

Évolution de la teneur en nitrate du sol dans un verger de pêcher, en fonction du mode de fertilisation azotée

T GIRARD
C BUSSI
Inra-SRIV
Domaine de Gotheron
F 26320
Saint-Marcel-les-Valence
France

Reçu le 17 juillet 1995
Accepté le 5 septembre 1995

Évolution de la teneur en nitrate du sol dans un verger de pêcher, en fonction du mode de fertilisation azotée.

RÉSUMÉ

La teneur en nitrate du sol (tns) d'un verger de pêchers irrigué par goutte-à-goutte a été étudiée après trois traitements de fertilisation azotée : apport d'engrais solide au sol (T1 : méthode classique), injection d'engrais liquide dans le réseau d'irrigation (T2) et témoin sans azote (T3). Pour T2 et T3, la solution du sol a été prélevée à 30 et à 50 cm de profondeur et, pour T1, à 30, 50 et 100 cm. À 30 cm (zone d'activité racinaire la plus intense), T1 et T2 ont beaucoup augmenté la disponibilité du nitrate. À 50 cm, (tns) est beaucoup plus importante pour T1 que pour T2. De plus, (tns) pour T1, à 100 cm, est supérieure à (tns) pour T2 mesurée à 50 cm. Or, le nitrate présent à 100 cm est hors de portée des racines du pêcher. La méthode classique serait donc plus polluante que la technique de fertirrigation.

MOTS CLÉS

Prunus persica, fertilisation, azote, nitrate, irrigation fertilisante, pollution.

Evolution of the soil nitrate concentration in a peach tree orchard according to the method of nitrogen fertilization.

ABSTRACT

Soilsolution has been sampled in a peach tree orchard subjected to trickle irrigation and its nitrate concentration has been measured. Compared to the reference without nitrogen (T3), nitrogen fertilizer supplies (T1), and ground applications or injections through irrigation (T2), strongly increase nitrate availability at 30 cm in depth where peach tree root density is the highest. At 50 cm depth, nitrate concentrations are much higher for T2 than T1. Owing to the fact that the orchard soil is weakly colonized by peach tree roots at 50 cm depth, the measured concentrations suggest that nitrate leaching is high with T2. Moreover, for T2 and at 100 cm depth, the detected nitrate concentrations are still high; they are even greater than measured at 50 cm with T1. Nitrate present at 100 cm depth must be considered unattainable by the peach tree root system. So, in our experimental conditions, the classical N ground applications at the end of winter and in spring appear more polluting than the N fertirrigation method.

KEYWORDS

Prunus persica, fertilizer application, nitrogen, nitrates, fertigation, pollution.

Evolución de la proporción de nitrato en el suelo en un huerto de melocotoneros, según el modo de fertilización nitrogenado.

RESUMEN

Se estudió la proporción del nitrato en el suelo (tns) de un huerto de melocotoneros irrigado gota a gota después de tres tratamientos de fertilización nitrogenada : aportación de abono sólido al suelo (T1 : método clásico), inyección de abono líquido en la red de irrigación (T2) y muestra sin nitrógeno (T3). Para T2 y T3 la solución del suelo fue sacada para muestra a 30 y a 50 cm de profundidad y para T1 a 30, 50 y 100 cm. À 30 cm (zona de actividad de las raíces la más intensa), T1 y T2 aumentaron mucho la disponibilidad del nitrógeno. À 50 cm, (tns) es mucho más importante para T1 que para T2. Además, (tns) para T1, a 100 cm, es superior a (tns) para T2 medida a 50 cm. Ahora bien, el nitrógeno presente a 100 cm está fuera de alcance de las raíces del melocotonero. El método clásico sería entonces más contaminante que la técnica de fertirrigación.

PALABRAS CLAVES

Prunus persica, aplicación de abonos, nitrógeno, nitratos, fertirrigación, polución.

● introduction

L'irrigation fertilisante est une méthode actuellement reconnue pour son efficacité dans le cas de la fertilisation d'un verger (GOODE et al, 1978 ; SMITH et al, 1979) ; pour une même quantité d'azote apportée, l'injection d'engrais liquide dans le réseau d'irrigation conduit à une meilleure productivité des vergers de pêchers et de pommiers que la méthode classique d'épandage d'engrais solide (BUSSI et al, 1992 ; NEILSEN et al, 1993). Pour expliquer ce résultat, une des hypothèses avancées a été que le lessivage des nitrates se trouverait limité lorsque la technique d'irrigation fertilisante est mise en œuvre (HAYNES, 1985 ; BAR-YOSEF et al, 1988). Néanmoins, aucune donnée expérimentale n'avait encore permis de vérifier cette hypothèse. Il paraissait donc particulièrement opportun de comparer les variations de la teneur en nitrate dans le sol d'un verger à partir de l'utilisation de l'un et l'autre de ces deux types de fertilisation, par épandage et par fertirrigation.

Analyser la concentration en nitrate du sol est aujourd'hui possible à partir du prélèvement de solutions réalisé en installant, sur la parcelle cultivée, un dispositif de bougies poreuses (BALLIF et MULLER, 1990). Cette méthode est beaucoup moins contraignante qu'un prélèvement direct des échantillons de terre. De plus, le dosage de la concentration en nitrate de ces solutions de sol est simplifiée par l'utilisation de la méthode des bandelettes (ODET, 1990) qui s'avère aussi efficace que les méthodes beaucoup plus complexes auparavant mises en œuvre (HENRIKSEN et SELMER-HOLSEN, 1970).

Ces nouvelles techniques de prélèvements et de dosages avaient déjà été testées sur cultures céréalières et maraîchères irriguées par aspersion (BERNHARD et SCHENK, 1986 ; THICOIPE et ESTRADÉ, 1991) ; les travaux présentés ont cherché à les adapter aux cultures fruitières irriguées par goutte-à-goutte.

Les objectifs ont été les suivants :

- mesurer l'évolution dans le temps de la teneur en nitrate de la solution du sol du verger à différentes profondeurs et en fonction du mode de fertilisation azotée utilisé ;
- évaluer la fiabilité des résultats obtenus et plus particulièrement leur reproductibilité sur le verger.

● matériels

La solution du sol a été prélevée à l'aide de deux types d'appareils équipés de bougies poreuses : la canne lysimétrique (ou lysimètre) et le tensionic.

La canne lysimétrique est constituée d'un tube de PVC de longueur variable, à l'extrémité duquel est placée une bougie poreuse (fig 1). Un tuyau de petit diamètre, qui permet de créer une dépression à l'intérieur de la canne à l'aide d'une pompe à vide, descend dans cette bougie au travers d'un bouchon. La solution passe au travers de la bougie pour être recueillie 24 heures plus tard par aspiration.

Le tensionic possède un type de bougie dit à « haut flux » (MOUTONNET et PAGENEL, 1992). Il n'y a pas de succion au travers de cette bougie, mais de l'eau déminéralisée y est introduite (fig 2). Pendant une semaine, la composition en éléments minéraux de cette eau va s'équilibrer avec celle de la solution du sol, puis elle sera recueillie à l'aide d'un capillaire plongeant à l'intérieur de la bougie. La tension de l'eau dans le sol pourra être également mesurée par l'intermédiaire d'une chambre à dépression située dans la partie supérieure de l'appareil et sur laquelle un outil de mesure de type DTE 1000 est adaptable (Nardeux Humisol SA).

Avec la canne lysimétrique, la teneur en nitrate de la solution du sol peut être évaluée en 24 heures seulement, alors que, avec le procédé tensionic, cette donnée est plus longue à obtenir, puisqu'il faut au minimum 8 jours pour qu'un équilibre s'établisse entre la solution du sol et celle de la bougie. Toutefois, le tensionic permettant de lire la tension de l'eau au point de prélèvement, son emploi a été préféré pour l'implantation d'un appareil de mesure à la profondeur de 30 cm. Par ailleurs, à cette profondeur, il est apparu difficile, dans les conditions de l'expérimentation réalisée, de maintenir la bougie de la canne lysimétrique dans la zone humide. Celle-ci a cependant été choisie pour les mesures effectuées à 50 cm et 100 cm de profondeur.

● méthodes

traitements de fertilisation azotée

Afin de comparer les méthodes de fertilisation, trois traitements de nutrition azotée ont été appliqués au verger expérimental de pêchers uti-

lisé : apport d'engrais au sol sous forme solide (traitement 1), irrigation fertilisante apportant une même dose d'azote que le traitement précédent (traitement 2), témoin sans azote (traitement 3).

Le traitement 1 reprend la méthode classiquement utilisée par les arboriculteurs (HUGUET et al, 1979) : épandage au sol de 120 kg N/ha (NH_4NO_3) à raison d'une moitié de la dose le 5 mars 1993 et de l'autre moitié le 21 mai 1993.

Le traitement 2 a consisté en l'apport de 7,5 kg N/ha (NH_4NO_3) dans l'eau d'irrigation, une fois par semaine à partir du 6 mai 1993. Ces apports devaient initialement se poursuivre jusqu'à atteindre 120 kg N/ha au total, mais des problèmes techniques ont conduit à interrompre les injections d'engrais dans le réseau d'irrigation à la fin du mois de juin.

Le traitement 3, sans apport d'azote, a été pris comme traitement de référence.

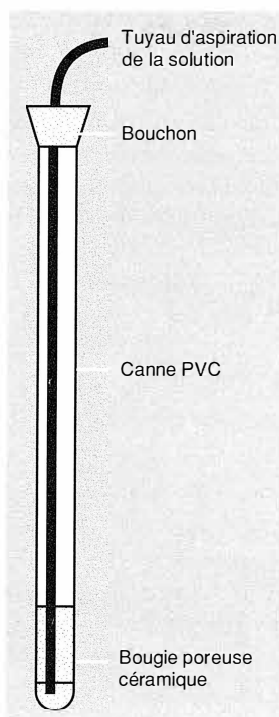


Figure 1
Représentation schématique
d'une canne lysimétrique.

implantations des tensionics et des cannes lysimétriques

Les bougies poreuses ont été maintenues dans la zone de sol humectée par irrigation au goutte-à-goutte, sans toutefois être implantées à l'aplomb du goutteur afin d'éviter les écoulements préférentiels d'eau le long des cannes. Tensionics et lysimètres ont donc été installés verticalement à une distance de 20 cm du goutteur, entre arbre et goutteur.

Trois profondeurs d'implantation ont été choisies, 30 cm, 50 cm et 100 cm :

- à 30 cm, dans le cas de l'utilisation d'un système d'irrigation par goutte-à-goutte, la densité des racines de pêcher est la plus importante (HUGUET, 1981) ; deux répétitions ont été mises en place pour chacun des trois traitements ; comme il a été expliqué précédemment, seuls des tensionics ont alors été implantés ;
- à 50 cm, la densité des racines de pêcher est beaucoup plus faible qu'à 30 cm ; à cette profondeur, on peut donc considérer qu'une partie importante des nitrates présents est perdue pour la plante ; pour chacun des traitements, trois répétitions ont alors été réalisées ; l'évolution de la teneur en nitrates a été mesurée par des lysimètres ;
- un seul lysimètre, implanté à la profondeur de 100 cm étudiée uniquement dans le cas du trai-

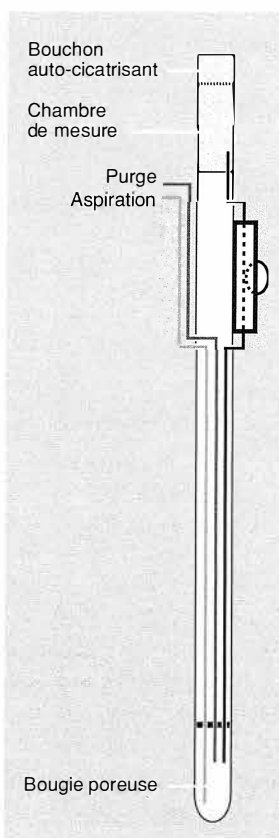


Figure 2
Représentation schématique
d'un tensionic.

tement 1, a permis de contrôler s'il y avait véritablement des pertes de nitrates à la suite d'un épandage d'engrais solide.

Les prélèvements de solution du sol ont été réalisés chaque semaine et les dosages de nitrate ont été effectués à l'aide du système « Nitracheck » (Chalenge Agriculture SA).

● résultats

teneurs en nitrate du sol à la profondeur de 30 cm

Les résultats présentés sur la figure 3 ne concernent qu'une seule des deux répétitions implantées. En effet, les bougies poreuses n'ayant pu être maintenues en permanence dans la portion de sol humectée par le goutteur de la deuxième série d'essais, il n'a pas été possible de prélever la solution du sol à certaines périodes.

À la date du 25 avril (j115), la teneur en nitrate des parcelles n'ayant pas encore reçu d'azote (traitements 2 et 3) varie entre 30 et 40 ppm. En revanche, à cette même date, la teneur évaluée à partir des solutions prélevées sur la parcelle ferti-

lisée le 5 mars avec 60 kg N/ha (traitement 1) est presque 10 fois plus élevée (250 ppm environ).

À partir du 13 mai (j133), soit 7 jours après la première injection d'engrais dans le réseau d'irrigation, la teneur en nitrate de la solution du sol s'accroît pour le traitement 2, jusqu'à atteindre une valeur très proche de celle relevée pour le traitement 1, soit environ 170 ppm à j145. En revanche, les valeurs relevées pour le traitement 3, témoin sans azote, ne dépassent pas 40 ppm dans le même temps.

Par la suite, les teneurs en nitrate relevées pour les traitements 1 et 2 restent proches, mais tendent à décroître pour finalement presque rejoindre celles du traitement 3, voisines de la valeur nulle à j200.

teneurs en nitrate du sol à la profondeur de 50 cm

Les résultats présentés sur la figure 4 sont la moyenne de ceux obtenus pour les trois répétitions mises en place.

À la date du 25 avril (j115), la teneur en nitrate des parcelles n'ayant pas encore reçu d'azote (traitements 2 et 3) est voisine de 100 ppm ; celle relevée sur la parcelle du traitement 1 est alors de l'ordre de 500 ppm, et quelques jours plus tard, elle atteint même un pic de près de 700 ppm.

À partir du 23 mai (j143), les teneurs en nitrate du sol mesurées pour les traitements 1 et 2 commencent à décrire une courbe ascendante. Ces augmentations débutent 3 jours après le deuxième apport d'azote pour le traitement 1, et seulement 17 jours après la première injection d'azote effectuée pour le traitement 2. On remarque, de plus, que la teneur en nitrate maximale détectée est proche de 700 ppm pour le traitement 1 alors qu'elle n'atteint pas 200 ppm pour le traitement 2, soit une valeur plus de 3 fois inférieure à celle du traitement 1. Ces valeurs maximales sont atteintes à j167 ; elles décroissent ensuite rapidement, puisque, à j195, les teneurs en nitrate alors relevées pour les traitements 1 et 2 se situent respectivement autour de 130 et 50 ppm.

Par ailleurs, les teneurs en nitrate relevées pour le traitement témoin sans azote tendent à diminuer au cours de l'expérimentation de la valeur 100 ppm (j100) à la valeur nulle (j195).

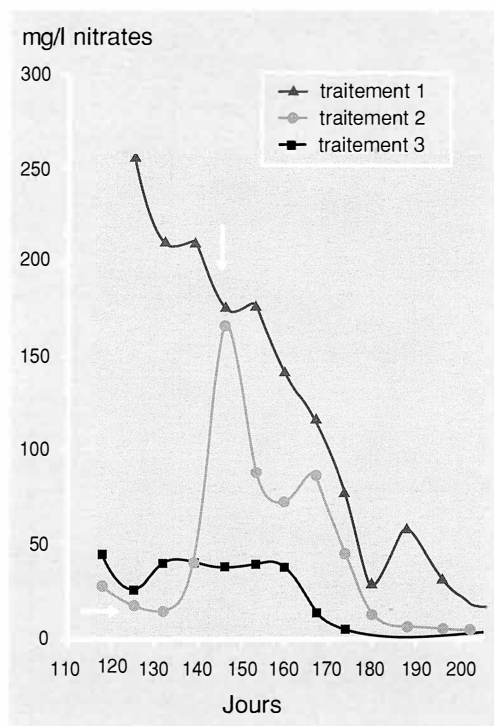


Figure 3
Évolution des teneurs en nitrate de la solution du sol, mesurées à la profondeur de 30 cm, pour les traitements application d'azote en épandage au sol (traitement 1) et par fertirrigation (traitement 2) et pour le traitement témoin sans apport d'azote (traitement 3). La flèche horizontale indique la date de l'apport d'azote au sol ; la flèche verticale indique la date de l'apport d'azote en fertirrigation.

teneurs en nitrate du sol à la profondeur de 100 cm

À la profondeur de 50 cm et pour le traitement 1 (fig 4, courbe 1a), l'augmentation de la teneur en nitrate du sol débutait à j143, soit 3 jours après le deuxième apport d'azote ; à la profondeur de 100 cm (fig 4, courbe 1b), cette même augmentation commence à j148, soit 8 jours après le deuxième apport d'azote. De la même façon, à la profondeur de 100 cm, le pic de teneur en nitrate observé à j167 à la profondeur de 50 cm est décalé de 8 jours ; il est alors observé à j175.

Ensuite, à la profondeur de 50 cm, la teneur en nitrate chute de 650 à 130 ppm entre j167 et j195 pour le traitement 1 (courbe 1a), alors que, à 100 cm et pendant la même période, cette teneur en nitrate se stabilise entre 230 et 280 ppm (courbe 1b) ; par ailleurs, à cette même profondeur, un léger pic de concentration en nitrate apparaît à j195.

reproductibilité des mesures de teneur en nitrate du sol

Les courbes obtenues pour deux répétitions des traitements 1 et 3 à la profondeur de 50 cm sont représentées sur la figure 5.

Pour le traitement 1, le pic des teneurs en nitrate du sol est atteint à la même date pour les deux répétitions (j120). De la même façon, après ce pic, les teneurs en nitrate des deux points de mesure atteignent également leur valeur minimale presque en même temps, autour de j190.

Pour le traitement 3, les concentrations en nitrate du sol présentent, autour de j100, une valeur maximale proche de 200 ppm pour l'une et l'autre des deux répétitions. Ensuite, ces teneurs décroissent jusqu'à la valeur nulle atteinte à j190 pour les deux points de mesure.

● discussion

Les teneurs en nitrate mesurées après prélèvement de la solution du sol avec des lysimètres apparaissent nettement supérieures à celles mesurées après prélèvement de la solution du sol avec des tensionics (figs 3 et 4). Ce résultat pourrait s'expliquer par le principe de fonctionnement différent des deux appareils :

– avec le lysimètre, toute la solution du sol située dans le voisinage de la bougie, soit, dans nos conditions expérimentales, essentiellement la solution se trouvant dans la macroporosité du sol, est captée ;

– avec le tensionic, l'équilibre entre la bougie poreuse et le sol concerne plus particulièrement la solution située dans la microporosité du sol (MOUTONNET et al, 1989).

Les valeurs absolues des teneurs en nitrate mesurées à partir des deux méthodes de prélèvement apparaissent donc difficilement comparables entre elles. En revanche, l'évolution de ces valeurs pendant la durée des expériences peut être valablement interprétée quelle que soit la technique utilisée pour le prélèvement de la solution du sol. Par ailleurs, du point de vue de la représentativité des données collectées, la bonne reproductibilité des résultats obtenus d'un site de mesures à l'autre (fig 5) suggère que le dispositif expérimental choisi de trois répétitions par traitement est satisfaisant.

Le traitement sans azote rend compte de la fourniture naturelle du sol en azote. Ce témoin permet

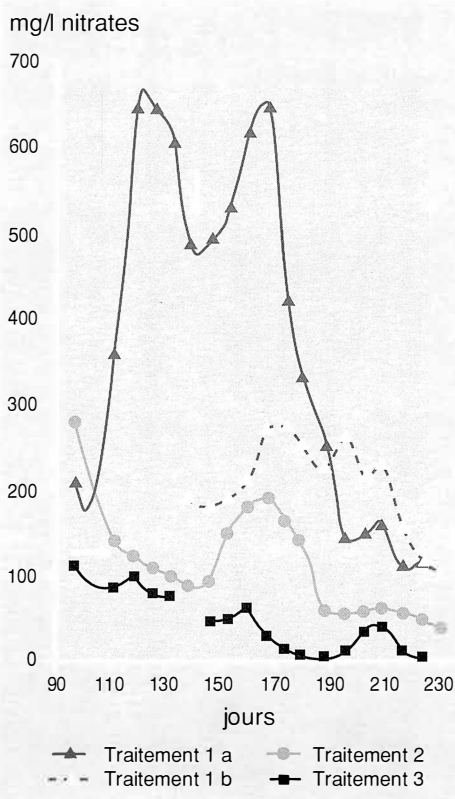


Figure 4
Évolution des teneurs en nitrate de la solution du sol, mesurées pour le traitement application d'azote en épandage au sol (traitement 1), aux profondeurs de 50 cm (courbe 1 a) et de 100 cm (courbe 1 b), ainsi que pour le traitement application d'azote par fertirrigation (traitement 2) et pour le traitement témoin sans apport d'azote (traitement 3). La flèche horizontale indique la date de l'apport d'azote au sol ; la flèche verticale indique la date de l'apport d'azote en fertirrigation.

de mettre en évidence les effets des modes d'apports nutritifs expérimentés qui se différencient nettement à partir des résultats obtenus, présentés sur les figures.

À la profondeur de 30 cm et à partir de la date j145, les concentrations en nitrate mesurées pour les traitements « apport d'azote au sol » et « injection d'azote dans le réseau d'irrigation » sont très proches les unes des autres. À 50 cm, ces teneurs sont nettement supérieures pour le traitement « apport d'azote au sol ». La méthode de fertirrigation semble donc contribuer à mettre à la disposition des racines de l'arbre (profondeur de 30 cm) autant de nitrate disponible que l'épandage d'engrais solide traditionnel, tout en paraissant limiter les migrations de nitrate hors des capacités d'interception des racines de l'arbre (profondeur de 50 cm). La rapidité de réponse aux fertilisations azotées, enregistrée d'une méthode d'apport à l'autre, confirme également l'idée d'un lessivage d'azote plus intense observé

dans le cas de la technique d'épandage d'engrais solides.

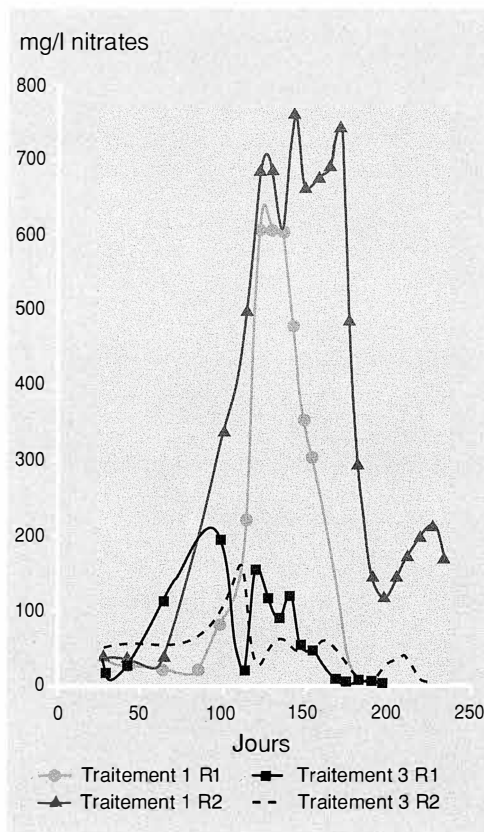
En effet, une augmentation de la teneur en nitrate de la solution du sol prélevée à la profondeur de 50 cm est relevée seulement 3 jours après le deuxième apport d'azote au sol, alors que 17 jours sont nécessaires pour observer le même phénomène après la première injection d'azote dans le réseau d'irrigation. De plus, les relevés effectués à 100 cm indiquent que, à cette profondeur, la concentration en nitrate est plus élevée pour le traitement « apport d'azote au sol » que celle relevée à 50 cm de profondeur pour le traitement fertirrigation. Le pic de concentration en nitrate détecté à 100 cm de profondeur pour j195 est formé en même temps qu'apparaît une diminution très nette de la concentration en nitrate à 50 cm ; ce phénomène semble donc matérialiser le lessivage d'azote induit par une application par épandage.

Ainsi, bien que les injections d'azote n'aient pas pu être réalisées au-delà du mois de juin, l'hypothèse d'une diminution du lessivage des nitrates par utilisation de la méthode de la fertirrigation, comparativement à la méthode de l'apport d'azote au sol, se trouve largement confortée par les résultats des mesures de concentration en nitrate de la solution du sol. Au-delà du jugement qu'elles permettent de formuler quant à l'efficacité des systèmes de fertilisation, les méthodes de mesures de la teneur en nitrate du sol utilisées au cours de cette expérimentation ouvrent de nouvelles perspectives en matière de pilotage de la fertilisation azotée du verger (SOING et MANDRIN, 1993).

références

- Ballif JL, Muller JC (1990) Les bougies poreuses et les lysimètres. *Perspectives agricoles* 144, 72-81
- Bar-Yosef B, Schwartz S, Markovich B, Lucas B, Assaf R (1988) Effect of root volume and nitrate solution concentration on growth, fruit yield, and temporal N and water uptake rates by apple trees. *Plant Soil* 107, 49-56
- Bernhard C, Schenck C (1986) Utilisation de bougies poreuses pour extraire la solution du sol dans le ried central de l'Alsace. *Bull GFHN* 20, 73-85

Figure 5
Évolution des teneurs en nitrate de la solution du sol, mesurées à 50 cm de profondeur, pour le traitement application d'azote en épandage au sol (traitement 1) et pour le traitement témoin sans apport d'azote (traitement 3), en deux sites différents (répétition 1 : R1 et répétition 2 : R2).



- Bussi C, Huguet JG, Besset J, Defrance H (1992) Incidence des techniques culturales sur la croissance et la fructification du pêcher en système d'irrigation localisée. II. Effets des facteurs mode d'application et dose d'azote apportée. *Fruits* 47 (5), 473-581
- Goode JE, Higgs KH, Hyricz KJ (1978) Trickle irrigation of apple trees and the effects of liquid feeding with NO_3^- and K^+ compared with normal manuring. *J Hort Sci* 53 (4), 307-316
- Haynes RJ (1985) Principles of fertilizer use for trickle irrigated crops. *Fertilizer Res* 6, 235-255
- Henriksen A, Selmer-Olsen AR (1970) Automatic methods for determining nitrate and nitrite in water and soil extracts. *Analyst* 95, 514-518
- Huguet JG (1981) Problèmes agronomiques posés par l'irrigation localisée en arboriculture fruitière. *Arboric Fruit* 325, 45-52
- Huguet JG, Saugnac AM, Decombe P (1979) Rationalisation des apports d'engrais en vergers par épandage en bandes. *Ann Agron* 30 (5), 455-467
- Moutonnet P, Pagenel JF (1992) La mesure in situ des nitrates du sol : le tensionic. In : *Colloque Hydrotop « la ville et l'eau »*, Marseille, France. 338-343
- Moutonnet P, Guiraud G, Marol C (1989) Le tensiomètre et la teneur en nitrate de la solution du sol. *Bull GFHN* 26, 11-29
- Neilsen GH, Parchomchuk P, Wolk WD, Lau OL (1993) Growth and mineral composition of newly planted apple trees following fertigation with N and P. *J Am Soc Hort Sci* 118 (1), 50-53
- Odet J (1990). Nitrates dans le sol : peut-on se fier aux méthodes d'analyses rapides ? *Info CTIFL* 63, 33-35
- Smith MW, Kenworthy AL, Bedford CL (1979) The response of fruit trees to injection of nitrogen through a trickle irrigation system. *J Am Soc Hort Sci* 104 (3), 311-313
- Soing P, Mandrin JF (1993) Étude de la distribution du nitrate sous un goutteur à l'aide d'un dispositif simplifié. *Compte rendu d'essai CTIFL*, Balandran, France, 1-11
- Thicoipe JP, Estrade JR (1991) Pilotage de la fertilisation azotée à l'aide de mesures rapides de l'azote du sol. *Info CTIFL* 72, 33-38