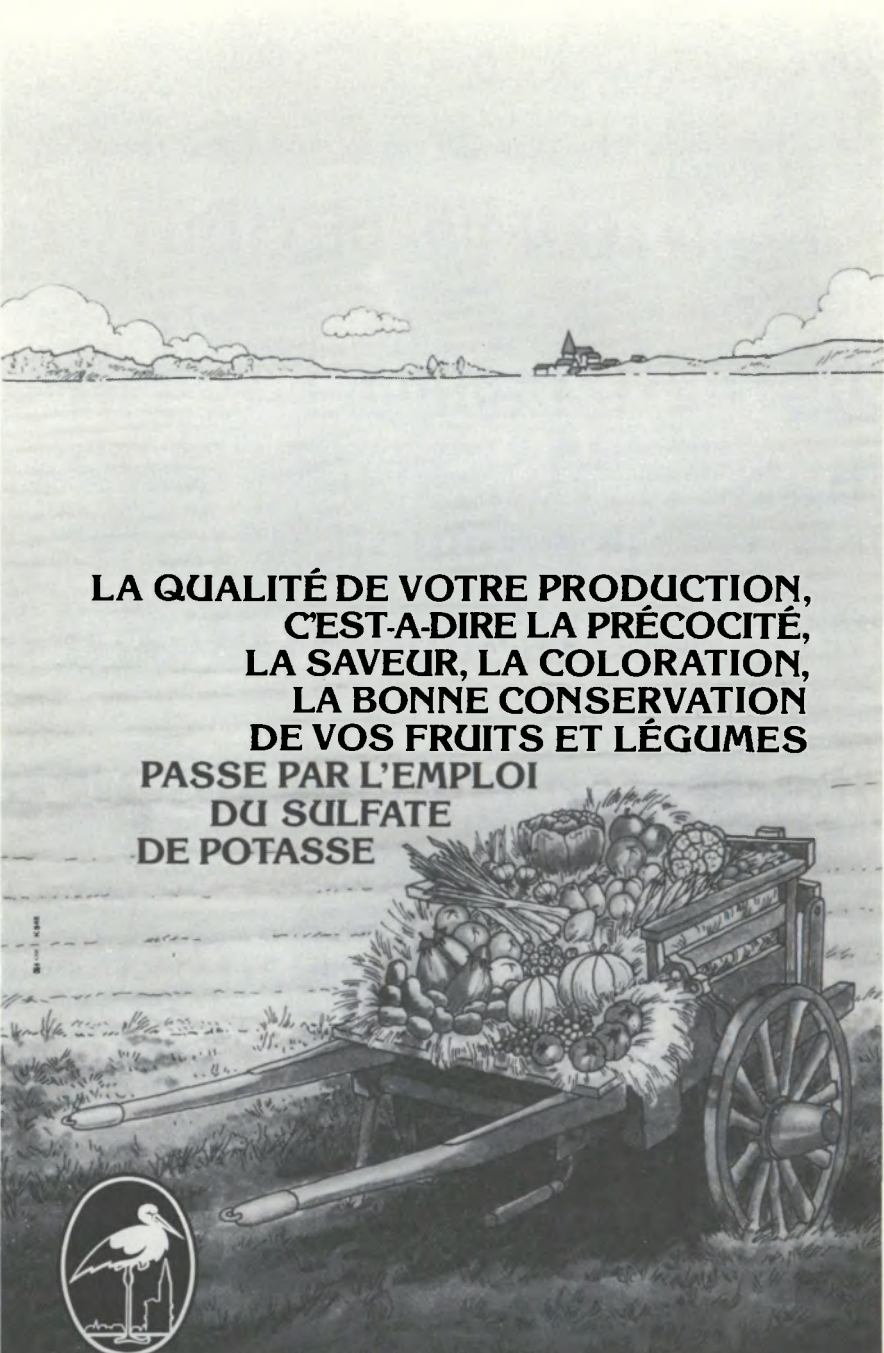
Nota :

Dans aucun des exemples nous n'avons tenu compte des apports d'éléments fertilisants des différentes matières organiques.

Cela ne bouleverse pas les prix de revient établis. Même en cas d'imprécisions inévitables dans de tels calculs, apparaît des ordres de grandeur très éloignés les uns des autres qui classent par coûts croissants de l'humus obtenu : les marcs, le fumier, les pailles et l'humus industriel.

Tous les calculs donnés ci-dessus doivent être considérés comme des ordres de grandeurs, car les teneurs en matière sèche et les rendements en humus de la matière sèche des différents produits sont souvent imprécis.

Il faut surtout voir dans ce qui précède une manière simple d'aborder les problèmes de matière organique.



**LA QUALITÉ DE VOTRE PRODUCTION,
C'EST-A-DIRE LA PRÉCOCITÉ,
LA SAVEUR, LA COLORATION,
LA BONNE CONSERVATION
DE VOS FRUITS ET LÉGUMES
PASSE PAR L'EMPLOI
DU SULFATE
DE POTASSE**



SULFATE DE POTASSE
Qualité - Sécurité



GROUPE EMC

Société Commerciale des Potasses et de l'Azote
62-68 rue Jeanne d'Arc, 75646 Paris Cedex 13

3. LA FUMURE

1. BUT

Le but essentiel de la fumure est d'ajuster le sol à un niveau nutritif suffisant pour alimenter la plante ou de maintenir son potentiel nutritif en fonction des besoins des cultures.

2. NATURE DES PRODUITS

a) Définitions

Les produits utilisés sont appelés « engrais ». La norme AFNOR NF U 42-001, de décembre 1981 en donne la définition suivante :

Engrais :

« Matières fertilisantes dont la fonction principale est d'apporter aux plantes des éléments directement utiles à leur nutrition (éléments fertilisants majeurs, éléments fertilisants secondaires et oligo-éléments). »

Les éléments fertilisants majeurs sont :

L'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K).

Les éléments fertilisants secondaires sont :

Le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le sodium (Na) et le soufre (S).

b) Classification

L'AFNOR donne la classification suivante :

« Les types d'engrais sont groupés en classes, selon le schéma suivant.

Engrais sans déclaration d'azote organique ou d'azote de synthèse organique :

- Avec teneur(s) déclarée(s) en N, P₂O₅, et/ou K₂O :
 - engrais simples N, P, K (classe I)
 - engrais composés NPK, NP, NK, PK (classe II).
- Sans teneur(s) déclarée(s) en N, P₂O₅ et/ou K₂O :
 - avec teneur(s) déclarée(s) en CaO, MgO, Na₂O et/ou SO₃ (classe III).
 - avec teneur(s) déclarée(s) uniquement en oligo-élément(s) (classe IV).

Engrais avec déclaration d'azote organique ou d'azote de synthèse organique :

- engrais organiques azotées (classe V).
- engrais NPK, NP, NK, entièrement d'origine animale ou végétale et engrais organo-minéraux N, NPK, NP, NK (classe VI).
- engrais simples azotés, engrais composés NPK, NP, NK contenant de l'azote de synthèse organique (classe VII) ».

c) Spécification et définition des classes

● CLASSE I :

Engrais simples : « Engrais ayant une teneur déclarée en un seul élément fertilisant majeur : respectivement l'azote pour les engrais simples azotés, le phosphore pour les engrais simples phosphatés, le potassium pour les engrais simples potassiques.

- **engrais simples azotés (N) :**

Tous engrais simples azotés sans déclaration d'azote organique ou d'azote de synthèse organique (exemples : nitrate de chaux, cyanamide calcique, urée, etc.).

- **engrais simples phosphatés (P) :**

Tous engrais phosphatés, y compris ceux obtenus à partir du traitement des os (exemples : scories Thomas, superphosphate triple, poudre d'os dégelatinés, etc.).

- **engrais simples potassiques (K) :**

Tous engrais simples potassiques (exemples : sylvinite, chlorure de potassium, sulfate de potassium (notons que, selon les normes, les chlorures et sulfates doubles de potassium et de magnésium sont considérés comme des engrais simples potassiques), extraits de vinasse, salins de betteraves). »

- **CLASSE II :**

Engrais composés NPK, NP, NK, PK : « Engrais ayant des teneurs déclarées en trois ou en deux des éléments fertilisants majeurs :

- azote, phosphore, potassium, pour les engrais NPK.
- azote et phosphore, pour les engrais NP.
- azote et potassium, pour les engrais NK,
- phosphore et potassium, pour les engrais PK. »

Ces engrais sont obtenus par voie chimique et/ou par mélange, sans incorporation de matières fertilisantes organiques ni d'azote de synthèse organique (exemples : phosphate d'ammoniaque, phosphate monopotassique, nitrate de potasse, etc.).

- **CLASSE III :**

Engrais apportant du calcium, du magnésium, du sodium et/ou du soufre (les engrais apportant une teneur déclarée en N, P, K étant exclus) ; exemples : gypse, sulfate de magnésium, etc.

- **CLASSE IV :**

Engrais avec teneur(s) déclarée(s) en oligo-éléments ; exemple : molybdate d'ammonium.

- **CLASSE V :**

Engrais organiques azotés :

- azote de synthèse organique :
« Azote apporté par des substances provenant de la chimie organique et obtenu par synthèse. Par convention l'urée et la cyanamide sont rattachées à cette classe de produit. »

- azote organique :

« Azote provenant de matières organiques d'origine animale ou végétale. »

Exemples : sang desséché, tourteau végétal.

- **CLASSE VI :**

Engrais NPK, NP, NK entièrement d'origine animale ou végétale et engrais organo-minéraux N, NPK, NP, NK.

Ces engrais doivent contenir au minimum 1 % d'azote organique d'origine animale ou végétale.

- engrais organique :

« Engrais dont la totalité des éléments fertilisants a une origine organique, animale ou végétale » (exemples : guano d'oiseau, vinasse de mélasse).

- engrais organo-minéral :

« Mélange d'engrais organiques et d'engrais minéraux. Ce mélange doit contenir au minimum 1 % d'azote d'origine organique. »

- **CLASSE VII :**

Engrais simples azotés, engrais composés NPK, NP, NK contenant de l'azote de synthèse organique.

3. COMPOSITION DE QUELQUES ENGRAIS ET AMENDEMENTS ORGANIQUES

Il existe un nombre important d'engrais organiques, dont la composition varie selon la nature des constituants, le lieu de production, les procédés et la période de fabrication. Le tableau n° 14 exprime la diversité des teneurs de quelques-uns des produits utilisés.

A partir de ces matériaux, les éléments sont libérés progressivement et plus ou moins rapidement, selon la température, l'humidité et la nature du sol. Cependant, on ne maîtrise pas l'évolution des formes organiques, qui dépendent de facteurs du milieu non contrôlables. Dans ces conditions, la fourniture des éléments aux cultures, au cours des périodes de besoins les plus intenses, n'est pas forcément assurée.

Le tableau 14 donne la composition moyenne de quelques amendements et engrais organiques.

MARSEM-ROYAL-SLUIS

LA COMPLÉMENTARITÉ
donc L'EFFICACITÉ

Des Recherches Géographiquement Adaptées

L'EXPÉRIENCE - LA COMPÉTENCE

LES HOMMES



marsem

Graines et Plantes Potagères

Mas de Rouzel - Route de Générac - 30000 NIMES

Tél. (66) 84.21.32 - Téléx : MARSEM 480 473 F



**Tableau n° 14 : TABLEAU DES TENEURS EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS
ET DES CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES AMENDEMENTS
ET ENGRAIS ORGANIQUES
(d'après différentes sources)**

	M.S. en %	Composition, en % de matière fraîche					Utili- sation	Observations et quantités approximatives à apporter par hectare
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO		
● AMENDEMENTS								
- amendements d'origine végétale								
RÉSIDUS DE RÉCOLTE								
DE LÉGUMES	10-25	0,2-0,7	0,05-0,2	0,2-0,7	0,1-1		X	idem « engrais vert »
ENGRAIS VERTS								
- vesce	20-30	0,5-0,7	0,1-0,2	0,5-0,7	0,4-0,6		X	ont une action d'amende- ment, mais ils ne font que restituer au sol les éléments fertilisants qu'ils concentrent en surface
- trèfle	15-20	0,5-0,7	0,1-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6		X	
- féverole	10-15	0,4-0,6	0,1-0,2	0,4-0,6	0,4-0,6		X	
- seigle	20-25	0,4-0,6	0,1-0,2	0,1-0,3	0,1-0,2		X	
- moutarde blanche	10-15	0,2-0,3	0,1-0,2	0,1-0,3	0,1-0,2		X	
PAILLE	85-95	0,3-0,5	0,1-0,2	0,6-3	0,1-0,8		X	
MARCADE RAISIN	35-45	1-1,2	0,2-0,4	1-2,5	0,3-0,6		X	
FUMIER ARTIFICIEL								
DE PAILLE	25-35	0,3-0,5	0,1-0,2	0,6-0,8	0,2-0,4		X	30-100t
ALGUES	20-25	0,4-0,8	0,1-0,3	0,8-1,5	0,3-1		X	
TOURBE BLONDE	85-95	0,5-2,2	0,03-0,1	0,01-0,1	0,2-0,4		X	ne fournit pas d'éléments fertilisants, car elle ne se décompose pas, ou très lentement
- amendements d'origine animale et végétale								
FUMIER								
de cheval	30-35	0,5-0,7	0,2-0,4	0,5-0,7	0,6-1		X	20-80t
- d'ovins	35-40	0,7-1,6	0,2-0,4	0,7-0,9	0,6-1		X	20-50t
- de bovins	18-20	0,3-0,6	0,2-0,3	0,4-0,6	0,6-1	0,1-0,2	X	30-100t
- de porcins	25-30	0,2-0,6	0,1-0,3	0,2-0,7	0,4-0,8		X	20-80t
- de ferme mixte	25	0,2-0,6	0,1-0,4	0,3-0,8	0,6-1		X	30-100t
- de volailles	50	0,6-3	1-1,8	0,8-1	2-2,5		X	0,6-2,5t
- de champignon- nières	55-60	0,6-0,8	0,3-0,5	0,5-0,8	12-18	0,4	X	10-40t
● ENGRAIS ORGANIQUES								
Déchets de laine		3-9					X	400-1.500 kg
Farine de poissons		4-10					X	300-1.000 kg
Farine de viande		9-11					X	200- 500 kg
Guano du Pérou		16	10	2			X	200- 400 kg
Poudre de corne		12-15					X	200- 600 kg
Poudre d'os		2-4	16-20				X	300- 500 kg
Sang desséché		10-13					X	200- 500 kg
Tourteaux		4-7					X	400-1.500 kg
● COMPOSTS URBAINS								
Frais	65-80	0,4-0,6	0,4-0,5	0,4-0,6	2-5		X	contiennent aussi des oligo- éléments, mais attention aux excès de bore et de métaux lourds, p. 42
Fermenté	65-80	0,5-1	0,4-0,8	0,4-1	3-6	0,1-0,4	X	
● DIVERS								
PURIN* LISIER*		0,1-0,2	0,25	0,4			X	
- de bovins	10-15	0,25-0,35	0,1-0,2	0,5-0,6	0,3		X	20-50t - au moins un mois avant semis
- de porc	10-15	0,25-0,5	0,15-0,4	0,25-0,4	0,3-0,4	0,1-0,2	X	

* Pour obtenir ces données en kg/m³, unité dans laquelle ils sont généralement fournis, il suffit de multiplier les chiffres indiqués par 10.

N.B. On considère qu'il y a libération d'environ 50 %, au cours de l'année d'enfouissage, des éléments indiqués sur ce tableau, pour les produits d'origine végétale, sauf la tourbe qui ne libère aucun élément, ou en quantité tellement faible qu'on ne peut pas les comptabiliser.

4. ACTION, COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES ENGRAIS AUTRES QUE LES « ENGRAIS ORGANIQUES ».

Le tableau n° 17 donne la teneur en éléments majeurs et secondaires et quelques caractéristiques de quelques engrais (voir également tableau n° 23, « irrigation fertilisante » p. 65 et tableau n° 6, chapitre IV « carences » p. 154).

Comme indiqué précédemment, le but essentiel des apports d'engrais est d'enrichir en éléments fertilisants, cependant, ils ont des effets secondaires qu'il est nécessaire de connaître pour mieux maîtriser les apports. Ces effets sont :

- la modification du pH du sol,
- l'augmentation de la salinité.

a) Modification du pH

Les engrais, selon leur composition et leur nature chimique, peuvent exercer, à l'égard du pH du sol, l'une ou l'autre des modifications suivantes : acidification ou alcalinisation.

On exprime cette propriété en kg de CO_3Ca pour 100 kg de produit.

Le tableau n° 17 donne, pour quelques engrais, l'équivalent en kg de CO_3Ca de l'action acidifiante ou alcalinisante de 100 kg d'engrais.

Par exemple : l'action acidifiante de 100 kg de sulfate d'ammoniaque peut être compensée par 110 kg de CO_3Ca , alors que l'action alcalinisante du nitrate de soude équivaut à un apport de 63 kg de CO_3Ca .

b) Augmentation de la salinité

Les engrais augmentent la salinité du sol. Cette propriété se mesure pour chaque engrais par un indice dit « indice de salinité ».

● Définition de l'indice de salinité

De quoi s'agit-il ? Tout sel dissous dans l'eau augmente la concentration saline de cette eau. Mais, selon la nature du sel, cette salinité est plus ou moins importante. On a coutume de classer les engrais, pour cette propriété particulière, en prenant comme référence le nitrate de soude à 16,5 % d'azote, auquel on donne l'indice 100. On appelle cet indice l'**indice global**. On se sert aussi d'un autre indice, l'**indice partiel**, qui est l'indice par unité fertilisante contenue dans l'engrais.

Plus l'indice est faible, moins l'engrais risque de brûler ; ceci est important dans le choix de la fumure de plantes sensibles à la salinité (voir tableau des plantes sensibles à la salinité, page 161).

● Calcul de l'indice de salinité

(Extrait de « Les engrais et la salinité », J. Mudespacher, Laboratoire de Techniques Agricoles Chatelaine/Genier, Suisse = Revue Horticole, décembre 1973, p 22-25).

Données permettant le calcul de l'indice de salinité d'un engrais ou d'un mélange d'engrais.

Les données utilisées pour le calcul de l'indice **global** et l'indice **partiel** de salinité d'un engrais sont réunies dans le tableau n° 15. Elles peuvent être appliquées à n'importe quel engrais, pour autant que sa composition (formulation) soit connue (unités fertilisantes %, engrais simples de base pour les engrais dits « **de mélange** »*).

* Il s'agit d'engrais complet.

Tableau n° 15 : DONNEES POUR LE CALCUL DES INDICES DE SALINITE DE CERTAINS ENGRAIS (d'après J. Muespacher, 1973)

1	2	3	4	5	6
	Dosage en % des unités fertilisantes	Engrais en kg pour l'unité fertilisante	Indice « global » de salinité	Facteur F	Indice « partiel » de salinité

● ENGRAIS AZOTES (N)

Cyanamide calcique	21,0	4,762	31,0	0,310	1,476
Nitrate d'ammoniaque	35,0	2,857	104,7	1,047	2,990
Nitrate de chaux (4 H ₂ O)	11,9	8,403	52,5	0,525	4,409
Nitrate de potasse	13,8	7,246	73,6	0,736	5,336
Nitrate de soude	16,5	6,060	100,0	1,000	6,060
Phosphate monoammonique	12,2	8,196	29,9	0,299	2,453
Phosphate diammonique	21,2	4,716	34,3	0,343	1,614
Sulfate d'ammoniaque	21,2	4,716	69,0	0,690	3,253
Urée	46,6	2,145	75,4	0,754	1,618

● ENGRAIS PHOSPHATES (P₂O₅)

Phosphate monoammonique	61,7	1,620	29,9	0,299	0,485
Phosphate diammonique	53,8	1,858	34,3	0,343	0,637
Phosphate monocalcique (1 H ₂ O)	56,3	1,776	15,4	0,154	0,274
Phosphate monopotassique	52,2	1,915	8,4	0,084	0,161
Superphosphate simple	16,0	6,250	7,8	0,078	0,487
Superphosphate simple	18,0	5,555	7,8	0,078	0,433
Superphosphate simple	20,0	5,000	7,8	0,078	0,390
Superphosphate triple	45,0	2,222	10,1	0,101	0,224
Superphosphate triple	48,0	2,083	10,1	0,101	0,210

● ENGRAIS POTASSIQUES (K₂O)

Chlorure de potasse	50,0	2,000	109,4	1,094	2,189
Chlorure de potasse	60,0	1,666	116,3	1,163	1,936
Chlorure de potasse	63,2	1,582	114,3	1,143	1,812
Nitrate de potasse	46,6	2,145	73,6	0,736	1,580
Patentkali (sulfate de K + Mg)	21,9	4,566	43,2	0,432	1,971
Phosphate de monopotassique	34,6	2,890	8,4	0,084	0,242
Sulfate de potasse	54,0	1,852	46,1	0,461	0,853

● AUTRES ENGRAIS

Carbonate de chaux (calcaire)	56,6	1,766	4,7	0,047	0,083
Dolomie (carbonate de Ca + Mg)	19,0	5,263	0,8	0,008	0,042
Gypse (sulfate de chaux)	32,6	3,067	8,1	0,081	0,247

Selon RADER et ail. : avec quelques modifications par rapport au tableau d'origine, concernant l'adaptation de certaines valeurs à nos unités de mesure. Colonne 6 = colonne 3 x colonne 5.

Tableau n° 16 : EXEMPLE DE CALCUL DE SALINITÉ SUR DEUX ENGRAIS COMPLETS
(d'après Mudespacher, 1973)

1	2	3	4	5	6	7	3bis	4 bis	5 bis	6 bis	7 bis
	%	Quantités %/kg engrais	Unités fertilisantes	Indice partiel de salinité	Facteurs F	Salinité globale	Quantités %/kg engrais	Unités fertilisantes	Indice partiel de salinité	Facteurs F	Salinité globale
Sulfate d'ammoniaque	21,2	23,6	5	3,253	0,690	16,28					
Urée	46,6						21,4	10	1,618	0,754	16,18
Superphosphate simple	18,0	55,5	10	0,433	0,078	4,33					
Superphosphate triple	48,0						41,6	20	0,210	0,101	4,20
Sulfate de potasse	54,0						37,0	20	0,853	0,461	17,06
Chlorure de potasse	60,0	16,7	10	1,936	1,163	19,36					
Charges		4,2					0				
TOTAL		100,0				39,95	100,0				37,44
ENGRAIS 5.10.10							ENGRAIS 10.10.20				

Explications du contenu des colonnes du tableau n° 15 :

- la colonne 1 et la colonne 2 donnent respectivement les types d'engrais et leurs teneurs en unités fertilisantes (exprimées en % N, P₂O₅, K₂O, etc.).
- La colonne 3 donne le nombre de kg d'engrais nécessaires pour apporter une unité fertilisante correspondante.
- la colonne 4 indique les indices globaux de salinité de chaque engrais (selon la définition).
- la colonne 5 donne la valeur d'un facteur F, exprimant l'indice global de salinité de chaque engrais, divisé par 100 (le kilogramme, soit le 1 % du quintal, étant une unité communément utilisée dans les calculs de fumure, l'emploi de cette quantité introduit certaines simplifications dans la détermination des indices).
- la colonne 6 donne l'indice partiel (ou indice par unité fertilisante apportée par chaque engrais) ; c'est le rapport entre l'indice global et le pourcentage d'unités fertilisantes de l'engrais (ou encore le produit du facteur F par la quantité d'engrais apportant une unité fertilisante).

La lecture de la colonne 6 (indice partiel de salinité) montre que, par exemple, pour deux engrais ayant une même concentration en azote (phosphate diammonique et sulfate d'ammoniaque), le dernier a un indice de salinité deux fois plus élevé.

Le tableau n° 16 montre, à partir d'un exemple, comment on calcule l'indice de salinité d'engrais complets.

Explications du contenu des colonnes du tableau n° 16 :

- Les colonnes 1 et 2 donnent respectivement les types d'engrais et leurs teneurs en unités fertilisantes.
- La colonne 3 (3 bis) donne le pourcentage d'engrais simple dans le mélange.
- La colonne 4 (4 bis) donne la quantité d'unités fertilisantes apportée pour 100 kg de mélange.
- La colonne 7 (7 bis) donne la salinité globale pour chaque composant du mélange. Les valeurs de la colonne 7 (7 bis) sont obtenues, soit en multipliant les valeurs des 3 et 6 (3 bis et 6 bis), soit en multipliant les valeurs des colonnes 4 et 5 (4 bis et 5 bis).

A remarquer que, dans les exemples fictifs donnés, le mélange 10.20.20 a une salinité globale inférieure au mélange 5.10.10.

5. AUTRES CARACTÉRISTIQUES DES ENGRAIS**● La teneur en éléments divers :**

Elle est donnée dans les tableaux n° 17 et n° 14.

● L'hygroscopicité :

Elle est donnée dans le tableau n° 17.

● La solubilité :

Cette propriété est intéressante à connaître dans le cas de l'irrigation fertilisante et du stockage d'engrais liquides.

Certains mélanges abaissent rapidement la température de l'eau, et, par conséquent, diminuent la solubilité. Il est donc parfois intéressant d'utiliser des eaux tièdes (30°C à 40°C). Les tableaux n° 17 et n° 28 donnent la solubilité de quelques engrais ; dans la pratique, on a intérêt à ne diluer que la moitié des quantités indiquées sur ces tableaux.

6. COMPATIBILITÉ DES MÉLANGES DES ENGRAIS ET DES AMENDEMENTS

Il s'agit ici des mélanges avant épandage et non des solutions nutritives - pour lesquelles il convient de se reporter au paragraphe « irrigation fertilisante » p. 61.

L'utilisation d'engrais composés a réduit la pratique des mélanges d'engrais, qui exige quelques précautions. En effet, il peut se produire, au cours des mélanges, des réactions modifiant les qualités physico-chimiques des engrais, telles que :

- des pertes par dégagement de l'ammoniaque sous forme de gaz ammoniac, dans le cas de mélange d'engrais ammoniacaux, avec des amendements calciques ou des engrais riches en calcium,
- des prises en masses,
- des diminutions de solubilité de l'acide phosphorique.

Généralement, on conseille de ne pas mélanger les engrais ammoniacaux, les sulfates, les superphosphates avec les amendements ou les engrais riches en calcium tels que chaux, nitrate de chaux, scories, phosphate naturel, cyanamide calcique, ...

Pour les autres, il est préférable de faire les mélanges juste avant l'emploi et avec des produits secs.

7. QUANTITÉS A APPORTER

Elles ne peuvent être calculées qu'à partir de l'interprétation de l'analyse et des besoins de la culture envisagée (cf. exemple de calcul, page 124, et fiches de fertilisation par espèces).

8. TECHNIQUES D'APPLICATION

On distingue différents types de fumure et différents types d'apports.

a) Différents types de fumure

● La fumure de redressement :

Elle a pour but de redresser la richesse du sol en un ou plusieurs éléments. Elle est épandue avant semis ou plantation.

● La fumure d'entretien :

Elle a pour but de maintenir le niveau de fertilité du sol.

b) Différents types d'apport

● La fumure de fond :

C'est une fumure généralement potassique et phosphorique, appliquée avant labour ou avant semis ou plantation.

● La fumure de couverture :

Elle complète la fumure de fond ; elle est surtout azotée, mais elle peut être également potassique (nitrate ou sulfate de potasse) ou même phosphorique (phosphate d'ammoniaque). Elle est épandue, soit après certains travaux (sarclage, binage,...), soit surtout à un certain stade de la plante (après nouaison,...).

● La fumure de départ (ou fumure starter) :

Elle a pour objectif d'assurer un bon démarrage de la plante. L'engrais utilisé est le plus souvent du phosphate d'ammoniaque, à la dose de 10 à 30 g au mètre

linéaire, localisé à 10 ou 15 cm de profondeur, sur une bande de 30 à 40 cm de large.

L'opération s'effectue, soit en utilisant une solution fertilisante, soit en épandant des granulés.

Ce type de fumure est pratiqué pour les semis (oignon) ou les plantations (tomate, melon, poivron, ...).

Selon les distances de plantation et la dose au mètre linéaire, on emploie de 50 à 200 kg de phosphate d'ammoniaque.

9. DIFFÉRENTES TECHNIQUES D'APPORT

Les apports peuvent se faire en une fois ou en plusieurs fois (deux, trois ou plus).

Les apports uniques ont pour seul avantage d'économiser de la main-d'œuvre.

Le fractionnement évite les pertes coûteuses par lessivage, lors des irrigations, permet de moduler les apports en fonction des stades physiologiques de la plante, empêche les carences induites et les excès de salinité lorsqu'on est obligé d'apporter de fortes doses.

On réserve souvent le fractionnement à l'azote, mais il s'applique aussi aux autres éléments (voir fiches par espèces).

10. DIFFÉRENTS MODES D'APPORT

● **L'épandage d'engrais solide** est le mode d'apport le plus courant. Cet épandage peut se faire à plein ou localisé. Dans ce dernier cas, on obtient toujours de meilleurs résultats, mais le prix de l'épandage est plus élevé.

● **L'irrigation fertilisante :**

Cette technique, qui n'est pas nouvelle, s'est perfectionnée avec les nouveaux systèmes d'irrigation. Il s'agit de faire dissoudre des engrais dans l'eau d'irrigation (voir paragraphe « irrigation fertilisante » p. 61).

● **La fumure foliaire :**

Ce type de fumure utilise la propriété qu'ont les feuilles d'absorber des éléments en solution diluée. Son but est d'intervenir rapidement en cas de carence (exemple : carence en molybdène sur melon). Cependant, plusieurs facteurs interviennent dans l'efficacité de la fumure foliaire.

Il faut :

- un certain degré d'hydratation de la surface des feuilles ; une pulvérisation par temps sec est peu efficace,

- ne pas pulvériser avec une solution trop concentrée (se reporter au chapitre « carences... »).

11. CHOIX DU PRODUIT

Outre les caractéristiques économiques, il faut tenir compte de l'action de l'engrais sur le sol (action sur le pH, la salinité), des caractéristiques de ce sol, de l'époque d'apport, de son action sur la plante.

Tableau n° 17 : TENEURS EN ÉLÉMENTS MAJEURS OU SECONDAIRES ET CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES ENGRAIS

NOTA : L'indice de salinité est donné dans le tableau n° 15.

	TENEUR en %						Action sur le pH du Sol en kg de CO ₂ Ca pour 100 kg d'engrais	Solubilité en kg d'engrais pour 100 l d'eau		Hygroscopicité	Poids en kg/l
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₃		0°C	20°C		
Ammoniaque anhydre	82						- 148				
Ammonitrates											
- faible dosage	20,5									forte	1
- dosage moyen	27,5									forte	1,1
- haut dosage	33-34,5						- 60	118,3	192	forte	1,1
Chlorure de potassium			60-61				0	27,6	34	légère	1,
Cyanamide de chaux	18-22			54-60			+ 63			faible	0,72
Kornkali			38		5		0	38			
Nitrate de chaux	15-15,5			28			+ 21		176	très forte	1,12
Nitrate de chaux et de magnésie (sel de Pierrefite)	13-15			25,2	8		+ 20 � 25			très forte	
Nitrate de potassium	13		46				+ 25	14	32	faible	
Nitrate de soude	16						+ 29	73	88	forte	1,25
Patentkali			28-30		8-10	45	0		30		
Phospal		34	11							nulle	1,17
Phosphates d'ammoniaque											
- Phosphate monoammonique	12	59,5					- 59			nulle	1,1
- Phosphate diammonique	20,5	53					- 88			nulle	
Phosphate bicalcique		36-40		32			+ 25			faible	0,7
Phosphate monopotassique		51,6	34,2								
Phosphates naturels moulus		28		10	0,7					nulle	1,33
Scories Thomas		15-18		45-50	2,5	0,5				faible	2,05
Sulfate d'ammoniaque	21					60	- 110	70,6	73	faible	1,08
Sulfate de potassium			48-52			45	0	7,3	11	nulle	1,33
Superphosphate de chaux											
- simple		16-20		17-23	0,5	25				faible	1,02
- concentré		25-32		17-23	0,5	20				faible	1
- triple		44-48		17-23	0,5	3				faible	1-1,2
Sylvinite											
- ordinaire			14-20							légère	1,35
- double			40							légère	1,29
Urée	46						- 85	66,7	103,3	faible	

**Tableau n° 18 .RÉCAPITULATIF DES AMÉLIORATIONS POSSIBLES
SUIVANT LES TYPES DE SOL**
(d'après J. Prats « la fertilisation raisonnée)

Types de sol	Principaux points à surveiller et contrôler	Observations
Argileux	pH Taux d'humus Travaux du sol et vie microbienne	Ces sols ont souvent besoin de se recalchifier pour coaguler l'argile. Apport massif d'amendements organiques tous les 3-4 ans afin d'augmenter le taux d'humus stable, favoriser les travaux, veiller à une bonne décomposition. Faciliter l'aération pour accélérer la vie microbienne.
Limons fins	pH Taux d'humus Travaux du sol et vie microbienne	Recalchifier en cas de besoins. Apporter des matières organiques jeunes, ces sols sont asphyxiants, ne pas les enterrer profondément, veiller à une bonne décomposition. Faire des labours dits labours dressés et motteux (aération.)
Sableux	Taux d'humus en priorité pH	Apports fréquents en faible quantité.
Calcaires	Taux d'humus	On recommande, dans les régions chaudes, pour éviter une dégradation trop rapide, de bien enfouir la matière organique et de tasser le sol.
Humifères	pH Travaux du sol Excès d'eau	Le remonter modérément si besoin est. Ils doivent permettre une bonne aération pour obtenir une bonne minéralisation. Drainage.
Tous les sols	Entretien de la richesse chimique	

4. L'IRRIGATION

(cf. « Mémento goutte à goutte », du CTIFL).

C'est un facteur essentiel dans l'alimentation de la plante, elle a aussi une action sur le sol.

Bien conduite, l'irrigation favorise l'assimilation des éléments nutritifs. Par contre, les excès d'eau détériorent la structure, lessivent l'azote et la potasse.

Cependant, en cas de salinité, le lessivage devient un mal nécessaire. La technique consiste alors à irriguer jusqu'au drainage (en principe on fait une irrigation égale à 10 fois la capacité de rétention du sol). (cf. « salinité et accidents végétatifs divers », page 161).

EUROFILTRES S.A.

FILTRATION DES EAUX POUR LES BESOINS DE LA MICRO-IRRIGATION

- Filtres sous pression en version semi-automatique ou automatique, de 1 à 1000 m³/H
- Filtres en aspiration de pompage (filtres flottants auto-nettoyants) de 20 à 200 m³/H
- Filtres à sable de 15 à 100 m³/H
- Fertilisation
- Microtubes de précision de 0,6 x 3,4 - 0,8 x 3,4 et 1 x 3,4
- Pincés spéciales et épingles inox porte-goutteurs.

57, Avenue du Professeur Langevin

51200 MARDEUIL/ÉPERNAY

B. P. 202 - 51206 ÉPERNAY CEDEX

Tél. (26) 51.55.44 - Télèx F 830.959 - Poste 125

5. L'IRRIGATION FERTILISANTE

I. INTRODUCTION

La généralisation de l'irrigation localisée conduit à utiliser des solutions nutritives. Actuellement, deux approches sont utilisées pour l'établissement de ces solutions :

- La méthode Coïc-Lesaint (INRA), basée sur la mise à la disposition des plantes d'une solution équilibrée ioniquement et calculée à partir de la composition des végétaux.

Deux solutions ont été mises au point, l'une pour les plantes acidophiles, l'autre pour les plantes neutrophiles ; c'est cette deuxième qui est employée en culture maraîchère. Elle s'applique aux cultures hors sol ou aux sols considérés comme un simple substrat, sans apport préalable d'engrais.

- L'application des conceptions traditionnelles de la fertilisation. Les solutions sont alors calculées à partir des besoins estimés de la culture (exportations et pertes par lessivage) et de l'analyse de sol, ou du substrat, des stades de développement et des conditions climatiques. Dans ce cas, on aboutit à une grande diversité de solutions variant plusieurs fois au cours de la culture.

Cette méthode s'applique surtout aux cultures sur sol en place.

II. ÉTUDE DES SOLUTIONS « COIC-LESAINTE »

A) CARACTÉRISTIQUES, COMPOSITION ET PRINCIPE DE FABRICATION DES SOLUTIONS « COIC-LESAINTE »

1. Caractéristiques des solutions « Coïc-Lesaint »

a) Ce sont des solutions équilibrées ioniquement et c'est le nombre de milliéquivalents (me) d'azote qui les définit. On trouve des normes à 10, 12, 14,4 ou 18 me d'azote. A chaque norme correspond un équilibre N, P₂O₅, K₂O. En culture légumière la norme la plus utilisée est 14,4 me, dont nous donnons la composition plus loin.

b) Le pH tient compte des exigences des plantes. En culture légumière, c'est la solution à pH 5,8, dite solution neutrophile, qui est utilisée.

c) La fabrication de la solution tient compte de la composition de l'eau d'irrigation ; c'est-à-dire :

- de sa teneur en éléments,
- de sa teneur en bicarbonates, qui doivent être décomposés par un acide, car ils sont toxiques pour les plantes.

2. Teneur de la solution en éléments

a) Teneur en macro-éléments :

Cette teneur varie selon le nombre de milliéquivalents d'azote contenus dans la solution.

Le tableau 19 ci-après donne la composition des milliéquivalents par litre de solution nutritive à 14,4 me d'azote.

Tableau n° 19 : SOLUTION NUTRITIVE « COÏC-LESAIN » A 14,4 me D'AZOTE, POUR PLANTES NEUTROPHILES

Ions	Milli-équivalents par litre me/l	Eléments	Quantités d'éléments ou de son oxyde mg/l
------	----------------------------------	----------	---

● **macro-éléments**

NO ₃ ⁻	12,2	N	170,8
NH ₄ ⁺	2,2	N	30,8
PO ₄ H ⁻	2,2	P	34,1 (P ₂ O ₅ 78,1)
K ⁺	5,2	K	02,8 (K ₂ O 244,4)
Ca ⁺⁺	6,2	Ca	124 (CaO 173,6)
Mg ⁺⁺	1,5 à 3	Mg	18 à 36 (MgO 30 à 60)
SO ₄ ⁻⁻	1,5	S	24

● **rapport entre les quantités d'éléments fertilisants**

ÉQUILIBRE N. P ₂ O ₅ .K ₂ O = 1-0,4-1,2	
$\frac{K_2O}{N} = 1,2$	
$\frac{K_2O}{CaO + MgO} = 1 \text{ à } 1,2$	

b) *Teneur en oligo-éléments :*

Ils sont constants pour les différentes solutions à 10, 12, 14,4 ou 18. On utilise pour 10 m³ de solution nutritive les quantités suivantes :

Molybdate d'ammonium	0,5 g
Acide borique	15 g
Sulfate de manganèse	20 g
Sulfate de zinc	10 g
Sulfate de cuivre	2,5 g

Pour le fer, 4 chélates sont utilisés actuellement :

EDDHA utilisable de pH 3 à pH 9 (ce produit étant détruit par les ultraviolets, il doit être conservé à l'abri de la lumière).

HEDTA utilisable de pH 3 à pH 7,8.

DTPA utilisable de pH 3 à pH 7.

EDTA utilisable de pH 3 à pH 6,5.

Ces chélates sont vendus sous différentes formes commerciales (tableau n° 20) :

Tableau 20 :

Forme de chélate	Nom commercial	Teneur en fer métal voisin de
EDDHA	Sequestrene 138 Fe	5,9 %
	Masquolate FEA 6	6 %
	Feriate 170 (17 % de chélate de fer)	7 %
	Rexene 244 Fe	
HEDTA	Algo FerH EDTA	2 %
DTPA	Masquolate DTPA Fe liquide	2 %
	Nutralite « DTPA » fer liquide	2,2 %
EDTA	Chelonia liquide	1,8 %
	Hormofer EDTA liquide	2,2 %
	Masquolate EDTA liquide	2,3 %

Dose d'emploi : la teneur en fer de la solution nutritive doit se situer entre 0,6 et 1,5 mg/l, soit 6 à 15 g/10 m³; en cas de symptôme de chlorose ferrique la dose peut être doublée.

3. Démarche à suivre pour la fabrication de la solution

La fabrication de la solution se fait à partir de l'analyse d'eau et elle consiste à réajuster aux normes choisies à partir de deux opérations.

a) Apport d'acide.

L'apport d'acide a pour objectif :

- Premièrement, de décomposer les bicarbonates de calcium contenus dans l'eau ; par exemple l'acide transforme le bicarbonate de calcium $[Ca (HCO_3)_2]$ en nitrate de calcium $[Ca (NO_3)_2]$,
- Deuxièmement, de compenser l'effet alcalinisant du phosphate biammonique.

N.B. On peut utiliser de l'acide phosphorique et, plus rarement de l'acide sulfurique. Dans la méthode Coïc-Lesaint, c'est l'acide nitrique qui est préconisé.

b) Apport des éléments manquants ou insuffisants :

On distingue l'apport des oligo-éléments, dont la quantité est indépendante de la composition de l'eau, des autres éléments, dont l'apport varie avec la teneur de l'eau.

Le laboratoire qui fait l'analyse de l'eau donne en principe les quantités d'acide nitrique et de macro-éléments nécessaires à la confection de la solution. Cependant, nous avons cru bon de donner les mécanismes de ces calculs à titre d'information. On peut néanmoins se reporter directement au paragraphe confection des solutions.

B) CALCUL DES SOLUTIONS « COÏC-LESAINT »

L'une des difficultés du calcul des solutions Coïc-Lesaint vient du fait qu'elles sont exprimées en milliequivalents par litre (me/l) et qu'il faut passer de l'équivalent gramme (équivalent : e) ou de l'équivalent milligramme (milliéquivalent : me), unités utilisées par les chimistes et les physiologistes, aux grammes et kilogrammes, unités utilisées par les producteurs, les techniciens et les commerçants.

Ce qui suit a pour objectif de fournir les données nécessaires pour passer d'une unité à l'autre, afin de calculer une solution nutritive, de la faire varier et de la fabriquer.

1. Données nécessaires pour passer d'une unité à l'autre

a) *Définitions de quelques termes employés et exemples d'application*

Masse atomique ou masse molaire :

On l'exprime en grammes. C'est la masse de $6,06 \times 10^{23}$ atomes ou molécules.

Équivalent gramme :

C'est le quotient de la masse atomique ou de la masse molaire d'un élément ou d'un radical par sa valence. Le milliequivalent (me) est la millième partie de l'équivalent gramme.

Valence :

C'est le nombre d'électrons qu'un atome ou un radical est capable de perdre ou de gagner lorsqu'il est associé à un autre atome ou radical pour former un composé chimique donné. Elle est symbolisée par les signes — ou + ; le nombre de signes qui suit le radical indique la valence. Exemples :

NO_3^- et K^+ sont monovalents,

SO_4^{--} et Ca^{++} sont bivalents.

Dans le cas des solutions fertilisantes, le phosphore n'est pas utilisé sous forme P_2O_5 , trivalent, mais sous la forme $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, monovalent et $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$, bivalent.

Dans les solutions nutritives, on exprime la concentration en éléments, soit en équivalents grammes par m^3 de solution (g/m^3) ou en équivalents milligrammes par litre (mg/l), soit en grammes par m^3 (g/m^3) ou en milligrammes par litre (mg/l).

b) *Exemples de correspondance*

Tableau n° 21 : EXEMPLES DE CORRESPONDANCES ENTRE LES MILLIEQUIVALENTS ET LES ÉLÉMENTS FERTILISANTS

MILLIEQUIVALENTS	CORRESPONDANCE EN MILLIGRAMMES	CORRESPONDANCE EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS
1 me NH_4^+	18 mg NH_4^+	14 mg N
1 me NO_2^-	62 mg NO_2^-	14 mg N
1 me H_2PO_4^-	97 mg H_2PO_4^-	31 mg P ou 71 mg P_2O_5
1 me SO_4^{--}	48 mg SO_4^{--}	16 mg S
1 me K^+	39 mg K^+	47 mg K_2O
1 me Ca^{++}	20 mg Ca^{++}	28 mg CaO
1 me Mg^{++}	12 mg Mg^{++}	20 mg MgO

Tableau n° 22 : QUANTITÉS NÉCESSAIRES, EN GRAMMES OU MILLIGRAMMES D'ÉLÉMENTS POUR APPORTER UN ÉQUIVALENT (e) OU UN MILLIÉQUIVALENT (me)

Nom du produit	Formule chimique	Masse molaire	Poids de produit (en grammes ou en milligrammes) pour apporter un équivalent (e) ou milliéquivalent (me) de :									
			NO ₃ ⁻	HP ₄ ⁻	H ₂ FO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		
Nitrate d'ammonium	NH ₄ NO ₃	80	80					80				
Acide nitrique	HNO ₃	63	63									
Nitrate de potassium	KNO ₃	101	101						101			
Nitrate de calcium anhydre	Ca(NO ₃) ₂	164	82								82	
Nitrate de calcium cristallisé	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	236	118								118	
Nitrate de magnésium	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	256	128									128
Acide phosphorique	H ₃ PO ₄	98		49	98							
Phosphate monoammonique	NH ₄ H ₂ PO ₄	115			115		115					
Phosphate biammonique	(NH ₄) ₂ HPO ₄	132		66	66							
Phosphate monopotassique	KH ₂ PO ₄	136			136				136			
Sulfate de potassium	K ₂ SO ₄	174				87			87			
Sulfate d'ammonium	(NH ₄) ₂ SO ₄	132				66	66					
Sulfate de magnésium	MgSO ₄ ·7H ₂ O	246				123						123
Sulfate de magnésium anhydre	MgSO ₄	120				60						60

Pourcentage en éléments fertilisants des engrais du commerce
C. tab eau n° 17, p. 58 et 1923

**Tableau n° 23 : PRINCIPAUX ENGRAIS SOLUBLES
DOSAGES EN POURCENTAGE DU POIDS**

	N nitrate	N ammo.	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	MgO	Ca	CaO	S
Nitrate d'ammonium 34,5 % ...	17,25	17,25									
Ammonitrate 33 %	16,5	16,5									
Sulfate d'ammoniaque 21 % ..	—	21									24
Nitrate de calcium anhydre	17,1	—							23,8	33,6	
Nitrate de chaux engrais courant	15,5								21,8	30,8	
Nitrate de chaux cristallisé	11,8								16	23	
Nitrate de magnésium	10,9						9,5	15,7			
Nitrate de chaux et magnésium (sel de Pierrefite)	13,7	1,3					4,8*	8*	12,7*	18*	
Nitrate de potasse	13				38	46					
Phosphate monoammonique ..		12	26,2	60							
Phosphate biammonique		20,5	23	53							
Phosphate monopotassique ...			22,5	51,6	28,2	34,2					
Sulfate de potasse					41	50					17
Sulfate de magnésium 16 %							9,8	16			12

(*) Teneur très légèrement variable en plus ou en moins.

c) Exemple d'utilisation des données des tableaux n° 21, 22, 23.

Pour une solution à 14,4 me/l d'azote, dont 12,2 nitrique (NO_3) et 2,2 ammoniacal (NH_4), et en admettant que l'eau ne contient pas de nitrate, ni d'ammonium, on apportera les quantités d'azote suivantes :

- Sous forme nitrique :

Compte tenu que 1 me correspond à 14 mg d'N et que ce me est contenu dans 1 me de NO_3 , correspondant à 62 mg de NO_3 , une solution à 12,2 me d'N contient :

$$12,2 \times 14 = 170,8 \text{ mg d'N/l}$$

$$\text{ou } 12,2 \times 62 = 756,4 \text{ mg d'NO}_3/\text{l}$$

- Sous forme ammoniacale :

1 me d'N correspondant à 18 mg d'N est contenu dans 1 me d' NH_4 , correspondant à 18 mg d' NH_4 , une solution à 2,2 me d'N contient :

$$2,2 \times 14 = 30,8 \text{ mg d'N/l}$$

$$\text{ou } 2,2 \times 18 = 39,6 \text{ mg d'NH}_4/\text{l}$$

La solution finale contient :

$$170,8 \text{ mg d'azote apporté sous forme nitrique}$$

$$+ \underline{30,8 \text{ mg d'azote apporté sous forme ammoniacale}}$$

$$= 201,6 \text{ mg d'azote, correspondant bien à } \frac{201,6}{14} = 14,4 \text{ me}$$

Il reste maintenant à transformer, par le calcul, ces valeurs en engrais. Cette transformation nécessite de connaître le pourcentage d'éléments fertilisants des engrais, par exemple on peut apporter de l'azote nitrique à partir de nitrate de potasse (KNO_3) cristallisé du commerce, dosant 13 % d'azote (N) et 46 % de potasse (K_2O) ; ainsi, pour apporter 170,8 mg d'azote dans la solution, il faudra, si l'on choisit le nitrate de potasse :

$$\frac{170,8 \times 100}{13} = 1\,314 \text{ mg de nitrate de potasse du commerce (soit } 1,314 \text{ g)}$$

Mais, dans le nitrate de potasse, il y a 46 % de potasse qui correspondent à :

$$\frac{46 \times 39^*}{47^{**}} = 38,2 \text{ \% de potassium (K).}$$

donc, lorsqu'on apporte 1 314 mg de nitrate de potasse du commerce, on apporte en plus de l'azote :

$$\frac{1\,314 \times 38,2}{100} = 502 \text{ mg de potassium, qui eux-mêmes correspondent}$$

$$\text{à } \frac{502}{39} = 12,87 \text{ me de potassium}$$

Mais, en apportant 12,87 me de potassium, alors que la solution ne doit en contenir que 5,2 il apparaît que le choix de l'engrais n'est pas bon et que l'azote nitrique ne pourra être apporté qu'en partie sous forme de nitrate de potasse, le reste pourra être apporté sous forme de nitrate de chaux anhydre, par exemple, produit qui contient 12,2 me de NO_3 pour 1 g.

On peut également, en utilisant les tableaux n° 22 et 23 obtenir la quantité de produit du commerce nécessaire en connaissant sa formule chimique, sa pureté, le nombre de me d'élément fertilisant que le produit contient dans 1 g.

* Masse atomique du potassium (K).

** Correspondance en élément fertilisant d'un e de potasse (K_2O).

2. Calcul de la composition d'une solution à 14,4 me d'azote, à partir d'un cas concret

Soit une eau de forage de la Crau (Bouches-du-Rhône) ; cette eau a les caractéristiques suivantes, données par le laboratoire :

pH	7		
K ⁺	0,1 me/l d'eau		
Na ⁺	0,75 —	''	
Ca ⁺⁺	6,8 —	''	
Mg ⁺⁺	0,5 —	''	
SO ₄ ⁻⁻	2,6 —	''	
NO ₃ ⁻	1,45 —	''	

Le laboratoire donne également la quantité d'acide nitrique exprimée en me, pour ramener le pH de l'eau à la norme de la méthode Coic-Lesaint, soit pH 5,8. Dans ce cas particulier, il faut 3 me d'acide nitrique par litre d'eau, ou 3 équivalents/m³.

Nous avons déjà dit que cet apport a pour but de décomposer le bicarbonate de calcium contenu dans l'eau, dont la présence est nocive pour les plantes.

a) Rectification du pH

● Rectification du pH de l'eau :

Elle se fait avec de l'acide nitrique du commerce. Plusieurs concentrations sont proposées (cf. tableau n° 24).

Dans notre cas, pour apporter 3 équivalents/m³ d'eau d'arrosage, avec, par exemple, de l'acide nitrique à 38,1° Baumé, dont le tableau n° 24 nous indique : la densité, la concentration, le volume correspondant à un équivalent, on fait le calcul suivant :

$$80 \text{ ml (ou cc)} \times 3 = 240 \text{ ml (ou cc)} \text{ ou } 0,24 \text{ l.}$$

Tableau n° 24 : ACIDE NITRIQUE (HNO₃)

degré Baumé ou ° Baumé	Densité	HNO ₃ en %	Volume correspondant à 1 équivalent en ml	Facteur de multiplication (facteur X)
22,1	1,13	30,	178	2
36	1,33	53,5	89	1
38	1,355	57,9	80,4	0,905
38,1	1,356	58	80	0,90
38,5	1,361	59	78,5	0,885
39,3	1,372	61	75	0,85
40	1,38	62,5	73	0,82
40,7	1,39	65	70	0,79
41,5	1,40	67	67	0,755
42,2	1,41	69	64,6	0,73

N.B. Si le laboratoire indique la quantité d'acide nitrique nécessaire en acide nitrique densité 1,33, et que l'on dispose d'acide nitrique 1,40, la colonne « facteur X » permet de calculer le volume correspondant, pour une densité de 1,40, en multipliant la quantité conseillée en densité 1,33 par 0,755.

● **Rectification de l'effet alcalinisant des apports de phosphate biammonique dans les solutions nutritives :**

Dans la méthode Coic-Lesaint, il est utilisé une norme constante : 1 me d'acide nitrique est apporté pour 2,2 me de phosphate biammonique [$(\text{NH}_4)_2 \text{HPO}_4$].

Si, par exemple, on utilise de l'acide nitrique à 38,1° Baumé, il faudra, pour 1 m³ d'eau, auquel on aura ajouté 2,2 équivalents de phosphate biammonique :
 $80 \times 1 = 80 \text{ ml}$

Lorsqu'on utilise du phosphate monopotassique ou monoammonique, on ne prévoit pas d'apport d'acide pour compenser l'effet alcalinisant des phosphates.

● **Quantité totale d'acide nitrique à apporter :**

Cette quantité est la somme de celles utilisées pour décomposer le bicarbonate et pour compenser l'effet alcalinisant du phosphate, soit, dans notre exemple :
 $240 \text{ ml} + 8 \text{ ml} = 320 \text{ ml/m}^3$ de solution nutritive.

b) *Calcul des quantités d'éléments à apporter pour un litre de solution nutritive à 14,4 me d'azote*

Tableau n° 25 :

	Norme en me/l	Analyse eau en me/l	A ajouter en me/l
N nitrique (NO_3)	12,2	1,45	10,75
N ammoniacal (NH_4)	2,2	—	2,20
K	5,2	0,10	5,10
Ca	6,2	6,80	0,00
Mg	1,5	0,50	1,00
Na	—	0,75	—
HPO_4	2,2	—	2,20
SO_4	1,5	2,60	0,00

Les normes sont constantes pour les ions :

NO_3^-	12,2 me
NH_4^+	2,2 me
HPO_4^{--}	2,2 me

C'est à partir de ces normes et des quantités d'acide nitrique nécessaires pour rectifier le pH de l'eau et pour compenser l'action alcalinisante du phosphate biammonique que l'on commence les calculs. Notons que, pour les autres éléments, on est obligé d'admettre une certaine fluctuation autour de la norme, à condition de respecter les proportions suivantes, en me :

Ca^{++}	K^+	Mg^{++}	
47,6 %	+ 39,6 %	+ 12,8 %	= 100 %

c) *Transformation de ces quantités en engrais*

● **Azote nitrique :**

Il est apporté sous forme d'acide nitrique et d'ions NO_3 des nitrates (exemple : nitrate de potasse).

Dans l'exemple, pour 1 litre de solution nutritive :

l'eau contient	1,45 me	} 5,45 me d'N ₀₃
la rectification du pH apporte	3,00 me	
la compensation phosphate apporte	1,00 me	

Il reste donc à apporter 6,75 me d'azote. La quantité de calcium contenue dans l'eau étant supérieure à la norme, il est exclu d'apporter de l'azote sous forme de nitrate de chaux ; les nitrates possibles sont : le nitrate de potasse et le nitrate de magnésie.

Le tableau n° 25 indique qu'il faut ajouter 1 me de magnésium, qui sera apporté sous forme de nitrate de magnésie, soit, d'après le tableau n° 22 : 128 mg de nitrate de magnésie du commerce.

Il reste donc à ajouter à la solution, sous forme de nitrate de potasse :
6,75 me - 1 (qui vient d'être apporté) = 5,75 me

correspondant à $5,75 \times 14 = 80,5$ mg d'azote, soit 619 mg de nitrate de potasse.

Ainsi, on apportera la totalité de l'azote nitrique, la totalité du magnésium et 5,75 me de potassium, soit un peu plus que la norme, qui est de 5,2.

● Azote ammoniacal :

Il est apporté sous forme de phosphate biammonique :

Dans l'exemple :

l'eau ne contient pas d'azote ammoniacal, il faut donc apporter 2,2 me.

D'après le tableau n° 22, 2,2 me d'azote sont apportés par :

$66 \times 2,2 = 145,2$ mg de phosphate biammonique,

soit, 154 mg d'engrais du commerce 20,5/53 contenant les $2,2 \times 14 = 30,8$ mg d'azote désirés.

d) Récapitulatif

Outre les oligo-éléments indiqués pages 62 et 63, il faut apporter, par m³, de l'eau étudiée :

- 320 ml d'acide nitrique à 38,1° Baumé,
- 128 g de nitrate de magnésie,
- 619 g de nitrate de potasse,
- 154 g de phosphate d'ammoniaque 20,5/53.

e) Observations

Dans cet exemple, l'analyse indique une quantité de 2,60 me de SO₄, soit plus que la norme. Dans le cas où la quantité de sulfate est nulle ou inférieure à la norme, on l'apportera sous forme de sulfate de magnésie ou de sulfate de potasse.

C) CONFECTION DE LA SOLUTION

Deux cas sont à envisager :

1. Fabrication de la solution nutritive prête à l'emploi.
2. Fabrication de la solution concentrée, dite solution mère.

Attention : Ne jamais verser d'eau ou d'engrais dans de l'acide nitrique concentré, mais verser l'acide dans l'eau.

1. Fabrication de la solution nutritive prête à l'emploi

Après avoir fait les calculs nécessaires, par exemple pour 10 m³ de solution, on opère comme suit :

1. On remplit presque la cuve ou le bac d'eau,
2. On ajoute la quantité d'acide nitrique nécessaire,
3. Avant de les verser dans le bac, on dissout séparément les engrais dans de l'eau à environ 25° C, en tenant compte de leur solubilité (cf. tableau n° 28) ; il en est de même pour les oligo-éléments, lorsqu'ils sont apportés sous forme de produit pulvérulent ou cristallisé.
4. On verse engrais et oligo-éléments (prêts à l'emploi) dans la cuve ou le bac.

N.B. Pour le choix des engrais, voir pages 70 et 71.

2. Fabrication des solutions mères

a) Principes

Trois principes président à l'élaboration des solutions :

- **la solubilité :**

On choisit des engrais le plus solubles possibles (cf. tableau n° 28).

- **la compatibilité :**

Il n'est pas possible de mélanger dans une faible quantité d'eau des phosphates et certains sulfates avec des engrais contenant du magnésium ou du calcium (cf. tableau n° 29).

- **la teneur en calcium et en magnésium de l'eau :**

Il n'est pas non plus possible de dissoudre une grande quantité de phosphates ou de sulfates dans une eau très riche en calcium ou en magnésium, sans l'avoir préalablement acidifiée.

b) Forme des engrais

On choisit des formes solubles (cf. tableau n° 23).

- **l'azote nitrique (NO_3)** est apporté sous forme de :

- nitrate de chaux,
- ou de nitrate de potasse,
- ou de nitrate de magnésie,
- ou d'ammonitrate,
- ou de plusieurs de ces formes à la fois.

N.B. : L'acide nitrique apporte également de l'acide nitrique.

- **l'azote ammoniacal (NH_4)** est apporté sous forme de :

- d'ammonitrate,
- ou de phosphate d'ammoniaque,
- ou de phosphate monoammonique,
- ou de sulfate d'ammoniaque,
- ou de plusieurs de ces formes à la fois.

- **le phosphore (HPO_4 ou H_2PO_4)** est apporté sous forme de :

- phosphate monoammonique,
- ou de phosphate diammonique,
- ou de phosphate monopotassique,
- ou sous les trois formes à la fois.

- **le potassium (K)** est apporté sous forme de :

- nitrate de potasse,
- ou de sulfate de potasse,
- ou de phosphate monopotassique,
- ou des trois formes à la fois.

- **le calcium (Ca)** est apporté sous forme de :

- nitrate de chaux,
- ou de nitrate de chaux et de magnésie (sel de Pierrefitte),
- ou des deux formes à la fois.

- **le magnésium (Mg)** est apporté sous forme de :

- nitrate de magnésie,
- ou de sulfate de magnésie,
- ou des deux formes à la fois.

- **le soufre (SO_4)** est apporté sous forme de :

- sulfate d'ammoniaque,
- ou de sulfate de potasse,
- ou de sulfate de magnésie,
- ou les trois formes à la fois.

- pour **les oligo-éléments et le fer**, se reporter pages 62 et 63.

Pour le dosage des engrais, voir tableau n° 23.

Pour la correspondance en milliéquivalents, voir tableau n° 21.

Pour la formule chimique, la masse molaire et la quantité nécessaire en grammes pour apporter un équivalent, voir tableau n° 22.

c) *Choix des produits*

On recherche des engrais à taux de pureté le plus élevé possible, mais surtout faciles à dissoudre (engrais cristallisés).

- **pour les phosphates**, on utilise de préférence :
 - le phosphate monoammonique (12/60),
 - le phosphate monopotassique (51,6/34,2),
 - le phosphate biammonique (20,5/53).
- **pour l'ammonitrate** :
de préférence des fabrications françaises plus pures (nitrate d'ammoniaque 34,5 %).
- **pour le nitrate de potasse** :
Le 13/46 cristallisé.
- **pour le sulfate de magnésie** :
Le 16 % ou 33 %.
- **pour l'acide nitrique** :
Voir tableau n° 24, page 67.

d) *Mise en œuvre*

Pour obtenir 10 m³ de solution nutritive, on prépare deux bacs de 50 litres de solutions mères, contenant la quantité d'éléments donnée par le calcul et on opère comme suit :

- **dans le bac n° 1 on met obligatoirement dans cet ordre** :
 - de l'eau (environ 20 litres),
 - l'acide nitrique, pour compenser l'effet alcalinisant des phosphates et corriger le pH de l'eau de la solution nutritive,
 - le phosphate, sous une ou plusieurs formes, préalablement dissous dans 10 litres d'eau à environ 25 ° C,
 - ce bac contient tout ou partie de l'azote, du potassium, du magnésium, qui peuvent être apportés sous forme sulfate, nitrate, phosphate, ammonitrate, préalablement dissous dans de l'eau à 25° C,
 - le calcium ne doit jamais être apporté dans ce bac,
 - enfin, on y met tous les oligo-éléments, sauf les chélates de fer,
 - on ajoute l'eau nécessaire pour arriver à 50 litres et on agite pour homogénéiser.

Le pH de cette solution mère est inférieur à 2.

- **dans le bac n° 2 on met obligatoirement dans cet ordre** :
 - de l'eau (environ 20 litres),
 - de l'acide nitrique, pour corriger le pH de l'eau de la solution mère,
 - le calcium, sous forme de nitrate de chaux ou nitrate de chaux et de magnésie (sel de Pierrefitte), préalablement dissous dans 10 à 15 litres d'eau à environ 25° C,
 - le chélate de fer, éventuellement préalablement dissous,
 - ce bac peut facultativement contenir tout ou partie du potassium, sous **forme obligatoire** de nitrate de potasse préalablement dissous, tout ou partie du magnésium, sous **forme obligatoire** de nitrate de magnésie préalablement dissous, une partie de l'azote sous forme de nitrate ou d'ammonitrate préalablement dissous,
 - on ajoute l'eau nécessaire pour arriver à 50 litres et on agite pour homogénéiser.

Le pH de cette solution mère est compris entre 6 et 7.

Ces solutions mères sont injectées à 5 ‰ (1/200) dans l'eau d'arrosage, qui devient alors la solution nutritive (solution fille), dont le pH est alors voisin de 5,8.

Dans l'exemple que nous avons calculé :

- On mettra, dans un bac de 50 litres, appelé bac 1, dans l'ordre suivant :
 - 20 litres d'eau,
 - 3,190 litres d'acide nitrique titrant 38, 1° Baumé,
 - 1,540 kg de phosphate d'ammoniaque préalablement dissous dans 10 litres d'eau à 25° C,
 - la solution mère d'oligo-éléments sauf le fer,
 - on complète à 50 litres d'eau.
- Dans le deuxième bac de 50 litres, on dissout dans 20 litres d'eau tiède :
 - 6,190 kg de nitrate de potasse,
 - 1,280 kg de nitrate de magnésie,
 - et, par exemple, 300 ml de masquolate de fer liquide ou 100 g de séquestrène 138 Fe*, préalablement dissous dans de l'eau à 25° C,
 - on complète à 50 litres d'eau, et on ajoute les 10 ml d'acide nitrique.

(*) Ces quantités sont établies en fonction des teneurs en fer des spécialités commerciales.

3. Commentaires et cas particuliers

Les normes indiquées peuvent fluctuer en fonction de la quantité des eaux et des exigences propres à certaines plantes.

a) Problèmes liés à la qualité des eaux

- Variation de la teneur en bicarbonates :

1^{er} cas : si l'on est approvisionné par une eau variant peu ou pas, ou à variation lente et connue, en carbonates et bi-carbonates, on utilise 2 bacs, contenant, par exemple, respectivement :

Tableau n° 26 :

BAC n° 1 pH < 2	BAC n° 2 pH < 7
<ul style="list-style-type: none"> ● EAU ● ACIDE NITRIQUE (compensation de l'effet alcalinisant des phosphates et correction du pH de la solution nutritive) ● PHOSPHATES ● NITRATE DE POTASSE, NITRATE DE MAGNÉSIE ● SULFATE DE MAGNÉSIE, D'AMMONIAQUE, de POTASSE ● OLIGO-ÉLÉMENTS (sauf chélates de fer) <p>jamais de calcium</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● EAU ● ACIDE NITRIQUE (pour corriger le pH de l'eau de la solution mère) <ul style="list-style-type: none"> ● MAGNÉSIUM, sous forme de nitrate ● CALCIUM, sous forme de nitrate ● NITRATE DE POTASSE ● OLIGO-ÉLÉMENTS (chélates de fer)

2° cas : si l'on est approvisionné par une eau variant rapidement en carbonates et bicarbonates, donc difficilement contrôlable, il faut 3 bacs contenant par exemple, respectivement :

Tableau n° 27 :

BAC n°1 - pH < 5,5	BAC n°2 - pH entre 6 et 7	BAC n°3 pH < 2
<ul style="list-style-type: none"> ● EAU ● ACIDE NITRIQUE (compensation de l'effet alcalinisant des phosphates) ● PHOSPHATES ● NITRATE DE POTASSE ● SULFATES ● OLIGO-ÉLÉMENTS <p>jamais de calcium</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● EAU ● ACIDE NITRIQUE (pour corriger l'eau de la solution mère) ● MAGNÉSIUM ● CALCIUM ● NITRATE DE POTASSE ● OLIGO-ÉLÉMENTS (chélates de fer) 	<ul style="list-style-type: none"> ● EAU ● ACIDE NITRIQUE DILUÉ (rectification du pH de l'eau) <p>A asservir à un pH-mètre de commande à partir du contrôle de la solution fille.</p>

● **Eaux trop riches en calcium :**

Le dépassement en calcium oblige à dépasser également la norme en potassium et en magnésium pour respecter l'équilibre entre ces éléments (cf. page 62). Dans le cas d'une eau dont la teneur en calcium dépasse 100 mg/l, on apporte le phosphore sous forme de phosphate monoammonique ou de phosphate monopotassique et on supprime le nitrate de chaux.

● **Eaux où la quantité d'ions Mg⁺⁺ est supérieure à la norme :**

Comme pour le dépassement en calcium, on est obligé de dépasser également la norme en potassium et calcium pour respecter l'équilibre entre ces éléments (cf. page 62).

● **Eaux où la quantité d'ion S04⁻⁻ est supérieure à la norme :**

On apporte le magnésium sous forme de nitrate.

● **Eaux très riches en bicarbonate :**

Le phosphore sera apporté sous forme de phosphate monoammonique (12/60), avec diminution de l'azote ammoniacal et augmentation de l'azote nitrique, pour respecter la quantité totale d'azote.

b) *Problèmes liés à la modification de la solution en cours de culture*

Les modifications sont motivées par des variations d'absorption des plantes, dues aux stades physiologiques ou au climat, qui s'expriment par des différences importantes entre la conductivité de la solution nutritive et de la conductivité des eaux de drainage ou de la solution prélevée dans le substrat.

● **Quand faut-il intervenir ?**

Lorsqu'on observe un écart continu, croissant ou décroissant, pendant deux ou trois jours.

● **Comment intervenir ?**

Soit par variation de la quantité de la solution mère injectée (cas d'un écart faible).

Soit en changeant la solution mère, en passant par exemple d'une solution à 14,4 me d'azote à une solution à 10 me ou moins.

c) *Cas d'utilisation d'engrais du commerce prêts à l'emploi*

On trouve dans le commerce des engrais complexes, solides ou liquides, pouvant être utilisés pour préparer des solutions du type Coïc-Lesaint, en faisant intervenir des corrections liées à la composition de l'eau.

III. ÉTUDE DES SOLUTIONS CALCULÉES A PARTIR DES BESOINS ESTIMÉS DE LA CULTURE POUR L'IRRIGATION FERTILISANTE EN SOL OU EN SUBSTRAT AYANT UNE FUMURE DE FOND

Une partie des éléments est apportée en fumure de fond. L'irrigation fertilisante permet d'apporter la fumure d'entretien, qui peut se limiter simplement à des apports d'azote et de potasse ou inclure également le phosphore, et, plus rarement, la magnésie.

1. Données nécessaires pour le calcul de la solution

Les éléments sont exprimés en N, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO et les quantités à apporter en unité ou kg par hectare (cf. tableaux des exportations selon les espèces).

L'analyse de l'eau peut être nécessaire pour rectifier le pH, afin d'éviter des précipités de phosphates calciques, de sulfate de calcium, de carbonate de calcium et de magnésium, qui obstruent les goutteurs et rendent non disponibles pour la plante les éléments insolubilisés.

2. Calcul de la composition en éléments de la solution

Il est fait à partir :

- de l'estimation des besoins en éléments,
- des stades de la plante,
- du milieu et des conditions climatiques.
(se reporter aux fiches par espèces).

On établit ensuite, en fonction du calendrier de végétation, une estimation des besoins par période (cf., par exemple, le calendrier des apports de la fiche tomate sous serre, pages 376 et 377).

3. Confection de la solution

a) Principes

On peut, soit faire directement la solution nutritive, soit préparer une solution mère qui sera diluée dans le circuit d'arrosage.

Le plus généralement, on fabrique une solution mère dont la concentration totale en sels peut être voisine de 10 % (avec des engrais très solubles on peut atteindre 20 %). La concentration sera variable en fonction de la solution finale souhaitée, des sels utilisés, du matériel et du système d'irrigation et de distribution.

La solution mère comporte un ou plusieurs engrais ; dans ce dernier cas, il faut tenir compte de leur solubilité (cf tableau n° 28) et de leur compatibilité (cf tableau n° 29).

**Tableau n° 28 : SOLUBILITÉ DE DIVERS ENGRAIS
DANS 100 LITRES D'EAU (D'après A. Gros)**

ENGRAIS	En kg de Produits		En unités fertilisantes à 20°C		
	à 0°	à 20°C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Nitrate de chaux	102	122	18,3		
Nitrate de soude	73	88	14,1		
Nitrate de potasse	13,3	31,6	4		13,6
Nitrate de magnésie		27,9			
Sulfate d'ammoniaque	70,6	73	14,6		
Urée	66,7	103,3	46,4		
Ammonitrate (haut dosage)	118,3	192	64,4		
Phosphate d'ammoniaque		66,1	11,8	31,7	
Chlorure de potassium	27,6	34			20,4
Sulfate de potasse	7,3	11			5,3
Bicarbonate de potasse		33			15
Phosphate monopotassique		23		11,9	7,8

Tableau n° 29 : ENGRAIS POUVANT ÊTRE OU NON MÉLANGÉS

	Sulfate d'ammo- niaque	Nitrate de chaux	Nitrate de potasse	Sulfate de potasse	Sulfate de de magné- sie
Sulfate d'ammoniaque	—	non	oui	oui	oui
Nitrate de chaux	non	—	oui	non	non
Nitrate de potasse	oui	oui	—	oui	oui
Sulfate de potasse	oui	non	oui	—	oui
Sulfate de magnésie	oui	non	oui	oui	—
Phosphate d'ammoniaque	oui	non	oui	oui	non

b) *Fabrication de la solution*

La fabrication proprement dite doit être réalisée de la manière suivante ; mettre dans un bac :

- de l'eau tempérée (20-25° C),
- ajouter de l'acide nitrique, s'il y a lieu,
- ajouter le ou les engrais par petites quantités, en brassant.

La quantité d'acide à utiliser dépend :

- d'une part, de la composition de l'eau, et notamment de la teneur en bicarbonate,
- d'autre part, de la quantité de phosphate biammonique utilisée (voir méthode Coïc-Lesaint, page 68).

Pour le premier point, seule l'analyse de laboratoire peut déterminer la quantité nécessaire, qui peut d'ailleurs être variable en cours de saison, si la composition de l'eau est variable.

En ce qui concerne le deuxième point, on peut indiquer qu'il faut 606 ml d'acide nitrique à 38,1° Baumé pour neutraliser l'effet alcalinisant de 1 kg de phosphate biammonique (20,5/53).

IV. CONTRÔLE DES SOLUTIONS NUTRITIVES

A l'arrivée de la solution nutritive aux plantes, une série de contrôles est conseillée, pour éviter des erreurs dues à :

- un défaut de dosage d'engrais,
- une acidification insuffisante ou excessive,
- un mauvais fonctionnement du matériel d'injection ou de distribution, ... (cf. mémento goutte à goutte).

On contrôle :

- **le pH :**

On cherche un pH voisin de 5,8, pour les solutions Coïc-Lesaint.

- **la concentration en sels :**

On la retrouve en utilisant l'équation suivante :

quantité de sels, en g/l \neq CE (mS/cm) x 0,9

(quantité de sels, en grammes/litre, peu différente de la conductivité électrique (CE), en millisiemens/cm (mS/cm) que multiplie 0,9).

Les solutions utilisées ont généralement des conductivités voisines de 1,5 à 2,5 mS/cm.

- **le matériel de distribution :**

- bouchage des filtres par mesure de pression,
- bouchage des goutteurs,
(Voir mémento goutte à goutte, éd. CTIFL).

BIBLIOGRAPHIE (se rapportant à l'ensemble du chapitre les techniques de fertilisation, sauf la fumure carbonée).

ANNE P., *Les amendements et engrais - Aspects techniques et réglementaires* BTI, n° 231, juillet-août 1968.

ANSTETT A., *Les principes de bases de la fertilisation en culture maraîchère*, BTI, n° 161, juillet-août 1961.

ANSTETT A., *Niveau humique des sols en cultures légumières*, BTI, n° 175, déc. 62.

ANSTETT A., *Les principes de base de la fertilisation en cultures maraîchères*. La maison rustique, Paris, 1964, Le Bon Jardinier, 152^e édition, tome 1, chapitre fertilisation, pp. 383-397.

AUBERT R., *Les engrais verts*. Agri 7, 42, 27/8/65.

BOISCHOT P., *L'humus du sol : sa disposition, son remplacement*. Bulletin de l'AFES, n° 2, fév. 66.

COFAZ, *Solutions nutritives*, COFAZ.

COIC Y. et LESAINT C., *La nutrition minérale en eau des plantes en horticulture avancée*. Doc. Techn. de la SCPA, n° 7, 2^e trim. 75.

COÏC Y. et LESAINT C., *Variation de l'optimum de concentration d'une solution nutritive en fonction de l'hétérosis et de la saison de culture*. C.R. Acad. Agri. de France, n° 13, 1978.

Commission des techniciens de développement du Sud-Est, avec la participation de M. Panine (CNARBRL), rédacteurs : MM. Musard M., Thicoipé J.-P., Dupuy M., Zuang H., *Projet de note technique sur l'irrigation fertilisante Invuflec*, avril 1979.

CONNES J., SALGAS Ch., GAY M., *Étude sur les matières organiques en Roussillon*, bull. Tech. des P.O., n° 86, printemps 1978.

CONNES J., DE PEDRO, MARTY, *L'engrais vert, sauvegarde des sols*. L'Agri des P.O. et de l'Aude, 18/4/79.

DAUVERGNE, GRISOLLE, *Études d'engrais vert*. Revue du Canal de Provence, avril 1965.

GESA,

GUERIF J., *Matières organiques et propriétés physiques des sols* INVUFLEC, stage.

HENIN S., FEADOROFF A., GRAS R., MONNIER, (*Le profil cultural*, Sté d'Édition des Ingénieurs Agricoles, 1960.

HILARIO J.-P., *Observations pratiques sur la conduite de l'irrigation localisée par goutte à goutte*, 1979.

JUSTE C. et SOLDAP, *Étude des possibilités d'utilisation des composts d'ordures ménagères comme support des cultures maraîchères*. 1^{er} symposium sur la recherche en matière de sols et des déchets solides, Orléans, mars 1977.

KNOTT J.-E., *Handbook for vegetable grower*. Ed. John Wiley, août 1962.

LE BOHEC J., *Considération pratique sur le chaulage*. INVUFLEC, fiche P1/77, le chaulage.

LEMAIRE F., *Bilan de la matière organique dans les sols de cultures légumières et maraîchères*, INVUFLEC, stage L. 61.78 agronomie, fév. 78.

LESAINT C., *Comment calculer une formule de solution nutritive pour une eau naturelle de normes moyennes*. INRA, note technique.

MONNIER G., *Les restitutions organiques : leur action sur le sol*. Bulletin des CETA, fév. 66.

MOLINIER, *De la salinité dans les sols sous abris*. INRA Antibes.

MUSARD M., *Conduite de l'irrigation fertilisante localisée sous serre*. C.R. Journée Irrigation Localisée, 1/4/80, Cabannes (Bouches-du-Rhône).

THICOIPÉ J.-P., *Conduite de l'irrigation localisée fertilisante* INVUFLEC, note de vulgarisation, 20/2/79.

Deux ouvrages
indispensables
à chaque professionnel

CTIFL

les
chiffres-clés
des fruits
et légumes

les chiffres-clés des fruits et légumes rassemblent pour la première fois toutes les données disponibles sur le secteur du frais et du transformé.

...c'est le panorama du secteur

- on y trouvera les informations sur
 - la production,
 - la commercialisation,
 - les échanges,
 - la consommation.
- les chiffres présentés concernent la France, la CEE, le reste du monde
- cet ouvrage est réalisé par le Service des Etudes Economiques du CTIFL
format 12,5 x 24 cm. 192 pages
prix 60 f franco

3^e édition

le memento fruits et légumes

La troisième édition vient de paraître, actualisée et complétée par l'introduction des normes détaillées des espèces et de nouveaux produits.

Le Mémento rassemble les références le plus souvent recherchées par les professionnels de la distribution et de la production.

Il analyse, hiérarchise et synthétise les données les plus récentes.

Le Mémento réunit l'essentiel qui est visualisé par des cartes et des graphiques.

C'est un outil de travail permanent pour les professionnels.

Pour chaque produit, le Mémento apporte les informations suivantes :

- présentation du produit,
- principales zones de production,
- calendrier de production,
- calendrier de commercialisation,
- calendrier des importations et des exportations,
- caractéristiques techniques des principales variétés,
- normes de qualité.

Format 125 x 24, 216 pages
Prix 75F TTC franco.

6. LA FUMURE CARBONÉE

Ce chapitre a été réalisé avec la collaboration de C. Wacquart (CTIFL).

a) Généralités

C'est à partir du gaz carbonique de l'air (CO₂) et de l'eau qu'elle puise dans le sol que la plante, en utilisant l'énergie lumineuse, synthétise de la matière organique.

Sous serre, lorsque l'air n'est pas renouvelé, la concentration, qui normalement est d'environ 0,03 % (300 ppm), s'appauvrit durant la journée et s'enrichit la nuit, à cause de l'arrêt de la photosynthèse.

Des chercheurs et praticiens ont pensé à enrichir l'air pour augmenter la photosynthèse.

b) Variation de la concentration du CO₂

« La concentration normale de l'air est en moyenne 0,03 % (300 ppm), mais cette concentration varie beaucoup. Au-dessus d'un champ de maïs, *Verduin et Loomis (USA)* ont mesuré, la nuit, des concentrations de 0,06 à 0,08 % à 1 m au-dessus du sol. La nuit, les plantes produisent ainsi, par la respiration, du gaz carbonique qui peut être utilisé à l'aube pour la photosynthèse.

Le sol produit également du gaz carbonique, et ce d'autant plus qu'il est riche en matière organique. La porosité du sol permet l'accumulation de ce gaz et sa libération progressive ; ceci explique les fortes concentrations mesurées au ras du sol par *Fuller M.* : 0,13 % en forêt et 0,1 % sur prairie à 5 mm du sol à midi en juin, alors que la photosynthèse est maximale. Les teneurs en CO₂ de l'air du sol sont assez élevées ; elles varient, d'après *Russel*, entre 0,2 et 3,3 %.

Les couches de fumier utilisées depuis longtemps en maraîchage, produisent des quantités importantes de CO₂ *Reinau, en Allemagne*, a trouvé qu'une « couche à concombre » produisait 0,3 kg de CO₂/are.h.

Si, d'une façon générale, le sol au-dessus d'une culture s'enrichit la nuit (respiration, fermentation) et s'appauvrit le jour (photosynthèse plus importante), dans le cas particulier de la serre ce phénomène est plus accentué qu'en plein air. Ainsi que le montre la figure n° 1, les taux passent de 0,06 à 0,02 %, les concentrations les plus basses correspondant aux heures où le rayonnement solaire permet une photosynthèse plus grande.

Lorsque les châssis de ventilation sont fermés, la concentration peut tomber très bas (jusqu'à 0,01 %). Si l'on aère, le taux remonte, mais reste inférieur à celui de l'air extérieur ».

C) Action des différentes concentrations de CO₂ sur les plantes

Les concentrations permettant le maximum de photosynthèse dépendent de l'intensité de plusieurs autres facteurs, tels que lumière, température, humidité, d'une part, espèce et stade de développement d'autre part (ainsi que le montre la figure n° 2). A très faible teneur en gaz carbonique, la photosynthèse est très ralentie et l'on peut même avoir une perte de matière sèche à 0,01 % avec une très faible luminosité (*Daunicht*).

L'effet bénéfique de l'enrichissement en gaz carbonique sur la photosynthèse de certaines espèces est dû, en partie, à l'inhibition de la photorespiration. Cette respiration, influencée par la lumière et la température, caractérise certaines espèces (type C 3) parmi lesquelles on compte tomate, concombre, aubergine...

Figure n° 1 : CONCENTRATION DU CO₂ A L'INTÉRIEUR ET A L'EXTÉRIEUR D'UNE SERRE DE 400 M², AU COURS D'UNE JOURNÉE DE JUIN A SILSOE (SUD DE LONDRES) - CULTURE DE TOMATE. LE RAYONNEMENT SOLAIRE EST MESURÉ A L'EXTÉRIEUR DE LA SERRE (D'APRÈS J.-V. LAKE)

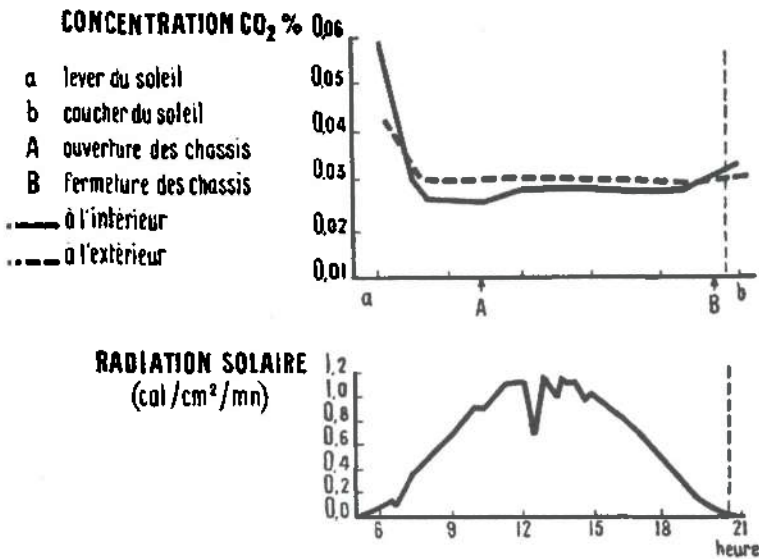
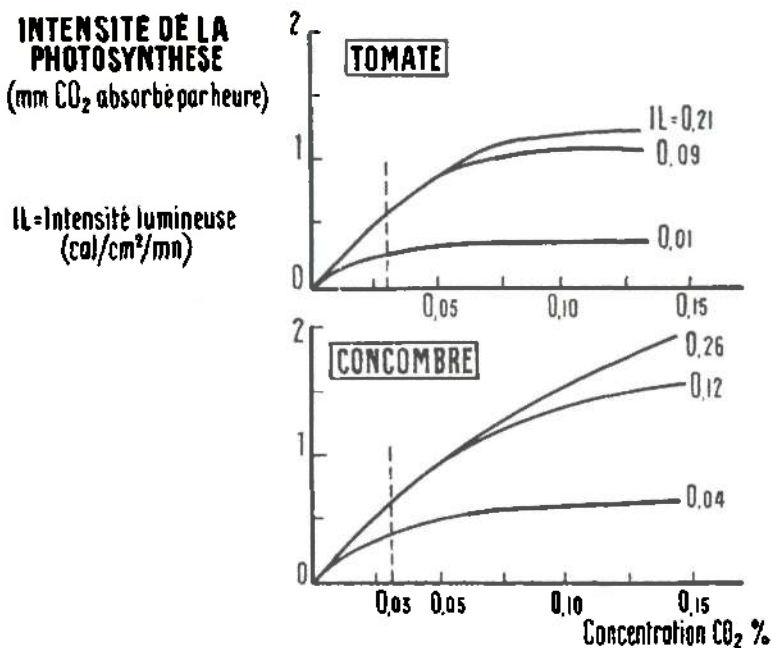


Figure n° 2 : EFFET DE LA CONCENTRATION DU CO₂ SUR LA PHOTOSYNTHESE DES FEUILLES DE TOMATE ET CONCOMBRE A DIFFÉRENTES INTENSITÉS LUMINEUSES (D'APRÈS GAASTRA)



La réduction importante de la photorespiration par un enrichissement en gaz carbonique de l'air peut expliquer l'effet bénéfique de cette technique en hiver avec une luminosité moyenne.

Lorsque la concentration augmente, il y a augmentation du poids de la plante et les gains en poids sont majorés, si, parallèlement, on augmente l'intensité lumineuse et la température.

Si la température et l'intensité lumineuse sont constantes et que l'on augmente la teneur en CO₂, la photosynthèse augmente jusqu'à une certaine concentration. Au-dessus de cette « concentration optimale » les gains seront faibles, la lumière ou la température devenant des facteurs limitants. On s'efforce donc, dans la pratique, d'approcher la concentration optimale.

Cet optimum semble se situer entre 0,06 et 1 %. Dans la pratique, en culture d'hiver, des concentrations artificiellement portées entre 0,06 et 0,2 % ont donné des résultats satisfaisants.

De même que pour les doses optimales, les doses toxiques pour les plantes sont mal connues. *Daunicht, en Allemagne*, ne notait pas d'effets toxiques sur le concombre avec un taux de 3 %, pour des intensités lumineuses de 4 000 à 7 000 lux, alors que *Bonner et Galstone* observaient des nécroses sur tomate à 0,3 %.

On observe cependant, en atmosphère enrichie en gaz carbonique, des symptômes qui semblent provoqués par l'excès de CO₂, cela chez certaines plantes et sous certaines conditions. Par exemple, sur tomate, en culture de printemps, les jeunes feuilles du sommet sont vert foncé, épaisses et « frisées ». Ces symptômes seraient dus à une accumulation importante des produits de synthèse qui ne sont pas éliminés assez vite ; ils sont rares quand la plante est chargée de fruits. Des symptômes de toxicité peuvent apparaître cependant dans certaines conditions ; ils sont liés à la pollution de l'air par des impuretés accompagnant de CO₂, lorsque celui-ci est produit par combustion.

d) Pollution de l'air et phytotoxicité

Les combustibles utilisés contiennent des impuretés et produisent, en plus du CO₂, d'autres gaz, dont certains peuvent être phytotoxiques.

Les impuretés sont en quantité négligeable et il n'y a aucun risque de toxicité lorsque la combustion est normale et pour les taux d'enrichissement en gaz carbonique généralement pratiqués.

Lorsque la combustion est incomplète, par suite de l'utilisation d'un brûleur défectueux ou d'une alimentation en air ou en gaz anormale, les gaz de combustion peuvent contenir des hydrocarbures imbrûlés, de l'oxyde de carbone, ainsi que des impuretés diverses en quantité non négligeable.

Lorsque les apports de CO₂ s'élèvent, les teneurs en impuretés, ± phytotoxiques contenues dans les gaz de combustion augmentent. Des dégâts peuvent alors apparaître, lorsque les taux de CO₂ dépassent 0,5 %. Des taux de 0,5 à 0,7 % sont atteints par exemple avec un chauffage continu en atmosphère commune apportant environ 100 kcal/h.m² (8 kg de propane brûlé pour 1. 000 m²) dans des serres à faibles taux de renouvellement d'air.

La présence de gaz toxiques n'est pas toujours facile à mettre en évidence, car les valeurs critiques pour les plantes sont souvent très faibles :

- éthylène (C₂H₄) 0,05 à 0,1 ppm
- anhydride sulfureux (SO₂) 0,1 à 0,5 ppm
- aldéhyde formique (CH₂O) 0,7 ppm
- oxydes d'azote 10 à 25 ppm
- monoxyde d'azote 0,4 ppm sur jeunes plantes (tomate)
- bioxyde d'azote (NO₂) 2 à 20 ppm (valeur MAC pour l'homme 5 ppm)
- oxyde de carbone (CO) 50 ppm (valeur MAC pour l'homme 100 ppm)

e) Principaux légumes ayant fait l'objet d'essais

● Aubergine

D'après quelques essais entrepris, notamment au Japon, aux Pays-Bas et en France, l'enrichissement en gaz carbonique de l'atmosphère des serres permet une amélioration de la nouaison et des rendements (*Imazu, 1967, Milhet et Costes, 1975*).

● Concombre

Des essais britanniques, allemands et hollandais montrent que le concombre réagit très favorablement à un enrichissement en gaz carbonique. Aux Pays-Bas on estimait, en 1977, à 90 % les cultures enrichies (*van Berkel et van Uffelen, 1975*).

Les conditions optimales sont :

20°C la nuit,

25°C le jour,

0,1 % de CO₂ (1.000 ppm).

● Laitue

L'enrichissement de l'atmosphère des serres en gaz carbonique a généralement un effet bénéfique sur la production de la laitue en culture d'automne et d'hiver. La durée de l'enrichissement est limitée par la nécessité de ventiler les serres, afin de diminuer les températures au cours de la journée (*Wacquant C., 1971*).

Une teneur de l'ordre de 0,1 % de CO₂ (1.000 ppm) donne un gain de précocité de l'ordre de 10 jours et un poids supérieur à 20 %. Cependant, les variétés réagissent différemment ; *Wittwer S.H.* a obtenu les meilleurs résultats avec des variétés à croissance lente, avec lesquelles l'utilisation du CO₂ a conduit à 3 à 4 semaines de précocité et un doublement du nombre de feuilles.

● Poivron

Le poivron réagit bien à un enrichissement en gaz carbonique (*Costes et Milhet, 1969, 1975 - van Uffelen J.A.M., Naaldwijk, 1975 - Holland R., Lee Valley, 1972*).

● Tomate

Une étude bibliographique faite par *Wacquant C.* et *Musard M.* distingue la période de production et la période culturale :

LES EFFETS DE L'ENRICHISSEMENT DE L'AIR EN GAZ CARBONIQUE PENDANT LA PRÉPARATION DES PLANTS DE TOMATE

● L'enrichissement en gaz carbonique de l'atmosphère, pendant la période d'élevage des plants, du repiquage à la plantation, a pour conséquence :

— Une croissance plus active des jeunes plantes, avec une augmentation de la teneur en matière sèche. Les plants sont alors plus lourds après 4 semaines et à la plantation. Les jeunes plantes peuvent être plus grandes et avec un peu plus de feuilles. Cependant cet effet sur le nombre de feuilles n'est pas toujours constaté. L'amélioration de la croissance des racines serait encore plus importante que celle des parties aériennes, selon *Wittwer*.

— Un effet sur la floraison du premier bouquet, qui est avancée de quelques jours (4 ou 5 jours d'après *Calvert ou Bedding*, et 7 à 10 jours d'après *Wittwer*). Cette précocité, jugée en fonction de l'épanouissement de la première fleur, n'est pas accentuée par la suite sur les autres bouquets si l'enrichissement est poursuivi.

— Un accroissement du nombre de fleurs et de fruits par bouquet.

— Une augmentation du calibre et du poids des fruits.

— Une amélioration du rendement précoce.

L'effet de l'enrichissement apparaît donc après l'arrêt des apports complémentaires de CO₂. Les applications avant plantation agissent surtout sur les premiers bouquets, c'est-à-dire sur la récolte précoce.

● La teneur en CO₂ la plus favorable semble située entre 600 et 1.500 ppm. Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'augmentation de cette concentration en CO₂ :

— La teneur optimale dépend du rayonnement naturel reçu, elle est de 1.000 ppm pendant les mois les plus sombres, de mi-novembre à mi-janvier, de 2.000 ppm un mois avant ou un mois après, et de 3.000 ppm ensuite. Cet optimum serait plus élevé sur jeunes plantes, c'est-à-dire pendant la phase de croissance, que sur plantes plus âgées.

— Le taux de photoynthèse de plants âgés de 2 ou 4 semaines passe par un maximum pour une concentration optimale située entre 1.000 et 1.500 ppm. La teneur en matière sèche des plantes augmente avec la concentration.

— L'absorption de N et P est stimulée lorsque la concentration passe de 300 à 600 ppm et la migration de P vers le feuillage est plus active à 600 ppm. Entre 1.200 et 2.300 ppm cette absorption devient inférieure à celle observée à 600 ppm et parallèlement des anomalies morphologiques sont observées sur les feuilles et les pétioles.

— La floraison est de plus en plus précoce et le nombre de fruits par bouquet augmente entre 600 et 1.400 ppm, mais les différences sont très faibles.

— Le rendement précoce augmente surtout entre 600 et 1.000 ppm, mais pratiquement pas au-delà pour des semis mi-novembre.

L'enrichissement en pépinière est intéressant par les effets sur la production indiqués plus haut, mais aussi parce que l'application se fait sur un grand nombre de plants par unité de surface, à une période où les températures extérieures basses n'obligent pas à aérer, et où les luminosités sont faibles. Le CO₂ compenserait en partie le manque de lumière.

LES EFFETS DE L'ENRICHISSEMENT DE L'AIR EN GAZ CARBONIQUE D'UNE CULTURE DE TOMATE DE PRINTEMPS SOUS SERRE

L'enrichissement de l'atmosphère des serres a pour conséquence sur la tomate :

- d'augmenter le taux de croissance et d'accélérer légèrement le développement,
- d'augmenter le nombre de fleurs et de fruits par bouquet,
- d'améliorer la nouaison.

Il en résulte :

- une augmentation du calibre des fruits,
- une augmentation des rendements précoces et de l'ensemble de la récolte.

L'accroissement de la concentration jusqu'à plus de 1.500 ppm s'accompagne d'une amélioration des rendements, mais beaucoup d'auteurs considèrent 1.000 ppm comme le taux d'enrichissement le plus rentable.

La réponse au supplément de gaz carbonique a lieu dans une gamme d'intensités lumineuses assez large (important effet observé au-dessus de 2.800 lux et réponse entre 900 et 2.200 lux sur feuilles isolées, selon *Gaastra*), et il semble possible de compenser partiellement ces faibles ensoleillements, même en journées nuageuses, par l'enrichissement en CO₂. L'effet est plus marqué, selon *Cooper*, en culture précoce (plus de 53 % avec semis en novembre, contre 15 % avec semis en décembre).

Les apports se font entre 1 heure après le lever du jour et 1 h 30 avant le coucher ; ils seraient plus efficaces entre 10 h et 16 h, mais l'arrêt de l'enrichissement est parfois nécessaire à cause des fortes élévations de températures qui rendent obligatoire l'aération.

En ce qui concerne la réaction des variétés, les opinions divergent selon les auteurs. Pour les Britanniques (*G.C.R.I.*) il n'y a pas de différences dans les réponses entre variétés anglaises, alors que *Wittwer (USA)* considère qu'il y a des différences entre les cultivars américains.

L'enrichissement après plantation a l'effet le plus marqué sur l'ensemble de la production, alors que l'apport avant la mise en place agit surtout sur les premiers bouquets.

Les effets de la concentration plus élevée en CO_2 peuvent être compromis par des facteurs limitants, comme l'alimentation en N et P, en eau ou des basses températures, ou par des changements de climats après apport de CO_2 . Cependant les réactions ne semblent pas fondamentalement différentes selon les températures ou l'alimentation en eau. En particulier, l'utilisation totale de l'eau resterait la même à des teneurs croissantes en CO_2 , grâce à un taux de transpiration qui diminue.

Pendant, des essais conduits en 1971 par *Wacquand C.*, *Musard M.* et *Thicoipé J.-P.*, sur H 63,5 en culture de printemps enrichie en CO_2 , à la concentration de 0,1 % (1.000 ppm), ont montré que l'enrichissement en CO_2 de l'air augmentait les rendements dès les premières récoltes, mais les différences avec le témoin n'étaient significatives qu'en fin de production. Le poids moyen des fruits était amélioré du début à la fin de la récolte.

Des essais menés par la même équipe sur plants de tomate, dont l'atmosphère de la pépinière était enrichie en CO_2 à un taux voisin de 0,08 % (600 à 1.000 ppm) ont conduit aux mêmes conclusions.

f) Quantités à apporter

Le gaz carbonique ajouté doit fournir aux plantes la quantité qu'elles prélèvent dans l'atmosphère, mais aussi compenser les pertes dues au manque d'étanchéité de l'abri. Une serre n'est en effet jamais étanche et les fuites d'air varient en fonction de l'étanchéité et du vent soufflant sur la construction. Pour une serre très étanche et par temps calme le renouvellement d'air peut n'être que de 1/4 du volume de la serre par heure, alors que pour une serre moins étanche, avec vent moyen, le taux de renouvellement de l'air peut être supérieur à 2 volumes par heure.

Quant à la quantité de CO_2 prélevée par les plantes, elle est très variable si l'on tient compte du fait qu'en hiver l'énergie solaire est environ quatre fois plus faible qu'en été, les quantités de CO_2 prélevées doivent être très grossièrement de 0,1 kg/h.a en hiver, pour 0,4 kg/h.a en été.

- EN HIVER, l'optimum du taux de CO_2 est limité par la faible intensité lumineuse. La serre étant fermée, il est possible en tenant compte de l'étanchéité, de l'époque, de la fumure organique, de calculer grossièrement la quantité à ajouter*. Pour avoir une teneur en CO_2 voisine de 0,1 % il faudra, par exemple, entre 1,5 et 3 kg de CO_2 par 1.000 m³/h en hiver, avec un ou deux renouvellements d'air par heure. Le gaz carbonique est apporté le jour et l'on arrête l'apport avant d'ouvrir le système d'aération ou lorsque l'insolation est faible.

- EN ÉTÉ ET AU PRINTEMPS, l'aération est rendue nécessaire par la température ; le taux de CO_2 reste cependant en-dessous de la normale. Il est probable qu'un apport serait bénéfique techniquement, si ce n'est économiquement, malgré les pertes importantes. Il faut à peu près les mêmes apports de gaz pour avoir 0,03 à 0,04 % avec vastes ouverts que pour maintenir 0,1 % en serre fermée.

L'apport se fait lorsque la serre est fermée et peut se poursuivre à la limite jusqu'à une ouverture de l'aération de 10 à 20 % par temps calme. Au-delà l'enrichissement doit être arrêté car peu efficace.

(*) Voir exemple page suivante.

● **DOSAGE ET CONTRÔLE** : le calcul ne donne qu'une idée très grossière du taux réel et cela d'autant que le taux d'aération, c'est-à-dire l'étanchéité de l'abri, n'est généralement pas connu. Il faut donc mesurer la quantité de CO₂ réelle de l'atmosphère pendant l'apport.

EXEMPLE DE CALCUL DE QUANTITÉ DE GAZ CARBONIQUE A APPORTER EN HIVER A L'ARE PAR TEMPS CALME POUR MAINTENIR UN TAUX VOISIN DE 0,1 % (1.000 ppm à 1.300 ppm) :

1. serre moyennement étanche (renouvellement 1 volume/h) :

Compensation des fuites : 0,3 à 0,4 kg CO₂/h.100 m²

Compensation de la consommation des plantes :

0,1 à 0,25 kg CO₂/h. 100 m²

Soit au total = 0,1 à 0,65 kg CO₂/h. 100 m²

2. serre très étanche (renouvellement 0,3 volume/h), exemple ; serre plastique :

Compensation des fuites : 0,1 à 0,15 kg CO₂/h. 100 m²

Compensation de la consommation des plantes :

0,1 à 0,25 kg CO₂/h. 100 m²,

Soit au total = 0,2 à 0,4 kg CO₂/h. 100 m².

g) Systèmes de production du gaz carbonique

La fumure organique et l'utilisation de couches de fumier sont des moyens d'apporter du gaz carbonique. En serre fermée, avec une couche de fumier importante, comme cela est quelquefois pratiqué pour la culture du concombre, la teneur en CO₂ peut se maintenir plusieurs semaines aux environs de 0,1 %. Une autre technique traditionnelle, l'aération, permet de renouveler à l'intérieur d'un abri le CO₂ manquant.

Actuellement, l'industrie met à la disposition du producteur une gamme variée de sources de CO₂ ; ce gaz pouvant provenir de la combustion de gaz naturel, kérosène, butane, propane, alcool ou de l'évaporation d'anhydride carbonique. Voyons à présent les principaux systèmes employés.

● La combustion du pétrole : kérosène

Ces combustibles ont souvent l'inconvénient d'être trop riches en soufre, qui, par combustion, produit de l'anhydride sulfureux toxique pour les plantes. Les vapeurs de pétrole, les fumées et la présence de SO₂ expliquent les rendements moindres obtenus avec ce procédé par rapport aux suivants. Il faut éviter les combustibles dont la teneur en soufre dépasse 0,1 % et même 0,03 % pour des apports normaux.

● La combustion des gaz naturel et liquéfiés (propane, butane) :

Lorsque la combustion est normale, il y a peu d'impureté.

Les systèmes à combustion provoquent un rayonnement calorifique autour du générateur, ce qui peut être un inconvénient pour les plantes les plus proches, mais le prix de revient du gaz ainsi obtenu est assez faible :

1 kg de propane → 3 kg CO₂.

L'apport de calories par combustion permet une augmentation de température de 1 à 3°C qui est généralement bénéfique, mais il peut être un inconvénient par temps doux, l'élévation de température rendant nécessaire l'aération. La combustion peut produire des gaz phytotoxiques, surtout lorsqu'elle est incomplète, et souvent de la vapeur d'eau.

● **La récupération d'une partie des fumées** au niveau des cheminées des chaudières à gaz et leur injection dans les serres.

Ce procédé s'est développé très largement aux Pays-Bas dans les années 70.

Son avantage est le coût très faible de l'enrichissement pendant la période de chauffe : le CO₂ est alors un sous-produit « gratuit ».

Son inconvénient principal est lié à une production abondante de CO₂ aux heures froides, la nuit, alors que les besoins sont guls, et à une absence de production aux heures plus chaudes et ensoleillées.

En France, il existe quelques installations.

La régulation des apports tient compte, généralement, d'une mesure d'oxyde de carbone dans le mélange « air + fumée » afin d'éviter des apports excessifs et phytotoxiques.

● **L'anhydride carbonique liquide et la neige carbonique.**

Le gaz ainsi apporté a l'avantage d'être d'une grande pureté, d'où une forte sécurité à l'emploi qui s'ajoute à la facilité d'utilisation et d'automatisation. Le matériel de distribution est simple ; il peut être constitué par des tubes plastiques perforés.

Jusqu'à une époque récente, l'inconvénient de cette source de gaz carbonique était son prix élevé par rapport aux combustibles. Actuellement, du fait des augmentations importantes des prix des combustibles l'anhydride carbonique « pur » est devenu compétitif.

Autres avantages : pas d'apport d'eau dans l'air et pas d'apport de chaleur complémentaire aux heures les plus ensoleillées, ce qui allonge la période d'enrichissement par rapport aux systèmes à combustion.

● **L'alcool**

La production de gaz carbonique à partir d'alcool a fait l'objet d'expérimentation, mais le prix de ce combustible est actuellement trop cher.

Tableau 30 : TABLEAU COMPARATIF DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES
(En hiver, pour une serre ayant un taux de renouvellement d'air voisin de 2 volumes par heure, apport de 3 kg de CO₂ par 1.000 m³).

	CO ₂ liquide	Propane
Consommation horaire par 1.000 m ³	3 kg	1 kg
Consommation pour une laitue (400 h d'apports)	0,2 kg	0,07 kg
Coût par laitue (amortissement du matériel non compris) ..	0,15 F	0,15 F

● **Dosage du CO₂ et régulation des apports**

Avec l'anhydride liquide on règle le débit du gaz à la sortie du réservoir ; avec les systèmes à combustion on règle le débit du combustible.

Les apports peuvent être déclanchés manuellement, on travaille alors à débit constant. Ils peuvent être semi-automatisés avec déclanchement par horloge ou automatisés en fonction de la teneur en gaz carbonique de l'air de la serre. Des programmes plus complexes sont possibles en évitant les apports avant aération et en introduisant un délai entre arrêt et coucher du soleil.

Les appareils de mesure très précis ont, pour principe de fonctionnement, l'analyse spectrographique des gaz dans l'infrarouge, ou bien la mesure de résistivité d'une solution de soude et de carbonate. Ces appareils ont l'inconvénient principal d'être chers.

La plupart des autres appareils de contrôle sont des indicateurs colorimétriques manquant de précision. Il existe cependant des appareils de ce type ayant une bonne précision.

h) **Conclusion**

La fumure carbonée est employée aux Pays-Bas. Un certain nombre de producteurs français l'utilisent. Il reste encore bien des inconnues dans cette technique. Au point de vue économique, la rentabilité de l'apport n'est réel que si la construction est suffisamment étanche et le coût du traitement inférieur au supplément de recette dû à l'apport du gaz. Un apport artificiel de CO₂ ne devra donc être fait que si les autres facteurs de production sont convenables (fumure, arrosage, température, etc.) et si les conditions des marchés sont satisfaisantes.

En France, une évolution dans l'utilisation de cette technique avec un regain d'intérêts des producteurs apparaît depuis peu ; elle est liée aux nouvelles constructions de serres, à l'évolution des techniques et à l'évolution économique.

● **Types de serres** : les nouvelles constructions très étanches justifient davantage un enrichissement.

● **Évolution des techniques** : en culture de concombre, abandon des couches de fumier et des balles de paille au profit du chauffage du sol ou du substrat. Passage aux cultures sans sol sur plusieurs espèces.

● **Évolution économique** : prix du CO₂ et prix de vente des produits de serre. L'abandon de l'enrichissement en CO₂ des cultures de laitue est lié à une trop faible augmentation de marge brute par enrichissement en CO₂.

BIBLIOGRAPHIE SUR LA FUMURE CARBONÉE**Ouvrages :**

LA LAITUE, Invuflec, c.r. des Journées d'Études de Rennes, 1962.

LAITUES DE SERRE, CTIFL, 1982.

Auteurs :

ANDRE P. et ESKENAZI J., *Considérations sur la mise en œuvre de l'anhydride carbonique par le propane dans les cultures maraîchères*, Cie Primagaz, Congrès A.T.G., 1964.

ANSTETT A. et BRY A., *La fertilisation carbonnée et chimique*, PHM, déc. 65, n° 62.

BLOM T. et INGRATTA F., *Using carbon dioxide in greenhouses*, Ontario, Factsheet, n° 79-057, juin 1979.

CALVERT A. et SLACK G., *Effets of carbon dioxide concentration on glasshouse tomatoes*, Gcri, Annual Report, 1969 et 1970.

CALVERT A., *Effec on day and night temperatures and carbon dioxide enrichment on yield of glasshouse tomatoes*, J. Hort. Sc., 1972, 47, 231-247.

CALVERT A. et HAND D.W., *CO₂ enrichment is still important*, The Grower, 4/10/75.

COCHET J., *La fertilisation carbonnée en serre*, *Revue Horticole*, n° 2317, oct. 73, pp. 15-22.

COSTES C. et coll., *L'utilisation du gaz carbonique et de la lumière dans les serres*, Bti, n° 217, janv.-mars 1967, pp. 103-117.

COSTES C. et MILHET Y., *Effets of CO₂ nutrition on growth and yield of muskmelon (*Cucumis melo* L.), eggplant (*Solanum melongena* L.) and sweet pepper (*Capsicum annum* L.)*, Acta Hort., n° 51, 1975.

DAUNICHT, *The CO₂ requirements of green house crops*, Acta Hort., n° 17, 1971.

GAASTRA P., *Some physiological aspects of CO₂ application in glasshouse culture*, Acta Hort., n° 4, 1966.

- GHODDOUSSI D., *Influence du taux de CO₂ sur l'absorption d'éléments nutritifs par les plantes. Dissertation Abstracts, série B, vol.30, n- 12, 1970 (texte en anglais).*
- GOSIEWSKI W., NILWIK H.J.M. et BIERHUIZEN J.F., *The influence of temperature on photosynthesis of different tomato genotypes, the influence of irradiance and external CO₂ concentration on photosynthesis of different tomato genotypes*, Scientia Hort., 1982, 16 (2), pp. 109-123.
- HAND D.W., *Lettuce, crop responses to controlled level of CO₂ enrichment* Gcri, Crop responses to CO₂, Glasshouse lettuce, Annual Report, 1979 et 1980.
- HARDH J.E., *CO₂ enrichment in raising young vegetable plants*, Acta Hort., 1966.
- HARNETT R.F. and RICE B.J., *Glasshouse heating and CO₂ enrichment by direct burning of gas*, Expl. Hort. (1975) 27, pp. 28-33.
- KIMBALL B.A. et MITCHELL S.T., *Effects of CO₂ enrichment ventilation, and nutrient concentration on the flavor and vitamin content of tomato fruit*, Hortscience, 16 (5), 1981, pp. 665-666.
- KLAPWIJK D., *CO₂ : Belangrijkste voeding-Groenten en Fruit*, 10/2/82, pp. 30-31.
- LLOYD ANDERSON, *Gaz-fired heaters cause crop damage*, The Grower, 16/3/78.
- LOS G.L., *The carbon dioxide content of greenhouse air*, ITT, XVI congrès Int. Hort.
- LOUVET J. et BULIT J., *Influence du CO₂ sur l'activité parasitaire du sclerotinia minor dans le sol*, Inra, 1961.
- MADSEN E., *Effet de la concentration en CO₂ sur le taux de photosynthèse des feuilles de tomates*, Kongelige Veterinaer of Landbohøjskole, Arsskrift, 1971, pp. 195-200 (texte en anglais).
- ORMROD D.P. et BLOM T.J., *Air pollution probèmes in greenhouses*, Ontario, Factsheet, n° 78-009, janv. 78.
- SCHICKEDANZ F.H., *La teneur en CO₂ sur culture de jeunes plantes de tomates et de choux-raves en apport complémentaire pendant la saison hivernale*, Dissertation, TU München, 1970.
- SIALOM M., *L'emploi du CO₂ dans les serres*, 4^e Congrès Intern. du Chauffage et de la Climatisation, mai 1967.
- TAKAHASHI K., *Increase in photosynthesis rate of vegetable crops with CO₂ enrichment*, Acta Hort. n° 76, 1978.
- VALETTE R., *L'application de la fumure carbonique en culture sous serre*, PHM, oct. 1965.
- VAN BERKEL N. et VAN UFFELEN J.A.M., *CO₂ nutrition of cucumbers in the netherlands*, Acta Hort., n° 51, 1975.
- VAN BERKEL N., *CO₂ from gas-fired heating boilers - its distribution and exchange rate*, Neth. J. agri. Sci, 23 (1975), pp. 202-210.
- VIJSVERBERG A.J.M., *Climatic conditions in tomato growing in greenhouse*, Acta Hort., n° 17, vol 1, 1971.
- WACQUANT C., *L'enrichissement de l'atmosphère des serres en gaz carbonique*, Agriculture, n° 263, janvier 1964, pp. 23-26.
- WACQUANT C., *Le climat de la plante*, Invuflec, Les Serres Maraîchères, Orléans, 23-24/3/64.
- WACQUANT C., MUSARD M. et THICOIPÉ J.-P., *Production précoce de tomate sous serre - Enrichissement de l'air en CO₂ - Techniques d'amélioration de la nouaison - Préparation des plants en motte et pots - Stade de plantation*, Invuflec, c.r. d'essai n° 190/28, février 1972.
- WACQUANT C., MUSARD M. et THICOIPÉ J.-P., *Production précoce de tomate sous serre - Enrichissement de l'air en CO₂ - Préparation des plants en mottes et pots - Stade de plantation*, Invuflec, c.r. d'essai n° 238/40, février 1973.

- WACQUANT C., MUSARD M. et THICOIPÉ J.-P., *Enrichissement de l'air en CO₂ pendant la préparation des plants et prolongation de la récolte d'une culture de tomate en serre*, Invuflec, c.r. d'essai n° 264/44, octobre 1973.
- WACQUANT C., MUSARD M., THICOIPÉ J.-P., *Études bibliographiques*, Invuflec, C.R. d'essai, n° 190/28, 238/40, 264/44.
- WACQUANT C., MUSARD M. et RASSENT E., *Effet des températures du sol et de l'air sur la production des principales espèces légumières cultivées sous serre*, Invuflec, DV. 77.3, janvier 1977.
- WHITE R.A.J., *Response of tomatoes to low night-high day temperatures and carbon dioxide enrichment*, Acta Hort. n° 76, 1978.
- WITWER S.H. et HONMA S., *Greenhouse tomatoes*, 1969.
- X., *Carbon dioxide*, H.A.S., Guernsey, Advisory Leaflet A1, octobre 1978.

DE LA TOURBE...



...AUX TERREAUX

*Pour les professionnels du maraichage
de l'horticulture et de la pépinière*

Formules de Fertilisation soigneusement
adaptées à chaque production,
offrant toutes les garanties de

**SÉCURITÉ
EFFICACITÉ
RENTABILITÉ**

Assistance technique et analyses des terreaux par le S.A.S. de Gargenville
Tous nos terreaux sont stérilisés au bromure de méthyle

Le Grand Pâtis - B.P. 6 - 44850 ST-MARS-DU-DÉSERT - Télax 720 378
Pour tous renseignements complémentaires appeler au (16-40) 77.45.44

Les analyses et leur interprétation

Dans ce chapitre il est largement fait appel aux textes de G. Duclos, Ingénieur agro-pédologue de la Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale, parus dans les numéros de décembre 1977 et juin 1981 de la revue de la S.C.P. « Eau et Aménagement de la Région Provençale » (voir référence complète en bibliographie).

A. LES ANALYSES

Elles permettent d'agir en connaissance de cause sur le sol, les cultures et leur conduite.

On distingue :

- Les analyses de terres, comportant l'analyse physique, l'analyse chimique. Elles portent sur la partie labourée et les couches profondes du sol.

- Les analyses de végétaux : feuilles, sèves, ... (§ B, p. 114).

- L'analyse biologique (§ C, p. 115), concernant les micro-organismes du sol. Ce type d'analyse est rarement fait et son interprétation est difficile. On pourrait ranger dans cette catégorie les recherches de parasites (nématodes, champignons, ...).

I. LES ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES TERRES ET LEUR INTERPRÉTATION

« Cultiver une terre sans connaître ses besoins c'est peser sans balance, naviguer sans boussole, dépenser sans compter. »

(L'analyse du sol clé de la fertilisation... Note du Ministère de l'Agriculture - DGA).

L'analyse de terre a pour objectif de connaître certaines particularités physiques, chimiques ou biologiques du sol ou du sous-sol.

L'analyse au sens large comprend :

- l'échantillonnage,
- l'étude physique et chimique de ces échantillons en laboratoire, ou analyses proprement dites,
- l'interprétation des résultats,
- les conseils.

L'interprétation exige :

- la connaissance des méthodes d'analyses utilisées,
- des normes de comparaison.

Les conseils nécessitent :

- la connaissance de la culture ou du cycle de culture à mettre en place, ainsi que les techniques culturales (serre, plein champ, type d'irrigation, période de production, climat, ...).

1. L'ÉCHANTILLONNAGE

Il comporte :

- le prélèvement et la constitution de l'échantillon,
- un certain nombre de renseignements sur le sol d'où provient l'échantillon,
- une identification précise et l'envoi de l'échantillon au laboratoire.

a) PRÉLÈVEMENT ET CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon que l'on porte au laboratoire doit représenter le sol que l'on veut étudier ; pour cela certaines normes ont été mises au point et ont été vulgarisées par le ministère de l'Agriculture et différents laboratoires. Ce sont ces normes que nous reprenons en partie ici.

● Qu'est-ce qu'un échantillon de terre ?

C'est une petite quantité de terre, de 800 g environ, qui représente bien la nature et la composition moyenne du sol ou du sous-sol d'un champ.

Il convient de ne pas confondre « prélèvement », c'est-à-dire l'extraction de terre, que l'on répète pour constituer l'échantillon, et « l'échantillon » sur lequel l'analyse sera opérée.

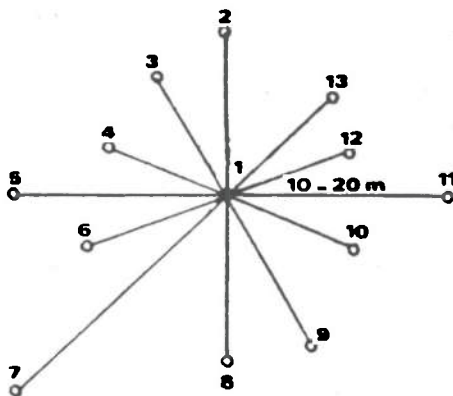
● Combien d'échantillons faut-il prévoir ?

Si le terrain est homogène, un échantillon suffit, à condition de ne pas dépasser 2 ha.

Si le terrain est hétérogène, il faut un échantillon par type de sol différent, en tenant compte des antécédents culturaux.

● Comment constituer un échantillon moyen ?

On fait une dizaine de prélèvements par zone homogène, au centre du terrain. Ces prélèvements sont répartis en étoile, comme l'indique le schéma ci-dessous :



Les prélèvements sont mélangés en brisant les mottes, après avoir retiré les grosses pierres, les débris divers, ...

Si la terre paraît trop humide, laisser ressuyer quelques jours à l'abri, au sec et loin du feu. Il est important de ne pas conserver trop longtemps enfermée à l'état humide une terre à analyser.

Au cas où la nature de la terre rend difficile son émiettement, prévoir une quantité supérieure qui pourra correspondre à un poids de 1 kg.

Ne jamais mélanger sol et sous-sol, ni des prélèvements de parcelles différentes. Le mélange doit se faire dans un récipient ou sur une surface propre.

On extrait ensuite 800 g de ce mélange qui constituent l'échantillon moyen.

● Comment effectuer les prélèvements ?

On utilise une bêche ou une tarière. On dégage la surface du sol des plantes et débris végétaux.

Pour une analyse de surface, on prélève sur une épaisseur égale à la zone labourée, soit 30 à 40 cm. On peut, dans certains cas, diviser les prélèvements en couches de 0 à 20 cm et de 20 à 30 cm, par exemple, pour avoir un meilleur échantillonnage.

Pour une analyse au-dessous de la partie labourée, on prélève entre 40 et 90 cm de profondeur une tranche de terre.

● Technique de prélèvement :

Que les prélèvements soient effectués à la bêche ou à la tarière, il est nécessaire de repérer sur quelle profondeur on effectue la prise de sol ou de sous-sol.

● Cas d'une analyse de sol :

Lorsque l'on utilise la bêche on opère comme suit :

- creuser sur une profondeur correspondant à un labour ordinaire, bien dresser un côté du trou,
- prendre une « tranche » de même largeur et épaisseur en haut et en bas, sur toute la hauteur qui sera de 25 à 40 cm,
- veiller soigneusement à ne pas entamer la couche inférieure non travaillée par les labours,
- placer cette tranche dans un récipient propre.

Répéter cette opération en chaque point de prélèvement qui aura été choisi dans la parcelle.

● Cas d'une analyse de sous-sol :

- dégager le sol à la profondeur des labours ordinaires,
- découper des tranches depuis cette ligne jusqu'à une profondeur de 50 cm environ.

Si on utilise une tarière on n'est pas obligé de faire un trou pour un prélèvement de surface, pour le sous-sol c'est souvent nécessaire.

b) RENSEIGNEMENTS DIVERS SUR LE TERRAIN A ANALYSER ET PRÉCISIONS SUR LA DEMANDE D'ANALYSE

Le laboratoire à qui l'on demande d'exécuter l'analyse doit préalablement faire remplir une fiche qu'il fournit et qui comprend divers renseignements nécessaires sur la parcelle à analyser et les types d'analyses demandés.

A titre d'exemple, ci-après les fiches utilisées par la Société du Canal de Provence à Aix-en-Provence :

FICHE DE RENSEIGNEMENTS POUR ANALYSES DE SOL

Nom : Prénom : Tél :

Adresse complète :

ÉCHANTILLON n° Date de prélèvement :
(référence du sac) Sol profondeur de..... cm à cm
Sous-Sol profondeur de..... cm à cm

PARCELLE n° cadastral :..... Lieu dit ou quartier :

superficie totale : ha. Superficie zone échantillon : ... ha (1).

Disposition Horizontale (bas-fond, plateau.....)
Au pied d'une pente douce ou forte
En pente : douce, forte ; régulière ou irrégulière

Utilisation Culture en place ou prévue :
Irrigation : OUI - NON. Mode d'arrosage :
Drainage : OUI - NON. Mode de drainage :
Accidents éventuels constatés :

Contraintes Subit-elle de façon excessive : l'humidité, la sécheresse,
le gel ?
Le sol est-il : lourd, léger, limoneux battant ?
Caillouteux (% approximatif) graveleux, à blocs ?
Y a-t-il présomption de salinité ? OUI - NON
Autres difficultés :

Sol et sous-sol sont-ils différents ? OUI - NON. Si oui, quelle différence ?

CULTURES ANTÉRIEURES (si possible sur 3 ans) et observations (rendements, accidents, etc.....)

FERTILISATION ET AMENDEMENTS : (si possible sur 3 ans). Nature et doses

Engrais chimiques : N P K

Fumures organiques :

Amendements :

ANALYSES ANTÉRIEURES : OUI - NON par :
Résultats joints si possible (seront retournés au demandeur).

OBJECTIFS DE L'ANALYSE :

(1) Pour tout ce qui suit rayer les mentions inutiles.

DEMANDE D'ANALYSES (1)

ANALYSES COURANTES - Choisir dans la liste ci-dessous en encerclant l'analyse désirée.

1. Analyses physico-chimiques de base

- Granulométrie, pH eau, pH KCl, Ca total et actif.
- Complexe absorbant : capacité d'échange cationique et cations échangeables.

2. Analyses pour fertilisations principales

- Matière organique : carbone, azote total, C/N.
- Phosphore assimilable, potassium et magnésium échangeables.

3. Analyses rapides pour cultures intensives

- Éléments solubles à l'eau : nitrates, phosphore, potasse, magnésie.
- Salinité : conductivité et éventuellement sels solubles si conductivité > 0,5 mS/cm.

4. Analyses spéciales

- Manganèse actif, bore, zinc assimilable, fer total, fer libre, ...

5. Mesures hydrostatiques pour le calcul de la rétention en eau et de la porosité.

- Humidité équivalente, densité apparente (volume à mesurer en place).
- Densité apparente (volume à mesurer en place).
- Densité réelle.

TYPES ET FRÉQUENCES DES ANALYSES - Il est recommandé d'effectuer pour toutes productions

- au moins une fois : les analyses physico-chimiques de base et les mesures hydrostatiques,
- tous les cinq ans : les cations échangeables, le contrôle de salinité, les analyses spéciales,
- tous les deux ans : la matière organique, N, P, K.

pour les cultures intensives de types maraichers

- chaque année, à condition que les caractéristiques précédentes soient connues, les éléments solubles à l'eau et la matière organique ; le contrôle de salinité.

(1) Le tarif de ces analyses, établi chaque année, est communiqué sur demande.

c) CONDITIONNEMENT ET IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon prélevé doit être mis dans un emballage propre et solide, de préférence un sac plastique transparent et assez épais. En plus de la fiche de renseignements qui l'accompagne, l'échantillon doit porter les RÉFÉRENCES DE BASE « SUR ET DANS LE SAC ».

A l'extérieur les références seront écrites au marqueur.

A l'intérieur une feuille de papier portera les mêmes renseignements et au minimum il y aura :

- nom et adresse de l'agriculteur,
- identification de la parcelle - numéro de l'échantillon (dans le cas de plusieurs envois),
- profondeur du prélèvement,
- culture pratiquée ou à venir.

La fiche interne ne devra pas être en contact avec la terre (risques d'effacement à l'humidité).

2. L'ANALYSE PROPREMENT DITE

On distingue :

- a) les caractéristiques générales physiques et chimiques,
- b) l'analyse de la matière organique,
- c) l'analyse et la valeur des principaux éléments et oligo-éléments,
- d) les extraits à l'eau.

a) CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES, PHYSIQUES ET CHIMIQUES

On distingue :

- la granulométrie et la texture,
- le pH,
- le calcaire total et actif,
- la capacité d'échange cationique ou capacité totale d'échange,
- la salinité,
- l'humidité équivalente, ou à pF déterminé,
- l'humidité au point de flétrissement,
- la perméabilité,
- les densités : densité réelle,
densité apparente,
- le calcul de la réserve utile.

N.B. MODE D'EXPRESSION DES RÉSULTATS : dans ce qui suit, chaque fois que cela a été possible, les résultats sont exprimés en g, mg ou me par kg de terre sèche, selon les recommandations du rapport « Harmonisation de la présentation et de l'interprétation des résultats d'analyses de terres de plein champ en région méditerranéenne » de la commission Analyse des Terres de la Mission Méditerranée. Cependant, pour ne pas désorienter certains lecteurs, les anciennes expressions sont portées entre parenthèses.

● La granulométrie

Elle est indispensable pour apprécier et interpréter la plupart des autres données de l'analyse.

On distingue : les éléments grossiers et les éléments fins.

— **LES ÉLÉMENTS GROSSIERS :**

La détermination des éléments grossiers constitue le « refus », qui est exprimé en **g/kg** (°/oo) ou en g pour 100 g (%). Ces éléments comportent :

- les blocs supérieurs à 20 cm,
- les cailloux : 2 à 20 cm,
- les graviers, 2 mm à 2 cm.

L'analyse doit apprécier la nature du refus (pierres, plastique, verre, ...).

— **LES ÉLÉMENTS FINS :**

Ils constituent la granulométrie proprement dite. Ils sont exprimés en **g/kg de terre sèche** (°/oo) ou en g pour 100 g (%).

On les répartit en cinq fractions principales ; on les repère au moyen d'une abréviation.

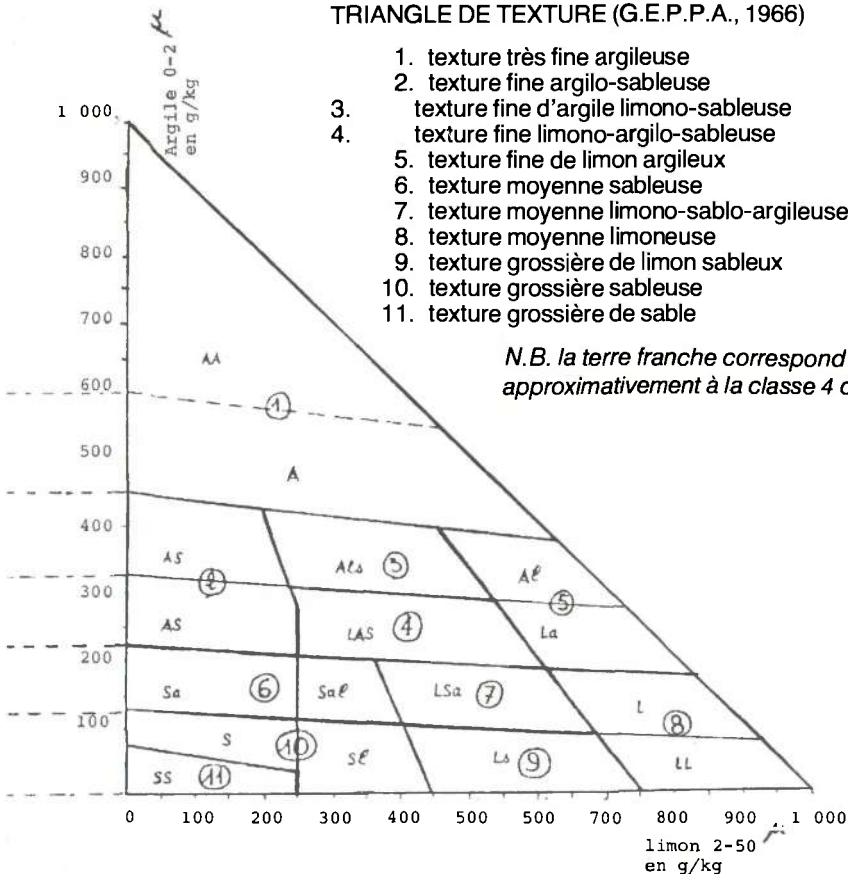
On distingue :

- sable grossier (Sg) = 200 microns à 2 mm,
- sable fin (Sf) = 50 microns à 200 microns,
- limon grossier (Lg) = 20 microns à 50 microns,
- limon fin (Lf) = 2 microns à 20 microns,
- argile (A) = moins de 2 microns.

● **La texture**

La répartition granulométrique de la terre fine permet de classer les sols. Cette classification très complexe peut se faire d'une façon simplifiée, par exemple, à partir d'un diagramme de texture. On se référera par exemple à un diagramme type G.E.P.P.A., 1966 (*Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée*). Le G.E.P.P.A. regroupe des représentants de l'INRA et des Sociétés d'Aménagement Régional.

TRIANGLE DE TEXTURE (G.E.P.A., 1966)



- 1. texture très fine argileuse : AA et A
- 2. texture fine argilo-sableuse : As et AS
- 3. texture fine d'argile limono-sableuse : Als
- 4. texture fine limono-argilo-sableuse : LAS
- 5. texture fine de limon argileux : Al et La
- 6. texture moyenne sableuse : Sa et Sal
- 7. texture moyenne limono-sablo-argileuse : LSa
- 8. texture moyenne limoneuse : L et LL
- 9. texture grossière de limon sableux : Ls
- 10. texture grossière sableuse : S et S1
- 11. texture grossière de sable : Ss

N.B. la terre franche correspond approximativement à la classe 4 ci-dessus.

AA	texture d'argile	SOUS-CLASSES		A	texture argileuse
As	texture d'argile sableuse	Als	texture d'argile limono-sableuse	Al	texture d'argile limoneux
AS	texture argilo-sableuse	LAS	texture limono-argilo-sableuse	La	texture de limon argileux
Sa	texture de sable argileux	Sal	texture de sable argilo-limoneux	L	texture limoneuse
		LSa	texture de limon sablo-argileux		
S	texture sableuse	S1	texture de sable limoneux	LL	texture de limon
SS	texture de sable	Ls	texture de limon sableux		

A ces appellations texturales on peut ajouter les qualificatifs suivants :

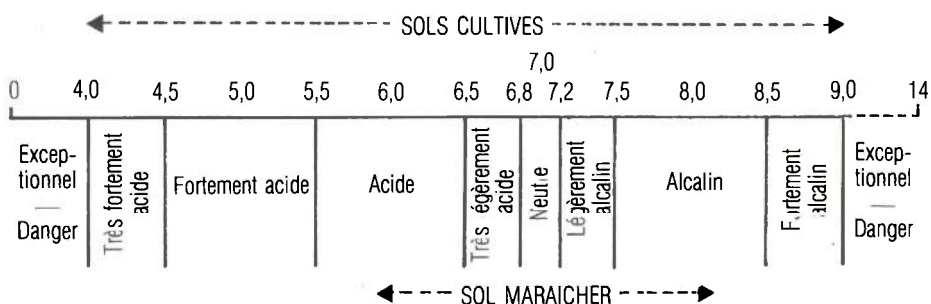
- non calcaire,
- peu calcaire : traces à 50 g/kg de CaCO_3 total (< 5 %),
- calcaire : 50 à 300 g/kg de CaCO_3 total (5 à 30 %),
- très calcaire : plus de 300 g/kg de CaCO_3 total (> 30 %),

et éventuellement un terme d'appréciation de la richesse organique.

● Le pH

Le potentiel hydrogène (pH) détermine la réaction du sol à partir de la concentration en ions hydrogène (H^+).

Cette concentration se mesure dans une échelle allant de 0 à 14, dont chaque degré est divisé en dix intervalles. Pour les sols cultivés, le pH est compris entre 4,0 et 9,0, et, dans cette fourchette, les sols peuvent se classer de la manière suivante :



Pour les plantes maraichères et légumières, qui sont, sauf exceptions, des plantes neutrophiles, le pH idéal se situe en zone neutre ; il y a risque d'accident si le pH est au-dessous de 6 et au-dessus de 8.

Selon la solution employée lors de la mesure électrométrique, le pH s'exprime de deux manières :

- pH eau,
- pH KCl (chlorure de potassium).

Le pH eau est toujours plus élevé que le pH KCl ; la différence est en général de 0,5 unité pH (par exemple 8,0 pour le pH eau et 7,5 pour le pH KCl), mais peut atteindre 1 unité dans les sols très acides (pH eau 5,5 - pH KCl 4,5).

Le pH KCl est plus stable dans le temps et selon les saisons que le pH eau, mais ce dernier reste malgré tout le plus couramment employé et c'est pourquoi il est recommandé de contrôler le pH des sols toujours à la même saison.

L'écart entre le pH eau et le pH KCl est d'autant plus faible que le sol est riche en éléments solubles. Si l'écart est inférieur à 0,5, il faut se méfier de la salinité.

Les pH alcalins constituent une présomption de risques de chlorose ; on doit alors effectuer le dosage du calcaire actif.

Les pH trop bas doivent être relevés par des amendements calcomagnésiens ou mameux (*cf. page 21*).

● Le calcaire total et le calcaire actif

Le calcaire, ou carbonate de calcium (CaCO_3), est une fraction minérale du sol se présentant et s'analysant en pourcentage du poids de terre fine sous deux formes : calcaire total et calcaire actif.

Sous forme active, l'excès de calcaire provoque l'inhibition de l'absorption du fer et du manganèse, dont le résultat est le jaunissement et, à l'extrême, la nécrose du feuillage.

La connaissance de cet élément est donc essentielle pour le choix des cultures et son appréciation varie en fonction de ces dernières.

Au-dessus de **100 g/kg** (10 %) de calcaire total il est nécessaire de doser le calcaire actif ; il semble qu'une teneur de 70 g/kg (70 ‰) de calcaire actif constitue un seuil important, notamment pour le fraisier. De nombreuses autres productions sont tolérantes jusqu'à **150 g/kg** (150 ‰) de calcaire actif.

Tableau n° 1 :

TENEUR EN CaCO ₃	APPRÉCIATION
CALCAIRE TOTAL	
de quelques traces à 50 g/kg (5 %)	non calcaire à peu calcaire
de 50 à 300 g/kg (5 à 30 %)	calcaire
plus de 300 g/kg (> 30 %)	très calcaire
CALCAIRE ACTIF	
de 40 à 50 g/kg (40 à 50 ‰)	pas ou peu chlorosant
de 50 à 70 g/kg (50 à 70 ‰)	légèrement chlorosant
de 70 à 120 g/kg (70 à 120 ‰)	chlorosant
de 120 à 200 g/kg (120 à 200 ‰)	très chlorosant
plus de 200 g/kg (> 200 ‰)	extrêmement chlorosant

● **Le complexe adsorbant** (ou absorbant)

Il s'interprète à partir de la capacité d'échange cationique (CEC) et du taux de saturation. Les cations échangeables sont appréciés en fonction de la CEC (cf. page 14).

— **CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE OU CAPACITÉ TOTALE D'ÉCHANGE :**

Symbolisée par les lettres *CEC* (également *T* ou *CTE*), cette caractéristique détermine le pouvoir maximal de fixation du sol pour les cations, dont les principaux sont l'hydrogène (H⁺), le calcium (Ca⁺⁺), le magnésium (Mg⁺⁺), le potassium (K⁺), le sodium (Na⁺), l'ammonium (NH₄⁺), et d'autres, comme l'aluminium, le zinc, le manganèse et le cuivre.

Cette caractéristique est directement liée à la teneur en argile (et aussi à la nature des argiles) et à la richesse en matières organiques (complexe argilo-humique). Elle est exprimée en milliéquivalents * pour 1 kg de sol sec, expression qui s'écrit **me/kg**.

En valeur absolue la CEC s'exprime ainsi :

- très faible < 60 me/kg,
- faible 60-120 me/kg,
- moyenne 120-200 me/kg,
- élevée 200-300 me/kg,
- très élevée > 300 me/kg.

(*) Le milliéquivalent (me) est la millième partie de la masse d'un élément capable de se substituer à un atome gramme d'hydrogène dans une réaction chimique d'échange (on trouve également l'abréviation « meq », mais elle devrait être abandonnée).

D'après la texture, la capacité d'échange cationique s'apprécie comme suit (tableau n° 2) :

Tableau n° 2 :

Tableau n°2 : CEC EN FONCTION DE LA TEXTURE
en me/kg

APPRÉCIATION	grossière	moyenne	fine à très fine
Faible	< 50	50 à 100	100 à 150
Moyenne	50 à 100	100 à 150	150 à 200
Elevée	100 à 150	150 à 250	250 à 300
Très élevée	> 150	> 250	> 300

La capacité d'échange cationique est une caractéristique fondamentale du sol ; elle est difficilement modifiable. Dans le cas où elle est très faible, son élévation se fera très lentement, par apports importants d'amendements humiques ou argileux.

LE TAUX DE SATURATION DU COMPLEXE ADSORBANT :

Il indique en pourcentage la quantité de cations échangeables (Ca + Mg + K + Na) par rapport à la capacité d'échange cationique. Ce taux s'exprime par la formule :

$$V \% = \frac{S}{CEC} \times 100$$

V = taux de saturation

S = somme des cations (Ca + Mg + K + Na).

Il s'apprécie ainsi :

- complexe fortement désaturé : $V \% \leq 40$,
- complexe très désaturé : $40 < V \% \leq 60$,
- complexe désaturé : $60 < V \% \leq 80$,
- complexe faiblement désaturé : $80 < V \% \leq 100$.

En sol calcaire le complexe adsorbant est généralement saturé. Le calcium est souvent en excès et S apparaît supérieur à la CEC. Dans ce cas on doit mettre la teneur en calcium entre parenthèses ou indiquer « saturé », comme sur le tableau n° 3.

En sol acide le taux de saturation est souvent inférieur à 100, car la somme des cations (Ca + Mg + K + Na) est inférieure à la CEC, la différence au niveau du complexe adsorbant est alors comblée par des ions hydrogène (H⁺), et si V est inférieur à 80 % il faut prévoir un amendement calcaire.

Le tableau suivant n° 3 donne un exemple de présentation des résultats :

Tableau n° 3 : RÉSULTATS EXPRIMÉS EN CATIONS

TYPE DE SOL	CATIONS ÉCHANGEABLES en me/kg				CEC en me/kg	V %
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		
Argilo-calcaire	(423) ou « saturé »	17,2	2,5	1,5	254	100
Sableux-acide	54	8,7	1,2	2,1	95	69

On transforme les résultats précédents en les donnant en oxydes, par l'utilisation des formules suivantes :

- CaO g/kg = Ca (me/kg) x 0,28
- MgO g/kg = Mg (me/kg) x 0,47
- K₂O g/kg = K (me/kg) x 0,47
- Na₂O g/kg = Na (me/kg) x 0,31

● **La salinité**

Définition :

C'est la quantité de sels minéraux qui se trouvent dissous dans la solution du sol.

Pour un même sol, contenant la même quantité d'éléments minéraux, la salinité varie avec la teneur en eau et avec la température.

Mesure :

En laboratoire la mesure s'effectue sur des extraits aqueux, 1/5 ou 1/2,5 pour les sols, et 1/10 pour les substrats, à la température de 20° C.

Sachant que plus la teneur en sels d'une solution est élevée, plus le courant électrique passe facilement, c'est-à-dire que la résistivité est faible, il suffit de mesurer la résistivité de l'extrait aqueux d'un sol pour connaître sa salinité.

Expression de la mesure :

La mesure s'exprime en :

- **Résistivité** : dans ce cas plus la résistivité est forte, moins il y a de sels dans la solution.

- **Conductivité** : c'est l'inverse de la résistivité, c'est-à-dire :

$$\text{conductivité, en mS/cm} = \frac{1}{\text{résistivité en m}\Omega/\text{cm}}$$

cette expression a pour avantage de donner des valeurs augmentant à mesure qu'augmente la salinité.

- **Quantité de sels dissous** : elle s'exprime en g/kg ; on obtient une estimation de cette expression en multipliant la conductivité par 4, pour les sols très fertilisés, et par 3, pour les sols naturellement salés : sels solubles totaux (en g/kg) = conductivité (mS/cm) x 3 ou 4

Les unités de mesure et leurs symboles sont donnés dans le tableau n° 4.

Tableau n° 4 :

EXPRESSION	UNITÉ	SYMBOLE
RÉSISTIVITÉ CONDUCTIVITÉ CE* ou 1 <hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> résistivité	milliohms/cm.cm ² millisiemens/cm ou millimhos/cm.cm ²	mΩ/cm mS/cm ou mmhos/cm
TENEUR EN SELS CE x 3 ou 4)	grammes/kilogramme de terre sèche	g/kg

N.B. L'Association Internationale de Physique symbolise les résistivités sans tenir compte de la section, qui, par définition, est toujours égale au cm².

(*) REMARQUE : les ouvrages anglo-saxons utilisent le terme « electrical conductivity », dont le symbole est ECe. Les appareils de mesures sont gradués en microsiemens :

1 millisiemens = 1 000 microsiemens (μS/cm).
1 millisiemens/cm = 1.000 μS/cm.

Appréciation de la salinité d'un extrait aqueux au 1/5 à 20° C :

On distingue :

- **La salinité totale**, qui mesure la totalité des sels dissous.
- **La salinité réduite**, qui mesure la salinité de l'extrait après précipitation des sulfates au chlorure de baryum. Cette mesure représente alors la salinité due aux nitrates et aux chlorures.

- **La teneur en sels totaux**, en g/kg.

L'appréciation varie selon la teneur en matière organique du sol ou du substrat. Plus la teneur en matière organique est élevée, plus la limite dangereuse est repoussée, d'une part, et d'autre part, il faut aussi tenir compte, pour l'appréciation, de l'espace cultivée (cf. chapitre « accidents végétatifs divers - salinité - », page 161).

Le tableau n° 5 donne, pour un sol fertilisé, une échelle d'appréciation et l'expression de la salinité, en résistivité, conductivité et g/kg, pour un extrait aqueux au 1/5 à 20° C.

Tableau n° 5 :

RÉSISTIVITÉ mΩ/cm	CONDUCTIVITÉ mS/cm	SELS g/kg	APPRÉCIATION
3 500	0,28	1,14	FAIBLE
3 000	0,33	1,32	
2 500	0,40	1,6	
2 000	0,50	2	LIMITÉ
1 500	0,66	2,66	
1 000	1	4	ÉLEVÉ
500	2	8	ACCIDENT
400	2,5	10	
300	3,3	13,2	
200	5	20	

En fait, l'appréciation dépend de la teneur en matière organique, mais au-dessous d'une teneur de 40 à 50 g/kg (4 à 5 %) on considère qu'il y a risque d'accident à partir d'une conductivité totale supérieure à 0,5 mS ou une teneur en sels totaux supérieure à 2 g/kg.

Ce niveau peut être remonté à mesure que le taux de matière organique augmente.

A partir des seuils limites, il est nécessaire de mesurer la salinité sulfates exclus, car ces sels provoquent moins d'accidents que les chlorures et les nitrates. Si cette nouvelle mesure reste supérieure au seuil limite, il est nécessaire d'intervenir (cf. page 161).

- **L'humidité équivalente (He)**

Il s'agit de l'humidité correspondant à la quantité retenue par un sol une fois qu'il est ressuyé.

Cette caractéristique, appelée parfois coefficient ou capacité de rétention, détermine le pouvoir de rétention en eau des sols.

Elle s'exprime, soit en pourcentage, c'est-à-dire une certaine quantité d'eau en grammes pour 100 g de terre sèche (%), soit en g/kg.

Son appréciation se fait en tenant compte de la texture et de la richesse en matière organique.

Pour des teneurs en matière organique totales inférieures à 50 g/kg (5 %), l'estimation se fait comme suit (tableau 6) :

Tableau n° 6 : APPRÉCIATION DE L'HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE SUIVANT LA TEXTURE

APPRÉCIATION	HUMIDITÉ ÉQUIVALENTE en g/kg selon la texture :		
	grossière	moyenne	fine
Faible	< 50	< 100	< 150
Moyenne	50-100	100-150	150-250
Forte	> 100	> 150	> 250

Selon les types de sol on a les valeurs suivantes :

- sol sableux 50-100 g/kg ou 5-10 %,
- sol limono-sableux 100-150 g/kg ou 10-15 %,
- sol sablo-argileux 150-200 g/kg ou 15-20 %,
- sol argilo-sableux 250-300 g/kg ou 25-30 %,
- sol argileux > 300 g/kg ou > 30 %.

Pour les tourbes et les terreaux riches en matières organiques, cette caractéristique est très élevée et difficile à interpréter ; on lui préfère la mesure de l'humidité maximale, exprimée en volume.

● **L'humidité au point de flétrissement**

Le point de flétrissement permanent des plantes correspond à une telle liaison de l'eau avec les particules de terre que les plantes ne peuvent plus l'absorber. Pour la plupart des espèces, ce seuil est voisin de 16 atmosphères (pF 4,2). La mesure correspond alors à une teneur en eau comprise entre 45 et 55 % de l'humidité équivalente.

● **L'humidité utile (HU)**

C'est la différence entre les deux mesures précédentes.

● **La perméabilité**

Elle peut être utile à connaître pour certaines cultures, comme l'asperge, mais surtout lorsqu'on irrigue, pour déterminer la pluviométrie horaire.

G. DUCLOS (S.C.P.) a fait, sur cette caractéristique, la note suivante, que nous reproduisons in extenso :

« La perméabilité est la propriété que possède le sol de laisser passer l'eau. Elle revêt deux aspects principaux :

- la perméabilité verticale,
- la perméabilité horizontale.

La composante des deux constitue la perméabilité oblique, très complexe à analyser ».

LA PERMÉABILITÉ VERTICALE :

Elle est importante à connaître en irrigation par aspersion, par ruissellement ou submersion.

Elle s'apprécie en milieu non saturé par des mesures de vitesses d'infiltration (ou de filtration) de l'eau, obtenues par diverses méthodes et désignées par la lettre K.

Les méthodes les plus couramment pratiquées, sont celles de *Vergière*, de *Müntz* et du trou de tarière.

● *La méthode de Vergière* permet d'obtenir trois vitesses ou valeurs de K (après 1 heure = K1 - après 3 heures = K2 - après 24 heures = K3).

En irrigation c'est la valeur de K2 qui est intéressante.

● *La méthode de Müntz*, ou méthode de l'anneau (double ou simple) permet au bout d'une ou deux heures de constater un palier dans la vitesse de pénétration de l'eau ; c'est la vitesse correspondant à ce ralentissement qui est prise comme valeur de K.

● *La méthode du trou de tarière (ou de Porchet)* permet de mesurer, après remplissage, des variations de niveau d'eau en fonction du temps ; ce qui permet d'obtenir une vitesse d'infiltration.

Selon les méthodes de mesure, l'appréciation se fait de la manière suivante :

Müntz

Très perméable	$K > 20 \text{ cm/h}$
Perméable	$10 < K < 20 \text{ cm/h}$
Peu perméable	$1 < K < 10 \text{ cm/h}$
Imperméable	$K < 1 \text{ cm/h}$

Porchet (trou de tarière)

Perméable	$5 < K < 50 \text{ cm/h}$
Assez perméable	$2 < K < 5 \text{ cm/h}$
Peu perméable	$1 < K < 2 \text{ cm/h}$
Très peu perméable	$0,6 < K < 1 \text{ cm/h}$

Vergière

Vitesse rapide	$K < 5 \text{ cm/h}$
Vitesse normale	$0,5 < K < 5 \text{ cm/h}$
Vitesse lente	$K < 0,5 \text{ cm/h}$

A titre d'exemple, on peut donner les valeurs suivantes (en cm/h) comme vitesse d'infiltration pour différents sols (d'après D. Hillel) :

Sols de sables	$K > 20$
Sols sableux et loessiques	$10 < K < 20$
Sols limoneux	$5 < K < 10$
Sols argileux	$1 < K < 5$
Sols argileux sodiques	$K < 1$

LA PERMÉABILITÉ HORIZONTALE :

Elle intervient de façon importante dans le drainage. Elle est mesurée par la méthode des puits ou de rabattement de nappe, mise au point par *Porchet* et améliorée par *Guyon*.

Cette perméabilité, en milieu saturé, est appelée « conductivité hydraulique » et se symbolise aussi par la lettre K, que l'on apprécie comme suit (en cm/h) :

Très perméable	$K > 36$
Perméable	$3,6 < K < 36$
Moyennement perméable	$0,36 < K < 3,6$
Peu perméable	$0,036 < K < 0,36$
Imperméable	$K < 0,036$

A remarquer que le K3 (24 h) de la méthode *Vergière* donne des résultats comparables à ceux de la mesure de la conductivité hydraulique.

● **Les densités**

La densité, ou poids spécifique d'un corps, est son poids ramené à l'unité de volume. Pour un sol cette caractéristique revêt deux formes :

LA DENSITÉ RÉELLE (*Dr*) :

Elle ne concerne que les éléments constitutifs (minéraux et organiques) du sol, abstraction faite de tout fluide (air-eau), donc de tous les vides du sol. Elle se mesure au laboratoire.

La densité réelle d'un sol varie en général entre 2,2 et 2,7 ; à titre indicatif, le quartz a une densité réelle de 2,6, la tourbe a une densité réelle de 1,5.

LA DENSITÉ APPARENTE (*Da*) :

Elle concerne le sol en place, avec ses agrégats et ses vides. En ne considérant que la terre fine, c'est-à-dire en éliminant tous les éléments grossiers, on définit la *densité apparente partielle* (*Dap*).

La densité apparente varie beaucoup d'un sol, ou d'un horizon de sol, à l'autre, et avec le travail du sol.

Pour sa mesure il est nécessaire d'effectuer un prélèvement de sol en place et d'en mesurer le volume. On utilise plusieurs méthodes : cylindre, densitomètre à membrane, cube *Vergière*, etc. La pesée est ensuite faite au laboratoire sur échantillon sec.

Pour les sols sans cailloux, et selon la texture, on peut donner les valeurs moyennes suivantes pour les densités apparentes et pour le poids total de « terre » (agrégats et vides) à l'hectare, sur 30 cm d'épaisseur.

Tableau n° 7 : VALEURS MOYENNES DE DENSITÉS APPARENTES ET DE POIDS DE TERRE POUR DIFFÉRENTS TYPES DE SOL

	TEXTURE					
	GROSSIÈRE		MOYENNE		FINE	
Nature du sol	calc.	silic.	calc.	silic.	calc.	silic.
Densité apparente	1,4	1,7	1,3	1,5	1,2	1,3
Poids de terre, en t/ha sur 30 cm	4 200	5 100	3 900	4 500	3 600	3 900

● Calcul de la réserve utile

La réserve utile est la réserve d'eau qu'une couche de sol peut emmagasiner et dont une partie, la réserve facilement utilisable (RFU), peut être utilisée directement par la plante.

Il ne s'agit pas d'une donnée directement mesurable, mais d'un calcul à partir de diverses caractéristiques du sol, qui elles-mêmes ont fait l'objet de mesures.

La connaissance de la réserve utile est indispensable pour irriguer de façon rationnelle, car c'est à partir d'elle qu'on calcule la dose d'arrosage.

Bien que n'étant pas généralement intégrée dans les traités de fertilisation, nous donnons ci-dessous la formule de calcul et un exemple d'application.

La réserve utile, en mm, est calculée d'après la formule :

$$RU = HU \times (Da \times TF) \times e$$

HU : humidité utile (différence entre l'humidité équivalente et l'humidité au point de flétrissement permanent) ; s'exprime en g pour 100 g de terre fine sèche.

Da : densité apparente du sol.

TF : pourcentage de terre fine de ce sol.

e : épaisseur de sol exploitée par les racines, en dm.

Exemple d'un sol limono-argileux des Costières du Gard présentant les caractéristiques suivantes :

HU : 12,5 % du poids de sol sec (humidité équivalente 22 % et humidité au point de flétrissement 9,5 %).

Da : = 1,5.

TF : = 85 %.

Pour 20 cm de sol (2 dm), la réserve utile est de :

$$RU, \text{ en mm} = 12,5 \left(\frac{1,5 \times 85}{100} \right) \times 2 = 31,9 \text{ mm}$$

b) L'ANALYSE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE (MO)

Il existe trois méthodes de mesures de la matière organique :

- en sol non calcaire, la calcination, ou perte au feu, permet une bonne évaluation,
- dans tous les autres cas, on utilise indifféremment le dosage du carbone ou le dosage de l'azote, qui permettent une estimation satisfaisante.

● Estimation à partir du carbone

La matière organique totale s'estime en fonction de la teneur en carbone, en effectuant l'opération suivante :

$$C \% \times 1,724 = MO \text{ totale, en \%}$$

ou

$$C \text{ g/kg} \times 1,724 = MO \text{ totale, en g/kg.}$$

● Estimation à partir de l'azote total

Elle s'estime en effectuant l'opération suivante :

$$N \% \text{ total} \times 20 = MO \text{ totale, en \%}$$

ou

$$N \text{ g/kg total} \times 20 = MO \text{ totale, en g/kg.}$$

L'appréciation de la quantité obtenue se fait en fonction de la texture du sol, conformément au tableau 8.

Tableau n° 8

APPRÉCIATION DE LA TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE	TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE en g/kg			BESOINS (1)
	Texture grossière	Texture moyenne	Texture fine	
Pauvre	< 10	< 20	< 25	+++
Moyennement pourvu	10 à 15	20 à 25	25 à 30	++
Bien pourvu	> 15	> 25	> 30	(2)

(1) +++ très élevés,
++ élevés.

(2) A estimer selon les besoins de la culture.

● Autre méthode d'appréciation

En principe on admet que la teneur en matière organique totale d'un échantillon de terre doit être comprise entre le 1/10 et le 1/20 de la teneur en argile et ne jamais être inférieure à 8 g/kg (ou 0,8 %).

En culture intensive sous serres, il est souhaitable d'avoir les teneurs suivantes :

- sol limoneux : 60 g à 80 g de matière organique totale pour 1 kg de sol,
- sol sableux : 40 à 60 g de matière organique totale pour 1 kg de sol ; cependant ces valeurs étant difficiles à atteindre, on se contente souvent de 30 g/kg.

● Le rapport C/N

C'est un indice qui permet de juger du degré d'évolution de la matière organique, c'est-à-dire l'importance de sa transformation en éléments minéraux.

APPRÉCIATION :

Pour l'appréciation convenable de ce rapport, il est important de connaître au préalable la nature et les quantités de matières organiques (tourbe noire ou blonde, composts, gadoues, marc de raisin, fumier, etc.), qui ont été apportées, car celles-ci augmentent le rapport C/N du sol, ce qui peut amener à de fausses interprétations.

En sol cultivé, C/N doit être voisin de 10 (entre 8 et 12). Au-dessus de 15 la minéralisation est lente, la matière organique brute s'accumule ; au-dessous de 8 la transformation est rapide, il y a des pertes d'éléments fertilisants, notamment en produits azotés.

c) ANALYSE ET VALEUR DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS FERTILISANTS ET OLIGO-ÉLÉMENTS

Ces analyses portent sur la totalité d'un élément, sur la fraction échangeable ou assimilable, sur le phosphore assimilable, sur les extraits à l'eau, sur les oligo-éléments.

● Recherche de la teneur totale d'éléments contenus dans le sol.

Elle ne s'effectue que pour l'azote et le carbone (cf. aussi « analyse de la matière organique », page 107). Pour les autres éléments, elle n'a aucun intérêt agronomique, car ce qu'il est important de connaître c'est la quantité d'éléments dont peut disposer la plante.

L'AZOTE TOTAL :

La teneur en azote total permet de calculer la teneur en matière organique (cf. page 107).

● **Appréciation :**

- < 1 g/kg sol faiblement pourvu,
- 1 à 1,5 g/kg sol assez bien pourvu,
- 1,5 à 2 g/kg sol normalement pourvu,
- 2 à 3 g/kg sol bien pourvu,
- > 3 g/kg sol riche.

LE CARBONE TOTAL :
(cf. page 107).

● **Recherche des cations échangeables**

On dit parfois « bases échangeables », et, en analyses de sol courantes, l'extraction et le dosage ne concernent que le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium.

Les extractions sont faites avec des acides faibles, on peut ainsi juger du stock disponible pour la plante.

La quantité totale des principaux cations échangeables est désignée par le terme « somme des cations échangeables » ($Ca^{++} + Mg^{++} + K^{+} + Na^{+}$), désignée par la lettre S.

Dans les résultats d'analyses il arrive que la somme de ces éléments soit inférieure à la CEC. En sol acide la différence au niveau du complexe adsorbant est comblée par des ions hydrogène. En sol calcaire, le complexe adsorbant est généralement saturé. Le taux de saturation est désigné par la lettre « V » (cf. page 101).

APPRÉCIATION GLOBALE :

Les cations échangeables, exprimés en me/kg, sont appréciés par rapport à la capacité d'échange cationique (cf. page 100) ou les uns par rapport aux autres.

APPRÉCIATION PAR RAPPORT A LA CAPACITÉ D'ÉCHANGE CATIONIQUE

On doit avoir le pourcentage suivant :

- Calcium (Ca^{++}) 70 à 80 % de la CEC,
- Magnésium (Mg^{++}) plus de 6 % de la CEC,
- Potassium (K^{+}) plus de 3 % de la CEC, mais toujours supérieur à 2 me/kg,
- Sodium (Na^{+}) moins de 10 % de la CEC, mais pour les cultures sensibles au sodium, le seuil critique peut être inférieur.

APPRÉCIATION DES RAPPORTS CATIONIQUES

- K/Mg < 1/2,
- Ca/Mg < 10, en sol non calcaire.

N.B. Ces valeurs de rapport sont à moduler en fonction des cultures.

APPRÉCIATION POUR CHAQUE ÉLÉMENT :

Elle se fait en fonction de la texture, mais en culture intensive l'appréciation se fait directement en fonction de la teneur en éléments.

POTASSIUM (K) OU POTASSE (K_2O)

- Appréciation générale en fonction de la texture (tableau 9) :

Tableau n° 9 :

Appréciation de la teneur en K et K ₂ O	Teneur en K ou K ₂ O en g/kg						Besoins (1)
	texture grossière		texture moyenne		texture fine		
	K	K ₂ O	K	K ₂ O	K	K ₂ O	
Pauvre	< 0,08	< 0,10	< 0,12	< 0,15	< 0,16	< 0,20	+++
Moyennement pourvu	0,08	0,10	0,12	0,15	0,16	0,20	++
	a	a	a	a	a	a	
	0,16	0,20	0,20	0,25	0,25	0,30	
Riches	> 0,16	> 0,20	> 0,20	> 0,25	> 0,25	> 0,30	+

(1) +++ très élevés, ++ élevés, + ceux de la culture.

— Appréciation en culture intensive :

Tableau n° 10 :

Appréciation de la teneur en K et K ₂ O	Teneur en K ou K ₂ O en g/kg		Besoins (1)
	K	K ₂ O	
Pauvre	< 0,16	< 0,20	+++
Moyennement pourvu	0,16 à 0,33	0,20 à 0,40	++
Bien pourvu	0,33 à 0,66	0,40 à 0,80	+
Très bien pourvu	> 0,66	> 0,80	nuls

(1) +++ très élevés, ++ élevés, + ceux de la culture.

— *Autres modes d'appréciation :*

Taux souhaitable de K₂O*, en mg de terre sèche :

- Terre calcaire : 10 mg par % d'argile,
 exemple : pour un sol à 25 % d'argile,
 le taux souhaitable est $25 \times 10 = 250$ mg ou 0,25 g/kg,
 Terre non calcaire : la teneur souhaitable peut se calculer conformément au tableau 11.

(*) Pour passer de K₂O à K, il faut faire l'opération suivante : $K = K_2O \times 0,83$.

Tableau n° 11 :

Taux d'argile	Teneur souhaitable en K ₂ O
< 10 %	100 mg/kg
10-25 %	% d'argile multiplié par 8
25-35 %	% d'argile multiplié par 7
> 35 %	% d'argile multiplié par 6

MAGNÉSIUM (Mg) OU MAGNÉSIE (MgO)

— appréciation générale :

Tableau n° 12 :

Appréciation de la teneur en Mg et MgO	Teneur en Mg ou MgO en g/kg						Besoins (1)
	Texture grossière		Texture moyenne		Texture fine		
	Mg	MgO	Mg	MgO	Mg	MgO	
Faiblement pourvu	0,05	0,08	0,09	0,15	0,12	0,20	+++
Moyennement pourvu	0,05	0,08	0,09	0,15	0,12	0,20	++
	a	a	a	a	a	a	
	0,09	0,15	0,12	0,20	0,18	0,30	
Elevée	0,09	0,15	0,12	0,20	0,18	0,30	+

(1) +++ très élevés, ++ élevés, + ceux de la culture.

En plus, il est nécessaire qu'il y ait un certain équilibre entre la richesse en potasse et celle en magnésie. Cet équilibre sera réalisé quand :

$$K_2O/MgO \text{ (en g/kg)} = 1 \quad \text{ou} \quad K/Mg \text{ (en me/100 g)} = 1/2.$$

Pour certaines cultures il peut être souhaitable que ce rapport K/Mg (en me/100 g) avoisine 1/3.

— *Appréciation en culture intensive :*

En culture intensive, l'appréciation de la teneur en magnésie doit toujours se faire en fonction de la richesse en potasse, en considérant que le rapport précédent constitue des conditions idéales.

Si K₂O/MgO est supérieur à 4, il y a risque de carence induite en MgO.

Selon les résultats obtenus, il faut corriger l'un ou l'autre des éléments en cause.

— *Autres modes d'appréciation :*

Taux souhaitable de MgO*, en mg de terre sèche :

Terre calcaire : 10 mg par % d'argile, exemple (cf. K₂O).

Terre non calcaire : tableau 13

Tableau n° 13 :

Taux d'argile	Teneursouhaitable en MgO*
< 10 %	100 mg
10-25 %	% d'argile multiplié par 8
25-35 %	% d'argile multiplié par 7
> 35 %	% d'argile multiplié par 6

(*) Pour passer de MgO à Mg, il faut faire l'opération suivante : Mg = MgO x 0,60.

CALCIUM (Ca) ou CHAUX (CaO)

La connaissance de la teneur en chaux est essentiellement utile en sol à pH inférieur à 7. (Voir p. 99 et 100).

Il faut en outre que le rapport MgO/CaO soit voisin de 1/12.

OXYDE DE SODIUM (Na₂O) ou SODIUM (Na)

Par lui-même, l'oxyde de sodium ne fait pas l'objet d'interprétation. Cette dernière se fait en comparant le sodium à la capacité d'échange cationique et les risques d'alcalinité sont insignifiants si Na/CEC est inférieur à 10 %.

Au contraire, si Na/CEC est supérieur à 10 %, il apparaît indispensable de mesurer la conductivité du milieu et si cette dernière est supérieure à 0,5 millisimens, il faudra procéder au dosage des sulfates et des chlorures, ce qui permettra de définir en qualité et en quantité la salinité du sol (cf. page 102 et 103).

● **Le phosphore assimilable** (exprimé le plus souvent en P₂O₅).

Selon la réaction du sol, on utilise différentes méthodes d'analyse :

Truog ou *Joret-Hébert* pour les sols calcaires, à teneur en carbonates supérieure à 50 g/kg (5 %).

Truog ou *Dyer* pour les sols à teneur en carbonates inférieure à 50 g/kg (5 %).



Tableau n° 14 : APPRÉCIATION DE LA TENEUR EN P ET P₂O₅, EN G/KG

Appréciation de la teneur en P et P ₂ O ₅	Méthodes d'analyse						Besoins (1)
	Truog		Joret-Hebert		Dyer		
	P	P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅	
Pauvre	< 0,045	< 0,10	< 0,05	< 0,12	< 0,066	< 0,15	+++
Moyen	0,045	0,10	0,05	0,12	0,066	0,15	++
	a	a	a	a	a	a	
	0,088	0,20	0,11	0,25	0,13	0,30	
Elevé	> 0,088	> 0,20	> 0,11	> 0,25	> 0,13	> 0,30	+

(1) +++ très élevés, ++ élevés, + ceux de la culture.

● **Les oligo-éléments**

(se reporter au chapitre « carences », page 127).

d) **LES EXTRAITS A L'EAU**

Dans un sol riche, le complexe adsorbant est saturé, il existe donc des ions libres qu'il est intéressant de doser, car ils représentent la partie la plus facilement utilisable par la plante. En culture intensive (serre et plein air), il est important de connaître la part des éléments immédiatement disponibles (ions libres et parties des ions du complexe adsorbant), les besoins instantanés des plantes étant souvent très importants.

Les extractions sont faites à l'eau et permettent d'apprécier la part facilement disponible pour les plantes.

Les rapports d'extraction diffèrent selon les laboratoires et selon qu'il s'agit d'un sol ou d'un substrat.

Le rapport $\frac{\text{quantité de terre sèche}}{\text{quantité d'eau}}$ varie de 1/2,5 à 1/50.

En France le rapport 1/5 est le plus utilisé ; aux Pays-Bas le rapport 1/2 est celui de la méthode officielle.

Les résultats sont exprimés le plus généralement en ppm (parties par millions, par exemple 1 mg/kg correspond à 1 ppm). On fait varier l'interprétation en fonction de la teneur en matière organique et de la texture.

Les normes de *van den Ende* servent de base, mais des adaptations, en fonction des cultures ou des régions, doivent être apportées.

Pour un sol de serre de bonne texture, et dont la teneur en matière organique est comprise entre 20 et 50 g/kg (2 et 5 %), les valeurs suivantes, correspondant à un extrait au 1/5, peuvent servir de normes (tableau 15).



Tableau n° 15 : VALEURS DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS SOLUBLES A L'EAU (1/5) EXPRIMÉES EN mg/kg (ou ppm)

Appréciation	N	P (1)	K	Mg	Besoins (2)
Pauvre	40	< 10	< 100	50	+++
Moyennement pourvu	60	10	100 à 150	60	++
Bien pourvu	80	17	130 à 200	75	+
Très bien pourvu	120	> 20	> 200	90	nuls

(1) En sol calcaire, ces teneurs peuvent être très inférieures, il faudra alors se référer à l'analyse du phosphore assimilable.

(2) +++ très élevés, ++ élevés, + ceux de la culture.

II L'ANALYSE DU VÉGÉTAL

L'analyse du végétal porte généralement sur un seul organe, le plus souvent la feuille, le pétiole jeune ou l'extrémité des rameaux axillaires (sève).

On demande à l'analyse une image du niveau de nutrition de la plante, à un instant donné.

Ce type d'analyse permet de savoir si les éléments nutritifs du sol sont réellement assimilés, l'absorption pouvant être troublée par un mauvais état du sol ou du végétal.

En cultures légumières ces analyses sont surtout pratiquées sous serre, et notamment sur tomate, poivron, concombre, melon, car c'est dans ce type de culture que les problèmes de fertilisation se posent de la manière la plus aiguë. Il est souhaitable que cette technique s'étende aux cultures de plein champ.

Le tableau 16 ci-dessous donne les normes utilisées par le CNARBRL (Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc).

Tableau n° 16 : TABLEAU D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS D'ANALYSE DE SÈVES, EXPRIMÉS EN mg/l d'extraits (d'après le Laboratoire SOLAIGUE de la CNARBRL à Nîmes)

	Interprétation	Tomate	Melon	Concombre	Poivron
K	Elevé	> 6			> 8
	Normal	5-6	4	-5	6,5-8
	Médiocre	4-5	3,5-4		5,5-6,5
	Insuffisant	< 4		< 3,5	< 5,5
Mg	Normal	> 0,16		> 0,20	
	Médiocre	0,13-0,16		0,15-0,20*	
	Faible	< 0,10		< 0,15*	
NO ₃	Elevé	> 0,80	> 0,45	> 0,9	> 1,6
	Normal	0,60-0,75	0,4	0,7-0,8	1,2-1,5
	Médiocre	0,40-0,60	0,3-0,4	0,5-0,7	
	Faible	0,20-0,40	0,2-0,3	0,2-0,5	
	Très faible	< 0,20	< 0,2	< 0,2	

Tableau n° 16 (suite)

TOUTES CULTURES

P	Normal	0,20-0,30
	Médiocre	0,15-0,20**
	Faible	0,10-0,15**
	Très faible	< 0,10**
	Confortable	0,30-0,35
	Elevé	0,4 et plus

(*) Symptômes de carence en Mg, même légers, envisager la réalisation de pulvérisations foliaires (SO₄ Mg 17 %).

(**) Contrôler l'état du système racinaire.

III. L'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

Elle porte sur la détermination et la numération des principales populations microbiennes du sol.

L'*Institut Pasteur* donne, pour quelques micro-organismes, les appréciations suivantes (tableau 17).

Tableau n° 17 : POPULATION, PAR G DE TERRE SÈCHE
(Institut Pasteur, septembre 1973)

	Pauvre	Moyen	Riche
Cellulolyse anaérobie	2 500	25 000	250 000
Pectinolyse	25 000	250 000	2 500 000
Amylolyse	100 000	1 000 000	10 000 000
Proteolyse	100 000	1 000 000	10 000 000
Ammonification	2 500 000	25 000 000	250 000 000
Nitrosation	250	2 500	250 000
		à	
		25 000	
Nitratation	250	2 500	25 000
Dénitrification	100 000	1 000 000	10 000 000
Azotobacter	25	250	2 500
Clostridium	2 500	25 000	250 000
Flore totale	2 500 000	25 000 000	250 000 000

B. L'INTERPRÉTATION ET LES CONSEILS QUI EN DÉCOULENT. PRINCIPES ET EXEMPLES

L'interprétation consiste à comparer les différentes données de l'analyse, afin d'apprécier l'état de fertilité d'un sol et d'en déduire un diagnostic, qui doit aboutir à un conseil sur les actions de fertilisation à pratiquer pour s'approcher le plus possible de l'objectif de production que s'est fixé l'agriculteur.

L'interprétation exige donc d'avoir les données de l'analyse et leur appréciation.

Étant en possession de ces données, il faut :

- tenir compte de la méthode d'analyse ; par exemples : extrait à l'eau et son rapport, cations échangeables, méthode *Dyer* ou *Truog*, etc.,

- savoir comment l'élément est exprimé : en corps simple (exemple K), ou en oxyde (exemple K_2O).

- savoir en quelles unités les résultats sont présentés : en g/kg, en mg/kg, en ‰, en ppm, en me.

L'analyse peut être inutilisable si certains éléments ne figurent pas. Exemple : l'absence du taux de saturation en sol acide rend impossible les corrections sous forme d'amendement.

Nous récapitulons ci-après les données suivantes :

- principales unités utilisées dans les résultats d'analyse de sol,
- relations entre quelques unités et leur conversion,
- tableau de conversion des éléments et de leurs oxydes,
- relation entre le milliéquivalent et le poids de l'élément ou de son oxyde,
- principales données de l'analyse et présentation générale,
- principaux symboles utilisés,
- poids de terre/ha, d'après la densité apparente,
- formule permettant le calcul de la quantité d'éléments contenus dans un sol,
- exemple de calcul d'éléments à apporter à partir de l'analyse et d'une culture.

1. PRINCIPALES UNITÉS UTILISÉES

**Tableau n° 18 : PRINCIPALES UNITÉS UTILISÉES
DANS LES RÉSULTATS D'ANALYSES DE SOL**

UNITÉ	SYMBOLE
Milliéquivalent (soit pour 100 g, soit pour 1 kg de terre sèche)	me/100 g me/kg
Gramme par kilogramme	g/kg ou ‰
Gramme par 100 grammes	g/100 g ou %
Milligramme par kilogramme	mg/kg
Partie par million	ppm

**Tableau n° 19 : PRINCIPALES UNITÉS UTILISÉES
DANS L'EXPRESSION DE LA SALINITÉ**

Expression	Unité	Symbole
Résistivité	milliohms/cm.cm ²	mΩ/cm
Conductivité 1 ou Résistivité	millisiemens/cm millimhos/cm.cm ²	mS/cm mmhos/cm
Teneur en sels solubles totaux (CE x 3 ou 4)	grammes/kilogramme de terre sèche	g/kg

● **Principales unités utilisées dans l'expression de la granulométrie**

- millimètre : mm
- micron : μ (1 micron = millième de mm)

● **Principales unités utilisées dans l'expression de l'humidité**

Les expressions les plus courantes sont :

- le millimètre : mm
 - et le gramme d'eau par kilogramme de terre : g/kg
- 1 mm d'eau = 1 litre/m² = 10 000 litres/ha = 10 m³/ha.

2. RELATIONS ENTRE QUELQUES UNITÉS ET LEUR CONVERSION

(%, ‰, ppm, g, mg)

teneur en ‰	x 0,1	donne teneur en %
teneur en %	x 10	donne teneur en ‰
teneur en ‰	x 1 000	donne teneur en ppm
teneur en ppm	x 0,001	donne teneur en ‰
teneur en %	x 10 000	donne teneur en ppm
teneur en ppm	x 0,0001	donne teneur en %

1 ppm	= 1 mg/kg	= 1 g/tonne
1 ‰	= 1 g/kg	= 1 kg/tonne
1%	= 1 g/100 g	= 10 kg/tonne

3. TABLEAU DE CONVERSION D'ÉLÉMENTS ET DE LEURS OXYDES

Tableau n° 20 :

POUR PASSER EN POIDS		
DE.....	A.....	IL FAUT FAIRE L'OPÉRATION SUIVANTE
P	P ₂ O ₅	P x 2,29
P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ x 0,44
P	P ₂ O ₄	P x 2,03
P ₂ O ₄	P ₂ O ₄	P ₂ O ₄ x 0,49
K	K ₂ O	K x 1,20
K ₂ O	K ₂ O	K ₂ O x 0,83
Ca	CaO	Ca x 1,40
CaO	Ca	CaO x 0,71
Mg	MgO	Mg x 1,66
MgO	Mg	MgO x 0,60
S	SO ₃	S x 2,50
SO ₃	S	SO ₃ x 0,40
S	SO ₄	S x 2,98
SO ₄	S	SO ₄ x 0,33
N	NO ₃	N x 4,43
NO ₃	N	NO ₃ x 0,22

4. RELATION ENTRE L'EXPRESSION EN MILLIÉQUIVALENTS ET LE POIDS DE L'ÉLÉMENT OU DE SON OXYDE

Tableau n° 21 :

Expression en me	Correspondance en mg de l'élément	Correspondance en mg de son oxyde
1 me NH ₄ ⁺	14 mg N	18 mg NH ₄ ⁺
1 me NO ₃ ⁻	14 mg N	62 mg NO ₃ ⁻
1 me H ₂ PO ₄ ⁻	31 mg P	71 mg P ₂ O ₅
1 me HPO ₄ ²⁻	31 mg P	81 mg P ₂ O ₅
1 me K ⁺	39 mg K	47 mg K ₂ O
1 me Ca ⁺⁺	20 mg Ca ⁺⁺	28 mg CaO
1 me Mg ⁺⁺	12 mg Mg ⁺⁺	20 mg MgO
1 me SO ₄ ⁻⁻	16 mg S	48 mg SO ₄

● **Table de conversion d'éléments minéraux et des ions correspondants.**

Tableau n° 22 :

Ions (me/1000 g)	Facteurs de conversion	Eléments (%)
NO_3^-	$\leftarrow 71,38 \times$ $\times 0,014 \rightarrow$	N
PO_4^{--}	$\leftarrow 96,8 \times$ $\times 0,0103 \rightarrow$	P
K^+	$\leftarrow 25,6 \times$ $\times 0,0391 \rightarrow$	K
Ca^{++}	$\leftarrow 49,9 \times$ $\times 0,02 \rightarrow$	Ca
Mg^{++}	$\leftarrow 83,3 \times$ $\times 0,012 \rightarrow$	Mg
Na^+	$\leftarrow 43,4 \times$ $\times 0,023 \rightarrow$	Na
SO_4^{--}	$\leftarrow 62,4 \times$ $\times 0,016 \rightarrow$	S
Cl^-	$\leftarrow 28,16 \times$ $\times 0,0355 \rightarrow$	Cl

(réf. La fertilisation raisonnée, région Sud-Est Société Commerciale des Potasses et de l'Azote).

**5. TABLEAU RÉCAPITULATIF ET PRÉSENTATION POSSIBLES
DES RÉSULTATS DES ANALYSES DE TERRES**

A titre d'exemple, nous présentons le bulletin d'analyses de terres de la Société du Canal de Provence (Aix-en-Provence), établi selon les recommandations de la commission spécialisée de la Mission Productions Agricoles Méditerranéennes (Montpellier) et les méthodes d'analyses utilisés par ce laboratoire.

M. demeurant

à :

Parcelle(s) :

Objectif(s)

ANALYSES PRINCIPALES

N Echant.	Prof. cm	Refus g/kg	Granulométrie terre fine sèche en g/kg					Matières organiques en g/Kg			C/N
			Sg	Sf	Lg	Lf	A	C	MO totales	N total	

N° Echant.	Prof. cm	pH		Calcaire g/kg		Pouvoir chlorosant (J.P. Vignes)			Rétention Eau g/kg	
		eau	KCl	total	actif	I.P.C.	Fer Ftext. mg/kg	Calc. act. g/kg	He	à pF 4,2

N° Echant.	prof. cm	Phosphore Ass. g/kg		Cations Echangeables								en me/kg		Taux Sat. %
				en Oxydes g/kg				en Cations me/kg						
		P	P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ca	Mg	K	Na	S	C.E.C.	

Prof. = profondeur.

ANALYSES COMPLÉMENTAIRES

Echantillon		SALINITÉ										OLIGO-ÉLÉMENTS mg/kg				
N°	Prof. cm	Conductivité		Sels solubles en mg/kg										Bore	Cuivre	Zinc
		mS/cm	20 °C	Anions					Cations							
		Totale	Réduite	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	PO ₄ ⁻⁻⁻	NO ₃ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺					

MÉTHODES D'ANALYSES

- Granulométrie T.F. : Méthode internationale à la pipette de Robinson et tamisage des sables ;
5 fractions < 2 mm.
sable grossier (Sg) : 0,2-2 mm - sable fin (Sf) : 50-200 microns - limon grossier (Lg) : 20-50 microns - limon fin (Lf) : 2-20 microns - argile (A) : < 2 microns.
- Matières organiques : Carbonne (C) méthode Anne - Azote total (N) méthode Kjeldahl - M.O. totales = C x 1,72.

- pH eau et KCl : pH mètre électrique ; à l'eau : extrait aqueux au 1/5-au KCl : solution KCl N/50.

- Calcaire total : Méthode volumétrique au Calcimètre Bernard.
- Calcaire actif : Méthode et indice Drouineau modifié Galet. sur terre tamisée à 2 mm.
- Pouvoir Chlorosant : Méthode Juste et Pouget : fer facilement extractible dosé dans solution d'oxalate d'ammonium servant au calcaire.
(Vignes seulement)

- I.P.C. = $[CaCO_3 \text{ (g/Kg)} : \text{Fer Ft ext. (mg/Kg)}] 10^3$.
sur terre tamisée à 315 microns.
- Rétention en Eau : Humidité Équivalente (He) eau résiduelle après centrifugation à 1.000 g (environ pF 2,5). Humidité pF 4,2 = Point de flétrissement permanent. Eau Utile = He — H à pF 4,2.
- Phosphore assimilable : Méthode Truog pour sols calciques à pH \geq 7,0 (ou méthode Joret-Hebert). Méthode Dyer pour sols à pH eau < 7,0.
- Complexe adsorbant : Cations extraits à l'acétate d'ammonium (double extraction pour les sols salés)
Ca ++ — Mg ++ dosés par Absorption atomique.
K+ — Na+ dosés par Photométrie de flamme.

- Capacité d'échange cationique (C.E.C.) :
centrifugation, alcool puis acide chlorhydrique.
- Salinité : Sur extrait aqueux au 1/5 :
Conductivité au conductimètre électrique.
Conductivité réduite : après élimination des sulfates.
Anions : Phosphates (PO⁴) et Nitrates par colorimétrie.
Sulfates (SO⁴) au Chlorure de Baryum.
Chlorures (Cl-) : méthode de Mohr au Chromate de Potassium.
Cations : Cf. ci-dessus.
- Oligo-éléments : Bore soluble :
extraction à l'eau chaude 80-100°.
Cuivre échangeable : à l'Acétate d'ammonium N dans un rapport Terre/Solution 1/20.
Zinc : méthode à l'oxalate d'Ammonium Joret-Hebert.

6. RÉCAPITULATIF DES PRINCIPAUX SYMBOLES UTILISÉS

CEC	Capacité d'échange cationique (anciennement exprimée par CTE, soit capacité totale d'échange).
S	Somme des cations échangeables (Ca + Mg + K + Na).
V	Taux de saturation du complexe adsorbant.
CE ou EC	Conductivité.
MO	Matière organique.
Da	Densité apparente.
Dap	Densité apparente partielle = Da % de terre fine.
CSE	Capacité de stockage en eau des sols.
He	Humidité équivalente.
HU	Humidité utile.
RU	Réserve utile.
RFU	Réserve facilement utilisable.

7. POIDS DE TERRE A L'HECTARE

Pour des sols sans cailloux et normalement structurés, on a donné précédemment (cf. page 106) les valeurs moyennes, pour les densités apparentes, le poids total de « terre » (agrégats et vides) à l'hectare, sur 30 cm d'épaisseur.

Le poids de sol est donné par la formule suivante :

$$Pt/ha = Dap \times e \text{ (en mm)} \times 10\,000$$

Exemple : poids de 10 cm de terre, de Dap 1,3

$$P \text{ en t/ha} = 1,3 \times 10 \times 10\,000 = 1\,300 \text{ tonnes}$$

En l'absence de toute donnée sur la densité apparente, on considère que 1 cm de sol pèse 120 à 150 tonnes/ha.

8. FORMULE PERMETTANT DE CALCULER LA QUANTITÉ D'ÉLÉMENT, OU DE SON OXYDE, CONTENUE DANS UNE CERTAINE ÉPAISSEUR DE SOL EN FONCTION DE LA DENSITÉ APPARENTE ET DE LA TENEUR EN ÉLÉMENT DU SOL.

$$Q = q \times Dap \times e \times 10\,000$$

Q = quantité d'élément, en kg/ha

q = teneur de l'élément, en g/kg

Dap = densité apparente partielle

e = épaisseur du sol, en m

Exemple : q = 0,25 g de K₂O/kg de terre sèche

$$Q = 0,25 \times 1,5 \times 0,3 \times 10\,000$$

$$Q = 1\,125 \text{ kg de K}_2\text{O pour 4\,500 t de terre fine}$$

9. EXEMPLE DE CALCUL THÉORIQUE D'ÉLÉMENTS A APPORTER A PARTIR DE L'ANALYSE ET D'UNE CULTURE

— Soit un sol de texture moyenne et de densité apparente partielle de 1,5, sur lequel on veut faire une laitue, qui sera récoltée au printemps, et dont on pense qu'elle explorera 0,25 m du sol.

L'analyse nous indique que ce sol contient 0,15 g/kg de K₂O. On juge qu'il faut porter cette teneur à 0,20 g/kg et que la culture nécessite 230 unités de potasse.

Il faudra donc apporter à ce sol la quantité « Q » nécessaire pour « redresser » le sol à 0,20 g/kg de terre sèche et les 230 unités nécessaires à la culture.

soit Q1 (quantité souhaitée) - Q2 (quantité contenue dans le sol).

$$Q1 = 0,20 \times 1,5 \times 0,25 \times 10\ 000 = 750 \text{ kg/ha}$$

$$Q2 = 0,15 \times 1,5 \times 0,25 \times 10\ 000 = 562,5 \text{ kg/ha}$$

$$Q = Q1 - Q2 = 187,5 \text{ kg/ha}$$

soit à apporter au total :

$$187,5 + 230 = 437,5 \text{ kg de } K_2O/\text{ha.}$$

En pratique, l'apport de redressement sera étalé sur plusieurs cultures.

10. TYPES D'ANALYSES ET RYTHMES DES ANALYSES (cf. page 91)

● Lors de l'installation d'une exploitation

En plus des observations de terrain (tranchées pédologiques, ...), il faut faire des analyses physiques et chimiques du sol, 0-0,25, et du sous-sol, 0,25-0,50 et jusqu'à 1 m pour des cultures d'asperge et à enracinements profonds.

● En culture de plein champ

Tous les 3 ou 4 ans : pH, matière organique, K et Mg échangeables, et P assimilable.

● En culture maraîchère non protégée

Tous les 2 ans : pH eau, conductivité, matière organique, K et Mg échangeables, P assimilable.

● En culture sous serre

Tous les 3 ou 4 ans : cations échangeables (Ca, Mg, K, Na) et P assimilable.

Avant chaque culture :

- pH eau et pH KCl,
- conductivité,
- éléments solubles eau,
- C et N total.

En cours de culture :

- conductivité tous les 15 jours à 1 mois,
- éventuellement : N nitrique extrait à l'eau.

En cas d'apports importants d'amendement : capacité de rétention et densité apparente.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., *Cours de pédologie*, 1952.

DUCLOS G., et al., *Les analyses de sols et leur interprétation en vue du conseil de fertilisation*. Eau et Aménagement de la Région Provençale, n° 15, oct.-nov.-déc. 1977.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE/D.G.A., *L'analyse des sols clé de la fertilité*. Instructions sur l'exécution des prélèvements, la constitution des échantillons et la remise aux laboratoires.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE/MISSION MÉDITERRANÉE, *Rapport de la commission « Harmonisation de la présentation et de l'interprétation des résultats d'analyses de terres de plein champ en régions méditerranéennes »*. Min. Agri./Mission Médit., 30/6/80, rédigé par G. DUCLOS et publié dans Eau et Aménagement de la Région Provençale de juin 1981.

S.C.P.A., *La fertilisation raisonnée, région Sud-Est*. SCPA, 4^e trimestre 1980 (ouvrage en collaboration INRA/SCPA).

Peuvent être consultés également :

CULTIVAR, dossier « Analyses de sol », non daté.

PERSPECTIVES AGRICOLES, décembre 1980, spécial fertilisation (ITCF).

la technique tomates c'est **AVEC** le goëmar **Bm 86**



- ▶ action directe sur la **fécondation**
EFFET **stimulant** des hormones
- ▶ action sur la **qualité** et les **calibres**
FRUITS FERMES - MOINS DE PETITS FRUITS

300 cc dans 100 litres d'eau - Tous les 10 15 Jours
OU REPIQUAGE A LA FIN DE RECOLTE

un rendement assuré

Le **BM 86** est présenté en bidon de 5 litres.

Le **BM 86** ne brûle pas.

Notre responsabilité se limite à la fourniture de notre produit dans son emballage scellé, à son utilisation conforme à la dose et au mode d'emploi préconisé par nos directives.

Sté **GOEMAR SAINT-MALO FRANCE**

Carences - Toxicités Accidents végétatifs divers

A. LES CARENCES

I. GÉNÉRALITÉS

« Par carence (ou déficience) il faut entendre toute insuffisance d'un élément nécessaire se traduisant par l'apparition de SYMPTÔMES PATHOLOGIQUES VISIBLES », *Trocme* (Symptômes et diagnostics des carences alimentaires - Phytoma, n° 159, juin 1964).

Cependant, comme le fait remarquer *Trocme* dans le même article, l'absence de symptômes ne correspond pas automatiquement à l'optimum d'alimentation.

Pour chaque carence, il faut examiner les symptômes, les causes, les moyens de lutte.

1. LES CAUSES

On distingue les carences vraies des carences induites.

a) LES CARENCES VRAIES

L'élément est absent du sol, ou en faible quantité, soit parce que le sol ne le contient pas — ce type de carence est rare pour les oligo-éléments, ce cas par contre est fréquent pour les éléments majeurs —, soit parce que les cultures ont appauvri le sol.

b) LES CARENCES INDUITES

L'élément est présent dans le sol, mais une ou plusieurs causes empêchent la plante de l'absorber. Les causes les plus répandues sont :

- trop forte fixation par le sol,
- pH trop élevé : c'est le cas de tous les oligo-éléments, sauf le molybdène
- pH trop bas : molybdène, magnésium,
- antagonisme entre éléments ; exemples :
 - carence en magnésium par excès de potasse,
 - carence en zinc par excès d'acide phosphorique,
 - carence en potasse par excès de calcium, de magnésium,
 - carence en acide phosphorique par excès de fer, aluminium soluble lorsque le pH est bas,
- ***
- sol asphyxiant : fer,
- conditions climatiques :
 - sécheresse : bore,
 - fortes pluies : lessivant l'azote et les éléments sous forme mobile,

- température du sol ; exemple carence en phosphore sur tomate, induite par température trop faible,
- défauts du système racinaire,
- sensibilité des espèces.

2. LES PRINCIPAUX SYMPTÔMES

Ils s'expriment différemment selon le rôle de l'élément dans la physiologie de la plante ; ainsi le zinc, qui intervient entre autres dans l'élongation de la plante, manifeste sa carence par une nanification et un port en rosette. La carence d'éléments entrant dans la fabrication des chlorophylles (magnésium et fer) provoquent des décolorations des feuilles appelées chloroses.

Enfin, les symptômes se manifestent sur les parties jeunes ou âgées de la plante ; exemple les chloroses ferriques apparaissent d'abord sur les parties jeunes, les chloroses magnésiennes sur les parties âgées.

a) ON PEUT CLASSER LES SYMPTÔMES AINSI :

- **Décoloration des organes verts :**
 - disparition de la chlorophylle ; exemple carence en magnésium, fer, ...,
 - jaunissement : carence en azote,
 - coloration rougeâtre ou brunâtre : carence en potassium,
 - coloration violacée : carence en phosphore.
- **Réduction du volume ou de la taille de la plante, ou de certains organes :**
 - carence en azote, zinc, ...
- **Gerçures, tissus mous ou gonflés :**
 - carence en bore, ...
- **Nécroses de différents organes :**
 - feuilles : carence en fer, magnésium, potassium, ...,
 - bourgeons terminaux : carence en bore, ...
 - racines : carence en bore, zinc, ...
- **Dépérissement affectant toute la plante :**
 - toutes les carences.

Notons que tous les organes peuvent être affectés :

- feuilles et tiges : carence en azote, fer, magnésium, ...,
- bourgeons terminaux : carence en bore, zinc, ...,
- racines : carence en bore, zinc, calcium, ...,
- fleurs : carence en phosphore, magnésium, ...,
- fruits : carence en bore, azote, calcium, ...,

b) COMMENT SONT AFFECTÉS LES DIVERS ORGANES :

- **Feuilles :**
 - chloroses généralisées : carence en azote,
 - chloroses internervaires plus ou moins généralisées : carence en fer, magnésium, manganèse,
 - nécroses marginales : carence en potassium, magnésium, cuivre,
 - coloration rougeâtre ou brunâtre : carence en potassium,
 - coloration violacée : carence en phosphore,
 - réduction du volume : carence en azote, zinc, bore, phosphore, ...,
 - chutes précoces, carence en magnésium sur tomate...

ALGOCHIMIE

Spécialiste en nutrition végétale vous propose

DES ENGRAIS ACIDIFIANTS 100% SOLUBLES

- Nutrisève 16.7.29 - 8.20.36 - 19.7.13

DES FORMULATIONS D'OLIGO ELEMENTS pour :

- solutions nutritives
- application foliaire

UNE GAMME DE CHELATES DE FER

- donneur de fer : Hormofer EDTA, Nutralite DTPA
- Correcteur de Carence : chélate EDDHA, Algofer H.EDTA

DES PRODUITS SPECIAUX

- Nutrafoliaire 14-6-10 = engrais foliaire
- Hormospeed poudre = régénérateur d'activité du sol

LABORATOIRE ALGOCHIMIE

76 av. de Grammont 37000 TOURS - Tél(47) 61.47.96

Dépôt-Vente de Rungis 61 avenue de la Villette 94150 RUNGIS. Tél.(1) 686.26.82

Artichaut :
Carence en bore
(Photo CNABRL)

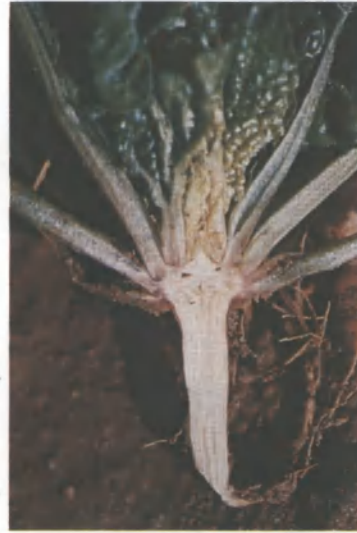


Carde :
Carence en bore
(Photo CNABRL)



Nécrose médullaire sur chou-fleur :
Carence en bore
(Photo CNABRL)

Epinard :
Carence en bore
(Photo CNABRL)



Oignon :
Carence en bore
(Photo CNABRL)



Tomate
Carence en soufre
(Photo SCP)



Epinard :
Carence en potassium
(Photo SCPA)

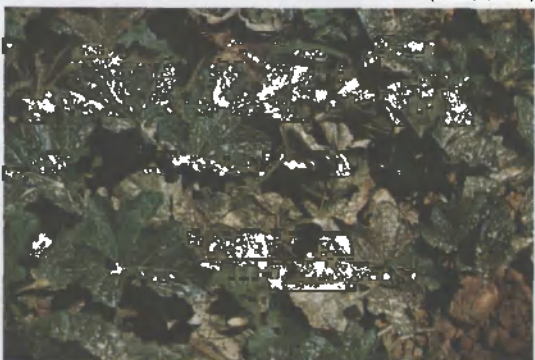


Haricot :
Carence en potassium
(Photo SCPA)

Epinard :
Carence en manganèse
(Photo Cornillon)



Melon :
Carence en manganèse
(Photo SCPA)



Chou-fleur :
Carence en molybdène
(Photo CNABRL)



Chou-fleur :
Carence en magnésium
(Photo CNABRL)

PRODUCTEURS DE LEGUMES

*adoptez une méthode "moderne"
de fertilisation :
utilisez*

LES SOLUTIONS NUTRITIVES

KANIMAJOR

AZOTE-ACIDE PHOSPHORIQUE
POTASSE-MAGNESIE

KANIELTRA

MOLYBDENE-BORE-ZINC-CUIVRE
MANGANESE-FER

CONCENTREES • EQUILIBREES • COMPLETEES

COFAZ

compagnie française de l'azote
46, rue Jacques Dulud - B.P. 133
92202 NEUILLY/SEINE Cedex
Tél. : 745.17.34

DEMANDE DE DOCUMENTATION :

M. :

Adresse :

.....

DEP 08-82



- **Tiges :**
 - gerçures, éclatement, décollement : carence en bore (peuvent être également dus à un excès en manganèse),
 - nécroses : carences diverses.
- **Bourgeons :**
 - nécroses : carences en bore.
- **Fruits :**
 - diminution de volume : carence en azote, potassium, magnésium, bore, zinc, phosphore, ...,
 - fentes, éclatements : carence en bore, cuivre,
 - nécroses : carence en calcium.
- **Ensemble de la plante :**
 - nanification, port en rosette : carence en zinc, phosphore,
 - réduction de volume : carence en azote,
 - déformations diverses : carence en bore, cuivre, zinc, ...

3. DIAGNOSTIC

L'observation visuelle ne suffit pas toujours pour déterminer s'il s'agit ou non d'une carence, car certains symptômes peuvent être confondus avec d'autres causes, par exemple :

- les nécroses du feuillage peuvent être dues à un champignon, à des brûlures, ...,
- les nanissements à un excès de salinité,
- la diminution du volume des fruits à une irrigation insuffisante, ...,
- les nécroses des bourgeons à des bactéries,
- des toxicités en éléments métalliques,
- ...

Enfin, les symptômes provoqués par un élément peuvent être confondus avec ceux d'un autre ; exemples :

- nécrose marginale du feuillage : confusion possible entre carence en potassium et magnésium ou entre manganèse et début de carence en magnésium,
- chlorose : confusion possible entre manganèse et magnésium,
- système racinaire en mauvais état : bore ou calcium,
- ...

Aussi, le diagnostic final doit reposer sur la concordance de l'analyse du végétal et du sol et de la réponse du végétal à l'apport de l'élément incriminé.

Pour permettre un bon diagnostic, en s'inspirant de *Trocmé*, on conseille de s'appuyer sur les observations suivantes :

- **Le sol**
 - Sa nature physique et chimique.
- **La plante**
 - examen des parties atteintes, leur description, leur répartition sur la plante,
 - répartition dans la culture,
 - date d'apparition des premiers symptômes.
- **Les conditions de culture**
 - plein champ,
 - serre,
 - paillage, ...,
 - irrigation.

● Les conditions météorologiques

- froid,
- vent,
- régime des pluies,
- ...

● Les fumures

- quantité,
- forme,
- période d'épandage,
- ...

● Les traitements divers

- désherbage,
- régulation de la nouaison,
- lutte antiparasitaire,
- ...

● Observations sur les plantes adventices et sur les cultures voisines

- Etc.

4. LES REMÈDES

Ils consistent, selon les cas :

- en intervention sur les causes d'induction des carences (modification du pH, drainage, ...),
- en apport d'éléments, soit au sol, soit en pulvérisation foliaire.

BIBLIOGRAPHIE

NICKLOW C., *What and when to feed plants through their leaves*. American Vegetable Grower, n° 3, 1967, pp. 12-22.

TROCMÉ S., *Symptômes et diagnostic des carences alimentaires*. Phytoma, n° 159, juin 1964.

II. CARENCES EN ÉLÉMENTS MAJEURS

1. AZOTE

● Symptômes

L'ensemble de la plante présente une végétation chétive, qualifiée, selon les auteurs, de petit développement, rabougrissement, maigreur, nanisme, croissance retardée.

Les feuilles sont d'abord vert pâle ou jaunâtres, puis elles deviennent jaunes, avec quelquefois des teintes rouges (carotte), rouge foncé (tomate) ; à ce stade les feuilles les plus âgées meurent prématurément. Sur laitue la pomaison se fait mal ou pas du tout.

● Causes

Sauf cas de mauvais fonctionnement du système racinaire, il s'agit, dans presque tous les cas, de carences vraies.

● **Correction**

- irrigation fertilisante,
- épandage sous forme soluble (nitrate ou ammonitrate, ...), suivi d'un arrosage,
- pulvérisation foliaire à base d'urée titrant 46 % d'azote, à raison de 2.000 l/ha.

Les fabricants préconisent :

- 0,5 à 0,6 kg/hl pour fraisier, laitue, melon, tomate, chou-fleur,
- 1,5 à 2,0 kg/hl pour carotte, persil.

2. POTASSIUM

● **Symptômes**

Sur certaines cultures, pois, haricot, carotte, céleri, le port du feuillage peut être affecté, il est alors ramassé et les entre-nœuds sont courts, mais c'est au feuillage que se reconnaît surtout cette carence.

Les symptômes se manifestent sur les feuilles jeunes.

Les bordures des feuilles jaunissent, cette zone s'étend ensuite vers l'intérieur du limbe et se nécrose.

Ce qui caractérise la carence potassique, c'est le contraste, sur les feuilles malades, entre les zones chlorotiques et le vert intense des parties non chlorosées. On observe aussi des enroulements vers le haut du bord des feuilles, ainsi que des décolorations (haricot) ou colorations anormales vers foncé à bleu grisâtre (oignon, fraisier, tomate). Sur fruits de tomate, défauts de coloration.

● **Causes**

- carences vraies,
- antagonisme avec calcium,
- excès d'azote.

● **Correction**

- redresser le niveau de l'élément dans le sol,
- en cours de culture :
 - irrigation fertilisante,
 - pulvérisation foliaire : sulfate de potasse ou nitrate de potasse (0,5 à 1 kg/hl).

3. PHOSPHORE

● **Symptômes**

Les symptômes visuels les plus immédiats sur beaucoup de plantes, dont la tomate, sont une couleur violacée ou rouge intense, la croissance est diminuée, la floraison retardée et la fécondation se fait mal, la maturité est perturbée.

● **Causes**

- carences vraies,
- pH trop élevé en sol très calcaire, ou pH trop bas, avec présence d'aluminium, dans le cas de pH inférieur à 5,5,
- excès d'ions nitrate (NO₃) ou sulfate (SO₄),
- excès de zinc ou d'autres métaux lourds,
- température du sol trop basse.

● **Correction**

- apport d'acide phosphorique sous forme de phosphate d'ammoniaque, l'ion NH_4 permettant l'accroissement de l'absorption du phosphore par les plantes,
- en serre, augmenter la température du sol,
- pulvérisation foliaire :
 - phosphate d'ammoniaque à la dose de 0,7 à 1 kg/hl,
 - produit du commerce à fort titrage, selon le mode d'emploi du fabricant.

4. MAGNÉSIUM

● **Symptômes**

Ils apparaissent sur les feuilles les plus âgées. On observe une décoloration qui commence entre les nervures. Ces décolorations vont du blanc au brun rouge, elles sont jaunâtres chez la tomate. Le processus final aboutit à la nécrose.

● **Sensibilité**

- très sensibles : ail, betterave, céleri, oignon, pomme de terre,
- sensibles : fraisier, haricot, cucurbitacées, tomate, laitue, chou et chou-fleur, aubergine, poivron, maïs doux.

● **Causes**

- carences vraies,
- carences induites :
 - excès de potassium ; ce phénomène se manifeste surtout en jours courts ou sombres,
 - asphyxie racinaire,
 - manque d'eau.

● **Correction**

SOURCES DE MAGNÉSIUM (teneur en MgO) :

- eaux de pluies (5 kg/ha.an),
- fumier (2 kg/t),
- amendement calco-magnésien (contenant 20 à 35 % de magnésie),
- engrais magnésiens :
 - nitrate de chaux et de magnésie (8 %),
 - patentkali (8 %),
 - scories (2 à 5 %),
 - sulfate de magnésie (16 %).

BESOIN DE LA PLANTE :

- 12 à 85 kg/ha, selon les espèces et les rendements.

APPLICATION :

- apport au sol :
 - fumier,
 - engrais magnésiens,
 - amendements.
- pulvérisation foliaire :
 - sulfate de magnésie (1 à 2 kg/hl),
 - nitrate de magnésie (1 à 2 kg/hl),on recommande aussi, à cause de leur action synergique, un mélange de 2 % de sulfate de magnésie et de 0,5 % d'urée.

5. CALCIUM

La carence est rare. La carence absolue n'existe pas en France, cependant on observe de plus en plus souvent des carences en calcium dans un organe de la plante, souvent le fruit, parfois le cœur des légumes feuilles (chou, laitue) ; enfin, elle peut se manifester en culture sur substrat.

● Symptômes

- flétrissement et mort des bourgeons terminaux,
- feuilles petites, s'enroulant en se recourbant à leur extrémité, jaunâtres, devenant brunâtres à rouge et se nécrosant,
- nécrose et mort des fleurs (tomate),
- affaissement des tiges (céleri),
- sensibilité au botrytis (laitue),
- nécrose apicale des fruits (tomate),
- brunissement des racines.

● Causes

- prélèvement des récoltes,
- lessivage.

● Correction

- apport de chaux (*cf. paragraphe « amendement »*, p. 20),
- dans certains cas, pulvérisation de chlorure de calcium, à raison de 0,4 % de chlorure anhydre ou de nitrate de calcium à 1 %, selon *Roorda van Eysinga*.

6. SOUFRE

● Symptômes

- croissance réduite,
- jeunes feuilles vert pâle à jaunes,
- les tissus deviennent rigides et cassants.

● Sensibilité

Généralement les plantes sont classées en trois catégories, selon leurs exigences en soufre :

- plantes à fortes exigences (crucifères), consommant plus de 80 kg/ha,
- plantes à moyenne exigences (légumineuses, ail), consommant 40 kg/ha,
- plantes à faibles exigences (pomme de terre), consommant moins de 25 kg/ha.

● Causes

- carences vraies,
- mauvaise minéralisation,
- pertes par exportations et lessivage.

● Correction

C'est sous forme de sulfate que le soufre est le plus rapidement absorbé par la plante. Les carences se corrigent très vite, en effectuant des apports de sulfate

d'ammoniaque ou du superphosphate. On considère que c'est la matière organique contenue dans le sol, qui est le premier fournisseur de soufre.

Les pertes annuelles sont très variables selon les sols, les cultures, les précipitations. Elles se situent autour de 100 kg/ha et peuvent se répartir ainsi :

- lessivage : 45 kg,
- insolubilisation : 5 kg,
- exportations dues aux parties commercialisées : elles sont très variables selon les espèces, comme l'a montré *Anstett* ; par exemple, 3 kg/ha pour 55 tonnes de racines de carotte à 110 kg/ha pour un rendement de 156 tonnes de poireau.

La restitution se fait par :

- les précipitations atmosphériques : 10 kg/ha.an,
- le fumier : 0,5 kg/t,
- les engrais à base de sulfate ; par exemple, 100 kg de sulfate d'ammoniaque apportent 24 kg de soufre et 21 kg d'azote.

BIBLIOGRAPHIE

● Azote :

SOCIÉTÉ CARBOCHIMIQUE (Service Agronomique), *Pulvérisation d'urée*. Fruit Belge, nov. 66.

X., *La perlurée : l'engrais azoté des quatre saisons*. Bull. des Engrais, sept. 1960.

WALLACE T., *The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms : A color atlas and guide*. Her Majesty's Stationery Office, Londres, 1951, 250 p.

● Calcium :

NICKLOW C., *What and when to feed plants through their leaves*. American Vegetable Grower, n° 3, 1967, pp. 12-22.

ROORDA VAN EYSINGA J.P.N.L. et SMILDE K.W.,

— *Nutritional disorders in cucumbers and gherkins under glass*, 1969.

— *Nutritional diseases in glasshouse tomatoes*, 1968.

— *Nutritional disorders in glasshouse lettuce*, 1971.

Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.

● Magnésium :

NICKLOW C., *What and when to feed plants through their leaves*. American Vegetable Grower, n° 3, 1967, pp. 12-22.

X., *La magnésie*. Trait d'Union Agricole, n° 72, avril 1979, fiche technique.

● Phosphore :

S.C.P.A., *Le phosphore dans la plante*. SCPA, fiche de l'agronome, fascicule n° 2.

X., *Le phosphore : son rôle sur les plantes, les animaux et l'homme*. SPIEP.

● Potassium :

COTTIGNIES X., *Potasse et agriculture*. Brochure SCPA.

S.C.P.A., *Le potassium dans la plante*. SCPA, fiche de l'agronome, fascicule n° 2.

● **Soufre :**

ANSTETT A., *Les exportations en soufre en maraîchage de pleine terre*. Symposium International sur le Soufre en Agriculture, Versailles, 3-4 décembre 1970, Annales Agronomiques, pp. 50-79.

S.C.P.A., *Le soufre dans la plante*. SCPA, fiche de l'agronome, fascicule n° 2. X., *Importance du soufre en agriculture*. Bull. SPIEA, pp. 201-203.

III. LES CARENCES EN OLIGO-ÉLÉMENTS

1. BORE (B)

● **Symptômes**

Ce sont souvent les bourgeons terminaux, les fleurs et les fruits qui sont atteints. Les membranes des différents tissus éclatent (gerçures des côtes du céleri branche), provoquant des crevasses rapidement attaquées par des bactéries. C'est ainsi qu'on observe des pourritures du cœur sur la betterave rouge, le céleri-rave... Les racines se nécrosent à leur extrémité. Le port de la plante peut être buissonnant. La carence entraîne la stérilité, des coulures.

Tableau n° 1 : TENEUR DES FEUILLES DE QUELQUES LÉGUMES
d'après la brochure « Prévenir et corriger la carence en bore »,
page 15, en mg/kg de matière sèche

	Carence	TENEUR		
		Normale	Elevée	Excessive
Artichaut	38	112		
Asperge	43-55	55-150		> 175
Carotte	< 18	32-200	> 200	
Céleri	< 15	15-48		400
Chou	< 18	22-38	> 100	
Chou-fleur	< 23	36		
Choux de Bruxelles		70		
Epinard		10,5		
Haricot				> 150
Laitue		27-43	> 70	
Oignon		29-50		
Patate douce (1)	< 16	118		
Petit pois (2)	< 18	170		
Poireau		3,1		
Pomme de terre	< 25	40-70	> 70	
Radis	< 19	19-195		
Tomate	< 27	30-100		> 200

(1) Il s'agit des feuilles et tige.

(2) Il s'agit des fanes.

● **Sensibilité**

- plante test : rutabaga,
- plantes très sensibles : betterave, chou, chou-fleur, céleri-rave, céleri branche, laitue, navet,
- plantes sensibles : ail, artichaut, haricot, oignon, tomate.

● **Causes**

CARENES VRAIES :

Le seuil de carence se situe, pour *Coppenet (1968)*, à partir d'une teneur de 0,3 mg/kg de terre, de bore soluble à l'eau bouillante, pour un rapport terre/eau de 1/2 ou de 0,5 mg/kg, pour un rapport 1/5 et à condition que le pH soit supérieur à 6.

Trocmé cite comme zones propices aux carences certaines régions des Pyrénées Orientales et de la Vallée de la Garonne.

Lefebvre tient compte du pH et cite les chiffres suivants (tableau 2) :

Tableau n° 2 : TENEUR, EN MG/KG DE TERRE

	pH		
	6,5	7,5	8,5
Très faible	< 0,1	< 0,4	< 0,6
Normale	1	1,1	1,2
Bien pourvue	1,5	1,5	1,5
Très riche	2,1	1,9	1,8

CARENES INDUITES :

- pH trop alcalin,
- chaulage excessif,
- rapport Ca/B trop élevé dans le sol,
- rapport K/B trop élevé dans le sol,
- faible luminosité,
- sécheresse,
- les sensibilités variétales (par exemple céleri-rave).

● **Correction**

SOURCES DE BORE :

- fumier : 4 g/t,
- eaux d'épandage,
- produits du commerce (tableau 3).



Tableau n° 3 : TENEUR EN BORE DES PRODUITS DU COMMERCE

Produits Commerciaux	B ₂ O ₃ en % (anhydride borique)	B en % (bore)	Quantité de produit nécessaire pour apporter	
			1 kg B ₂ O ₃	1 kg B
Borax	36,5	11,3	2,74	8,85
Boracine	45,0	14,0	2,20	7,15
Solubor*	56,3	17,3	1,78	5,71
Solubor C*	66,2	20,5	1,51	4,88

(*) Pentaborate de soude.

Ces produits sont compatibles avec les engrais et les produits phyto-pharmaceutiques.

N.B. L'anhydride borique (B₂ O₃) contient 31 % de bore (B).

LES BESOINS DE LA PLANTE :

Ils se situent entre 80 et 200 g/ha. Par exemple, le céleri branche exporte 120 g/ha, le céleri rave 165 g/ha.

APPLICATIONS :

- apport régulier de fumier,
- en zones carencées :
 - tous les deux ou trois ans : 25 kg/ha de borate de soude à 11,3 % (Borax) ou 20 kg de borate de soude à 14,5 % (Boracine),
 - ATTENTION : au-delà d'un apport de 50 kg/ha de borate il y a risque de phytotoxicité pour les plantes sensibles,
 - pulvérisation foliaire : on apporte 20 à 40 g de l'élément bore (B) par hl, soit, pour un produit titrant 20,5 % de bore (Solubor C), 100 à 200 g/hl.

2. CHLORE (Cl)

Carence mise en évidence en culture sans sol.

● Symptômes

Croissance ralentie.

● Sensibilité

Cette carence est extrêmement rare ; elle a été signalée en culture hors sol sur tomate, laitue, carotte et betterave et généralement on redoute davantage les excès que le manque, cependant il existe des plantes dites « chlorophiles », c'est-à-dire qui aiment le chlorure, c'est le cas de la tomate par exemple que *Gouny* cite parmi les espèces qui retirent un effet bénéfique d'apports de chlorure, alors que *Burghardt*, cité par *Anstett* (1), classe la tomate dans les espèces « chlorophobes », c'est-à-dire n'aimant pas le chlore. *Anstett* explique ainsi cette contradiction : la tomate est une espèce « préférant le sulfate de potasse au chlorure, car la tomate a de gros besoins en soufre. D'ailleurs les solanacées sont, avec les chénopodiacées, les plus résistantes à des taux élevés de chlorure de sodium dans le sol » (2).

(1) cf. bibliographie : ANSTETT A., la fertilisation du céleri, où Burghardt est cité.

(2) Correction écrite de ANSTETT A. pour le présent mémento.

PLANTES AIMANT LE CHLORE (1) :

- d'après *Burghardt* : céleri, bette, épinard, asperge, les divers choux,
- d'après *Gouny* : betteraves, tomate, épinard.

PLANTES N'AIMANT PAS LE CHLORE :

- d'après *Burghardt* : tomate, haricot, concombre, oignon, radis, ...

● **Correction**

- apport d'engrais chlorurés.

3. CUIVRE (Cu)

● **Symptômes**

Ils peuvent parfois se confondre avec les carences azotées, car le cuivre joue un rôle dans la réduction des nitrates.

La teneur normale des organes végétatifs se situe entre 5 et 20 mg/kg de matière sèche, au-dessous de 5 mg il y a carence.

● **Sensibilité**

- plantes tests : orge et avoine de printemps ; l'extrémité des feuilles blanchit, se flétrit et s'enroule, c'est la « maladie des bouts blancs »,
- plantes très sensibles : ail, échalote, oignon, pois,
- plantes sensibles : artichaut.

● **Causes**

CARENCE VRAIE :

Les sols normalement pourvus contiennent 20 mg de cuivre total par kg de terre sèche.

Sols carencés : au-dessous de 8 à 5 mg du cuivre total par kg de terre sèche un sol peut être considéré comme carencé (zones carencées en France : Landes de Gascogne, zones gréseuses et de granite à mica blanc du Massif Armoricain).

Les tourbes non enrichies sont carencées.

CARENES INDUITES PAR :

- sol alcalin,
- excès de chaulage,
- excès de molybdène,
- excès de phosphore,
- excès de zinc.

● **Correction**

SOURCES DE CUIVRE :

- fumier : 3 g/t,
- déjection de porc,
- traitements cupriques,
- scories : 13 à 20 g/100 kg,
- spécialités commerciales.

(1) Certains auteurs préfèrent le terme « supportant » (Coppenet, correction du présent mémento).

BESOINS DES CULTURES :

- 25 à 100 g/ha ; exemple, laitue 50 g/ha.

APPLICATION :

- en sol : apport régulier de fumier (notons que les déjections de porc sont riches à cause du cuivre contenu dans la ration alimentaire),
- en cas de carence :
 - pulvérisation d'oxychlorure de cuivre à 100 g/hl (solution à 1 ‰, spécialités commerciales),
 - apport au sol de 7 à 8 kg de cuivre métal, soit par exemple 30 kg/ha de sulfate de cuivre,
- sur tourbe non enrichie : apporter 10 g de sulfate de cuivre par m³ de tourbe.

4. FER (Fe)**● Symptômes**

Ils apparaissent en principe sur les jeunes feuilles, qui chlorosent entièrement et fortement, sauf le long des nervures qui restent bien vertes, ce qui donne un aspect caractéristique à cette carence. Les jeunes pousses ont une croissance réduite.

Teneur normale des organes végétatifs : 50 à 300 mg/kg de matière sèche.

● Sensibilité

Cette carence est très rare en maraîchage, sauf chez le fraisier qui est très sensible au manque de fer.

Cependant, on considère comme sensibles les plantes suivantes : betterave, céleri, chou, chou-fleur, épinard, légumineuses, laitue, melon et cucurbitacées, navet, oignon, persil, tomate.

● Causes

Il s'agit presque toujours de carences induites, dont les causes sont :

- sol riche en calcaire actif,
- pH trop alcalin, supérieur ou égal à 7,5,
- température trop élevée et excès de lumière,
- excès de métaux lourds,
- incorporation de matières vertes fermentescibles (pailles, engrais verts ...),

Correction**BESOINS DES CULTURES :**

- entre 300 et 2 000 g/ha ; exemple, laitue 350 à 800 g/ha.

APPLICATION :

Apport au sol :

- dose : se conformer aux recommandations du fabricant, la dose moyenne se situant entre 20 et 25 kg de P.C./ha.
- choix du produit : selon le pH du sol (voir page 62).

de pH 3 à pH 9	EDDHA
de pH 3 à pH 7,8	HEDTA
de pH 3 à pH 7	DTPA
de pH 3 à pH 6,5	EDTA

- pulvérisation ; nitrate de fer (500 g/hl). cf. aussi « Irrigation fertilisante », page 62.

5. MANGANESE (Mn)

● Symptômes

Décoloration internervaire diffuse sur feuilles âgées.

Normalement la teneur en matière sèche des feuilles se situe entre 16 et 150 mg/kg ; on considère que si cette teneur tombe au-dessous de 20 mg/kg il y a risque de carence.

● Sensibilité

- plantes tests : avoine, orge de printemps (1),
- plantes très sensibles : ail, betterave, céleri, navet, oignon, et, pour certains auteurs, la pomme de terre,
- plantes sensibles : chou, chou-fleur, concombre, cornichon, épinard, fraisier, haricot, laitue, melon, tomate.

● Causes

CARENCE VRAIE (généralement en sols sableux, légèrement acides et lessivés) :

Coppenet considère que pour les céréales, qui sont les plantes tests, et pour un sol à pH eau supérieur ou égal à 6, il y a carence probable si :

- Mn échangeable est inférieur à 1 mg/kg,
- Mn actif est inférieur à 20 mg/kg,
- Mn extrait par EDTA est inférieur à 7,5 mg/kg.

Les causes sont : la pauvreté originelle des sols, les exportations, le lessivage...

Zone carencée sur de grandes surfaces cultivées : Bretagne.

CARENCES INDUITES PAR :

- surchaulage donnant des pH supérieurs à 7,6,
- eaux d'épandage dans certaines zones, par enrobage des oxydes de manganèse par la matière organique contenue dans les eaux,
- sécheresse excessive.

● Correction

SOURCES DE MANGANESE :

- fumier : 40 g/t,
- scories : 2 à 5 kg/100 kg,
- fongicide à base de manganèse (mancozèbe, manèbe, ...),
- permanganate,
- sulfate de manganèse,
- spécialités commerciales.

BESOINS DE LA PLANTE :

Ils se situent entre 160 et 500 g/ha. Par exemple, la laitue exporte 140 g/ha.

(1) Symptômes en couleur dans « Annales de Physiologie Végétale », supplément II, INRA, 1958, pp. 111-138 (Coïc et Coppenet).

APPLICATION :

- en cas de carence :
 - au sol : les apports de sels de manganèse sont inefficaces aux doses économiques,
 - en pulvérisation : c'est la technique la plus efficace ; le reverdissement s'effectue très rapidement. On utilise du sulfate de manganèse (à raison de 200 g/hl, soit une solution à 2 ‰), des spécialités commerciales, notamment à base d'oxydes.

6. MOLYBDENE (Mo)

● **Symptômes**

La croissance est réduite, le feuillage est vert clair, suivie d'anomalies diverses des parties végétatives.

Teneur des organes végétatifs : elle est très faible et se situe entre 0,05 mg et 10 mg/kg de matière sèche. Exemple, pour la laitue le taux normal est de 2,3 à 3,7 mg/kg de matière sèche, si le taux est inférieur à 0,3 mg/kg il y a carence.

● **Sensibilité**

- plantes tests : chou-fleur et melon,
- plantes très sensibles : chou, concombre, cornichon, épinard, laitue, tomate,
- plantes sensibles : ail, oignon, crucifères.

● **Causes**

CARENCES VRAIES :

Elles sont observées sur les Costières du Gard. Selon *Coppenet*, les sols sont considérés comme pauvres pour des teneurs en molybdène dit assimilable inférieures à 0,15 mg/kg de terre quand le pH est voisin de 6.

CARENCES INDUITES :

- pH : c'est le seul oligo-élément dont la carence est induite par un pH (pH inférieur à 5,5),
- équilibre dans la plante du rapport phosphate minéral/phosphate organique ; ce rapport est caractéristique de certaines espèces ou de variétés (tomate, chou-fleur, melon).

● **Correction**

SOURCES :

- fumier : 0,5 g/t,
- scories : 3 à 16 g/100 kg,
- molybdate d'ammonium ou de sodium,
- spécialités commerciales.

BESOINS DES PLANTES :

- ils se situent entre 5 et 20 g/ha ; par exemple, la laitue exporte 4 g/ha.

APPLICATION :

Au sol :

- chaulage,

- apport de fumier,
- utilisation de scories,
- apport direct de 1 à 2 kg/ha de molybdate d'ammonium (ATTENTION ! au-delà, on risque des phénomènes de phytotoxicité).

Sur la plante, pulvérisation de :

- molybdate d'ammonium d'une solution à 2 g/hl,
- spécialités commerciales.

7. ZINC (Zn)

● Symptômes

La carence en zinc provoque la nanification et donne un port en rosette, ainsi que de mauvaises nouaisons dues à la perturbation du métabolisme du phosphore. Enfin, on observe de fortes décolorations du feuillage.

Teneur de la plante : 5 à 100 mg/kg de matière sèche, selon les auteurs.

● Sensibilité

- plantes tests : le trèfle, le maïs,
- plantes très sensibles : fève, haricot,
- plantes sensibles : ail, laitue, oignon, pomme de terre, tomate.

● Causes

CARENCE VRAIE :

Se trouve surtout dans certains sols acides ; le zinc très mobile dans ces conditions est lessivé. Les sols normaux contiennent 5 à 50 mg/kg de terre de zinc total, la carence se manifeste au-dessous de 5 mg de zinc total, 2,5 mg de zinc extractible par HCl, 2 mg de zinc extractible par EDTA.

CARENES INDUITES PAR :

- pH élevé, supérieur à 6,5,
- sol surchauffé ou marné ou de nature calcaire,
- excès d'acide phosphorique (phosphate de zinc insoluble),
- par printemps froid et humide.

● Correction

SOURCES DE ZINC :

- fumier : 20 g/t,
- déjections de porc,
- scories, mais le zinc de scories est peu assimilable à cause de la chaux et de l'acide phosphorique,
- fongicide : zinèbe ; les traitements peuvent apporter jusqu'à 450 g/ha, mais cette forme est mal assimilée dans le sol, citons aussi le zirame, le propinèbe, le mancozèbe,
- sulfate de zinc,
- nitrate de zinc,
- spécialités commerciales,
- déchets organiques (composts urbains, boues).

BESOINS DE LA PLANTE :

- 50 à 500 g/ha ; par exemple, la laitue a des besoins de l'ordre de 55 g.

APPLICATION :

- au sol : déjection de porc, fumier, sulfate de zinc (25 à 75 kg/ha), nitrate de zinc (15 à 70 l/ha de spécialité commerciale type Zinc-Onia),
- sur la plante : sulfate de zinc non neutralisé (solution à 100 g/hl, soit 1‰), sulfate de zinc neutralisé (solution à 1 kg/hl, soit 1 ‰), spécialités commerciales.

Tableau n° 4 : TABLEAU DES CAUSES DÉTERMINANTES DE CARENCES EN OLIGO-ÉLÉMENTS ET MAGNÉSIUM
(d'après le document de Kanifrance, RF K65 DEP, complété par le Service Serre de l'INVUFLEC, en 1975)

	B	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Zn
Causes liées aux techniques culturales et à la fertilisation							
Chaulage excessif	X		X	X	X		X
Irrigation excessive	X	X		X	X	X	X
Excès d'azote ammoniacal			X				
Excès d'acide phosphorique			X		X		X
Excès de potasse				X	X		
Excès de manganèse						X	
Excès de fer					X	X	
Excès de soufre						X	
Excès de cuivre			X		X	X	X
Excès de zinc		X	X		X		
Excès de molybdène		X					
Rapport Ca/Mg élevé			X				
Manque de potasse			X				



Tableau n° 4 : TABLEAU DES CAUSES DÉTERMINANTES DE CARENCES EN OLIGO-ÉLÉMENTS ET MAGNÉSIUM
 (d'après le document de Kanifrance, RF K65 DEP, complété par le Service Serre de l'INVUFLEC, en 1975) (suite)

	B	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Zn
Causes liées au sol							
Forte proportion de calcaire actif	X	X	X	X	X		X
pH élevé (alcalinité)	X	X	X		X		X
pH faible (acidité)				X		X	
Haute teneur en matière organique		X			X		X
Basse teneur en matière organique	X						X
Drainage insuffisant			X				
Nématodes			X				
Causes liées aux conditions climatiques							
Temps anormalement froid			X	X	X	X	X
Temps anormalement chaud			X				
Forte humidité du sol			X	X		X	X
Longue période ventilée		X				X	
Fort ensoleillement			X				
Faible aération			X				
Lessivage	X	X		X	X	X	X

X Circonstance favorable à la carence.

Complestal[®]

ADDITIFS NUTRITIONNELS
DES VÉGÉTAUX.



COMPLESAL M	
Éléments majeurs	
Azote	12
Phosphore	4
Potasse	6
Éléments secondaires	
Magnésium	0,2
Soufre	0,16
Oligo-éléments	
Bore	
Fer	
Cuivre	
Manganèse	
Molybdène	
Zinc	

COMPLESAL F	
Éléments majeurs	
Azote	5
Phosphore	8
Potasse	10
Éléments secondaires	
Magnésium	0,2
Soufre	0,16
Oligo-éléments	
Bore	
Fer	
Cuivre	
Manganèse	
Molybdène	
Zinc	

COMPLESAL M et COMPLESAL F,

Pour répondre aux exigences nutritionnelles des plantes en leur fournissant les éléments nécessaires à l'équilibre et la régulation de leur alimentation.

* Marque déposée



PROMEGA



*Tomate : feuille de la base
carence en azote*
(Photo INRA)



Tomate : carence en potassium
(Photo INRA)



Tomate : carence en phosphore
(Photo INRA)



Tomate : carence en calcium



Tomate : carence en magnésie
(Photo INRA)



Tomate : carence en magnésie
(Photo SCPA)



*Poireau :
carence
en
potasse*



*Poireau :
carence
en
magnésie*

(Photos Station Agronomique de Wädenswil, Suisse.)



Fraisier : carence en magnésie



Céleri : carence en magnésie



Potaterage rouge : carence en bore



Chou de Bruxelles : carence en potasse

PRODUCTEURS,

vous avez choisi

LE GOUTTE-A-GOUTTE PAR CAPILLAIRE



Pour l'étude complète de votre projet
adressez-vous à :

CTIFL
Station de Saint-Loubert
33210 LANGON
Tél. (56) 62.83.65

Tableau n° 5 : RÉCAPITULATION DES CARENCES EN OLIGO-ÉLÉMENTS RECONNUES EN FRANCE, PAR ORDRE DÉCROISSANT DE FRÉQUENCE D'APPARITION (d'après Copenet, Les Oligo-Éléments, BTI n° 231, juillet-août 1968).

BORE	
Navet Betterave rouge Céleri Chou-fleur	Tous les types de sols, surtout les mieux chaulés. Terrasses de la Garonne
MANGANÈSE	
Epinard Haricot Pois Betterave Artichaut	Régions diverses. Sols fortement chaulés ou légèrement calcaires. Région d'Achères (épandage des eaux d'égout), Bretagne.
MOLYBDÈNE	
Melon Chou-fleur	Bas-Rhône, Languedoc, Gers, Tam-et- Garonne, région nantaise et vallée de la Loire. Sols non calcaires. Languedoc, vallée de la Loire. Sols acides, pH voisin de 6,0.

A. Anstett ajoute le cas de carence en molybdène lorsqu'on utilise des tourbes brutes.

J.-M. Lefebvre ajoute, pour les carences en molybdène sur chou-fleur, la Vallée de la Saône.

IV. TECHNIQUES DE CORRECTIONS

1. PULVÉRISATION FOLIAIRE

- **Doses**

S'en tenir strictement aux doses prescrites par les fabricants.

- **Quantité d'eau à apporter à l'hectare**

Elle varie entre 600 et 2.000 litres. Ces quantités varient avec la surface foliaire, mais aussi avec le climat. S'il fait sec on mouillera pour faciliter l'absorption.

- **Nombre de traitements**

Ils varient de 4 à 10.

2. APPORT AU SOL D'OLIGO-ÉLÉMENTS

La meilleure pratique consiste à utiliser du fumier, dont 1 tonne apporte :
20 g de zinc,

Les carences

3 g de cuivre,
40 g de manganèse,
0,5 g de molybdène,
4 g de bore.

Dans le cas d'application directe de l'oligo-élément, sous forme de sel et compte tenu des faibles quantités utilisées, on opérera, soit en diluant le produit dans 1.000 ou 2.000 litres d'eau qui seront épandus le plus régulièrement possible et enfouis par une façon culturale, soit en utilisant l'irrigation fertilisante.

Tableau n° 6 : TENEUR EN OLIGO-ÉLÉMENTS DE QUELQUES PRODUITS

Produits	Bore (B)	Chlore (Cl)	Cuivre (Cu)	Fer (Fe)	Mang. (Mn)	Molybdène (Mo)	Zinc (Zn)
Fumier dans une tonne de fumier bien décomposé on trouve :	4 g	?	3g	?	40g	0,5g	20g
Borax	11,3%						
Boracine	14 %						
Solubor	17,3%						
Solubor C	20,5 %						
Anhydride borique	31 %						
Chlorure de potassium		47 %					
Scories			0,013 à 0,060 %	9 à 11 %	2 à 5 %	0,003 à 0,016 %	0,025 à 0,080 %
Sulfate de cuivre (Cu SO ₄).....			26 %				
Sulfate de manganèse (Mn SO ₄)..					32 %		
Sulfate de zinc (Zn SO ₄).....							23 %
Chélates de fer : DTPA (1) EDTA (2) EDDHA (3) HEDTA (4)				1,8 % à 6 %			
Molybdate d'ammonium (NH ₄ MoO ₄) Molybdate de sodium (Na ₂ MoO ₄)						59 % 39 %	
Nitrate de fer [Fe(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O]				13,5 %			
Nitrate de zinc [Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O]							10 %

(1) DTPA : sel de l'acide diéthylène triaminopentacétique.

(2) EDTA : sel de l'acide éthylène diamino trétacétique.

(3) EDDHA : sel de l'acide éthylène diamino diortho hydroxyphényl acétique aminoacétique.

(4) HEDTA : sel de l'acide N hydroxyéthylène diamino triacétique.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSTETT A., *La fumure de la laitue en fonction des techniques culturales*. La laitue, journée de Rennes, 6-7 avril 1962, pp. 51-61.
- ANSTETT A., *La fertilisation du céleri*, PHM, n° 49, août-sept. 1964.
- BORAX FRANÇAIS, *Prévenir et corriger la carence en bore*. Brochure.
- BOUHOT D. et LEFEBVRE J.-M., *Maladies et accidents culturaux des cucurbitacées*. Manuel de détermination et méthodes de lutte (diffusé par PHM et CTIFL).
- COFAZ Documents.
- COPPENET M., *Les oligo-éléments*. BTI n° 231, 1968, pp. 595-606.
- CORNILLON P., *Observations sur les possibilités de solubilisation du bore dans le sol*. Science du sol, 1967, pp. 81-91.
- Éléments secondaires et oligo-éléments des Scories Thomas, 32 pages et planches en couleur (Brochure non datée).
- GOUNY P., *Le chlore du sol et des plantes*. Homme et Terre, n° 3, 1964, pp. 12-20.
- LEFEBVRE J.-M., *Conférence stage CTIFL « Microbiologie du sol et oligo-éléments »* CTIFL, stage L. 69/80, 5/7 fév. 1980.
- M^{me} LESAIN, *Conférence stage CTIFL « Microbiologie du sol et oligo-éléments »* CTIFL, stage L. 69/80, 5/7 fév. 1980.
- PONTAILLER S., *Les oligo-éléments*. Le Document Technique de la S.C.P.A., n° 15, 3^e trim. 72.
- PONTAILLER S., *Fiche technique : le manganèse*, Cultivar, mars 1973, p. 21.
- REVUE AGRICOLE DE FRANCE, *Fiche du dictionnaire « Agriculture à zootechnie »*. Ed. Dunod.
- SCHAEFFER E., *Les oligo-éléments*. Bulletin d'Information SOMIVAC/SETCO, mai-juillet 1963.
- S.C.P.A., *Fiche de l'agronomie*, fascicule n° 2. SCPA, Service Agronomique, 1966.
- TROCME S., *Le magnésium et les oligo-éléments*. Revue Agricole de France, n° 52, juin 66, Ed. Dunod.

B. LES TOXICITÉS (1)

I. GÉNÉRALITÉS

Les toxicités sont dues à des excès d'éléments dans le sol. En dehors d'un excès naturel et des causes particulières liées à chaque élément, deux mauvaises techniques culturales provoquent des accidents, notamment sous abris :

- un travail trop superficiel du sol, qui concentre, en l'absence de lessivage, les éléments sur une faible couche de sol,
- les fortes fumures.

En dehors des éléments majeurs, dont la concentration atteint rarement le seuil de toxicité, et des oligo-éléments, qui sont les principales causes de toxicité, on trouve aussi des éléments qui n'interviennent pas dans l'alimentation de la plante, mais qu'elle peut absorber, dont entre autres, les « métaux lourds » tels le plomb, le mercure, le chrome, ..., contenus dans les déchets provenant des diverses activités humaines.

1. SYMPTÔMES

Ils sont encore peu connus, mal décrits et, sauf exception, peu spécifiques ; nous ne les donnons pas.

2. REMÈDES

- suppression d'apport de l'élément en cause,
- élimination de l'élément par :
 - lessivage,
 - culture de plantes non sensibles permettant l'exportation de l'élément,
- élévation du pH,
- dilution de l'élément par :
 - mélange des couches,
 - apport de matières organiques,
- utilisation d'éléments antagonistes,
- etc.

II. LES PRINCIPAUX AGENTS DE TOXICITÉS

1. BORE (B)

● Sensibilité (par ordre décroissant)

- plantes très sensibles : fraisier,
- plantes sensibles : poivron, aubergine, haricot, concombre, melon, laitue, courge,
- plantes moyennement sensibles : pomme de terre, radis, tomate,
- plantes tolérantes : asperge, betterave potagère, fève, oignon, navet, chou, carotte.

● Causes

- excès de fumure boratée,
- excès d'utilisation d'eau d'épandage riche en bore.

(1) Ce chapitre tient en majeure partie compte de la note technique de M^{me} Huguet citée en bibliographie.

● **Remèdes**

- arrêter les épandages d'eau, d'engrais boratés ou de borate,
- cultiver une plante tolérante.

2. **CHLORE (Cl)**

Outre l'action sur l'augmentation de la salinité de la solution du sol, le chlore a une action toxique lorsqu'il est en excès. Cette toxicité se traduit par des brûlures du bord des feuilles, qui finissent par tomber.

● **Sensibilité**

cf. paragraphe « chlore » de la partie « carences en oligo-éléments » p. 141.

● **Causes**

- sols salés de bord de mer, parfois excès d'engrais chlorurés,
- eau d'irrigation riche en chlore (exemple sur laitue il y a baisse de rendement à 200 mg de chlore par litre).

A partir de 1 g/kg de terre, il y a baisse de rendement, même sur asperge et artichaut.

● **Remèdes**

- lessivage,
- suppression d'engrais chlorurés.

3. **CUIVRE (Cu)**

● **Sensibilité**

- épinard, haricot, tomate, pomme de terre.

● **Causes**

- traitements fongicides,
- pH acide,
- enracinement superficiel de la plante.

● **Remèdes**

- relever le pH,
- augmenter le taux de matière organique,
- arrêt des traitements au cuivre,
- travaux plus profonds du sol pour mélanger les couches (dilution).

N.B. On peut associer l'ensemble de ces remèdes.

4. **MANGANÈSE (Mn)**

● **Sensibilité**

- des accidents ont été observés sur pomme de terre, carotte, concombre, laitue, tomate, haricot, melon.

● **Causes**

- sol à pH inférieur à 6,
- désinfection des sols, soit à la vapeur, soit également aux fumigants (chloropicrine, métam-sodium, ...),
- apports excessifs de gadoues,
- sols asphyxiants, mal drainés et riches en matières organiques.

● **Remèdes**

- lessivage,
- chaulage,
- suppression des traitements fongicides à base de manganèse,
- dilution,
- drainage.

5. **ZINC (Zn)**

● **Sensibilité**

- plantes très sensibles : épinard,
- plantes moyennement sensibles : crucifères, laitue, haricot,
- plantes relativement peu sensibles : céleri, carotte.

● **Causes**

- pH acide,
- égouttage des superstructures des serres galvanisées (des accidents ont été observés sur tomate, concombre, laitue).

● **Remèdes**

- chaulage,
- éviter l'égouttage des gouttières dans les serres,
- en cas d'accidents, supprimer les traitements fongicides à base de zinc,
- dilution.

6. MÉTAUX LOURDS N'ENTRANT PAS DANS L'ALIMENTATION DE LA PLANTE

● **Principaux éléments lourds s'accumulant dans le sol.**

Le cadmium*, le chrome, le mercure, le nickel, le plomb*.

● **Sources de ces éléments**

- le sol : on les trouve en très petite quantité,
- les industries, les déchets urbains, les engrais,

Par exemple, pour le cadmium ; les engrais phosphatés, les boues industrielles, les batteries et accumulateurs, les huiles minérales industrielles ... Pour le chrome : les tanneries et toutes les industries de chromage,

● **Mode d'action**

La phytotoxicité se fait par :

- contact direct des métaux lourds sur les racines,
- absorption : le cadmium, le mercure et le nickel sont extrêmement phytotoxiques.

Notons que la consommation par l'homme ou les animaux de végétaux ayant accumulé des métaux lourds est dangereuse.

(*) Selon M^{me} Huguet (voir ouvrage cité en bibliographie) les teneurs en ces deux éléments dans les couches superficielles du sol ont été multipliées par 3 en 40 ans.

La concentration est très faible dans les graines et les fruits ; elle est surtout importante dans les feuilles et les vieux tissus.

● **Sensibilité**

- la tomate est très sensible,
- notons que la laitue a la propriété d'absorber de grandes quantités des différents éléments et de les accumuler dans ses feuilles.

● **Remèdes**

- éviter l'utilisation de produits à trop forte charge en métaux lourds (boues industrielles) et utiliser à des doses appropriées ceux susceptibles de contenir ces éléments (boues urbaines, gadoues),
- en cas de toxicité, éviter la culture de la tomate et de la laitue,
- mélanger les couches,
- remonter le pH du sol.

7. TOXICITÉS DUES AUX ÉLÉMENTS MAJEURS

La toxicité proprement dite est rare, cependant l'excès d'azote abaisse les taux de floraison et de fécondation, et, surtout en jours courts, occasionne des accumulations dans les parties vertes de la plante, provoquant des nécroses (exemple : certaines nécroses marginales de la laitue).

L'excès de potassium bloque l'assimilation du magnésium.

L'excès de phosphore perturbe l'assimilation du zinc et du manganèse et a une action négative sur la formation des fruits.

BIBLIOGRAPHIE

AURIER Y., *Les graves dangers du cuivre dans les sols acides*. L'agriculture Gardoise, mars 1980.

GOUNY P., *Le chlore du sol et des plantes*, Homme et Terre, n° 3, 1964, pp. 12-20.

HUGUET C. (M^{me}), *Accumulation des oligo-éléments dans les sols maraîchers*. Fac. sc. Gembloux, sem. d'étude « sol et fertilisation », 3-7/9/73.

LEFEBVRE J.-M., *Conférence stage CTIFL « Microbiologie du sol et Oligo-Éléments »*. CTIFL, stage L. 69.80, fév. 80.

LESAIN (M^{me}), *Conférence stage CTIFL « Microbiologie du sol et Oligo-éléments »*. CTIFL, stage L. 69.80, fév. 80.

C. ACCIDENTS VÉGÉTATIFS DIVERS

Outre les carences et les toxicités dues à l'accumulation d'éléments dans le sol, on observe sur les plantes différents accidents et troubles végétatifs dus à diverses causes, dont les principales sont : le pH, la salinité, un excès ou un manque d'eau, un excès ou un manque d'humidité atmosphérique, un tassement du sol, des déséquilibres en éléments, des intoxications.

I. pH

1. ACTION SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA PLANTE

Le pH optimal se situe, pour l'ensemble des légumes, entre 6, 5 et 7.

Les légumes sont cependant plus ou moins tolérants ; le tableau 7, établi d'après J.E. Knott, donne la tolérance pour certains légumes.

Tableau n° 7 : CLASSIFICATION DES PLANTES EN FONCTION DE LEUR SENSIBILITÉ AU pH DU SOL
(d'après J.E. Knott, Vegetable Growing, Philadelphie, Lea and Febiger, 1955)

Plantes craignant l'acidité pH 6,8 à 6	Exigence modérée pH 6,8 à 5,5	Très tolérantes pH 6,8 à 5
Arroche	Ail	Chicorée
Asperge	Aubergine	Echalote
Betterave	Carotte	Endive
Brocoli	Chou de Bruxelles	Fenouil
Céleri-branche	Chou-rave	Oseille
Chou cabus	Chou vert	Pastèque
Chou-fleur	Concombre	Patate douce
Cresson alenois	Cornichon	Pissenlit
Cresson de fontaine	Courge	Rhubarbe
Cresson de jardin	Haricot	
Epinard	Haricot de Lima	
Laitue	Maïs sucré	
Melon	Navet	
Oignon	Pak choï	
Panais	Persil	
Pe-Tsai	Pois	
Poireau	Poivron	
Salsifis	Radis	
Tetragone	Raifort	
	Rutabaga	
	Tomate	

2. ACTION SUR L'ASSIMILATION DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET OLIGO-ÉLÉMENTS

Zones de pH les plus favorables à l'assimilation des éléments fertilisants et des oligo-éléments (d'après *Pettinger et Truog R., rectification par Coppenet, Guide pratique de la fertilisation, A. Gros*) :

AZOTE	6 à 8
ACIDE PHOSPHORIQUE	6,25 à 7
POTASSE ET SOUFRE	6 à 8,5
CALCIUM ET MAGNÉSIUM	7 à 8,5
FER ET MANGANESE	4,5 à 6
BORE, CUIVRE ET ZINC	5 à 7
MOLYBDENE	7 à 8,5

3. CAUSES DES MODIFICATIONS DU pH

cf. paragraphe « pH » de la partie « caractéristiques physiques des sols » p. 18 et 52.

4. REMÈDES

cf. paragraphe « chaulage » p. 20.

II. SALINITÉ

L'excès de salinité conduit, lorsqu'il est modéré, à un rabougrissement de la plante, à une diminution de la grosseur des fruits. En cas de très forte salinité, on observe des flétrissements, suivis de nécroses et de la mort de la plante.

1. SENSIBILITÉ (par ordre décroissant de résistance).

- plantes résistantes : betterave, poirée, chou-rave, asperge, épinard,
- plantes moyennement résistantes : tomate, brocoli à jet, chou-cabus, poivron, chou-fleur, laitue, maïs sucré, pomme de terre, melon, carotte, oignon, pois, courge, concombre, artichaut,
- plantes sensibles : radis, céleri, haricot, fraise.

2. CAUSES

- le sol : cas des sols de bords de mer, sol drainant mal,
- apports excessifs d'engrais,
- irrigation avec des eaux trop chargées en sel,
- manque de pluie ou d'irrigation,
- faible taux de matière organique ou trop fort apport de fumier.

3. ASPECT ANALYTIQUE

cf. chapitre « analyses » p. 102.

4. REMÈDES

- drainage,
- lessivage, en procédant comme suit :
 - arroser 1/4 d'heure à 1/2 heure, soit 15 à 30 mm,
 - 6 h plus tard, arroser à nouveau 1/4 d'heure à 1/2 heure,
 - 24 h plus tard, après ce second arrosage, commencer le lessivage proprement dit, soit environ 200 mm,
- labourer après dessèchement du sol, afin de diluer les sels en cas de salinité superficielle,
- augmenter le taux d'humus stable.

III. ASPHYXIE

Soit par excès d'eau (il faut drainer), soit par une mauvaise structure ou un mauvais travail du sol.

IV. MANQUE D'EAU

Irriguer.

V. MAUVAISE HYGROMÉTRIE

Si l'hygrométrie est excessive, on peut observer une réaction de la plante, par exemple petite verrue sur les feuilles de tomate ; remède : aérer, éviter les arrosages par aspersion.

Le manque d'hygrométrie provoque la fermeture des stomates et l'arrêt du fonctionnement de la plante ; remède : brumisation, aspersion, bassinage, ...

VI. DÉSÉQUILIBRE EN ÉLÉMENTS

cf. chapitre « carences ».

VII. INTOXICATIONS ET PHYTOTOXICITES DIVERSES

Elles sont dues à des traitements mal conduits (désherbants, fongicides, insecticides, hormones, ...).

Pour les éviter, se conformer strictement aux doses prescrites par les fabricants, nettoyer les appareils.

VIII. EXCÈS DE CALCAIRE ACTIF

cf. chapitre « analyses ».

IX. LES IMPURETÉS DE L'AIR

Certaines impuretés peuvent entraver le développement des végétaux en serre :

- Gaz toxiques : éthylène, anhydride sulfureux, acétylène, ammoniac, oxyde de carbone sont parmi les nombreux gaz qui même à faible teneur (0,1 à 500 ppm), peuvent être toxiques pour les plantes et les hommes.
- Poussières et condensations de produits de combustion incomplète d'hydrocarbures saturés forment des dépôts sur les feuilles et gênent les échanges gazeux.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSTETT A., *La fumure de la laitue en fonction des techniques culturales*. Invuflec, la laitue, journées de Rennes, 6-7 avril 1962, pp. 51-63.
- GOUNY P., *Le chlore du sol et des plantes*. Hommes et Terre, n° 3, 1964, pp. 12-20.
- GROS A., *Guide pratique de la fertilisation : les engrais*. La Maison Rustique, Paris, 1979, 7^e édition.
- KNOTT J.-E., *Handbook for vegetable grower*. John Wiley and Sons Inc., 1957, mise à jour de 1962.
- STEPHAN M., *La fertilisation*. Invuflec, la laitue de serre, journées de Rennes, nov. 1971, pp. 87-92.
- WACQUANT C., *Le climat et la plante*. Invuflec, les serres maraîchères, journées d'Orléans, 23/24 mars 1964, pp. 15-30.

LA PLANTEUSE REGERO

- elle **SÉPARE** les rangées de mottes
- elle **SÉPARE** les mottes dans la rangée
- elle **PLANTE** à espaces réguliers
- Pour un **OPÉRATEUR** : 3.500 à 7.000 mottes suivant modèles
- Écartement entre rangs et entre mottes réglable.

**Les planteuses Regero
sont les plus performantes du marché**

REGERO : CP 1807 - 44084 NANTES Cedex - Tél. (40) 49.38.20

Nous serons présents à Hortimat allée ext. Q - stands 40 et 42.

BI-WALL GOUTTE à GOUTTE sans GOUTTEUR

bas prix de revient

Utilisé en serre ou en plein champ, sur le sol ou enterré,
permet d'amener les solutions fertilisantes à la racine
même des plantes

BIWAL
GAINE A DOUBLE PAROI



**RIS
AGROTEC**

Zone Industrielle
13290 AIX-LES-MILLES. Tél. (42) 26.59.98

Principes généraux de la fertilisation

A. GÉNÉRALITÉS

Que se passe-t-il si on laisse sans engrais une terre que l'on continue à cultiver ?

A cette question, le colloque international sur les essais de fertilisation de très longue durée (juillet 1976) répond : « D'une manière générale, les rendements de parcelles sans engrais s'abaissent d'abord brutalement, puis lentement, tandis que les analyses confirment l'épuisement du sol ».

Plus loin, on peut lire dans les conclusions de ce même colloque que « Quand les exportations dépassent les apports, l'analyse des sols décèle toujours un appauvrissement en élément total comme en élément assimilable ».

Il est donc nécessaire d'apporter au sol des éléments fertilisants si on veut obtenir de bons résultats agronomiques mais les questions qui se posent sont les suivantes :

- Quelles quantités faut-il apporter ?
- Quand ?
- Sous quelles formes ?

La réponse à ces questions demande la connaissance des exigences de la plante, du milieu dans lequel la culture doit s'effectuer (sol, climat), des techniques culturales mais également des produits que l'on désire utiliser.

La connaissance du sol est fournie par l'analyse (voir p. 91).

La connaissance complète des exigences de la plante comporte : des aspects physiologiques, morphologiques, ses réactions aux différentes techniques culturales, les quantités des principaux éléments qu'elle consomme, le rythme d'absorption de ces éléments, leur rôle dans les différentes phases de la vie de la plante. Quelques exemple illustreront ces différents aspects et leur relation sur la fertilisation.

1. ACTION DU MILIEU

Exemple 1 : Lorsque l'humidité de l'air (hygrométrie) s'élève, on a une augmentation de la croissance du concombre. Le poids des racines augmente et les exportations sont plus élevées.

Exemple 2 : La consommation de l'acide phosphorique chez la tomate double lorsque la température du sol passe de 12 à 18°.

Exemple 3 : La matière organique accroît la résistance des plantes à la salinité comme le montre ce tableau :

M.O. en % de terre sèche :	5 %	10 %	15 %	20 %
Salinité maximum en gramme litre de sel toléré par la laitue :	2 g/l	3 g/l	4 g/l	5 g/l

Exemple 4 : Selon les saisons, les besoins en éléments fertilisants ne sont pas les mêmes.

- en jours courts, ou par temps couvert, les besoins en potasse sont plus importants.
 - les besoins en azote pour une même variété de carotte, selon Mappes, cité par Anstett sont les suivants :
 - en semis de printemps : 80 unités/ha
 - en semis d'été : 60 unités/ha.
- etc... etc...

2. ACTION DE LA MORPHOLOGIE DE LA PLANTE

Ex. *Le système racinaire du fraisier* (voir fiche fraisier p. 283).

3. ACTION DE LA PHYSIOLOGIE DE LA PLANTE

Ex. *L'induction florale* du fraisier se fait en septembre. L'azote est nécessaire durant cette phase.

4. ACTION DES TECHNIQUES CULTURALES

Exemple 1 : *Le greffage* de l'aubergine sur tomate diminue les prélèvements d'azote, de potassium et de zinc et augmente ceux de calcium, de magnésium et de manganèse.

Exemple 2 : *Le paillage* de la tomate avec un film transparent augmente la consommation d'azote, de potassium, de phosphore et de magnésium.

Exemple 3 : *Le stade physiologique des plants.* La plantation de laitue à un stade trop avancé diminue le poids moyen des pommes. Des plants étiolés de poireaux produisent moins que des plants trapus.

Exemple 4 : *Les techniques de plantation* modifient les rendements sur fraisier, poireau, etc...

5. INTÉRACTION DES ENGRAIS

Exemple 1 : *Un excès d'azote et un manque d'acide phosphorique* diminuent le nombre de fleurs hermaphrodites sur le Cantaloup Charentais.

Exemple 2 : Sur épinard, *en l'absence de potassium*, les rendements sont d'autant plus faibles que la quantité d'azote est plus élevée.

Exemple 3 : L'interaction *matière organique fumure minérale* (voir fiche épinard p. 278).

6. MODE D'APPORT DES ENGRAIS

Exemple 1 : *Fractionnement* de l'azote sur chou, sur carotte et autres espèces. Le fractionnement en 2 ou 3 fois donne de meilleurs résultats qu'un apport en une seule fois.

Exemple 2 : *La localisation* (voir fiche pomme de terre p. 351).

Etc... etc...

BIBLIOGRAPHIE

A. ANSTETT : *Les principes de base de la fertilisation en culture maraîchère*. BTI N° 161, 1961.

Colloque international sur les essais de fertilisation de très longue durée 6-7-8 juillet 1976.



S.A.M.M.A.

« *La maîtrise totale de la fertilisation liquide* »

EKOL : N.P.K. Mg

COSYNOL : Oligo-éléments

Toujours 100 % solubles dans toutes les eaux sans aucune précaution.



S.A.M.M.A.

L'Analyse SOL et FOLIAIRE... UTILE

Réponse et commentaire sous **8 jours**.

(Renseignements détaillés sur demande).

S.A.M.M.A.

Zone Industrielle « La Grande-Marine » 84800 ISLE/SORGUE
Tél. (90) 38.23.59.

B. FERTILISATION ET MILIEU VIVANT DU SOL

Le sol est un milieu portant des végétaux et contenant de nombreux organismes vivants : petits vertébrés, insectes, mollusques, vers de terre, nématodes, et des microorganismes.

Certains de ces êtres vivants sont « nuisibles », du point de vue agricole, d'autres sont « utiles », c'est le cas des vers de terre qui aèrent le sol, et de nombreuses bactéries qui interviennent dans les cycles de minéralisation de la matière organique, dans les phénomènes de fixation de l'azote atmosphérique et dans certaines dégradations de produits phytosanitaires.

Enfin, bactéries et champignons participent à l'équilibre biologique des sols stoppant ou retardant la propagation de certains champignons pathogènes et de certains parasites.

Ces microorganismes sont très nombreux, ils représentent, pour la couche cultivée, 3 à 6 t/ha, soit environ 1 à 2 tonnes de matière sèche.

Toute intervention culturale agit sur ces populations et leur répartition. Des études allemandes, citées dans le Bulletin des Potasses d'Alsace de février 1967, font ressortir l'action de la fumure sur ce milieu vivant. Nous résumons ici ces études conduites par le D^r Klapp (Université de Bonn) et le D^r Weise (Institut de Brunswick) :

Tableau n° 1 : ACTIONS DE LA FUMURE SUR QUELQUES PETITS ANIMAUX DU SOL

PARCELLE	ESPÈCE ANIMALE			
	Nombre par échantillon de terre			Ver de terre en kg/ha
	Mille-pattes	Acarions	Collemboles	
P, K, Ca sans fumier	135	650	290	45
Fumier seul	142	650	300	85
P, K, Ca et fumier	434	660	680	180

2. ACTION DE LA FUMURE SUR LES BACTÉRIES DU SOL ET LA FORMATION D'HUMUS SUR UNE PRAIRIE

Les recherches ont porté sur une série de parcelles d'une prairie recevant les traitements suivants :

Parcelles F : fumure minérale complète + fumier.

Parcelles C : fumure minérale complète.

Parcelles N : fumure azotée seule.

Parcelles O : aucune fumure.

Les parcelles F et C ont reçu la fumure annuelle suivante :

N 170 kg/ha

P₂O₅ 80 kg/ha

K₂O 120 kg/ha

Les parcelles F ont reçu en plus 10 t/ha de fumier par an.

Les parcelles N ont reçu chaque année 200 kg/ha d'azote.

Pour tenir compte de l'action des éléments fertilisants contenus dans le fumier, les expérimentateurs ont appliqué dans les parcelles C une fumure minérale complémentaire correspondant à la moitié des quantités d'éléments nutritifs apportés par le fumier.

Résultats :

Tableau n° 2 : NOMBRE DE BACTÉRIES ET POIDS DES RACINES

Parcelles	Nombre de bactéries par g de terre		Poids des racines (profondeur 0 à 10 cm)		Nombre de bactéries par g de racines
	en valeur absolue	en valeur relative	en qx/ha	en valeur relative	
F	6,68.10 ⁶	100	60,67	100	1,10.10 ⁹
C	6,09.10 ⁶	91	57,33	94,5	1,06.10 ⁹
N	5,36.10 ⁶	80	52,98	87,5	1,01.10 ⁹
O	4,81.10 ⁶	72	45,14	74,5	1,07.10 ⁹

Tableau n° 3 : TENEURS EN HUMUS DE PARCELLES DE PRAIRIE (ESSAI DE FUMURE AYANT PORTE SUR 12 ANS)

PARCELLES	TENEUR DU SOLE EN HUMUS	
	en %	en valeur relative
F	3,96	100
C	3,61	91
N	3,58	90
O	3,36	85

BIBLIOGRAPHIE

CATROUX G., *La vie microbienne des sols*. Agri 7, 13 janvier 1972.

X., *Action de la fumure sur le milieu vivant du sol*. La Potasse, février 1967.

C. LES PRÉLÈVEMENTS, LES EXPORTATIONS ET LES PERTES

On appelle *prélèvements* les quantités totales des éléments nutritifs que la plante prélève au sol ; les *exportations* sont représentées par la fraction des substances définitivement soustraites au sol. Les quantités d'éléments entraînés par les eaux de drainage et de ruissellement constituent les *pertes*. La plupart du temps, en cultures maraichères et légumières, les exportations correspondent sensiblement aux prélèvements quand les résidus de culture ne sont pas enfouis sur place.

C'est pourquoi, nous utiliserons l'un ou l'autre terme.

Pour une même variété, les exportations varient en fonction de différents facteurs, notamment :

- les modes de culture : les exportations sont, en général, plus fortes sous serre qu'en plein champ.
- les périodes de production,
- la durée de la culture,
- la richesse du sol,
- l'irrigation,
- les conditions climatiques, etc...

Pour les quantités exportées, se reporter aux fiches par espèce (p. 191).

Les pertes varient également selon la nature du sol, sa teneur en matière organique, les conditions climatiques et principalement la pluviométrie et les arrosages.

Pour l'azote, on peut calculer à quelle profondeur cet élément est entraîné en utilisant la formule de déplacement des nitrates contenus dans une couche de sol à la capacité au champ d'après Trocme et Gras :

$$P = 100 \frac{i}{c \times d}$$

P = déplacement des nitrates (même unité en mm, cm ou dm),

i = hauteur d'eau infiltrée

c = capacité au champ en gramme d'eau pour 100 g de terre sèche,

d = densité de la terre en place supposée sèche (densité apparente).

Ainsi, par exemple, pour une densité apparente de 1,3 on obtient, en fonction du taux d'argile et de la capacité au champ, le tableau 4.

(Extrait de « la fertilisation raisonnée, SCPA région Sud-Est, 4^e trimestre 1980 »).

Tableau n° 4 :

Type de sol : Argile en %	5	10	15	20	25	30	35	40
Capacité au champ : en % de matière sèche	10	15	18	21	24	27	30	32
Profondeur descente nitrates	Eau infiltrée, en mm							
10 cm	10	20	23	27	30	35	40	42
20 cm	20	40	45	55	60	70	80	85
30 cm	30	60	70	80	90	105	120	130
40 cm	40	80	90	110	120	140	160	170
50 cm	50	100	115	135	150	175	200	210

Ce tableau est commenté ainsi par les auteurs :

« A partir des valeurs du tableau précédent, on pourra admettre que la moitié environ de la quantité de nitrates apportés (ou présents en surface) est entraînée au-delà de la profondeur indiquée, lorsque la pluie infiltrée (ou l'eau apportée) atteint la valeur indiquée.

Exemple : sol à 20 % d'argile - culture à enracinement 15-20 cm.

« La moitié des nitrates sera au-delà de 20 cm (hors de portée des racines) lorsque l'irrigation, ou la pluie infiltrée, dépassera 55 mm (550 m³/ha). On aura avantage à réduire les apports à environ 25 mm par arrosage, et fractionner la fumure azotée pour éviter les pertes par lessivage ».

L'ordre de grandeur des pertes est généralement estimé à (exprimé en kg/ha) :

— azote (N)	:	20 à 100
— potasse (K ₂ O)	:	0 à 70
— chaux (CaO)	:	100 à 600
— magnésie (MgO)	:	20 à 60
— soufre (SO ₃)	:	20 à 150
— acide phosphorique (P ₂ O ₅)	:	0 à 5

Anstett cite les chiffres suivants pour un sol de serre maraichère, par m³ d'eau de drainage :

— acide phosphorique	: 8 à 10 g/m ³
— NO ₃	: 500 g/m ³
— K ₂ O	: 500 g/m ³

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., *Le concombre*, journées d'études Invuflec, avril 1973.

SCPA, *La fertilisation raisonnée*, région Sud-Est 1980.

D. FERTILISATION ET QUALITÉ

I. INTRODUCTION

La qualité d'une production végétale, en général, et des légumes en particulier, comprend :

- Les qualités agronomiques :
 - rendement,
 - précocité,
 - résistance aux maladies,
 - adaptabilité au milieu.
- Les qualités commerciales :
 - présentation,
 - résistance au transport.
- Les qualités biologiques et diététiques ;
 - goût,
 - composition,
 - absence de produits toxiques, externes ou internes.

Il n'est plus à démontrer que la fumure agit sur le rendement, la précocité (*cf. fiche « melon » et le rôle du phosphore*), la conservation (*cf. fiche « carotte » et le rôle de l'azote*).

Les travaux de *F. Chaboussou*, en France, et de nombreux chercheurs étrangers, ont montré l'action défavorisante des excès d'azote sur la résistance des plantes aux maladies et aux parasites, et l'action bénéfique du potassium dans ce domaine.

Quant à la qualité gustative et diététique, on connaît assez bien, par exemple, l'action favorable de l'acide phosphorique sur le goût du melon, et de la potasse sur les qualités diététiques de la tomate. Par contre, on sait que des excès d'azote sur certains légumes (épinard, laitue, ...) déprécient leur valeur alimentaire par accumulation de nitrates dans les feuilles.

Compte tenu de l'état actuel des connaissances dans ce domaine, la question qui se pose est de savoir si l'on peut dégager une doctrine générale et l'appliquer à chaque cas particulier de la production légumière.

II. DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA RELATION FUMURE ET QUALITÉ DES LÉGUMES

Trois facteurs interviennent dans la qualité : les éléments fertilisants proprement dits, l'équilibre entre ces différents éléments et le climat.

Nous examinerons rapidement l'action de ces facteurs pour quelques éléments.

1. L'AZOTE

Il sert à la fabrication des protéines de la plante.

Lorsque celle-ci se trouve en conditions défavorables pour les fabriquer, il y a diminution de la qualité. Ces conditions défavorables peuvent être :

- le manque d'azote
(*cf. chapitre « Carences » p. 134*) ;

— L'excès d'azote par rapport aux autres éléments (rapport azote/potasse ou azote/acide phosphorique trop élevé).

L'excès d'azote par temps couvert et froid entraîne une accumulation de nitrates dans la plante.

2. LE PHOSPHORE

Il permet le transport de l'énergie dont la plante a besoin pour ses réactions. Il intervient dans la synthèse des sucres et il entre dans certains composés.

Il est rare qu'un excès conduise à des perturbations.

Sa carence ou son déséquilibre par rapport à l'azote perturbent la floraison, la nouaison, le grossissement et la maturité des graines.

3. LE POTASSIUM

Bien qu'on ne le trouve dans aucun composé organique que la plante synthétise, il agit soit en modifiant la concentration des sucres cellulaires, soit par la régulation de l'ouverture ou de la fermeture des stomates.

Enfin, il joue un rôle important dans le métabolisme général.

Le manque de potassium, ou un déséquilibre avec l'azote, perturbe ces mécanismes et, entre autres, a une action sur les réserves provoquant, par exemple, de mauvaises bulbaisons ou tubérisations.

Les modifications de la composition des plantes le sensibilisent aux parasites et maladies.

Dans toutes les conditions peu favorables à la photosynthèse, jour court, température basse, manque d'eau..., on abaissera la fertilisation azotée au profit de la fertilisation potassique, de même au moment de la bulbaison ou de la tubérisation.

4. LE MAGNÉSIUM

Constituant de la chlorophylle, son rôle est très important dans les phénomènes de photosynthèse qu'une carence réelle ou induite perturbe.

D'autre part, la médecine met de plus l'accent sur le rôle du magnésium dans l'alimentation humaine, dont la carence entraîne des troubles importants et divers.

III. APPLICATION DE CES DONNÉES GÉNÉRALES

Chaque fois qu'il a été possible, nous avons introduit ces données dans les fiches par espèce. Exemples : carotte, épinard, melon, oignon, ...

BIBLIOGRAPHIE

- CHABOUSSOU F., *Le rôle du potassium et de l'équilibre cationique dans la résistance de la plante aux parasites et aux maladies.*
- DELAS J., JUSTE C., GOULAS J.-P., *Matières organiques et fertilité des sols.* BTI, n° 285, 1973.
- KAMPFER M. (D') et ZEHLER E. (D'), *Importance des engrais sulfatés pour l'amélioration des rendements et de la qualité des cultures agricoles, horticoles et forestières.* La potasse, mai-juin 67.
- LEFEBVRE J.-M., *La qualité liée à la fertilisation et à l'irrigation.* Invuflec, la tomate, 1974, pp. 117-123.
- LOUÉ A., *Le sulfate de potasse.* SCPA, dossier K20, n° 11, juin 78.
- QUINCHE J.-P. et DVORAK V., *Le dosage des nitrates dans les légumes, les plantes condimentaires et les terres par ionométrie et par chromatographie gaz-liquide.* Revue Suisse Vit., Arbo., Hort., janv.-fév. 80. pp. 7-20.
- SCPA *Document technique*, n° 16, 1^{er} trimestre 1973.
- SPITZN. *Fertilisation et qualité sur laitue.* Rapport de stage ENITAH Angers, 1981.

E. FERTILISATION SOUS SERRE

Caractéristiques souhaitées pour un sol de serre.

1. LA STRUCTURE

Elle doit être bonne. La plupart des cultures exige des sols bien aérés afin que le système racinaire puisse s'implanter.

Cette structure peut s'améliorer ou s'entretenir en amendant le sol avec du sable, de la tourbe, du fumier, des engrais verts, etc...

2. LE DRAINAGE

Il est indispensable d'avoir un très bon réseau de drainage, car d'une part, les espèces cultivées sous serre craignent toutes les excès, même temporaires, d'humidité, et d'autre part, il est parfois nécessaire de lessiver pour éviter les excès de salinité.

3. TAUX DE MATIÈRE ORGANIQUE EN %

On recherche selon la nature des sols des teneurs voisines de celles indiquées ci-dessous :

— Nature des sols	% de M O
— sol à 20 % d'argile	8
— sol à 10 % d'argile	6
— sol léger (inférieur à 5 % d'argile)	4 à 5

4. pH

L'optimum se situe entre 6,5 et 7,2.

5. SALINITÉ

L'optimum de salinité de la solution du sol varie avec les espèces et le taux de M.O. (voir chapitre « Analyses » tableau 4). Exemple, pour un sol à 3 % - 5 % de M.O., et pour un extrait au 1/5 elle doit être inférieure à 0,3 mS pour la laitue et à 0,6 mS pour la tomate.

6. RICHESSE DU SOL

(voir chapitre « Analyses »).

7. BESOINS DES CULTURES

Ils sont très élevés comme le montrent les deux tableaux suivants (tableaux 5 et 6).

**Tableau n° 5 : EXPORTATIONS TOTALES
DES CULTURES LÉGUMIÈRES SOUS SERRE**

Espèces	KG/HA						Auteurs
	Rende. T/Ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Concombre	247	383	210	790	611	112	Geissler
Concombre	300	480	216	792	304	43	Anstett
Tomate	150	570	90	1150			Chesthunt
Tomate	125-200	450 à 675	75 à 165	900 à 1400	550 à 900	120 à 190	Ministry of Agriculture (GB)
Tomate	200	500	166	1028	456	77	Lefebvre
Melon	67	283	137	503	412	77	Anstett
Melon	25	155	67	277	201	68	Cornillon
Laitue	24,5	67	28	127	29	9,7	Anstett
Céleri-branche.....	80	200 à 250	190 à 150	400 à 450	200	30 à 70	Anstett

**Tableau n° 6 : EXPORTATIONS (KG/HA) LÉGUMES SOUS SERRE
(INRA MONTFAVET)**

	Tomate H63-5	Salade Qweek	Aubergine Baluroi	Piment doux	
				Lamuyo (mur)	Lamuyo (vert)
N	285	82	370	390	220
P	59	8	34	40	35
K	494	117	320	500	325
Ca	257	28	155	100	100
Mg	42	4	23	40	40
Rt (t/ha)	110	40	35	20	40
Lieu	Berre (13)	Carpentras (84)	Balandran (30)	Balandran (30)	Balandran (30)

8. PÉRIODES ET TECHNIQUES D'APPORT

Principes généraux :

- Elles doivent correspondre aux données physiologiques de la plante (voir les fiches par produit).
- Elles doivent tenir compte des points suivants :
 - éviter les fortes salinités,
 - éviter les pertes par drainage,
 - permettre un équilibre répondant à des périodes climatiques très différentes (jours courts et peu lumineux en début de culture ; jours longs et lumineux en fin de culture pour les productions de printemps. L'inverse pour les cultures d'automne).

9. **FORME DES ENGRAIS** : La forme la plus soluble et qui laisse le moins d'ions en excès (SO_4^{--} et Ca^{++}) ou toxiques (Cl^-).
10. **IRRIGATION** : Utiliser l'ETP serre pour conduire l'irrigation.
Les excès sont à éviter surtout en jours courts.
11. **ANALYSES** : Il convient de faire :
- une analyse physique complète avant l'installation de la serre, une analyse chimique complète avant la première culture,
 - un extrait à l'eau avant chaque culture,
 - une analyse chimique tous les 2 ou 3 ans,
 - et, éventuellement, en cours de culture, un extrait à l'eau et des analyses d'extraits frais de végétaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ANSTETT A. : *Sol et fertilisation en culture légumière de serre* : journées d'Orléans 1964.
- ANSTETT A. : *Fertilisation des cultures maraîchères sous serre*. BTI n° 217, février - mars 1967.
- ANSTETT A. : *Principes généraux de la fertilisation des cultures maraîchères sous serre*. C.R. du 6^e colloque de l'Institut International de la Potasse, Florence 1968. Institut National de la Potasse, Berne.
- COÏC Y. : *Principes de la fertilisation minérale en culture sous serre*. BTI n° 217, mars 1967.
- CORNILLON P. : *Fertilisation des cultures sous serre*. L'éveil agricole méridional 1976.
- LEQUENNE J.-M. : *Agronomie des serres*. Revue agricole de France n° 55, octobre 1966.
- MOULINIER H. : *La fertilisation des cultures sous serre*. Bulletin de l'AFES n° 2 1975.

F. LA FERTILISATION DES PÉPINIÈRES

Un certain nombre de légumes sont cultivés en pépinières avant d'être plantés. On distingue plusieurs techniques d'obtention des plants :

- le semis en caissette suivi de repiquage en couche, en motte ou en pot,
- le semis sur couche suivi de plantation sans repiquage intermédiaire.
- le semis en petite motte intermédiaire avec repiquage de la motte dans une motte ou un pot plus grand,
- le semis direct dans une motte ou un pot.

Quoi qu'il en soit de ces diverses opérations, il y a lieu de distinguer, grosso modo, deux phases importantes dans la vie du jeune plant :

- du stade cotylédon,
- du stade cotylédon à la plantation.

On trouve dans le commerce des substrats appropriés pour ces différentes phases et dont les caractéristiques doivent se rapprocher des données suivantes (tableau 7) :

Tableau n° 7 :

	du semis au stade cotylédon	du repiquage à la plantation
Qualités physiques du substrat	grande porosité, bonne capacité de rétention	idem
pHKCl	6,5	6,5
Teneur en engrais complet	500 à 1.000 g par m ³ de substrat riche en tourbe 0 pour substrat inerte type sable	1.500 g par m ³ de substrat riche en tourbe

La grosseur des mottes dépendra du stade de plantation. Il est souvent nécessaire de faire des irrigations fertilisantes à base de nitrates en cours de culture, dans ce cas ne pas dépasser 2 g de sels par litre.

BIBLIOGRAPHIE

PENNINGSFELD : *Besoin en éléments nutritifs des espèces de légumes les plus importants sur le marché au stade de la levée et de la jeune plantule.*
(Traduction Centre de Documentation Horticole.)

G. PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR LIMITER LA POLLUTION DES EAUX

L'évolution défavorable de la qualité des eaux fait l'objet des préoccupations des pouvoirs publics depuis plusieurs années. Bien que, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne puisse définir la part qui revient à l'agriculture dans ce problème de pollution, il est néanmoins sûr qu'elle intervient.

La pollution concerne surtout les nitrates, et à un degré moindre, les phosphates. Or les engrais sont essentiels pour une agriculture intensive. Des objectifs de productivité et de protection de la qualité des eaux peuvent, à première vue, paraître contradictoires. En fait, une bonne connaissance des phénomènes naturels que sont les cycles de l'azote dans le sol et le transfert des éléments minéraux vers les eaux permettent de poser le problème en d'autres termes : bon usage des engrais mais aussi pratiques culturales adaptées, éventuellement aménagements.

Il n'y a pas forcément incompatibilité entre un niveau de production et de revenus agricoles élevés et la protection des eaux. Il y a même souvent convergence entre l'intérêt des agriculteurs et la conservation du patrimoine eau.

MÉTHODOLOGIE ET OBJECTIFS

Activités agricoles et qualité des eaux sont le thème du rapport présenté en novembre 1980 au ministère de l'Agriculture et au ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, par M. Hénin, Directeur de Recherches honoraire de l'INRA.

Le Comité National de l'Eau avait demandé que soit abordé le problème de la **pollution des eaux d'origine agricole**.

Un groupe de travail associant les membres de la profession et de l'administration en a été saisi.

Les objectifs essentiels de ce groupe de travail étaient les suivants :

- **de rassembler les données existantes** sur les mécanismes de la pollution des eaux superficielles et souterraines par les activités agricoles, en considérant notamment les apports polluants sous forme de substances fertilisantes, de pesticides et matières organiques qui sont à leur origine de façon chronique ou accidentelle, diffuse ou en rejet nettement individualisé ;
- **évaluer l'importance des pollutions** ainsi émises actuellement et son évolution probable dans les années à venir ;
- **définir**, pour les principaux systèmes d'exploitation français, compte tenu de leur milieu physique propre, **leur danger éventuel** pour la qualité des eaux ;
- **définir**, dans les différents cas, **les techniques à mettre en œuvre**, au différentes échelles (aménagements agricoles, systèmes d'exploitation, systèmes culturaux) **pour diminuer les risques de pollution des eaux** ;
- **proposer des actions dans le domaine de la vulgarisation**, de la formation professionnelle et des orientations pour la conduite des exploitations agricoles qui permettent la mise en œuvre de ces techniques ;
- évaluer parallèlement la contribution que les activités agricoles peuvent apporter à la protection des sols et des eaux.

RECOMMANDATIONS AUX AGRICULTEURS

Dans l'attente d'avoir des informations plus précises sur les mécanismes et les causes de l'augmentation de la pollution des eaux par les activités agricoles, le groupe de travail a présenté 20 recommandations aux agriculteurs

1. Chaque exploitant doit s'efforcer de **raisonner les quantités d'engrais achetées** ; l'intérêt général de protection des eaux et l'intérêt particulier pour l'agriculteur d'une bonne gestion du poste engrais sont parfaitement convergents.

2. Les apports d'engrais, d'amendements, de déchets, de produits phytosanitaires doivent **tenir compte des doses admissibles d'éléments gênants** (métaux lourds en particulier).

3. Les fertilisations phosphatées et potassiques sont à **raisonner dans le cadre de l'assolement et selon les rotations**. L'**analyse de terre** est indispensable pour déterminer le niveau de fumure de fond nécessaire pour chaque parcelle en tête de rotation et d'entretien pour les cultures annuelles.

4. Éviter tout ce qui peut favoriser l'érosion et le ruissellement.

5. **Mélanger au sol les engrais phosphatés et potassiques**. Dans les parcelles qui sont temporairement submergées, n'effectuer l'apport de fertilisants qu'après la période d'ennoyage.

6. **L'azote doit être géré sur la succession des cultures de la parcelle**, c'est-à-dire sur une rotation. Pour les cultures pérennes, il faut considérer les répercussions interannuelles de la fertilisation.

7. L'azote est utilisée d'autant plus efficacement par la culture que les conditions de croissance de cette dernière sont plus favorables. Il faut donc **améliorer également l'ensemble du système de culture** : semences, pratiques culturales, irrigation, état phytosanitaire.

8. L'agriculteur doit raisonner la fertilisation azotée au niveau de la parcelle à partir du bilan : **azote à apporter = besoins de la culture moins fournitures par le sol**.

9. Les exploitants qui ont des fumures organiques importantes ou des grandes surfaces de **légumineuses** doivent en tenir compte et **réduire** en conséquence, éventuellement supprimer, les apports d'engrais azotés.

10. Éviter les apports d'azote à l'automne quand ils ne sont pas justifiés.

11. S'efforcer de **soustraire les nitrates au lessivage** : par l'enfouissement en fin d'été de matières organiques riches en carbone qui immobilisent l'azote dans le sol, par l'implantation d'engrais verts, par l'aménagement des rotations.

12. Sur les plantes à longue durée de végétation, attacher relativement moins d'importance à la dose d'azote qu'à l'époque d'apport : **fractionner les apports pour les synchroniser avec les besoins de la plante**.

13. **L'alternance des cultures à enracinement superficiel et profond** peut être favorable à la récupération de l'azote entraîné assez bas dans le profil du sol.

14. Sur sols gelés, ne pas apporter d'amendements, de déchets organiques ou d'eaux résiduaires.

15. Les effluents d'élevage ne doivent en aucun cas s'écouler librement (ruissellement). Ils doivent être épandus sur des surfaces suffisantes et la fumure minérale doit tenir compte de ces apports.

16. Pour les épandages de produits dérivés de déchets agricoles, urbains ou industriels, **on calculera généralement les doses à partir de l'azote efficace** qu'ils libèrent et selon les exportations des cultures. Les apports sont également à limiter par les doses admissibles de métaux lourds.

17. **Éviter les excès d'eau d'irrigation** qui lessivent l'azote.

18. L'installation d'un réseau de drainage doit introduire une modification de la conduite de la fertilisation azotée.

19. **On sera particulièrement vigilant aux risques de pollution dans certains types de sol** : sols superficiels (moins de 30 cm), sols sableux ou très caillouteux, sols agricoles reposant sur une roche mère fissurée ou très filtrante.

20. L'attention doit être attirée sur les consommations d'engrais par des non-agriculteurs (jardins). Celles-ci peuvent être localement trop importantes ou mal utilisées (cas de zones sensibles).

Toutes ces recommandations sont d'ordre général. Elles sont à adapter en fonction des conditions locales et de la diversité des milieux physiques et socio-économiques que l'on rencontre sur le territoire français.

BIBLIOGRAPHIE

Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Environnement. *Rapport du Groupe de Travail. Activités agricoles et qualité des eaux*. S. HENIN, octobre 1980.

somédi

amendement végétal fermenté (NF U 44 051)

Des années d'étude et d'expérimentation agronomique.
Une conception scientifique, une qualité constante.

- Amélioration et entretien de la teneur en matière organique des sols.
- Régulation de l'azote.
- Valorisation des engrais.
- Amélioration et entretien de l'équilibre microbien.

inter humus
inter humus
inter humus
inter humus
inter humus
inter humus
inter humus

1er Fabricant français d'amendements organiques
inter-humus s.a. 34400 Lunel tél. 490937
tél. (67) 71.05.56 - 71.12.72 R.C. 77601496B Montpellier

Un service agronomique à la disposition de
tous les techniciens et les producteurs.

H. LA TENEUR EN NITRATES DANS LES LÉGUMES

1. GÉNÉRALITÉS

Les aliments, au sens large du terme (eau, boissons diverses, légumes, viandes, céréales, fruits,...), contiennent normalement des nitrates. Ceux-ci, dans certaines conditions, sont transformés en nitrites, qui provoquent, chez les nourrissons des troubles d'oxygénation du sang. D'autre part, les nitrites peuvent se combiner, dans l'appareil digestif de l'homme et des animaux, à des composés azotés et former des nitrosamines, dangereuses pour la santé.

Les aliments contiennent plus ou moins l'un quelconque de ces produits, ou les trois à la fois. Ainsi :

- les légumes contiennent des nitrates, et parfois des nitrites,
- les charcuteries contiennent des nitrites, et parfois des nitrates,
- les fromages contiennent assez souvent des nitrosamines.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a fixé la dose journalière admissible pour un adulte à 5 mg de nitrates par kg de poids corporel et celle des nitrites à 0,2 mg respectivement exprimée en NO_3K et NO_2Na .

Pour quelques légumes, il existe, dans certains pays, des textes définissant les normes de tolérances en nitrates.

Dans ce qui suit, nous présentons :

- Un résumé de la législation.
- Des tableaux de teneurs en nitrates pour quelques légumes, et dans les différentes parties de la plante.
- Les facteurs influençant la teneur en nitrates.
- Des recommandations pour éviter une teneur anormale.

Notons que la vitamine C inhibe la formation des nitrosamines.



2. RÉSUMÉ DE LA LÉGISLATION

Tableau n° 8 : LÉGISLATION POUR LA SUISSE,
LES PAYS-BAS ET LA FRANCE

	SUISSE 11/9/81	PAYS-BAS	FRANCE
Laitues pommées	3.500 ppm* en NO ₃ sur matière fraîche		
Scaroles, frisées, épinard de plein champ et de serre, laitue de plein champ		mi-1982 4.000 ppm NO ₃ sur matière fraîche	
Laitue de serre		mi-1983 5.000 ppm NO ₃ sur matière fraîche	
Aliments pour bébé			50 ppm NO ₃ en produit fini

(*) Préconisation ou valeur de tolérance provisoire.

3. TENEUR EN NITRATES DE DIFFÉRENTS LÉGUMES
SOUS SERRE ET PLEIN CHAMPTableau n° 9 : TENEURS EN NITRATES CONTENUES
DANS QUELQUES LÉGUMES
(origine : Station de Naaldwijk)

	Nombre d'observations	en mg de NO ₃ par kg de matière fraîche
Chicorée	16	2.900
Chou-fleur	3	800
Chou-rave	16	3.200
Concombre	9	230
Epinard	4	3.900
Haricot vert sabre	2	950
Laitue Iceberg	10	3.300
Navet	4	6.800
Poivron	19	190
Radis	21	2.800
Tomate	2	150

**Tableau n° 10 : TENEURS EN NITRATES DE LÉGUMES CULTIVÉS EN SERRE
A CHANGINS (en mg NO₃/kg de matière fraîche)**

Espèces (variétés)	Organes analysés	Teneurs en nitrates	Moyenne
● CHOUX			
Chou blanc (Marner Allfruh)	Feuilles	830-880	855
Chou rouge (Marner précoce)	Feuilles	900-670	785
Chou de Milan (Marner précoce)	Feuilles	1 410-1 280	1 345
Chou Chinois (W R 50)	Feuilles	2 110-2 450	2 280
Chou de Bruxelles (Nain spécial)	Rosette	490-390	440
Chou-fleur (Opaal)	Fleur	220-290	255
Chou-fleur brocoli asperge (Le Précieux)	Fleur	360-50-40-90	135
Colrave (Blarol)	Pomme	1 620-1 600	1 610
● SALADES			
Laitues pommée (Apollo)	Feuille	4 040-3 360	3 700
Laitue pommée (Kloeck)	Feuille	2 660-2 100	2 380
Laitue romaine (de Morges)	Feuille	1 790-2 670	2 230
Laitue à tondre (Brune d'Amérique)	Feuille	3 300-3 090	3 195
Laitue à tondre (Boule frisée)	Feuille	3 100-2 260	2 680
Chicorée scarole (Blonde à cœur plein)	Feuille	3 290-3 090	3 190
Chicorée frisée (de Meaux)	Feuille	3 490-3 470	3 480
Chicorée amère (pain de sucre Elmo)	Feuille	1 760-1 920	1 840
Chicorée rouge (Palla Ressa)	Feuille	2 500-2 710-2 520	2 575
Cresson Alenois (frisé)	Feuille + Tige	5 500-7 860-7 440	6 935
Mache (Duprex)	Feuille	4 510-4 350	4 430
Chicorée de Bruxelles ou Witloof	Chicon	190-260-210	220
Pissenlit dent de lion	Feuille	4 700-3 570-3 420	3 895

Tableau n° 11 : TENEUR EN NITRATES ET EN NITRITES DE QUELQUES LÉGUMES ET ALIMENTS DIVERS (Source : Inventaire National de la Qualité Alimentaire, Ministère de l'environnement)

	NITRATES (NO ₃ K) en ppm (mg/kg) de matière fraîche			NITRITES (NO ₂ Na) en ppm (mg/kg) de matière fraîche		
	minimum	maximum	moyenne	minimum	maximum	moyenne
Betterave rouge	183	8 967	3 603	0,8	710	28
Carotte	2	2 235	301	0,1	42	2,5
Céleri branche	102	5 200	2 155	0,8	1,3	1,0
Chicorée frisée	15	6 408	1 147	0,8	830	50
Concombre	2	4 556	326	0,2	273	23
Epinard	59	1 872	750	4	330	15
Haricot vert	2	1 015	253	0,5	165	23
Laitue	187	6 590	2 070	0,3	320	22
Pomme de terre	2	1 575	241	0,2	76	5
Radis	4	13 320	1 252	0,3	185	11
Romaine	88	6 236	2 723	0,3	2	0,5
Purée d'épinard pour bébé	211	1 219	899	0,6	1,8	1,3
Epinards en boîte	70	2 630	801	0,8	5	2,1
Jambon de montagne	6	1 322	274	1	276	47
Pain	7	100	41	0,1	10,5	3,6

Tableau n° 12 : CLASSIFICATION DES LÉGUMES D'APRÈS LEUR TENEUR EN NITRATES
(origine : les Quatre Saisons du Jardinage, n° 12, janvier-février 1981)

LÉGUMES CONTENANT HABITUELLEMENT				
moins de 200 g/kg de nitrates	moins de 500 mg/kg de nitrates	moins de 1.000 mg/kg de nitrates	moins de 2.500 mg/kg de nitrates	plus de 2.500 mg/kg de nitrates
Pomme de terre	Aubergine	Chou blanc	Chicorée frisée et	Céleri branche
Chou de Bruxelles	Chou brocoli	Potiron	Scarole	Radis
Petit pois	Melon	Carotte	Céleri-rave	Epinard
Tomate	Concombre	Chou rouge	Rhubarbe	Betterave rouge
Haricot en grains	Salsifis	Haricot vert	Persil	Laitue
Asperge				
Poivron	Scorsonère	Cresson	Poireau	Mache
Patate douce	Chou-fleur	Chou frisé	Chou-rave	Cerfeuil
Champignons	Oignon			Pourpier
	« Picklés » conservés au vinaigre			
	Rutabaga			

4. TENEUR EN NITRATES : COMPOSITION EN FONCTION DES ORGANES

Tableau n° 13 : LAITUE, VARIÉTÉ RAVEL
(Origine : J.-P. Quinche, station de Changins)

	Matière fraîche		Matière sèche					
	matière sèche %	NO ₃ mg/kg	NO ₃ %	cendres	P %	K %	Ca %	Mg %
Feuilles externes	4,42	3 030	6,85	23,0	0,31	8,15	2,47	0,68
Feuilles médianes	3,78	1 410	3,72	14,6	0,54	6,27	1,10	0,33
Feuilles internes	4,42	670	1,52	9,0	0,54	4,26	0,47	0,18

5. FACTEUR INFLUENÇANT LA TENEUR EN NITRATES

a) Luminosité

Des analyses, faites sur feuilles et folioles d'épinard, de persil, de mâche, de laitue et de racine (axe hypocotyle), de radis cultivés sous serre, montrent que la teneur en nitrates varie au cours de la journée :

— elle diminue d'une façon constante du matin au soir, pour le persil, l'épinard, la mâche, qu'il convient donc de récolter en fin de journée,

— dans un essai, pour la variété de laitue Ravel et pour le radis Cherry Bell, la teneur fluctue en cours de journée et est légèrement plus élevée le soir que le matin ; on ne peut donc pas actuellement préconiser d'heure de récolte, compte tenu du fait que cette référence ne repose que sur un essai.

Dans un essai d'ombrage sur carotte, la teneur en nitrates des racines est passée, après 14 jours, de 94 à 654 mg/kg de NO₃ de matière fraîche.

Sur épinard, lorsque l'intensité passe de 6.460 lux à 37.660 lux, la teneur en nitrates passe de 5,58 % de la matière sèche à 1,51 %.

b) L'âge des plantes

Les jeunes plantes contiennent plus de nitrates que les plantes adultes.

Exemple n° 1 :

La laitue Ravel analysée, donne les teneurs suivantes en nitrates, en fonction du nombre de jours après plantation :

Tableau n° 14 :

Nombre de jours après plantation	Teneur en nitrates, en mg de NO ₃ par kg de matière fraîche
63	4 139
75	3 942
81	3 477

Exemple n° 2 :**Tableau n° 15 :**

	Fruits avant maturité	Fruits à maturité
Poivron	210	23
Poivron	230	40
Courge	470	90

c) Choix des variétés**Exemple n° 1 : CAROTTE.**

Le tableau suivant donne les résultats d'un essai conduit par la station d'Agromonie et de Physiologie Végétale de l'INRA d'Antibes.

**Tableau n° 16 : TENEUR MOYENNE EN NITRATES,
TOUS TRAITEMENTS AZOTE CONFONDUS, DES RACINES
DE 4 VARIÉTÉS DE CAROTTE
(exprimée en ppm de matière fraîche)**

DATE DE RÉCOLTE	CHANTENAY	TIP-TOP	TANTAL	SCARLA
21 juin	483	437	338	353
29 juin	373	305	256	176
6 juillet	248	234	230	115
15 juillet	289	273	271	140
21 juillet	407	394	375	188

Dans cet essai, on observe que, pour la :

- carotte pour le frais : Tip-Top a toujours plus de nitrates que Tantal.
- carotte pour la conserve : Chantenay a toujours plus de nitrates que Scarla.

Exemple n° 2 : LAITUE

Il a été mis en évidence que les hautes teneurs en nitrates sont sous l'influence d'un gène récessif. On observe des différences variétales :

- Apollo 3.700 mg/kg,
- Kloeck 2.360 mg/kg.

Exemple n° 3 : ÉPINARD

Les nitrates sont localisés dans les pétioles. Le choix se portera donc sur des variétés à pétiole court.

Exemple n° 4 : NAVET

- Mi-long à forcer : 3.090 mg/kg,
- Globe d'automne : 1.970 mg/kg.

En résumé :

Sauf pour la carotte, il manque de références, mais on peut penser que, pour certaines espèces, la variété joue un rôle dans la teneur en nitrates.

d) Choix de la forme d'engrais, des quantités et des périodes d'apport

● ACTION DES QUANTITÉS :

Exemple n° 1 : LAITUE

Il est difficile d'avoir un rendement maximal et une teneur en nitrates faible comme le montrent les résultats suivants :

Tableau n° 17 : D'APRÈS UNE ÉTUDE DE MATHËUS (ANET) ET KOBEL (WËDENSWIL), EN SUISSE

		UNITÉS D'AZOTE AL'ha			
		30	60	90	120
Poids partête de laitue	eng	380	411	410	456
	en %*	93	100	100	111
Nombre de pièces commercialisables		40	50	60	71
	en %*	67	83	100	118
Rendement global (qualité marchande)		15,2	20,4	24,6	32,4
	en %*	62	83	100	132
Teneur en azote vérifiée		513,5	661,7	824,5	904,5
	en %*	62	80	100	110

(*) Dose 90 = 100 %.

Ces résultats sont confirmés par des essais effectués à Naaldwijk en 1980.

● ACTION DES FORMES ET DES QUANTITÉS :

Exemple n° 2 : ÉPINARD ET BETTE

Il est démontré, dans un essai, que pour les engrais minéraux :

- la teneur en nitrates est généralement d'autant plus élevée que les apports d'azote sont plus importants,
- pour une même quantité d'azote, l'augmentation de la teneur en nitrates est d'autant plus importante que la forme est plus rapidement assimilable,
- à apport égal d'azote, la fertilisation organique sous forme de compost peut, selon le mode de compostage :
 - soit donner des produits moins riches en nitrates,
 - soit donner des produits plus riches en nitrates.

● ACTION DU PRÉCÉDENT :

Exemple n° 3 : CAROTTE

Avec 4 doses d'azote (30, 60, 150 et 300 kg), les doses 150 et 300 déterminent une augmentation significative des teneurs en nitrates dans les racines (1 à 4 entre les traitements 30 et 300).

Dans une enquête faite au CETA de Reville, sur 10 échantillons 3 ont une teneur plus élevée que la moyenne :

- l'un provient d'une culture sur précédent prairie,
- l'autre d'un précédent chou-fleur ayant reçu 12 t/ha d'engrais organique,
- le dernier provient d'un précédent pomme de terre ayant reçu un apport tardif de 60 unités d'azote.

En résumé :

- a) tenir compte du précédent,
- b) apporter une fumure azotée suffisante pour satisfaire les besoins minimaux de la plante (ou ne pas descendre au-dessous d'un certain seuil),
- c) en fin de culture, éviter les formes trop rapidement assimilables,
- d) l'abus de fertilisants organiques riches en azote, produits d'origine animale (sang desséché, déchets divers), fumier en quantité excessive augmentent le taux de nitrates.

e) **Conditions de récolte et de stockage**

Il n'y a pas de nitrites dans les légumes à la récolte. Ils peuvent apparaître en cours de stockage. La mise en marché rapide limite cette transformation.

6. RECOMMANDATIONS (voir également p. 178, 179 et 180)

L'assimilation des nitrates dans les plantes est favorisée, dans la plupart des cas, par :

- une forte fertilisation azotée,
- une forte fumure organique,
- une faible intensité lumineuse,
- les carences en oligo-éléments.

On diminue la teneur en nitrates dans les légumes par :

- le choix des variétés,
- la récolte de certains légumes à maturité,
- en gérant la fumure azotée.

Ce qui implique :

- connaître le calendrier de minéralisation
- des analyses avant culture,
- des plans de fumure raisonnée,
- éviter les surdosages, notamment en fumure organique.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT C., *Comment récolter les légumes contenant peu de nitrates*. Les Quatre Saisons du Jardinage, n° 6, janvier-février 1981.
- AWORTH O.-C., HICKS J.-R., MINOTTI P.-L. et LEE C.-Y., *Effects of plant age and nitrogen fertilization on nitrate accumulation and postharvest nitrite accumulation in fresh spinach*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 105 (1), 1980, pp. 18-20.
- BLANC D. (M^{me}), BONNET A., OTTO Ch. (M^{me}), MARS S. (M^{me}), *Différences variétales dans l'accumulation des nitrates chez la carotte*. C.R. Acad. Agri. de France, n° 6, 1980.
- CAUSERET, *Conférence*. Commission des Techniciens Rhône-Alpes, réunion du 3/3/82.
- COICY. et LESAIN Ch. (M^{me}), *Sur le déterminisme de l'accumulation des nitrates dans les organes végétaux*. C.R. Acad. Agri. de France, n° 6, 1980.
- LOEK UIT HET BROEK, *Nitrates : quelques conseils pratiques*. Les Quatre Saisons du Jardinage, n° 12, janvier-février 1982.
- OFFICE CENTRAL VAUDOIS DE LA CULTURE MARAÎCHÈRE, *Nitrates, l'envers du problème*. Office Central Vaudois de la culture maraîchère - Lausanne, jb. 22.10.81.
- QUINCHE J.-P. et DVORAK V., *Le dosage des nitrates dans les légumes, les plantes condimentaires et les terres par ionométrie et par chromatographie gaz-liquide*. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., vol 12 (1), 1980, pp. 7-20.
- QUINCHE J.-P., *Fluctuation des teneurs en nitrates des légumes au cours de la journée*. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic., vol. 14 (2), 1982, pp. 85-87.
- BOORDA VAN EYSINGA J.-P. N.-L., *Nitrate problems in glasshouse vegetable*. Proefstation voor tuinbouw onder glas, Naaldwijk, n° 258 (reprint of Bedrijfsontwikkeling jaargang 11, 1980, 2, février).
- SPITZN., *Fertilisation et qualité sur laitue*. Rapport de stage ENITAH Angers, 1981.
- CAUSERET J. *Communication écrite* (13-09-82).



DARBONNE

SOCIÉTÉ CIVILE **D**ARBONNE

PLANTS DE FRAISIERS

Tous nos pieds mères
sont
issus de méristèmes

GRIFFES D'ASPERGES

Sélection Darbonne n° 4
Sélection Darbonne n° 3
Nouveauté :
Hybride de clone Darbonne n° 231

La gamme complète
des
nouveaux hybrides I.N.R.A.

PLANTS DE FRAMBOISIERS

**GROSEILLIERS
CASSIS**

*Pour toutes informations
sur nos productions*

**DEMANDEZ
NOTRE CATALOGUE GRATUIT**

Une visite en vaut la peine



Siège social : 6, bd Joffre
91490 MILLY-LA-FORET - B.P. 8
Tél. (6) 498.95.95 - Télex : 690373373

Fiches de fertilisation par espèces

CONCEPTION DES FICHES ET PLAN GÉNÉRAL

Nous avons vu précédemment que pour calculer et appliquer une fumure il faut tenir compte chaque fois que c'est possible :

- de la nature physique du sol,
 - de la richesse du sol,
 - des exportations,
 - des pertes par drainage,
 - du rythme d'absorption,
 - du rôle des éléments durant les différentes phases de la vie de la plante,
 - des données physiologiques et morphologiques de la plante,
 - de sa sensibilité et de sa tolérance au pH, à la salinité, aux carences et aux excès,
-
- du milieu, éclaircissement, température du sol et de l'air, de l'hygrométrie,
 - de l'époque de production,
 - des techniques de production,
 - des stades critiques de la plante (floraison, nouaison, maturation, bulbaison, etc...),
 - des variétés.

Les fiches qui suivent tiennent compte de ces éléments quand ils sont connus. Dans la mesure du possible, chaque fiche par espèce comporte les paragraphes suivants :

- GÉNÉRALITÉS : définissant les caractères physiologiques, morphologiques, les exigences particulières.
- EXPORTATIONS.
- RYTHME D'ABSORPTION
- RÔLE, quantité, forme, époque et technique d'apport de quelques éléments, et de la matière organique.
- EXEMPLES DE FUMURE : Il s'agit, pour illustrer la diversité des pratiques, soit de fumures conseillées par des spécialistes, soit de fumures réalisées dans certaines régions ou certaines exploitations.
- FUMURE PRÉCONISÉE : Il s'agit, compte tenu des éléments fournis dans les paragraphes précédents, de proposer une fumure moyenne qui, sauf précision, s'applique pour un sol à l'entretien (bien pourvu).
- BIBLIOGRAPHIE.

**Spécialiste depuis 15 ans
en chauffage et ventilation
VANNIER S.A. vous propose
d'étudier votre installation
de magasins de stockage
de pommes de terre et
d'endives, de germoirs
ou de chambres froides
ou chaudes.**



VANNIER S.A.

B.P. 26 - 80200 PERONNE

Télex 140 745 - Tél. 84.02.18 ou 84.06.20

DBM

AIL

GÉNÉRALITÉS

L'ail exige des sols bien drainés et, pour des aspects phytosanitaires, il faut de très longues rotations.

L'ail peut supporter des pH acides jusqu'à 5,5; la fourchette se situant entre 6,8 et 5,5.

Cette espèce est très sensible aux carences en cuivre et en magnésie, et sensible aux carences en zinc, fer, bore, molybdène.

Notons aussi l'importance du soufre pour cette culture. Les sélections du matériel végétal actuel paraissent plus exigeantes en élément fertilisant. Enfin, l'ail répond bien à l'irrigation.

L'ail ayant un système racinaire superficiel, les sarclages et les binages entraînent des baisses sensibles de rendement. Il est conseillé d'utiliser des désherbants.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
• Selon Anstatt ail blanc - production totale de matière fraîche 26,1 t/ha - récolte 28/7 - 21,4 t/ha de têtes.					
Exportations en kg/ha :					
feuilles	18	7	71	70	5
têtes	384	135	203	46	29
racines	10	2	8	5	1
TOTAL	412	144	282	121	35
Soit ramené à la tonne de têtes	19,3	6,8	13,2	5,7	1,6
• Selon Dumont					
Pour un rendement de 9 t/ha	100	39	70	60	
Ramené à la tonne de têtes	11,1	4,3	7,8	6,6	
• Selon Davjos, études américaines (citées par Vergniaud, SEI Avignon)					
Pour un rendement de 14 t/ha	180	90	240		16
Ramené à la tonne de têtes	12,8	6,4	17,1		1,14

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

AZOTE

L'azote a une action sur le nombre de feuilles, la grosseur des bulbes et le rendement total.

Des essais effectués amènent à conclure qu'en culture à l'irrigation, l'apport d'azote est bénéfique jusqu'à la dose de 200 unités/ha et que l'azote augmente le poids moyen des têtes. Dans les zones non irriguées et en l'absence de pluies suffisantes, l'azote n'apporte aucune augmentation de rendement.

Les doses peuvent varier entre 100 et 200 unités, selon le peuplement et les possibilités d'irrigation. On préconise le fractionnement en 2 ou 3 fois, à la plantation et au printemps, mais aucun travail n'a été fait dans ce domaine. Cependant, un apport trop tardif risque de provoquer l'éclatement des têtes, la forme sulfate paraît être bien adaptée.

PHOSPHORE

Son rôle n'a pas été étudié.

POTASSIUM

Selon la Société des Potasses d'Alsace, le potassium permet d'obtenir des bulbes plus gros, plus fermes, résistant mieux aux maladies.

A cause des besoins en soufre de l'ail, les apports peuvent se faire sous forme de sulfate.

Les apports doivent tenir compte de l'azote, et selon **Barbieri**, les meilleurs résultats seraient obtenus avec l'équilibre 1-2-2, ce qui, compte tenu de la fourchette définie pour l'azote, conduirait à des doses de 200 à 400 unités de potasse. Ceci demanderait une confirmation expérimentale.

Généralement on préconise 120 à 200 unités de potasse.

MAGNESIUM

D'après **Charriaut**, le magnésium a une action sur la précocité, le rendement, la conservation.

SOUFRE

Comme pour toutes les plantes, il intervient dans le métabolisme de l'azote. Et, dans le cas particulier de l'ail, on le trouve dans un composé organique appelé le sulfure d'allyle.

L'ail fait partie des plantes à moyennes exigences en soufre, environ 40 kg/ha. Ses besoins sont généralement couverts si on utilise les engrais sous forme de sulfate.

OLIGO-ÉLÉMENTS ET DIVERS

Le bore, le zinc et le molybdène auraient une action favorable sur la teneur en sulfure d'allyle. Les carences en bore et en molybdène diminuent la durée de conservation.

MATIÈRE ORGANIQUE

Le rôle du fumier est très discuté. Traditionnellement, on déconseille l'utilisation de fumier avant plantation, mais, s'il est ancien et bien décom-

posé, on s'accorde pour signaler son action bénéfique (due peut-être aux oligo-éléments).

Vergniaud, citant les travaux de **Lafon** et **Messiaen**, dit que les expérimentations menées par ces auteurs permettent de penser que l'apport d'un fumier exempt de déchets de cultures contaminées par des anguillules et la pourriture blanche n'est pas néfaste, et que, même dans un sol contaminé par le *Sclerotium cepivorum*, il n'y a pas augmentation des bulbes atteints.

EXEMPLES DE FUMURE

(Voir tableau 2 page suivante)

Tableau n° 2. EXEMPLES DE FUMURE, en unités fertilisantes/ha

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Observations
• Selon Laumonnier			
40	50	100	L'azote est apporté à la plantation et au binage
• BOUCHES-DU-RHÔNE			
Enquête du CER			
120	75	150	
Conseil de la Chambre d'Agriculture			
100	200	200	
• DRÔME			
GVA de Montélimar			Sous forme de sulfate et superphosphate en fond. En février sous forme ammonitrate.
50 + 33	110	300	
Station de Saulce			Avant plantation, en février
50-60	120	240	
• TARN-ET-GARONNE (CETA de Beaumont-de-Lomagne)			
75-100	80-150	100-150	
• Selon G. Silly et Moulinier, en maraichage			
Avant plantation			
100	70	280	
Début mars			
50		50	
Début mai			
100	70	100	
Juin			
50		50	
TOTAL			
250	140	480	

FUMURE PRÉCONISÉE

Il faudra tenir compte de la variété, des possibilités d'irrigation, du peuplement.

Tableau n° 3

	Culture traditionnelle	Culture intensive
Fumier	25 à 30 t enfoui longtemps à l'avance	25 à 30 t enfoui longtemps à l'avance
N	100	100 à 200
En fond sous forme sulfate. En couverture sous forme ammonitrate	30 à 40 à la plantation, le reste à la sortie de l'hiver	fractionné à la plantation et au printemps
P ₂ O ₅ (superphosphate)	100 à 150	100 à 200
K ₂ O (sulfate)	100 à 150	150 à 350
MgO	40 à 80	40 à 80

On pourra, si l'on observe des carences, faire des pulvérisations d'oligo-éléments.

En cas de carence marquée par absence de bore dans le sol, apporter du bore.

BIBLIOGRAPHIE

ADAM D., CULTURE DE L'AIL.
INVUFLEC, fiche technique, 1969.

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE.
BTI, n° 200, 1965.

GILLY G. et MOULINIER, FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.

INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER P., CULTURES MARAICHÈRES.
Ed. Baillière et fils, tome II, 1964.

MULLER B., LA FUMURE MINÉRALE DE L'AIL.
Journées de l'ail, 1966.

NIEL P. et PEYREMORTE P., L'IRRIGATION DE L'AIL.
Canal de Provence dans le Sud-Est, fiche technique, 1978.

VERGNIAUD P., TECHNIQUES CULTURALES DE L'AIL.
Journées nationales de l'ail, 1977.

ZUANG H., LA FUMURE DE L'AIL.
Journées nationales de l'ail, 1965.

ARTICHAUT

GÉNÉRALITÉS

C'est une plante assez épuisante, à végétation importante et à développement rapide. Son système racinaire puissant lui permet d'explorer un assez grand volume de terre. Cependant, les racines les plus actives se trouvent sur une profondeur relativement faible.

Les sols doivent être riches, profonds, drainant bien, car les racines pourrissent facilement. L'artichaut est exigeant en eau et s'accommode bien des sols salés.

Des carences en manganèse peuvent se manifester si la teneur en manganèse actif est inférieure à 25 mg/kg. **Coppenet** signale des carences de ce même élément sur sol granitique, dont le pH a été relevé par chaulage au-delà de 7 ; il préconise alors des pulvérisations sur le feuillage d'une solution à 0,5 % de sulfate de manganèse.

Des carences en cuivre sont à craindre en sols de limons en Bretagne, au-dessous de 10 mg/kg de cuivre. Dans ce cas, on peut fournir, selon **Coppenet**, 30 kg/ha de sulfate de cuivre.

Dans le plan de fumure, il faut tenir compte du type de culture annuelle ou pluriannuelle (en principe 3 ans).

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha					
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
• Selon Anstett - variété Gros Vert de Laon - récolte 28/7								
Feuilles + tiges	49,26	7,30	118	54	346	11	161	14
Capitules	23,9	4,16	80	34	108	2	33	14
Racines	9,1	2,16	31	16	24	1	14	3
TOTAL	82,26	13,62	229	104	478	14	208	31
Soit par tonne de capitules			10	4	20			
• Selon Coppenet								
Feuilles + tiges + drageons	60		180	90	300			
Capitules	12		36	18	60			
TOTAL	72		216	108	360			
Soit par tonne de capitules			18	9	30			

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<ul style="list-style-type: none"> • GARD Production automnale (essai de technique culturale, SEI Avignon)			
Avant plantation	95	105	220
En cours de végétation (fractionné au moment des irrigations et des binages)	300	70	200
TOTAL	395	175	420
<ul style="list-style-type: none"> • Fumure proposée par la société du Canal de Provence - culture automnale annuelle 			
En fond : fumier 30 t/ha ; avant plantation	75	150	150
En couverture	75		
<ul style="list-style-type: none"> • Région du BAS-RHÔNE et du LANGUEDOC Culture pluriannuelle (notice du Ministère de l'Agriculture « l'artichaut à l'irrigation »)			
<ul style="list-style-type: none"> • Année de plantation : – en fond : fumier 30 à 50 t/ha, superphosphate ou scories sulfate 		80	150
En l'absence de fumier, doubler les apports de P ₂ O ₅ et de K ₂ O			
– un mois après plantation : 15 g d'ammonitrate à 20 % par pied, soit 150 kg pour 10 000 pieds, soit	30		
– à la formation des capitules, en automne et au printemps : même apport d'azote	30		
– soit au TOTAL :			
avec fumier (30 à 50 t/ha)	60	80	150
sans fumier	60	160	300
En l'absence de fumier, il conviendrait, semble-t-il d'augmenter les quantités d'azote.			
<ul style="list-style-type: none"> • Deuxième année : – enfour à l'automne – en couverture 	40 30-60	80	150
<ul style="list-style-type: none"> • Selon G. Gilly et Moulinier 			
<ul style="list-style-type: none"> • Avant plantation • Fumure d'entretien : septembre fin décembre fin février 	140 70 70	100 60	240 210
TOTAL	280	160	450

Tableau n° 3. EXEMPLE DE FUMURE EN BRETAGNE

Type d'engrais	Quantité	Observations
• AVANT LA PLANTATION		
Fumier de vache	40-50 t/ha	Fumier de vache le plus courant - On trouve aussi du fumier de poule, dinde...
Scories + chlorure de potasse	1,5 t/ha 300-400 kg/ha	Amendements calcaires assez courants du type maërl (10-20 t/ha).
Ou engrais complet type 20.20.20 type 17.17.17	1,2 t/ha 0,7-1 t/ha	
• APRÈS LA REPRISE		
Engrais complet, s'il n'y pas eu d'apport avant la plantation, du type 17.17.17	1,5 t/ha	Parfois, aucun apport si la végétation est bonne, une bonne fumure ayant été apportée avant plantation.
Sulfate d'ammoniaque au pied	80-100 u/ha	
• ANNÉES SUIVANTES		
Deux formules possibles : • 1 ^{re} formule : - au débutage : engrais complet type 15.15.24 - 17.17.17 - 15.15.15 - 10.20.20 - après dédrageonnage : azote (sulfate d'ammoniaque) • 2 ^e formule : - au débutage : azote (ammoniate ou sulfate d'ammoniaque) - au buttage : engrais complet (type 15.12.24 - 12.20.18) ou mélange d'engrais simple (5.15.23)	600-900 kg/ha 50-80 u/ha 80-150 u/ha 1 t/ha	

FUMURE PRÉCONISÉE

Il convient, pour permettre un bon développement du système racinaire, d'effectuer un labour profond, au cours duquel on enfouira le fumier et la fumure minérale de fond.

En l'absence d'essai précis, et, compte tenu des exportations et du fait qu'une grande partie de celles-ci sont restituées au sol par enfouissement des déchets de culture, on peut préconiser, pour un sol bien pourvu :

- Fumier : 30-50 t/ha;
- N : 60-100 unités;
- P_2O_5 : 50-100 unités;
- K_2O : 200-300 unités.

Les apports d'azote ne doivent pas être trop importants en début de végétation, pour ne pas provoquer de retard; aussi préconise-t-on de fractionner ainsi :

- 1/3 après la reprise;
- 1/3 à la formation des capitules;
- 1/3 après la récolte des capitules.

En l'absence de fumier, on pourra doubler les doses des trois éléments.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE F et BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, n° 200, juin 1965.

CANAL DE PROVENCE (Sté), FICHE TECHNIQUE ARTICHAUT.
Sté du Canal de Provence, février 1965.

CASTELLAN B., LA CULTURE ANNUELLE DE L'ARTICHAUT DANS LE MIDI MÉDITERRANÉEN.
Bulletin des Engrais, n° 475, décembre 1964.

COPPENET M., LA FERTILISATION DE L'ARTICHAUT.
INVUFLEC, Journée d'information sur l'artichaut, Plougrescant, 6/11/70, pp 27-36.

FOURY C., L'ARTICHAUT.
BTI, n° 311, 1976, pp 415-432.

GILLY G. et MOULINIER H., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.
INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, L'ARTICHAUT A L'IRRIGATION
(région du Bas-Rhône et du Languedoc).

VERGNIAUD P., ESSAIS DE PRODUCTION AUTOMNALE DE L'ARTICHAUT.
INRA Avignon, nov. 1962.

ASPERGE

GÉNÉRALITÉS

Outre les exportations, quatre points dominent la fertilisation de l'asperge :

- **La physiologie du système racinaire :**

L'asperge est une **plante vivace**, donc caractérisée par des mécanismes physiologiques particuliers et, notamment, les racines ont à la fois un rôle d'absorption et d'organe de mise en réserve ; or, le système racinaire de l'asperge est particulièrement sensible aux parasites et au manque d'oxygène.

- **Le sol :**

Il doit répondre aux exigences du système racinaire et ses qualités physiques sont, de loin, plus importantes que ses qualités chimiques. C'est ainsi que sont exclus les sols asphyxiants ou ayant un plan d'eau qui risque de remonter au niveau des racines (on admet que le plan d'eau doit être toujours au-dessous de 0,80 m).

Enfin, l'asperge est tolérante à la salinité ; par contre, elle serait sensible aux carences en bore. Quant au pH du sol, il peut se situer entre 6 et 7,5 selon la nature physique des sols. C'est ainsi qu'en sol sableux, il devrait se situer au-dessous de la neutralité (6,5 à 6,8). Dans tous les cas, l'asperge tolère mal les pH inférieurs à 6.

- **L'eau :**

Pour commencer à produire, l'asperge exige un sol humide (mais sans excès) ; les besoins se manifestent dès que la plante assimile et jusqu'à la fin de l'automne.

En l'absence d'irrigation, les étés et les automnes secs sont suivis de chutes importantes de rendement.

EXPORTATIONS

(Voir tableau 1 page ci-contre)

Le tableau n° 1 montre, d'une part, que les résultats des auteurs français sont très proches, d'autre part, que les bas niveaux d'exportation du soufre et du magnésium ne signifient pas pour autant qu'il faille négliger leur importance.

CYCLE D'ABSORPTION ET RYTHME D'UTILISATION DES ÉLÉMENTS

Les besoins les plus importants se situent après la récolte, de juin à juillet, indépendamment des conditions climatiques.

Pendant la récolte, les racines assurent à elles seules la production des turions. Elles perdent, pendant cette période, le double des quantités de sucre nécessaire à la production de toute la matière carbonée de la récolte. Elles perdent également du potassium, du phosphore et du sodium, approximativement en même quantité que l'on trouve dans les turions. Par contre, on n'enregistre aucune perte en azote. On pense que les racines absorbent durant cette période de l'azote et du calcium.

Tableau n° 1. EXPORTATIONS

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
• Selon Anstett asperge blanche - estimations, étude de synthèse - rendement 6 t/ha						
Système souterrain	30	16	40			
Système aérien	30	10	40			
Turions	26	8	26			
TOTAL	86	34	106			
• Selon Remy et Weisk (Allemagne, 1926) asperge blanche - moyenne entre culture jeune et culture en déclin						
	102	27	88	68		
• Selon Kaufmann (Allemagne) asperge verte						
• 6 ^e pousse - production de substance fraîche : 4 535 kg/ha	102,9	49,8	122,8	86,2	8	
• 7 ^e pousse - production de substance fraîche : 6 474 kg/ha	154,4	43,1	192,8	122,4	12,8	
• Moyenne de culture en exploitation	138	51	188	139	10	
• Selon Lubet Asperge blanche - Landes - 1974 - estimations						
Racines	34	7	32	5,5	1,65	
Système aérien	26	5	21	21	2,5	4
Turions	16	5	15	2,8	0,85	2
Moyenne sur 5 ^e , 6 ^e , 7 ^e pousses (avec rendement 5 t de turions)	76	17	68	29,3	5	6
• Selon Buron et Depardon (1947)* 7 000 plants/ha - récolte brute 5 700 kg						
Système aérien	40	9,80	43,2	34,4	5,6	5,4
Production de baies	7,66	2,44	5,68	0,46	0,59	1,06
Turions	14,70	4,77	15,7	1,41	0,84	2,29
TOTAL	62,36	17,01	64,58	36,27	7,03	8,75

* Les immobilisations par le système souterrain n'ont pas été retenues par les auteurs.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, ÉPOQUE ET TECHNIQUE D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

1. AZOTE

● Quantité

Les essais conduits en France sur différents types de sol et à l'étranger démontrent que des doses importantes ne sont pas nécessaires, et qu'au-delà d'un certain seuil elles peuvent être néfastes, ainsi que le montre le tableau suivant :

Tableau n° 2

RÉSULTATS DE L'ESSAI « FERTILISATION AZOTÉE/IRRIGATION »
conduit en sol limono-argileux - INVUFLEC/Balandran, 1972-1975, Gard
EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE
(moitié avant récolte, moitié après récolte)

Traitements	Rendement total cumulé t/ha				Moyenne	Indice
	1972	1973	1974	1975		
● Calibre supérieur à 10 mm						
1. 60 u/ha	2,00	6,66	5,30	5,67	4,91	100 %
2. 120 u/ha	2,05	6,28	5,03	5,57	4,73	96 %
3. 240 u/ha	1,93	6,09	4,80	5,41	4,55	93 %
4. 480 u/ha	1,81	5,76	4,70	5,12	4,35	89 %
● Calibre supérieur à 16 mm						
1. 60 u/ha	1,8	6,21	4,72	4,46	4,28	100 %
2. 120 u/ha	1,8	5,77	4,33	4,29	4,04	94 %
3. 240 u/ha	1,7	5,61	4,14	4,13	3,89	91 %
4. 480 u/ha	1,6	5,20	4,10	3,82	3,65	86 %

● Forme

Bien que l'azote organique (corne, sang desséché, etc.) permette une alimentation plus souple, on lui préférera les formes minérales, pour des problèmes phytosanitaires. En effet, les fumures organiques d'origine animale favorisent le rhizoctone violet.

Parmi les formes minérales, on retiendra les nitrates et ammonitrates, de préférence aux sulfates.

● Epoque d'apport

Les meilleurs résultats, tant en France qu'à l'étranger, ont été obtenus avec des apports fractionnés ou après récolte, ainsi que l'indiquent les tableaux suivants :

Tableau n° 3

ESSAI CONDUIT PAR LA CHAMBRE D'AGRICULTURE
DE LOIR-ET-CHER (G.D.A. DE CONTRES)
EN CULTURE NON IRRIGUÉE (moyenne de 4 répétitions)

Epoque d'apport de l'azote (sous forme ammonitrate)	Rendement en g/plante		
	1971	1972	1973
150 unités avant récolte	421	366	447
75 unités avant récolte 75 unités en juin	436	405	504
50 unités avant récolte 50 unités en juin 50 unités en juillet	413	374	447
150 unités fin juin	438	449	552

Tableau n° 4

ESSAI CONDUIT EN SOL SABLEUX A GRUBBENVORST (Pays-Bas)
avec 200 unités d'azote

	Résultats en indice		
	Fertilisation avant récolte	Fertilisation 1/2 avant récolte 1/2 après récolte	Fertilisation après récolte
1948	100	99	105
1949	100	114	113
1950	100	111	102
1951	100	107	108
1952	100	114	107

Cependant, en l'absence d'irrigation, on tiendra compte du climat; d'autre part, les apports trop tardifs sont à proscrire, car ils peuvent provoquer un départ des bourgeons en fin de cycle.

2. PHOSPHORE

Son rôle est mal connu; il aurait une influence sur la qualité des turions, en diminuant la fibrosité. On l'apporte sous forme de fumier, à raison de 50 à 60 t/ha en fumure de fond, à laquelle on ajoute 100 unités d'acide phosphorique du type superphosphate ou scories. En fumure annuelle on apporte 40 à 50 unités, sous forme également de superphosphate ou de scories; cette dernière forme est plus riche en calcium que les superphosphates et apporte en outre du magnésium et du bore.

3. POTASSIUM

L'ensemble des travaux effectués permet de préconiser des apports annuels de l'ordre de 180 unités. Par contre, la forme à apporter a été largement débattue quant à l'action sur le goût des turions. Mais, dans l'ensemble, le chlorure de potasse est à préférer. En effet, les sulfates donneraient une légère amertume. Quant aux nitrates, leur dosage (13 % N et 45 % K_2O) ne les prédestine pas à une fertilisation équilibrée pour l'asperge. Cependant, dans certains cas, leur solubilité peut être un atout intéressant.

Outre la fumure de fond, les apports se feront aux mêmes périodes que l'azote, c'est-à-dire, soit tout après récolte, soit 50 % avant et 50 % après.

4. CALCIUM

Selon des travaux belges, l'équilibre Ca/P aurait une grande influence sur les rendements; le meilleur rapport serait de l'ordre de 3/1.

5. BORE

On considère de plus en plus que cet élément a un rôle important dans l'alimentation de l'asperge, bien que celle-ci n'extériorise pas les carences de façon évidente. Certains auteurs attribuent le dessèchement des jeunes pousses à une déficience en cet élément. D'autre part, les références connues placent l'asperge parmi les plantes exigeantes (plus de 0,5 ppm de bore dans le sol et une teneur inférieure à 43-55 ppm dans les parties aériennes serait considérée comme déficiente; la teneur normale étant de 55 à 130 ppm).

En cas de carences réelles, on peut apporter 35 kg de Boracine à l'ha pour 3 ans.

En cas de carences induites, il convient de chercher la cause qui peut, en outre, être un chaulage excessif, la sécheresse, etc.

6. MAGNESIUM

L'asperge extériorise difficilement une carence magnésienne typique. Pourtant, la plupart des sols sableux sont déficients en cet élément, mal retenu.

Quoique les exigences soient mal définies, **Kaufmann** conseille l'apport annuel de 50 unités de MgO . Selon **A. Franken**, des essais allemands auraient montré que le développement de l'asperge dépendait du taux de magnésie dans le sol.

En dehors de son rôle essentiel dans la synthèse de la chlorophylle, le magnésium interviendrait pour la mise en réserve des hydrates de carbone. Cette phase est importante dans la vie de l'asperge.

Il est donc nécessaire d'entretenir, ou plus souvent d'enrichir, le sol en cet élément par des apports, soit de sulfate de magnésie, soit de patentkali, à raison de 80 unités pour 3 ans.

7. FER

Selon **Knott**, l'asperge est considérée comme exigeante en fer. La teneur du sol devrait être supérieure à 0,5 ppm de cet élément.

8. ZINC

Selon **Knott**, l'asperge répondrait favorablement à des apports de zinc au sol et sur le feuillage.

9. SODIUM

Le sodium interviendrait favorablement dans la balance ionique des éléments nutritifs du sol.

L'asperge réagirait favorablement à cet élément. A l'appui de résultats d'expérimentation, certains auteurs préconisent l'emploi d'engrais à base de sodium (type nitrate de soude $\text{NO}_3 \text{Na}$).

FUMURE PRECONISEE

(pour une aspergeraie de 10 000 à 12 000 griffes/ha et pour un sol normalement pourvu)

1. AVANT PLANTATION

- Un amendement calcaire bien dosé en fonction de la nature des sols.
- Quel que soit le sol, un apport de 50 à 60 t/ha de fumier, ou l'équivalent en gadoue ou en engrais vert, mais attention de ne pas utiliser de trèfle ou de luzerne, car ces plantes hébergent le rhizoctone violet. Par contre, on peut utiliser les plantes suivantes : féverole d'hiver ou de printemps, colza de printemps, siletta, etc. Si on utilise un engrais vert, faire un apport de 60 à 80 unités d'azote minéral.

Une fumure minérale de fond représentant :

- P_2O_5 : 100 u/ha;
- K_2O : 100 u/ha.

2. FUMURE D'ENTRETIEN

Tableau n° 5

	N	P_2O_5	K_2O	Epoque d'épandage
• PHASE D'IMPLANTATION				
1 ^{re} année	30-50	0	0	Fin juin à mi-juillet
2 ^e année	60-80	60	100	Avril à juillet
• PHASE DE PRODUCTION				
	100-120	60	100-150	<ul style="list-style-type: none"> • P_2O_5 hiver ou printemps • N et K_2O tout après récolte ou 50 % avant récolte 50 % après récolte

• Forme des engrais :

Azote sous forme de nitrate de soude, nitrate de chaux, ammonitrate, selon les sols,

Potassium sous forme de chlorure,

Phosphore : superphosphate ou scories.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., FERTILISATION DE LA CULTURE D'ASPERGE

C.R. Journées internationales de l'asperge, Blois, 1963.

ANSTETT A., LES CONSIDÉRATIONS AGROPÉDOLOGIQUES DE LA CULTURE DE L'ASPERGE

PHM, octobre 1969.

BRASHER, DÉTERMINATION DES BESOINS FERTILISANTS DE L'ASPERGE A PARTIR DES ANALYSES DE TISSUS (Establishing fertilizer requirements for asparagus through tissue analysis).

American Soc. Hort. Sc., vol. 73, 1959.

BROWN, LAWTON, CAROLUS, UTILISATION D'APPORTS PHOSPHATÉS PAR L'ASPERGE (Utilization of applied phosphorus by asparagus spears)

Soil Science, XCII, 1961.

BROWN et CAROLUS, DÉTERMINATION D'UNE FERTILISATION PRATIQUE EN FONCTION DES EXIGENCES DE L'ASPERGE (An evaluation of fertilizer practice in relation to nutrient requirement of asparagus)

Proceedings American Soc. Hort. Sc., vol. 86, 1965.

BURON et DEPARDON, LA FUMURE DE L'ASPERGE

Annales Agronomiques Françaises, tome XVII, 1947.

CAROLUS, DISTRIBUTION ET REDISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LES LÉGUMES BISANNUELS ET PLURIANNUELS (Distribution and redistribution of nutrients in perennial and biennial vegetables)

XVI^e congrès international d'horticulture, Bruxelles, 1962, vol. 2.

CESAR G., EFFET SUR LA VÉGÉTATION DE L'ASPERGE DE LA MODIFICATION DU RAPPORT ANIONS SUR CATIONS DANS L'ALIMENTATION MINÉRALE

Revue Horticole Suisse, vol. 53, n° 6, juin 1980.

FRANKEN, LA CULTURE DE L'ASPERGE (De teelt van asperge)

Bemesting Mededeling, n° 40, janvier 1968.

GHISLENI, LA FERTILISATION DE L'ASPERGE (La concimazione nell'asparago)

Riv. Ortoflorofrutticol. Italiana, 36 (7-8), juillet-août 1952.

GHISLENI, ESSAI D'UNE DURÉE DE SEIZE ANS SUR LA FERTILISATION LOCALISÉE DE L'ASPERGE (Risultati di un'esperienza sedennale di concimazione localizzata all'asparago)

Ann. Acad. di Agri. di Torino, 1966-1967.

GROS, GUIDE PRATIQUE DE LA FERTILISATION

La Maison Rustique, 6^e édition.

HUNG L., RECUEIL DE BIBLIOGRAPHIE ANNOTÉE SUR L'ASPERGE (Annotated bibliography on asparagus)

Department of Hort, National Taiwan University, Taipei.

INVUFLEC, L'ASPERGE, monographie, 1977, 212 p.

KAUFMANN F. et KAUFMANN H.G., LA FERTILISATION DE L'ASPERGE VERTE

(Zur Nährstoffversorgung von grünpargel)

Wissensch. Zeitschr. Humbolds Univ. Berlin, 1967.

KAUFMANN F. et KAUFMANN H.G., INDICATIONS SUR LA FERTILISATION MINÉRALE EN CULTURES D'ASPERGE (Hinweise zur mineralischen Düngung im Spargelanbau)

Deutsche Gartenbau, 1967.

KAUFMANN F. et KAUFMANN H.G., LA FERTILISATION ORGANIQUE DES CULTURES D'ASPERGE (Die organische Düngung von Spargelanlagen)

Deutsche Gartenbau, 1970.

KNOTT, HANDBOOK FOR VEGETABLE GROWER

Ed. J. Wiley, USA, 1956.

LUBET et JUSTE, INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PLANTATION ET DE LA FERTILISATION D'ENTRETIEN AZOTÉE ET POTASSIQUE SUR LA PRODUCTION D'UNE ASPERGERAIE ÉTABLIE EN SOL SABLEUX DES LANDES

C.R. Acad. Agri. de France, tome 60, 1974.

ROORDA VAN EYSINGA, LES CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA FERTILISATION DE L'ASPERGE (Huidige inzichten, over de bemesting van asperge, een merkwaardig groentegewas)

Kali, n° 44, mai 1960, édition NV Nederlandsche Kali-import, Mij. Amsterdam.

SUAD de Loir et Cher,

C.R. d'essais sur l'asperge.

THICOIPÉ J.P., ADAM D., ZUANG H., INFLUENCE DE L'IRRIGATION ET DE LA FUMURE AZOTÉE MINÉRALE SUR UNE ASPERGERAIE

INVUFLEC, C.R. d'expérimentation 1970-1975, n° 370/19, déc. 76.

VAN BAKEL et KERSTENS, FLÉTRISSEMENT APICAL DES POUSSÉES D'ASPERGE (Top Wilting in asparagus)

Neth. J. Plant. Path., 1971.

VAN NERUM, ÉTUDE DE L'APTITUDE DES SOLS A LA CULTURE DE L'ASPERGE (Studie van de Bodemgeschiktheid voor de aspergeteelt)

Agricultura, juin 1966.

WORKING E., FACTEURS PHYSIQUES ET CHIMIQUES INFLUENÇANT LA CROISSANCE DE L'ASPERGE (Physical and chemical factors in the growth of asparagus)

University of Arizona, Expt. Tech. Bull., 5, 1924, pp 87-124.

X., CARENCE EN BORE : DÉFICIENCES, PRÉVENTION ET TRAITEMENT (Deficiency boron its prevention and cure)

Borax Carlisle Place, London.

AUBERGINE

GÉNÉRALITÉS

Il existe peu de renseignements sur l'aubergine, cependant, d'une façon générale, ses exigences en sol sont voisines de celles de la tomate, mais supérieures pour le climat.

L'optimum de salinité est voisin de celui de la tomate (0,5 à 0,6 mS). L'aubergine s'adapte à des sols de pH variant de 5,5 à 8.

Cette espèce est sensible aux carences magnésiennes et il se peut qu'elle ait les mêmes sensibilités que la tomate vis-à-vis du zinc, du fer, du bore et du molybdène.

Notons que la fertilisation de l'aubergine doit tenir compte du fait que cette plante peut être cultivée en plein champ ou sous serre, qu'elle peut être greffée sur tomate, ce qui modifie son absorption en éléments fertilisants, que la culture peut être conduite en sol ou sur substrat (balle de paille, pouzzolane, etc.), ce qui transforme aussi l'efficacité des éléments fertilisants.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (selon Cornillon).

Exportations établies à partir d'une analyse faite sur une culture d'aubergine de printemps sous serre (INVUFLEC, Balandran, 1971).

Rendement en fruits	Exportations totales, en kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
51 t/ha	355	77	378	42

RYTHME D'ABSORPTION

Tableau n° 2. RYTHME D'ABSORPTION (selon Cornillon).

Rythme d'absorption établi à partir d'une analyse faite sur une culture d'aubergine de printemps sous serre (INVUFLEC, Balandran, 1971).

Dates	Éléments, en kg/ha			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
18 mars	1,5	0,35	1,5	0,18
24 mai	120	40	210	17
28 juin	355	77	378	42

La plus forte absorption se situe pendant la récolte.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, ÉPOQUE, TECHNIQUE D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Azote

Il faut, sous serre, empêcher un départ en végétation important ; pour cela, il faut éviter l'excès d'azote et ceci d'autant plus lorsque l'aubergine est greffée sur tomate. Selon une étude russe sur aubergine de plein champ, la formation des fruits est moins bonne avec une fumure azotée trop élevée, mais des apports complémentaires d'azote améliorent la fructification.

Ainsi, l'azote sera fractionné et on évitera surtout les apports entre la plantation et la nouaison des premiers fruits. Le niveau se situe entre 150 et 400 unités, selon le type de culture.

Phosphore

Selon **Toderi**, le phosphore favorise la floraison.

Potassium

Selon le même auteur, le potassium favoriserait la nouaison.

Magnésium

L'aubergine est sensible à la carence en cet élément.

Matière organique

Le fumier est valable pour cette culture, mais, afin d'éviter un excès d'azote, il faut l'enfourir au moins trois mois avant plantation. On utilise pour cela un fumier bien décomposé, à raison de 50 à 80 t/ha sous serre, et 40 à 50 t/ha en plein champ.

Action de l'irrigation

Dans un essai de l'INRA (**Hafeez**), 3 fréquences d'irrigation ont été étudiées (5 fois par semaine, 2 fois par semaine et tous les 10 jours). Les meilleurs résultats en nombre et en poids de fruits ont été obtenus avec 5 arrosages par semaine.

H. Zuang, J.-P. Thicoipé et J. Odet (Balandran, 1976), sur culture sur pouzzolane en plein air, ont étudié l'influence de trois niveaux d'irrigation fertilisante. Le traitement le plus arrosé a donné les meilleurs résultats en rendement précoce et final, mais n'a pas eu d'action sur le poids moyen des fruits.



EXEMPLES DE FUMURE**1. CULTURES SOUS SERRE****Tableau n° 3 :**

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Selon INRA Avignon			
Fumure de fond	100	200	200-250
En couverture	100		100
TOTAL	200	200	300-350
La fumure de couverture est apportée en début de cueillette.			
• Selon Dubois (SAS Rennes)			
Avant plantation		225	250
En cours de culture (une à deux fois par mois)	170-230		
TOTAL	170-230	225	250

2. CULTURE DE PLEIN CHAMP**Tableau n° 4 :**

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Selon Lauzonnier			
	95	130	250
• Selon G. Gilly - aubergine de printemps-été			
Avant plantation		100	180
Après reprise, en localisation	60		
Après nouaison 1 ^{er} bouquet	130	100	180
Après récolte 1 ^{er} bouquet	100	100	140
À la nouaison 3 ^e bouquet	60	50	90
TOTAL	350	250	590
• Selon CTIFL Balandran			
• Fumier : 25 t			
• Fumure minérale	170 (en 2 fois)	100	150 (en 2 fois)

FUMURE PRÉCONISÉE

1. EN SOL

Tableau n° 5 :

	Serre pour 5 à 7 kg/m ²	Plein champ pour 30 à 40 t/ha
Fumier 3 mois avant plantation	60-80 t/ha	30/40 t/ha
N fractionné	300-400 u/ha★	150-180 u/ha
P ₂ O ₅ en fond	120-180 u/ha	100-150 u/ha
K ₂ O fractionné comme pour N	400 u/ha	180-250 u/ha
MgO en fond	80 u/ha	40-80 u/ha

★ 0 à 100 à la préparation du sol, suivant sa richesse, le reste en 3 ou 6 fois, à partir de la cueillette des premiers fruits.

En serre, les cultures de printemps prolongées jusqu'en automne donnent des rendements pouvant dépasser 10 kg/m² ; dans ce cas, les apports d'azote et de potasse peuvent atteindre 500 à 600 unités/ha.

2. SUR SUBSTRAT

- **Pouzzolane**

Solution type Coïc-Lesaint (serre ou plein champ ; cf. chapitre « Irrigation fertilisante », page 61).

- **Balles de paille (technique INVUFLEC)**

Pour limiter les risques d'accident dus au *Verticillium*, il est possible de cultiver l'aubergine sur balles de paille.

- **Balles semi-enterrées :**

A l'emplacement des lignes de plantation, on ouvre une tranchée permettant d'enterrer les balles sur la moitié de la hauteur.

- **Balles non enterrées :**

Celles-ci sont posées sur le sol et isolées de celui-ci par un film plastique. Pour des raisons de commodité de travail, il est conseillé de disposer la culture en rangs jumelés. Ceux-ci sont constitués de deux lignes de balles, distantes entre elles de 20 à 30 cm, et placées sur le même film. Pour limiter la dessiccation de la paille, les bords externes du film sont relevés jusqu'aux deux tiers de la hauteur des balles et maintenus par un fil de fer.

Quelle que soit la disposition des balles, la réussite de la culture est conditionnée par une bonne fermentation initiale de la paille. Pour ce faire, il est conseillé d'apporter, par balle de 25 kg, la fertilisation suivante :

- ammonitrate 33 % : 330 g ;
- superphosphate 45 % : 290 g ;

- nitrate de potasse 13-44 % : 500 g ;
- sulfate de magnésie : 110 g ;
- sulfate ferreux : 80 g.

Ces engrais sont dissous et entraînés à l'intérieur de la paille par les arrosages destinés à mouiller abondamment celles-ci. En quatre à six jours la température à l'intérieur des balles doit monter aux environs de 45 °C, pour descendre ensuite et se stabiliser entre 25 et 30 °C. Dès que la température des balles atteint 35 °C, il faut les recouvrir de 10 cm de terre légère préalablement désinfectée, dans laquelle l'on disposera les jeunes plants.

BIBLIOGRAPHIE

CORNILLON P. et LEG J.-P., L'AUBERGINE : INFLUENCE DE LA NATURE DU SUBSTRAT SUR LE COMPORTEMENT DE LA PLANTE. INRA Avignon, Ann. Agronomie, 1975, 26 (5).

GAUTIER B., L'AUBERGINE.

Bas-Rhône-Languedoc, fiche n° 3, 1975.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.

INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

INRA Avignon, INVUFLEC, CETA des Bouches-du-Rhône et du Gard, PRODUCTION DE L'AUBERGINE DANS LE SUD-EST.

PHM, mars 1974.

INRA/SEI,

INRA/SEI, fiches bibliographiques : M4 aubergine 341 et M4 aubergine 3240.

INVUFLEC, PRODUCTION DE L'AUBERGINE EN SERRE.

INVUFLEC, note technique serre n° 4, 1970.

LAUMONNIER, CULTURES MARAICHÈRES.

Edition Baillièrè, tome III, 1964.

MUSARD M., WACQUANT C. et ODET J., PRODUCTION D'AUBERGINE EN SERRE EN CULTURE HORS SOL.

INVUFLEC, C.R. d'essai n° 421/74, avril 1979.

THICOIPÉ J.-P., ZUANG H., COPET B., ODET J., CULTURE DE TOMATE ET D'AUBERGINE SUR BACS DE POUZZOLANE - DIFFÉRENTS NIVEAUX D'IRRIGATION ET DE FERTILISATION.

INVUFLEC, C.R. d'essai n° 413/23, novembre 1978.

ZUANG H., THICOIPÉ J.-P. et ADAM D., CULTURES MARAICHÈRES SUR POUZZOLANE : BILAN DE 15 ANNÉES D'ESSAIS DE CULTURES SEMI-FORCÉES ET DE PLEIN AIR SUR POUZZOLANE.

CTIFL/INVUFLEC, mai 1979.

BETTERAVE ROUGE

GÉNÉRALITÉS

Cette espèce est exigeante en matière organique et en azote, mais leur excès provoque une végétation importante au détriment de la coloration et de la qualité des racines.

Laumonier cite les essais de Hester, Parker et Zimmerley, sur le pH du sol :

- de pH 5,8 à 7, les rendements sont sensiblement les mêmes ;
- par contre, les rendements sont inférieurs à pH 5.

Notons aussi que les chaulages récents favorisent les nécroses externes de la racine, généralement dues à une carence en bore.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett)
Variété : Noire Plate d'Egypte. Date de récolte : 14/10

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha					
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	35	2,95	102	33	238	44	61	25
Racines	65,1	8,2	173	83	334	16	23	37
TOTAL	100,1	11,15	275	116	572	60	84	62

ACTION DE LA FUMURE AZOTÉE

Au cours de deux années d'essais, Gerst et Stengel (INVUFLEC) ont montré :

— qu'en l'absence d'une pluviométrie suffisante, on n'obtient aucune différence de rendement entre :

N 90

N 90 + 50

N 90 + 100

N 90 + 150;

— grâce à l'irrigation, il est possible d'obtenir une augmentation de rendement par une fumure azotée en couverture 2 à 2 mois et demi après le semis, en complément à la fumure mise à la préparation du sol. Toutefois l'apport total d'azote doit être compris entre 150 et 200 unités; au-delà la qualité diminue (baisse de l'indice réfractométrique, mauvaise présentation, mauvaise coloration interne, goût désagréable).

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	BORE
• Région de la VALLÉE DE LA LOIRE				
	100-200 dont 50 % en cou- verture	70-100	150-200	Borax 35 kg au semis
• Région des COSTIÈRES DU GARD				
Outre le fumier	100 en fond + 50 en cou- verture	120-150	200	Boracine 20 kg/ha

FUMURE PRÉCONISÉE

- Apporter une fumure organique de 30 à 40 t/ha de fumier.
- A la préparation du sol, avant semis, apporter :
 - N : 40 à 80 unités, suivant nature du sol (40 sol filtrant - 80 sol normal);
 - P₂O₅ : 100 à 120 unités;
 - K₂O : 250 à 300 unités, suivant le stade de récolte (dose faible, récolte avant maturité - dose forte, récolte à maturité);
 - bore : 3 unités, soit par exemple 20 kg/ha de Boracine.
- Apport d'azote en couverture, 2 à 2 mois et demi après semis : 100 à 120 unités.
- Apport de bore en couverture (1 % de Solubor aminé), en même temps que l'azote si la photosynthèse est ralentie (ciel couvert, période chaude et sèche).

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE. BTI, n° 200, 1965.

GAUTIER B., LA BETTERAVE POTAGÈRE
Bas-Rhône-Languedoc, fiche technique.

GERST J.J. et STENGEL B., FERTILISATION AZOTÉE DE LA BETTERAVE ROUGE.
INVUFLEC/Station Expérimentale d'Alsace, C.R. d'essais de 1973 et 1974.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DU HAUT-RHIN.
Fiche technique.

CARDON

GÉNÉRALITÉS

Laumonnier recommande des sols profonds, riches en humus. Les sols calcaires ou de mauvaise qualité physique, poursuit cet auteur, donnent des cardes creuses ou dures; il en est de même si le pH est supérieur à 8,5.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett)
Variété : Plein Blanc inerme. Date de récolte : 3 octobre.

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha					
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	23,6	3,57	136	67	184	9	60	21
Cardes	71,14	5,04	93	55	416	25	84	20
Racines	11,18	2,42	39	36	131	5	30	18
TOTAL	105,92	11,03	288	158	731	39	174	59

EXEMPLES DE FUMURE

• Des essais effectués par le CETA de Charly-Chaponost ont confirmé que le cardon est une plante exigeante. Dans un sol silico-argileux, humifère, neutre (pH 7), de richesse moyenne en potasse et en acide phosphorique, les meilleurs résultats ont été obtenus avec la fumure suivante :

Tableau n° 2

Stade de la plante	N (sous forme perlurée)	P ₂ O ₅	K ₂ O (50 % sous forme de chlorure, 50 % sous forme de sulfate)
• Avant semis	80	200	660
• 20 cm	80		
• 50 cm	80		
• 1 m	80		
TOTAL	320	200	660

- Exemple de fumure selon Gilly :

Tableau n° 3

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
● Avant plantation		100	140
● A la reprise	30		
● Octobre	60		90
● Décembre	100		
● Début mars	60	50	220
● Fin avril	30		90
TOTAL	280	150	540

- Certains auteurs préconisent l'irrigation fertilisante.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, n° 200, 1965.

CETA DE CHARLY-CHAPONOST, ETUDE SUR LA PRODUCTION ET LA COMMERCIALISATION.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes, fiches non publiées.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. J.-B. Baillièrè, 1964.

CAROTTE

GÉNÉRALITÉS

Cette plante craint la salinité autant que le haricot, et presque autant que la fraise (cf. page 161) et elle est sensible aux carences en oligo-éléments.

Il lui faut un sol meuble et souple pour éviter des racines fourchues.

EXPORTATIONS

Les techniques de production étant très diverses, les chiffres fournis sont très variables. Aussi, pour pouvoir les comparer, le tableau 1 donne les exportations ramenées à un rendement de 30 t/ha.

(Voir tableau 1 page suivante)

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, ÉPOQUE ET TECHNIQUES D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. L'AZOTE

Cet élément agit sur le rendement et la qualité, mais cette action dépend de la période d'apport et de la quantité. Elles-mêmes sont liées aux types de production.

● Action sur la qualité :

Au-delà de 100 kg, on a une augmentation du taux d'azote dans les racines et des risques de formation de nitrite (dangereux pour les enfants). Les apports précoces favorisent la teneur en carotène, alors que les apports tardifs permettent de conserver un feuillage vert (ce qui facilite la récolte mécanique). De plus, l'azote accélère le passage de la coloration jaune au rouge. Enfin, cet élément, à dose moyenne, est un facteur de conservation, comme le montre le tableau 2, tiré des travaux de **Mappes**.

Tableau n° 2. RELATION ENTRE L'AZOTE ET LA CONSERVATION
(d'après **Mappes**)

Apport d'azote en unités/ha	% de perte en cours de conservation
30	20,8
60	16,8
90	17,5
150	25,3
200	27,5

**Tableau n° 1. EXPORTATIONS DE LA CAROTTE
EN ÉLÉMENTS FERTILISANTS**

Auteurs	Rendement réel en t/ha	Exportation en kg pour le rendement réel						Exportation en kg pour 30 t racines				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Wenker	9	14,5	9	45				48,3	30	150	120	
Becker	30 racines	95	40	150	120			95	40	150	120	
Dillinger	40 racines	125	71	271	154							
Denaiffe et Dumont	1	3,8	1,9	8,3	3,5			114	57	249	105	
Penningsfeld	30	155	59	215	235	30		155	59	215	30	
National Cannors association	15,5 feuilles 34,5 racines 50 TOTAL	78,3 67,1 145,4	11,1 22,3 33,4	139,8 72,7 212,5				58,3	19,3	63,2		
Mester et Sheldon	22 feuilles 45 racines 67 TOTAL	111,9 102,9 214,8	11,1 31,3 42,4	223,8 93,9 317,7	234,9 24,6 259,5	11,1 12,3 23,4		68,6	22,6	209,2	173	15,6
University of California	6,7 feuilles 34,5 racines 41,2 TOTAL	24,6 36,9 61,5	7,8 30,2 38,0	33,5 112,0 145,5				32	33	127,3		
Anstett (Var. Carotte de Nancy)	27,4 feuilles 54,1 racines 81,5 TOTAL	56 84 140	35 60 95	298 279 577	61 29 90	17 6 23	14 14 28	46	33	154	16	3
Anstett (Var. Touchon)	12,4 feuilles 59,1 racines 71,5 TOTAL	71 120 191	23 70 93	154 277 431	63 36 99	14 21 35	4 15 19	60	35	140	18	10
S.A.S. (Carotte Primeurs Nantes)	15 feuilles 50 racines 65 TOTAL	43 70 113	13 42 55	125 298 423	60 31 91	8 10 18		42	25	120	55	16

● **Action sur le rendement :**

Bottscher et Ziegler ont essayé des doses de 0 à 320 kg/ha d'azote ; dans cet essai, au-delà de 80 kg/ha, on a surtout une augmentation du feuillage et le taux de carotène diminue.

Dans les essais de **Greenwood**, pour des doses variant de 55 à 440 kg/ha, le maximum de développement se situait à 220 kg/ha d'azote, mais le maximum de racines était obtenu à la dose de 110 kg ; au-delà, les racines fendues augmentent, et, dès 130 kg, l'effet est dépressif.

● **Quantité à apporter :**

- En culture maraîchère :
 - pour un semis de printemps et une récolte en juin : 80 unités/ha ;
 - pour un semis d'été et une récolte en début d'automne : 60 unités/ha.

- En culture de plein champ : 100 unités/ha.

Mais, ces quantités peuvent varier de quelques unités selon les variétés.

● **Formes à apporter :**

Ammonitrate, nitrate de potasse ou nitrate de sodium (*cf.* plus loin l'action du sodium).

● **Epoques d'apport :**

Les apports fractionnés donnent toujours de meilleurs résultats, comme l'ont démontré certains essais. Ainsi, **Faber** a comparé les fractionnements suivants :

1. 50 % au semis - 50 % en couverture ;
2. 1/3 au semis - 2 apports d'1/3 en couverture ;
3. 1/5 au semis - 2 apports de 2/5 en couverture (20 % + 40 % + 40 %).

Notons enfin que les 6 à 7 premières semaines les besoins sont très faibles.

● **La carence en azote :**

Elle se manifeste par une végétation plus faible ; le feuillage devient vert clair, les feuilles jaunissent puis rougissent et disparaissent précocement.

2. LE PHOSPHORE

Un apport en sol pauvre accroît les rendements ; en sol bien pourvu on apporte 80 à 110 unités/ha.

Les carences en cet élément donnent une végétation chétive ; les feuilles deviennent violet foncé et meurent.

3. LE POTASSIUM

Son action sur les rendements et la qualité est très controversée. En effet, au-delà de 190 à 200 unités des effets dépressifs ont été observés. Mais, compte tenu des exportations, on préconise souvent 200 à 300 unités/ha (soit 4 à 5 kg de potasse par tonne de racines produites).

Les effets dépressifs observés peuvent être dus à plusieurs causes :

- la carotte étant sensible aux carences magnésiennes, celles-ci peuvent être induites par de trop forts apports de potasse ;
- un apport trop important peut augmenter le taux de salinité ; notons que les essais de **Schuphan** ont démontré que les engrais à base de chlorure réduisaient le taux de protéine et de carotène par rapport aux formes sulfatées.

Ainsi, la fumure potassique exige la connaissance des teneurs relatives de potasse et de magnésie dans le sol et le fractionnement des apports (sulfate en fond, nitrate de potasse au semis et en couverture).

Les carences provoquent un port ramassé et un enroulement des feuilles, dont les plus âgées portent des brûlures marginales.

4. LE MAGNÉSIUM

Une carence magnésienne provoque une chlorose légère sur les jeunes feuilles et très marquée sur les feuilles âgées, qui peuvent se dessécher. Cependant, un excès peut être toxique. Selon la *Cofaz* (Compagnie Française de l'Azote), il y a carence si l'analyse donne :

- pour un sol sableux : un taux de MgO de 0,042 ‰;
- pour un sol limoneux : un taux de MgO de 0,1 ‰.

5. LE BORE

Cette carence semble être très fréquente et se manifeste par une croissance réduite des feuilles qui deviennent couleur orange. D'autre part, les racines sont de mauvaise qualité, les carottes ont une couleur brune. La sécheresse accentue la carence en bore.

D'après la *Cofaz*, il y a un risque de carence au-dessous de :

- en sol acide : 0,3-0,4 ppm de bore;
- en sol non calcaire à pH 7 : 0,6-0,7 ppm de bore;
- en sol calcaire : 1 ppm de bore.

Pour les Américains, la teneur normale en bore des feuilles de carotte doit se situer entre 32 et 200 ppm; au-dessous de 18 ppm il y a carence, mais ce chiffre est variable selon les variétés.

● Remèdes :

Apporter 1 à 3 kg de bore à l'ha, ou pulvériser sur feuillage du Solubor. Une telle pulvérisation aurait également pour effet de lutter contre la pourriture grise qui apparaît en cours de stockage.

Notons que la carotte est tolérante aux excès de bore.

6. LE SODIUM

La carotte réagit favorablement à cet élément, qui améliore la qualité, les rendements et la résistance au froid.

7. LE CALCIUM

La carotte est moyennement exigeante en cet élément. Le pH doit se situer au-dessus de 5,5. Les carences se manifestent par un affaissement et un flétrissement du feuillage qui devient chlorotique.

8. LE CUIVRE

La teneur dans les feuilles devrait normalement se situer à 16 ppm ou plus. A 12 ppm on observe des carences (**Millau et Hamilton**).

Il y a risque de carence lorsque la teneur du sol en cuivre est inférieure à :

- pour 2 % de matière organique : 2 ppm;
- pour 4 % de matière organique : 6 ppm;
- pour 8-9 % de matière organique : 12 ppm.

La carence se manifeste par des dépérissements en tache dans la culture; les feuilles se décolorent à leur extrémité, s'enroulent et se dessèchent, le pivot ne se forme pas.

Cette carence se rencontre en sol de défriche, sableux et humifère.

9. LE ZINC

La carotte ne réagit pas à cet élément. Cependant, des pulvérisations foliaires d'un produit contenant du zinc (exemple, zinébe) permettent l'absorption de cet élément par temps froid.

10. LA FUMURE ORGANIQUE

Il s'agit ici essentiellement de la fumure organique végétale, et plus spécialement du fumier de bovins.

Comme pour la potasse, il y a des contradictions concernant l'apport de la matière organique. La littérature déconseille l'apport de fumier avant l'implantation des légumes racines. Mais, dans les zones de production, de tels apports sont très souvent effectués avant cette culture. De plus, les essais de **Farben** ont montré l'intérêt de l'apport de fumier, ainsi que le résume le tableau 3.

Tableau n° 3. RENDEMENT, en t/ha (d'après Farben)

Avec fumure P et K		Avec fumure N, P et K	
Sans fumure organique	Avec fumure organique	Sans fumure organique	Avec fumure organique
28,33	35,75	46,92	48,08

Dans la pratique, on utilise un fumier de bovins bien « fait ». Les fumiers trop pailleux donnent des racines fourchues. On préconise 50 à 80 t/ha à enfouir en labour de fond, 3 à 4 mois avant semis.

Notons que la matière organique animale (corne, déchets divers d'animaux) peut favoriser le rhizoctone violet.

FUMURE PRÉCONISÉE

1. FUMURE ORGANIQUE

40 à 80 t de fumier bien décomposé en labour de fond, 3 à 4 mois avant le semis.

2. FUMURE MINÉRALE

(Voir tableau 4 page suivante)

Tableau n° 4. Fumure minérale préconisée.

	Unités
N	
• En maraîchage :	
– semis de printemps	80
– semis d'été	60
• En culture de plein champ :	100
Faire des apports sous forme de nitrate de sodium, de potasse ou d'ammonitrate et en fractionnant	
P ₂ O ₅	
En fond	80-100
K ₂ O	
	150-300
Apports fractionnés, et sous forme de sulfate ou de nitrate Attention aux carences magnésiennes induites	
Éléments divers : la magnésie et le bore sont à surveiller	

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., Communication personnelle.

ANSTETT A., FERTILITÉ ET FERTILISATION EN CULTURE MARAÎCHÈRE.

BTI, n° 131, juillet 1958.

ANSTETT A., LES PRINCIPES DE BASE DE LA FERTILISATION EN CULTURE MARAÎCHÈRE.

BTI, n° 161, juillet-août 1961.

ANSTETT A., NIVEAU HUMIQUE DES SOLS EN CULTURES LÉGUMIÈRES.

BTI, n° 175, 1962.

ANSTETT A., LEMAIRE F. et BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAÎCHAGE DE PLEINE TERRE.

BTI, n° 200, juin 1965.

BERGER K.G.,

Ann. Agro., 1, 321-351, New York Press, 1949.

BERTRAND D. et WOLF A., OPTIMUM DE LA CONCENTRATION NUTRITIVE EN MAGNESIUM POUR LA CAROTTE.

C.R. Acad. Agri. de France, n° 14, 1963.

BERNSTEIN (Dr.).

Span, vol. 9, n° 2, 1966.

BOTTSCHER et ZIEGLER.

Arch. Gartenbau, 69-1, p. 4360.

CHAPMAN, SYMPTÔMES DES PLANTES ET DES SOLS

Ed. H.D.

CHARLES G., CARENCE MAGNÉSIENNE DES CULTURES DE CAROTTES DE LA MANCHE. ACTION DU MAERL

Sc. Agro., Rennes, 1971.

COPPENET M., Communication personnelle.**FORBES R.B. et WESTERGATE P.J., CARROT FERTILIZATION EXPERIMENTS IN CENTRAL FLORIDA.**

Society Florida, vol. 23, 1963.

FROELICH,

Arch. für Gartenbau, IV, 5, pp 389-441, 1956.

GILLERON G., INFORMATION SUR LES CARENCES DE LA CAROTTE.

COFAZ, communication personnelle.

GREENWOOD.

Nat. Veg. Res. Inacol 67, p. 430.

HARMER P. et all.

Soil Sc. 76, 1-17, 1953.

KENNETH et FERGUSON,

Commercial Grower, 1967, pp 1238-1250.

KNOTT, HANDBOOK FOR VEGETABLE GROWERS.

Ed. John Wiley, 1960.

LEFEBVRE J.M., Communication personnelle.**MAC MILLAN K.A. et HAMILTON H.A., CARROT RESPONSE TO SOIL TEMPERATURE AND COPPER, MANGANESE, ZINC AND MAGNESIUM.**

Can. J. Soil. Sc., 51, juin 1971.

MAPPES F., NEUE VERSUCHSERGEBNISSE UND ERFAHRUNGEN AUS DEM GEMUSEBAU LIMBURGERHOF.

1951.

MAYNARD D.N., GASTON B., YOUNG R.E. and VERNELL H.F., THE INFLUENCE OF PLANT MATURITY AND CALCIUM LEVEL ON THE OCCURENCE OF CARROT CAVITY SPOT.

American Soc, Hort. Sc., 1963.

PELLETIER J., LA FUMURE DE LA CAROTTE.

INVUFLEC, La Carotte : Techniques Modernes de Production, 1978, pp 79-80.

ROLL J.

Hansen, Meld, Sté Forsgard, Kvithamar, 68, p 11.

ROLL J.

Rapport Incaol, 69, p 460.

SCHUPHAN W.

Potassium Symposium, Londres 1956, pp 155-174.

WALLACE, THE DIAGNOSIS OF MINERAL DEFICIENCIES IN PLANTS BY VISUAL SYMPTOMS.

1951.

X., ARBEITEN DER LANDWIRTSCHARFLICHEN VERSUCHSSTATION LIMBURGERHOF.

VII Teil Abteilung für Garten und Felgmüsebau Sonderdruck, 1940.

CÉLERI BRANCHE ET CÉLERI-RAVE

GÉNÉRALITÉS

Ces plantes sont caractérisées par une sensibilité importante aux carences magnésiennes et en bore. Elles sont très sensibles à l'excès de calcaire. C'est ainsi que **Trocmé** et **Duprat** ont montré que le rendement en céleri rave passe de 55 t/ha, pour un taux de carbonate de chaux (CaCO_3) de 15,8 %, à 105 t/ha pour un taux de 1,8 %.

Selon **Anstett**, il ne faudrait pas dépasser 3 à 5 % de CaCO_3 .

Corrélativement, le pH souhaitable devrait se situer, selon **Mappes**, entre 6,4 et 6,8.

Enfin, le céleri répond bien aux apports de fumier.

EXPORTATIONS

(Voir tableau 1 page suivante)

De l'analyse des différents chiffres d'exportations, **Anstett** conclut que, pour un rendement de 80 t/ha de céleri branche et de 35 t/ha de céleri-rave, on peut prévoir, en moyenne, les exportations totales suivantes :

- N : 200-250 kg/ha ;
- P_2O_5 : 130-150 kg/ha ;
- K_2O : 400-500 kg/ha ;
- MgO : 30-70 kg/ha .

Mais, compte tenu de la restitution d'une partie de la plante au sol, racines, feuilles, colets, il faut compter :

- N : 70-100 kg/ha ;
- P_2O_5 : 70 kg/ha ;
- K_2O : 160-200 kg/ha ;
- MgO : 15-20 kg/ha .

Cependant, pour des problèmes phytosanitaires, les pathologistes conseillent de retirer les déchets du champ.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. AZOTE

- **Quantité :**
Céleri-rave :

Selon **Schuphan**, une fumure azotée trop importante diminue le goût et provoque des taches couleur rouille sur les pommes.

Dans un essai de l'INVUFLEC et de la Chambre d'Agriculture du Loir-et-Cher, en Sologne, où 200, 300 et 400 unités d'azote, en apports fractionnés, ont été essayées sur céleri rave, la dose la plus faible (200) a donné les meilleurs résultats et la dose 400 les moins bons.

Tableau n° 1

	Rendement matière fraîche t/ha	Exportations kg/ha					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
• Selon Anstett							
Céleri branche *							
• Partie aérienne	81,5	171	120	496	95	194	15
• Racines	8,85	15	21	47	6	9	4,9
TOTAL	90,35	186	141	543	101	203	19,9
Céleri rave **							
• Feuilles	42,6	113	52	18	89	280	16
• Rave (pomme)	36,3	71	74	160	28	25	1,3
• Racines	12,7	22	28	82	7	11	6,5
TOTAL	91,6	206	154	240	124	316	23,8
• Selon Faustzahlen							
Céleri rave	20	130	50	200		150	40
• Selon Hester et Sheldon							
Céleri branche partie aérienne	33,5	84	31	90		74	14,6
• Selon Knott							
Céleri branche partie aérienne	40,5	64	36	188			
• Selon Lefebvre							
Céleri rave	35	220	160	350-400			25
• Selon Romaine							
Céleri branche partie aérienne	23	90	73	264			

* Variété : Doré Barbier

** Variété : Géant de Prague

Céleri branche :

Un essai CTIFL et UNILEC, effectué à Nantes, a permis de comparer les apports d'azote suivants :

- 200 unités/ha en 2 apports ;
- 300 unités/ha en 3 apports ;
- 300 unités/ha en 4 apports ;
- 400 unités/ha en 3 apports.

Cet essai était couplé avec trois niveaux de fumure organique :

- témoin, sans apport de matière organique ;
- fumier de bovins, à 40 t/ha.an ;
- fumier de bovins, à 80 t/ha.an.

Les auteurs concluent ainsi : « L'apport de matière organique sous forme de fumier, réalisé à l'automne 1979, permet une augmentation sensible des rendements, notamment dans la parcelle 40 t. L'absence de répétition pour ce facteur ne permet pas d'apporter une signification définitive aux résultats.

La fumure minérale de 200 unités d'azote est systématiquement plus faible en rendement ; à noter cependant que les écarts ne sont pas significatifs dans la parcelle témoin 0.

Les meilleurs résultats agronomiques sont obtenus avec la dose de 400 unités d'azote, mais le rendement commercialisable n'est pas augmenté.

Le fractionnement des apports, avec la dose de 300 unités, n'a pas permis une augmentation du rendement dans cet essai ».

● **Forme :**

Il faut éviter les engrais contenant du calcaire. Les formes les mieux adaptées sont le sulfate d'ammoniaque, les nitrates, dont le nitrate de soude, le sodium, ayant une action jugée favorable par beaucoup d'expérimentateurs, les ammonitrates à haut dosage.

● **Technique d'apport**

Céleri-rave :

La meilleure technique est le fractionnement en deux ou trois fois avant le début de boulage (formation de la rave). Au-delà, l'azote a une action défavorable.

Céleri branche :

Le fractionnement est également conseillé.

2. POTASSIUM

● **Quantité :**

Dans l'essai INVUFLEC sur le céleri rave, déjà cité, trois doses de potasse ont également été essayées : 300, 400, 500 unités/ha ; aucune différence n'a été observée.

● **Forme**

Par contre, la forme de l'engrais semble être importante. Le chlorure a une action favorable, non seulement sur le rendement, mais aussi sur la qualité.

C'est ainsi que, dans un essai de **Buchner**, le rendement de céleri rave en matière fraîche à l'are a été de 409 kg, avec une fumure sans chlorure, contre 466 kg, avec une fumure contenant des engrais chlorurés.

Le tableau 2, d'après les essais de **Mappes**, confirme ces résultats :

Tableau n° 2
RENDEMENT RELATIF EN RAVE (d'après Mappes)

Potasse		Rendement %
Dose	Forme	
0		100
200 unités	Chlorure de potasse	137,5
200 unités	Sulfate de potasse	133,0
200 unités	Patentkali (sulfate de potasse et de magnésie)	135,1

Technique d'apport :

Si l'on ne dépasse pas 200 unités/ha, il n'y a pas lieu de fractionner.

3. PHOSPHORE

Un apport de 100 à 160 unités/ha semble suffisant en sol pourvu, sous forme de superphosphate et de phosphate d'ammoniaque.

4. MAGNÉSIUM

Les exportations se situent entre 15 et 25 unités. Ces faibles quantités font que le producteur néglige souvent les apports de magnésie. Il s'ensuit des carences dont les symptômes sont les suivants : chlorose du sommet des feuilles âgées, se propageant sur les bords et entre les nervures ; apparaissent ensuite des taches nécrotiques brunes, puis apparition de mêmes symptômes sur les feuilles jeunes ; les feuilles peuvent se nécroser complètement et tomber.

Cependant, les carences magnésiennes ne sont pas toujours dues à un manque de magnésie dans le sol ; celles-ci peuvent provenir d'excès de potasse ou de calcium, ou des deux réunis. De plus, il y a d'assez grandes différences variétales, et, pour certaines variétés, la présence de sulfate accentue la carence.

Pour éviter les carences, on conseille :

- des variétés peu sensibles ;
- une fumure potassique équilibrée ;
- éviter de cultiver dans des terres à pH trop élevé.

En cas de symptômes : pulvériser avec une solution de sulfate de magnésie, à la dose de 1 à 1,5 % ; en effet, de bons résultats sont obtenus avec cette technique, comme le montre le tableau suivant, résumant les résultats d'essais de **Yamaguchi et Takatory** sur céleri branche (tableau 3).

Les plantes ont été pulvérisées avec une solution de sulfate de magnésie du commerce, à la dose de 1,2 kg pour 100 litres.

Tableau n° 3

RENDEMENT EN CÉLERI BRANCHE, en poids moyen/pied
(d'après les résultats d'essais de Yamaguchi et Takatory)

Rythme d'application du sulfate de magnésie	Poids moyen kg/pied
Sans pulvérisation	1,54
Pulvérisation tous les 8 jours	2,05
Pulvérisation tous les 15 jours (soit 4 au total)	2,00
Pulvérisation tous les 8 jours, à partir de la 4 ^e semaine de plantation	1,86
Pulvérisation tous les 15 jours, à partir de la 4 ^e semaine de plantation	1,72

5. BORE

● Symptômes de carences :

Le céleri-rave ou le céleri branche sont très sensibles à la carence en bore. Les symptômes sont complexes et difficiles à décrire.

En général, on a un arrêt de la végétation. Les feuilles sont dures, cassantes, les nervures des côtes sont crevassées. Lorsqu'il s'agit de céleri-rave, les symptômes sont les mêmes et il s'y ajoute une production de raves plus petites et brunes, à ne pas confondre avec la brunissure interne, qui, selon **Anstett**, est due à un excès de sucre. Les variétés à faible feuillage seraient moins sensibles à cet accident.

● Causes des carences : outre la plus ou moins grande richesse du sol, on distingue :

- le climat : la sécheresse favorise les carences en bore ;
- la saison : les carences sont plus fréquentes en automne qu'au printemps ;
- les variétés : les variétés vertes sont moins sensibles ;
- l'excès de calcium : rapport B/Ca important ;
- le rapport K/B : les symptômes de brunissure disparaissent lorsque le rapport K/B dans les pétioles est supérieur à 3000.

● Lutte contre les carences :

- éviter les sols calcaires ;
- ne pas exagérer les fumures potassiques ;
- éviter le chaulage avant une culture de céleri ;
- pulvériser les plantes avec du bore ;
- apporter du bore au sol qui en manque, mais, attention à ne pas dépasser les doses prescrites par l'analyse, afin d'éviter la toxicité.

6. SODIUM

Le sodium aurait une action favorable dans les cas suivants :

- lorsqu'on cultive des variétés dorées ;
- lorsque le taux de potassium assimilable est faible (0,15 ‰ K₂O échangeable) ;
- lorsque le taux de sodium du sol est faible (0,07 ‰ de Na₂O échangeable) ;
- en présence de carence en bore.

7. MATIÈRE ORGANIQUE

L'apport de fumier semble avoir une action favorable sur les rendements, ainsi que le montrent les résultats des essais de **Trocmé et Briant**, qui ont mis en évidence que l'apport de 200 t de terreau de fumier par hectare, dans des sols ayant pourtant déjà 7 % de matière organique, augmente l'action des engrais azotés sur céleri doré. **Mappes**, en Allemagne, a obtenu les mêmes résultats sur céleri rave, comme le montre le tableau 4.

Tableau n° 4
RENDEMENT RELATIF EN RAVE (d'après **Mappes**)

Dose d'azote/ha	Rendement %	
	Sans fumier	Fumier 25 t/ha
120	Indice 100	123
160		126
200		130

Cependant, une libération trop importante de l'azote du fumier, à la période de boulage pour le céleri rave, peut avoir des conséquences fâcheuses sur la qualité et le rendement, en favorisant les pourritures bactériennes à la récolte et à la conservation.

EXEMPLES DE FUMURE

1. CÉLERI RAVE

Tableau n° 5

	Fumier	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Plein champ				
• Région parisienne		180	120	250-300
• Val-de-Loire et Orléannais		250	150	400
• Maraîchage				
• Tours		300-400	150	400
• Orléans		400	150	600
• Anjou		250	150	350
• Saône *	50 t	75 + 75**	100	350

* A cette fumure s'ajoutent 20 à 25 kg de Boracine et une pulvérisation foliaire de 1 % de Solubor amine.

** Avant plantation et un mois après.

2. CÉLERI BRANCHE

Tableau n° 6. EXEMPLES DE FUMURE.

	Fumier	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Pays-Bas (pour une production de 100 t/ha) - Maraîchage				
	30-40 t	300 *	80-100	300
• France - Région Nantaise (d'après le CDDM) - Maraîchage (pour une production de 80 à 90 t/ha)				
• Fumure de fond :	100 t/ha			
— fumier (tous les 2 ans)				
— fumure minérale :		72	40	108
400 kg/ha de 18.10.27				150
300 kg/ha de sulfate de potasse				
• En cours de culture :				
En un ou deux apports 200 kg de nitrate de potasse		26		88
TOTAL	100	98	40	346
• Fumure foliaire :				
1 à 2 pulvérisations de Solubor C à 250 g/hl et pour 1 000 m ²				
• France - Région Sud-Est (d'après G. Gilly) - Culture de plein air d'automne-hiver				
• Avant plantation			100	220
• Septembre (avec 200 g de Boracine)		60		45
• Fin octobre		100	50	90
• Décembre		60		45
TOTAL		220	150	400

* Fractionné, sous forme de nitrate d'ammoniaque

FUMURE PRÉCONISÉE

1. FUMURE ORGANIQUE

25 à 50 t de fumier.

2. FUMURE MINÉRALE

• N :

— céleri-rave : 150 à 200 unifs/ha, sous forme de sulfate d'ammoniaque, nitrate de soude, ammonitrate à fort dosage, phosphate d'ammoniaque, nitrate de potasse.

Fractionner les apports en 2 ou 3 fois entre la plantation et le début de boulage;

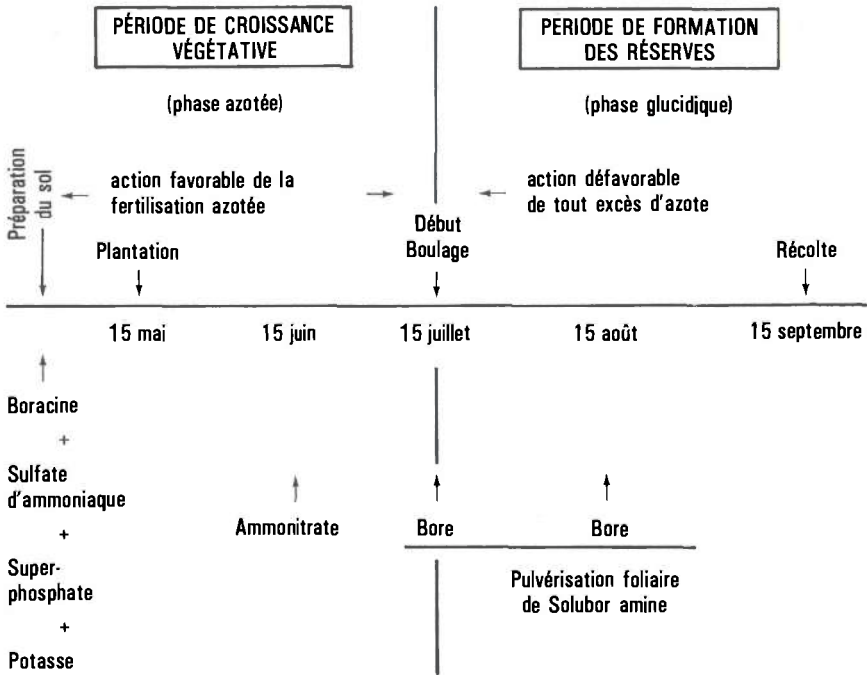
— *céleri branche* : 200 à 400 unités/ha, sous les mêmes formes que pour le céleri rave.

Fractionner les apports en 2 à 4 fois entre la plantation à deux mois après la plantation.

- P_2O_5 : 100 à 160 unités/ha, sous forme de superphosphate ou de phosphate d'ammoniaque.
- K_2O : 200 à 300 unités/ha, sous forme de chlorure. Pour des doses dépassant 300 unités il faudra fractionner.
- B (en cas de nécessité) :
 - apport au sol : 20 à 25 kg de Boracine;
 - pulvérisation foliaire de Solubor 1 à 2,5 %.

Cas particulier du céleri-rave (d'après J.M. Lefebvre) :

Les quantités et les formes indiquées ci-dessus sont valables, mais il faut tenir compte des phases végétatives selon le schéma suivant :



N.B. Les Anglais préconisent, contre les carences en calcium (maladie du cœur noir), des pulvérisations de nitrate de calcium, à la dose de 1 %, à raison de 1000 à 1200 litres/ha de solution.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LA FERTILISATION DU CÉLERI

INVUFLEC, Le Céleri, journée du céleri, 1963, pp 25-47.

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE

BTI n° 200, 1965.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES

INRA, Station d'Agronomie d'Antibes, (fiches non publiées).

LETARD M., PELLETIER J. (CTIFL), BOUREAU, BIAYS (CDDM), INIZAN, ALQUIER (UNILEC), ETUDE DE LA FUMURE AZOTÉE DU CÉLERI BRANCHE

CTIFL, C.R. n° 490/128, 1980.

GENESE EXPANSION, n° 2, juin 1981.

GENESE EXPANSION, n° 7, avril 1982.

MOREAU B., GROUPE DE TRAVAIL SUR LE BRUNISSEMENT INTERNE DU CÉLERI

INVUFLEC, G.T., réunion du 31/1/73.

MOREAU B., BOYER M. (INVUFLEC), BEIGNET G., ANSEAUME D. (SUAD du Loir-et-Cher), INFLUENCE DES FERTILISATIONS AZOTÉES POTASSIQUES ET EN BORE SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ DES POMMES DE CÉLERI

INVUFLEC/SUAD du Loir-et-Cher, C.R. n° 309/29, nov. 74.

MOREAU B., GERST J.J., GROUPE DE TRAVAIL CÉLERI RAVE

INVUFLEC, G.T., réunion du 24/2/76.

CERFEUIL

GÉNÉRALITÉS

Il existe peu de documents sur le cerfeuil. Cependant, on peut penser que, comme le persil, le céleri et la carotte, cette espèce est assez sensible aux carences en oligo-éléments; c'est sûrement la raison pour laquelle on recommande des apports de fumier avant culture.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après ANSTETT)
Variété : cerfeuil commun. Date de récolte : 30/10

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	17,68	1,54	58	27	131	52	8
Divers	1	0,11	2	1,5	6	1	0,7
TOTAL	18,68	1,65	60	28,5	137	53	8,7

Ces faibles exportations montrent que cette plante est peu exigeante quant à la richesse du sol; par contre, elle demande à être bien arrosée.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2. EXEMPLES DE FUMURE (selon GILLY)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Avant semis		50	90
• Au stade jeune plant	60		
• Feuille développée	30		45
TOTAL	90	50	135

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE. BTI, n° 200, 1965.

GILLY G. FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES. INRA, Station d'Agronomie d'Antibes, fiches non publiées.

CHICOREES SCAROLE ET FRISÉE

GÉNÉRALITÉS

Les chicorées craignent les arrêts de végétation, en conséquence on choisit des sols frais. Elles sont relativement peu exigeantes, cependant elles sont sensibles à la salinité.

Elles redoutent la fumure organique trop récente et les excès d'azote, qui font pourrir les feuilles.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Mgo
• D'après Anstett, variété : Géante Maraîchère - Récolte 1/10							
Feuilles	71,28	5,91	87	39	223	40	15
Divers	1,72	0,36	2,2	1	4,4	1	0,5
TOTAL	73,00	6,27	89,2	40	227,4	41	15,5
• D'après la SCPA							
			55	20	120		

EXEMPLES DE FUMURE

(Voir tableau 2 page suivante)

Tableau n° 2. EXEMPLES DE FUMURE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• Selon Laumonier			
	30	50	100
Cet auteur souligne l'intérêt des engrais liquides.			
• Selon G. Gilly			
Avant plantation	60	60	140
10-20 jours après reprise en localisation	100	60	140
Début pommeison	100		140
TOTAL	260	120	420

FUMURE PRÉCONISÉE

Selon la richesse du sol, on peut conseiller :

- N : 30 à 120;
- P₂O₅ : 30 à 50;
- K₂O : 100 à 200.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et Coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, n° 200, 1965.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.
INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R., CULTURES MARAICHÈRES.
Ed. Baillièrre et fils.

CHOU BROCOLI A JET

Il n'existe pas de renseignements en France sur ce légume. Cependant, dans un essai variétal conduit à la Station Expérimentale d'Alsace, **Gerst** a obtenu des rendements de 23 kg, 92 kg et 95 kg à l'are, suivant les variétés, avec une fumure de 1 t/ha de 5.15.20 S, à la préparation du sol, et de 100 unités d'azote sous forme d'ammonitrate un mois après plantation, soit :

- N : 150;
- P₂O₅ : 150;
- K₂O : 200.

BIBLIOGRAPHIE

GERST J.J., COMPTE RENDU D'ESSAI DE VARIÉTÉS DE CHOUX BROCOLIS VERTS.

Station Expérimentale d'Alsace, C.R. de 1973.

CHOU DE BRUXELLES

GÉNÉRALITÉS

Cette espèce s'adapte bien au froid. Elle est moins exigeante en sol que les choux pommés et tolère des pH jusqu'à 5,5; l'optimum semblant se situer autour de 6,8. Par contre, le chou de Bruxelles est sensible à l'humidité. Il semblerait tolérer la salinité.

Pour le bore, il est aussi exigeant que les choux pommés, mais il ne semble pas être sensible à la carence en molybdène.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS, pour un rendement de 10 t de pommes (d'après Hayworth)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
210	22	200	200	37
mais les déchets de récolte sont en général restitués, et il n'y aurait véritablement d'exporté que :				
65	8	50	9	5

RYTHME D'ABSORPTION

Selon des travaux américains, c'est à partir de la 8e semaine après plantation que l'absorption s'élève rapidement et la moitié des éléments sont absorbés entre 60 et 70 jours après plantation.

RÔLE, QUANTITÉ, FORMES, TECHNIQUES D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. AZOTE

Le matériel végétal et les techniques modernes ont modifié les quantités à apporter. Elles se situent autour de 120 à 160 unités/ha, pour une culture traditionnelle, et entre 150 à 250 unités/ha pour une culture moderne à forte densité. Le fractionnement au moins en deux fois s'impose. D'autre part, la réponse variétale à l'azote est telle qu'il faudra être prudent et ceci d'autant plus que la récolte se situera en période pluvieuse.

2. PHOSPHORE

Il aurait une action sur le nombre de choux formés, mais de trop fortes quantités retarderaient le développement des pommes.

Dans un essai de **Moreau, Boyer et Beignet**, avec trois doses d'azote (60.120.200), dans un sol peu riche, la dose 60 (apportée en une seule fois) a été insuffisante, la dose 200 (apportée en 2 fois) a donné le meilleur rendement sans altérer la qualité.

3. POTASSIUM

Selon des travaux canadiens, l'influence du potassium sur le rendement est faible, son action jouant surtout sur la qualité (fermeté) des pommes. De plus, le potassium corrige les effets dépressifs éventuels dus à un excès d'azote. Les apports se situent entre 150 et 300 unités.

4. SOUFRE ET BORE (cf. Choux pommés)

5. MATIÈRE ORGANIQUE

D'une façon générale, il n'est pas conseillé d'apporter une fumure organique fraîche avant une culture de choux de Bruxelles. En effet, celle-ci a tendance à donner des pommes se fermant mal et peu dense.

EXEMPLES DE FUMURE

(Voir tableau 2 page suivante)

FUMURE PRÉCONISÉE

Elle dépend de l'intensité de la culture, des variétés, des possibilités d'irriguer. Les densités varient de 23000 à 43000 plants/ha.

Tableau n° 3

	Culture traditionnelle	Culture intensive
Fumier	25 à 30 t à enfouir bien avant la culture	
N	80 à 100 à la préparation 60 en couverture	200 à 300 fractionnés en 3 fois (attention aux réactions variétales)
P ₂ O ₅	60 à 100	200
K ₂ O	150 à 200	250 à 300

Attention

Si le peuplement n'est pas suffisant, d'une part, et si, d'autre part, on ne réajuste pas la fumure phosphatée, et surtout potassique, les niveaux élevés de fumure azotée (250 à 300 unités/ha) donneront un excès de végétation.

Pour le Soufre, le Bore et le Calcium, voir la fiche « choux pommés ».

Tableau n° 2. EXEMPLES DE FUMURE

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
• INVUFLEC, Sud-Ouest (densité 27 000 plants/ha)				
Sulfate d'ammoniaque	67			
Superphosphate		125		
Sulfate de potasse			150	
• INVUFLEC, Tour en Sologne (densité 22 000 plants/ha)				
Ammonitrate, en deux fois (à la plantation et 1 mois après) :				
	200			
Superphosphate		150		
Sulfate de potasse			200	
Kiérésite				54
• Station d'Agonomie INRA/Antibes (G. Gilly)				
♦ Avant plantation	60	100	140	
♦ En couverture :				
- 1 ^{er} apport	60	30	70	
- Début pomaison	60	60	140	
- 20 jours avant récolte	50		90	
TOTAL	230	190	440	
• Pays-Bas (sol limoneux - Matière organique 7 % - pH 7)				
Ammonitrate et nitrate de chaux (fractionnés en 3 fois : 120 + 50 + 30) :				
	200			
Chlorure potassium		300	400	
• Belgique				
	140	145	225	75

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE F., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.

BTI n° 200, juin 1965.

INVUFLEC, LE CHOUX DE BRUXELLES

INVUFLEC, monographie, 1965.

DEHEN Ph., LE CHOU DE BRUXELLES.

Mémoire de fin d'étude, juin 1972.

GILLY G., FICHES FERTILISATION

INRA Antibes, Station d'Agronomie (fiches non publiées).

MOREAU B. LE CHOU DE BRUXELLES ET SES TECHNIQUES DE PRODUCTION.

PHM, janvier 1973.

MOREAU B., BOYER M., BEIGNET, ESSAI SUR LE CHOU DE BRUXELLES - DATE DE PLANTATION, DATE DE SEMIS, FERTILISATION, ÉTÉTAGÉ.

INVUFLEC/SUAD du Loir-et-Cher, C.R. d'essai d'octobre 1973, n° 266/28.

MOREAU B., COMPTE RENDU DE VOYAGE D'ÉTUDE EN HOLLANDE.

INVUFLEC, novembre 1973.

CHOU-FLEUR

GÉNÉRALITÉS

Le chou-fleur exige une bonne alimentation en eau. La qualité du sol a donc une grande importance.

Cette espèce répond bien aux fumures organiques.

Le meilleur pH se situe à 6,5, mais on peut être amené à l'augmenter aux environs de 7 à 7,5, pour lutter contre le *Plasmodiophora brassicae* qui provoque la hernie du chou.

Le chou-fleur craint :

- les excès d'azote, qui donnent des pommes de mauvaise qualité ;
- la carence en bore, qui provoque des accidents végétatifs sur les tiges, dont la moelle devient noire et finit par donner des tiges creuses ;
- la carence en molybdène, qui donne des feuilles cloquées et déformées ;
- enfin, le chou-fleur est exigeant en calcium, et, comme toutes les crucifères, en soufre.

EXPORTATIONS

(Voir tableau 1 page suivante)

EXEMPLES DE FUMURE

1. EN PÉPINIÈRE

J. Le Bohec recommande d'éviter les excès d'azote, et, pour un sol moyennement riche, préconise :

- N : 50 unités ;
- P_2O_5 : 80 unités ;
- K_2O : 150 unités.

2. EN CULTURE

G. Gilly préconise, pour le chou-fleur d'automne :

Tableau n° 2

	N	P_2O_5	K_2O
• Avant plantation	60	100	140
• En couverture :			
— Mi-août	50	30	70
— Début pomaison	30	30	70
— 20 jours avant récolte	50		90
TOTAL	190	160	370

Tableau n° 1. EXPORTATION DES ÉLÉMENTS MAJEURS PRINCIPAUX

Auteurs	Organe de la plante	Production matière fraîche t/ha	Production matière sèche t/ha	Exportation en kg/ha					
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
ANSTETT (73) chou-fleur d'été merveille de toute saison	Pomme	37,48	3,53	151	47	227	179	17	
	Feuillage-type	15,88	0,96	42	17	58	4,6	3,6	
	Racines	1,86	0,24	5	2	10	2,3	0,9	
	TOTAL	55,22	4,73	198	66	295	186	21,5	
HERVE (53) chou-fleur d'automne et hiver	Pomme conditionnée avec feuilles et tiges	11 à 18 de pommes	3 à 5 environ	140 à 230	55 à 90	155 à 265	85 à 125	18 à 30	
HEMERY/LE BOHEC (80) chou-fleur d'hiver hâtif, pomme conditionnée, 80 % récolte (a)	Pomme	8	0,8		12	32	3	3	9
	Feuilles 30 %	21	2,1		22	101	83	5	23
	Tige 20 %	1,6	0,214		3	10	2	0,6	1
	TOTAL	30,6	3,114		37,5	143	88	8,6	33
HEMERY/LE BOHEC (80) chou-fleur d'hiver hâtif : plante entière sauf racines (a)	Pomme	10	1		15	20	4	4	11
	Feuilles	80	8		86	386	318	19	87
	Tige	10	1,3		18	61	13	3	9
	TOTAL	100	10,3		119	487	335	26	107
HEMERY/LE BOHEC chou-fleur d'hiver tardif; pommes conditionnées (80 % de récoltés (a)	Pomme	12	0,96		17	54	6	3	12
	Feuilles (30 %)	8	0,8		2	28	46	2	10
	Tige (20 %)	0,96	0,134		9	6	1	0,5	2
	TOTAL	20,96	1,894		28	88	53	5,5	24
HEMERY/LE BOHEC (80) chou-fleur d'hiver tardif; plante entière sauf racines (a)	Pomme	15	1,2		21	67	7	3	10
	Feuilles	30	3		36	106	172	8	39
	Tige	6	0,8		12	37	7	2	10
	TOTAL	51	5		70	210	186	13	59
GEISSLER T. (63) production indus- trielle de chou-fleur	20 t/ha commercialisables : export			120	41	199	119	15	
	40 t/ha commercialisables : totales			220	78	398	203	28	
KNOTT (69) Handbook for vege- tables grower	17 t/ha têtes } exportation			48	17	57	7	3,5	
	22 t/ha têtes } des pommes			82	27	57	16	10	
EXPORTATIONS RAMENÉES A 4 t DE MATIÈRE SÈCHE/HECTARE									
ANSTETT - chou-fleur d'été				167	56	249	157	19	
HERVE - chou-fleur d'automne et d'hiver				185	72,5	210	105	24	
HEMERY/LE BOHEC - chou-fleur d'hiver hâtif					48	184	113	11	42
HEMERY/LE BOHEC - chou-fleur d'hiver tardif					56	168	90	9	47
MOYENNE DES EXPORTATIONS				175	60	200	115	15	45

(a) Analyses de la Station d'Agronomie INRA de QUIMPER

Tableau n° 3
EXEMPLES DE FERTILISATION MINÉRALE SELON RÉGIONS,
PAYS ET TYPES DE CHOU-FLEUR

RÉGIONS ou sources de document	Apports pratiqués ou recommandés en unités fertilisantes/ha			Formes d'engrais et divers
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
BRETAGNE C.F. hiver pratiqué C.F. recommandé (54) C.F. automne pratiquée C.F. automne recommandée	100 à 200 + 50 à 100 localisé 150 à 200 250 avec p. de t. 100 à 200 au coup par coup	150 à 250 80 à 100 150 à 200 80	150 à 250 200 à 250 200 à 250 kg 200	10/20/20 - 17/17-17 - 15/20/18 sulfate d'ammoniaque
SUD-EST (17) Fumure pratiquée	270 (1 partie fraction.)	240	300	4/8/10 sulfate d'ammoniaque
NORD (18) Fumure pratiquée	200/300 + (complément) 50/100	200/300	200/300 + (complément) 50/80	10/20/20 15/15/15 17/17/17 ammonitrate Nitrate de chaux/ de soude/ de potasse
RÉGION DE TOURS En plus de la fumure organique (19)	100/150 130/190 + 50/100 à vue	80/120 130/190	190/280 190/180	10/8/19 S 9,5/9,5/19 borate Nitrate de chaux/ammonitrate } 1 t 1,5 t
SAONE-ET-LOIRE (21)	140 à 160	100 à 150	250	40 à 60 MgO
RDA (63) (GEISSLER T et A) Chou-fleur industriel	320	103	384	+ 36 de MgO
POTASH Ltd (75) Norfolk House 1962 Chou-fleur d'été Chou-fleur d'hiver	80 40	38 57	100 100	+ 75 t fumier/ha + 25 à 50 t fumier/ha
ADAS Horticulture Entreprise 1974 (68) Chou-fleur d'hiver	40	125 à 190	225 à 300	+ 60 à 95 MgO
Cut CLIFF - CANADA (70)	112 à 224	49 à 98	93	
SCHWEIG - Gemuse union 1976 (74)	96 + 40	48	160	16 MgO sans fumier

Rivière, sur chou-fleur d'automne de plein champ (plantation juillet, récolte septembre à octobre), insiste surtout sur une bonne préparation du sol et inclut la fumure dans un ensemble pomme de terre/chou-fleur. Il signale que, si l'on peut faire l'apport de potasse en totalité avant pomme de terre, on évite néanmoins des pertes de potasse en fractionnant cet apport sur les deux cultures.

Pour l'azote, il recommande l'utilisation de l'ammonitrate.

Laumonier :

- Fumier : 40 t ;
- N : 200 unités ;
- P_2O_5 : 100 unités ;
- K_2O : 170 unités.

Cet auteur note que, pour l'azote, les meilleurs résultats sont obtenus avec 450 à 500 kg d'ammonitrate épandus à raison de 50 à 60 kg tous les 15 jours, à partir de la plantation, mais que cette technique retarde d'une dizaine de jours la récolte.

B. Gautier préconise, pour les Costières du Gard :

N : 40-50 unités, avant plantation ; 60-80 unités, à la pommaison.

Pour la potasse et l'acide phosphorique, dont les besoins sont moins élevés, ajouter en fonction de l'analyse.

FUMURE PRÉCONISÉE

1. EN PÉPINIÈRE

Pour un sol moyennement riche :

- N : 50 unités ;
- P_2O_5 : 80 unités ;
- K_2O : 150 unités.

2. EN CULTURE

Effectuer une très bonne préparation du sol.

Fumure organique :

30 à 50 t de fumier bien décomposé. Les fumiers pailleux et les engrais verts seront enfouis quelques mois avant la plantation.

Fumure minérale :

- N : 150-250 unités, avant plantation, pour le chou-fleur d'été, fractionnée pour les autres ;
- P_2O_5 : 60-100 unités, en fond ;
- K_2O : 200-300 unités, en fond ;
- S : l'apport de cet élément se fait à partir du fumier et des engrais sous forme de sulfate.

Si nécessaire, apporter du bore et effectuer des pulvérisations de molybdate d'ammonium.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPECES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, n° 200, 1965.

GAUTHIER B. et THICOIPE J.-P., LE CHOU-FLEUR.
CNARBRL/INVUFLEC, fiche technique.

GILLY G., FICHES FERTILISATION.
INRA Antibes, Station d'Agronomie (fiches non publiées).

HERVE Y., LE CHOU-FLEUR.
BTI, n° 312, 1976, pp 511-525.

INVUFLEC/BRETAGNE, COMMENT RÉUSSIR VOS SEMIS DE CHOU-FLEUR.
INVUFLEC, fiche technique

INVUFLEC/BRETAGNE, CHOU-FLEUR D'AUTOMNE.
INVUFLEC, Journée d'Information technique, 12 sept. 74, pp 16-26.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. J.B. Baillière, 1964.

LE BOHEC J., HEMERY F., LES TECHNIQUES CULTURALES DU CHOU-FLEUR.
CTIFL/INVUFLEC, monographie, 1979, pp 37-106.

RIVIERE, SOL ET FERTILISATION.
ENSA Rennes.

CHOUX POMMES ET CHOU A CHOUCROUTE

GÉNÉRALITÉS

Ces choux redoutent la sécheresse, aussi préconise-t-on des sols argileux et des fumures organiques abondantes.

Le pH doit se situer aux environs de 6,5 à 7,5; au-dessous, on risque des carences en molybdène et la hernie du chou, au-dessus des carences en bore.

Ces choux sont également sensibles aux carences magnésiennes et, comme toutes les crucifères, ils sont exigeants en soufre. Ils sont tolérants à la salinité et au chlore, mais ils craignent les excès de cuivre.

Pour les choix de fumure, on distingue :

— les choux de printemps, à faible développement (chou pointu, chou cabus de printemps);

— les choux d'été, d'automne ou d'hiver, à grand développement (chou de Milan, chou rouge, chou cabus d'automne);

— le chou à choucroute.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

Variétés	Date de récolte	Rendement t/ha		Exportations t/ha				
		Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
• Anstett								
PRÉCOCE DE LOUVIER • Feuilles • Racines TOTAL	29/6	71,28	5,9	183	66	296	275	28
		1,72	0,36	5	4,6	9	2,5	1
		73,00	6,26	188	70,6	305	277,5	29
D'HIVER DE PONTOISE • Feuilles • Racines TOTAL	20/10	105,36	9,18	307	109	545	320	56
		2,3	0,48	6	8,5	17	2,7	2
		107,66	9,66	313	117,5	562	322,7	58
LANGENDIJK TARDIF (Chou rouge) • Feuilles • Racines TOTAL	9/10	156,6	13,25	380	152	637	384	77
		3,5	0,65	10	14	27	4	3
		160,1	13,90	390	166	664	388	80
• Travaux allemands, cités par Anstett								
CHOU A CHOUCROUTE		70		250	90	300	300	60

Pour l'ensemble des choux, les exportations en Soufre se situent aux environs de 100 kg/ha.

RYTHME D'ABSORPTION

L'absorption des éléments est faible pendant le premier mois après plantation et elle est particulièrement importante pendant le second mois, ce qui justifie le fractionnement de l'azote.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. AZOTE

Ces choux sont exigeants et les exportations varient de 200 à 400 unités selon les variétés et les dates de récoltes. Quoiqu'il en soit, une partie sera apportée sous forme de fumier et la partie minérale sera fractionnée en trois tiers :

- 1/3 à la préparation du sol;
- 1/3 1 mois après la plantation;
- 1/3 2 mois après la plantation.

Les quantités dépendent des variétés et de leur développement. Cependant, il semble qu'avec une fumure de 30 à 40 t de fumier, il ne faille pas dépasser 350 unités d'azote/ha, d'autant plus qu'une fumure trop riche en azote et mal équilibrée en potasse et en acide phosphorique donne des pommes qui se forment mal. Il semble que la forme ammonitrate soit celle qui donne les meilleurs résultats.

Le purinage excessif donne une mauvaise qualité de chou à choucroute.

2. PHOSPHORE

Rien de particulier n'est à signaler. On utilise des scories ou du superphosphate.

3. POTASSIUM

Ces choux sont de gros consommateurs de potassium. Ils supportent le chlore, cependant la forme sulfate apporte du soufre. Il ne semble pas nécessaire de dépasser 350 kg/ha, car on peut alors avoir des effets dépressifs.

4. MAGNÉSIUM

Ces choux sont sensibles à la carence magnésienne, ce qui justifie l'utilisation du patentkali.

5. SOUFRE

Le fumier et la matière organique du sol pourvoient généralement aux besoins. Cependant, les exportations étant relativement importantes, et cet élément ayant une incidence sur la qualité gustative, il faut éventuellement compléter ce que peut fournir le fumier et le sol en choisissant d'apporter le potassium sous forme de sulfate.

6. BORE

Ces choux exigent une teneur dans le sol de 0,5 ‰ de bore soluble à l'eau bouillante.

7. FUMURE ORGANIQUE

Ces choux répondent bien aux apports de fumier et on situe les apports entre 30 et 50 t/ha.

8. SYMPTOMES DE CARENCES ET D'EXCÈS

Anstett donne les symptômes suivants :

— feuilles vert clair, faible développement de la pomme : carence en azote ;

— feuilles vert clair, pomme peu serrée, mauvaise conservation : excès d'azote ;

— les pointes des feuilles rougissent : carence en phosphore (attention, le froid donne les mêmes symptômes) ;

— feuilles vert foncé, avec nécroses marginales, mauvaise conservation des pommes : carence en potassium ;

— feuilles gaufrées de teinte claire, croissance réduite : carence en bore ;

— feuilles allongées et peu développées, port vertical, nervure centrale très développée : carence en molybdène ;

— chloroses entre les nervures : carence en manganèse ;

— la « brunissure interne » ou « décomposition interne » est une carence en calcium due surtout à une mauvaise alimentation en eau, liée à un excès d'azote ; cet accident physiologique se rencontre sur le chou à choucroute, qu'il déprécie ; son importance dépend des variétés : plus la récolte est tardive, plus la maladie se manifeste fortement.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
• CHOUX DE PRINTEMPS (Laumonnier)				
<ul style="list-style-type: none"> • Fumier de ferme : 30 t • Fractionnée, sous forme sulfate et ammonitrate • Scories • Sulfate • Soufre 	100	64	145	80
• CHOUX D'ÉTÉ ET D'AUTOMNE (Laumonnier)				
<ul style="list-style-type: none"> • Fumier de ferme : 40 t • Fractionnée, sous forme sulfate et ammonitrate • Scories • Chlorure • Soufre 	135	80	180	100
• CHOU VERT D'AUTOMNE ET D'HIVER (G. Gilly)				
<ul style="list-style-type: none"> • Avant plantation • En couverture : <ul style="list-style-type: none"> – 15 jours après reprise – Fin octobre – Fin décembre TOTAL 	 	 	 	
• CHOU ROUGE (G. Gilly)				
<ul style="list-style-type: none"> • Avant plantation • En couverture : <ul style="list-style-type: none"> – Fin août – Début pommois – 20 jours avant récolte TOTAL 	 	 	 	
• CHOU A CHOUCROUTE EN ALSACE				
<ul style="list-style-type: none"> • Fumier 30 à 50 t • Purin 30 à 35 m³ • Fumure minérale 	130-250	50-180	100-340	

FUMURE PRÉCONISÉE

Tableau n° 3

	Choux de printemps	Choux d'été, d'automne ou d'hiver	Chou à choucroute
FUMIER à enfouir quelques mois avant plantation	30 t	40 t	40-50 t
N fractionné en 3 fois et sous forme d'ammonitrate	100-150	150-200	150-200
P ₂ O ₅ en fond, scories ou superphosphate	60-80	80-100	80-100
K ₂ O en fond, sulfate ou chlorure	120-150	180-250	200-300

Pour les pépinières, **Anstett** préconise de choisir la parcelle de terrain la plus riche.

Faire attention aux carences, ne pas négliger éventuellement les chaulages, avec les précautions que cela exige.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1965.

ANSTETT A., LES CONDITIONS AGROTECHNIQUES DE LA CULTURE DU CHOU A CHOUCROUTE
PHM, nov. 1971.

GERST J.J., STENGEL B., NOTE TECHNIQUE SUR LA CULTURE DU CHOU A CHOUCROUTE
INVUFLEC/Chambre Régionale d'Agriculture d'Alsace/Comité Interprofessionnel du chou à choucroute d'Alsace, mars 1970.

GERST J.J., STENGEL B.
INVUFLEC/Chambre Régionale d'Agriculture d'Alsace/Comité Interprofessionnel du chou à choucroute d'Alsace. C.R. des essais de 1973.

GILLY G., FICHES FERTILISATION
INRA Antibes, Station d'Agronomie (fiches non publiées).

LAUMONNIER, CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Tome II, Ed. Baillière, 1964.

CIBOULETTE

GÉNÉRALITÉS

Cette plante n'aime pas les situations sèches.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1
EXPORTATIONS (d'après Anstett)
Variété : Ciboulette commune ; Date de récolte : 1er juin ;
Rendement commercialisable : 19,8 t

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles + Bulbilles	108	34	104	97	11
Racines	15	9	21	14	3
TOTAL	123	43	125	111	14

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI, n° 200, 1965.

CONCOMBRE

GÉNÉRALITÉS

Principaux types de culture :

On distingue la culture de plein champ et la culture sous serre. Dans ce dernier mode de culture, on distingue à nouveau la culture à froid et la culture forcée. C'est ce mode de culture qui est le plus courant, et c'est aussi celui dont la fertilisation a été le plus étudiée. La culture forcée sous serre se fait en toutes saisons, soit sur sol en place, soit sur balle de paille, ou autres types de substrat.

Considérations physiologiques et botaniques :

Les racines se développent rapidement, dans les 15 jours qui suivent la plantation, et elles atteignent 50 à 60 cm. Cette phase d'installation est d'autant plus déterminante dans la vie de la plante, que la proportion des racines par rapport au poids total de la plante diminue considérablement, passant de 6,4 % du poids sec à la plantation, à 0,65 % trois mois après.

Selon **Anstett**, c'est l'une des causes des chutes de rendement en cours de culture.

Exigences générales :

— **pH** : cette espèce ne semble pas craindre les sols acides et s'accommode de pH allant de 5,5 à 7,5.

— **salinité** : par contre, le concombre est relativement sensible à la salinité du sol. Selon **Anstett**, l'alimentation optimale se situe à 3-4 g/litre de solution du sol; au-delà, il y a inhibition de l'alimentation en P_2O_5 , MgO , CaO . La salinité se manifeste par un arrêt de la croissance, la production de petits fruits, l'apparition de cloques sur les jeunes feuilles. Dans les cas graves, on observe des brûlures du feuillage et des racines.

— **sensibilité aux carences** : le concombre est sensible à la carence magnésienne, ferrique, et en manganèse, et très sensible à la carence en molybdène.

Considérations culturales :

Cette culture est relativement longue et donne une production importante (250 à 350 t/ha en culture forcée, sur 4 à 6 mois de culture et avec des irrigations abondantes), ce qui exige de fortes fumures.

Pour éviter de fortes salinités, une grande partie de la fumure sera fractionnée tout au long de la culture.

I - CONCOMBRE DE SERRE

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

Sources	Rendement t/ha	Exportations en kg/ha				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
Anstett	300	400-500	200-250	800-1000	304	130
Geissler	297	383	210	790	611	112
S.A.S.	210	330	260	628	313	75
Lefebvre	228	450	170	590	214	60

RYTHME D'ABSORPTION

Sur le plan pratique, **Anstett** propose l'application, tous les 15 jours, « d'une dose basée sur une moyenne des besoins, en l'occurrence : 60 à 80 unités d'azote et 75 à 100 unités de potasse ».

ACTION DU MILIEU SUR LES EXPORTATIONS

Un degré hygrométrique élevé augmente la croissance et l'absorption de N, P et K.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

1. AZOTE

En fumure de fond, des essais néerlandais ont montré qu'en présence de fumier, les apports d'azote minéral en fond ne donnait aucun supplément de rendement. Cependant, il faut faire attention au dégagement d'ammoniac par le fumier. Ce dégagement peut brûler les jeunes plantes.

La fumure azotée de couverture est par contre nécessaire en culture de printemps et d'été. Elle est moins importante ou nulle en culture d'automne. En effet, à cette période, les arrosages étant moins fréquents, les pertes par lessivage sont moins abondantes. En jours courts, éviter les apports d'azote sous forme ammoniacale.

La carence azotée se manifeste par :

- un retard de croissance ;
- une couleur uniforme de la végétation, vert clair à jaune ;
- une baisse de production ;
- des fruits pointus et en forme de virgule.

Quantité : on apporte au total 1,5 à 1,8 fois les exportations, soit 600 à 800 unités.

2. PHOSPHORE

On possède peu de renseignements. En principe, la fumure phosphatée n'est pas nécessaire, si on apporte de fortes fumures organiques. Les carences sont très rares, sauf en cas d'asphyxie.

Cependant, dans le cas de sol calcaire, la fumure de fond, selon **Anstett**, doit correspondre aux exportations.

Quantité : on apporte de 50 à 300 unités.

3. POTASSIUM

Les néerlandais ont démontré un effet négatif de la fertilisation potassique, en présence de matière organique, si l'extrait à l'eau donne un chiffre supérieur à 20 ; et ils n'ont jamais constaté d'influence favorable sur la croissance et la production des teneurs élevées en potasse. Selon eux, en présence d'une forte fumure organique, on peut ne pas apporter de potasse.

A Balandran, en culture hors sol de printemps, un renforcement de la fumure potassique se traduit par une diminution de rendement ($K_2O/N = 1,3$ et $2,2$).

Selon **Anstett**, pour un sol normal, il faut apporter 1,2 à 1,5 fois les exportations, soit 950 à 1 500 unités/ha.

4. MAGNESIUM

L'opinion sur le magnésium est controversée. Certains néerlandais pensent que la carence est moins courante depuis l'abandon du greffage. Cependant, le concombre est réputé pour être sensible aux carences magnésiennes, qui se révèlent à l'analyse foliaire par un taux de MgO inférieur à 0,7 % dans la matière sèche. Ces feuilles sont décrites comme plus grosses et fragiles (elles cassent facilement). Les vieilles feuilles ont des chloroses internervaires qui peuvent se nécroser.

5. MANGANÈSE

La carence se manifeste sur les jeunes feuilles. Elle est souvent due à une réduction de l'activité des racines sous l'influence de facteurs physiques défavorables.

La réaction du sol intervient également. Les plantes peuvent se rétablir en faisant des apports d'engrais acidifiants.

Des pulvérisations à 0,15 % de sulfate de manganèse peuvent être faites.

6. FER

En cas de carence, les jeunes feuilles présentent des chloroses, qui peuvent aller jusqu'à une décoloration totale; les feuilles sont alors totalement jaunes. La carence est plus fréquente en sol calcaire.

Pour corriger cette carence, on préconise l'apport au sol de chélates de fer EDDHA, à des doses pouvant atteindre 5 à 10 g/m². Will préconise des pulvérisations tous les 3 ou 4 jours, avec une solution à 0,02 à 0,05 % de fer EDTA (Cf. également « Oligo-éléments », p. 42 et 143).

7. MATIÈRE ORGANIQUE

(Cf. également « culture sur balle de paille page 258).

Le concombre répond bien aux apports de fumier, il faut cependant veiller aux dégagements d'ammoniac.

Indépendamment de l'utilisation du fumier comme générateur de chaleur, l'utilisation du fumier et sa quantité dépend de la structure du sol et doit faire l'objet d'analyse.

EXEMPLES DE FUMURE

A. Anstett préconise, compte tenu de l'analyse du sol, et pour un sol normal :

— N : appliquer un coefficient de 1,5 à 1,8 aux exportations et apporter tous les 15 jours 60 à 80 unités,

— P₂O₅ : en sol non calcaire, apporter en une seule fois, avant plantation, une quantité correspondant aux exportations, soit 200 à 250 unités,

— K₂O : appliquer aux exportations un coefficient de 1,2 à 1,5, fractionner la fumure comme suit : 75 à 100 unités tous les 15 jours.

En cas de trouble dans la nutrition, faire une analyse rapide du sol et une analyse minérale des plantes, selon les normes d'interprétation suivantes :

— N total : 3-6 % matière sèche ;

— P₂O₅ : 1-2 % matière sèche ;

— K₂O : 3,5-6,5 % matière sèche ;

— MgO : 0,5-2,2 % matière sèche.

Si on trouve une valeur inférieure au premier chiffre, il s'agit de carence ; si l'on se trouve au-delà, il s'agit d'un excès.

Tableau n° 2 EXEMPLES DE CALENDRIER D'APPORT

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<p>• Selon Anstett (1969), en kg/ha d'éléments fertilisants N (sous forme ammonitrate) - P₂O₅ (alternativement supertriple ou scories) - K₂O (patentkali 28 %)</p>			
P - plantation	50	150-250 (1 fois)	100
P + 15	—	—	—
P + 30	75	—	—
P + 45	75	—	56
P + 60	100	—	100
P + 75	75	—	100
P + 90	80	—	100
P + 105	80	—	100
P + 120	80	—	100
P + 135	80	—	100
P + 150	80	—	100
P + 165	80	—	100
P + 180	80	—	100
TOTAL	935	150-250	1056
<p>• Selon G. Gilly - concombre de châssis</p>			
Avant plantation	60	30	90
A la première récolte	150	50	—
En cours de culture	60	30	135
TOTAL	270	110	225

FUMURE PRÉCONISEE

1. SUR SOL EN PLACE

Aspects généraux :

Etant donné les fortes quantités d'éléments fertilisants apportés à cette culture et, pour permettre leur utilisation optimale, **Anstett** préconise :

— une bonne préparation physique du sol, permettant aux racines de bien s'installer ;

— en évitant le plus possible le tassement du sol et les excès d'eau ;

— en évitant une trop forte salinité ;

— en favorisant un degré hygrométrique de l'air élevé.

Quantité total à apporter :

En culture de printemps, pour un sol moyennement pourvu, et pour des pertes par lessivage de 20 % pour l'azote, 15 % pour la potasse, et pour un rendement escompté de 200 à 300 t/ha, on apporte :

- N : 600 kg ;
- P₂O₅ : 200 kg ;
- K₂O : 950 kg ;
- MgO : 120-200 kg.

Pour les cultures d'automne, les quantités sont réduites de 50 % (les rendements également).

Fumure de fond :

— fumure organique : fumier 100 à 150 t/ha, qui peut être concentré dans les zones de plantation ;

— fumure minérale :

- P₂O₅ : les 2/3, soit 130 unités ;
- K₂O : 75-100 unités ;
- MgO : la totalité, soit 120-200 unités.

Fumure de couverture :

Elle débute trois semaines à un mois après plantation, lorsque les premiers fruits commencent à grossir, à raison de 60 à 80 unités d'azote et 75 à 100 unités de potasse, tous les 15 jours.

Arrêter les apports un mois avant la fin de la culture.

Le reste des unités d'acide phosphorique est apporté sous forme de phosphate d'ammoniaque, dès les premiers épandages.

Si les fruits paraissent trop jaunes, on peut apporter 1 kg de sulfate de magnésie par are (100 kg/ha).

Si l'on observe des incidents graves, faire faire une analyse du végétal et se conformer aux normes d' **Anstett** (cf. ci-avant).

Pulvérisation foliaire :

(cf. ci-avant « manganèse »).

Pour la magnésie, on préconise des pulvérisations à 2 % de sulfate de magnésie, mais le concombre répond moins bien que la tomate.

2. SUR SUBSTRAT (laine de roche, pouzzolane...)

On utilise une solution type Coïc-Lesaint, sans ou avec très peu d'azote ammoniacal, rapport N-P₂O₅-K₂O de l'ordre de 1-0, 4-1, 3. La conductivité de la solution nutritive doit être faible pendant l'enracinement (1,4 à 1,6 mS) ; la concentration est augmentée dès le grossissement des premiers fruits, de façon à maintenir dans le substrat une conductivité de la solution voisine de 1,8 à 2,2 mS.

En culture précoce, un chauffage du substrat par circulation d'eau chaude est indispensable.

3. SUR BALLE DE PAILLE

Intérêt de la méthode :

Milieu sain du point de vue sanitaire, évitant la désinfection du sol. Il est possible d'isoler la paille du sol en interposant un film en polyéthylène, pour éviter les maladies transmises par le sol (virus, racines liégeuses, nématodes, phomopsis).

Milieu chaud, favorable à une bonne croissance et à une bonne précocité.

Bon drainage.

Coût moins important que celui d'une couche chaude.

Choix des balles de paille :

Les pailles de blé tendre, d'orge ou d'avoine conviennent bien, même si elles sont légèrement altérées par un séjour extérieur.

Attention aux résidus d'herbicides.

Mise en place et traitement des balles de paille

Celles-ci peuvent être enterrées, à demi-enterrées, ou posées sur le sol. Dans ce dernier cas, il vaut mieux qu'elles soient cerclées de fil de fer. On peut également les isoler du sol par un film en polyéthylène.

Les balles sont mises en place dans la serre, puis arrosées abondamment en plusieurs fois. La paille absorbe :

- 40 l d'eau pour une balle de 25 kg ;
- 80 l d'eau pour une balle de 40-50 kg.

Il existe deux méthodes de traitements :

Tableau n° 3. TRAITEMENT DES BALLES DE PAILLE
(d'après le Centre de Recherches d'Hoddesdon)

	Poids des balles		
	25 kg	40 kg	50 kg
1. Traitement de longue durée appliqué pour une plantation s'effectuant 3 semaines après l'arrosage			
J - 1 ^{er} traitement ammonitrate 33 %	450 g	725 g	900 g
J + 3 2 ^e traitement ammonitrate 33 %	300 g	475 g	600 g
J + 6 3 ^e traitement ammonitrate 33 %	230 g	300 g	360 g
nitrate de K	500 g	820 g	1000 g
supertriple	280 g	450 g	560 g
sulfate de Mg	110 g	180 g	220 g
sulfate ferreux	84 g	130 g	160 g
2. Traitement de courte durée, convenant en cas de plantation à 7 à 10 jours après la mise en place des balles de paille			
ammonitrate 33 %	300 g	480 g	600 g
supertriple	280 g	450 g	500 g
nitrate de K	500 g	800 g	1000 g
sulfate de Mg	110 g	180 g	220 g
sulfate ferreux	80 g	130 g	160 g

Traitement des balles de paille d'après le S.A.S. :

- nitrate de Ca 15 % : 750 g ;
- supertriple : 300 g ;
- nitrate de K : 100 g ;
- patentkali : 250 g.

Dans la pratique, beaucoup de producteurs mettent moins d'engrais que la méthode initiale, surtout avec balle de paille à demi-enterrée. Après cet apport, on arrose légèrement pour faire pénétrer l'engrais, puis on épand une couche de terreau de 10 cm d'épaisseur, comprenant :

- d'après le S.A.S. : moitié tourbe + moitié fumier + 1 kg d'ammonitrate,
- d'après le centre d'Hoddesdon : moitié terre désinfectée + moitié fumier, ou moitié terreau + moitié fumier.

La plantation :

Celle-ci s'effectue lorsque la température est en phase descendante. Prévoir des ficelles de palissage assez longues, car il y a affaissement de la paille.

Alimentation de la culture :

Au début la paille peu décomposée ne donne pas d'éléments nutritifs, puis il y a une libération croissante de la potasse, jusqu'à 1 mois et demi, puis diminution après 2 mois environ. La libération d'azote est plus tardive, surtout pour l'ammoniaque.

L'alimentation en azote doit commencer tôt, 2 à 3 semaines après la plantation, et même plus tôt, si l'on fait un traitement de la paille « courte durée ».

Apporter environ 40 à 50 g de nitrate de chaux par mètre linéaire, soit 40 à 50 unités/ha, toutes les semaines.

Apporter de la potasse sous forme de nitrate de potasse au début du grossissement des fruits et après 2 à 3 mois de culture.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., CULTURES EN SERRE ET SOUS ABRI-FERTILISATION DES CULTURES MARAÎCHÈRES SOUS SERRE

BTI, n° 217, février-mars 1967.

ANSTETT A., L'ALIMENTATION MINÉRALE ET LA FERTILISATION DU CONCOMBRE DE SERRE

INVUFLEC, le concombre, journées d'études, Orléans, avril 1973, pp 57-66.

DUBOIS M., LA CULTURE DU CONCOMBRE DE SERRE SUR BALLES DE PAILLE

PHM, mai 1969.

INVUFLEC, LE CONCOMBRE

INVUFLEC, note, février 1969.

KNOPPERT J.-P.-C., RECOMMANDATIONS DE FERTILISATION EN CULTURE DE CONCOMBRE

Traduction INVUFLEC.

LEFEBVRE J.-M., NOTE SUR LA FERTILISATION DU CONCOMBRE

INRA, 10 avril 1972.

MUSARD M. et DUMOULIN J., LE CONCOMBRE EN CULTURE HORS SOL DE PRINTEMPS, ESSAI DE FERTILISATION

CTIFL, 1981, compte rendu d'essai (à paraître).

ROORDA VAN EYSINGA et SMILDE K.-W., NUTRITIONAL DISORDERS IN CUCUMBERS AND GHERKINS UNDER GLASS

Wageningen, 1969.

VERDURE M., CULTURES SUR LAINE DE ROCHE AUX PAYS-BAS

PHM-Revue Horticole, n° 213, janvier 1981.

WACQUANT C., CONCOMBRE SUR BALLES DE PAILLE

CTIFL/sap, 12/1/81, DV. 81.01.

II - CONCOMBRE DE PLEIN CHAMP

GÉNÉRALITÉS

Cf. page 254.

EXPORTATIONS

D'après Anstett, pour un rendement de 30 t/ha :

- N : 50 kg/ha;
- P₂O₅ : 40 kg/ha;
- K₂O : 80 kg/ha;
- CaO : 30 kg/ha;
- MgO : 25 kg/ha.

EXEMPLE DE FUMURE

D'après Laumonnier :

- Fumier : 35 t;
- N : 132 (400 kg d'ammonitrate 33 %);
- P₂O₅ : 96 (600 kg de superphosphate 16 %);
- K₂O : 200 (400 kg de sulfate de potasse 50 %).

FUMURE PRÉCONISÉE

En fond :

- Fumier : 30 à 40 t;
- P₂O₅ : 40 à 60;
- K₂O : 50 à 75.

En couverture :

- à la plantation :
N : 40 à 50;
- à la fructification :
N : 40 à 50;
K₂O : 50 à 75.

Apport minéral total (fumier exclus) :

- N : 80 à 100;
- P₂O₅ : 40 à 60;
- K₂O : 100 à 150.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEIN TERRE
BTI n° 200, 1965.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. Baillièrre et fils, 1964.

SOLONIA

Fiche technique B 42.1, janvier 1966.

CORNICHON

GÉNÉRALITÉS

Cf. concombre p. 254.

EXPORTATIONS

A notre connaissance, il n'existe en France aucun chiffre spécifique.

RÉSULTATS D'ESSAIS

Dans deux essais, l'un conduit en 1968 par l'INVUFLEC et le GDA d'Amboise, l'autre en 1969 par l'INVUFLEC, il n'y a eu aucun effet de l'azote sur le rendement.

- **Essai de 1968 :**

Sol : pH 6,1 faible en azote total et en matière organique.

Trois doses ont été appliquées sur trois variétés différentes, sur une culture non irriguée.

Tableau n° 1. PÉRIODE D'APPLICATION ET DOSE DE L'AZOTE

Période d'application	Dose 1	Dose 2	Dose 3
Au semis	60	60	60
30 jours après	0	30	60
TOTAL	60	90	120

Le climat de l'année a été faible et pluvieux. Aucune différence n'a été observée entre les doses d'azote. La dose 120 unités se classe tantôt en tête, tantôt en dernier, selon les variétés.

- **Essai de 1969 :**

L'objectif est de contrôler les résultats de l'année précédente. Cet essai a été conduit à l'irrigation. Le climat a été très favorable.

Tableau n° 2. PÉRIODE D'APPLICATION ET DOSE DE L'AZOTE

Période d'application	Dose 1	Dose 2	Dose 3
Semis + 8 jours	60	60	60
30 jours après	0	60	120
TOTAL	60	120	180

La fertilisation de fond était :

- N : 0;
- P_2O_5 : 100;
- K_2O : 200.

Tableau n° 3. RÉSULTATS (1969).

Dose d'azote	Rendement en kg/m ²		
	Fins et moyens	Gros	Total
60	1,94	0,53	2,47
120	2,14	0,76	2,90
180	2,08	0,52	2,60

Ces résultats confirment ceux de l'année précédente.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 4

	N	P_2O_5	K_2O
• CULTURE SOUS SERRE AUX PAYS-BAS (traduction de J. Schoenmaeckers)			
• Fumier : 100 t			
• Fumure minérale :			
— avant plantation :			
nitrate d'ammoniaque 500 kg	150		
— en couverture :			
nitrate d'ammoniaque 300 kg	90		
kulfmafos 200 kg			
Il n'y a pas de fumure potassique; on apporte jusqu'à 1 t de sulfate de magnésie			
• CULTURE DE PLEIN CHAMP EN LOIR-ET-CHER			
• Fumier : peu ou pas			
• En fond : 800 kg de 7.15.30	56	120	240
• En couverture	30		
TOTAL	86	120	240
• CULTURE DE PLEIN CHAMP EN TARN-ET-GARONNE			
• Fumier : selon disponibilité			
• En fond : 1 t de 6.15.30 S	60	150	300
• CULTURE DE PLEIN CHAMP EN ALSACE			
• 1 t de 10.20.20	100	200	200

Il est curieux de noter, pour la plupart de ces exemples, l'importance de l'acide phosphorique et de la potasse.

FUMURE PRÉCONISÉE

Il semble difficile de proposer une formule en l'absence de données sur les exportations. Notons cependant que les rendements varient de 10 à 25 t/ha en plein champ. En extrapolant, à partir des exportations du concombre de plein champ, qui exporte par tonne environ 2 kg d'azote, 1,3 kg de P_2O_5 et 2,6 kg de K_2O , on peut penser que le cornichon exporterait :

Tableau n° 5

Rendement en t/ha	N	P_2O_5	K_2O
Pour 10 tonnes	20	13	26
Pour 25 tonnes	50	32,5	65

Enfin, compte tenu des résultats d'essais de l'INVUFLEC, sur la fumure azotée, on peut préconiser, en l'absence de fumier, et pour un sol normalement pourvu :

- N : 60, au semis, ou 8 à 10 jours après ;
- P_2O_5 : 50-100, en fumure de fond ;
- K_2O : 80-120, en fumure de fond.

BIBLIOGRAPHIE

DUCHEYNE H., LA CULTURE DU CORNICHON EN SERRE
PHM, n° 82, déc. 1967.

MOREAU B. (INVUFLEC), BOHINEUST (GDA D'AMBOISE), COMPORTEMENT DE VARIÉTÉS ET INFLUENCE DE LA FUMURE AZOTÉE - PAILLAGE PLASTIQUE
INVUFLEC/GVA d'Ambroise, C.R. d'essai, septembre 1969.

MOREAU B., BOYER M., ESSAI DE FERTILISATION AZOTÉE SUR CORNICHON
INVUFLEC, C.R. d'essai, mai 1970.

MOREAU B., GERST J.J., COMPTE RENDU DU GROUPE DE TRAVAIL « PRODUCTION DU CORNICHON »
INVUFLEC, C.R. du G.T. du 19/2/75.

COURGETTE

GÉNÉRALITÉS

La courgette aime les sols légers, humifères et frais. Elle est caractérisée par une croissance rapide, un grand développement foliaire et un cycle assez court (90 jours). En conséquence, elle a des besoins immédiats importants.

Elle serait moyennement sensible aux excès de bore ; par contre, elle craint la carence en magnésie et en manganèse et elle est très sensible aux carences en fer et en molybdène.

Enfin, elle craint la salinité. Il n'y a pas de renseignements sur le pH, ni sur les exportations.

RÉSULTATS D'ESSAI

D. Lachover (Israël) a étudié trois doses de sulfate de potasse sur un sol à faible teneur en potassium ; la fertilisation potassique a augmenté les rendements, cependant, au-delà de 100 unités/ha, il n'y a plus d'augmentation.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 1 (cf. page suivante)

FUMURE PRÉCONISÉE

En l'absence de données précises sur les exportations, il paraît difficile de préconiser une fumure. Cependant, nous savons que les rendements sont de l'ordre de 25 à 35 t/ha en plein champ, et de 50 à 60 t/ha en serre ; d'autre part, il semble qu'au-delà de 100 unités de potasse, il n'y a pas augmentation des rendements. Enfin, compte tenu des fumures pratiquées et de leur contexte, on peut, pour un sol normalement pourvu, préconiser :

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumier bien décomposé : 25 t (à enfouir un mois avant mise en place de la culture)			
Fumure minérale : avant mise en place de la culture	40-60	50-60	100-120
en couverture (en 2 ou 3 fois)	80-100		
TOTAL	120-160	50-60	100-200

Courgette

Tableau n° 1. EXEMPLES DE FUMURE.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon J. Dauvergne			
Fumure de fond : fumier bien décomposé Fumure minérale :		80-100	120-140
• en fond			
• en couverture :			
- avant semis	40-50		
- en couverture	60-70		
TOTAL	100-120	80-100	120-140
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon CTIFL Balandran (Gard)			
1. Culture d'été (sol de loess - précédent haricot)			
En fond	40	200	200
En couverture	100		
TOTAL	140	200	200
2. Culture de printemps (précédent blé dur)			
Fumier de mouton : 50 t			
Fumure minérale	120	230	290
3. Culture d'automne (précédent aubergine, poivron)			
Fumier de mouton : 50 t			
Fumure minérale	100	200	200
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon INVUFLEC Colmar (rendement 40 t/ha)			
Fumier : 30 t			
Fumure minérale (1 t de 5.15.20 S)	50	150	200
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon fiche technique de la CNARBRL (Gard)			
Au labour précédant le semis	120-150	120-150	180-200
En cours de culture	50- 80		
TOTAL	170-230	120-150	180-200
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon Laumonier			
Fumier très décomposé : 25 t			
Fumure minérale	95	65	100
• CULTURE DE PLEIN CHAMP - selon G. Gilly (maraîchage)			
Avant plantation		100	220
Après reprise	60		
Début nouaison	60		90
Début récolte	60	50	
Mi-récolte	60	50	90
TOTAL	240	200	400
• CULTURE SOUS SERRE - selon INVUFLEC Balandran (Gard (sol à pH 7,2 - rendement 45 t/ha)			
Avant culture	66	45	56
En cours de culture (en 3 fois) + 42 unités de MgO	100		
TOTAL	166	45	56

BIBLIOGRAPHIE

CHITTENDEN F.J., DICTIONARY OF GARDENING.

Oxford Royal Hort. Soc., 1951, tome 2, p. 592.

CTIFL/SAP Balandran, VARIÉTÉS DE COURGETTE.

CTIFL/SAP Balandran, compte rendu d'essai de 1972 et 1974.

DAUVERGNE J., LA COURGETTE, UNE CULTURE IRRIGUÉE QUI SE DEVELOPPE.

Sté du Canal de Provence, revue l'Irrigant, n° 32, décembre 1965.

GAUTIER B. et THICOIPE J.-P., LA COURGETTE.

Bas-Rhône-Languedoc, fiche technique n° 1.

GERST J.-J., COMPORTEMENT DE VARIÉTÉS DE COURGETTE.

INVUFLEC/Alsace, compte rendu d'essai de 1974.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.

INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LACHOVER D., LA SENSIBILITÉ DE LA COURGETTE A LA DÉFICIENCE DE POTASSIUM.

Fiche de documentation du SEI, M4 - Lég - 3457.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.

Ed. Baillièrè et fils, 1964.

MUSARD M., WACQUANT C. et THICOIPE J.-P., PRODUCTION DE COURGETTES SOUS SERRE, COMPARAISON DE TROIS HYBRIDES EN CULTURE DE PRINTEMPS.

INVUFLEC, compte rendu d'essai n° 293/48, juin 1974.

CRESSON

GÉNÉRALITÉS

Le cresson se cultive généralement dans l'eau. Il existe des cultures sous tunnel en arrosage par aspersion. L'enracinement s'établit en partie dans le sol des fosses et en partie dans l'eau.

Cette plante préfère les terrains un peu lourds. Les eaux trop calcaires lui portent préjudice. **Laumonnier** souligne que le cresson aime les eaux ferrugineuses.

Il faut noter un point particulier dans la fumure du cresson, c'est l'*interdiction d'utiliser des fumiers de ferme, à cause des contaminations possibles par la douve du foie* (voir également la circulaire du 24 mai 1963, J.O. du 29-9-63, art. 99).

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (selon **Anstett**)
Cresson de fontaine; Date de récolte 28/5
Rendement 63,7 t/ha (1 coupe)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
173	68	266	101	18

EXEMPLE DE FUMURE

Tableau n° 2. EXEMPLE DE FUMURE (selon **G. GILLY**)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation		50	90
En cours de culture 5 apports de :			
N 30 unités			
P ₂ O ₅ 16 unités			
K ₂ O 46 unités	150	80	230
TOTAL	150	130	320

FUMURE PRÉCONISÉE

Les critères d'exploitation des cressonnières font, en général, l'objet d'arrêtés préfectoraux, y compris pour les engrais; il convient donc de se renseigner à la préfecture.

Généralement les interdictions portent sur les matières organiques.

Tableau n° 3. FUMURE PRÉCONISÉE

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumure de fond Après chaque coupe	20-30	75-150	150

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI n° 200, 1965.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. Baillièrre et Fils, 1964.

PRÉFECTURE DE L'EURE, ARRÊTÉ PRÉFECTORAL.
Journal des Fruits et Légumes, 27/2/64 (extrait).

CROSNE DU JAPON

FUMURES PRÉCONISÉES à l'hectare

- **Laumonnier** préconise :

FUMIER 30 tonnes.
FUMURE MINÉRALE :
— N : 40;
— P₂O₅ : 80;
— K₂O : 120.

- **Péron** propose :

800 à 1 000 kg de 10.10.20 avant plantation.

BIBLIOGRAPHIE

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. J.-B. Baillière 1964.

PERON J.-Y., UNE CULTURE EN SOMMEIL : LE CROSNE DU JAPON.
Entreprises Agricoles, mai 1977, n° 90, pp 37-38.

PERON J.-Y., LE CROSNE DU JAPON.
PHM, n° 210, octobre 1980.

ECHALOTE

GÉNÉRALITÉS

Il existe peu de renseignements sur l'échalote, mais elle apparaît comme une plante sensible à la qualité du sol ; ses réussites et ses échecs culturaux le prouvent largement. Il faut éviter aussi bien les terres trop légères que trop humides. Les sols silico-argileux ou argilo-siliceux semblent lui convenir.

Le pH optimal se situe entre 6 et 6,5, mais cette plante supporte des pH plus élevées ; par contre, elle réagit mal aux pH bas (sols acides).

Il n'y a pas de renseignements sur les exportations, ni la sensibilité à la salinité et aux carences.

Les rendements sont très variables d'une variété à l'autre, et, pour une même variété, d'une zone de production à l'autre, ils se situent entre 10 et 25 t/ha.

RÉSULTATS D'ESSAIS

1. ESSAI DE FERTILISATION AZOTÉE ET POTASSIQUE

B. Moreau, M. Boyer (INVUFLEC) ont conduit en 1973 un essai, avec **MM. Anseaume et Beignet** (SUAD du Loir-et-Cher), comportant les fumures suivantes :

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Traitement 1	80	100	180
Traitement 2	80	100	270
Traitement 3	120	100	180
Traitement 4	120	100	270

Aucune différence n'a été observée, ni sur le rendement total, qui se situait autour de 15,5 t/ha, ni sur la conservation, ni sur le rendement commercial après conservation.

2. ESSAI SUR LA FUMURE ORGANIQUE

Les mêmes auteurs ont étudié l'action d'amendements organiques (fumier de champignon, fumiers de fermes, gadoues de ville et produits commerciaux) sur une rotation pluriannuelle de légumes. L'échalote, mise en 4^e année, a réagi favorablement aux amendements organiques. Notons que les apports ont été enfouis 5 mois avant la plantation.

Notons enfin que l'échalote répond bien, en sols acides, aux amendements et aux engrais alcalinisants.

EXEMPLES DE FUMURES**Tableau n° 2**

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<ul style="list-style-type: none"> • CTIFL Balandran (Gard) Ajouter le cas échéant : <ul style="list-style-type: none"> - 1 t de chaux magnésienne, - 25 kg de borate de chaux, - 2 kg de molybdate d'ammonium. 	60	75	150
<ul style="list-style-type: none"> • Loir-et-Cher 	60	60	120
<ul style="list-style-type: none"> • Fiche ACTA/INVUFLEC (1965) plus un apport d'azote en couverture	40 40	100	130-150

FUMURE PRÉCONISÉE**1. FUMURE ORGANIQUE**

La littérature proscrit tout apport de fumier avant la culture, mais les essais que nous avons présentés, avec enfouissement de matière organique 5 mois avant la plantation, ont montré l'action favorable des fumiers ou gadoues. Il semble que l'on puisse avantageusement prescrire, dans un sol sain : 15 tonnes de fumier décomposé, à enfouir 5 à 6 mois avant plantation.

Proscrire tout fumier pailleux.

2. FUMURE MINÉRALE

L'excès d'azote est considéré comme favorisant le développement exagéré des feuilles et néfaste à la conservation ; il favorise en outre les champignons sur les bulbes stockés.

Compte tenu de cela et des résultats de l'essai « fertilisation azotée et potassique » cité précédemment, on peut conseiller :

Tableau n° 3

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
En fond		75-100	120-180
A la plantation	20-25		
En couverture (en 1 ou 2 fois)	40-55		
TOTAL	60-80	75-100	120-180

BIBLIOGRAPHIE

BASSINO J.P. (ACTA) et ZUANG H. (INVUFLEC), FICHE TECHNIQUE OIGNON, ECHALOTE.

ACTA/INVUFLEC, avril 1965.

MOREAU B., BOYER M., ANSEAUME D., BEIGNET G., EXPÉRIMENTATION SUR ECHALOTE, 1973 - FERTILISATION AZOTÉE ET POTASSIQUE.

INVUFLEC, C.R. n° 292/29, juin 1974.

MOREAU B., BOYER M., ANSEAUME D., BEIGNET G., ECHALOTE - ESSAI PERMANENT DE FERTILISATION ORGANIQUE.

INVUFLEC, C.R. n° 313/33, nov. 1974.

MOREAU B., GROUPE DE TRAVAIL « ÉCHALOTE ».

INVUFLEC, C.R. des réunions des 26/27 mai 1971 et 16/17 novembre 1972.

ENDIVE

On distingue deux phases dans la production d'endive : la culture et le forçage des racines.

A - LA CULTURE DES RACINES

1. GÉNÉRALITÉS

La production de chicons à partir des racines d'endive dépend de l'état physiologique de ces racines et de leur qualité, c'est dire l'importance du sol, du climat et de la fertilisation dans la réussite de la production.

Sur le plan sanitaire, il faut exclure les précédents maraîchers (laitue, carotte, ...).

On choisira des terres fortes plutôt que des terres légères.

Du semis à la récolte des racines, on distingue trois périodes :

- la période d'installation, qui se divise en :
 - développement de la plantule ;
 - et formation du bouquet foliaire ;
- la période de tubérisation (croissance des racines) ;
- la période de maturation où la croissance est ralentie pour faire place à l'accumulation des réserves.

2. EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
d'après Anstett. 58,3 t/ha (racines + feuilles) - Récolte le 6 novembre					
Feuilles	77	32	295	69	17
Racines	51	28	106	11	14
TOTAL	128	60	401	80	31
d'après J.-B. Gagne					
Feuilles	48-80	19-33	193-234		
Racines	37-50	23-56	117-163		
TOTAL	85-130	42-89	310-397		

3. FUMURE PRÉCONISÉE

a) Fumure organique

Aucune matière organique, ni d'enfouissement de paille ou d'engrais vert, pendant les deux ou trois ans qui précèdent la culture de racines d'endive. Le maïs, à cause de la quantité importante de matière organique qu'il laisse dans le sol, est un mauvais précédent.

b) Fumure minérale

● Quantité :

Elle doit être faible en azote, surtout pour les variétés précoces, car l'excès retarde la maturité des racines et sensibilise les chicons aux champignons, et importante en acide phosphorique, soit par exemple :

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Sol bien pourvu	0-30	100	150-200
Sol pauvre	50-80	200	350-400

● Période et forme :

- A l'automne :
 - acide phosphorique (scories);
 - potasse (sous forme de chlorure).
- Au printemps :
 - acide phosphorique (superphosphate);
 - potasse (patentkali).
- Azote :
 - avant semis, sous forme d'ammonitrate;
 - après éclaircissage, sous forme de nitrate de chaux.

B - LE FORÇAGE DES RACINES (production de chicons)

Deux modes de forçage sont pratiqués :

1. LE FORÇAGE TRADITIONNEL avec ou sans terre de couverture

Ce type de forçage se fait sur couche dont le sol ne doit pas être asphyxiant, sans être trop filtrant; on choisit si possible des limons sableux.

Pour entretenir et améliorer l'état physique des sols des couches, on conseille :

- d'enfouir de la paille dès la fin des forçages et, dans certains cas particuliers, du fumier bien décomposé (50 à 100 t/ha);
- d'apporter, dans les sols trop argileux, de la tourbe (5 à 10 t/ha) ou du sable de rivière;
- de semer du ray-grass, qui sera entretenu comme une pelouse.

Ainsi, les radicelles se développeront profondément dans le sol, utiliseront les reliquats de fumure et amélioreront la structure.

Pour faciliter la décomposition de ce gazon, il est préférable de le fraiser une dizaine de jours avant le labour, qui aura lieu un mois avant le début du forçage. Si cela s'avère nécessaire, on fera un apport d'eau; on obtiendra ainsi un sol type prairie.

Il n'est pas possible d'indiquer une fumure rationnelle. Cependant, un enrichissement minéral du sol avec un engrais complet est utile pour maintenir le niveau de fertilité d'une terre normale. Pour un sol bien pourvu, on apporte la même fumure que pour la culture de racines, soit :

- N : 0-30;
- P_2O_5 : 100;
- K_2O : 150-200.

A la fin du forçage, il faut redonner au sol la structure convenable, plus ou moins détruite par la température élevée, le travail dans de mauvaises conditions, etc.

On effectue un bon labour dès la fin des forçages et on maintient le sol en état de propreté durant l'été. Dans les sols lourds, un amendement calcaire sera apporté au moment du labour.

Durant l'été, une culture pourra être faite, mais il conviendra d'éliminer toutes les espèces sensibles aux différents Sclerotinia (laitue, haricot, carotte,...).

2. LE FORCAGE EN SALLE

Les essais de forçage en solutions hydroponiques, dans différents pays producteurs d'endive, depuis plusieurs années, ont donné des résultats divers, souvent satisfaisants. Ils ont abouti à la mise au point d'une solution nutritive adaptée à l'endive, dont la composition adoptée actuellement s'inspire des travaux de **Coïc-Lesaint** à Versailles, pour la nutrition des plantes neutrophiles. La formule de référence, correspondant aux résultats des essais les meilleurs, est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau n° 3.
COMPOSITION EN me/l DE LA SOLUTION NUTRITIVE DE RÉFÉRENCE
POUR LE FORCAGE DE L'ENDIVE (d'après **Coïc-Lesaint**)

	NO_3	PO_4	SO_4	Cl	TOTAL
K	3,8	0,8 0,6			5,2
Na				0,2	0,2
Ca	6,2				6,2
Mg			1,5		1,5
NH_4	2				2
H		1,6 0,3			2
TOTAL	12	3,3	1,5	0,2	17,0

En pratique, la solution nutritive est obtenue à partir d'une eau de composition variable, parfois nocive. C'est pourquoi une correction adaptée à chaque cas est nécessaire. Les eaux sont souvent chargées de bicarbonate

de calcium. De ce fait, leur pH est trop élevé et de plus l'ion bicarbonate est nuisible. C'est pourquoi, un apport d'acide nitrique assure à la fois la destruction du bicarbonate et la rectification du pH.

Les eaux d'une même région sont parfois différentes.

La fabrication de solution à partir de formules industrielles ne sera adaptée qu'occasionnellement et le rendement, bien que supérieur à celui obtenu avec l'eau ordinaire, sera plus ou moins voisin à cette solution adaptée.

Il est souhaitable que les endiviers se renseignent auprès de leurs organisations professionnelles.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEIN CHAMP.
BTI, n° 200, 1965.

DE CONINCK B., COCHET J.-P., FOUREL A., L'ENDIVE.
INVUFLEC, monographie, 1969.

DE CONINCK B., L'ENDIVE.
BTI, n° 311, juin-juillet 1976.

DE CONINCK B., COCHET J.-P., LETEINTURIER J., L'ENDIVE.
INVUFLEC, monographie, 1977.

EPINARD

GÉNÉRALITÉS

L'épinard redoute la sécheresse, qui accélère la montée à graine au printemps, mais il craint aussi l'humidité.

Les pH inférieurs à 6,5 lui sont défavorables.

Selon certains auteurs, il est sensible à la carence en manganèse, qui se manifeste par une chlorose.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha					
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
• D'après Anstett - variété Matador - récolte 4 juin - 1 1/2 coupes								
Feuilles	36,15	3,06	102	65	303	10	57	16
Racines	1,22	0,13	3	3	9	1,4	0,8	0,7
TOTAL	37,37	3,19	105	68	312	11,4	57,8	16,7
• D'après Anstett - variété Viroflay - 4 coupes								
Feuilles	83,32	7,04	373	110	918	18	95	82
Racines	0,59	0,08	2,4	2,6	6	0,5	0,3	0,8
TOTAL	83,91	7,12	375,4	112,6	924	18,5	95,3	82,8
• D'après Penningsfeld								
Variété non indiquée	20		75	35	80			30
Origine U.S.A.	18		83	23	93		19	10



RÔLE, QUANTITÉ, FORME, PÉRIODE D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

1. AZOTE

L'épinard répond bien à un apport d'azote. Cependant, plus la fertilisation azotée augmente, plus la matière sèche diminue et plus le pourcentage de nitrates augmente dans les feuilles; ce qui influe sur la qualité diététique.

On peut préconiser 80 à 150 unités, le fractionnement en deux fois donnant de meilleurs résultats. Sur épinard de printemps ces résultats sont nets, mais moins marqués sur épinard d'automne.

2. POTASSIUM

En jour court, l'épinard a un besoin supérieur en potasse à celui cultivé en jour long. On préconise la forme chlorure.

3. PHOSPHORE

Rien de particulier n'est signalé.

4. MATIÈRE ORGANIQUE VÉGÉTALE

Comme le montre le résultat d'essai ci-dessous, l'épinard réagit favorablement à l'apport de fumier.

Tableau n° 2. RÉSULTATS D'ESSAIS DE l'I.G. Farben (d'après Anstett)

		Rendement en quintaux/ha	
Avec fumure minérale P et K		Avec fumure minérale N, P et K	
Sans fumure organique	Avec fumier	Sans fumure organique	Avec fumier
68,2	97,2	120,8	141,6

EXEMPLE DE FUMURE

Tableau n° 3. EXEMPLE DE FUMURE
(d'après G. Gilly) - Semis en août

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant semis		100	220
Plant développé	60		
En octobre	60	50	90
En décembre	60		
Fin février	60	50	90
Avril	60		
TOTAL	300	200	400

FUMURE PRÉCONISÉE

1. L'épinard exige des sols bien pourvus en matière organique ; cependant, faire les apports de fumier avec la culture précédente, car l'épinard est sensible aux pourritures des racines.

2. L'épinard répond bien à l'azote, mais il y a un compromis à opérer entre le rendement et la qualité. D'autre part, la grande diversité des cultures (plein champ, maraîchage, frais, industrie, automne, printemps, etc.) oblige à moduler en fonction du type de culture.

3. L'épinard est également exigeant en potasse, surtout en jour court. On préconise la forme chlorure.

On peut recommander :

- N : 100 à 150 unités ;
- P_2O_5 : 30 à 50 unités ;
- K_2O : 100 à 200 unités.

L'azote sera fractionné comme suit :

En culture maraîchère :

- 1/3 au semis ;
- 1/3 trois semaines après semis ;
- 1/3 six semaines après semis.

En plein champ : le fractionnement est difficile, mais souhaitable, surtout au printemps,

- 50 % au semis ;
- 50 % en couverture, au stade 2-3 feuilles.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE. BTI, n° 200, 1965.

CTCPA Puyricard, INRA/SEI Montfavet, INVUFLEC Sud-Est, LA CULTURE DE L'ÉPINARD POUR LA CONSERVE. Fiche technique, avril 1972.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES. INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

INVUFLEC, L'ÉPINARD. INVUFLEC, monographie, 1966, pp. 27-30.

LAUMONNIER R. CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES. Ed. J.-B. Baillière, 1964.

VERGNIAUD P., HUGUET C. (Mme), LA FUMURE AZOTÉE DE L'ÉPINARD EN CULTURE INDUSTRIELLE. PHM, décembre 1971, pp. 33-40.

FENOUIL

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude sur la fertilisation de ce légume, mais on considère cette plante comme exigeante.

Tableau n° 1. FUMURE PRÉCONISÉE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<ul style="list-style-type: none"> Fumure préconisée par la Station d'Agronomie de l'INRA d'Antibes (G. Gilly) pour culture de plein air d'automne-hiver dans les Alpes-Maritimes 			
<ul style="list-style-type: none"> Avant plantation En septembre (avec 20 kg/ha de Boracine) Fin octobre Décembre 	<p>60</p> <p>100</p> <p>60</p>	<p>100</p> <p>50</p>	<p>220</p> <p>45</p> <p>90</p> <p>45</p>
TOTAL	220	150	400
<ul style="list-style-type: none"> Classiquement, on préconise 			
<ul style="list-style-type: none"> En fond : <ul style="list-style-type: none"> – fumier de ferme 30-50 t/ha – 500 à 600 kg de 5-12-24 En couverture : <ul style="list-style-type: none"> – à la reprise ou à l'éclaircissage : 250 kg d'ammonitrate 20 % – à mi-développement : 250 kg d'ammonitrate 20 % 	<p>25-30</p> <p>50</p> <p>50</p>	<p>60-72</p>	<p>120-144</p>
TOTAL	125-130	60-72	120-144

BIBLIOGRAPHIE

GILLY G., FICHES DE FERTILISATION (non publiées).
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes.

PELLETIER J., FICHE TECHNIQUE « LE FENOUIL DE FLORENCE »,
INVUFLEC, avril 1972.

FEVE

GÉNÉRALITÉS

La fève a un enracinement puissant, qui lui permet d'explorer un grand volume de sol et qui la rend peu exigeante ; cependant, elle semble bien réagir à la potasse.

EXPORTATIONS

D'après Becker :

- N : 180;
- P_2O_5 : 160;
- K_2O : 130;
- CaO : 250.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 1

	N	P_2O_5	K_2O
• Laumonnier			
Fumier de ferme bien décomposé			
Fumure minérale	20	65	90
• G. Gilly			
Avant semis (un mois avant)		100	180
Au grossissement des gousses	50	50	170
TOTAL	50	150	350

BIBLIOGRAPHIE

BLOUX J., LA CULTURE DE LA FÈVE.

La journée des Fruits et Légumes, 21/1/65.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.

INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R. CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.

Ed. J.-B. Baillière, 1964.

FRAISIER

GÉNÉRALITÉS

La fertilisation du fraisier est mal connue et on observe des résultats parfois contradictoires dans les expérimentations qui ont pu être conduites.

Cependant, on peut, pour raisonner la fumure, tenir compte d'un certain nombre de considérations et en déduire les conséquences.

1. CONSIDÉRATIONS MORPHOLOGIQUES

Le système racinaire du fraisier est superficiel. C'est ainsi que l'on trouve 90 % des racines dans les 15 premiers centimètres et 70 % dans les 7 premiers centimètres de sol.

2. CONSIDÉRATIONS PHYSIOLOGIQUES

Le nombre de bouquets floraux, le nombre de fleurs par bouquet et la taille des fruits dépendent en grande partie des conditions générales d'alimentation de l'été et de l'automne précédant la récolte (eau, insolation, richesse en éléments fertilisants, ...) et sont, sauf exception, indépendants des conditions de sol au printemps, bien que dépendant du climat (température, pluviométrie, attaques parasitaires, etc.), et, d'une façon générale, on considère que les conditions de culture (date de plantation, choix des plants, ...) ont une action plus grande que les engrais ; en effet, l'initiation florale peut commencer dès la plantation et elle s'opère à partir des réserves de la plante.

On compte qu'il faut, à partir de la plantation, trois semaines à un mois avant que la plante réponde aux engrais.

Enfin, le fraisier est très sensible à la salinité.

3. CONSIDÉRATIONS CULTURALES

Les techniques de production sont variées et il faut en tenir compte dans le choix d'une fumure.



EXPORTATIONS

Tableau n° 1

Rendement en fruits t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Observations
• Caudon					
13,5	88	34	142		Il s'agit d'une moyenne de 6 variétés et des exportations des fruits et de 7 t de matière sèche
• Charpentier					
10-15	120	60	200		
• Cornillon					
13,3	14,1	6	25,5	2,8	Il s'agit des exportations des fruits
• Vercier					
Tonnages non exprimés	66	59	76		Variétés à gros fruits non remontantes
	116	62	71		Variétés à gros fruits remontantes
	107	63	53		Variétés à petits fruits

PÉRIODES D'ABSORPTION

L'absorption se fait à deux périodes :

- en fin d'été-début d'automne, coïncidant avec l'initiation florale et la migration des réserves dans les racines ;
- au printemps, coïncidant avec une chute des réserves des racines, la floraison et la fructification.



RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. RÔLE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

- **Azote :**

Pour beaucoup d'auteurs, l'excès est dépressif, provoquant la coulure, favorisant la pourriture grise (botrytis) et rendant les fruits plus fragiles au transport.

- **Phosphore :**

Un manque d'acide phosphorique provoque un retard à la maturation et une augmentation du taux d'acidité. Cet élément aurait une action sur les fruits, qu'il rendrait plus brillants.

Mais, dans un sol suffisamment riche, le fraisier ne réagit pas à des apports d'acide phosphorique.

- **Potassium :**

En sol moyennement pourvu, un apport de potasse accroît les rendements. Le potassium augmente la qualité des fruits (teneur en sucre et acide) et leur conservation.

- **Magnésium :**

Il est connu pour donner un fruit brillant et ferme. Il est utilisé en pulvérisation foliaire pour compenser les déficits dans certaines régions.

2. RÔLE DES OLIGO-ÉLÉMENTS

- **Bore :**

Les besoins sont faibles, par contre le fraisier est sensible à l'excès de bore.

- **Fer :**

Les chloroses ferriques sont dues à un excès d'humidité ou de calcaire actif. Dans ce dernier cas, il vaut mieux éviter de cultiver du fraisier. Cependant, il est possible d'utiliser des chélates apportés au sol ou en pulvérisation sur le feuillage.

3. FORME DES ENGRAIS

- **Potassium :**

Le fraisier est sensible au chlore, il faut donc exclure le chlorure de potasse.

- **Azote :**

Pour l'azote, les expérimentateurs américains ont obtenu le meilleur résultat avec des sulfates enrobés (type engrais retard). De même, les sulfates ordinaires leur ont fourni de meilleurs rendements que l'urée.

Il faut proscrire le nitrate de soude; le fraisier étant très sensible au sodium, qui provoque des lésions.

Selon **Clark**, la forme dépend aussi du pH; en pH élevé, on utilisera des formes ammoniacales; en pH acide, on utilisera des nitrates.

4. ÉPOQUES D'APPORT

● **Potassium et phosphore :**

Ils sont apportés en fond, avec le fumier.

● **Azote :**

Dans la plupart des cas, le fumier suffit largement.

Pour **Cornillon**, les meilleurs résultats sont obtenus en fractionnant les apports comme suit :

- une partie à la plantation ;
- une partie un à deux mois après ;
- le reste en fin d'automne.

Eviter tout apport au printemps, au moment de la reprise de la végétation, car on provoque une sensibilité du feuillage aux parasites.

Si la croissance de la plante a été insuffisante, on peut faire une application au printemps.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	Fumier	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
♦ CULTURE ANNUELLE				
Union Française d'Engrais Garnaud	40 t	100	120	200
— avec fumier	50 t	60	80	100
— sans fumier		60 + 30	80	100
SPIEA	40-80 t	100-120 fract.		
Bry	50-60 t	60-70	60	110
USA uniquement des apports d'azote fraction- nés de la façon suivante :				
— à la préparation du sol		20-70		
— à la plantation		20-70		
— un mois après		20-70		
— à la pose du plastique		20-70		
— à la raie		20-70		
TOTAL		100-350		
♦ CULTURE PLURIANNUELLE				
Nijkenbaumer				
— avant plantation	50 t	40	50	80
— chaque année		100	70	170

FUMURE PRÉCONISÉE

Il faut retenir que :

- « pour la culture du fraisier, une bonne texture du sol est plus importante qu'un bon niveau nutritif » (**Cornillon**);
- le fraisier est une plante très sensible à la salinité, au chlore et au sodium;
- l'induction florale s'opère en fin d'été-début d'automne et que l'alimentation azotée à cette période joue un rôle décisif avec l'alimentation en eau;
- les techniques culturales et les variétés ont un rôle important dans le choix de la fumure.

Compte tenu de tout ce qui précède, et, pour un sol bien pourvu, la pratique de la fumure est la suivante :

- Fumier : il reste, pour le fraisier, la formule la plus intéressante; en fonction des possibilités d'approvisionnement, les apports peuvent se situer entre 30 et 60 tonnes/ha, à enfouir au labour;
- N : 100-120 unités, fractionnées (*cf.* ci-avant « période d'apport »);
- P_2O_5 : 60-120;
- K_2O : 100-200.

Dans une culture annuelle, avec paillage plastique, toute la fertilisation est apportée avant plantation. Les besoins de la plante étant faibles et le plastique évitant les pertes par lessivage, une dose de 100 kg d'azote/ha représente un maximum à ne pas dépasser. La forme ammoniacale, sulfate ou phosphate est préférable à la forme nitrate, celle-ci pouvant entraîner des brûlures sur racines.

Si la culture n'est pas paillée, l'apport d'azote doit être fractionné. Les besoins de la plante sont les plus importants à l'automne, au moment de l'initiation des boutons floraux; aussi, il est préférable d'attendre un mois après la plantation pour effectuer le premier apport.

Exemple de fertilisation azotée :

- 1er apport : 1 mois après plantation, 50 kg/ha, sous forme ammoniacale;
- 2e apport : 2 mois après plantation, 50 kg/ha, sous forme ammoniacale;
- 3e apport : 3 mois après plantation, 50 kg/ha.

Dans un sol très filtrant, on peut aller jusqu'à 4 apports.

Eventuellement, au printemps, on peut faire un nouvel apport, avant le départ de la végétation; mais, une application trop tardive d'azote favorise la croissance des plants plutôt que la mise à fruit, et la maturité peut être retardée.

En culture pluriannuelle, il faut laisser le fraisier sans rien faire pendant 3 à 4 semaines après la fin de la période de récolte.

On provoque ensuite le démarrage des plants, quelquefois après avoir coupé tout le feuillage, en irrigant. Dix à quinze jours après le démarrage des plants on peut faire un apport d'azote de l'ordre de 50 à 80 unités/ha, de manière à favoriser l'induction florale, qui a lieu entre mi-août et début octobre.

En culture de fraisier remontant, procéder comme ci-avant. Toutefois, les nouvelles variétés remontantes (*Ostara* et *Rabunda*) acceptent une production quasi continue entre juin et novembre. Si cela paraît nécessaire, on peut faire des apports d'azote en août, pour favoriser la nouvelle induction florale.

Enfin, notons que le fraisier répond très bien à l'irrigation fertilisante; cette technique permet d'effectuer les apports d'engrais sous paillage plastique.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LA FERTILISATION DU FRAISIER.

La Voix des Cultures, n° 10, nov. 73.

BRY A., LE FRAISIER.

Congrès pomologique, 1962, p. 302.

CORNILLON P., LES SOLS DE CARPENTRAS ET LA NUTRITION DU FRAISIER.

Journées de la fraise, 7-8 avril 1967, pp. 1-16.

INVUFLEC, LA PRODUCTION DE LA FRAISE EN CALIFORNIE.

C.R. d'un voyage d'étude oct-nov. 66, INVUFLEC.

MOREAU B., NOTE TECHNIQUE SUR LA CULTURE DU FRAISIER.

INVUFLEC, mars 1964.

SPIEA, FUMURE AZOTÉE DU FRAISIER.

VESCHAMBRE D. (CTIFL), GIE FRUITS ET LÉGUMES D'AQUITAINE, FERTILISATION DU FRAISIER.

CTIFL/GIE FRUITS ET LÉGUMES D'AQUITAINE, C.R. de la Commission de Travail du 2/7/81.

VOTH V., URIU K. et BRINGHURST R.S., FERTILISATION AZOTÉE DES FRAISIERS.

Traduction INVUFLEC.

ZUANG H. et ADAM D., LA CULTURE DE LA FRAISE DANS LE MIDI MÉDITERRANÉEN.

INVUFLEC/SUD-EST, note technique, 1972.

HARICOT FILET

GÉNÉRALITÉS

Le haricot a la faculté de fixer l'azote atmosphérique par l'intermédiaire de bactéries, qui forment de petites excroissances sur les racines et qu'on nomme « nodosités ». La fumure azotée revêt donc chez cette espèce un caractère particulier.

D'autre part, le haricot est sensible à toute carence alimentaire ou en eau au moment de la floraison.

Enfin, le haricot est :

- Sensible aux pH bas; l'optimum se situe entre pH 6,1 et 7,4;
- Sensible à l'excès de bore et de chlorure de sodium; la toxicité en bore peut se manifester sur des sols ayant reçu des épandages de gadoues qui contiennent du perborate provenant des lessives;
- Sensible à la salinité, qui entraîne des baisses de rendement appréciables; cette sensibilité se manifeste également avec des eaux d'irrigation contenant du chlore (dans ce cas des baisses de rendement de 20 à 25 % ont été signalées avec des eaux contenant 250 mg/l de chlore);
- Sensible à la carence en :
 - cuivre, qui affecte surtout les « filets »;
 - molybdène, surtout en sol acide;
 - manganèse, en sol calcaire (par contre, en sol acide, il peut être toxique);
- Très sensible à la carence en zinc.

Cette sensibilité aux diverses carences explique, selon certains auteurs, que le haricot réagit bien à la fumure organique.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett) (1)

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles + tiges	25,50	4,50	139	38	163	124	4
Filets	7,92	0,65	27	8	25	6	3
Racines	2,50	0,48	8	2	10	7	3
TOTAL	35,92	5,63	174	48	198	137	10

(1) Variétés : Roi des Belges, Récolte : 3 juillet.

Les besoins en bore sont très faibles; Knott les estime inférieurs à 0,1 ppm du sol.

RÔLE, QUANTITE, FORME ET TECHNIQUES D'APPORTS DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. MATIÈRE ORGANIQUE

A. Anstett indique que « le haricot, contrairement au pois, réagit bien à la fumure organique ». Les doses dépendent du prix de revient. Certains auteurs conseillent une dose moyenne de 15 à 20 t/ha.

2. AZOTE

On peut considérer, avec **A. Anstett**, la fumure azotée comme un soutien de démarrage ou comme un compensateur de mauvaises conditions climatiques. C'est ainsi que les semis tardifs réagissent peu aux fumures azotées. On préconise en général des apports de 20 à 30 unités/ha.

Le même auteur signale que les fumures à rapport N/K élevé, c'est-à-dire trop d'azote par rapport à la potasse, favorisent la rouille du haricot. Il convient donc de veiller à un équilibre qui serait de l'ordre de : une partie d'azote pour trois parties de potasse, par exemple.

On incorpore l'azote juste avant le semis, mais, en cas de nécessité, on peut apporter un complément en cours de culture.

On utilise des formes rapidement assimilables.

Les carences donnent des décolorations jaune pâle du limbe et une floraison réduite.

3. PHOSPHORE ET POTASSIUM

Ils sont à apporter en fond. Le choix de la forme est dictée par la nécessité d'avoir des engrais rapidement assimilables, en raison de la faible durée du cycle végétatif du haricot.

Le haricot, comme toutes les légumineuses, réagit bien à la potasse.

En sol bien pourvu, **A. Anstett** conseille 50 unités d'acide phosphorique et 50 unités à l'ha de potasse, sous forme de sulfate, à apporter en fond.

Les carences en phosphore se manifestent par des colorations vert foncé du limbe, un port érigé et la brunissure des feuilles âgées, suivie de leur chute.

La carence en potassium provoque des colorations vert foncé et des décolorations internervaires, le bas des feuilles s'enroule vers le bas, enfin, il y a nécrose et chute des feuilles.

4. CHLORE

Gouny signale que le haricot est très sensible au chlore. C'est pourquoi, si l'on est amené à utiliser cette forme, il convient de l'enfouir en début d'hiver; le chlore sera ainsi lessivé par les pluies avant la mise en place.

5. BORE

La carence produit les symptômes suivants : les tiges sont épaisses, le bourgeon terminal se dessèche, les feuilles sont d'un vert délavé. Mais les carences sont très rares, et on craint surtout les excès, c'est pourquoi il faut éviter les précédents culturaux ayant reçus des fumures boratées.

EXEMPLES DE FUMURES

- **M. Hallard** (Vilmorin) conseille :

N :

- en bonne condition : 25-35 kg au démarrage, les plantes devront ensuite bénéficier de l'azote atmosphérique;
- en condition défavorable (basses températures, faible teneur en matière organique) 80-120 kg;

P_2O_5 : 100-120 unités;

K_2O : 120-150 unités.

- **A. Anstett** cite les exemples suivants :

Tableau n° 2

	N	P_2O_5	K_2O
ALLEMAGNE (Knickman)	30	40-50	80-110
FRANCE :			
● Bretagne (Coppenet)	30	50-60	50-60
● Vaucluse (DSA)	120	180	290
● Drome (SCPA)	30	0	150
● Laumonier	33	96	150

FUMURES PRÉCONISÉES

- **L'azote :**

La dose varie en fonction du climat; les doses seront plus fortes par températures froides.

- **Le phosphore :**

Il joue, semble-t-il, un rôle secondaire.

- **Le potassium :**

C'est l'élément déterminant de la fumure du haricot. Il doit être équilibré avec l'azote dans un rapport N/K minimal de 1/3.

Compte tenu de ceci, les formules conseillées varient dans la fourchette suivante :

— N : 25-80;

— P_2O_5 : 50-120;

— K_2O : 120-150.

Dans un sol bien pourvu, on conseille :

— N : 30-50;

— P_2O_5 : 60;

— K_2O : 150.

Attention. Comme pour le pois, il faut bien mélanger les engrais au sol, car le haricot est sensible à de fortes concentrations.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LES CONDITIONS AGROLOGIQUES DE LA CULTURE DU HARICOT VERT DE CONSERVE

La Potasse, janvier 1967, pp. 10-13.

GOUNY P.,

Terres et Hommes, 1er trim. 1965.

HALLARD, ÉLÉMENTS POUR UNE PRODUCTION DE QUALITÉ

Revue horticole, août-sept. 1974.

INVUFLEC, LE HARICOT VERT

INVUFLEC, monographie, 1967, pp 59-67 et bibliographie p 129.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES

Ed. J.-B. BAILLIÈRE, 1964.

Divers auteurs, COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES ESSAIS DE FERTILISATION DE TRÈS LONGUE DURÉE, 6-7-8 juillet 1976

Résumés et conclusions.

HARICOTS SECS

GÉNÉRALITÉS

Pour le flageolet le pH optimal se situe à :

- pH 6, dans les sables ;
- pH 7 à 8, dans les argiles calcaires.

Pour l'ensemble des haricots secs :

Eviter les fumures organiques et les excès de bore. Pour cette dernière raison, éviter comme précédent du haricot des plantes nécessitant une fumure boratée (exemple : betterave à sucre).

EXPORTATIONS

Citées par **A. Bry** :

- N : 125 ;
- P_2O_5 : 33 ;
- K_2O : 90 ;
- CaO : 50 ;
- MgO : 13.

FUMURE PRÉCONISÉE

Les exigences varient avec les variétés :

- N : 0 à 60 ;
- P_2O_5 : 80 à 100 ;
- K_2O : 100 à 120.

L'excès d'azote provoque un retard à la maturité et sensibilise à la graisse, l'antracnose et le Botrytis.

L'acide phosphorique agit favorablement sur la maturité.

Pour les autres éléments, les techniques, les formes et les périodes (cf. haricot filet).

BIBLIOGRAPHIE

GNIS, FNAMS, INVUFLEC, HARICOT PORTE-GRAINE
Fiche Technique, 1975.

MOREAU B., COMPTE RENDU DE LA COMMISSION TECHNIQUE DU
GROUPE DE TRAVAIL « LÉGUMES SECS »
INVUFLEC, C.R. G.T. du 20/1/76.

LAITUE

GÉNÉRALITÉS

La laitue est caractérisée par un cycle cultural court, un système racinaire peu important et peu profond qui la sensibilise au manque d'eau.

Elle craint les pH trop acides, c'est ainsi qu'à pH 5 elle ne fournit plus que 36 % du rendement obtenu à pH 7.

Elle est sensible ou très sensible à la salinité, aux carences en bore et molybdène et au chlore de l'eau d'irrigation.

Sur le plan climatique, la gamme de variétés permet une culture durant toute l'année, mais, de même que toutes les variétés ne conviennent pas à toutes les saisons, la fumure est fonction d'un certain nombre de facteurs liés à la période de production et résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 1 (d'après **Anstett A.**, journées de Rennes d'avril 1962)

Culture de laitue en fonction de l'époque	Facteur au minimum	Technique permettant de réduire cette déficience	Texture souhaitable du sol
(1) Hiver : pleine terre serre	température, lumière lumière	culture en costière éclairage d'appoint fumure potassique poussée	franche humifère légère
(2) Printemps : plein terre châssis froid . . . serre couche	température et azote température — —	fumure azotée poussée — —	légère franche à humifère humifère légère très humifère
(3) Eté : pleine terre	eau	irrigation	humifère à lourde
(4) Automne : pleine terre châssis froid . . .	température lumière	culture en costière fumure-potassique poussée	franche à lourde franche à lourde



EXPORTATIONS

1. PLEIN CHAMP

Tableau n° 2. (d'après Anstett A.)

	Rendement en t/ha	Exportations en kg/ha				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
REINE DE MAI (récoltée le 31 mai)						
Feuilles	58,50	108	53	222	70	13,0
Racines	2,68	5	4	13	3	0,4
TOTAL	61,18	113	57	235	73	13,4
MERVEILLE D'HIVER (récoltée le 14 mai)						
Feuilles	56,20	128	47	272	52	12,0
Racines	2,06	5	4	16	2	0,4
TOTAL	58,26	133	51	288	54	12,4

2. SERRE

- D'après le S.A.S.

Pour 180000 laitues de 250 g :

- N : 100;
- P₂O₅ : 50;
- K₂O : 250;
- MgO : 12.

- D'après la station d'agronomie de l'INRA de Dijon.

Tableau n° 3. Laitue - 1^{re} culture (octobre-décembre) - Variété Ventura

	Parties aériennes		Racines		Total des plants
	% M.S.	Exporta- tions/ha	% M.S.	Exporta- tions/ha	Exporta- tions/ha
Nombre de plants					180 000
Matière verte/ha		41 690		1 037	42 727
Matière sèche/ha		2 220		91	2 311
N total	4,93	109	2,87	2,6	112
K total	8,30	184	5,67	6,0	190
Mg total	0,36	8,0	0,32	0,3	8,3
Ca total	1,63	36,2	0,91	8,3	44,5
P total	1,79	39,7	1,75	16,0	55,7

Tableau n° 4. EXPORTATIONS SERRE (INRA Dijon, suite)
Laitue - 2e culture (décembre-février) - Variété Ventura

	Parties aériennes		Racines		Total des plants
	% M.S.	Exportations/ha	% M.S.	Exportations/ha	Exportations/ha
Nombre de plants					180 000
Matière verte/ha		39 780		1 440	41 220
Matière sèche/ha		1 248		103,7	1 351,7
N total	5,07	63,3	1,60	1,66	64,96
K total	9,88	123	2,58	2,67	125,67
Mg total	0,49	6,1	0,29	0,30	6,40
Ca total	1,87	33,3	2,45	2,54	35,84
P total	0,89	11,1	0,32	0,33	11,43

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUES D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS FERTILISANTS

1. AZOTE

On considère que l'excès d'azote favorise les attaques de Botrytis et retarde la pommeison.

Stéphan, partant du fait que la consommation d'azote de la laitue est relativement faible, et que sa libération dans le sol dépend de la saison, préconise d'établir un équilibre entre les besoins, la minéralisation et les apports. C'est ainsi que cet auteur, pour des sols contenant 4 à 5 % de matière organique, et pour le nord de la Loire, conseille, sous serre, d'éviter tout apport d'azote entre le 1er septembre et le 15 octobre, et en tout état de cause ne pas dépasser 50 unités/ha.

Entre le 15 octobre et le 30 novembre il situe la fumure entre 0 et 80 unités/ha; entre le 1er décembre et le 31 mars, de 0 à 130 unités/ha; enfin, à partir de février **Stéphan** souligne que la laitue pousse très vite et qu'un manque d'azote à cette saison est préjudiciable.

En pleine terre **Anstett** souligne que la laitue ne profite pas de l'azote de la matière organique car la minéralisation est trop lente.

2. PHOSPHORE

Son rôle est mal connu. **J.-M. Lefebvre** a démontré qu'en sol froid des carences se manifestent, les seuils de température dépendant des variétés.

3. POTASSIUM

Par rapport à une même quantité d'azote, les besoins sont plus importants en hiver qu'en jours longs ou croissants.

Stéphan préconise un rapport K/N = 4 en hiver et 3 au printemps.

Il note de plus que ce rapport a une incidence sur la nécrose marginale; c'est ainsi qu'il cite les observations suivantes :

Tableau n° 5 (d'après Stéphan)

N	K	$\frac{K}{N}$	Observations sur la nécrose
12	18	1,5	Laitues nécrosées
5	21	4,2	Laitues non nécrosées

Un essai a été conduit en 1962 par les Potasses d'Alsace (C.R. n° 13/111) sur des laitues plantées en août et récoltées en novembre, dans les Bouches-du-Rhône. L'essai comprenait un témoin et trois doses de potasse sous forme superpotassique. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 6

Traitements	Fumure en kg/ha			Rendement t/ha	Poids moyen g
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Témoin	60	0	0	14,4	344
Superpotassique dose 1	60	88	80	17,0	400
Superpotassique dose 1,5	60	120	120	17,4	417
Superpotassique dose 2	60	160	160	17,9	423

Commentaire des expérimentateurs :

« La dose 1 procure un accroissement presque hautement significatif. Les doses 1,5 et 2 majorent les rendements sans que les écarts, par rapport à la dose 1, atteignent la signification ».

Les quantités à apporter, selon la saison et la richesse du sol, varient de 0 à 400 unités de potasse.

4. MAGNÉSIUM

La laitue ne pose pas de problème particulier vis à vis de cet élément, à condition que le sol en soit normalement pourvu et que la fumure potassique n'excède pas 400 unités/ha de potasse.

5. CALCIUM

L'augmentation de la teneur en calcium accroît la résistance au Botrytis, et à la nécrose marginale (Tip-burn).

6. OLIGO-ÉLÉMENTS

La laitue est sensible aux carences en bore, en molybdène, en zinc et en cuivre. Pour pallier ces carences, apporter régulièrement du fumier.

7. LES PULVÉRISATIONS FOLIAIRES

Elles permettent :

a) **Des fumures de correction** rendues difficiles par des apports en couverture dues à l'occupation rapide de la presque totalité du sol par les lai-

tues, notamment en serre. Dans ce cas **Kuthy**, cité par **Anstett**, préconise des pulvérisations à 2 g/l de phosphate dissodique et à 2 g/l de nitrate d'ammoniaque un mois après la plantation sous serre. Et lorsque l'on observe une carence azotée en fin de culture, **Knickmann** recommande des pulvérisations d'urée à 2 g/l. **Musard** (CTIFL) conseille des pulvérisations de nitrate de calcium à 1 g par litre.

b) **Dans le cas de nécrose marginale**, liée à un déséquilibre azote, calcium, potassium.

En effet, la nécrose marginale est due à différents facteurs de milieu :

- le manque de lumière;
- le manque d'eau;
- des températures trop faibles ou excessives;
- des concentrations salines trop élevées;
- un excès d'azote associé à une carence potassique.

Dans ce dernier cas **Laughlin**, cité par **Anstett**, préconise des pulvérisations de sulfate de potasse à 0,63 % de K_2O auquel on ajoute très peu de mouillant (soit 1,2 % de sulfate de potasse).

8. MATIÈRE ORGANIQUE

Pour la laitue il est souhaitable d'avoir un taux de matière organique élevé, d'une part afin de permettre une bonne structure favorisant l'accroissement des racines, et d'autre part parce que plus le taux de matière organique d'un sol est important, plus les plantes peuvent supporter une salinité élevée, ainsi que le montre le tableau suivant :

Tableau n° 7 (d'après **Anstett A.**, journées de Rennes d'avril 1962)

Matière organique pour 100 de terre sèche (grav.)	5	10	15	20	25	30	35	40
Salinité maximum (exprimée en grammes de sel par litre de sol) tolérée par la laitue	2	3	4	5	6	7	8	9

Toujours selon **Anstett**, on peut conseiller comme taux de matière organique :

Tableau n° 8 (d'après **Anstett A.**, Journées de Rennes d'avril 1962)

Type de culture	Taux minimum de matière organique (MO)	Taux souhaitable
Pleine terre :		
maraîchage méridional	2 MO p. 100	2,5 - 3 MO p. 100
maraîchage au Nord de la Loire	3,5 »	4 - 5 »
Châssis froid	3,5 »	4 - 5 »
Serre	5 »	6 - 8 »
Couche	12 »	15 - 30 »

Cependant la fumure organique ne doit pas être mise trop tard, car une forte minéralisation peut accroître d'un coup la salinité.

9. SYMPTÔMES DE CARENCES OU D'EXCÈS

Anstett a résumé ces symptômes dans les tableaux 9 et 10 :

Tableau n° 9

Symptômes visuels d'une alimentation minérale majeure	
carencée (fumure insuffisante)	excédentaire (fumure excessive)
Pas de pommaison port relevé Feuille petite Couleur vert jaunâtre des feuilles avec des reflets rouges marginaux★ Les feuilles âgées jaunissent et meurent	Pas de pommaison port plat allant jusqu'à la forme d'une assiette Feuille petite Couleur vert foncé des feuilles Les feuilles sont gaufrées avec des nécroses marginales (voir brunissure)
★ La formation d'anthocyane (pigment rouge) n'est pas obligatoirement due à une carence minérale, d'autres facteurs comme le froid peuvent en être la cause (il y a en outre les caractéristiques génétiques).	

Tableau n° 10

Élément de carence	Symptômes visuels chez la laitue	Cause de la carence	Remède
Bore	Feuille dure et cassante. Système racinaire très peu développé.	Surcharge ou sol trop calcaire.	Engrais acidifiants, nitrate de soude du Chili. Gadoues. Apport de 100-120 g de borax/are. Pulvérisation de borax sur les cultures.
Molybdène	Nécroses marginales et terminales, surtout des vieilles feuilles, le bord de la feuille est souvent relevé.	Sol acide.	Chaulage 40 g de molybdate d'ammonium/are en rapport au sol. Pulvérisation de molybdate sur les cultures.
Cuivre	Chlorose internervale surtout sur les jeunes feuilles. Nécroses marginales et terminales sur les vieilles feuilles. Les parties nécrosées sont relevées et de couleur brun blanchâtre.	Surcharge ou sol trop calcaire.	Engrais acidifiants. Apport au sol de 40 à 100 g de sulfate de cuivre/are. Pulvérisation de sulfate de cuivre sur les cultures.

● **Phénomènes observés sur des laitues plantées en sol récemment désinfecté :**

Après désinfection, on peut parfois observer, selon **Stéphan**, les symptômes suivants :

- feuilles tendres à port élevé et à aspect cuivré ;
- absence totale de pomaison ;
- apparition de nécroses.

Ces phénomènes semblent dus à une mauvaise assimilation du potassium et à une réaction de toxicité des sels de manganèse.

En effet, chaque fois qu'on analyse ces « feuilles cuivrées », on observe des déficiences en potasse même si le sol est correctement pourvu.

Conseils pratiques

Si on doit désinfecter un sol en profondeur, avant une plantation de laitues, il est conseillé :

- d'effectuer ce travail en fin d'été (moindre coût) ;
- d'attendre quelques jours pour que la formation des sels nocifs soit complète ;
- de maintenir un lessivage copieux (200 mm) ;
- de réaérer le sol en prenant garde toutefois d'atteindre la couche non désinfectée ;
- de réensemencer le sol avec une terre saine ou avec un produit commercial contenant les germes microbiens ;
- d'attendre 25 à 30 jours avant la plantation ;
- de chercher à obtenir un sol à réaction voisine de la neutralité ;
- de s'abstenir de toute fumure azotée ;
- de forcer la fumure potassique ;
- d'utiliser des variétés appropriées (Décimino).

EXEMPLES DE FUMURE

(Voir tableau 11 page suivante)

FUMURE PRÉCONISÉE

Il faut tenir compte que la plante a :

- un cycle végétatif court ;
- un système racinaire faible, la rendant sensible à toute carence, même légère, en éléments fertilisants et au manque ou à l'excès d'eau ;
- une forte sensibilité à la salinité et qu'elle répond d'une façon importante aux variations de pH, et tenir compte également de la grande diversité des techniques culturales.

Faisant intervenir l'ensemble de ces facteurs, on peut proposer comme exemple une fumure du type suivant :

1. PLEIN CHAMP

- **L'acide phosphorique** et la **potasse** seront apportés en une seule fois, avant la culture, en tenant compte des exportations et de la richesse du sol (ici l'analyse est nécessaire) ; soit, pour un sol bien pourvu :
 - P_2O_5 : 50-60 unités ;
 - K_2O : 200-280 unités.

Tableau n° 11. EXEMPLES DE FUMURE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
• PLEIN CHAMP - selon Laumonnier				
En fond ammonitrate 20 %, 150 kg superphosphate 16 %, 300 kg sulfate de potasse 40 %, 200 kg	30	48	96	
• PLEIN CHAMP - selon CTIFL Balandran (Gard), avant plantation				
Fumier de ferme : 30 t Fumure minérale	120	180	280	130
• PLEIN CHAMP - Pyrénées-Orientales, production d'automne-hiver				
Fumure de fonds Avant semis : sous forme organique sous forme nitrique Au stade première feuille étalée : sous forme nitrique Un mois avant la récolte : sous forme nitrique ★ En sol normalement pourvu.	90 30 50 50	80	250★	Selon ana- lyse
• PLEIN CHAMP - selon G. Gilly, production d'automne-hiver.				
Avant plantation 10-20 jours après reprise, en localisation Début pommaison	50 50 50	50 50	90 60 60	
TOTAL	150	100	210	
• PLEIN CHAMP - selon G. Gilly, production de printemps				
Avant plantation 10-20 jours après la reprise, en localisation Début pommaison	70 70 70	60 60	140 90 90	
TOTAL	210	120	320	
• SERRE - CTIFL Nantes, sous abris plastiques				
Humus Somedi : 3 t 12.12.20 : 1 t	120	120	200	
• SERRE - INRA/SAD Alénia, sous abris plastiques				
Fumier de cheval : 40 t Fumure minérale : 2 t de 4.8.12	80	160	240	
• SERRE - producteur du Gard				
	100	45	185	
• SERRE - CTIFL Balandran (Gard)				
Ammonitrate Supertriple Patenkali Sulfate de magnésie	82	75	196	56 104

FUMURE PRÉCONISÉE PLEIN CHAMP (suite)

● **L'azote** : environ 100 à 150 unités d'azote à l'hectare. L'apport sera fractionné à cause de l'excès de salinité possible. Ce fractionnement dépendra du type de culture et de la nature physique du sol. A titre d'exemple, nous pouvons citer deux cas :

Tableau n° 12 (d'après Anstett)

	Azote, en kg/ha	Ammonitrate (20,5) en kg/ha
● Cas d'une culture semée directement		
Semis	15-20	70-100
1 ^{er} mois	20	100
Après éclaircissage :		
1 mois 1/2	30	150
2 ^e mois	40	200
● Cas d'une culture repiquée		
P - plantation	20	100
P + 15 jours	40	200
P + 40 jours	40	200

Actuellement, certains praticiens utilisent l'engrais liquide; il faut alors se conformer aux indications données par les maisons de vente. Il nous semble que cette pratique est intéressante, dans la mesure où elle facilite le fractionnement.

2. FUMURE PRÉCONISÉE EN SERRE

On conseille d'apporter toute la fumure en fond, à cause de la difficulté de faire des apports de couverture, du fait que la laitue couvre rapidement le sol.

Selon la richesse du sol en éléments fertilisants et en matière organique, et la saison, les fumures varient; selon **Stephan** :

- N : 0 à 130 unités;
- P₂O₅ : 0 à 300 unités;
- K₂O : 0 à 400 unités.

Le rapport K/N sera :

- 4 en hiver;
- 3 en jours croissants,

ce qui signifie que les besoins en potassium sont plus élevés en hiver relativement à l'azote.

Attention. En culture d'automne, l'apport d'azote ne doit pas entraîner d'excès de nitrates dans les laitues (cf. « la teneur en nitrate dans les légumes » p. 181).

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LA FUMURE DE LA LAITUE EN FONCTION DES TECHNIQUES CULTURALES.

Journées régionales de la laitue, avril 1962, INVUFLEC, pp. 51-61.

CANAL DE PROVENCE (Sté du), COMPTES RENDUS D'ESSAI.

Bouches-du-Rhône n° 13/111, 1962.

CTIFL/SAP, juillet 1979, LA LAITUE DE PLEIN CHAMP : VARIÉTÉS ET FICHE CULTURALE.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.

INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

INRA/SEI, ÉTUDE DE LA FERTILISATION AZOTÉE DE LA LAITUE SOUS ABRI.

C.R. d'essais Sei/Alénya, sept. 72.

INVUFLEC,

Divers C.R. d'essais de techniques culturales et de variétés des différentes stations de l'INVUFLEC.

KRAUSS A., ACTION DE LA FERTILISATION DE LA LAITUE AU MOYEN

D'ÉLÉMENTS MAJEURS SUR LES ATTAQUES DE BOTRYTIS CINEREA.

Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, vol. 128, n° 1, 1971, pp. 12-13.

LEFEBVRE J.-M.

Rapport sur les études en serre entreprises par la Station d'Agronomie de l'INRA Dijon en collaboration avec le CETA Maraîcher du Chalonnais et du Lauhannais, saisons 1969-1970 et 1970-1972.

MAJEWSKA W., ÉTUDES DES BESOINS EN MAGNÉSIUM DES ÉPINARDS ET DE LA LAITUE.

Roczniki Nauk Polniczych, vol. 95, série A, n° 4, 1969, pp. 567-587.

ROORDA VAN ZYSINGA J.-P.-N.-L. et SMILDE R.-W., NUTRITIONAL DISORDERS IN GLASSHOUSE LETTUCE.

Wageningen, 1971.

SALGAS C., FERTILISATION DE LA LAITUE DE PLEIN CHAMP EN ROUSSILLON.

Bulletin Technique des P.O., n° 76, automne 1975.

SPITZ N., FERTILISATION ET QUALITÉ DE LA LAITUE.

CR Stage, ENITAH Angers, 1981.

STEPHAN M., LA FERTILISATION DE LA LAITUE DE SERRE.

Journées d'études sur la laitue de serre, Rennes, nov. 1971.

INVUFLEC, pp. 87-92 et laitues de serre CTIFL 1982.

LAITUE BATAVIA

GÉNÉRALITÉS

Les batavias font partie du groupe des laitues. Parmi les batavias on distingue les batavias européennes et les batavias américaines, qui elles-mêmes se divisent en plusieurs sous-groupes.

Les batavias américaines sont assez sensibles à certaines maladies physiologiques d'origine climatique et nutritionnelle (nécrose marginale); il est donc important de les cultiver selon les conditions suivantes :

- le pH optimal se situe entre 6 et 6,5;
- le sol doit si possible être riche en matière organique, bien qu'il faille éviter le fumier frais. Il doit être bien drainé;
- ces laitues sont sensibles aux carences en bore, en magnésie, en cuivre. Il faut éviter les excès de potasse.
- enfin elles sont sensibles aux irrégularités d'arrosage.

FUMURE PRÉCONISÉE

Cf. fiche « laitue ».

BIBLIOGRAPHIE

JOUBERT G., NAVATEL J.-C., DUMOULIN J., QUELQUES DONNÉES SUR LA CULTURE DES LAITUES BATAVIA D'ORIGINE AMÉRICAINE
CTIFL, documents n° 32, 4e trimestre 1971.

LAITUE ROMAINE

GÉNÉRALITÉS

Cf. fiche « laitue ».

EXPORTATIONS

D'après **Anstett** :

— variété : romaine Ballon de Bougival ;

— récolte : 17 juin.

	Rendement, t/ha		Exportations, kg/ha				
	matière fraîche	matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	153,48	6,94	207	123	653	148	33
Racines	6,2	0,48	10	14	44	5	1,8
TOTAL	159,68	7,42	217	137	697	153	34,8

FUMURE PRÉCONISÉE

Cf. fiche « laitue », en tenant compte des rendements et des exportations qui sont plus importants.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI, 1965, n° 200.

LENTILLE

GÉNÉRALITÉS

Cette culture vient après une céréale.

La lentille est relativement exigeante en phosphore. Elle est sensible aux carences en calcium et en manganèse. Les fumures organiques lui sont néfastes, il faut donc les proscrire.

Les fertilisations trop élevées favorisent la verse.

Dans certaines régions, on considère que derrière une culture bien fertilisée il n'est pas nécessaire de faire d'apport.

EXEMPLES DE FUMURE

En Loir-et-Cher (terre de Beauce) :

- N : 10;
- P_2O_5 : 50 à 75;
- K_2O : 50.

En Haute-Loire (sols d'alluvions sédimentaires volcaniques) :

- dans les sols bien pourvus : aucune fumure;
- si l'analyse fait ressortir un appauvrissement en acide phosphorique et en potasse, on rectifie et, sauf cas exceptionnellement pauvre, on ne dépasse pas 50 unités/ha de l'élément manquant.

BIBLIOGRAPHIE

MOREAU B., COMPTE RENDU DE LA COMMISSION TECHNIQUE DU GROUPE DE TRAVAIL « LÉGUMES SECS »
INVUFLEC, C.R. du G.T. du 20/1/76.
INVUFLEC, LES LÉGUMES SECS, 1978.

MÂCHE

GÉNÉRALITÉS

La mâche vient dans tous les sols et dans toutes les régions françaises, cependant elle craint la sécheresse.

EXPORTATIONS

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
• Anstatt A					
Variété à grosse graine Récolte : 25 octobre Rendement : 7,98 t/ha	26,5	14,5	50	6,3	10,3
• Solonia (fiche technique B42.1)					
Rendement : 6 t/ha	30	20	50	15	
• CDDM (note technique juin 77)					
Rendement : 10 t/ha	50	33	83	25	25

EXEMPLE DE FUMURE

Dans la région nantaise, dans un sol équilibré, avec un apport de 100 t/ha de fumier en moyenne sur deux ans, on apporte, pour un rendement de 10 t/ha, 250 à 300 kg/ha de 12-12-20, auxquels on ajoutera, en cours de culture, dans le cas où avant couverture de l'abri la culture a reçu d'abondantes pluies (lessivage), 200 kg/ha de 18-10-27 ou de nitrate de potasse.

FUMURE CONSEILLÉE

Lorsque la mâche entre dans un cycle normal de production on n'apporte aucune fumure.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI, 1965, n° 200.

CDDM, NOTE TECHNIQUE LA MACHE
CDDM, juin 1971.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. Baillièrre et fils.

MAÏS DOUX

GÉNÉRALITÉS

Les besoins et la physiologie de la plante sont en principe ceux du maïs ordinaire. Notons la grande sensibilité du maïs à la carence magnésienne..

FUMURES PRÉCONISÉES

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
● Laumonjier			
• Fumier de ferme : 40 t, apporté au moins un mois avant le semis, avec la fumure phospho potassique.			
• Fumure minérale	50	130	120
● Sud-Ouest (70 000 pieds/ha)			
• Fumure de fond		100	100
• Au semis, en localisation : 100 kg de phosphate d'ammoniaque (18-46)	18	46	
• Après semis : 200 kg d'ammonitrate 33	66		
TOTAL	84	146	100
● Val de Loire			
• Culture non irriguée	90	idem	idem
• Culture irriguée	170	maïs ordinaire	maïs ordinaire
● Société du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale (Peyremorte)			
Fumure identique au maïs irrigué			
• En fond		80	150
• Au semis	60		
• En couverture : — dès que les maïs ont 50-80 cm, en 4 ou 5 apports dans l'eau d'irrigation	120		
TOTAL	120	80	150

Attention. Ne pas mettre d'engrais azoté dans les cornets de maïs.

BIBLIOGRAPHIE

AIREL, ESSAI MAIS DOUX, Sainte-Livrade, 1980.

AIREL, C.R. d'essai de 1980.

LAUMONNIER R., CULTURE LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.

Ed. J.-B. Baillière, 1964.

PEYREMORTE (Sté du Canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale).

Communication orale.

MELON

GÉNÉRALITÉS

Il est nécessaire, pour obtenir une production de qualité et éviter les accidents physiologiques, tels que la « grille » ou « grillage des feuilles », d'assurer un bon approvisionnement en eau et en éléments fertilisants. Pour cela il faut favoriser un enracinement profond et puissant; aussi le travail et le choix du sol sont-ils particulièrement importants pour cette espèce.

Il convient de choisir un sol drainant bien, de le travailler sur au moins 35 cm, et de telle façon que la structure soit bien aérée.

Le melon redoute les sols acides; les pH compris entre 6 et 7,5 lui conviennent, au-dessous de pH 6 il faut chauler, mais modérément.

Il est moyennement tolérant à la salinité, par contre il est très sensible aux carences en magnésie, dont le manganèse, le fer et le molybdène. On peut se demander, bien que cet aspect ne soit jamais cité dans la littérature, si, sous certaines conditions de culture le melon ne serait pas sensible aux carences en bore, ce qui pourrait en partie expliquer le fort pourcentage de melons fendus en année sèche.

EXPORTATIONS

(Voir tableau 1, page suivante)

RYTHME D'ABSORPTION

La demande en éléments s'accélère dès la nouaison, qui est une phase particulièrement importante pour le melon.

1. ACTION DE QUELQUES ÉLÉMENTS SUR LES PRINCIPALES PHASES DE LA CROISSANCE ET DU DÉVELOPPEMENT

● Action sur la croissance.

Une nutrition déficiente en azote fait chuter de 25 % la croissance de la plante, même si les autres éléments se trouvent en quantité suffisante.

Une alimentation faible en phosphore, même si l'alimentation en azote est élevée, a également une action restrictive sur la croissance de 40 à 45 %.

Dans les essais de la Station d'Agronomie de l'I.N.R.A. de Montfavet, cette action s'est manifestée environ 25 jours après la mise en place de la culture, et les expérimentateurs ont pu noter que le manque de phosphore avait une influence à la fois sur une diminution du nombre des feuilles et sur une réduction de leur surface.

Le poids moyen de cent feuilles prises au même niveau passe de 105 g dans la culture témoin à 85 et 75 g chez les plantes manquant d'azote et de phosphore.

Le potassium et le magnésium ont une action sur l'élongation relativement limitée. Cependant, une forte déficience en magnésium arrête au bout de deux mois la croissance de la plante, dont les feuilles manifestent des nécroses.

Tableau n° 1. QUANTITES D'ÉLÉMENTS MINÉRAUX EXPORTÉS EN LES CULTURES DE MELON (suite p. 312)

Partie de la plante	Rendement t/ha	Éléments exportés en kg par ha					Sources
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	
Fruits	11	24	9	44			C.E. Millar & L.M. Turk Michigan 1945 (1)
Fruits Feuilles - Tiges	15 3,4	33 22	13 4	68 31	59 10	8 8	L.K. Wilkins N.J. Agr. Exp. 1917 (2)
TOTAL		55	17	99	69	16	
Fruits Feuilles - Tiges	20	28 21	14 9	71 41	7 81	6 7	INRA Montfavet (plein champ sans irrigation) (3)
TOTAL		49	23	112	88	13	
Appareil végétatif Fruits	24	87 35	10 7	146 83			Essai de fertilisation du Melon (1967) J. Robin (sous châssis) 12 000 plants/ ha (4)
TOTAL		122	17	229			
Appareil végétatif Fruits	40	155	67	277	201	68	INRA Cornillon-Bonafous. Culture sous serre (INVUFLEC) 20 000 p/ha - Variété DOUBLON - Bore 229 g/ha - Manganèse 323 g/ha (5)
Appareil végétatif Fruits	25	147	55	194		74	Cornillon INRA - Culture sans sol sous- serre 10 000 p/ha (6)
Appareil végétatif Fruits	67	283	137	503	412	77	D'après Anstett. BTI n° 217 février- mars 1967 (7)

Tableau n° 1 (suite)
EXPORTATION EN KILOS D'ÉLÉMENTS
RAPPORTÉE A LA TONNE DE FRUIT

Sources	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
(1)	2,2	0,8	4
(2)	3,6	1,1	6,6
(3)	2,5	1,1	5,6
(4)	5	0,7	9,5
(5)	3,9	1,7	6,9
(6)	5,9	2,2	7,7
(7)	4,2	2	7,5

● **Action sur la floraison.**

Une mauvaise alimentation azotée réduit de 35 % les fleurs mâles, et de 55 % les fleurs hermaphrodites, et la déficience en phosphore, en présence d'une alimentation azotée élevée, peut entraîner une diminution de 70 % du potentiel de floraison.

L'action du magnésium et du potassium est moins importante. Cependant, un manque de potassium diminue de 35 % les fleurs hermaphrodites.

● **Action sur la nouaison** (tabl. 2).

L'azote et le magnésium, lorsqu'ils sont à un niveau très bas, diminuent considérablement la nouaison.

D'autre part, dans le cas d'une quantité trop élevée d'azote, un déficit en phosphore présente les conditions les plus défavorables à la nouaison et au grossissement.

On remarque que c'est le manque de magnésium et de phosphore qui donne les indices de production les plus bas, suivis de très près par l'azote.

● **Action de la fumure sur la qualité.**

La potasse est considérée comme accroissant la formation de sucre, et à ce titre, accroîtrait la qualité.

Tableau n° 2. INFLUENCE DE LA NUTRITION
SUR LA PRODUCTION DE FRUITS
 (d'après Huguet et Cornillon)

Traitement	Nbre de fruits par plante	Poids de la récolte	Indice de production	Poids moyen du fruit
Témoin	6	2503	100	417
K faible	4	2074	82	518
Mg faible	2	938	37	469
N faible	2	1015	40	507
P faible	1	423	16	423

D'autre part, dans certaines conditions, d'après les essais du S.P.I.E.A. en 1963 (année humide), la potasse a diminué significativement le risque d'éclatement, et accru le poids des fruits, tandis que l'azote n'avait aucun effet.

Par contre, en 1964 (année sèche avec orages tardifs), les effets de l'azote et de la potasse ont été inversés.

Ces essais sont confirmés par plusieurs observations faites par des techniciens et des producteurs.

Enfin, notons que dans un essai de l'INVUFLEC des lots de melons ayant reçu des pulvérisations foliaires d'acide phosphorique (Niuper) ont amélioré la qualité par rapport au témoin.

● **Action des oligo-éléments.**

Le melon est connu pour être sensible aux carences en divers oligo-éléments, celle en molybdène peut stopper totalement la végétation. Des observations faites en cultures sur pouzzolane dans des essais INVUFLEC ont montré qu'une solution pauvre en oligo-éléments permettant d'obtenir un rendement de 10 à 14 kg de tomates au mètre carré de bac, n'a cependant pas permis d'obtenir des melons consommables.

2. ACTION DU FUMIER ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE VÉGÉTALE

L'effet bénéfique sur la croissance du melon, comme sur celle des autres cucurbitacées, d'apports importants de fumier et de matière organique, a été mis en évidence par de nombreux travaux.

Le fumier, enfoui suffisamment tôt avant culture :

- accélère la vie microbienne du sol ;
- apporte des oligo-éléments ;
- régularise la nutrition minérale ;
- amortit les variations d'humidité du sol.

Utilisé en couche, sous châssis et en serre, il a un rôle thermogène.

3. SYMPTOMES DE CARENCES, ET TRAITEMENTS

● **Carence en molybdène**

Carence très marquée sur le melon.

Les feuilles deviennent vert pâle puis jaune ivoire. Les nervures restent vertes un peu plus longtemps. La plante reste naine et, en cas de carence très marquée, la bordure des feuilles se dessèche progressivement. Les tissus morts prennent une teinte tabac et se replient vers le haut.

Favorisée par sol froid, humide et un pH acide.

Remède : pulvérisation de molybdate d'ammonium (2 g pour 100 l d'eau).

● **Carence en calcium**

Dessèchement du bourgeon terminal de la plante qui arrête sa croissance.

Remède : pulvérisation de nitrate de calcium à 0,75 % ou de chlorure de calcium-anhydre à 0,40 %.

● **Carence en azote**

Jaunissement diffus du limbe et des nervures de la feuille.

Début de carence sur les feuilles de la base et gagne tout le feuillage. Le fruit est de taille réduite, de forme allongée et prend une couleur très claire : chair très claire et insipide.

Remède : pulvérisation d'urée 600 g/100 l et surtout d'azote au sol : 100 unités/ha.

● **Carence en bore**

En sol déficient en bore, des pulvérisations sur les feuilles augmenteraient la qualité des fruits (d'après Stark et Mattew, 1958).

La teneur en bore du sol aurait une influence sur la teneur en éléments solubles.

Remède : des pulvérisations de Borax à 250 g/hl, ou de Solubor C, à 200 g/hl donnent de bons résultats :

- première application quand les rameaux ont 15 à 30 cm ;
- deuxième application quand les fruits ont 2,5 à 5 cm de diamètre.

● **Carence en magnésium**

Se manifeste par une chlorose des feuilles en cours de végétation et après le repiquage.

Certaines défoliations ont été liées à une carence en magnésium du sol.

Remède : pulvérisation sur la plante d'une solution de 1 à 2 kg de sulfate de magnésium 16 % pour 100 l d'eau et apport de 400 kg/ha de sulfate de magnésium au sol en une ou plusieurs fois.

● **Carence en fer**

Elle se manifeste par une décoloration internervaire du feuillage. On la trouve surtout dans les sols riches en calcaire actif ou en sol acide ayant un excès de métaux lourds.

Remède : apport de chélate de fer au sol 15 à 25 kg/ha de produit commercial. On peut envisager des pulvérisations qui sont moins efficaces.

● **Carence en phosphore**

Nanisme généralisé de la plante, raccourcissement des entrenœuds.

La plante prend une couleur rougeâtre : sur les feuilles âgées apparaissent des ponctuations internervaires marron s'élargissant en zones marron se nécrosant : la tache est entourée d'une bordure jaune. Fruit de taille réduite, chair rougeâtre foncée.

● **Carence en potassium**

Nécrose brune au bord des feuilles débutant sur les jeunes feuilles.

Les feuilles de l'extrémité de la plante prennent un aspect d'ombrelle. Fruit à chair grumeleuse et amère.

EXEMPLES DE FUMURE

1. EN CULTURE DE PLEIN CHAMP SANS IRRIGATION

● **Fumure sur melon du type « Olive d'hiver » à Pourrières, Var (d'après M. Niel) :**

La fumure est localisée, par enfouissement dans une tranchée, de 10 à 12 t de fumier et environ 40 unités d'N. 60 unités de P_2O_5 90 unités de K_2O par hectare.

● **Fumure pour les terres argilo-calcaires du Sud-Ouest (Terreforts et Peyrusquets) :**

— sans fumier, la fumure minérale correspond à N : 80 - P_2O_5 : 200 - K_2O : 200 à 300 par ha ;

— avec fumier, la fumure minérale correspond à N : 50 à 80 - P_2O_5 : 150 à 180 - K_2O : 200 par ha.

Fumure de fond : 30 à 50 t de fumier, 400 à 500 kg de super simple, 400 à 500 kg de sulfate de potasse.

Fumure avant semis : 200 kg d'ammonitrate, 200 kg de phosphate d'ammoniaque.

● **Fumure préconisée par M. Cornuau (Syndicat des Engrais azotés) :**

— fumure de fond en automne : 30 t de fumier, 1 000 kg de scories potassiques en sol acide (ou super-potassiques).

— fumure avant semis : 300 kg de super ou de super 45, 300 à 400 kg d'ammonitrate.

— après nouaison : 150 kg de nitrate de chaux.

Dans ses essais conduits dans le Vaucluse, le S.P.I.E.A., faisant varier uniquement les doses d'azote et de potasse, a obtenu en 1964 les meilleurs résultats avec une fumure du type N : 100 unités - P₂O₅ : 200 unités - K₂O : 200 unités.

● **Fumure préconisée par G. Gilly (station d'Agronomie - INRA, d'Antibes)**

Tableau n° 3

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation	100	100	150
En couverture (selon les sols et le climat) à mi-grosueur du fruit	60		
TOTAL	160	100	150

2. EN CULTURE DE PLEIN AIR A L'IRRIGATION

Tableau n° 4. Fumure conseillée par G. GILLY
(Station d'Agronomie - INRA, Antibes)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation	100	100	130
A mi-grosueur des fruits	60	50	100
TOTAL	160	150	230

3. EN CULTURE SEMI-FORCÉE

● **Fumure en culture hâtée dans le Sud-Est :**

Voici deux types de fumure utilisés en Crau :

1° En fond : 80 à 100 t de fumier, 150 unités de P₂O₅, 150 unités de K₂O ; après nouaison : 1,5 t de 16-18-24, apporté en trois fois.

2° Fumure globale : 80 à 100 t de fumier, 5 t de 4,5-9-9.

● **Fumure en Loire-Atlantique :**

Dans la culture sous châssis telle qu'elle est pratiquée dans la région nantaise, les maraîchers utilisent une abondante fumure organique et des doses variables d'engrais.

Par exemple :

— avant plantation : 100 t de fumier/ha, 600 à 800 kg/ha d'engrais composé 5-12-24;

— après nouaison : 300 kg/ha de 16-18-20 en plusieurs apports.

Autre exemple :

— avant plantation : 200 kg/ha de sulfate d'ammoniaque, 400 à 600 kg/ha de super à 18 %, 800 kg de Patentkali;

— après nouaison : 300 kg/ha de 5-10-20 en plusieurs fois.

● **Fumure dans le Sud-Ouest (culture irriguée) :**

— fumure de fond : 50 t de fumier/ha, 500 kg de super ordinaire, 500 kg de sulfate de potasse;

— avant plantation : 300 kg de phosphate d'ammoniaque, 200 kg d'ammonitrate.

4. SOUS SERRE

● **Exemple Balandran (INVUFLEC), Sud-Est**

Pour un sol normalement pourvu :

— avant plantation :

— fumier : 60 t/ha;

— azote : 66 unités/hfa (ammonitrate).

— fumure d'entretien : tous les 10 à 15 jours, soit au total : 8 à 12 apports à partir du stade premiers fruits gros comme une noix.

• Azote : 250 à 350 unités/ha (ammonitrate, phosphate d'ammoniaque, nitrate de potasse).

• Acide phosphorique : 50 à 140 unités/ha (phosphate d'ammoniaque).

• Potasse : 270 à 450 unités/ha (nitrate de potasse).

Les fumures azotées et potassiques les plus élevées sont appliquées sur les cultures les plus chauffées produisant deux vagues.

● **Fumure préconisée par G. Gilly (Station d'Agronomie INRA Antibes) - sous abri plastique.**

Tableau n° 5

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation	100	160	280
A l'apparition des premières fleurs femelles	60		
A mi-grossissement des fruits	60		
TOTAL	220	160	280



● Fertilisation melon de serre

Tableau n° 6. FERTILISATION MELON DE SERRE
(RÉGION EST ET OUEST)

Date	Azote (ammonitrates)	Acide phosphorique (supertriple)	Potasse et magnésie (Patentkali)
Plantation	50	150	75
40 jours après	35	0	50
Après nouaison	35	0	75
15 jours après stade petite pomme	35	0	100

5. EXEMPLES DIVERS

● Fumures préconisées par M. G. Calvet (Société des Potasses d'Alsace-Marseille)

Tableau n° 7

Type de culture	Fumure organique	Fumure minérale au semis en kg/ha			Fumure après nouaison en kg/ha	
		Azote	Acide phosph.	Potasse	Azote	Potasse
Melons de plein champ, sans irrigation	40 t de fumier ou 5 à 10 t de tourteaux par exemple le + tôt possible	100	80	200	—	—
Melons de plein champ, irrigués	idem	100	80	200	50	80
Melons de plein champ, irrigués et repiqués	idem	150	120	300	70	120
Melons repiqués sous châssis	idem	300	200	500	100	170
Pépinières	Terreau	En kg/a			x	x
		3 à 5	3 à 5	3 à 5		



● Fumures préconisées par Huguet et Cornillon pour le Sud-Est

Tableau n° 8

Type de sol	Alluvions	Caillouteux, peu profond	
	Zone traditionnelle	Mise en culture récente	Zone traditionnelle
Sol irrigué	N 150 à 200 P ₂ O ₅ 80 à 120 K ₂ O 200 à 250	N 250 à 300 P ₂ O ₅ 200 à 250 K ₂ O 350 à 400	N 250 à 300 P ₂ O ₅ 80 à 120 K ₂ O 180 à 230
Sol non irrigué	N 80 à 120 P ₂ O ₅ 80 à 110 K ₂ O 120 à 150		

FUMURE PRÉCONISÉE

Espèce polymorphe cultivée dans des conditions très diverses, le melon exige des fumures appropriées aux types de culture, au sol et au climat.

- Cependant, il convient de retenir les points suivants :

Les exportations par tonne de fruits sont d'autant plus élevées que la culture est forcée.

Nous avons retenu les chiffres suivants du tableau des exportations :

Tableau n° 9

	N	P	K
● Plein champ, sans irrigation	—	—	—
Pour 20 t de fruits	50	23	112
Soit, par tonne de fruits environ	2,5	1,1	5,6
● Culture forcée, variété Doublon (réf. 5) :			
Pour 40 t de fruits - 20 000 plants/ha	155	67	277
Soit, par tonne de fruits environ	3,9	1,7	6,9
● Culture forcée hydroponique (réf. 6) :			
Pour 25 t de fruits - 10 000 plants/ha	147	55	194
Soit, par tonne de fruits environ	5,9	2,2	7,7

- Les besoins s'accroissent à partir de la nouaison.
- L'action des principaux éléments sur la vie de la plante peut se schématiser ainsi :

Croissance	N	P	K	Mg Molybdène
Floraison	N	P	K	Mg
Nouaison	N	Mg	P	
Production de fruits	Mg	P		
Qualité	K	P	Mg	Oligo-éléments

Ce schéma souligne l'action de l'acide phosphorique et du magnésium, dont le rôle se manifeste à tous moments de la vie de la plante.

- Le melon est particulièrement sensible aux carences en oligo-éléments, notamment en molybdène.
- Lorsqu'on veut obtenir plusieurs récoltes sur une même culture, il convient d'ajuster la fumure en conséquence et de renouveler les apports dès la deuxième floraison, et ainsi de suite.

1. QUANTITÉ A APPORTER

Tableau n° 10

	Fumier t/ha	Fumure minérale en kg/ha			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
● Culture de plein champ et semi-forcée					
Culture non irriguée	80	80-120	80-120	120-200	60- 80
Culture irriguée	80	150-250	80-150	150-250	60- 80
● Culture sous verre					
	80-100	150-300	100-200	200-350	80-120

2. PRATIQUE DE LA FUMURE

● Culture non irriguée :

Dans ce type de culture, l'économie de l'eau compte souvent plus que la fumure minérale. Cette économie est obtenue grâce aux méthodes suivantes :

1° Labour profond en automne avant les pluies (ce labour peut atteindre parfois 50 à 60 cm ; c'est alors un véritable défoncement) ;

2° Apport du fumier sur les lignes de plantation, et enfouissement tôt à l'automne ;

3° Utilisation de film plastique en paillage du sol.

La fumure minérale est, en principe, apportée dans sa totalité avant la mise en place de la culture : au moment du labour pour l'acide phosphorique, la potasse et la magnésium et juste avant la plantation ou le semis pour l'azote.

● **Culture de plein champ irriguée** (de saison ou semi-forcée) :

Azote :

- 50 % à la mise en place ;
- 25 % à l'apparition des fleurs femelles ;
- 25 % à la période de grossissement des fruits.

Acide phosphorique :

- 70 % à 80 % en fumure de fond ;
- le reste sous forme de phosphate d'ammoniaque en même temps que le second apport d'azote.

Potasse : 50 à 70 % en fumure de fond, le reste sous forme de nitrate de potasse en même temps que les apports complémentaires d'azote.

● **Culture sous serre** :

Les apports totaux étant importants, il convient de fractionner.

Azote : 20 à 30 % à la plantation, et faire des apports tous les 10 à 15 jours après la nouaison.

Acide phosphorique : 70 % avant plantation, le reste en plusieurs apports (4 à 8) sous forme de phosphate d'ammoniaque, à partir de la floraison des fleurs femelles.

Potasse : 50 % avant plantation, le reste en plusieurs apports (4 à 8) sous forme de nitrate de potasse.

N.B. Lorsque la culture est faite sur paillage plastique, le fractionnement est difficile, sauf dans le cas de l'irrigation localisée. En l'absence de cette technique, on réduit le fractionnement.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1965.

BOUHOT D. et LEFEBVRE J.-M., MALADIES ET ACCIDENTS CULTURAUX DES CUCURBITACÉES
Détermination, manuel de lutte, 90 diapositives
Edité et diffusé par PHM, Revue Horticole.

CALVET G., LES FUMURES DU MELON
La potasse, avril 1965.

CETA DE NERAC, 1970, COMPTE RENDU DES ESSAIS DE MELON
CETA DE NERAC.

CORNILLON P. et BONAFOUS (Mme), ABSORPTION DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS PAR LE MELON CULTIVÉ SOUS SERRE
PHM, août-septembre 1969.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES
INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

HUGUET et CORNILLON P., CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LA CROISSANCE ET LA NUTRITION DU MELON
Journée du melon, Cavaillon, 1970.

ROBIN J., ESSAI DE FERTILISATION DU MELON
Service Agronomique des Engrais de France.

SEI, LA FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES SOUS SERRE
SEI, étude n° 41, avril 1969.

VESCHAMBRE D. et ZUANG H., LE MELON
INVUFLEC, monographie, 1976.

NAVET

GÉNÉRALITÉS

Le navet est très exigeant aux conditions de sol et de climat, aussi convient-il de cultiver les variétés appropriées. Il craint la sécheresse du sol et atmosphérique. La plupart des variétés réagissent mal au calcaire, qui fait chuter le rendement et diminue la qualité.

Le pH optimal se situerait autour de 6,6 à 6,8, mais il tolère bien les pH bas, jusqu'à 5,5.

Le navet est sensible aux carences en fer et très sensible au manque de manganèse, de magnésie, et surtout de bore.

Enfin, cette plante est jugée comme épuisante.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
• D'après Anstett - variété Précoce de Croissy - date de récolte 7/6							
Feuilles	39,64	2,9	106	26	218	116	9
Racines	45,66	3,0	72	40	193	28	0,6
TOTAL	85,3	5,9	178	66	411	144	9,6
• D'après le CDDM - rendement 30 à 40 t/ha							
			90	30	120		
• USA - rendement 25 t/ha							
			162	38	115		30

RÔLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

Elle permet une bonne production; cependant, elle doit être enfouie avec la culture précédant le navet, car, comme pour toutes les racines, le navet craint les fumiers récents.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• D'après Laumonier			
Fumure de fond : - superphosphate 16 % - 400 kg - sulfate de potasse - 250 kg - soufre - 100 kg		64	120
En couverture : - ammonitrate 33 % - 100 kg après éclaircissage et en cours de culture	66		
• D'après le CDDM			
Eviter les apports de matière organique avant semis.			
Au semis (500 kg de 12.12.20)	66	66	100
En couverture (200 à 300 kg de 5.10.20)	10-15	20-30	40-60
TOTAL	76-81	86-96	140-160
• D'après la Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône			
	66	72	125
• Culture dérobée dans le Sud-Est			
	30-40	60	
• D'après G. Gilly			
Avant semis	60	50	180
Début tubérisation	60	50	140
20 jours avant récolte	60		45
TOTAL	180	100	365



FUMURE PRÉCONISÉE

Planter la culture sur une parcelle ayant eu une bonne fumure organique dans les 6 à 8 mois précédents. Veiller aux carences en bore (le sol doit contenir au moins 0,5 ppm) et en magnésie.

- **Fumure de fond :**

- N : 0 ;
- P_2O_5 : 75 à 100 ;
- K_2O : 120 à 150 ;
- MgO : 10 à 20.

- **En couverture :**

- En deux fois, dont le premier après éclaircissage :
- N : 60 à 80

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1965.

CDDM, LE NAVET PRIMEUR
CDDM, fiche technique, fév. 1972.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES
INRA, station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. J.B. Baillièrre 1964.

OIGNON

GÉNÉRALITÉS

L'oignon exige, comme l'échalote, des sols ressuyant bien ; il vient mal dans les terres crayeuses.

pH : L'oignon est exigeant et il réussit moins bien dans les sols dont le pH est inférieur à 6,5.

Ses besoins en bore sont moyens, entre 0,1 et 0,5 ppm, et il est tolérant vis à vis de cet élément.

Il est sensible aux carences en zinc et en molybdène, et très sensible aux carences en cuivre et en magnésie.

On distingue différentes cultures. La classification tient compte :

Du mode de mise en place, qui comporte :

- le semis direct ;
- la plantation de bulbilles ;
- la plantation en vert ;

De la période de production :

- oignon de jour long ;
- oignon de jour court ;

De la destination :

- oignon pour faire des condiments ;
- oignon pour le frais ;
- oignon pour la transformation.

S'ajoute à ces distinctions, la couleur des bulbes, qui peuvent être blancs ou de couleur. De plus, les cultures peuvent être irriguées ou non.

Les périodes de mise en place varient selon les régions.

EXPORTATIONS

D'après Anstett :

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett)

Variété : Hâtif de Vaugirard - Récolte : 25 octobre.

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	31,82	2,93	67	17	77	88	9
Bulbes	29,50	4,03	45	25	61	40	19
Divers	1,68	0,15	4	2	6	3	0,7
TOTAL	63,00	7,11	116	44	144	131	28,7

D'après Lefebvre (INRA Dijon) : 42 t/ha - Oignon de Mulhouse, type Auxonne :

- N : 160;
- P_2O_5 : 76;
- K_2O : 115;
- CaO : 128;
- MgO : 16,6.

Ces chiffres confirment la réputation de « voracité » de l'oignon.

RYTME D'ABSORPTION, CYCLE VÉGÉTATIF ET RÔLE DE CERTAINS ÉLÉMENTS

1. PÉRIODE DE CROISSANCE HERBACÉE

Elle va de la germination de la graine ou de la bulbille au début de grossissement du bulbe.

Durant cette période, il y a formation des feuilles et des racines. Les besoins en azote sont importants.

2. PÉRIODE DE FORMATION DES RÉSERVES

A cette période, le rôle de la potasse et de l'acide phosphorique est primordial. Dès le grossissement du bulbe, le développement du feuillage se ralentit pour s'arrêter complètement. Les réserves migrent dans les bulbes. Un excès d'azote à cette période perturbe la bulbaison. L'acide phosphorique est considéré comme pouvant accroître le calibre et améliorer la précocité.

RÉSULTATS D'ESSAIS

1. ESSAI DE FUMURE ORGANIQUE (MOREAU B. et BOYER M., INVUFLEC)

Il s'agit d'un essai permanent de fertilisation organique. Une culture d'oignon issu de bulbilles a été étudiée en 2e année de la mise en place de cet essai, où 6 amendements, à simple et double doses, sont comparés par rapport à un témoin sans amendement.

Les pesées, après séchage, font ressortir les points suivants :

— les doses faibles d'amendement (exemple : 7,5 t/ha de fumier) n'ont pas donné de résultats significativement différents, ni entre eux, ni avec le témoin ;

— les doses doubles donnent des augmentations de rendement de l'ordre de 2,6 à 4,6 t/ha, selon la nature des fumures organiques, mais la teneur en matière sèche est plus élevée sur le témoin sans fumure organique.

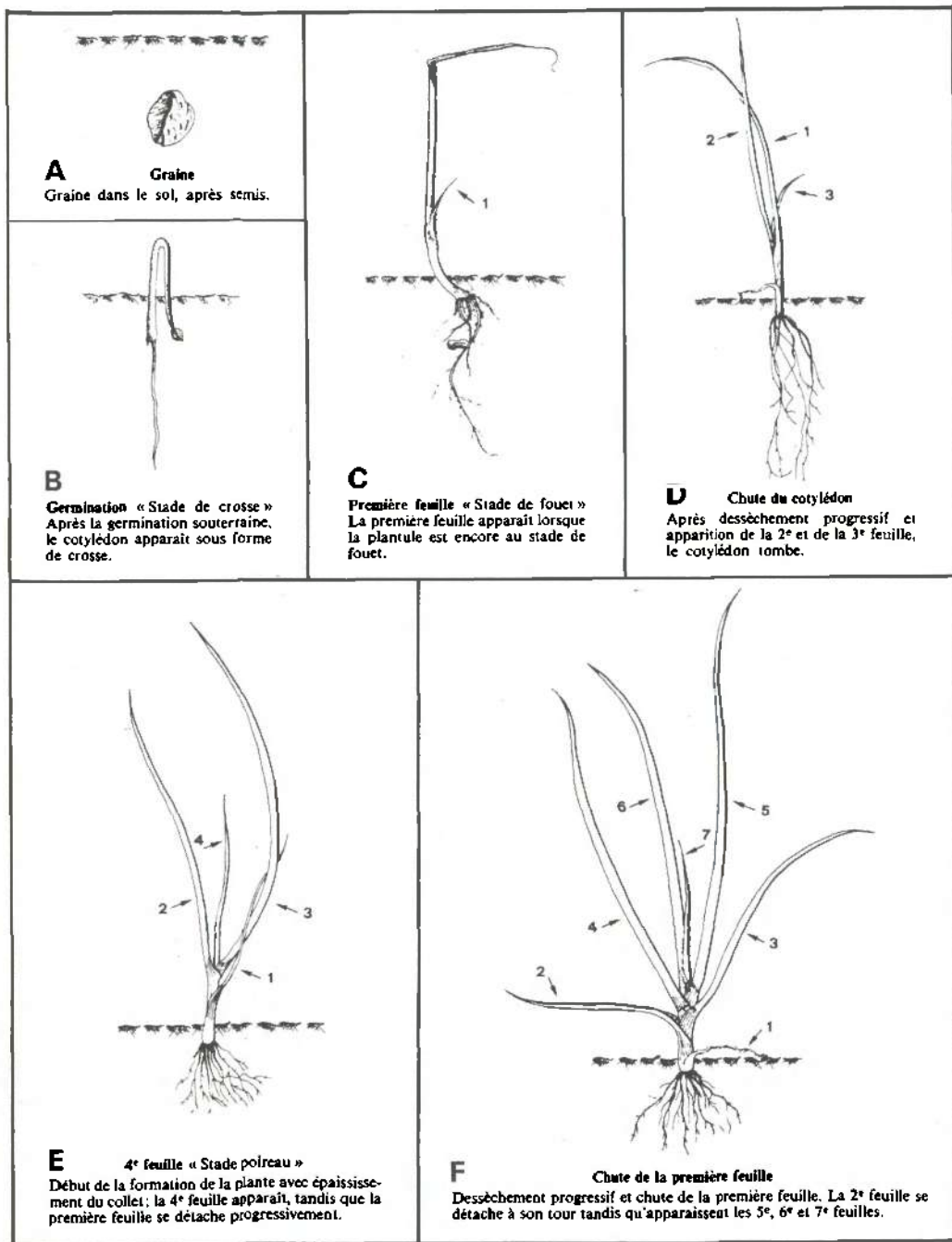
2. ESSAI DE FUMURE STARTER (INVUFLEC SUD-EST)

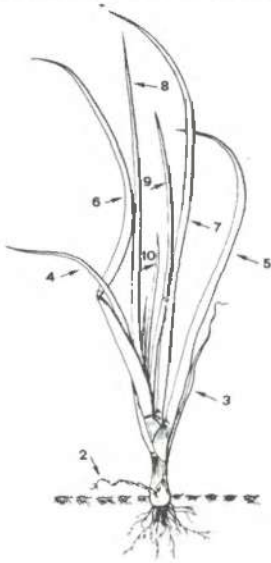
Il s'agit d'un essai non statistique sur l'application du phosphate d'ammoniaque dans la raie de semis.

Les résultats ont été très positifs en faveur de cette technique.

STADES REPÈRES DE L'OIGNON DE SEMIS.

par CH. REY, J. STAHL,
PH. ANTONIN, G. NEURY.

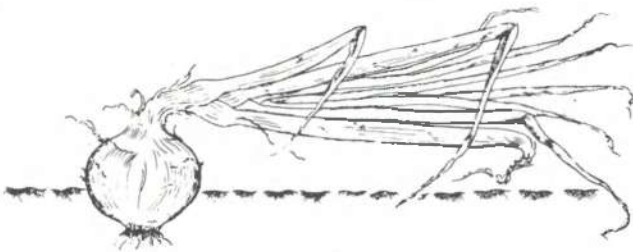




G **Début de la bulbaison**
Début de la formation du bulbe: les 2^e et 3^e feuilles se dessèchent tandis qu'apparaissent les feuilles 8 à 13: la plante atteint son développement maximum.



H **Epaissement du bulbe**
Début de régression de la phase végétative, dessèchement progressif des feuilles 4, 5 et 6 ainsi que de la pointe des feuilles principales; certaines feuilles ploient sous l'effet de leur poids; apparition possible de nouvelles feuilles qui restent plus petites; le bulbe devient visible; début de la formation de la tunique.

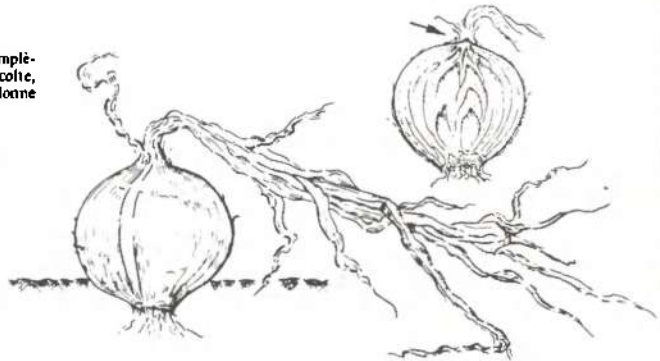


I **Plante couchée**
Phase végétative terminée; le feuillage tout entier se couche et commence à se dessécher; le bulbe a pratiquement atteint sa dimension définitive.

J **Maturité du bulbe**
La tunique est consolidée; le feuillage est complètement desséché, y compris le collet. A la récolte, le bulbe, complètement fermé (coupe), abandonne la partie aérienne.

Remarques: L'appréciation objective de l'état végétatif momentané d'une culture au moyen de l'échelle proposée ici demande une certaine attention, car le développement n'est pas forcément uniforme pour toutes les plantes; on considérera donc comme déterminant le stade le plus fréquemment observé.

Dessins: J. Stahl



FUMURE PRÉCONISÉE

Elles tiennent compte :

- De la croissance et du développement de l'oignon, qui peuvent se schématiser ainsi (d'après J.-M. Lefebvre) :

Période de croissance végétative

semis
ou
bulbilles —————> début
grossissement
du bulbe

BESOINS

- azote dominant :
 - appareil racinaire et foliaire ;
 - protéines.
- phosphore et potassium : modérés, mais essentiels et nécessaires.

Période de réserves glucidiques

—————> récolte

BESOINS

- potassium et phosphore dominants : nécessaires pour les synthèses glucidiques :
 - potassium : action sur le métabolisme de l'eau,
 - phosphore : synthèse des sucres et transport d'énergie.
- azote très modéré : il y a antagonisme azote/potassium.

- Des types de culture.



Tableau n° 2. FUMURE PRÉCONISÉE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Production de bulbilles (J.-M. Lefebvre, INRA Dijon)			
Objectif : on cherche à obtenir des oignons d'un diamètre ne dépassant pas 16 mm (car les oignons issus de grosses bulbilles ont tendance à monter à graines).			
Pour un semis de 100 kg de graines/ha et une production de 12,5 à 13 t/ha, on apporte :			
• Au travail du sol : l'azote est apporté sous forme ammoniacale	25	100	100
• En couverture : à la fin du stade crochet relevé 100 kg d'ammonitrate	33		
TOTAL	58	100	100
Production d'oignon à partir de bulbilles (J.-M. Lefebvre, INRA Dijon)			
• Au labour : – potasse sous forme de sulfate – acide phosphorique sous forme de superphosphate		100	150
• A la préparation du terrain : – avant plantation des bulbilles (exemple : mois d'avril) 285 kg de sulfate d'ammoniaque	60		
• En cours de végétation : (exemple mai) 100-150 kg d'ammonitrate	35-50		
• Début grossissement du bulbe : 50 kg de nitrate de potasse	6		22
TOTAL	101-116	100	172
Production d'oignon de jour long en semis direct Culture non irriguée (J.-M. Lefebvre, INRA Dijon)			
• Au travail du sol : avant semis apport de sulfate d'ammoniaque, de superpotassique et de superphosphate	60	150-200	150-200
• En couverture : – au stade 2-3 feuilles, 100 à 150 kg d'ammonitrate – au stade grossissement du bulbe, 200-250 kg de nitrate de potasse	33-50 28-35		94-116
TOTAL	121-145	150-200	244-316

Tableau n° 2 (suite). FUMURE PRÉCONISÉE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Production d'oignon de jour long en semis direct Culture irriguée (J.-M. Lefebvre, INRA Dijon)			
Même fumure que pour la culture non irriguée, mais en couverture on effectue un second apport de 100 à 150 kg d'ammonitrate un mois après le premier :	33-50		
TOTAL	154-195	150-200	244-316
Oignon de printemps repiqué en vert de maraîchage à l'irrigation (G. Gilly, INRA Station d'Agronomie d'Antibes)			
Forme des engrais : ammonitrate, superphosphate, sulfate de potasse :			
• Avant plantation	33	100	140
• Stade petites feuilles	60		
• Stade grandes feuilles	60	50	70
• 45 jours avant récolte	60		70
TOTAL	213	150	280
Oignon jaune de jour court (oignon jaune pour semis d'automne) Rendement de 40 t/ha (J.-P. Thicoipé et B. Moreau, CTIFL)			
• Au travail du sol :			
- avant semis	60-80	50-100	150
		+ 20 unités de MgO	
• En couverture :			
- avant l'hiver (nitrate de chaux)	40-50		
- au début du printemps (ammonitrate)	30-50		
- avant le début bulbaison (nitrate de potasse)	30-50		100-170
TOTAL	160-230	50-100	250-320
		+ 20 unités de MgO	

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1965.

BREMER H., BULB FORMATION AND RIPENING IN THE ONION.
Angewandte Botani, 18, 204, 31.

BREWSTER J.-L., THE PHYSIOLOGY OF THE ONION.
Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops, jan. 77.

GILLY G., FICHES DE FERTILISATION (non publiées).
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. J.-B. BAILLIÈRE, 1965.

LEFEBVRE J.M., LA FERTILISATION DE L'OIGNON DE MULHOUSE ET DE SEMIS
INVUFLEC, L'OIGNON, monographie, mai 1976, pp 67-70.

MOREAU B. et BOYER M., ESSAI PERMANENT DE FERTILISATION ORGANIQUE SUR OIGNON ISSU DE BULBILLES - Tour en Sologne - Résultats de 1972
INVUFLEC, C.R. d'essai n° 194/17.

REY C., STAHL J., ANTONIN P., NEURY G., STADES REPÈRES DE L'OIGNON DE SEMIS
Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture, vol. VI, n° 3, mai-juin 1974, pp 101-104.

THICOIPÉ J.P. et MOREAU B., LES OIGNONS JAUNES POUR SEMIS D'AUTOMNE
PHM, n° 208, juin-juillet 1980.

OSEILLE

GÉNÉRALITÉS

L'oseille redoute les terres sèches et calcaires. Elle est plus acide en plein soleil.

FUMURE PRÉCONISÉE

Tableau n° 1 (d'après G. Gilly)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation		100	220
Stade plantule ou après repiquage	130		
Après chaque coupe	130	50	180

BIBLIOGRAPHIE

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

PERSIL

GÉNÉRALITÉS

Le persil est une plante épuisante. Il redoute la sécheresse. La récolte comporte trois à six coupes. Le rendement par coupe est de l'ordre de 7 à 10 t/ha.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Persil ordinaire - rendement 90 t/ha					
Feuilles	255	93	862	166	20
Racines	7	3	23	3	2
TOTAL	262	96	885	169	22
Persil frisé - rendement 67 t/ha					
Feuilles	164	63	536	102	12
Racines	6	3	21	3	1
TOTAL	170	66	557	105	13

EXEMPLES DE FUMURE

- **Laumonier** conseille :
 - Fumier de ferme : 30 t;
 - Fumure minérale :
 - N : 100, dont 20 avant semis; 40 entre le semis et la première récolte; 40 après la première récolte.
 - P₂O₅ : 90.
 - K₂O : 90.

EXEMPLE DE FUMURE (suite)

● Station d'Agronomie de l'INRA d'Antibes (G. Gilly) :

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<p>Persil frisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - semis septembre; - récolte : <ul style="list-style-type: none"> 1 coupe en décembre. 1 coupe en mars. 4 coupes de mai à septembre, puis à nouveau une coupe en décembre et une coupe en mars. 			
<ul style="list-style-type: none"> • Avant semis • En couverture : <ul style="list-style-type: none"> - jeunes plants - 1^{re} refumure - 2^e refumure 		100	180
	60		
	100		140
	60		140
TOTAL	220	100	460
<p>Persil ordinaire (automne-hiver)</p>			
<ul style="list-style-type: none"> • Avant semis • En couverture : <ul style="list-style-type: none"> - jeunes plants - mi-octobre - mi-novembre - fin décembre 		100	220
	60		
	60	50	220
	60		90
	60		90
TOTAL	240	150	620

● Autre exemple de fumure

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<ul style="list-style-type: none"> • En fond : <ul style="list-style-type: none"> - fumier 30 à 40 t - fumure minérale • En couverture : <ul style="list-style-type: none"> - 1 mois après semis - avant les deux dernières coupes 			
	30	90	120
	40		
	30		90
TOTAL fumure minérale	100	90	210

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1964.

GILLY G., FICHES DE FERTILISATION (non publiées)
INRA, Station d'Agronomie, Antibes.

LAUMONNIER R. CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. J.-B. BAILLIÈRE, 1964.

PISSENLIT

GÉNÉRALITÉS

Cette plante, réputée épuisante, redoute les sols calcaires; c'est sa seule exigence, car tous les autres sols lui conviennent. Cependant, comme pour toutes les salades, on choisira si possible des sols frais.

EXEMPLES DE FUMURE

- **Laumonnier** conseille, en terre peu pourvue :
 - en fumure de fond :
 - N : 50;
 - P_2O_5 : 50;
 - K_2O : 100;
 - en couverture, en août : un peu d'azote.
- Autre fumure :
 - en fumure de fond :
 - N : 45;
 - P_2O_5 : 45;
 - K_2O : 70;
 - en couverture :
 - N : 60.

FUMURE PRÉCONISÉE

- en fumure de fond :
 - N : 40 à 60;
 - P_2O_5 : 40 à 60;
 - K_2O : 100 à 120;
- en couverture :
 - N : 40.

BIBLIOGRAPHIE

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. Baillièrè, 1964.

PELLETIER J. et coll., DÉSHÉRBAGE CHIMIQUE DES PISSENLITS.
INVUFLEC, C.R. d'essai n° 1871/59, janv. 1972.

POIREAU

GÉNÉRALITÉS

Le poireau est une espèce exigeante. Il lui faut des terres assez fraîches, bien ameublées.

- **pH** : il est peu tolérant, il ne faut pas descendre au-dessous de 6 à 6,3.
- De plus, il craint le **calcaire**.
- Par contre il ne semble pas être très sensible aux carences, et en particulier ses exportations en **bore** sont particulièrement basses.
- Il n'existe pas de renseignement sur sa sensibilité à la **salinité**.

Enfin, il est bien connu qu'une culture de poireau, par son système racinaire, améliore la structure du sol.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. (d'après **Anstett A.**)

En 1, il s'agit de la variété BLEU DE SOLAISE, récolté le 30 avril.

En 2, il s'agit d'un poireau d'été récolté le 2 septembre.

	Rendement t/ha		Exportations en kg/ha				
	Mat. fraîche	Mat. sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1							
Feuilles	57,14	5,14	184	56	262	64	12
Racines	7,80	0,64	16	13	49	6	3
TOTAL	64,94	5,78	200	69	311	70	15
2							
Feuilles	139,2	14,6	376	13,6	568	265	54
Racines	15	1,61	35	1,6	52	11	7,3
TOTAL	154,2	16,21	411	15,2	620	276	61,3
Éléments exportés, en kg/t de matière fraîche récoltée							
1. Bleu de Solaise			3,5	1,2	5,04	1,22	0,26
2. Poireau d'été			2,95	1,09	4,45	1,98	0,44

**Tableau n° 2. COMPARAISON DES EXPORTATIONS
SELON DIFFÉRENTS AUTEURS**

Auteurs	Rendement réel en t/ha	Exportations en kg/ha pour 30 tonnes				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Decker-Dilligen	30	85	35	100	65	—
Faustzahlen	30	100	60	120	70	30
Anstett en sol maraîcher	57	105	36	154	36	8
Anstett culture légumière champêtre	30	91	22	63	—	—

Ces chiffres et les précédents indiquent une certaine variation en éléments exportés, selon les systèmes de culture et les variétés. Le poireau d'hiver exporte davantage d'azote, d'acide phosphorique et de potasse.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. AZOTE

D'après les auteurs cités ci-dessus, l'azote nitrique apporté avant repiquage aurait un effet favorable sur le rendement. Selon **Laumonier** le nitrate de soude et l'ammonitrate favorisent la végétation.

2. ACIDE PHOSPHORIQUE ET POTASSE

On ne trouve rien dans la littérature concernant ces éléments.

3. MANGANÈSE

Des carences en cet oligo-élément peuvent apparaître sur les terrains d'épandage des eaux d'égoûts des villes.

4. MATIÈRE ORGANIQUE

Il faut apporter un fumier très décomposé qu'on enfouira longtemps à l'avance.

EXEMPLES DE FUMURE

● **Laumonier :**

Fumier très décomposé 25 t/ha :

— N : 66 unités (200 kg d'ammonitrate 33 % fractionné en 2 fois) ;

— P₂O₅ : 80 unités (500 kg de superphosphate 16 %) ;

— K₂O : 96 unités (sulfate de potasse 48 %).

Il conseille d'apporter aussi 80 kg de soufre et préconise, à la reprise, un purinage à 30 % du volume d'eau.

● **Région nantaise :**

Plantation : 600 à 800 kg de 12.12.20; 400 kg/ha d'ammonitrate en deux fois.

Semis direct : 400 kg/ha de 10.10.20 en mars (découverte des châssis).

Sous châssis 200 à 250 kg/ha d'ammonitrate en avril.

● **Région de Saint-Malo ;**

En couverture, à la plantation : N : 30 unités.

Le poireau profite des reliquats de fumure de la pomme de terre primeur qui a précédé.

● **Fumure recommandée par la CNARBRL en Costières (Gard) :**

— N : 200 à 250 unités;

— P₂O₅ : 200 à 250 unités;

— K₂O : 300 à 350 unités.

La fumure azotée est fractionnée, soit 60 à 80 unités à la mise en place, suivies de 2 à 3 apports jusqu'à septembre, pour les cultures d'été et d'automne; pour les cultures d'hiver, un apport fin août, complété par deux apports en février-mars, pour les cultures de fin d'hiver.

L'acide phosphorique est enfoui au dernier labour précédant la plantation, sous forme assimilable.

● **G. Gilly (Station d'Agronomie, INRA Antibes) :**

Tableau n° 3. Culture d'hiver/printemps - rendement 60 t/ha.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
A la plantation	60	35	140
En couverture :			
• 1 ^{er} épandage	60		
• 2 ^e épandage	60	35	90
• 3 ^e épandage	60		45
TOTAL	240	70	275

FUMURE PRÉCONISÉE

Pour un rendement de 30 t/ha on peut se baser sur des exportations de 100 unités d'azote, 60 d'acide phosphorique et 120 de potasse; ce qui revient à une fumure minérale de :

— N : 150 unités;

— P₂O₅ : 60 unités;

— K₂O : 150 unités.

Néanmoins on apportera 15 à 20 t de fumier très décomposé quelques mois avant la plantation.

Les apports minéraux se feront ainsi :

— P₂O₅ et K₂O : au labour.

— N : 30 % avant repiquage, le reste en une ou deux fois en cours de culture.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE. BTI, n° 200, 1965.

CDDM Nantes, LE POIREAU.
Fiche, juin 1970.

GAUTIER B., FICHE TECHNIQUE DE L'AGRICULTEUR « LE POIREAU ». Bas-Rhône-Languedoc, n° 79, 1976.

GILLY G., FICHES FERTILISATION.
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes, fiches non publiées.

LAUMONNIER R. CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.
Ed. J.-B. Baillièrre, 1964.

POIRÉE OU BETTE A CARDE

GÉNÉRALITÉS

Selon **Laumonier**, la poirée répond bien à la fumure organique et aux solutions fertilisantes minérales ou organiques (purin, eau de vidange).

EXPORTATIONS

Tableau n° 1. EXPORTATIONS (d'après Anstett)

Variété : Poirée blonde à cardes blanches ; date de récolte : 2 septembre.

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha					
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	166,6	10,6	314	155	1006	315	148	74
Racines	15,4	2,2	35	28	103	12	13	8
TOTAL	182	12,8	349	183	1109	327	161	82

EXEMPLE DE FUMURE

Tableau n° 2. G. Gilly (pour une culture d'hiver dans les Alpes-Maritimes)
Rendement 150 t/ha.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Avant plantation		50	90
15 jours après la reprise (mi-sept.)	80		
Début octobre	100	50	110
Fin novembre	120	50	110
Début janvier	40	50	110
Fin février	40	50	110
TOTAL	380	250	530

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.

BTI, n° 200, 1965.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES. INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.

Ed. J.-B. Baillière, 1964.

POIS

GÉNÉRALITÉS

Le pois, qui a un cycle végétatif relativement court, exige une fumure rapidement assimilable.

Comme le haricot, il a la faculté de fixer l'azote de l'air par l'intermédiaire de bactéries qui forment des nodosités sur les racines. Une culture de pois, dont on laisse les racines dans le sol, enrichit celui-ci en azote. Il est peu exigeant en magnésie et en fer ; il est moyennement tolérant à la salinité.

Il convient de respecter l'assolement, car on peut enregistrer des baisses de rendement de 50 % dès la seconde année de culture successive.

Le choix du sol est particulièrement important pour cette espèce qui craint les excès d'humidité et l'échaudage. Il faut donc proscrire, et les sols trop lourds, drainant mal, et les terres sableuses.

En sol calcaire les plantes chlorosent ; le rendement et la qualité baissent. La carence en cuivre se traduit par l'absence de grains dans les gosses ; elle est à craindre si le sol contient moins de 10 mg de cuivre par kg de terre sèche. Dans ce cas, on apporte 25 kg/ha de sulfate de cuivre au sol, avant semis.

Le pois est sensible au pH, comme le montre le tableau ci-après. Le meilleur pH se situe entre 6 et 7,5 suivant les sols.

Tableau n° 1. RENDEMENT, EN % DU MEILLEUR RENDEMENT

Types de sol	pH							
	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5
Sableux	10	70	94	99	100	99		
Argileux					88	94	97	100

EXPORTATIONS

- D'après Penningsfeld :

Tableau n° 2. EXPORTATIONS GLOBALES POUR UN RENDEMENT DE 10 TONNES/ha DE COSES (d'après Penningsfeld)

N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
125	43	88	152	10

- D'après Anstett :

Tableau n° 3. EXPORTATIONS (d'après Anstett)
Variété : nain, GLOIRE DE QUIMPER ; Récolte : 25/6.

	Rendement t/ha		Exportations kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles + Tiges	13,90	1,5	40	11	71	41	4
Cosses	7,18	0,95	20	6	19	17	3
Grains	5,72	2,06	85	26	34	3	5
Racines	0,34	0,05	1	0,4	0,9	0,7	0,1
TOTAL	27,14	4,56	146	43,4	124,9	61,7	12,1

RÉSULTATS D'ESSAIS

- Laumonier cite un essai de la SPA (actuellement SCPA), dont les meilleurs résultats ont été obtenus avec un équilibre 6-12-12.
- Dans un essai conduit par A. Loue (SCPA), le plus fort pourcentage d'extra-fins et de très fins est obtenu avec la plus forte dose de potasse utilisée (180 unités de potasse/ha). De même la meilleure qualité (indice de tendreté) est fournie par la même dose.
- Dans la Drôme, la SCPA a obtenu les meilleurs résultats avec la dose moyenne 45-75-125.

RÔLE, QUANTITÉ, DOSE, FORME ET TECHNIQUES D'APPORT DE QUELQUES ÉLÉMENTS

1. FUMURE ORGANIQUE

Faire des apports de fumier bien décomposé, très longtemps avant le semis.

2. FUMURE MINÉRALE

Comme le haricot, le pois craint le contact trop direct avec les éléments minéraux. Les apports se font assez à l'avance et sont bien mélangés au sol. L'apport par bande entre les lignes donne de bons résultats.

Tableau n° 4. EXEMPLES DE FUMURE

	Fumure organique t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		Unités		
● Laumonier				
<ul style="list-style-type: none"> • Pois potager <ul style="list-style-type: none"> - fumier très décomposé - fumure minérale • Pois pour la conserve <ul style="list-style-type: none"> - fumier très décomposé - fumure minérale 	20	20	64	120
	25	30	80	120
● Fiche technique stage « cultures légumières » (ACTA/INVUFLEC)				
- fumure minérale		30	100	120
● Fiche technique n° 10 « Fertilisation du pois » (Chambre d'Agriculture/SUAD du Haut-Rhin)				
<ul style="list-style-type: none"> • Semis précoce <ul style="list-style-type: none"> - fumure minérale • Semis tardif <ul style="list-style-type: none"> - fumure minérale 		30-40	60-90	90-120
		0-30	60-90	90-120
● Coppenet (INRA)				
<ul style="list-style-type: none"> • Bretagne <ul style="list-style-type: none"> - fumure minérale 		20	100	110
● Station d'Agronomie de l'INRA d'Antibes (G. Gilly), en culture maraîchère				
<ul style="list-style-type: none"> • Avant semis <ul style="list-style-type: none"> - fumure minérale • En couverture <ul style="list-style-type: none"> - fumure minérale 			100	110
		28	50	100
TOTAL		28	150	210

● **L'azote :**

Il n'est en principe pas nécessaire en sol et en climat favorables. Un excès diminue la floraison et le rendement.

Par temps froid et pluvieux, on apporte 25 unités/ha.

● **Le phosphore :**

Il intervient dans la formation du système racinaire, des nodosités et des grains, dont il influence aussi la précocité et augmente la qualité biologique.

Anstett préconise, en sol bien pourvu, 50 unités d'acide phosphorique par ha.

Compte tenu de la réaction du pois en bas pH, on utilise en sol acide, des scories enfouies assez longtemps avant semis.

● **Le potassium :**

Anstett propose 100 unités pour un sol normalement pourvu.

Une carence entraîne une décoloration des grains, ce qui déprécie le produit.

EXEMPLES DE FUMURES PRATIQUÉES

(Voir tableau 4 page précédente)

FUMURE PRÉCONISÉE

La fumure varie en fonction des types de culture, des exigences technologiques et qualitatives, des périodes de production et, évidemment, de la richesse du sol. Ces variations se situent dans la fourchette suivante :

— N : 0 à 40 ; les besoins sont d'autant plus importants que le temps est froid ;

— P_2O_5 : 50 à 100 ;

— K_2O : 100 à 180.

BIBLIOGRAPHIE

ACTA/INVUFLEC, FICHE TECHNIQUE « CULTURE DU POIS »

ACTA/INVUFLEC, stage « cultures légumières ».

ANSTETT A., LES CONDITIONS AGROPÉDOLOGIQUES DE LA CULTURE DU POIS DE CONSERVE

La Potasse, janvier 1967, pp 4-9.

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE

BTI n° 200, 1965.

CHAMBRE D'AGRICULTURE/SUAD DU HAUT RHIN, FERTILISATION DU POIS

GILLY G., FICHES FERTILISATION (non publiées)

INRA, Station d'Agronomie d'Antibes.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES

Ed. J.-B. BAILLIÈRE, 1964.

LOUE A., UN EXEMPLE D'EFFET DE LA FUMURE POTASSIQUE SUR LA QUALITÉ DES PETITS POIS

SCPA Mulhouse.

PONTAILLER S., L'ABC DE LA FERTILISATION

SCPA

POIS DE CASSERIE

FUMURE PRÉCONISÉE

On préconise la fumure suivante :

— N : 30-50;

— P_2O_5 : 110-150;

— K_2O : 100-160, de préférence sous forme de sulfate.

Cf. aussi « pois ».

BIBLIOGRAPHIE

MOREAU B., COMPTE RENDU DE LA COMMISSION TECHNIQUE DU GROUPE DE TRAVAIL « LÉGUMES SECS ».
INVUFLEC, C.R. du G.T. du 20/1/76.

POIS CHICHE

GÉNÉRALITÉS

Proscrire les sols trop calcaires, qui donnent des grains cuisant mal.

FUMURE PRÉCONISÉE

- L. Laumont et Chevassus préconisent, pour l'Algérie, à l'ha :
- N : 10 à 20 unités ;
 - P_2O_5 : 50 à 75 unités ;
 - K_2O : 70 à 90 unités.

BIBLIOGRAPHIE

LAUMONT P. et CHEVASSUS A., NOTE SUR L'AMÉLIORATION DU POIS CHICHE EN ALGÉRIE.
Annales de l'Institut Agricole des Services de Recherches et d'Expérimentation Agricole de l'Algérie, juillet 1956.

POIVRON

PIMENT A GROS FRUIT

GÉNÉRALITÉS

Le poivron a un système racinaire sensible à l'asphyxie, d'une part; d'autre part, il craint la sécheresse. Sa tolérance à la salinité est moyenne, inférieure toutefois à celle de la tomate, et sa sensibilité au manque de magnésium est forte. Par contre, son exigence au point de vue pH est modérée, et, si les meilleurs pH se situent autour de 6,5 à 7, ils peuvent, sans trop de préjudice, descendre jusqu'à 5,6 et atteindre 8,5.

Sur le plan cultural, on distingue les cultures de plein champ des cultures sous serre, et les productions en vert des productions à l'état de maturité.

Notons enfin que le poivron réagit très mal à la concurrence des mauvaises herbes, et qu'il est sensible à la nécrose des fruits.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement, t/ha		Exportations, kg/ha				
	Matière fraîche	Matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
● d'après Anstett piment doux des Landes - date de récolte 27/8							
Feuilles + tiges	22,80	3,05	95	19	214	148	20
Fruits	54,00	3,07	101	36	49	9	12
Racines	1,36	0,21	5	1	6	3	0,6
TOTAL	78,16	6,33	201	56	269	160	32,6
● d'après Cornillon, EXPORTATIONS POUR L'ENSEMBLE DE LA PLANTE variété Lamuyo - culture sous serre - plantation 22/4 - fin de récolte 26/7							
Fruits verts	37		336	100	635		42
Fruits murs	21		410	120	675		54
● d'après Jules, Lafont et Morard							
	41,4		183	47	277	109	35

RYTHME D'ABSORPTION

La croissance du poivron est lente ; dans l'expérimentation de **Cornillon**, il a fallu 120 jours à partir du semis pour synthétiser 50 % du poids, et 30 jours seulement pour les autres 50 %. La croissance commence à s'accélérer à l'épanouissement des fleurs (soit 75 jours après le semis).

On observe une baisse sensible de l'azote à la récolte des premiers fruits verts.

La demande en phosphore passe par un maximum à l'apparition des premières fleurs. Il faut donc que la plante puisse en trouver et le puiser à cette phase importante de sa vie. A la maturation des graines, la demande en phosphore est également importante.

La teneur en potassium augmente jusqu'à la floraison, puis se maintient. Le magnésium atteint son maximum à la floraison.

On observe que les fruits mûrs exigent plus d'éléments pour un rendement plus bas.

On peut dire, qu'avec le nouaison des premières fleurs épanouies commence la période de forte demande, et que celle-ci se poursuit durant toute la période de récolte.

RÔLE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

D'après **Toderi**, la floraison est surtout favorisée par le phosphore, et la nouaison par le potassium.

EXEMPLES DE FUMURE

Cf. tableau n° 2 ci-après.

Tableau n° 2. Exemples de fumure du poivron.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
• PLEIN CHAMP Selon CTIFL/SAP Balandran (Gard) suivant analyse de sol - sol de loess sur cailloutis - précédent orge					
Fumier de mouton : 25 t/ha Fumure minérale	25	100	100		
		+ molybdène et bore			
• PLEIN CHAMP Selon CTIFL/SAP Lanxade (Dordogne) suivant analyse de sol - sol limono-sableux - précédent blé					
Fumier de ferme : 65 t/ha Fumure minérale	116	302	276	300	200
• PLEIN CHAMP Selon INVUFLEC Nantes					
Fumure de fond	120	120	200		
En couverture	132	30	138		
TOTAL	252	150	338		
• PLEIN CHAMP Selon Szöke					
Fumier : 30 à 40 t/ha Fumure minérale	150-200	90-120	180-240		
• PLEIN CHAMP Selon CFPPT Bergerac					
Fumier : 30 t/ha Fumure minérale		300	150-180	200	
		L'azote est fractionné à la plantation, au premier arrosage après la nouaison, en fonction des besoins.			
• PLEIN CHAMP Selon CNARBRL (Gard)					
Fumier : 80 t/ha Fumure minérale		100	225	265	
		Ajouter éventuellement du bore.			
• PLEIN CHAMP Selon G. Gilly, production de printemps-été					
10 j après reprise	30	16	45		16
Nouaison 1 ^{er} bqt	30	16	45		
Nouaison 3 ^e bqt	60	30	90		
Récolte 2 ^e bqt	60	30	90		
TOTAL	180	92	279		16
• SERRE Selon INRA/SAD, Alénça (Pyrénées-Orientales) pour un rendement de 70 t/ha					
Fumure de fond :		120	140		
Fumier : 60 t/ha		92			
Fumure minérale	38	182	532		75
A la plantation*	452				
En couverture					
TOTAL	490	394	672		75
		* Phosphate d'ammoniaque, à raison de 20 g/m ²			
• Serra Selon CTIFL Balandran (Gard) Précédent laitue - fumure minérale totale pour un rendement de 80 à 100 t/ha					
	839	136	862		
• SERRE Châteaurenard (Bouches-du-Rhône)					
Fumier à la raie					
TOTAL FUMURE	506	240	450		

FUMURE PRÉCONISÉE

Le poivron est une plante délicate à conduire sur le plan de l'alimentation ; le moindre déficit en eau ou en un quelconque élément fertilisant arrête la croissance, d'autre part, son système racinaire est fragile. En conséquence, il faudra apporter une attention particulière au choix du sol, qui, en aucun cas, ne doit être asphyxiant, et aux travaux culturaux.

Les labours seront profonds. On apportera une bonne fumure organique végétale et la structure finale sera grumeleuse.

Tableau n° 3. FUMURE PRÉCONISÉE.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
• PLEIN CHAMP				
Fumier, en fond, au labour : 40 à 50 t/ha				
Fumure minérale :				
— en fond	1/3	50 %	50 %	100 %
— en couverture★	2/3	50 %	50 %	
TOTAL	200-300	100-150	200-300	50-80
★ Fumure de couverture, apportée en deux ou trois fois, à répartir ainsi : avant floraison - au grossissement du premier fruit - à mi-culture				
• Serre				
Fumier : 40 à 50 t/ha				
Fumure minérale :				
— en fond	1 3	50 %	1/3	100 %
— en couverture★	2 3	50 %	2/3	
TOTAL	300-400	150-200	450-650	80
★ Fumure de couverture à répartir ainsi : avant floraison - ensuite 8 à 10 apports à partir du grossissement des premiers fruits.				

Lefebvre souligne que, sous abri, il est très important d'apporter l'azote à petites doses, pour éviter un excès de feuillage et la coulure.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, 1965, n° 200, 450-467.

CFPPA de Bergerac, COMPTE RENDU DE RÉUNION D'ÉTUDE.
CFPPA Bergerac, fév. 1976.

CORNILLON P., CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT DU PIMENT DOUX SOUS SÈRE.
PHM, juin-juil. 1974, 41-51.

CTIFL/SAP, COMPTE RENDU D'EXPÉRIMENTATION VARIÉTALE.
CTIFL, mars 1978.

CTIFL/SAP, COMPTE RENDU D'EXPÉRIMENTATION VARIÉTALE SOUS
ABRIS. CTIFL, janv. 1978.

GAUTIER B., ESSAI DENSITES.
CNARBRL, déc. 1974.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES.
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

INVUFLEC, MONOGRAPHIE LE POIVRON.
INVUFLEC, oct. 1968.

JULES M., LAFONT G., MORARD., BILAN DE CONSOMMATION EN
ÉLÉMENTS MINÉRAUX MAJEURS DU POIVRON CULTIVÉ EN PLEINE
TERRE.

PHM, Revue Horticole, n° 221, novembre 1981.

PELLETIER J. et coll., POIVRON DE PLEIN AIR, DÉSHÉRBAGE ET
VARIÉTÉS, RÉGION NANTAISE.

INVUFLEC, C.R. d'essai n° 359/106, juin 1976.

SEI-Alénya. ESSAI DE VARIÉTÉS DE POIVRON.
INRA/SEI, février 1979.

SEI Alénya, PRODUCTION DE PIMENT DOUX SOUS ABRI EN ROUSSIL-
LON.

INRA/SEI, déc. 1970.

SEI Montfavet, ESSAI DE LUTTE CONTRE LE PHYTOPHTHORA CAP-
SICI. INRA/SEI, déc. 1973.

POMME DE TERRE

Cette fiche s'inspire très largement de la fiche ITPT (1) citée en référence.

GÉNÉRALITÉS

Les sols légers conviennent parfaitement à la pomme de terre, à condition de pouvoir être irrigués, car l'approvisionnement en eau à la formation des tubercules est nécessaire pour l'obtention de bons rendements et d'une bonne qualité. Les terres maraîchères répondent bien à ces deux exigences.

Cette plante est sensible aux carences en manganèse, en zinc, en fer. Elle est très sensible aux carences en magnésium et en bore. Elle est moyennement sensible à la salinité et moyennement tolérante au bore.

Le pH optimal se situe aux environs de 6,5 à 7. Le pH alcalin favorise la « gale commune ».

Enfin, les sols humides, se ressuyant mal, lui sont préjudiciables et favorisent de nombreuses maladies.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rendement	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
USA :						
• tubercules + feuilles	30 t/ha	225	50	200	90	34
• tubercules	30 t/ha	105	37	150	5	5
Grandeau :						
• pomme de terre primeur : tubercules	25 t/ha	96	45	153		
Hébert (cité par l'ITPT) :						
• tubercules	1 t/ha 30 t/ha	3,2 96	1,6 48	6 180	0,4 12	0,3 9

(1) ITPT : Institut Technique de la Pomme de Terre - Saint-Rémy-l'Honoré, 78690 LES ESSARTS-LE-ROI.

RYTHME D'ABSORPTION

La période la plus active est la phase de tubérisation, pendant laquelle la plante absorbe presque 50 % de N, P₂O₅, K₂O.

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUE D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE

1. AZOTE

Il faut l'appliquer tôt, sans excès et sous forme rapidement assimilable. L'azote appliqué trop tardivement et en excès favorise la végétation au détriment de la tubérisation, provoque des déformations des tubercules et une baisse du taux de fécule et une mauvaise conservation.

Les formes phosphate d'ammoniaque, sulfate d'ammoniaque et urée conviennent particulièrement bien. Les formes nitriques sont utilisées en couverture.

2. POTASSIUM

Il permet une bonne migration des glucides dans les tubercules, améliore les rendements, la conservation, la qualité. Son action se manifeste aussi sur l'augmentation du calibre. Enfin, il évite divers accidents physiologiques. Une bonne fumure potassique diminue le noircissement des tubercules.

La carence en potasse se manifeste par une culture chétive, des feuilles recroquevillées et plus ou moins gaufrées, jaunes et nécrosées et un arrêt prématuré de la végétation.

On préfère la forme sulfate pour la pomme de terre primeur et pour les plants. La forme chlorure peut être utilisée si on l'a enfouie avant l'hiver.

3. PHOSPHORE

Il facilite le développement des racines et accélère la maturation. C'est, comme pour beaucoup de productions, un facteur de précocité.

4. CALCIUM

Il favorise la croissance et la tubérisation. En sol acide, le chaulage est nécessaire, mais cette opération se fera sur la culture précédente, pour éviter la gale commune que la chaux favorise.

5. MATIÈRE ORGANIQUE VÉGÉTALE

La pomme de terre est, en général, une tête d'assolement et les apports de fumier sont assez importants, mais il doit être bien décomposé et enfoui à l'automne.

Un excès provoque tous les inconvénients d'un excès d'azote.

Une bonne fumure organique végétale réduit les attaques de rhizoctone brun.

L'ITPT préconise :

- en terre riche en matière organique : 20 à 25 t/ha ;
- en terre normalement pourvue : 25 à 30 t/ha.

6. TECHNIQUE D'APPORT

● La localisation :

Tableau n° 2 : RÉSULTATS D'UN ESSAI
(d'après **Bourdier**, cité par **Laumonnier**)

	Rendement t/ha	Indice %
PARCELLE N° 1 fumier et 600 kg de 10.10.20 épandu sur toute la parcelle	27	135
PARCELLE N° 2 fumier seul	20	100
PARCELLE N° 3 fumier et 600 kg/ha de 10.10.20 localisé dans la raie de plantation	31	155

● Le fractionnement de l'azote :

Cette technique donne des résultats inégaux.

FUMURE PRÉCONISÉE

1. FUMURE PRÉCONISÉE PAR L'ITPT

L'ITPT définit la fumure en fonction du but recherché et distingue quatre types de production :

- production de plant ;
- production primeur ;
- production pour la féculé ;
- production pour la conservation.

a) PRODUCTION DE PLANT :

Objectif : Produire beaucoup de tubercules d'un petit calibre.

Principe de fertilisation : Donner à la plante des engrais sous forme directement assimilable. Empêcher le grossissement des tubercules, en évitant les excès de potasse et d'azote.

Hâter la maturation par des apports conséquents d'acide phosphorique.

Quantité de fumure minérale : Elle dépend de la variété, de la richesse du sol, des apports de fumier (voir tableau 3 page suivante).

L'ITPT donne pour :

- P_2O_5 (1) : plus de 0,25 ‰ ;
(2) : moins de 0,25 ‰ ;
- K_2O (1) : plus de 0,25 ‰ ;
(2) : moins de 0,25 ‰.

b) POMME DE TERRE PRIMEUR :

Objectif : Fort tonnage de gros calibre, le plus précoce possible.

Principe de la fertilisation : Mettre en permanence à la disposition de la plante les éléments dont elle a besoin. En conséquence, les apports seront toujours largement supérieurs aux exportations, et les formes seront assimilables rapidement.

Tableau n° 3. PRODUCTION DE PLANT. FUMURE PRÉCONISÉE

	Variété	Richesse du sol	Quantité	
			avec fumier	sans fumier
N	hâtive demi-hâtive demi-tardive		50-70	80-100
			30-60	60-80
			20-40	40-60
P ₂ O ₅		bien pourvu (1)	100-120	120-150
		moyennement pourvu (2)	100-150	150-200
K ₂ O		moyennement pourvu (1)	100-150	150-200
		pourvu (2)	150-200	200-250

Quantité :

Fumier : 20 à 30 t.

Fumure minérale :

— N : 100-200;

— P₂O₅ : 100-200;

— K₂O : 200-250.

Forme et technique d'apport :

Le fumier sera enfoui à l'automne et bien décomposé.

L'acide phosphorique : sous forme de phosphate d'ammoniaque, dont une partie sera localisée dans la raie de plantation, à raison de 150 kg de phosphate d'ammoniaque à l'hectare.

La potasse : il faut exclure le chlorure.

En principe, et pour des formes rapidement assimilables, les apports se font juste avant plantation.

c) POMME DE TERRE DE CONSERVATION :

Objectif : rendement, qualité en tubercules de bon calibre.

Principe de la fertilisation : la plante doit avoir à sa disposition :

— de l'azote en quantité suffisante et en permanence, mais sans excès, pour ne pas faire baisser la qualité des tubercules ;

— du phosphore rapidement assimilable en début de végétation ; pour cela on apporte des quantités supérieures aux exportations ;

— du potassium durant toute la période végétative et à la formation des tubercules, dont elle améliore le calibre et la qualité.

Quantité : (cf. tableau n° 4) :



**Tableau n° 4. POMME DE TERRE DE CONSERVATION.
FUMURE PRÉCONISÉE.**

	Variété	Richesse du sol	Quantité	
			avec fumier	sans fumier
N	demi-hâtive demi-tardive		110-120 80-100	120-150 100-120
P ₂ O ₅		bien pourvu (1) moyennement pourvu (2)	60-80 100-120	80-100 120-150
K ₂ O		bien pourvu (1) moyennement pourvu (2)	150-200 200-250	200-250 250-300

L'ITPT donne pour :

- P₂O₅ (1) : plus de 0,25 ‰ ;
(2) : moins de 0,25 ‰ ;
- K₂O (1) : plus de 0,25 ‰ ;
(2) : moins de 0,25 ‰ .

2. FUMURE PRÉCONISÉE PAR G. Gilly

Tableau n° 5

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• POMME DE TERRE DE PRINTEMPS			
avant plantation	50	100	90
début tubérisation (1)	100	50	160
un mois avant récolte	30		70
TOTAL	180	150	320
• POMME DE TERRE PRIMEUR			
réduire de 1/3			
• POMME DE TERRE D'AUTOMNE (plantation fin août)			
avant plantation	60	150	90
début tubérisation (1)	150	100	210
un mois avant récolte	30		90
TOTAL	240	250	390

(1) Avec arrosage en l'absence de pluie.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A., LEMAIRE A., BATS J. LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE
BTI n° 200, 1965.

BRY A., COURS DE CULTURES LÉGUMIÈRES
ENSH.

GILLY G., FICHES FERTILISATION
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes, fiches non publiées.

INVUFLEC/BRETAGNE, PEUT-ON LUTTER CONTRE LA GALE COMMUNE DE LA POMME DE TERRE
INVUFLEC, fiche technique de mai 1977, station de Plougrescant.

ITPT, LA FUMURE DE LA POMME DE TERRE
ITPT, fiche n° 32, novembre 1968.

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. J.-B. BAILLIÈRE, 1964.

RADIS

GÉNÉRALITÉS

Plante à cycle végétatif court, le radis n'a d'autre exigence qu'un terrain frais. Tout ce qui retarde sa végétation diminue sa qualité gustative. Les meilleurs sols sont les sols humifères, à cause de leur fraîcheur. Le radis tolère des sols à pH relativement bas (jusqu'à 5,5), mais l'optimum se situe autour de 6.

C'est un des légumes le plus exportateur de bore, et il est très sensible à cette carence, par contre, il est assez tolérant à un manque de magnésie.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

• d'après Anstett : variété demi-long d'Orléans récolte : 9 mai							
	Rendement, t/ha		Exportations kg/ha				
	matière fraîche	matière sèche	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Feuilles	8,42	0,62	28	9	28	38	2
Racines	16,59	0,57	20	13,9	58	7,4	2,1
TOTAL	25,01	1,19	48	22,9	86	45,4	4,1
• CDDM (fiche technique, oct. 1978) Rendement : 45 000 bottes/ha N 80 P ₂ O ₅ 40 K ₂ O 80 CaO 25 MgO 25							



EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 2

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
<ul style="list-style-type: none"> • CDDM (fiche oct. 78) Rendement : 45 000 bettes/ha 			
<ul style="list-style-type: none"> • EN FOND : 500 kg/ha de 12.12.20 • EN COUVERTURE, avant formation des racines : 300 kg/ha de nitrate de soude 	60 48	60	100
TOTAL	108	60	100
<ul style="list-style-type: none"> • LAUMONNIER 			
ammonitrate 20 % : 200 kg superphosphate 16 % : 250 kg sulfate de potasse 48 % : 200 kg	40	40	96
TOTAL	40	40	96
<ul style="list-style-type: none"> • CER DE L'AIN (fiche radis, 1971) 			
Fumier : 35 t/ha 400 kg de 10.10.20 100 kg d'ammonitrate 33 %	40 33	40	80
TOTAL	73	40	80
<ul style="list-style-type: none"> • G. GILLY 			
avant semis début tubérisation	30 60	60	90 70
TOTAL	90	60	160

FUMURE PRÉCONISÉE

Deux points sont importants : la température au printemps, l'alimentation en eau dès le mois de mai-juin.

Il est nécessaire, étant donné la rapidité de croissance, que le radis trouve des éléments rapidement assimilables.

On choisira un terrain ayant reçu une forte quantité de fumier pour la culture précédente, ou riche en matière organique.

Fumure minérale :

— N : 60 à 100, en deux fois, au semis et avant le grossissement des racines ;

— P_2O_5 : 50

— K_2O : 80 à 100.

Certains producteurs forcent en azote pour obtenir beaucoup de feuilles.

BIBLIOGRAPHIE

ANSTETT A. et coll., LES EXPORTATIONS DES ESPÈCES LÉGUMIÈRES EN MARAICHAGE DE PLEINE TERRE.
BTI, 1965, n° 200.

CDDM, LE RADIS
CDDM, fiche technique, oct. 1968.

CER DE L'Ain
Fiche de 1971.

GILLY G., FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES
INRA, Station d'Agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

LAUMONNIER R., CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES
Ed. Baillièrè et fils.

RHUBARBE

GÉNÉRALITÉS

Il faut à cette plante vivace des sols à la fois frais et drainant bien, car elle est très sensible à l'asphyxie radiculaire. Elle tolère les pH bas, cependant elle préfère les sols à pH 6,1 à 6,5.

EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
• D'après Sansdrap - fumure annuelle				
EN AUTOMNE : • fumier 30 t/ha • fumure minérale		50	150	
EN COUVERTURE AU PRINTEMPS	30			
TOTAL	30	50	150	
• D'après M.-C. Claes				
EN FOND : • fumier 60-75 t/ha • fumure minérale : 1,5 t de kaïnite 1,5 t de scories		140-220	570	75
• D'après la Station de Recherche d'Ottawa - fumure annuelle				
• fumier 50 t/ha • fumure minérale au printemps 150 kg de 5.10.15	75	150	225	

FUMURE PRÉCONISÉE

La culture étant installée pour plusieurs années (5 à 15 ans) et le rendement se situant entre 50 et 100 t/ha, il convient de bien ameublir le sol et d'apporter une bonne fumure de fond.

Tableau n° 2. FUMURE PRÉCONISÉE

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
FUMURE DE FONDS : • fumier 50-80 t/ha • fumure minérale : P et K N, au démarrage si nécessaire	30-50	150-200	150-200
FUMURE ANNUELLE • à l'automne : fumier 30-50 t fumure minérale	50-80	100-150	100-250

BIBLIOGRAPHIE

CLAES M.C. (Mlle), LA CULTURE DE LA RHUBARBE ET SES PERSPECTIVES.

PHM, n° 218, juin-juillet 1981, pp. 33-36.

LAUMONNIER R. CULTURES LÉGUMIÈRES ET MARAICHÈRES.

Ed. J.-B. Baillièrre, 1964.

SANSDRAP A., LA RHUBARBE.

PHM, décembre 1967.

X., COMMERCIAL RECOMMENDATIONS FOR MICHIGAN.

Michigan State University, avril 1970.

SALSIFIS ET SCORSONÈRE

GÉNÉRALITÉS

Ces deux légumes racines, de la famille des composées, sont très exigeants quant à la nature du sol, sa préparation physique et l'alimentation, et sont considérés comme épuisants.

Cette culture ne peut être entreprise dans tous les sols. Il faut des terres profondes, fraîches, riches en humus. Les sols pierreux doivent être exclus, car ils donnent des racines plus ou moins fourchues. Il faut effectuer des labours profonds (40 à 50 cm).

Le salsifis est particulièrement exigeant pour le pH, qui ne doit pas descendre au-dessous de 6, et se situer aux environs de 6,8.

EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Becker et Dillinger Rendement 20 t/ha	120	50	150	60
Vercier★ Rendement 20 t/ha	60	32	63	45

★ Cet auteur exprime les exportations par tonne de plantes entières, nous les avons ramenées à 20 t/ha.

FUMURE PRÉCONISÉE

- **Fumier** : 35 à 50 t, à apporter *obligatoirement* l'année précédente.
- **Fumure minérale** :
 - N : 100 à 150;
 - P₂O₅ : 100 à 150;
 - K₂O₅ : 200 à 250;
 - MgO : éventuellement.
- **Période et forme d'apport** :

En fond, au labour, on apportera la totalité de l'acide phosphorique, sous forme de superphosphate, la totalité de la potasse, en excluant la forme chlorure qui diminue la qualité des racines, un tiers d'azote sous forme sulfate d'ammoniaque.

En couverture, un tiers d'azote au premier binage (lorsque toutes les plantes sont sorties), 1/3 d'azote au second binage, sous forme d'ammonitrate.

Si on garde les scorsonères plus d'un an, on apporte en début de la deuxième année de végétation :

- N : 40 à 60;
- P₂O₅ : 35;
- K₂O : 75.

BIBLIOGRAPHIE

INVUFLEC, SALSIFIS ET SCORSONÈRE'

INVUFLEC, monographie, mars 1965.

MOREAU B., C.R. DE GROUPE DE TRAVAIL DU 18/2/1976.

INVUFLEC.

TOMATE

GÉNÉRALITÉS

La tomate est réputée pouvoir être cultivée dans presque tous les sols, cependant elle craint l'asphyxie.

L'alimentation en eau est primordiale. Les irrigations mal conduites provoquent la nécrose apicale (1). Un manque d'eau régulier diminue le calibre des fruits. On recommande des irrigations légères et fréquentes.

La température du sol joue un rôle important, et, pour permettre des prélèvements corrects, elle doit être au minimum de 15 °C.

Le système racinaire est efficace sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, on trouve des racines jusqu'à un mètre.

Cette espèce est très tolérante en ce qui concerne le pH, cependant les meilleurs rendements se situent autour de pH 6 à 7.

Elle est moyennement sensible à la salinité, cependant elle est classée par **Burghart** (cité par **Anstett**) comme n'aimant pas les engrais chlorurés.

Elle est sensible aux carences en magnésium, très sensible au manque de molybdène et sensible aux carences en zinc, fer, bore et manganèse.

Enfin, les types de culture ont une grande importance sur les besoins en éléments fertilisants.

Parmi ces types de culture on distingue :

- Culture pour la conserve, avec ou sans irrigation.
- Culture pour le marché de frais :
 - Production de plein champ :
 - Tomate de primeur ;
 - Tomate de saison ;
 - Tomate tardive.
 - Production de serre :
 - Chauffée ou non chauffée ;
 - De printemps ou d'automne ;
 - Sur sol ou sur substrat.

(1) Blossom end rot.



EXPORTATIONS

Tableau n° 1

	Rende- ment t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
• TOMATE POUR LA CONSERVE						
• Selon la Station d'Agronomie de Montfavet						
	70,7	179	40	161	225	18
♦ TOMATE POUR LE FRAIS - PLEIN CHAMP						
• Selon ANSTETT (variété Moneymaker)						
Feuilles + tiges		55	22	57	180	18
Fruits	60	79	32	172	153	10
Racines		2	0,8	3	6	8
TOTAL		136	54,8	232	339	36
♦ Selon Becker et Dilligen						
	40	110	25	150	130	
♦ TOMATE POUR LE FRAIS - SOUS SERRE						
• Selon CHESTHUNT						
	150	570	90	1 150		
• Selon INRA Montfavet						
	110	285	136	593	359	69
• Selon J.-M. LEFEBVRE, INRA Dijon (variété H 63.5)						
Plante		210	61,5	460		58
Fruits		190	103,5	500		33
TOTAL	145	400	165	960		91
• Selon Ministry of Agriculture, Londres, bull. n° 77						
	125 à 200	450 à 675	75 à 165	900 à 1 400	550 à 900	120 à 190

On constate une variation des exportations selon les cultures et les rendements.

Cornillon a montré la variation de rendement et d'exportation pour des techniques culturales différentes, appliquées à la variété H 63.5.

Tableau n° 2.

Technique culturale	Rendement t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Sans ébourgeonnage	50	290	96	680	76
Taille à 8 bouquets	48	212	41	280	40
Taille à 8 bouquets et paillée	86	242	68	422	75

RYTHME D'ABSORPTION

Cornillon a montré que le relèvement de la température du sol par un film plastique améliore l'absorption des éléments nutritifs, et surtout celle de l'azote et du potassium; par contre, la taille ne modifie pas sensiblement ce rythme.

La demande est d'abord lente, puis elle s'accélère au grossissement des fruits. Des essais du S.A.S. concluent que :

- En début de culture les feuilles et les tiges s'enrichissent en potasse ;
- Lorsque les fruits augmentent leur matière sèche, il y a une demande importante, surtout en potassium puis en azote, puis en phosphore, et une diminution de la teneur en ces éléments dans les tiges et les feuilles; on constate dans ces mêmes tiges et feuilles une augmentation du taux de calcium et de magnésium;
- Pendant la phase de formation des fruits il y a une très forte consommation de potassium;
- Pendant la phase de maturation des fruits il y a une très forte consommation d'azote;
- Le calcium et le magnésium sont surtout assimilés en fin de culture;
- En résumé, quatre périodes caractérisent l'assimilation :
 - de la plantation à la nouaison du premier bouquet (4 premières semaines), c'est la période de l'implantation, avec développement du système racinaire; pendant cette période il y a une faible production de matière sèche et une faible assimilation d'éléments;
 - du début de nouaison du premier bouquet à la formation du dernier bouquet (dans le cas présent la culture est conduite à 13 bouquets); cette période s'échelonne sur 9 semaines, les fruits des premiers bouquets sont récoltés : il y a une forte production de matière sèche, l'assimilation du magnésium et du calcium est faible, celle de l'azote et du phosphore est forte, celle du potassium très forte;
 - de la formation du dernier bouquet à 85 % de la récolte; cette période est d'environ 5 semaines : il y a encore une très forte production de matière sèche, l'assimilation du potassium est faible, normale pour le phosphore, forte pour l'azote, le calcium et le magnésium;

— fin de culture ; 80 à 90 % de la récolte est effectuée : il y a un arrêt de fabrication de la matière sèche, l'assimilation est nulle pour l'azote (1), faible pour le potassium et le magnésium, normale pour le phosphore, très élevée pour le calcium, cette période a duré 2 semaines dans les conditions de l'essai.

De récents travaux de **Cornillon et Auge** (INRA, Montfavet), conduits dans le Midi méditerranéen, sur la variété Montfavet H 63.5, en culture sous serre chauffée, donnent des résultats allant dans le même sens.

Le tableau n° 3 ci-dessous donne une idée de l'absorption journalière des éléments minéraux à différentes périodes végétatives.

**Tableau n° 3. ÉVOLUTION DE L'ABSORPTION
DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX (mg/plante, jour)**
(Extrait de cinétique d'absorption des éléments minéraux par la tomate
cultivée sous serre, conséquences agronomiques)
P. Cornillon et M. Auge

Période végétative	N	P	K	Ca	Mg
Apparition du 1 ^{er} bouquet (23-2)	2,45	0,24	1,65	2,12	0,23
Floraison du 2 ^e bouquet (22-3)	40,4	6,7	68,1	37,0	6,9
Taille de la tige principale (10-4)	75,4	15,4	161,9	43,6	9,9
Début de récolte (28-4)	14,9	0,8	20,0	16,4	1,7
Récolte (12-5)	53,3	15,4	148,7	50,4	10,1
Récolte (26-5)	118,7	19,5	163,2	76,1	11,3
Arrêt de la taille (7-6)	31,7	1,9	61,8	0,1	4,2
Récolte (16-6)	200,1	28,0	234,0	321,5	41,0
Fin de récolte (3-7)	60,4	32,1	103,7	48,7	5,8

RÔLE, QUANTITÉ, FORME, TECHNIQUES D'APPORT DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS

1. AZOTE

● Quantité

Dès la nouaison la demande est forte et on retrouve au moins la moitié des quantités absorbées par la plante dans les fruits. Les Hollandais ont montré que les jeunes plants contenaient environ 100 mg d'azote.

Le pourcentage d'azote dans la matière sèche décroît dans la plante avec le vieillissement et la teneur dans les fruits s'abaisse régulièrement du premier au dernier bouquet.

Dans une étude hollandaise, pour un rendement de 5,3 kg/plante, avec une densité de 2,9 plants/m², la teneur en azote par plante s'élève à 13,1 g, soit un prélèvement de 38 g/m², soit 380 unités à l'ha.

(1) Il y a même, selon les auteurs, restitution d'azote de la plante au sol d'environ 20 kg/ha.

● Rôle

Les carences en azote se manifestent par une teinte vert clair du feuillage et une réduction de la croissance.

L'excès provoque une végétation excessive, un retard de production, et, selon la période où l'excès se manifeste, il se traduit par la formation de fruits creux. La combinaison d'un excès d'azote et d'une fumure déficiente en phosphore et potassium favorise les défauts de coloration. Lorsque les quantités sont vraiment trop fortes on a un effet dépressif.

● Forme

En sol, la tomate ne semble pas avoir de préférence entre les formes nitriques ou ammoniacales. Cependant, selon le chercheur italien **Ballatore**, il faut éviter, après désinfection au bromure de méthyle, l'emploi d'azote ammoniacal, à cause de la formation de nitrites toxiques pour la plante.

A part ce cas particulier, le choix de la forme peut être dicté par le pH du sol.

2. PHOSPHORE

● Rôle

Il intervient dans la croissance des racines, la floraison, la fécondation et la maturation. Les fruits renferment plus de 75 % des exportations totales.

Il a une action sur la précocité; c'est ainsi que **Ballatore** constate que l'emploi de doses importantes d'acide phosphorique donne un système racinaire très fourni et augmente la précocité.

Il faut l'apporter surtout en début de culture.

Les carences se manifestent par des symptômes typiques : tiges et dessous des feuilles prennent une teinte violacée, mais la carence peut être due à :

- un manque de phosphore dans le sol;
- une attaque parasitaire (c'est le cas des attaques de nématodes et de la maladie des racines liégeuses);
- une température du sol trop basse;
- une faible luminosité.

Les excès : ils sont rarement à redouter. Seuls les Anglais signalent qu'un excès de phosphore réduit l'acidité titrable et favorise les fruits creux, alors qu'**Anstett** signale qu'un excès d'azote et une déficience en phosphore favorisent les fruits creux.

3. POTASSIUM

● Rôle

Selon les différents auteurs il a une action sur la qualité (goût et couleur), ainsi que sur la résistance aux maladies. Comme le phosphore, le potassium favorise l'enracinement.

Les besoins sont très importants en jours courts; certains auteurs conseillent un rapport $\frac{N}{K_2O} \frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$

S'il y a un excès d'azote par rapport au potassium les racines deviennent beige foncé.

Les carences se manifestent par un éclaircissement de la teinte du feuillage, puis l'apparition de taches décolorées, qui finissent par nécroser.

Une déficience en potassium favorise les défauts de coloration.

Un excès induit des carences magnésiennes.

4. MAGNÉSIUM

Selon les tonnages produits et les techniques de production, les besoins varient de 40 à 200 kg/ha. Une bonne alimentation magnésienne éviterait en partie le manque de fermeté.

Les carences se manifestent par un épaississement et une chlorose internervaire des feuilles.

Les causes de carences magnésiennes sont multiples :

- manque de l'élément dans le sol;
- manque d'absorption par excès de potassium; ce phénomène se manifeste surtout en jours courts ou sombres;
- asphyxie racinaire;
- manque d'eau.

5. CALCIUM

Le calcium joue un rôle important chez la tomate. Une mauvaise absorption de cet élément, due généralement à une mauvaise irrigation, provoque la « nécrose apicale ».

Des carences vraies peuvent se manifester en culture sur substrat; dans ce cas on rectifie la solution et on pulvérise le feuillage avec du chlorure de calcium (0,4 % de chlorure de calcium anhydre soit 400 g/hl) ou du nitrate de calcium (0,75 à 1 %, soit 750 g à 1 000 g/hl de nitrate de calcium).

Le manque de calcium agit aussi sur le système racinaire, en provoquant des racines trapues et branchues. Enfin, selon Van den Ende, les sols acides favorisent la nécrose apicale sur fruits.

6. SOUFRE

Des études néerlandaises ont montré que la tomate avait des besoins très élevés en sulfates et que des carences pouvaient se manifester en l'absence d'engrais sulfatés (Spithost).

7. OLIGO-ÉLÉMENTS

Comparée au melon la tomate est relativement peu exigeante en oligo-éléments. Des études bulgares ont montré que le trempage des graines pendant 18 heures dans une solution de sulfate de zinc à 0,02 %, et trois applications au sommet de la plante à 0,015 %, augmentent la précocité et le poids moyen des fruits, et qu'il en est de même pour le bore.

(Cf. également le paragraphe généralités, p. 367).

8. MATIÈRE ORGANIQUE

La tomate aime bien le fumier, cependant, pour éviter des excès d'azote, on évitera de dépasser 40 t/ha.



EXEMPLES DE FUMURE

Tableau n° 4

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
• TOMATE DE PLEIN CHAMP POUR LA CONSOMMATION EN FRAIS selon G. Gilly - culture de printemps et d'été			
Avant plantation	30	80	90
Après nouaison du 1 ^{er} bouquet	60	30	90
A la floraison du 4 ^e bouquet	80	80	90
Nouaison 4 ^e bouquet	30		90
TOTAL	200	190	360
• TOMATE DE PLEIN CHAMP POUR LA CONSOMMATION EN FRAIS selon G. Gilly - culture d'été-automne			
Avant plantation	30	30	90
Après nouaison du 1 ^{er} bouquet	80	80	110
Floraison du 4 ^e bouquet	60	80	110
Nouaison du 4 ^e bouquet	60		90
TOTAL	230	190	400

FUMURES PRÉCONISÉES

1. EN PÉPINIÈRE

a) Tomate d'expédition

Le mélange dans lequel les plants sont repiqués doit permettre une bonne alimentation des plants, ce qui conduit aux conséquences suivantes :

— au stade plant, il faut éviter pour la tomate un excès d'azote qui pourrait faire « filer » la plante ;

— l'absorption de phosphore est inhibée par les températures basses et par le manque de lumière, ce qui se caractérise par des plants fortement pigmentés de violet ;

— une alimentation en potassium importante compense en partie le manque de lumière.

Les besoins en azote seront d'autant plus grands que l'insolation sera plus grande. Une carence en azote se manifeste par un arrêt de croissance et un étiolement, symptômes qui ne sont pas rares avec un mélange riche en tourbe. Une teneur trop élevée en azote, surtout en jour court, ainsi qu'une humidité trop forte produisent des plants à tiges longues et fragiles. Dans ces conditions, les fleurs du premier bouquet ne se développent pas normalement et ne donnent pas un bon pollen.

Dans la pratique :

● **Avant repiquage :**

Si les semis sont faits sur un substrat pauvre en éléments nutritifs, comme la vermiculite, il faut commencer la fertilisation très tôt après la germination en arrosant avec de l'eau contenant 1 à 2 g par litre d'un engrais riche en phosphore (phosphate d'ammoniaque ou engrais complet).

● **Après repiquage :**

Il est préférable que le repiquage soit fait dans un milieu préalablement enrichi, mais si ce n'est pas le cas, on peut utiliser une solution fertilisante à 1,5 ou 2 g/l et on opérera comme suit :

- bien humidifier le substrat avec la solution avant repiquage ;
- ensuite arroser avec la solution à mesure des besoins.

Si le repiquage s'est fait en milieu enrichi, on commencera les irrigations fertilisantes surtout à partir de la 3^e feuille.

N.B. On choisit, pour faire la solution, un engrais complet, de façon à obtenir un équilibre N - P₂O₅ - K₂O voisin de 1 - 1 - 2, par exemple pour une solution à 1,5 g/l on utilise 1 g de nitrate de potasse et 0,5 g/l de phosphate diammonique.

b) Tomate de conserve

La SONITO* préconise de ne pas dépasser : 40 unités d'azote/ha et 80 unités d'acide phosphorique.

2. EN CULTURE

a) Formes

- la tomate est peu sensible aux différentes formes d'azote ;
- il faut lui apporter une certaine quantité de sulfate ;
- la tomate n'aime pas les chlorures ;
- les phosphates solubles (superphosphate et phosphate d'ammoniaque) sont les formes qui donnent les meilleurs résultats.

b) Quantités

Il s'agit uniquement d'une fumure minérale.

Si l'on fait des apports de fumier il faudra réduire la dose d'azote. Pour 40 tonnes de fumier ne pas dépasser :

- 60 à 80 unités d'azote pour la tomate de conserve ;
- 70 à 100 unités pour la tomate d'expédition de plein champ.

Tableau n° 5. FUMURE PRÉCONISÉE EN CULTURE DE TOMATE

	Rende- ment t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
• TOMATE DE CONSERVE					
Au sec	50-60	60-100	175-200	150-200	40
A l'irrigation	50-60	100-140	200-250	200-300	80
• TOMATE D'EXPÉDITION					
• Plein champ					
A l'irrigation	50-60	100-150	100-150	200-300	80
• Serre	100-160	550-750	100-400	750-1150	150

* Société Nationale Interprofessionnelle de la Tomate de conserve.

● **Commentaire.** On constate que les quantités d'acide phosphorique sont plus importantes en culture pour la conserve qu'en tomate d'expédition, ceci est dû au fait qu'en culture maraîchère les sols sont généralement riches en acide phosphorique, d'une part, et d'autre part, que la plante se trouve dans de meilleures conditions d'assimilation.

c) Calendrier des apports

● Tomate de conserve

- Au sec :

Il faut positionner les engrais sans trop tenir compte des pluies.

- au labour : la totalité de K_2O et P_2O_5 ;

- à la préparation superficielle : la totalité de N, si on pense ne pas bénéficier de pluie pour positionner N en cour de culture ;

- à la plantation : 60 kg/ha de phosphate d'ammoniaque, enfouis à 5 ou 10 cm sous les racines, à raison d'environ 10 g au mètre linéaire, dissous dans de l'eau.

- A l'irrigation :

On tient compte de la possibilité de positionner l'engrais à l'aide de l'irrigation et du lessivage dû aux apports d'eau.

On distingue les cultures sans paillage et avec paillage.

- Avec paillage :

— on opère comme précédemment, mais on met l'engrais starter à la préparation superficielle. Notons qu'il est possible de faire des apports d'azote en couverture en cas de nécessité (soit 1 à 2 apports après nouaison, à raison de 20 unités d'azote par apport).

- Sans paillage :

- au labour : la totalité de l'acide phosphorique, les 2/3 de la potasse ;

- à la préparation superficielle : 50 % de l'azote ;

- à la plantation : la fumure starter ;

- en couverture, au premier bouquet : le reste de la fumure.

● Tomate d'expédition

- Plein champ :

- avant plantation : la totalité de l'acide phosphorique, les 4/5 de la potasse (par exemple : 200 unités) ;

- à la plantation : 60 unités d'azote, dont une partie contenue dans l'engrais starter ;

- en couverture :

- le reste de l'azote en deux ou trois fois : à partir de la floraison du premier bouquet ;

- le reste de la potasse, à mi-récolte.

Si l'on conduit les plantes au-delà de 5 bouquets, on apporte régulièrement tous les 10 à 15 jours de l'azote et de la potasse.

- Sous serre :

Il faut éviter à la fois une forte salinité et des pertes trop importantes par lessivage.

On distingue les cultures de printemps et les cultures d'automne :

- CULTURES DE PRINTEMPS (mise en place janvier à mars) ;

Voir tableau n° 6, 7 et 8.

Tableau n° 6.

Premier exemple : cas d'une culture en climat méditerranéen
(durée de culture : 1er février - 30 juin)

	Fumier	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Avant plantation	40 t★	50	200	300	150
En couverture à la floraison :					
1 ^{er} bouquet		46		44	
2 ^e bouquet		39		132	
3 ^e bouquet		53	90	44	
4 ^e bouquet		66	90	88	
5 ^e bouquet		45		66	
Début récolte					
1 ^{re} semaine après récolte		53		44	
2 ^e semaine après récolte		72		88	
3 ^e semaine après récolte		30			
4 ^e semaine après récolte		66			
5 ^e semaine après récolte		66			
6 ^e semaine après récolte		46		44	
7 ^e semaine après récolte		33			
TOTAL	40	698	380	850	150

★ Si on apporte plus de 40 tonnes il faudra supprimer les quantités d'azote apportées en fond et réduire les apports en culture.



Tableau n° 7.

Deuxième exemple : cas d'une culture dans le Centre-Est
fumure préconisée par Lefebvre (INRA Dijon)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
P - PLANTATION	50 à 70	150	100
P + 30	50		
P + 45	50		100
P + 60	50		100
P + 75	100		150
P + 90	100		100
P + 105	100		100
P + 120	50		100
P + 135	50		100
P + 150	50		100
P + 165	50		100
P + 180	50		100
TOTAL	750 à 770	150	1150

N : est apporté sous forme ammonitrate.

P₂O₅ : alternativement sous forme supertriple ou scories.

K₂O : sous forme patentkali 28 %.

Tableau n° 8

Troisième exemple : fumure préconisée par Anstett (ENSH)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
P - PLANTATION	50	100	100
P + 30	50		
P + 45	50		100
P + 60	50		50
P + 75	50		100
P + 90	100		100
P + 105	100		100
P + 120	100		100
P + 135	50		100
P + 150	50		100
TOTAL	650	100	850

En résumé, sous serre on cherche à avoir une bonne fumure phosphopotassique au départ, tandis que les apports d'azote n'excèdent jamais 100 unités (il serait même préférable de ne pas dépasser 50 unités/ha).

La fumure phosphatée peut être apportée en une fois si les besoins sont inférieurs à 200 unités et si le sol n'est pas calcaire.

L'azote et la potasse seront fractionnés de la floraison du premier bouquet à 15 jours avant la fin de la récolte, de telle sorte que le rapport $\frac{N}{K_2O}$ variera comme suit : 1/2 jusqu'au 4e bouquet ; 1 à partir du grossissement des fruits du 4e bouquet.

Cependant, dans le premier exemple donné, ce rapport est obtenu de façon différente : par un apport important de potasse en début de culture et au 2e bouquet. L'important est que l'alimentation potassique soit bien assurée en jours courts et au grossissement des fruits.

— CULTURE D'AUTOMNE SOUS SERRE (mise en place fin juillet).
Compte tenu :

— de la nitrification importante en été, on n'apportera pas d'azote en fumure de fond si le sol contient plus de 50 mg d'azote nitrique par kg de terre sèche (50 ppm) ;

— de la bonne absorption du phosphore par les plantes à cette époque ;

— du reliquat souvent important laissé par la culture de printemps, la fumure de fond est souvent inutile.

Les fumures de couverture étant fonction de la production qui est plus faible en automne (environ 8 à 10 kg/m²) qu'au printemps, peuvent se situer entre :

— N : 300 à 400 unités ;

— P₂O₅ : 0 à 100 unités ;

— K₂O : 400 à 600 unités.

N.B. Pour les cultures sur substrats, qui se développent de plus en plus se reporter au chapitre « irrigation fertilisante » p. 61 et au « mémento cultures sur substrats et hors sol ». (éd. CTIFL à paraître fin 1982).

Rectification d'apport en cours de culture

Pour tous les types de production, on fait appel au diagnostic foliaire (voir chapitre analyses foliaires p. 114).

BIBLIOGRAPHIE

ADAM D., PRÉPARATION DU SOL ET FERTILISATION

Journée de la tomate de conserve, 25 mars 1979.

AFES-CNRA Versailles, EFFICACITÉ COMPARÉE DU SUPERPHOSPHATE DE CHAUX ET D'UN ENGRAIS LIQUIDE 14-48-0 CONTENANT DES POLYPHOSPHATES

AFES-CNRA Versailles, 1967, pp 224-237.

ANSTETT A., LA FERTILISATION DE LA TOMATE

PHM, août-sept. 1964.

ANSTETT A., LA FERTILISATION DE LA TOMATE SELON LES DIVERSES TECHNIQUES CULTURALES

PHM, mai 1968.

BALLATORE G.P., FERTILISATION INTENSIVE DE LA TOMATE FORCÉE SOUS PLASTIQUE

C.R. du 6e colloque de l'Institut International de la Potasse, Florence, 1968.

BLANC D. (Mme), RECHERCHE D'UN TEST ANALYTIQUE POUR LE CONTRÔLE DE LA NUTRITION AZOTÉE DE LA TOMATE
1er colloque médit., Montpellier 1964.

CORNILLON P., NUTRITION ET FERTILISATION DE LA TOMATE
INVUFLEC, La Tomate, journées d'information, 1974.

CORNILLON P. et AUGÉ M. CINÉTIQUE D'ABSORPTION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX PAR LA TOMATE CULTIVÉE SOUS SERRE, CONSÉQUENCES AGRONOMIQUES
C.R. des séances de l'Académie d'Agriculture de France n° 14, 1980, pp. 1242 - 1255.

GILLY G. FICHES FERTILISATION DES CULTURES LÉGUMIÈRES
INRA, station d'agronomie d'Antibes (fiches non publiées).

GIUROV S., GENCHEV S. et GERDJKOV I., EFFET DE CERTAINS MICRO-ÉLÉMENTS SUR LA PRÉCOCITÉ ET LE RENDEMENT DES TOMATES VENANT EN SERRE
Hort. Vit. Sc., Sofia, 1965, vol. 2, n° 3, pp 321-330.

LEFEBVRE J.M., LA QUALITÉ LIÉE A LA FERTILISATION ET A L'IRRIGATION
INVUFLEC, La Tomate, journées d'information, 1974.

MOURÉNAS E., LA TOMATE DE CONSERVE
Bull. des Engrais, mai 1962.

MOURÉNAS E., FERTILISATION AZOTÉE DE LA TOMATE CULTIVÉE SOUS SERRE (d'après **SPITHOST L.**)
SPIEA, juin 1964.

MUSARD M., PRATIQUE DE LA FERTILISATION DE LA TOMATE EN SERRE A LA STATION DE BALANDRAN
INVUFLEC.

ROUX L., LE TRIPOLYPHOSPHATE COMME SOURCE DE PHOSPHORE POUR LES PLANTES - SON HYDROLYSE RAPIDE PAR LES RACINES DE TOMATE CULTIVÉE SUR SOLUTION NUTRITIVE
C.R. Acad. Agri., 1970, n° 13.

S.A.S., CROISSANCE VÉGÉTATIVE DE LA TOMATE DE PRINTEMPS SOUS SERRE
PHM, oct. 1968.

S.A.S. de Gargenville, ÉTUDE DE L'ALIMENTATION MINÉRALE DE LA TOMATE DE SERRE EN CULTURE DE PRINTEMPS
PHM, déc. 1968.

S.A.S. de Gargenville, ÉTUDE DE LA COMPOSITION MINÉRALE DES DIFFÉRENTS ORGANES D'UNE PLANTE DE TOMATE EN CULTURE DE PRINTEMPS SOUS SERRE
PHM, janvier 1969.

SMILDE K.W et ROORDA VAN EYSINGA J.P.N.L., NUTRITIONAL DISEASES IN GLASSHOUSES TOMATOES
Wagenigen 1968.

SONITO, TOMATE DE CONSERVE
Sonito, 1980, (guide pratique).

WACQUANT C., FORCAGE DE LA TOMATE EN SERRE
INVUFLEC, La tomate d'expédition, 1965, p. 45.

ZUANG H., LA FUMURE DE LA TOMATE D'EXPÉDITION
INVUFLEC, La tomate d'expédition, 1965, p. 27.

LABORATOIRE D'ANALYSES

LISTE NON EXHAUSTIVE

- **A.P.C. AZOTE ET PRODUITS CHIMIQUES**
Laboratoire des Sols
143, Route d'Espagne
31053 TOULOUSE CEDEX
Analyses de sol, d'eau, végétaux
- **CENTRE D'ÉTUDES ET DE DÉVELOPPEMENT
INDUSTRIEL DES FERTILISANTS ORGANIQUES**
2, Avenue de la République
34400 LUNEL VIEL
Analyse de sol
- **CHAMBRE D'AGRICULTURE DU LOIRET**
Service Laboratoire
61, Boulevard Alexandre-Martin
45044 ORLEANS CEDEX
Analyse de sol, végétaux
- **CHAMBRE D'AGRICULTURE DU LOT-ET-GARONNE**
1, Place de la Mairie
47000 AGEN
Analyse de sol, eau
- **COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE**
B.P. 38
26700 PIERRELATTE
Analyses de sol, végétaux, résidus
- **COOPÉRATIVE DES AGRICULTEURS DE BRETAGNE**
Service Laboratoire
B.P. 100
29206 LANDERNEAU
Analyse de sol
- **ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE DE RENNES**
65, Route de Saint-Brieuc
35042 RENNES CEDEX
Analyse sol, eau
- **ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'HORTICULTURE**
4, Rue hardy
78000 VERSAILLES
Analyse de sol, végétaux

- **INRA, STATION DE SCIENCES DU SOL**
7, Rue Sully
21034 DIJON CEDEX
Analyse de sol, végétaux
- **LABORATOIRE D'ANALYSE DE SOLS D'ARRAS, INRA**
273, Rue de Cambrai
62000 ARRAS
Analyse de sol
- **LABORATOIRES ASSOCIÉS DE RECHERCHES AGRICOLES LARA**
271, Avenue de Grande-Bretagne
31300 TOULOUSE
Analyses de végétaux, sol, eau
- **LABORATOIRE MUNICIPAL DE LA VILLE DE BORDEAUX**
Rue du Professeur-Vèzes
33300 BORDEAUX
Analyse de sol
- **LABORATOIRE DE LA VILLE DE NICE**
8, Rue Hôtel des Postes
06000 NICE
Analyse de sol
- **LACAPA**
12, Rue Rempart Villeneuve
66000 PERPIGNAN
Analyse de sol
- **SAMMA**
Les Vignères
84300 CAVAILLON
Analyse d'eau, végétaux, sol
- **SICAGRO**
1474, Rue de la Source
45160 OLIVET
Analyse de sol, eau, végétaux
- **SICA LABO**
24, Place de la République
56000 VANNES
Analyse de sol
- **SOCIÉTÉ DU CANAL DE PROVENCE ET D'AMÉNAGEMENT
DE LA RÉGION PROVENCALE**
B.P. 392
13603 AIX-EN-PROVENCE
Analyse sol, eau
- **SOCIÉTÉ D'INTÉRÊT COLLECTIF AGRICOLE DE RECHERCHE
APPLIQUÉE ET DE DOCUMENTATION DE L'OISE**
SICA RADO
Rue Pierre Wagnet
B.P. 313
60026 BEAUVAIS CEDEX
Analyse de sol

- **SOCIÉTÉ POUR LA MISE EN VALEUR AGRICOLE DE LA CORSE
SOMIVAC**
B.P. 226
20298 BASTIA
Analyse sol, végétaux
- **SOLAIGUE**
Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône-Languedoc
685, Route d'Arles
B.P. 4001
30001 NIMES CEDEX
Analyse de sol, végétaux, eau.
- **STATION AGRONOMIQUE**
26, Boulevard Victor-Hugo
44200 NANTES
Analyse de végétaux, de sol
- **STATION AGRONOMIQUE DE L' AISNE**
Rue Ferdinand Christ
02011 LAON
Analyse de sol
- **STATION D'AGRONOMIE ET DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE**
45, Boulevard du Cap
B.P. 78
06602 ANTIBES CEDEX
Analyse de sol, végétaux, eau
- **SYNDICAT POUR L'AMÉLIORATION DES SOLS - SAS**
1, Avenue Victor-Hugo
78440 GARGENVILLE
Analyse de sol, eau, végétaux

Quelques adresses utiles

ANRED - Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets
2, Square La Fayette B.P. 604
49004 ANGERS CEDEX
Tél. (41) 87-29-24

AFNOR - Association Française de Normalisation
Tour Europe, CEDEX 7 - 92080 PARIS-LA-DEFENSE
Tél. 778-13-26

CACG - Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne
B.P. 215 - 65001 TARBES CEDEX
Tél. (62) 34-81-21

CNARBRL — Compagnie Nationale d'Aménagement de la Région du Bas-Rhône et du Languedoc
685, route d'Arles - 30000 NIMES
Tél. (66) 84-60-01

COMIFER - Comité Français d'Étude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée
149, Rue de Bercy - 75595 PARIS CEDEX 12
Tél. 346-12-20

FNIE - Fédération Nationale de l'Industrie des Engrais
58, Avenue Kléber - 75784 PARIS CEDEX 16
Tél. 505-14-70

INRA - Institut National de la Recherche Agronomique
Département d'Agronomie - Domaine de Mont-Désir -
63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX

Station d'Agronomie
23, rue Debray - 80000 AMIENS
Tél. (22) 95-67-65

Station d'Agronomie
Beaucouzé - 49000 ANGERS
Tél. (41) 48-51-23

Station d'Agronomie et de Physiologie Végétale
45, bd du Cap - B.P. 78 - 06602 ANTIBES
Tél. (93) 61-55-60

Station d'Agronomie
Domaine Saint-Paul - B.P. 91 - 84140 MONTFAVET
Tél. (90) 88-91-45

Station d'Agronomie
Domaine de la Grande Ferrade - 33140 PONT-DE-LA-MAYE
Tél. (56) 37-44-44

Station d'Agronomie
30, rue Vieille-Prison - 36000 CHATEAUROUX
Tél. (54) 34-39-00

Station d'Agronomie
Domaine de Mont-Désir
12, avenue de l'Agriculture - 63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX
Tél. (73) 91-61-66

Station d'Agronomie
28, rue de Herrlisheim - B.P. 507 - 68021 COLMAR CEDEX
Tél. (89) 41-11-68

Station d'Agronomie
17, rue Sully - B.P. 1540 - 21034 DIJON CEDEX
Tél. (80) 65-30-12

Station d'Agronomie
Domaine Duclos - 97170 PETIT-BOURG (Guadeloupe)
Tél. 85-20-40

Station d'Agronomie
B.P. 101 - Rue Fernand-Christ - 02004 LAON CEDEX
Tél. (23) 79-23-41

Laboratoire de Recherches de la Chaire d'Agronomie
Institut National Agronomique
16, rue Claude Bernard - 75231 PARIS CEDEX 05
Tél. (1) 570-15-50

Station d'Agronomie
4, rue de Stang-Vihan - 29000 QUIMPER
Tél. (98) 95-01-91

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Phytotechnie - ENSA
65, rue de Saint-Brieuc - 35043 RENNES CEDEX
Tél. (99) 59-04-68

Station d'Agronomie
1, rue Dufay - 76100 ROUEN
Tél. (35) 72-52-98

Station d'Agronomie
Auzeville - B.P. 12 - 31320 CASTANET-TOLOSAN
Tél. (61) 73-81-75

Laboratoire de Recherches de la Chaire de Chimie Générale,
Chimie Biologique et Science du Sol - ENSH
4, rue Hardy - 78000 VERSAILLES
Tél. 950-60-87

Station d'Agronomie
Route de Saint-Cyr - 78000 VERSAILLES
Tél. 950-75-22

Institut pour la Recherche et l'Application en Agriculture Biologique
20, Rue Jacob - 75006 PARIS

ITPT - Institut Technique de la Pomme de Terre
Saint-Rémy-L'Honoré - 78690 LES ESSARTS-LE-ROI
Tél. 487-83-05

Ministère de l'Agriculture - Service de la Protection des Végétaux
231, Rue de la Convention - 75015 PARIS
Tél. 532-21-29

Ministère de la Consommation - Service de la Répression des fraudes et
du contrôle de la qualité
44-46, Boulevard de Grenelle - 75015 PARIS
Tél. 575-62-25

SCP - Société du Canal de Provence et d'Aménagement
de la Région Provençale
Le Tholonct - B.P. 392 - 13603 AIX-EN-PROVENCE CEDEX
Tél. (91) 27-85-50

SOMIVAC - Société pour la Mise en Valeur de la Corse
Montesoro B.P. 672 - 20298 BASTIA
Tél. (95) 31-99-92

SOMIVAL - Société pour la Mise en Valeur de l'Auvergne
et du Limousin
46, bd Pasteur - 63001 CLERMONT-FERRAND
Tél. (73) 93-81-10

SONITO - Société Nationale Interprofessionnelle
de la Tomate de Conserve
83, Route de Lyon - 84027 AVIGNON CEDEX
Tél. (90) 86-64-39

Principaux ouvrages

ANSTETT A. Les principes de base de la fertilisation en culture maraîchère
BTI n° 161, juillet-août 1961

GROS A. Engrais - Guide Pratique de la fertilisation
Ed. La Maison Rustique
26, Rue Jacob - 75006 PARIS

Ministère de l'Agriculture :

- Culture en serre et sous-abri
BTI n° 217, février-mars 1967

- La fertilisation
BTI n° 231, juillet-août 1968

LAUMONNIER R. - Cultures légumières et Maraîchères
Tomes I, II et III - Ed. J.-B. Baillièrre
10, Rue Thénard - 75005 PARIS

PRATS J. - La fertilisation raisonnée
Ministère de l'Agriculture, 1970
78, Rue de Varennes - 75007 PARIS

VESCHAMBRE D., VAYSSE P.
Mémento goutte-à-goutte. Guide pratique de la micro-irrigation par goutteur
et diffuseur
CTIFL, 1980

INDEX ALPHABÉTIQUE

A

accidents végétatifs p. 160
acide borique p. 62.
acide nitrique p. 65, 67, 69, 73
acide phosphorique p. 63
acidifiant p. 52
activité microbienne p. 16
adsorption p. 14
aérobie p. 16
ail p. 193
algues p. 51
alcalinisant p. 52
amendements p. 19 et suivantes
amendements argileux p. 19
amendements calcaires (ou calciques) p. 20, 21
amendements calciques et magnésiens p. 21
amendements magnésiens p. 21
amendements organiques p. 23, 51
amendement végétal fermenté p. 23
amendements sableux p. 19
ammoniaque anhydre p. 52
ammonitrate p. 52, 65
ammonium p. 14
anaérobie p. 16
analyse p. 91 et suivante
analyse du végétal p. 114
analyse de sève p. 114
analyse microbiologique p. 115
analyse chimique p. 91 et suivante
analyse physique p. 91 et suivante
anhydride borique p. 154
anhydride carbonique : voir CO₂
anhydride sulfureux : voir SO₂
anhydride phosphorique : voir P₂O₅
anion p. 14
argile p. 12, 97
artichaut p. 198
asperge p. 202
aubergine p. 79, 82, 210
Avocado p. 64
azote p. 3, 11, 15, 107, 134, 172
azote ammoniacal p. 62, 66, 68, 69, 70

azote nitrique p. 62, 66, 68, 70
azote organique p. 23 et suivantes
azote total p. 107, 109
azotobacter p. 115

B

bactéries p. 168
bases échangeables p. 109
batavia p. 304
Baumé p. 67
bette p. 341
betterave rouge p. 215
bicarbonates p. 6, 61, 63, 73
blette p. 341
bore p. 9, 139, 154, 156
balle de paille voir culture sur balle

C

cadmium p. 36, 42, 158
caillou p. 12
calcaire p. 12, 100
calcaire actif p. 12, 100
calcium p. 9, 11, 12, 112, 137
calcul d'apport d'élément p. 124, p. 125
calcul d'apport de MO p. 27 et suivantes
calcul d'apport de CO₂ p. 85
calcul de solutions nutritives p. 61 et suivantes
capacité d'échange cationique p. 14, 100, 109
capacité totale d'échange p. 100
capacité de rétention p. 13, 17
carbonates p. 73, 53
carbone, p. 9, 25, 107
carbonée (fumure) p. 79 et suivantes
cardon p. 217
carence p. 127
carotte p. 219
cation p. 14, 100, 109
C.E.C. p. 14, 100, 109
CTE p. 100
céleri branche p. 226
céleri rave p. 226
cendres de chaux p. 21

cerfeuil p. 235
chaulage p. 20
chaux p. 12, 20, 21, 112
chélates de fer p. 62, 63, 143, 154
chicorée frisée p. 236
chicorée scarole p. 236
chlore p. 9, 141, 154, 157
chloroses p. 128, 143
chlorure de calcium p. 137
chlorure de potassium p. 53, 54, 58, 154
chlorure de sodium p. 141, 157
chou brocoli à jet p. 238
chou de Bruxelles p. 239
chou-fleur p. 243
chrome p. 158
chou pommé p. 248
chou à choucroute p. 248
cyanamide (cf. cyanamide)
ciboulette p. 253
C/N (rapport) p. 25, 26, 108
coefficient K1 p. 27
coefficient K2 p. 26
coefficient (iso-humique) p. 27
Coïc-Lesaint (méthode) p. 61
colloïdale p. 14
colloïdes p. 14
compatibilité p. 56, 75
complexe adsorbant p. 14, 100
ou absorbant
complexe argilo-humique p. 13, 14
compost de champignonnière p. 23, 34, 35, 36, 37
compost d'écorce de bois p. 24
compost végétal p. 23
compost urbain p. 24, 33, 39, 51
compost de tourbes, p. 24
concentration en sels p. 76
concombre p. 79, 80, 82, 114, 254
conductivité p. 76, 102
CE p. 102
ECe (Electrical conductivité) p. 102
conversions p. 117, 118, 119
cornichon p. 262
courge (voir courgette)
courgette p. 265
couverture (voir fumure)
CO₂ p. 79 et suivantes
craie p. 21

craie phosphatée p. 21
cresson p. 268
criblés de décharge p. 24
crosne du Japon, p. 270
cuivre p. 9, 142, 154, 157
culture sans sol sur balle de paille p. 243, 259
cyanamide (ou cianamide) p. 38, 49, 58

D

défécation de sucrerie p. 21
densités apparentes (Da) p. 106
densité p. 106
densité réelle (Dr) p. 106
dolomies p. 21, 53
DTPA p. 62, voir chélate de fer
Dyer p. 112

E

eau p. 178
échalote p. 271
échantillon p. 92
EDDH p. 62, voir chélate de fer
EDTA p. 62, voir chélate de fer
éléments majeurs p. 9, 48, 134
éléments secondaires p. 48
endive p. 274
engrais p. 48, 52
engrais azoté p. 49, 53, 58
engrais organiques p. 51
engrais phosphatés p. 49, 53, 58
engrais potassique p. 49, 53, 58
engrais solubles p. 65, tableau n° 23
engrais verts p. 33, 38, 40, 51
épinard, p. 278
équivalence (tableaux) p. 64, 65
équivalentgramme p. 64, 65
exportations p. 175
extraits à l'eau p. 103, 113
(ou extraits aqueux)

F

facteur F p. 55
faluns p. 21
fenouil p. 281
fer p. 62, 143
fève p. 282
foliaire (fumure) p. 57, 153
fraisier p. 283

fumier p. 23, 33, 37, 45, 51
fumier artificiel p. 23, 37, 51
fumier de champignonnière
p. 23, 35, 36, 37, 51
fumure carbonée p. 79 et suivantes
fumure foliaire p. 57, 153
fumure organique p. 51
fumure p. 48 et suivantes
fumure de redressement p. 56
fumure d'entretien p. 56
fumure de fond p. 56
fumure de couverture p. 56
fumure de départ ou fumure starter p. 56

G

gadoues p. 24, 33, 39, 42
granulométrie p. 12, 96
gravier p. 12
gypse p. 53
gaz carbonique voir CO₂

H

HEDTA p. 62, voir chélate de fer
humus p. 28, 29, 30, 45
haricot filet p. 289
haricot sec p. 293
hydrogène p. 9, 14, 15, 99
hygroscopicité p. 55
humidité équivalente (Hé) p. 103
humidité au point de flétrissement p. 104
humidité utile (Hu) p. 104

I

indice de salinité p. 52, 53, 54, 55
indice global p. 52, 53, 55
indice partiel p. 52, 53, 54, 55
interprétation des analyses p. 96
ion p. 14
irrigation p. 60
irrigation fertilisante p. 57, 61 et suivantes
irrigation localisée p. 61

J

Joret-Hébert (méthode) p. 112

K

K1 (coefficient) p. 27
K2 (coefficient) p. 26
kornkali p. 58

L

laboratoires d'analyses p. 380
laitue p. 82, 294
laitue batavia p. 304
laitue romaine p. 305
lentille p. 306
lessivage p. 161 (voir pertes)
limons p. 12
lisier p. 51

M

mâche p. 307
macro-élément p. 61
maërl p. 21
magnésie p. 111, 112
magnésien p. 21
magnésium p. 9, 11, 111, 112, 136, 173
maïs doux p. 308
manganèse p. 9, 144, 154, 157
marne p. 19, 21
marc de raisin p. 23, 42, 51
masse atomique p. 64
masse molaire p. 64
matière organique p. 23, 25, 26, 107, 174
mélange d'engrais p. 56, 75
melon p. 114, 310
mercure p. 158
métaux lourds p. 42
méthode Coïc-Lesaint p. 61
méthode Joret-Hébert p. 112
microfaune p. 16
microflore p. 16
micro-organismes p. 16
milliéquivalent p. 64, 65, 100
millimhos p. 102
millisiemens p. 102
minéralisation p. 26
molybdate d'ammonium p. 62, 145, 154
molybdate de sodium p. 154
molybdène p. 9, 145, 154

N

navet p. 321
nickel p. 36, 42, 158

nitrate (lessivage) p. 170
nitrate (teneur) p. 181
nitrate d'ammoniaque p. 65
(ou d'ammonium)
nitrate de chaux p. 58, 65
(ou de calcium)
nitrate de chaux et de magnésie
p. 58, 65
nitrate de fer p. 144, 154
nitrate de magnésie (ou de
magnésium) p. 58, 65
nitrate de potasse (ou de potas-
sium) p. 58, 65
nitrate de soude p. 58
nitrate de zinc p. 146, 154
nitrites p. 181
niveau humique p. 27
nombre d'Avogadro p. 64

O

oignon p. 324
oligo-éléments p. 9, 11, 49, 62,
63, 153, 139, 154
oseille p. 332
oxyde de potassium (voir
potasse)
oxygène p. 9
oxyde de carbone p. 81, 86

P

PO_4 p. 14
 P_2O_5 p. 112, 113, 171
paille p. 38, 51, 44, 51
(voir aussi culture sur balle)
patentkali p. 58
perméabilité p. 13
persil p. 333
pépinière p. 177
pertes en azote p. 170
pertes en chaux p. 171
pertes en magnésie p. 171
pertes en phosphore p. 171
pertes en potassium p. 171
pertes en soufre p. 171
pH p. 18, 52, 99
pH - accidents p. 160
pH - action des engrais p. 52
pH - action vis-à-vis des plantes
p. 160
pH - définition p. 15

pH - mesures (eau, chlorure)
p. 99
pH - rectification de l'eau, p. 67
- rectification sol p. 20
- rectification des solutions
nutritives p. 68, 71
phosphal p. 58
phosphate d'ammoniaque p. 58
(ou d'ammonium)
phosphate biammonique (voir
phosphate diammonique)
phosphate bicalcique p. 58
phosphate de chaux p. 15
(ou phosphate de calcium)
phosphate diammonique p. 58,
63, 65
phosphate monoammonique
p. 65, 58, 65
phosphate monopotassique p. 58,
65
phosphates naturels p. 58
phosphore p. 9, 11, 15, 112,
135, 173
pissenlit p. 336
piment (cf. poivron)
plomb p. 36, 158
poireau p. 337
poirée (bette ou blette) p. 341
pois p. 343
pois de casserie p. 347
pois chiche p. 348
poivron p. 82, 114, 349
pollution p. 81, 178
pomme de terre p. 354
potasse p. 109, 110, 111
potassium p. 9, 11, 15, 109,
110, 111, 135, 173
pouvoir adsorbant p. 13, 14
pouvoir tampon p. 20
prélèvements des cultures,
p. 170
pulvérisation foliaire p. 153
purin p. 51
perméabilité p. 104

Q

R

radis p. 360
rapport cationique p. 109
(K/Mg, Ca/Mg)
rapport C/N (voir C/N)
rapport 1/5 p. 113
réaction du sol (pH) voir p. 4

recalcification (voir amendement calcique)
résidus de récoltes p. 29, 30, 51
résistivité p. 102
rétention (capacité de) p. 13, 17
rhubarbe p. 363
réserve utile (RU) p. 107
réserve facilement utilisable (RFU) p. 107
romaine p. 305

S

sables p. 12, 19
salinité p. 15, 18, 52, 102, 174
salinité, accidents p. 161
salinité - classification des plantes p. 161
salinité - contrôle p. 60
salinité - mesure p. 102, 103
salinité - correction p. 161
salinité réduite p. 103
salinité totale p. 103
salsifis p. 365
saturation ou (taux) p. 101, 109
scories Thomas p. 58, 154
scorsonère p. 365
sel de Pierrefitte p. 65 (tableau 23)
serre p. 174
sodium p. 9, 11, 112
sol p. 12 et suivantes
solubilité p. 55, 75
solution du sol p. 12
solution fertilisante (voir irrigation fertilisante) p. 61 et suivante
solution fille (voir irrigation fertilisante) p. 61 et suivante
solution mère (voir irrigation fertilisante) p. 61 et suivante
soufre p. 9, 11, 137
SO₂ p. 85
structure - amélioration p. 17
structure - définition p. 13
sulfate d'ammoniaque (ou d'ammonium) p. 65, 58
sulfate de cuivre p. 62, 154
sulfate de magnésie ou de magnésium p. 65, 136
sulfate de manganèse p. 62, 144, 154
sulfate de potasse ou de potassium p. 65, 58

sulfate de zinc p. 62, 146, 154
superphosphate de chaux p. 58
sylvinite double p. 58
sylvinite ordinaire p. 58
symboles et unités p. 102, 124

T

tampon (pouvoir) p. 20
tangue p. 19, 21
tomate p. 79, 80, 81, 82, 83, 114, 367
tourbes p. 24, 43, 51
travail du sol p. 18
texture p. 13, 17, 98
trez p. 21
toxicité p. 81, 156
taux de saturation « V » p. 101, 109
teneur en sels p. 103
Truog p. 112
tableaux de conversion p. 117, 118, 119

U

urée p. 58
unités et symboles p. 102, 116

V

valence p. 64
vases p. 19
vers de terre p. 16, 168
vinasse p. 16, 168

W

X

Y

Z

zinc p. 9, 36, 42, 146, 154, 158

Publications disponibles

DOCUMENTATION CTIFL-INVUFLEC

FRUITS : MONOGRAPHIES

● L'abricotier	70 F
● L'amandier	60 F
● Le cerisier	60 F
● Le châtaignier (1978)	60 F
● Le framboisier	40 F
● Le mirabellier	30 F
● Le noisetier (1978)	50 F
● Le noyer (1975)	60 F
● La noyeraie californienne	45 F
● L'olivier (1975)	50 F
● Le poirier, acquisitions récentes (1979)	60 F
● Le pommier, acquisitions récentes (1978)	60 F
● Le raisin de table, techniques de production (1981)	60 F

FRUITS A PÉPINS : TECHNIQUES ET PHYTOSANITAIRES

● La conduite du pommier, types de fructification, 1 ^{re} partie	40 F
● La conduite du pommier, l'axe vertical, la rénovation des vergers, 2 ^e partie	50 F
● La rugosité des pommes et des poires	35 F
● Variétés de pommier	25 F
● Maladies à virus des pommiers et poiriers	30 F
● Le feu bactérien (2 ^e édition)	
● Le psylle du poirier	40 F
● Pollinisateurs poirier et pommier, 2 ^e éd. 1978	20 F
● Les porte-greffes du pommier, 2 ^e éd. 1980	35 F
● Golden Delicious et ses mutants (1981)	30 F

FRUITS A NOYAU : TECHNIQUES ET PHYTOSANITAIRES

● Séchage et préconditionnement des noix	30 F
● Le dépérissement bactérien du pêcher	30 F
● Emploi des herbicides en vergers d'arbres fruitiers à noyau	20 F
● La Sharka, maladie à virus des arbres fruitiers à noyau	30 F
● La qualité des pêches	20 F
● Variétés d'amandier	17 F
● Variétés d'abricotier	25 F
● Variétés de pêchers, nectariniers et pavies	50 F
● Variétés de prunier	25 F
● Variétés de cerisier	25 F
● Éclaircissage des pêchers et nectariniers (2 ^e édition 1978)	25 F

FRUITS : GÉNÉRALITÉS

● Mémento Goutte à Goutte (1980)	65 F
● Lutte contre le gel	50 F
● Conservation et transformation des marrons	50 F
● Carences et toxicités chez les arbres fruitiers	50 F
● Pratique de la fertilisation minérale des arbres fruitiers	25 F
● Méthodes et techniques pour la protection du verger	35 F
● Transformation artisanale des fruits (1981)	60 F
● Entreposage et conservation des fruits et légumes	80 F

LÉGUMES : MONOGRAPHIES

● L'asperge	50 F
● La carotte, techniques modernes de production	40 F
● Le chou-fleur	60 F
● L'endive	55 F
● Laitues de serre	70 F
● Mangetout et flageolet, culture pour la transformation	60 F
● Les légumes secs	60 F
● Le melon cantaloup	50 F
● L'oignon	40 F

LÉGUMES : TECHNIQUES ET PHYTOSANITAIRES

● La fertilisation des cultures légumières (1982)	120 F
● Mise en place d'une fraiserie (1979)	40 F
● Fraisiers sous plastique (1977)	40 F
● La carotte, maladies et ennemis (1977)	40 F
● Protection phytosanitaire de la fraise	30 F
● Mémento désherbage des légumes et petits fruits (1982, 4 ^e éd.)	40 F
● Semis et plantation en cultures légumières	60 F
● Bulletin petits fruits, 2 numéros par an. Le numéro	30 F

DOCUMENTATION ÉCONOMIQUE

● Les chiffres clés des fruits et légumes (1981)	60 F
● Mémento des fruits et légumes (3 ^e éd.)	75 F
● Dossier économique : la poire de table (1980)	100 F
● Dossier économique : la pomme de table (1982)	60 F
● Les semences potagères en France	40 F
● Aubergines, courgettes, poivrons : production française et importation ..	40 F
● Les serres maraîchères, marché, production, échanges	50 F
● Les serres maraîchères, techniques nouvelles	60 F
● La consommation des agrumes en France	100 F
● Circuit d'importation des fruits et légumes en France	35 F
● La distribution des fruits et légumes en France	35 F
● Les circuits d'importation en France des fruits et légumes espagnols ...	140 F
● Le raisin de table en France	60 F
● La consommation des fruits exotiques en France	60 F

DOCUMENTATION ACTA

● Index des produits phytosanitaires (19 ^e éd., novembre 1982).	F
● Contrôles périodiques en verger - lutte intégrée :	
— pêcher (1977)	35 F
— pommier (1977)	35 F
● Guide pratique de défense des cultures (1980)	120 F

N.B. Prix T.T.C. franco valables jusqu'au 1^{er} janvier 1983.
Envoi du catalogue complet sur simple demande (100 titres).

PUBLICATIONS A PARAITRE

- La tomate, monographie (fin 1983)
- Le céleri branche
- La tomate de serre, C.R. Journées Rennes, nov. 1981
- Mémento culture sur substrat
- Le pêcher

LISTE DES ANNONCEURS

— ASSOCIATION EMBALLAGE F.L.	II
— SCAC FISONS	III
— PÉPINIÈRES FRUIROSE	6
— ANGIBAUD	8
— SCPA	47
— MARSEM	50
— EUROFILTRE	60
— CTIFL	78
— TOURBIÈRE DE FRANCE	90
— GOEMAR	126
— ALGO-CHIMIE	129
— COFAZ	132
— PROCIDA	149
— CTIFL	152
— REGERO	164
— RIS AGROTEC	164
— SAMMA	167
— INTER HUMUS	180
— DARBONNE	190
— VANNIER	192

**NOUVELLE
FORMULATION**

MARAICHERS, HORTICULTEURS, PÉPINIÉRISTES

POUR FERTILISER PAR IRRIGATION LOCALISÉE

FAITES APPEL AUX SPÉCIALISTES

utilisez

les engrais solubles Solinure®

**C'EST FACILE
C'EST SÛR
ET... ÇA SIMPLIFIE TOUT!**

Fisons

© SCAC-FISONS 1991



SOLINURE® : 8 équilibres pour toutes vos cultures

SCAC - FISONS

Département Horticulture Professionnelle

La Galboisière - B.P. 338

37703 SAINT-PIERRE-DES-CORPS CEDEX

Tél. (47) 44.54.32 - R.C. TOURS B 734 801 137

SOLINURE® gamme engrais N-P-K-NF-U 42-001...
*Marque déposée de FISONS LTD

NON POUR UNE DOCUMENTATION GRATUITE

NOM : _____
ADRESSE : _____

