



Culture d'ananas et
de canne dans l'Est.
© P.-F. Chabalier

La culture

La réussite d'une culture dépend des conditions de croissance et de nutrition des plantes qui la constituent.

Ce chapitre donne des informations sur l'absorption des éléments nutritifs par les racines, sur la composition chimique des plantes et sur les carences et toxicités. Les principales cultures de La Réunion sont également présentées.

Croissance et nutrition de la plante	12
<i>Absorption des éléments minéraux par les racines</i>	12
<i>Éléments chimiques présents dans la plante</i>	15
<i>Carences et toxicités</i>	17
Principales cultures de La Réunion	18
Ce qu'il faut retenir du chapitre 1	20

Croissance et nutrition de la plante

Une plante est formée d'un ensemble d'organes dont la croissance dépend des conditions du milieu dans lequel elle se développe, notamment de l'énergie lumineuse interceptée, de l'eau et des éléments nutritifs disponibles puisés dans le sol, essentiellement l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K).

C'est dans les chloroplastes des feuilles que la plante transforme le gaz carbonique (CO_2) de l'atmosphère en sucres. Cette transformation permet l'augmentation de la biomasse et la croissance en matière sèche du végétal. Les sucres obtenus participent ensuite à l'élaboration de molécules plus complexes utiles à la plante — hydrates de carbone (amidon, cellulose, lignine...), lipides, protéines, enzymes, etc.



En savoir plus

Facteurs de rendement d'une culture

C'est la quantité d'énergie lumineuse disponible qui est le premier facteur de croissance de la plante. Dans les conditions optimales de culture (quand tous les besoins quotidiens de la culture sont satisfaits, par exemple en essai agronomique contrôlé), on mesure alors le rendement potentiel d'une variété, c'est-à-dire la production maximale par unité de surface que la culture peut atteindre. Dans la réalité, le rendement potentiel est rarement obtenu : l'époque et la préparation du semis, l'alimentation en eau, l'apport en éléments minéraux, la concurrence des mauvaises herbes, les techniques culturales sont autant de facteurs qui peuvent limiter le rendement.

Absorption des éléments minéraux par les racines

La fonction des racines qui nous intéresse ici est l'absorption des éléments nutritifs, parce qu'elle permet la croissance et le développement de la plante.

L'absorption est un processus dynamique

Les éléments minéraux dissous dans la solution aqueuse du sol pénètrent dans la plante par les racines sous la forme d'ions. Chaque espèce végétale a des besoins précis en ions, liés à son métabolisme propre et à des résistances variées aux éléments toxiques. La plante développe des mécanismes particuliers de transport d'ions, réglant ainsi les quantités absorbées selon ses besoins.



Canne à sucre aux Colimaçons (hauts de La Réunion).
© H. Saint Macary



Un ion peut être trop abondant par rapport aux besoins de la plante, par exemple l'aluminium (Al) dans les sols acides, le sodium (Na) dans les sols salés, et le calcium (Ca) en sol calcaire. Inversement, un ion peut être déficitaire, par exemple un sol carencé en phosphore (nombreux andosols). Dans tous les cas, la plante peut développer des mécanismes de régulation de l'absorption de ces ions : concentration puis neutralisation, élimination par l'intermédiaire de cellules situées dans les feuilles, adaptation physiologique par mutation génétique, absorption grâce à l'action de champignons symbiotiques des racines (les mycorhizes)... Ces mécanismes influencent la présence et l'abondance d'espèces végétales différentes selon les écosystèmes naturels ou cultivés.

Le pouvoir d'absorption d'une racine est très élevé. De ce fait, elle épuise rapidement les éléments nutritifs situés à proximité. Mais la racine croît continuellement : elle extrait donc l'eau et les éléments minéraux dans un volume de sol toujours renouvelé. L'intensité de prospection du sol dépend du type d'enracinement, c'est-à-dire de son architecture et de sa capacité de croissance.

Certaines plantes, dont l'enracinement est dense ou profond, peuvent pousser dans des milieux assez pauvres (graminées tropicales, comme le sorgho, le mil, la canne à sucre...). D'autres, à l'enracinement fragile ou superficiel, demandent des concentrations du sol en éléments nutritifs plus fortes : c'est le cas de la plupart des légumes. Certaines plantes comme l'ail, l'oignon ou le poireau contournent ce désavantage grâce aux associations symbiotiques entre leurs racines et un champignon (mycorhize) qui absorbe les éléments nutritifs.



Racines de poireau (alliacée) : l'absorption des éléments nutritifs est réalisée par l'action de champignons symbiotiques (mycorhizes). © P.-F. Chabalier



En savoir plus

Principales fonctions des racines

Ancrage de la plante dans le sol.

Absorption en eau et en éléments minéraux nutritifs.

Création d'une zone proche des racines, appelée rhizosphère, très riche en microorganismes actifs dans les processus de transformation des matières organiques.

Apport de matière organique au sol par la transformation des racines mortes.

Comment les racines absorbent N, P, K ?

L'azote provient essentiellement des nitrates de la solution du sol. Il est donc absorbé avec l'eau du sol.

Le phosphore provient surtout des échanges ioniques directs entre la racine et les particules minérales du sol.

Pour le potassium, on estime que la moitié vient de l'absorption de l'eau et l'autre moitié des échanges ioniques directs entre la racine et les particules minérales de sol.

L'absorption dépend des stades de développement de la plante

Pour les plantes annuelles, l'absorption des éléments nutritifs suit quatre étapes :

- installation des premiers organes (racines, feuilles). L'absorption est faible ;
- croissance rapide correspondant à la production de nombreuses feuilles, riches en azote et en phosphore. C'est pendant cette période que les besoins sont les plus élevés. La plante absorbe d'abord N et K alors que P est absorbé plus progressivement. Le point critique est la forte absorption pendant la phase de croissance végétative rapide. Pour obtenir des rendements élevés, l'offre en éléments nutritifs du sol ne suffit pas en général pour satisfaire ce besoin instantané. Il est alors indispensable d'apporter une fertilisation à cette période ;
- reproduction, formation des fruits ou graines (montaison, nouaison, floraison, fructification). Cette étape commence pendant le stade de croissance précédent. L'absorption peut être élevée, notamment en K pour les fruits charnus ;
- maturité. L'absorption d'éléments nutritifs est réduite.

Pour les plantes pérennes, le système racinaire permanent permet des absorptions plus régulières. Les besoins des arbres fruitiers sont élevés au grossissement des fruits. Les troncs des arbres

et les souches des graminées pérennes, comme la canne et les fourrages, stockent également des éléments nutritifs, qui peuvent être mobilisés par les organes en croissance.

Les besoins nutritifs des plantes cultivées peuvent être estimés expérimentalement. Ils varient selon que la récolte est faite en pleine phase végétative (fourrages, brèdes, salades), en fin de phase végétative (canne à sucre) ou au terme de la phase reproductrice (grains). Pour les plantes pérennes, les prélèvements d'éléments nutritifs évoluent pour assurer à la fois la croissance de l'arbre et la production fruitière. On considère qu'une dizaine d'années après la plantation, les besoins des arbres fruitiers augmentent peu et correspondent simplement à la croissance des fruits.



Tige et feuille de canne à sucre. © CEDUS - F.L. Athenas

! Pratique

Spécificités des cultures

Une culture est choisie en fonction du milieu. L'ananas est cultivé en sol acide, le bananier en sol plutôt neutre. Certaines espèces, comme l'épinard, l'ortie et les légumes feuilles (différentes brèdes à La Réunion) sont « nitrates » parce qu'elles ont besoin de grandes quantités d'azote sous forme nitrique pour se développer. La canne à sucre est une plante rustique qui s'adapte à des conditions de sol variées ; certaines variétés sont cependant plus sensibles que d'autres au niveau de fertilité du sol.

Travail du sol et racines

Un des objectifs du travail du sol et des apports de matière organiques est de favoriser la décompaction du sol. L'amélioration de la structure et de la porosité permet ainsi une meilleure prospection des racines. Les façons culturales doivent donc être réalisées en respectant la structure du sol. Chaque type de sol demande des équipements adaptés. La plantation nécessite une structure de sol grumeleuse. Pour le semis, il peut être utile de créer en surface une couche fine dont l'épaisseur dépendra de la dimension des graines.



Pratique

Absorption de l'azote et fertilisation

Il faut tenir compte des périodes d'absorption en azote par les racines (qui dépendent du cycle de la plante) pour le calcul de la fertilisation azotée, afin que les fertilisants libèrent N au bon moment et en quantité suffisante pour la culture.

Lorsque N est apporté sous forme d'engrais minéral, les épandages fractionnés sont possibles.

Pour les apports de matières organiques, le fractionnement est le plus souvent irréalisable : il faut choisir une matière à libération en N plus ou moins lente qui coïncide au mieux avec les besoins instantanés de la culture.

Pour satisfaire les besoins de la culture et entretenir la fertilité du sol, le raisonnement de la fertilisation consiste à calculer la dose de matière organique à apporter en fonction des besoins en N, P, K, puis la dose complémentaire en engrais minéraux.

Éléments chimiques présents dans la plante

La composition chimique de la plante varie selon l'espèce, la variété, le stade de croissance, le climat et le sol.

L'analyse chimique de la plante ou de ses organes est révélatrice de la qualité de la nutrition. La comparaison des analyses d'organes à des tables de référence permet de diagnostiquer les carences ou les excès en éléments minéraux de la culture.

Les végétaux peuvent contenir jusqu'à 97 % d'eau. La matière sèche contient trois types d'éléments : les principaux constituants (carbone, hydrogène, oxygène), les macro-éléments et les oligo-éléments (ou micro-éléments) (**tableau I**).

Certains métaux, comme le cuivre (Cu), sont à la fois des oligo-éléments parce qu'ils sont nécessaires à la plante en très petite quantité et des éléments traces métalliques (ETM).

Les ETM, susceptibles de se retrouver dans la plante, peuvent devenir toxiques pour celle-ci lorsqu'ils sont en trop forte concentration dans le sol.



Culture de canne à sucre avant et après la coupe (résidus laissés au sol).
© CEDUS - F.L. Athenas



En savoir plus

Composition des organes de la plante

Chaque organe a une composition et des besoins chimiques spécifiques. Les organes de transfert de la sève et de soutien, comme les tiges, sont pauvres en N et P. Les organes très actifs, comme les feuilles, sont riches en N et P. Les organes de stockage de sucre ou d'amidon, comme les tiges de canne, les tubercules et les racines, sont riches en K. Les organes de stockage de protéines, comme les grains, sont riches en N et P.

Tableau 1.

Les principaux éléments chimiques présents dans les plantes.

Type d'élément	Origine	Répartition dans la plante
Eau	Solution du sol Eau atmosphérique (rosée...)	90 à 97 % du poids frais de la plante
Principaux constituants : carbone (C) hydrogène (H) oxygène (O)	Atmosphère (transformation du gaz carbonique) Eau	Composent la majeure partie de la matière sèche. Entrent dans la constitution de tous les tissus de la plante.
Macro-éléments (teneur individuelle $\geq 0,1$ % de la matière sèche de la plante)	Sol + Solution du sol	Eléments servant à fabriquer les constituants actifs de la plante – Azote (N, 1 à 3 % MS*), essentiellement dans les protéines. – Soufre (S, 0,1 à 0,5 % MS) essentiellement dans les protéines. – Phosphore (P, 0,2 à 0,6 % MS) dans les acides nucléiques. – Magnésium (Mg, 0,2 à 0,8 % MS) dans la chlorophylle. Eléments libres, circulant dans la sève – Potassium (K, 0,5 à 2 % MS) sous forme de cation K^+ , il accompagne les molécules chargées négativement (acides organiques, sucres, nitrates). Eléments entrant dans la composition des organes de soutien de la plante (tige...) – Calcium (Ca, 0,6 à 4 % MS). – Silice (SiO_2 , 0,2 à 3 % MS).
Oligo-éléments (teneur individuelle $< 0,1$ % de la matière sèche de la plante)	Sol	Indispensables en très faibles quantités pour la formation des enzymes et des vitamines : fer (Fe), manganèse (Mn), zinc (Zn), bore (B), cuivre (Cu), molybdène (Mo)...

* MS : matière sèche de la plante.



N, principal facteur de production

L'azote permet à la plante de réaliser la photosynthèse et donc de croître. La quantité d'azote absorbée détermine le niveau d'absorption des autres éléments. C'est pour cette raison que l'azote est considéré comme le pivot de la culture. Dans la plante, 80 % de l'azote sont sous forme protéique, le reste étant des acides aminés libres et des acides nucléiques (ADN, ARN). L'azote permet la constitution de réserves protéiques dans les graines.

Il est donc primordial de connaître les besoins azotés de la culture et, si c'est possible, ses besoins instantanés à chaque stade de développement. Le calcul de la fertilisation optimale, dite fertilisation raisonnée, permet de concilier rendement, qualité et conservation après récolte, ainsi que protection de l'environnement. Des apports non raisonnés (dates mal choisies, quantités trop faibles ou trop fortes) peuvent avoir des effets néfastes : mauvais rendements, reliquats d'azote élevés dans le sol après la récolte, drainage de l'azote excédentaire vers les nappes d'eau profondes. De plus, la teneur excessive en nitrates dans les tissus de la plante entraîne une sensibilité accrue aux insectes et aux maladies cryptogamiques (verse, oïdium, rouilles, sclerotinia, botrytis, etc.).

L'azote a un rôle sur la qualité des produits récoltés. Pour les grains, on recherche des teneurs élevées en protéines (donc en N). Pour la salade, la carotte, la betterave, les légumes feuilles, on recherche des teneurs en nitrates faibles (pour la salade, inférieures à 3,5 g/kg de poids frais).

Carences et toxicités

Les carences et les toxicités sont dues à des déficiences ou à des excès d'éléments dans le sol. La teneur naturelle du sol, une pollution, des caractéristiques particulières du sol peuvent en être la cause. Des techniques culturales inadaptées ou des phénomènes climatiques peuvent aussi induire des problèmes de nutrition des plantes :

- pH du sol ;
- antagonisme entre éléments présents dans le sol (Fe et Mn dans les andosols acides de La Réunion) ;
- mauvais drainage du sol ;
- fumures fortes ou déséquilibrées ;
- précipitations (sécheresse ou excès d'humidité), température...

Diagnostic

Les symptômes de carence ou de toxicité sont différents selon la fonction de l'élément dans la plante. Ils s'expriment d'abord par des défauts de coloration (jaunissement, brunissement, décoloration...) puis par des défauts de croissance. Il existe des clés de détermination des

carences et des toxicités, fondées sur l'observation des organes.

Mais le diagnostic visuel ne suffit pas toujours. Par exemple, les nécroses marginales du feuillage peuvent être dues à des carences en K, en Mg, en Mn ou à des toxicités en Cl (chlore) ou en Mn. Le diagnostic visuel doit donc être complété par des observations sur les conditions culturales et par l'analyse de la composition chimique d'un échantillon de plante.



Maïs cultivé en hydroponique, carence en nombreux éléments due à une toxicité aluminique (racines nécrosées caractéristiques de la toxicité). © H. Lombard, 2005

Correction

Les carences sont assez facilement corrigées en apportant les éléments manquant au sol par la fertilisation minérale classique ou en pulvérisation foliaire (action plus rapide). Des interventions sur les causes des carences sont également réalisables : modification du pH, du drainage, de l'irrigation, etc.

Pour les toxicités, les interventions sont en général plus complexes : élévation du pH, lessivage de l'élément, culture de plantes moins sensibles, dilution de l'élément dans le sol, apport de matière organique, etc.



Appareil de mesure de la couleur des feuilles pour le diagnostic de la nutrition azotée de la canne à sucre © P.-F. Chabalier

**En savoir plus****Trop d'azote**

Certaines plantes ont besoin de beaucoup d'azote nitrique pour se développer (plantes nitratophiles : épinard, brèdes, ortie...). Certaines espèces cultivées peuvent aussi retenir beaucoup de nitrates. L'excès de nitrates dans les légumes (salade, betterave, carotte, épinard, brède...) est dangereux pour la santé. Dans l'organisme des mammifères, les nitrates sont transformés en nitrites. Ces nitrites provoquent le dérèglement du fonctionnement du sang, pouvant être mortel pour les enfants (maladie bleue ou méthémoglobinémie), et la production de constituants nitrosés cancérigènes.

Trop de potassium

Des plantes peuvent faire une consommation de luxe en K, comme les graminées tropicales. Dans les fourrages, de fortes teneurs en K peuvent entraîner des problèmes intestinaux chez les ruminants. Pour la canne à sucre, ces fortes teneurs provoquent un défaut de cristallisation du sucre, donc une perte en sucre au niveau de l'usine.

Principales cultures de La Réunion

La surface agricole utile (SAU) de La Réunion était de 45 459 ha en 2000, soit un cinquième de la surface de l'île (Recensement général de l'agriculture 2000) (**tableau 2**).

La canne à sucre

La canne à sucre prédomine avec 25 923 ha (59 % de la SAU, RGA 2000). Cette superficie a tendance à diminuer à cause du déclassé des

terres agricoles pour les constructions et les routes ; la mise en valeur de nouveaux périmètres comme l'antenne IV (1 300 ha de canne) atténuée toutefois cette baisse. La production de canne a tendance à augmenter par l'intensification des pratiques et par la mise en irrigation de zones de production anciennes : 7 000 ha de zone irrigable de l'Ouest vont être couverts par le basculement des eaux d'ici à 2008. Les apports de matières organiques sont intéressants sur la canne et



peuvent remplacer en partie la fertilisation minérale : les apports de lisier sont déjà largement pratiqués autour des élevages.

Les cultures fourragères

Les surfaces fourragères occupent près de 10 000 ha (21 % de la SAU). Une demande d'extension par l'Union des associations foncières pastorales pourrait permettre l'augmentation des surfaces fourragères, prises essentiellement sur des zones de friches forestières des hauts. Ces cultures reçoivent la majeure partie de la production d'effluents de bovin (lisiers et fumiers), le reste étant utilisé en maraîchage.

Les cultures fruitières

Les cultures fruitières ont une surface stabilisée de l'ordre de 2 300 ha. La diversification de la production est en cours. Les apports de matières organiques sont surtout réalisés à la plantation. Des apports de lisier et de fumier sont également effectués après récolte des fruits dans les vergers et les bananeraies. Certains éleveurs cultivent des vergers où ils épandent régulièrement les excédents de lisier de leurs élevages. Les doses sont parfois trop élevées.

Les cultures maraîchères (légumes)

Les cultures maraîchères, sur environ 1 600 ha, sont situées dans des zones spécialisées, en fonction du milieu naturel des parcelles (sol et climat) et des besoins du marché. Les grandes régions de production sont :

- pour la salade, La Bretagne (Saint-Denis), Dos d'Anes (La Possession) ;
- pour une grande variété de légumes, Piton Hyacinthe (Trois-Bassins) ;
- pour les cultures de carotte, chou et divers, Ravine Charrié (Petite-Île) et la commune de Petite-Île.

Les règles de choix des cultures maraîchères et des rotations dépendent des calendriers culturaux et du marché. Une petite production légumière se fait en interligne de canne, comme

les petites tomates, l'arachide, le maïs et la pastèque. Dans certaines zones, la monoculture est pratiquée : c'est le cas de la salade, cultivée 6 cycles par an dans les hauts et jusqu'à 8 cycles dans les bas. Ces cultures reçoivent des quantités élevées de matières organiques, notamment du fumier de poule, riche et actif. Les épandages organiques dépassent souvent 60 t/an, en 2 ou 3 apports en fonction des rotations. Certains producteurs utilisent même des activateurs microbiens pour en améliorer l'efficacité. Les excès de fertilisation (fumier et engrais) sont fréquents, pouvant provoquer la pollution des eaux de surface et de nappe phréatique.

Tableau 2.

Répartition des cultures de La Réunion
(Source : AGRESTE - Recensement Agricole 2000).

Productions végétales	Surfaces ha
Superficie totale des exploitations	52 833
Sols des bâtiments et cours	1 176
Landes non productives et friches	3 917
Divers (dont bois...)	4 048
Surface agricole utilisée	43 692
Cultures florales	120
Végétaux divers	94
Jardins familiaux	45
Surfaces toujours en herbe	9374
dont STH peu productive	1 756
dont prairies naturelles	7 618
Cultures fruitières permanentes	2 066
Autres terres arables	201
Jachères	920
Cultures fourragères	1 763
Fruits semi-permanents	564
dont bananes	324
dont ananas	212
dont autres fruits	28
Cultures légumières	1 611
dont tubercule, racines...	224
dont légumes frais	1 269
dont légumes secs	118
Plantes industrielles et aromatiques	26 659
dont canne à sucre	25 923
dont autres plantes industrielles	449
dont plantes aromatiques	287
Céréales	275



Ce qu'il faut retenir du chapitre 1



✓ **La plante est constituée d'eau, de carbone et de nombreux éléments minéraux : les macro-éléments (N, P, K, Ca, Mg, S, SiO₂) et les oligo-éléments (Fe, Zn, Br, Mn, Cu...).**

Macro-éléments et oligo-éléments proviennent de l'atmosphère, du sol et des apports réalisés par l'agriculteur sous la forme d'engrais ou de matières organiques. C'est grâce à ses racines que la plante puise les éléments minéraux nutritifs dans le sol. L'agriculteur doit donc créer les conditions propices à un développement maximal des racines : bonne structure, ameublissement du sol... En cas de déséquilibre nutritionnel, la plante subit une carence (manque d'un élément) ou une toxicité (excès d'un élément) qui se répercute sur la croissance et sur la production. Les espèces végétales n'ont pas toutes les mêmes besoins en éléments minéraux nutritifs, d'où l'importance de choisir la culture en fonction des conditions de la parcelle (sol, climat).

✓ **L'azote est l'élément essentiel de la croissance de la plante.**

La quantité d'azote absorbée par la plante détermine le niveau d'absorption des autres éléments minéraux. L'agriculteur doit donc connaître les besoins totaux de la culture en azote afin de caler le plan de fertilisation pour les autres éléments essentiels (phosphore et potassium). Les besoins en éléments minéraux sont différents selon le stade de développement de la culture : la fertilisation (matières organiques complétées par les engrais minéraux) doit être apportée au bon moment et en quantité suffisante. Des apports trop élevés entraînent des risques d'accidents végétatifs et des pollutions de l'environnement.

✓ **Les cultures de La Réunion sont diversifiées.**

Elles sont toutefois dominées par la canne à sucre (près de 60 % de la surface agricole utile). Sur la canne, les apports organiques peuvent remplacer en partie la fertilisation minérale. Actuellement, les cultures fourragères reçoivent la plus grande partie des effluents d'élevage bovin. Les cultures fruitières peuvent être fertilisées avec de la matière organique à la plantation puis en cours de production. Les cultures maraîchères répondent bien aux apports organiques mais les pratiques sont très disparates et les excès de fertilisation organique et minérale sont fréquents.