

RÉSUMÉ

L'article résume les effets marquants de la fertilisation de printemps sur la production de fruits, en particulier sur les aspects qualitatifs : acidité, taux de sucre, conservation.

Ainsi une pression de fertilisation calcique provoque une baisse d'acidité des fruits, quelles que soient les variétés étudiées, tandis qu'une surfertilisation et un niveau élevé de potassium accroissent en général le niveau d'acidité, effet nuancé par un fort gradient de sensibilité variétale. De plus, le niveau élevé de calcium et excès de fertilisation sont impliqués dans la perte de qualité visuelle des fruits après récolte. Le test pétiolaire déjà développé pour faciliter la gestion de l'azote pourrait à terme, sur la base de références établies expérimentalement et validées, être étendu aux autres éléments nutritifs impliqués dans la qualité des fruits.

FERTILIZATION OF STRAWBERRY CROPS - YIELD AND FRUIT QUALITY

This article reviews the most prominent effects of Spring fertilization on fruit production, and more particularly on fruit quality: acidity, sugar content, and keeping quality. High calcium fertilization causes lower acidity, regardless of the variety, whereas a high K level and overfertilization generally increase acidity; however, this effect is tempered by a strong gradient of varietal susceptibility. A high Ca level and overfertilization play a part in the loss of visual fruit quality after harvest. The petiole sap test, developed to facilitate N management, might eventually - after validation of experimentally established reference values - be extended to other nutrients involved in fruit quality.



La qualité : un objectif de production

Fertilisation du fraisier

Rendement et qualité des fruits

La pratique courante de l'irrigation fertilisante au printemps offre la possibilité d'assurer une fertilisation calquée sur les besoins réels de la culture, la satisfaction de ces exigences nutritionnelles contribuant à la réussite des objectifs de production (rendement, qualité des fruits).

Parce que l'azote est un élément clef de la nutrition des plantes et un facteur à risque sur les plans agronomiques d'une part (sensibilité aux maladies, qualité des fruits...), environnemental d'autre part, des travaux spécifiques lui ont été naturellement consacrés ces dernières années (cf.

Infos Ctifl - n° 149, mars 1999 - p. 34-39).

A l'automne, l'azote est essentiel à l'élaboration du potentiel de production. Au printemps, la fertilisation azotée participe à l'expression de ce potentiel et influe sur la qualité des fruits. A côté de l'azote, souvent mis en cause dans les problèmes de tenue des fruits, d'autres composés nutritifs comme le potassium, le calcium, le magnésium peuvent avoir des effets conséquents sur l'état du fruit. Les essais menés au Ctifl de Lanxade permettent de préciser l'incidence de différentes pressions de fertilisation au printemps.

avec la participation de :
Elisabeth Abarza et Alain Bardet

Le cadre de l'étude

Face à la diversité des situations nutritives des parcelles de production, relevée à la suite de campagnes de mesures au champ⁽¹⁾, il s'agissait de mesurer le lien entre des équilibres nutritifs témoins de la réalité agronomique, et les résultats de production (rendement, qualité).

L'étude réalisée sur deux cycles culturaux depuis 1998, a permis de comparer à un témoin (S1) une composition nutritive avantageant le calcium (S2), le potassium (S3), la charge globale en éléments nutritifs dont l'azote (S4).

Ces quatre régimes nutritifs ont été appliqués sur la période de floraison-fructification, à quatre variétés dont trois variétés de jours courts : Gariguette, Darselect, Cigaline et une variété remontante : Mara des bois.

La culture a été réalisée en conditions contrôlées de fertilisation (cf. protocole expérimental) pour pouvoir relier sans ambiguïté la réponse de la plante analysée en termes de rendement et de qualité des fruits à l'équilibre nutritif testé, les interférences « sol » s'avérant toujours délicates à prendre en compte au moment de l'interprétation des résultats de production.

La conduite de la culture est par ailleurs comparable à une conduite au champ (densité, environnement climatique...).

Les résultats des essais

La synthèse suivante correspond à deux années d'essais (cycles culturaux 1998-1999 et 1999-2000).

Effet de la fertilisation de printemps sur le rendement

En avant propos, signalons que le poids de fruits commercialisables représente environ 76 à 90 % de la production totale (TABLEAU 1). L'effet variétal est peu perceptible parmi les variétés de jours courts tandis que Mara des bois se distingue des variétés de saison par le plus faible taux de fruits commercialisables (76 à 81 %).

L'influence de la fertilisation sur la répartition entre les fruits répondant aux critères du commerce et les déchets reste modérée dans l'ensemble.

Au niveau du rendement commercial, l'effet le plus marquant peut être attribué au traitement S4 assimilable à une surfertilisation. On observe une baisse de production liée à une diminution du poids moyen du fruit (dif-

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Conduite de la culture :

hors-sol, culture en pots de 3 l sur substrat perlite, irrigations fertilisantes en fonction de l'ETp

• Plantation et type de plants : juillet, plants frigo - Densité 4,4 plants / m²

• Variétés : Gariguette, Darselect, Cigaline, Mara des Bois

• Dispositif expérimental :

plan en blocs avec 40 plantes par parcelle élémentaire

- 4 compositions minérales (voir détail ci-dessous) : S1 à S4

- 2 répétitions par traitement nutritif et par variété : R1 et R2

Compositions minérales - période de floraison/fructification -

| Dates | Du 25/02 au 25/04 | | | | à partir du 26/04 | | | |
|---------------|-------------------|------------|-----------|------------|-------------------|------------|-----------|------------|
| | S1 (Tém) | S2 (Ca) | S3 (K) | S4 (CE) | S1 (Tém) | S2 (Ca) | S3 (K) | S4 (CE) |
| Azote (meq/l) | 8 | 8 | 8 | 12 | 5 | 5 | 5 | 12 |
| K/Ca | 0,9 | 0,2 | 2,8 | 0,9 | 0,9 | 0,2 | 2,8 | 0,9 |
| K/Ca + Mg | 0,75 | 0,15 | 1,9 | 0,75 | 0,75 | 0,15 | 1,9 | 0,75 |
| CE (µS) | | 1300 | | 2000 | | 900 | | 2000 |

férences significatives au seuil 5 % par rapport au témoin). Dans des cas plus extrêmes de salinité et/ou de climat, le nombre de fruits peut être réduit (à noter des températures modérées en période de floraison - fructification en 1999 et 2000). Ces résultats, dans leur ensemble, traduisent notamment un déficit hydrique induit au niveau des plantes. La chute de rendement liée à une fertilisation en excès souligne des différences de comportement variétal. Ainsi, les variétés Darselect et Mara des Bois perdent au final 15 % de fruits, Gariguette et Cigaline : 10 %, dans nos conditions expérimentales (TABLEAU 1).

Au champ, l'incidence d'une pression de fertilisation, en période de fructification, va dépendre, outre des conditions climatiques, de la nature du sol, de l'irrigation. Cependant, il faut rappeler que le fraisier est relativement vulnérable à ce stade car, avec l'apparition des fruits, la demande en eau s'accroît, et l'augmentation des températures dans le même temps renforce ces besoins hydriques.

En comparaison d'un déséquilibre hydro-minéral, des surdosages en faveur du calcium (S2) ou du potassium (S3) sont susceptibles d'entraîner quelques écarts de production

mais limités et, en général, non significatifs au seuil de 5 %.

Equilibres nutritifs et qualité des fruits

■ Acidité

L'acidité des fruits est déterminée par mesure du pouvoir tampon des jus de fraises à pH 8,1 et 9,5.

Sont présentés dans cet article les résultats obtenus à pH 8,1.

Toutes les variétés réagissent à la formule enrichie en calcium (S2) avec une chute du niveau d'acidité des fruits de deux à quatre points en moyenne (TABLEAU 2).

Les FIGURES 1A ET 1B témoignent, à travers les variétés Gariguette et Darselect, de cet effet « calcium » (S2) relativement à l'équilibre nutritif de référence (S1).

Les variétés se caractérisent par un degré de sensibilité plus ou moins important à la pression de fertilisation calcique. Ainsi, Darselect, Gariguette présentent une réactivité plus forte comparée à Cigaline comme le souligne la FIGURE 2, (la baisse d'acidité liée au traitement S2 est calculée en référence au témoin S1 pour chaque variété - S2/S1).

Une pression de fertilisation potassique (S3), comme un enrichissement global du milieu

(1) Bilan réalisé dans le cadre de la validation du test pétiolaire qui a donné lieu à des suivis de parcelles «variétés remontantes» (1994 et 1995) avec la participation de la Chambre d'Agriculture 24 et du Ciref, puis de parcelles « variétés de saison » (1996 et 1997) en collaboration avec

les structures suivantes : Aprel 13, CADRAM 47, Chambres d'Agriculture 41, 47, 49, 60, 84, Ciref 24 et 47, GDA du Contat 84, Granlot 47, Marché de Phalempin 59, SCA Plevatol, SCA Valprim, Selt 41, Serfel 30.



nutritif (S4) tendent à augmenter le niveau d'acidité des fruits. L'effet est significatif pour la variété Cigaline, modéré pour Darselect et Mara des Bois, neutre pour Gariguette.

■ Sucres

Le niveau de sucre des fruits est contrôlé à travers l'indice réfractométrique des jus (degrés Brix). Comparé au critère « acidité », le caractère sucré des fruits est beaucoup moins sensible à l'influence de la fertilisation (TABLEAU 3) et on peut considérer que l'équilibre sucre/acide des fruits est modulable par la fertilisation essentiellement à travers l'impact de ce facteur sur l'acidité.

■ Tests sensoriels

Les tests réalisés par le laboratoire d'analyses sensorielles du Ctifl Lanxade font référence à la méthode 2/5 qui consiste pour le dégustateur à trouver parmi cinq fruits proposés, deux fruits distincts des trois autres.

Les tests sensoriels effectués en 1999 et 2000 peuvent rendre compte de différences entre des séries de fruits issus de deux traitements nutritifs spécifiques et se distinguant à travers les résultats des tests de laboratoire.

Toutefois, le jury met moins régulièrement en évidence des différences entre lots que les tests de laboratoire.

A titre d'exemple, un extrait des analyses comparatives effectuées au cours de la campagne de récoltes 2000 est présenté dans le TABLEAU 4.

Le dégustateur peut déclarer identiques des fruits qui, au regard du test chimique, présentent deux points d'écart en acidité pour des niveaux de sucre identiques.

Ces résultats peuvent être liés aux conditions d'application des tests : au laboratoire, les analyses « sucre » et « acide » sont réalisées à partir du broyage d'un échantillon de 30 fruits ; le test sensoriel 2/5 consiste à reconnaître deux intrus dans un lot de cinq fruits, d'où la difficulté de trouver la bonne réponse de part la grande variabilité inter-fruits. Comme le souligne Pierre Vaysse, responsable du laboratoire Analyse Sensorielle au Ctifl de Lanxade, le problème pourrait être contourné en levant l'obstacle technique d'analyses individuelles.

L'autre piste reste une évolution du test sensoriel passant par un échantillonnage adapté.

■ Aptitude à la conservation

Les fruits sont notés juste après cueillette puis après quatre jours de stockage dans les conditions suivantes : trois jours à 7°C et un jour à température ambiante.

Six critères sont appréciés visuellement et

TABLEAU 1 - Rendements cumulés (Rdmt), période de production significative (pér. pduct), optimum de production (optim. pduct.). Récoltes 2000

| | Rdmt. brut (g/plante) | Rdmt. commercial (g/plante) | % commercial | Pér. Pduct. Significative | Optim. Pduct. |
|----------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|---------------|
| Gariguette | | | | | |
| S1 | 977 | A1 848 | 87 | 17/04 - 26/05 | 9-12/05 |
| S2 | 1025 | 879 | 86 | | |
| S3 | 923 | 776 | 84 | | |
| S4 | 896 | B1 763 | 85 | | |
| Cigaline | | | | | |
| S1 | 1048 | A 932 | 89 | 25/04 - 26/05 | 9-12/05 |
| S2 | 1043 | 944 | 90 | | |
| S3 | 993 | 876 | 88 | | |
| S4 | 967 | B 850 | 88 | | |
| Darselect | | | | | |
| S1 | 1095 | A 935 | 85 | 25/04 - 2/06 | 15-19/05 |
| S2 | 1227 | 1085 | 88 | | |
| S3 | 999 | 837 | 84 | | |
| S4 | 945 | B 793 | 84 | | |
| Mara des Bois | | | | | |
| S1 | 1065 | A 850 | 80 | 25/04 - 2/06 | 9-19/05 |
| S2 | 1049 | 854 | 81 | | |
| S3 | 989 | 748 | 76 | | |
| S4 | 940 | B 714 | 76 | | |

(1) A, B = groupes d'homogénéité au seuil de risque 5 %

TABLEAU 2 - Acidité. Pouvoir tampon - pH 8,1 (ml NaOH N/10). Moyenne des données acquises de la 2^e à la 7^e semaine de récolte (six séries de mesures)

| | S1 (Témoin) | S2(Ca) | S3(K) | S4(CE) |
|---------------|-------------|--------|-------|--------|
| Gariguette | 14,10 | 10,15 | 14,25 | 14,39 |
| Cigaline | 11,49 | 9,54 | 13,15 | 13,54 |
| Darselect | 9,95 | 7,63 | 11,20 | 10,90 |
| Mara des Bois | 11,25 | 9,32 | 12,23 | 11,96 |

FIGURE 1A - Équilibre nutritif et acidité des fruits (pouvoir tampon - pH8,1) variété Gariguette - Semaines 2000

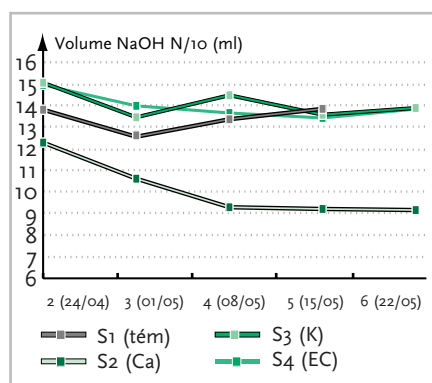
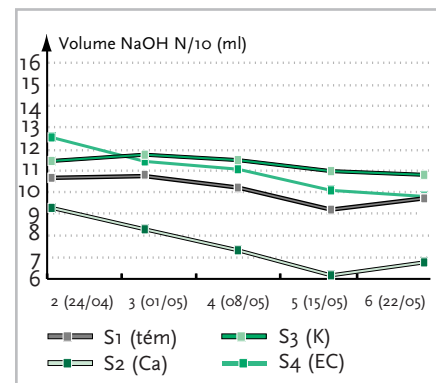


FIGURE 1B - Équilibre nutritif et acidité des fruits (pouvoir tampon - pH8,1) variété Darselect - Semaines 2000



notés sur une échelle de 0 à 7 : brillance, couleur, pourcentage de pourritures, degré de meurtrissures, fraîcheur du calice, aspect général.

L'échantillon comporte 30 fruits observés individuellement.

Nous avons déterminé un indice de conservation (pour une variété, un traitement nutritif et une date de récolte donnés) égal au quotient de la somme des notes obtenues pour l'ensemble des critères analysés après conservation à la somme des notes attribuées à la récolte.

Cet indice, qui traduit l'aptitude à la conservation des fruits, rend compte d'un gradient de sensibilité des variétés observées aux différentes pressions de fertilisation.

Les excès de fertilisation (S4) réduisent l'indice de conservation des fruits des variétés Gariguette, Mara des Bois et Darselect, les critères les plus touchés étant respectivement : fraîcheur du calice, brillance et taux de meurtrissures pour Mara des Bois, fraîcheur du calice pour Darselect.

De même, un niveau élevé de calcium (S2) s'avère peu favorable au maintien de la qualité des fruits après récolte en ce qui concerne la variété Darselect. Dans ce cas, l'effet négatif du milieu nutritif s'exerce notamment sur les critères : fraîcheur du calice et brillance.

Gariguette « répond » aussi à une pression de fertilisation calcique, mais à un degré moindre ; la fraîcheur du calice s'avère le critère le plus sensible.

Donc, l'aspect extérieur du fruit est moins satisfaisant avec un niveau élevé de fertilisation calcique.

En revanche, la fermeté du fruit et sa tenue en conservation, critères mesurés en 1999, sont améliorés sous l'effet du calcium, quelles que soient les variétés étudiées.

A l'inverse, le potassium tend à réduire la valeur de cette composante de la qualité.

Ces derniers résultats liés au Ca et au K dépendent aussi du stade de récolte et du climat.

Les résultats des tests effectués avec l'appareil Durofel (30 fruits, deux mesures par fruit dans la partie équatoriale), juste après récolte (jour J) et après quatre jours de stockage (J + 4) dans les conditions précisées ci-dessus, sont présentés sous forme d'indices traduisant l'aptitude des fraises à la conservation.

A titre d'exemple, la **FIGURE 3** témoigne des effets négatif du potassium et positif du calcium sur l'indice de conservation pour la variété Gariguette. ■

TABEAU 3 - Sucres. Indice réfractométrique (degrés Brix). Moyenne des données acquises de la 2^e à la 7^e semaine de récolte. (six séries de mesures)

| | S1 (Témoin) | S2(Ca) | S3(K) | S4(CE) |
|---------------|-------------|--------|-------|--------|
| Gariguette | 8,63 | 7,64 | 8,39 | 8,70 |
| Cigaline | 7,85 | 7,40 | 8,16 | 8,65 |
| Darselect | 7,53 | 6,76 | 8,20 | 7,57 |
| Mara des Bois | 7,34 | 7,40 | 8,00 | 7,96 |

TABEAU 4 - Analyses comparatives effectuées au cours de la campagne de récoltes 2000

| Gariguette | récolte du 11/5 | | | récolte du 16/5 | | |
|---------------------------------------|-----------------|-------|--------|-----------------|-------|--------|
| | S1 R1 | S2 R1 | Ecarts | S1 R2 | S2 R2 | Ecarts |
| Volume NaOH N/10 (ml) - (pH 8,1) | 13,8 | 9,9 | 3,9 | 11,8 | 9,3 | 2,5 |
| Indice réfractométrique (degrés Brix) | 8,1 | 6,8 | 1,3 | 8,2 | 7,8 | 0,4 |
| Conclusion du test sensoriel 2/5 | Lots différents | | | Lots différents | | |

| Darselect | (récolte du 25/5) | | |
|---------------------------------------|---------------------|------|--------|
| | S1R1 | S2R1 | Ecarts |
| Volume NaOH N/10(ml) - (pH 8,1) | 9,3 | 7,0 | 2,3 |
| Indice réfractométrique (degrés Brix) | 7,4 | 7,5 | 0,1 |
| Conclusion du test sensoriel 2/5 | Lots non différents | | |

FIGURE 2 - Acidité des fruits - Sensibilité variétale à une pression de nutrition calcique - Semaines 2000

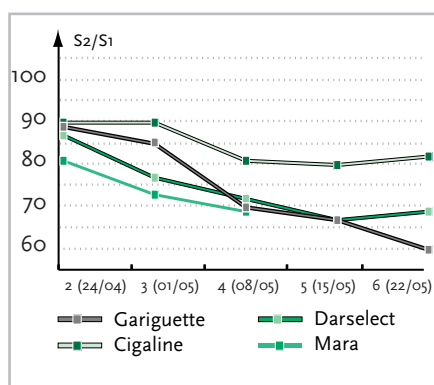
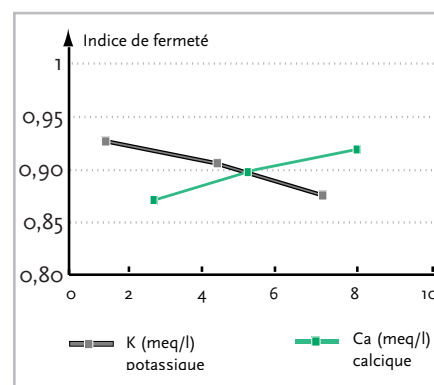


FIGURE 3 - Aptitude à la conservation et pression de fertilisation calcique ou potassique Variété Gariguette -17/05/99-



Fertilisation : un facteur essentiel avec le climat et l'irrigation

Le climat, le suivi de l'irrigation conditionnent fortement la qualité du fruit au printemps. La fertilisation, à travers les équilibres nutritifs qu'elle favorise, intervient aussi de manière significative, en relation avec les facteurs précédents, sur les caractères organoleptiques du fruit.

On retiendra en particulier l'impact du calcium sur la baisse d'acidité des fruits pour l'ensemble

des variétés de l'essai. Le potassium comme l'excès de fertilisation ont un effet contraire mais d'intensité très inégale selon les variétés. Calcium et surfertilisation sont aussi impliqués dans la conservation des fruits.

Outre une meilleure connaissance de la relation fertilisation - qualité et rendement, l'étude rend compte d'un gradient de sensibilité des variétés expérimentées soulignant leur caractère plus ou moins plastique aux contraintes nutritives.

Outre son influence sur les résultats de production en fruits, l'alimentation azotée, dispensée en période végétative l'année 1, a aussi des répercussions sur le développement foliaire et racinaire de la plante au printemps. La **figure 3** témoigne de cet effet au niveau foliaire. Ainsi, une culture sous approvisionnement en azote jusqu'à l'automne reste moins végétative au printemps, comparée à une culture précédemment bien pourvue en azote.

En résumé, le comportement de la fraiseriaie au printemps dépend étroitement des conditions de nutrition azotée qui prévalent pendant la phase végétative la première année de culture. L'azote au printemps ne permet pas de «rattraper» le déficit de croissance associé aux restrictions en azote imposées à la culture l'année précédente.

Si le niveau d'azote fourni à la culture l'année 1 est un facteur important de croissance et de rendement, faut-il contrôler sa disponibilité dans le temps ?

2) Modulation des apports azotés à l'automne

La privation d'azote mi-automne induit des changements dans la répartition de la matière sèche au sein de la plante (**figures 4 : a, b**).

Le système racinaire est avantagé par rapport au système foliaire, tandis que les quantités totales de biomasse produite à l'automne restent très proches pour les deux traitements considérés (aucun effet significatif aux seuils 5 % et 10 %).

L'effet sur l'équilibre végétatif de la plante se prolonge l'année suivante au profit du système racinaire tout entier lors de la floraison et des racelles, spécifiquement, pendant la période principale de fructification.

Cette évolution dans la distribution de biomasse entre feuilles et racines va dans le sens d'une meilleure gestion des ressources en carbone, d'où la moindre prédisposition des plantes au dépérissement.

L'analyse des glucides conforte les résultats ci-dessus avec de meilleurs bilans en amidon des rhizomes et des racines principales, en sucres solubles des racines, sous un régime azote «contrôlé» à l'automne précédent. La **figure 5** témoigne, à titre d'exemple, de cet «effet azote».

La maîtrise des apports azotés à l'automne aboutit dans ces conditions expérimentales à un gain de production égal ou supérieur à 20 % lors des deux séries d'essais menés sur le sujet de 1996 à 1998.

Si la disponibilité en azote au cours de la période végétative la première année est un facteur important du niveau de production, les effets sur la qualité des fruits restent dans l'ensemble très discrets en regard de l'impact des fertilisations de printemps.

Eléments pratiques de gestion de l'azote

La **figure 6** précise la relation entre le rayonnement solaire efficace pour la photosynthèse (PAR ou Photosynthetic Active Radiation), les consommations hydrique et azotée de la culture.

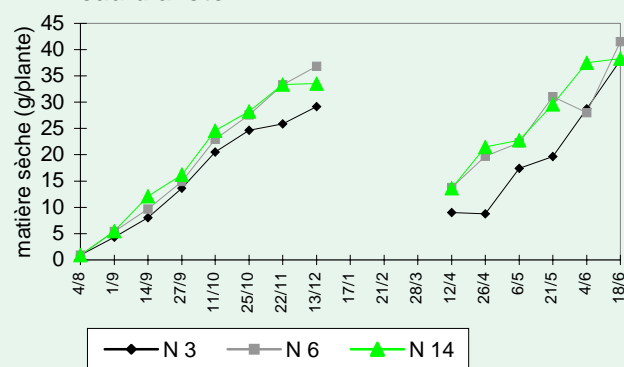
Les résultats témoignent de l'influence de ce facteur climatique sur la dynamique des prélèvements.

D'autre part, la **figure 7** souligne le lien entre prélèvements en azote et production de biomasse. Pour une variété donnée, le climat détermine la capacité de fabrication de biomasse et, en conséquence, les besoins en azote nécessaires pour assurer le développement de la culture.

Mi-automne, avec la baisse de l'activité photosynthétique, l'azote est, au mieux, non valorisé en terme de biomasse, mais peut avoir des conséquences néfastes en permettant à la culture de prolonger son état végétatif au détriment des réserves tant que les températures restent favorables au métabolisme.

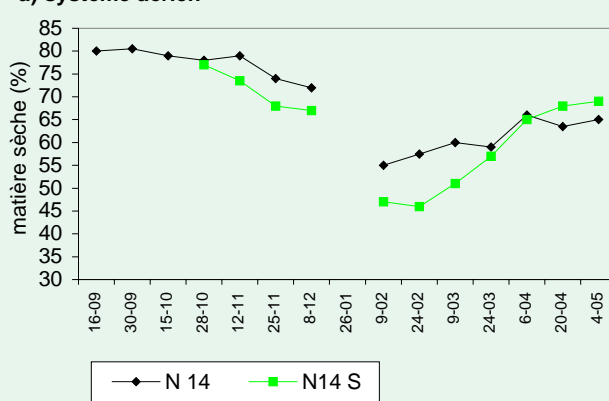
Les disponibilités en azote doivent donc être minimales à cette pé-

3 Production de biomasse foliaire en fonction du niveau d'azote

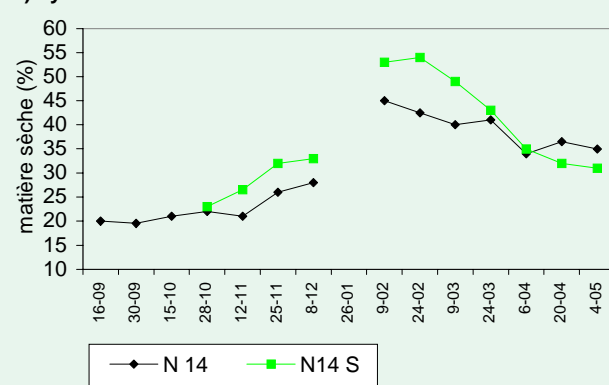


4 (a, b) : Poids relatif des systèmes aérien et racinaire selon la présence ou non d'azote en arrière saison

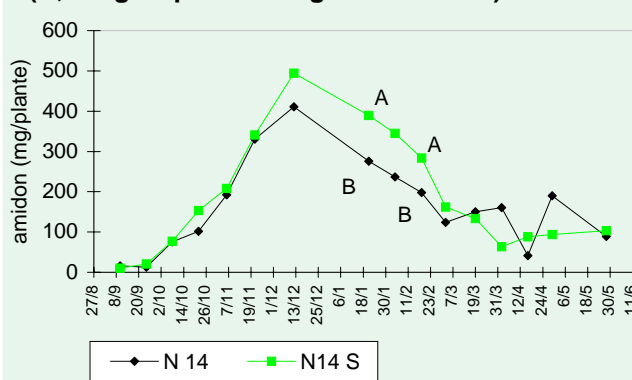
a) système aérien



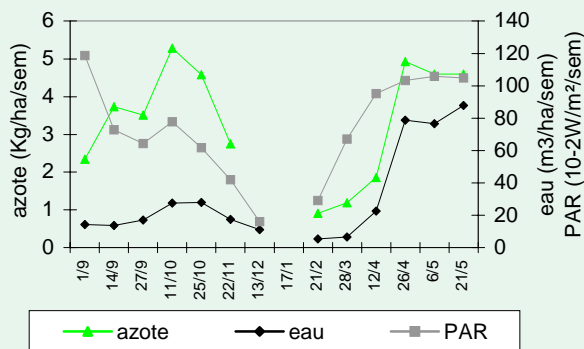
b) système racinaire



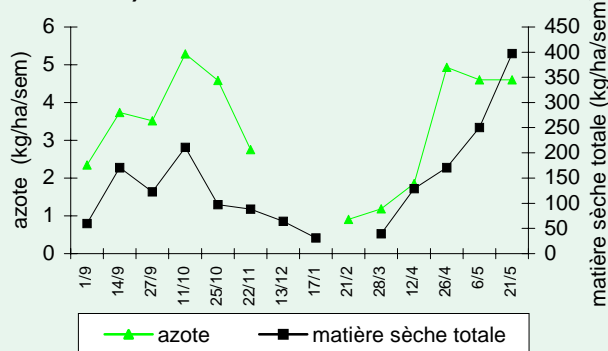
5 Effet de la nutrition azotée sur la quantité d'amidon accumulée dans les rhizomes (A, B : groupe d'homogénéité à 10 %)



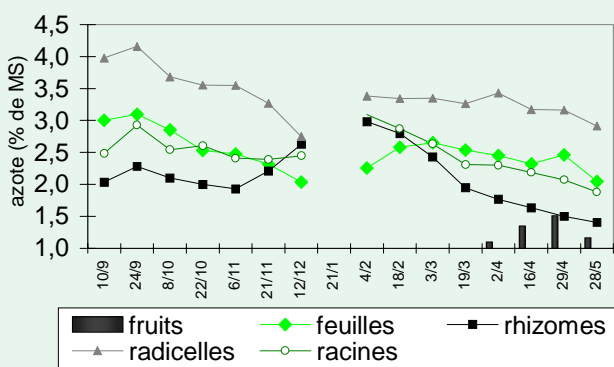
6 Consommation hebdomadaire en azote (kg/ha) en eau (m³/ha) et rayonnement PAR (w.m⁻².10⁻² ; moyenne par semaine)



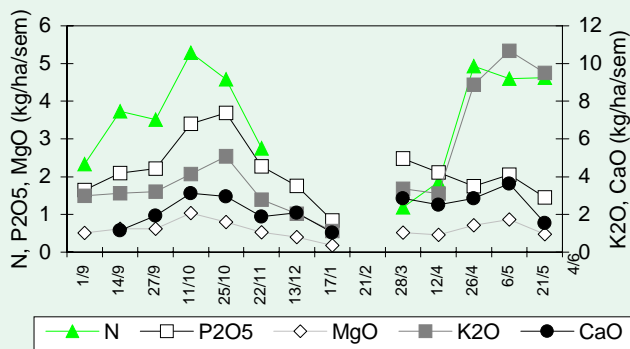
7 Consommation en azote (kg/ha/semaine) et production de matière sèche (kg/ha/semaine)



8 Evolution de la teneur en azote des différents organes (en % matière sèche)



9 Consommation hebdomadaire en N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO (kg/ha)



riode, ce qui suppose une gestion des fertilisations intégrant l'azote d'origine organique.

L'apport de matière organique est une pratique courante qui vise d'abord l'amélioration ou le maintien des propriétés physiques du sol (rôle structural).

La matière organique est, en outre, source d'azote. Cependant, la libération d'azote minéral étant étroitement liée aux conditions climatiques, il est difficile d'optimiser la gestion de l'azote avec la matière organique comme seule source d'azote.

L'apport de matière organique mérite en conséquence d'être raisonné sur la base d'un bilan humique.

Parallèlement, l'effet fertilisant de ces composés organiques est à prendre en compte, ce qui doit permettre de limiter les surplus d'azote.

Facteur essentiel du développement de la culture, l'azote devient un handicap dès la deuxième moitié de l'automne ce qui incite à mieux ajuster dans le temps les apports complémentaires sous forme d'engrais minéraux en adoptant la technique du fractionnement dès la première année de culture.

Le but à travers la maîtrise des disponibilités en azote est de permettre à la culture d'élaborer son potentiel de production, de constituer ses réserves et d'avoir un développement équilibré au printemps.

Le **tableau 3** met en évidence des différences variétales dans les quantités d'azote prélevées sur un cycle cultural complet. Les différences sont à rapprocher des quantités de matière sèche produites par ces variétés.

A titre d'exemple, les exportations en azote de la variété Elsanta, pour une densité de 35 000 à 40 000 pieds/ha, atteignent 45-50 kg/ha en période végétative la 1^{re} année de culture, puis 55-65 kg/ha de la reprise des plantes en sortie d'hiver à la fin de la production fruitière, l'année suivante. Au printemps, les fruits mobilisent plus de 60 % des quantités d'azote prélevées sur la période de février à mai.

En raison des quantités de matière sèche produites sur un laps de temps relativement court, et malgré leur faible teneur en azote par rapport aux autres organes, les fruits peuvent exporter plus de 8 unités d'azote par semaine.

Toutefois, précisons que la plante toute entière contribue à la nutrition azotée des fruits, ce que traduit le phénomène naturel de dilution de l'azote dans les divers organes, et en particulier dans les rhizomes et les racines principales (**Figure 8**). De ce fait, les besoins instantanés en azote pour assurer la production de fruits peuvent différer des quantités d'azote exportées par les fruits.

La **figure 9** rend compte des exportations en potassium, calcium, magnésium, phosphore parallèlement à celles de l'azote.

Au-delà de l'acquisition des références ci-dessus, utiles pour orienter la gestion des fertilisations, un test pratique d'évaluation du statut azoté des fraiseraias a été exploité ces dernières années en complément des mesures appliquées au sol (extraits à l'eau).

Ce test, appelé test pétiole, doit permettre de raisonner les apports sur la base du minimum nécessaire en se référant aux valeurs seuils ci-contre établies pour plusieurs variétés (**figures 10 et 11 a, b**).

Son principe est simple : il s'agit de mesurer, avec un appareil de terrain (Nitrachek ou RQFlex), la concentration en nitrates du jus extrait des pétioles de jeunes feuilles adultes prélevées sur 50 plantes environ (30 si la parcelle est très homogène) situées dans une zone prédélimitée, représentative de la parcelle. La valeur est comparée au seuil de référence⁽¹⁾ établi pour la période considérée.

Ce simple contrôle permet d'apprécier l'état azoté réel de la culture, et, avec l'analyse rapide de sol qui renseigne sur le potentiel nutritif du milieu, donne les repères indispensables pour optimiser les fertilisations et concilier rendement et qualité des productions.

¹ Ont participé à l'élaboration du référentiel :

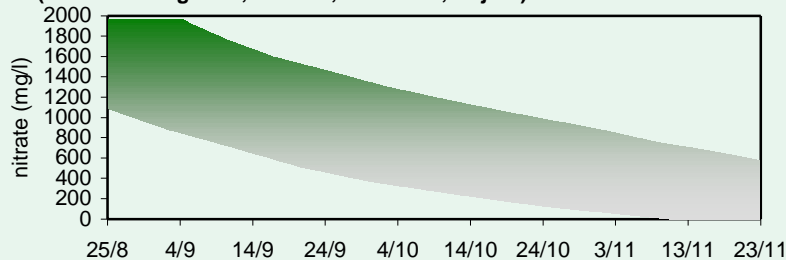
APREL 13, CADRAM 47, Chambres d'Agriculture 41, 47, 49, 60, 84, CIREF 24 ET 47, GDA du Contat 84, GRANLOT 47, Marché de PHALEMPIN 59, SCA PLEVALOT, SCA VALPRIM, SELT 41, SERFEL 30



Zone de concentrations optimales en nitrates des sucres pétiolaires

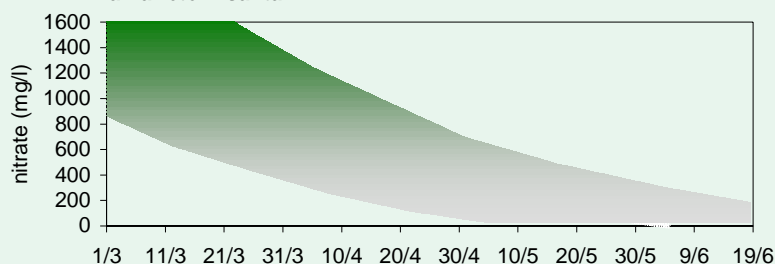
10 : en période végétative

(variétés Gariguette, Elsanta, Darselect, Pajaro)



11 (a, b) : en période de floraison - fructification

a-variété Elsanta



b-variété Darselect

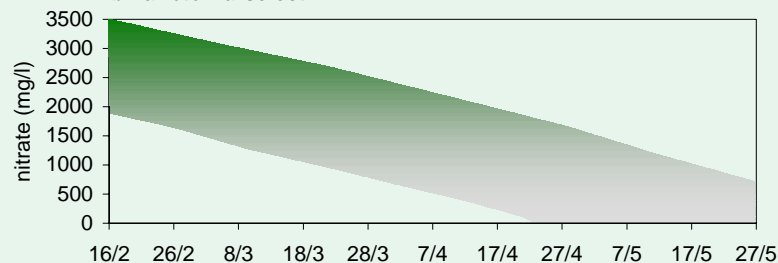


Tableau 3 - Bilans d'exportation et équilibres d'absorption

ELSANTA

Plantation début août - Plants frais

6,5 t de matière sèche

30,6 t de fruits (calibres commercialisables)

| | Exportations en éléments minéraux (kg/ha) - eau (m ³ /ha) | | |
|-----------------------------------|--|----------------------|-------|
| | 1 ^{re} année | 2 ^e année | Total |
| N | 50 | 65 | 115 |
| P₂O₅ | 40 | 30 | 70 |
| K₂O | 60 | 130 | 190 |
| CaO | 35 | 40 | 75 |
| MgO | 13 | 12 | 25 |
| Eau | 250 | 660 | 910 |

Equilibre d'absorption N/P₂O₅/K₂O

1^{re} année 1/0,80/1,14

2^e année 1/0,45/2,00

Moyenne 2 années 1/0,65/1,62

GARIGUETTE

Plantation en juillet - Plants frigo

11 t de matière sèche

30 t de fruits (calibres commercialisables)

| Exportations (kg/ha) | |
|-----------------------------------|-----|
| N | 180 |
| P₂O₅ | 110 |
| K₂O | 265 |
| CaO | 125 |
| MgO | 45 |

Equilibre d'absorption N/P₂O₅/K₂O

1/0,60/1,50

Conclusion

Le fraisier manifeste un comportement commun aux plantes pérennes qui se traduit par :

– une accumulation de glucides synthétisés pendant la vie active des plantes dans les organes de réserve, sous l'effet de signaux climatiques ;

– une mobilisation des réserves pour assurer le démarrage des plantes en sortie d'hiver.

Ensuite, les sucres nouvellement formés se répartissent au sein de la plante selon la force de mobilisation des différents organes. Avec la fructification, les sucres s'orientent préférentiellement vers les fruits qui exercent une force d'appel dominante au sein du végétal.

Des déséquilibres marqués dans l'allocation du carbone peuvent conduire à des déficits au niveau du système racinaire, déficits qui atteignent un stade ultime chez la variété Elsanta avec l'effondrement des plantes.

L'azote, en participant au développement, à la répartition du carbone dans la plante, à l'élaboration du rendement, est un facteur incontournable.

Pour faciliter la conduite des fertilisations azotées, outre les références sur les besoins en azote en fonction du développement, les mesures rapides du statut azoté de la culture, associées au fractionnement des apports, représentent un moyen objectif de fertiliser à bon escient, selon les besoins réels et présents de la culture. A ce titre, ces mesures sont indissociables d'une démarche d'optimisation de l'azote contribuant à la réussite des objectifs de rendement et de qualité des productions.

Bibliographie

DARNELL R.L., MARTIN G.C., 1988.

Rôle de assimilates translocation and carbohydrate accumulation in fruit set of strawberry. J. Amer. Hort. Sci. 113(1) : 114-118.

FORNEY C.F., BREEN P.J., 1985. Dry matter partitioning and assimilation in fruiting and deblossomed strawberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(2) : 181-185.

GAGNON B., DESJARDINS Y. and BEDARD R., 1990. Fruiting as a factor in accumulation of carbohydrates and nitrogen and in fall cold hardening of day-neutral strawberry roots. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 (4) : 520-525.

GAST K., POLLARD J., 1986. Temperature effects on photosynthesis and carbon metabolism in *Fragaria Ananassa* Duch. Hort. Sci. Vol. 21(3).

GUYE M.G., GAUDILLERE J.P. and HENNION B., 1996. Stress sensitivity in fruiting «Elsanta» strawberry plants : are roots involved ? Acta. Hort. 439. vol. 1 : 687-692.

LIETEN F., KINET J.M. and BERNIER G., 1995. Effects of prolonged cold storage on the production capacity of strawberry plants. Sci. Hort. 60 : 213-219.

MAAS J.L., 1986. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. Advances in strawberry production. Vol 5 : 22-24.

RAYNAL-LACROIX C., COUSIN I., 1997. Petiolar sap nitrate as a guide in the fertilisation of strawberry. Acta. Hort. 439. Vol. 2 : 753-762.

SCHAFFER B., BARDEN J.A. and WILLIAMS J.M., 1986. Net photosynthesis, dark respiration, stomatal conductance, specific leaf weight, and chlorophyll content of strawberry plants as influenced by fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 (1) : 82-86.

SCHAFFER B., BARDEN J.A. and WILLIAMS J.M., 1986. Whole plant photosynthesis and dry-matter partitioning in fruiting and deblossomed day-neutral strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(3) : 430-433.

