



# Efficiencia d'utilisacion de l'azote par la pomme de terre de saison (*Solanum tuberosum* L.)

A., Marouani\*; A., Sahli ; F. Ben Jeddi

Unité Cultures Maraichères et Florales (UCMF), Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, Mahrajène 1082, Tunis, Tunisie.

**E-mail correspondant auteur:** [amel\\_marouani@yahoo.es](mailto:amel_marouani@yahoo.es) – Tel. : 00216 25 856 370

**Mots clés.** Azote, pomme de terre, biomasse, rendement, efficacité d'utilisation de l'azote, lessivage.

**Key words:** Nitrogen, optimum dose of nitrogen, nitrogen-use ratio, washing nitrogen losses

---

## 1 SUMMMARY

L'azote est un élément indispensable pour la croissance et le développement de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). Son apport en doses déficitaires ou excessives peut réduire la productivité de la plante et aboutir à des problèmes environnementaux : causer l'eutrophisation des nappes phréatiques. Pour cette raison, il est nécessaire de déterminer une dose d'azote optimale à partir de laquelle la gestion de la fertilisation de la pomme de terre devient rationnelle. Dans ce cadre, un essai a été réalisé pour étudier l'effet de différents traitements azotés sur la biomasse et le rendement de trois variétés de pomme de terre. Les résultats obtenus indiquent l'absence de l'effet de la dose d'azote la plus élevée. Le calcul des coefficients d'utilisation apparente de l'azote a permis de constater une mauvaise efficacité d'utilisation de l'azote liée à des pertes très importantes au niveau de la strate du sol 0-60 cm dues au phénomène du lessivage.

## ABSTRACT

Nitrogen is an essential element for the growth and development of the potato (*Solanum tuberosum* L.). Its application in deficient or excessive doses can reduce the productivity of the plant and cause eutrophization of groundwater. To define an optimal dose of nitrogen from which the fertilizer management of potatoes becomes rational, one trial with three N treatments (0, 100 and 200 kg N/ha) and three cultivars of potato (*Spunta*, *Bellini* and *Atlas*), was performed at the Technical Center of Potato and Artichoke in Tunisia. The results indicated that the parameters related to the development of cultivars of potato *Spunta* and *Bellini* were subjected to the effect of the nitrogen presenting the highest values above the range *Atlas*. The estimation of the efficiency of nitrogen use was very low for varieties of potato due to very high losses of nitrogen. In order to determine the losses process, we studied the content of water and nitrate in the soil. The results showed that nitrate was concentrated in the topsoil and had been lost by leaching.. Gaseous losses were, then, because of the unavailability of nitrogen within the root zone of plants.

---



## 2 INTRODUCTION

En Tunisie, la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est l'une des sept cultures stratégiques pratiquées. Elle occupe une superficie de l'ordre de 24 300 ha répartie sur 25 000 parcelles. La pratique de la culture de cette espèce fait appel à 18000 producteurs dont 78% disposent d'une superficie totale inférieure à un hectare et 14% de moins de 2 hectares (Azouz, 1996). L'azote est un élément nutritif indispensable pour la croissance et le développement de la pomme de terre (Osundare, 2004 ; Caldiz, 2006 ; N'Dayegamiye, 2006 ; Samborski *et al.*, 2009). Il fait partie intégrante de la chlorophylle (plus de 75%) et des pigments photosynthétiques, des acides aminés et des protéines (Gayler *et al.*, 2002 ; Shiratsuchi *et al.* 2006). Sa disponibilité dans le sol, en doses suffisantes, favorise l'organogénèse et la croissance des parties aériennes en particulier celle des feuilles (Uchino *et al.*, 2012) et assure la production de tubercules de gros calibres (Shillito *et al.*, 2009 ; Sun *et al.*, 2012). Cependant, sa disponibilité en

doses élevées peut induire la dégradation de la qualité de la production (Chambenoît *et al.*, 2002) et la pollution des nappes phréatiques (Wallis *et al.*, 2011). Malgré l'apport de doses d'azote très importantes sous forme de fumure de fond (fumier de bovins, fumier de volailles, Ammonitrate) avant la plantation et sous forme d'engrais azotés le long du cycle cultural de la plante, les rendements obtenus à l'échelle de la parcelle, en Tunisie sont faibles et ne dépassent pas les 15 t/ha (CTPTA, 2013). Afin d'améliorer la productivité du système d'exploitation tunisien et d'ajuster les apports azotés aux stricts besoins de la plante, un essai a été réalisé au Centre Technique de la Pomme de Terre et de l'Artichaut dans la région de Manouba (Tunisie). Les objectifs du présent travail sont de déterminer l'effet de différentes doses d'azote sur les paramètres de croissance et de développement de trois variétés de pomme de terre à cycles de développement différents et d'estimer l'efficacité d'utilisation de l'azote par la culture de la pomme de terre.

## 3 MATERIELS ET METHODES

**3.1 Site expérimental :** Le centre technique de la pomme de terre et de l'artichaut «Saïda» est le premier centre créé dans le secteur agricole. Il appartient au gouvernorat de Manouba qui se situe dans la basse Vallée de Medjerda (37°Nord, 10°Est, Altitude 238 m) à 5.5 km de la capitale. L'agriculture est l'une des principales activités de la région et ses principaux produits exportés sont la pomme de terre, la tomate séchée, l'huile d'olive et l'artichaut (CTPTA, 2013) (Fig. 1). Le Centre Technique de la pomme de Terre et de l'Artichaut se situe dans un

climat du type semi-aride caractérisé par une pluviométrie irrégulière et des vents dominants de direction Nord-Ouest. La température moyenne enregistrée au cours de l'expérimentation a oscillé entre (-1.32) et 36.46°C. Le mois le plus froid a été enregistré au mois de mars avec une température moyenne égale à 6.55°C. Le mois le plus chaud a été enregistré au mois de mai avec une température moyenne égale à 17.82°C. La précipitation moyenne a été très faible et elle n'a pas dépassé 1.04 mm au cours du mois de mars (Fig. 2).

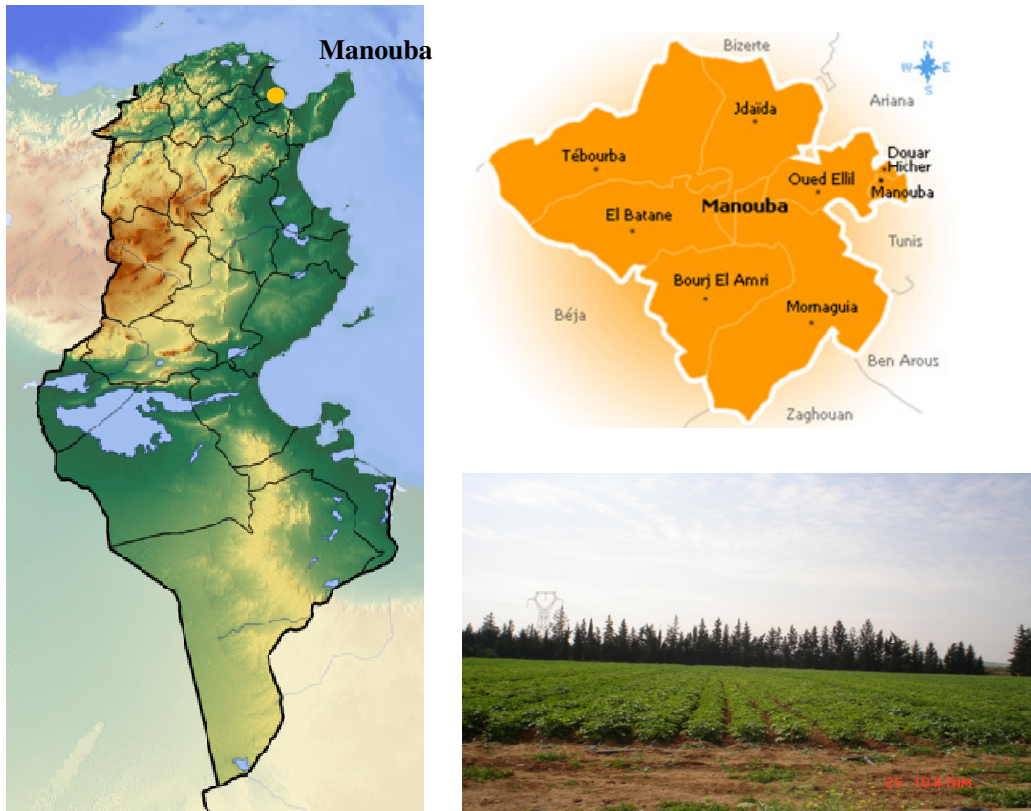


Figure 1. Emplacement géographique du Centre Technique de la Pomme de Terre et de l'Artichaut (CTPTA, 2013).

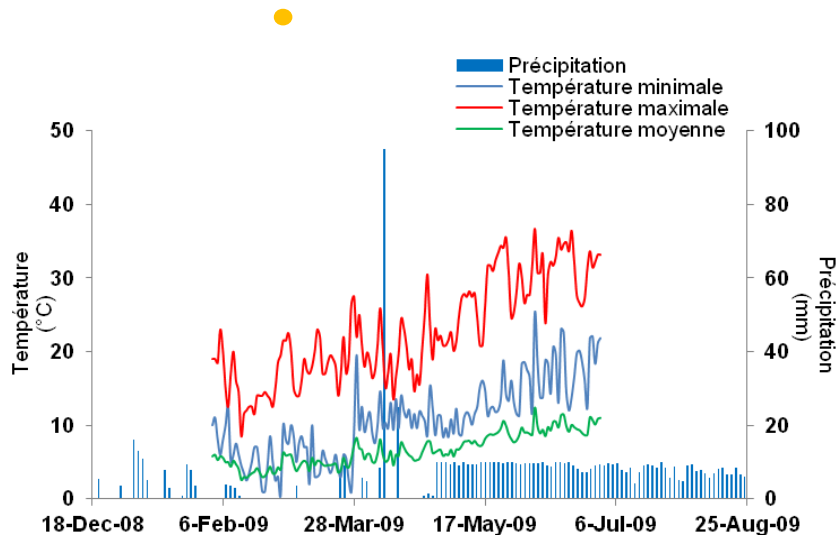


Figure 2 : Évolution journalière des températures minimale, maximale et moyenne et de la précipitation.

Les résultats granulométriques effectués indiquent que le sol est de texture limoneuse sur la profondeur 0-20 cm et limono-argileuse sur la profondeur 20-60 cm. La répartition des différents éléments granulométriques indique que l'argile est l'élément dominant avec une proportion égale à 45.6%. L'élément sable représente une proportion faible égale à 25%. Les résultats de l'analyse chimique du sol montrent que le sol se caractérise par un pH basique (de l'ordre de 8) et une faible teneur en matière organique (2%). La teneur en calcaire actif est égale à 13.5%. La capacité d'échange cationique et la quantité d'azote minéral sont égales, respectivement, à 28.2 méq/100 g et à 1.2 g N/kg. L'essai a été installé au mois de mars 2009 et il s'est poursuivi jusqu'au mois de juin 2009. Il comporte trois variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* à cycles culturaux différents. Pour

répondre aux objectifs de l'expérimentation, trois traitements azotés (N0 : 0 kg N/ha), (N100 : 100 kg N/ha) et (N200 : 200 kg N/ha) sont appliqués et répartis le long du cycle de développement de la pomme de terre. Les apports d'azote sont réalisés sous forme d'ammonitrate (33.5%). Pour subvenir aux besoins de la culture, des apports d'acide phosphorique et de sulfate de potassium ont été effectués le long du cycle cultural. Les apports d'azote ont été répartis sur 10 semaines, selon un calendrier de fertigation établi par le Centre Technique de la Pomme de Terre et de l'Artichaut qui consiste à répartir les apports à raison de 60% au cours des 4 premières semaines (entre 45 et 60 jours après plantation ou jap), 20% au cours de 2 semaines (entre 60 et 70 jap) et 20% au cours de 4 semaines (entre 70 et 85 jap) (Fig. 3).

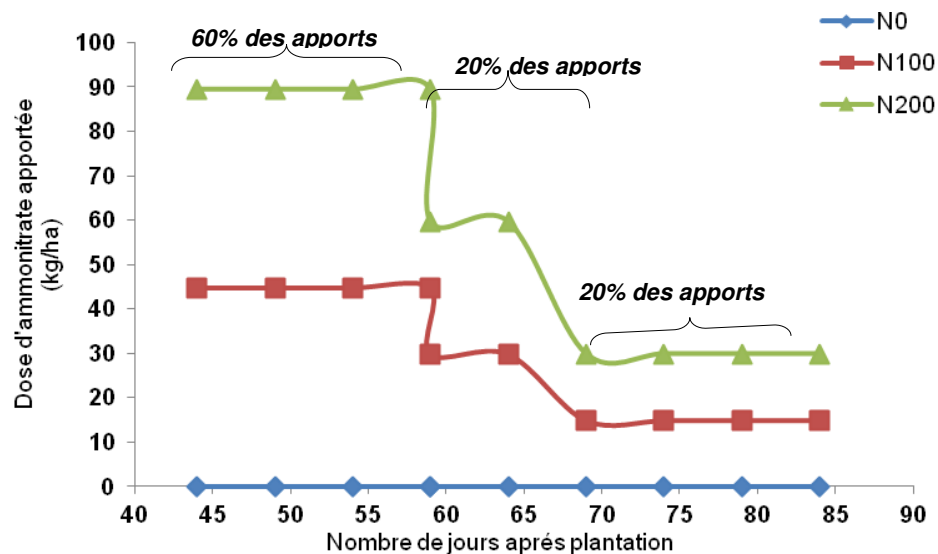


Figure 3 : Répartition des apports azotés au cours de l'année (2008-2009) selon le calendrier du CTPTA.

Le calendrier de fertigation est présenté selon un équilibre établi entre les éléments N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O en fonction de la phase de développement de la culture. Ce modèle est conçu en fonction des stades physiologiques de la pomme de terre qui s'étalent sur une période de 10 semaines (la croissance végétative, la tubérisation et le grossissement des tubercules) et il est testé et proposé par le centre technique de la pomme de terre et de l'artichaut.

Le dispositif expérimental utilisé est de type split-plot. La parcelle expérimentale a eu une superficie totale de 3147.48 m<sup>2</sup>. Elle est formée de trois parcelles élémentaires séparées l'une de l'autre par deux interlignes et représentant chacune un régime appliqué au cours de l'essai. Chaque parcelle élémentaire comporte trois répétitions ou petites parcelles de 18 lignes et chaque répétition comporte trois variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et

*Atlas*, occupant chacune six lignes consécutives avec une distance interligne égale à 0.8 m. Le système d'irrigation utilisé est de type goutte à goutte. La quantité d'eau utilisée le long de l'essai est de l'ordre de 3300 m<sup>3</sup>/ha.

### **3.2 Variables mesurées**

**3.2.1 Biomasse sèche totale :** Le suivi de la biomasse sèche des différents organes de la pomme de terre (partie aérienne + tubercules + racines) est effectué tous les 15 jours. Au niveau de chaque parcelle élémentaire et par répétition, les

prélèvements sont effectués sur un mètre linéaire (Fig. 4). Les plantes mises séparément dans un paquet muni d'une étiquette d'identification sont transportés au laboratoire pour être lavés de la masse de terre. Après le nettoyage, les différents organes de chaque plante sont pesés séparément puis mis dans des paquets munis d'étiquettes au niveau de l'étuve pour le séchage à une température de 75°C. Le séchage est considéré terminé lorsque la masse des échantillons reste constante pendant 24 heures.



**Figure 4.** Plantes de pomme de terre prélevées sur un mètre linéaire.

**3.2.2 Rendement total en tubercules :** Le rendement total comporte toute la production obtenue y compris les tubercules de petits calibres. Il est estimé à partir du poids frais des tubercules par unité de surface.

**3.2.3 Teneur totale en azote organique :** Les plantes prélevées sont nettoyées et mises à l'étuve à 75°C. Une fois séchés, les échantillons sont broyés et bien mélangés. Les analyses chimiques des échantillons, de prise d'essai de 200 mg, sont réalisées à l'INAT. Le dosage de l'azote organique du végétal se fait selon la méthode kjeldahl, par attaque à l'acide sulfurique à l'aide d'un digesteur (Fig. 5) suivi d'une distillation (Fig. 6) (Bremner, 1965)



Figure 5. Digestion de l'extrait végétal.



Figure 6. Distillation et titration de l'extrait végétal.

**3.2.4 Coefficient d'utilisation apparente de l'azote (CAU):** Le coefficient d'utilisation apparente de l'azote est calculé par la formule suivante (Schvartz *et al.*, 2005):  $CAU = [(N_{trt} - N_0)/X] * 100$

Avec  $N_{trt}$ : Quantité d'azote prélevée par une culture à la dose X (kg N/ha),  $N_0$ : Quantité d'azote

prélevée par la culture à la dose nulle (kg N/ha), X : Dose d'azote apportée (kg N/ha).

**3.2.5 Statut azoté du sol :** Le statut azoté du sol est estimé à partir des quantités d'azote minéral prélevées sur les profondeurs 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm, à l'aide d'une tarière. Le dosage de l'azote minéral s'effectue selon la méthode kjeldahl qui



consiste à doser les formes ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) et nitriques ( $\text{NO}_3^-$ ) (Bremner, 1965).

**3.2.6 Estimation des pertes d'azote :** Les pertes en azote sont estimées à partir de la méthode du bilan prévisionnel par la formule suivante (Meynard *et al.*, 1996) :

$$\text{Rf} - \text{Ri} = \text{Mn} + \text{X} - (\text{P} + \text{B}) \text{ ainsi : } \text{P} = (\text{Rf} - \text{Ri}) - \text{Mn} - \text{X} + \text{B}$$

avec P: Quantité d'azote perdu par divers mécanismes (kg N/ha), Ri: Reliquat initial d'azote minéral dans le sol (kg N/ha), Rf: Reliquat d'azote

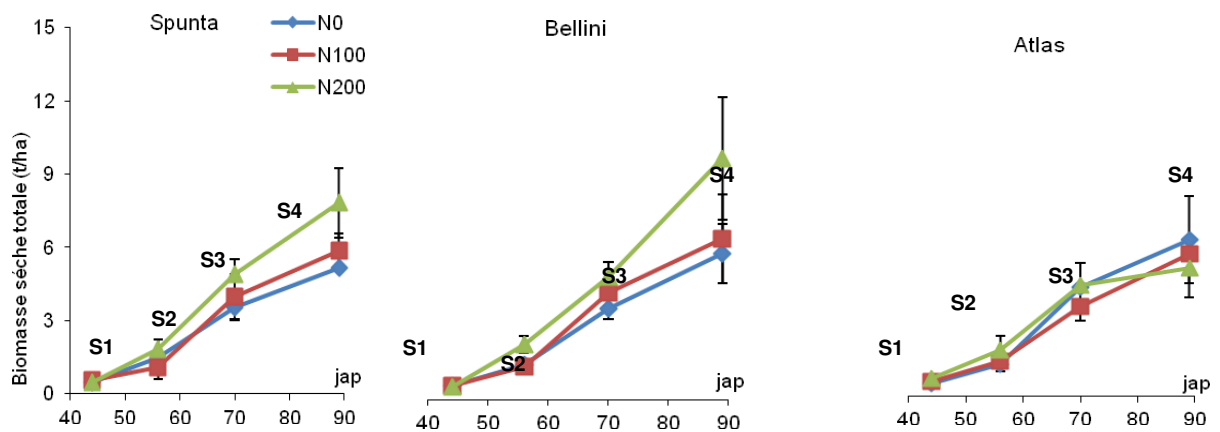
minéral final dans le sol (kg N/ha), Mn: Minéralisation nette de l'azote du sol considérée égale à l'exportation en azote de la plante entière au niveau du traitement témoin (kg N/ha), X: Quantité d'azote minérale apportée par l'engrais (kg N/ha), B: Exportation en azote de la plante entière (kg N/ha).

**3.2.7 Analyse statistique :** Les effets des différents traitements appliqués, sont estimés moyennant le logiciel statistique Statistix 8. La comparaison des moyennes a été faite par le test LSD (Least Significant Difference) au seuil  $\alpha = 5\%$ .

## 4 RESULTATS

**4.1 Biomasse sèche totale :** La cinétique d'évolution des biomasses sèches totales (parties aériennes + tubercules + racines) des plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* en fonction des stades physiologiques de la pomme de terre S1 (50% de recouvrement de sol), S2 (90% de recouvrement de sol), S3 (Initiation de la tubérisation) et S4 (Grossissement des tubercules) se caractérise par une allure linéaire croissante. À partir de l'interaction significative entre les facteurs variété et traitement azoté, on remarque que la disponibilité de l'engrais azoté dans le sol à une dose élevée favorise l'accumulation de la biomasse au niveau des différents organes de la pomme de terre. Les

biomasses cumulées suite à l'application du traitement N200 sont comprises entre 0.5 t/ha et 7.8 t/ha chez *Spunta*, entre 0.5 t/ha et 9.9 t/ha chez *Bellini* et entre 0.8 t/ha et 5.6 t/ha chez *Atlas*. L'effet du traitement N200 paraît masqué au début du cycle, à 44 jap (stade S1) puisque les biomasses enregistrées au cours de ce stade sont très faibles et sont statistiquement similaires aux biomasses sèches totales enregistrées en présence des traitements N0 et N100. Il n'est significatif qu'à partir de 70 jap (stade S3) permettant ainsi aux plantes *Bellini* d'avoir des biomasses sèches totales supérieures à celles de *Spunta* et d'*Atlas*, respectivement de 2.0 t/ha et de 4.3 t/ha (Fig. 7).

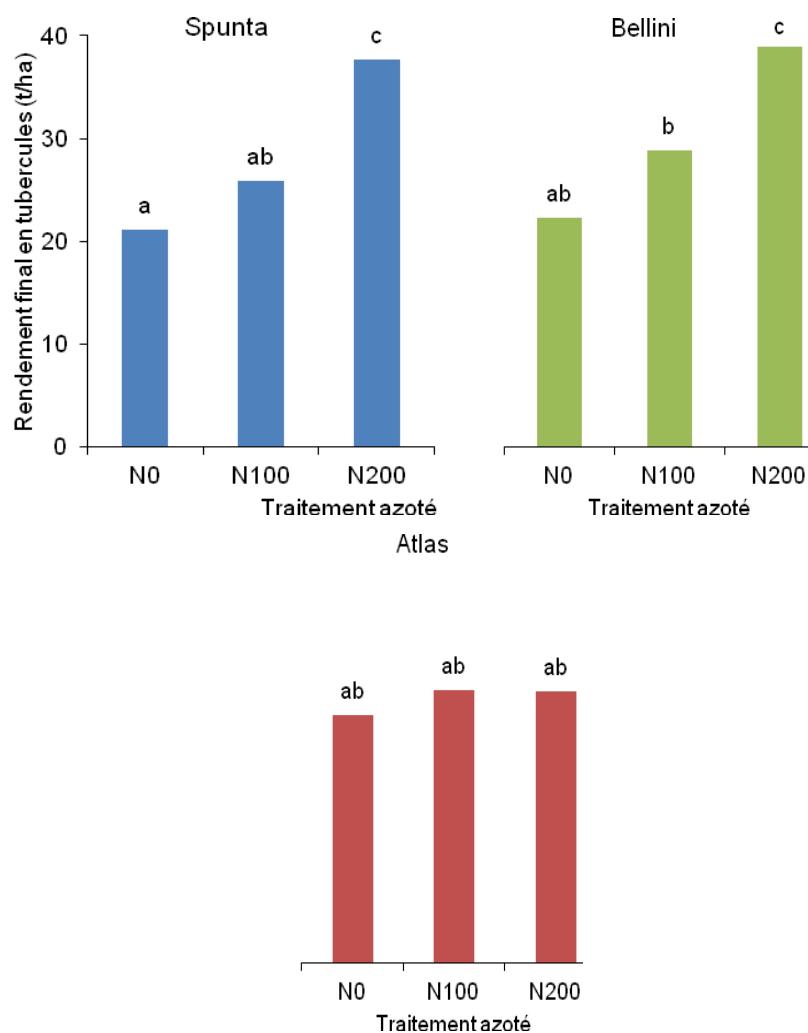


S1 : Stade 50% de recouvrement de sol, S2 : Stade 90% de recouvrement de sol, S3 : Stade Initiation de la tubérisation, S4 : Stade Grossissement des tubercules.

**Figure 7.** Évolution des biomasses sèches totales (parties aériennes + tubercules + racines) des variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*, en fonction du temps et en présence de traitements azotés N0, N100 et N200.

**4.2 Rendement final en tubercules :** La figure 8 représente la variation des rendements finaux en tubercules des plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* en fonction des traitements azotés N0, N100 et N200. L'interaction entre les facteurs variété et traitement azoté a abouti à l'obtention de rendements élevés suite à l'application du traitement N200. Les valeurs enregistrées en présence de ce traitement sont supérieures à celles enregistrées en présence des traitements N0 et N100. Le

comportement variétal vis-à-vis du traitement azoté appliqué indique que pour une même dose d'azote apportée le long du cycle cultural de la pomme de terre, le rendement varie d'une variété à une autre. En effet, en présence du traitement N200, appliqué le long du cycle de développement des plantes, on remarque que les variétés de pomme de terre *Spunta* et *Bellini* ont des rendements en tubercules plus importants que le rendement d'*Atlas* (Fig. 8).



**Figure 8.** Variation du rendement final en tubercules des variétés de la pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* en fonction des traitements azotés (N0), (N100) et (N200).

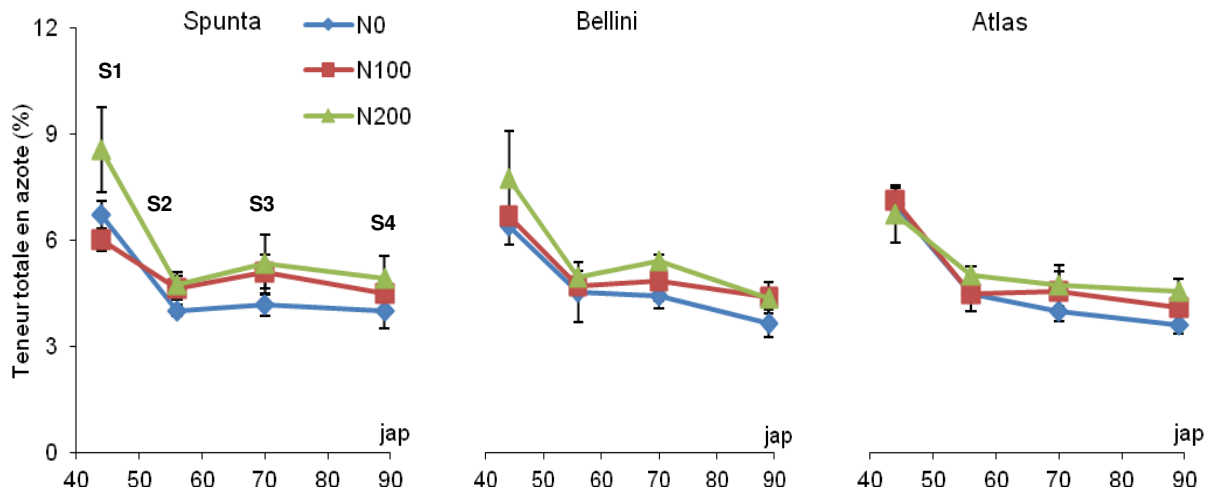
**4.3 Teneur totale en azote :** La cinétique d'évolution des teneurs en azote au niveau des

parties aériennes, des tubercules et des racines des plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* (Fig. 9) présente une



allure curviligne décroissante entre les stades S1 et S4. À partir de l'interaction significative entre les facteurs variété et traitement azoté, on remarque que l'application d'une dose d'azote élevée (traitement N200) au cours du stade S1 permet à la variété *Spunta* d'avoir une teneur totale en azote plus

élevée que celles enregistrées chez *Bellini* et *Atlas* au cours du même stade physiologique et en présence de la même dose d'azote. À la fin du cycle, à 89 jap du Stade S4, on remarque que les teneurs en azote sont faibles et elles sont statistiquement similaires pour un même traitement azoté (Fig. 9).

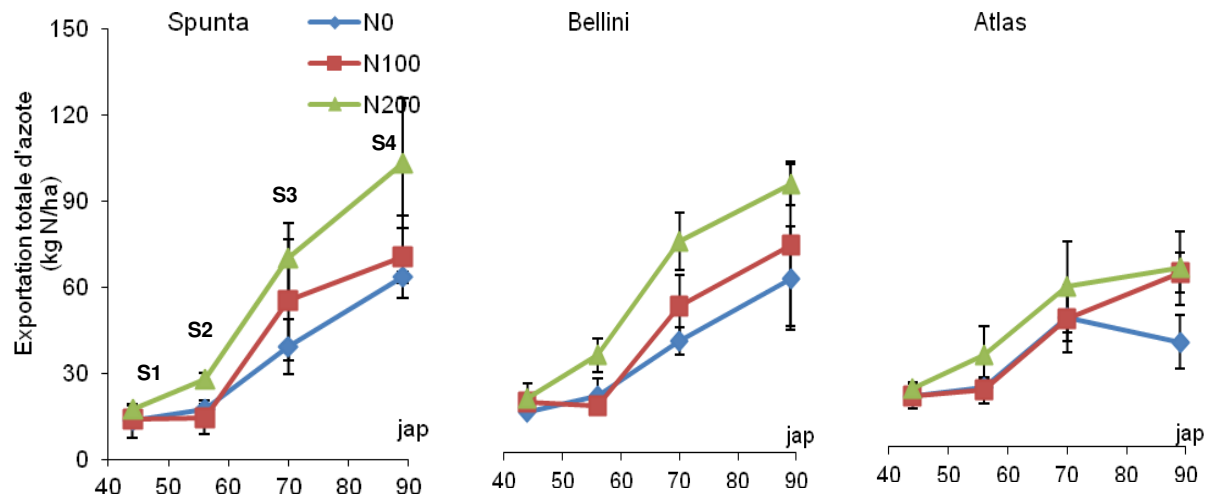


S1 : Stade 50% de recouvrement de sol, S2 : Stade 90% de recouvrement de sol, S3 : Stade Initiation de la tubérisation, S4 : Stade Grossissement des tubercules.

**Figure 9.** Evolution de la teneur totale en azote des variétés de la pomme de terre *Spunta* (A), *Bellini* (B) et *Atlas* (C), exprimée pourcentage (%) en fonction du temps et en présence des traitements azotés (N0), (N100) et (N200).

**4.4 Exportation totale d'azote :** Les cinétiques des exportations totales d'azote chez *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* (Fig. 10) illustrent un accroissement progressif des quantités d'azote cumulées au niveau des différentes parties des plantes entre les stades S1 et S4. Pour des doses d'azote égales à 100 kg N/ha et à 200 kg N/ha, on remarque que les plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*

exportent plus d'azote que les plantes témoins, dépourvues d'azote dans le sol. L'interaction significative entre le traitement azoté, le stade physiologique et la variété indique que l'apport de 200 kg N/ha (traitement N200) au cours des stades physiologiques S2, S3 et S4 permet à *Spunta* d'exporter plus d'azote que *Bellini* et *Atlas* (Fig. 10)

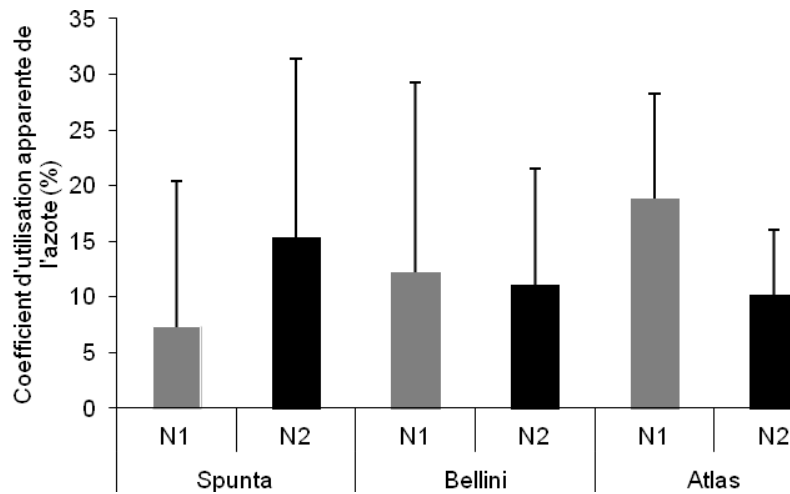


S1 : Stade 50% de recouvrement de sol, S2 : Stade 90% de recouvrement de sol, S3 : Stade Initiation de la tubérisation, S4 : Stade Grossissement des tubercules.

**Figure 10.** Evolution de la quantité totale d'azote exportée par les variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*, exprimée en tonne par hectare (t/ha) en fonction du temps et en présence des traitements azotés N0, N100 et N200

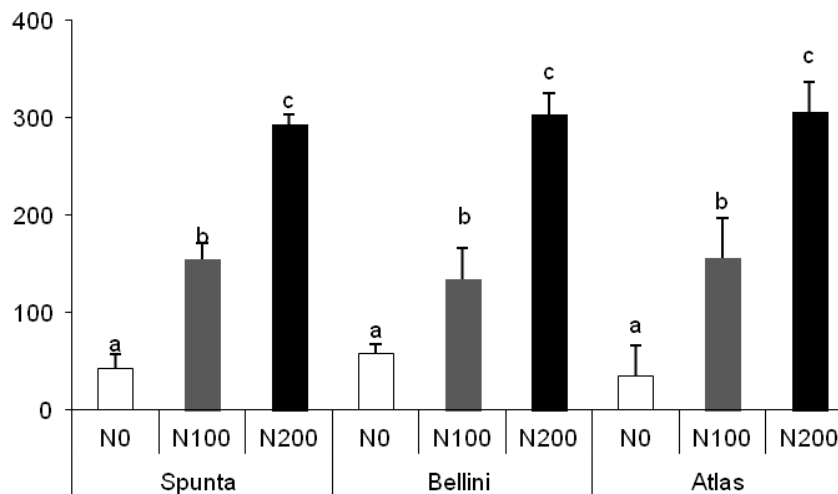
**4.5 Coefficient d'utilisation apparente de l'azote (CAU) :** Pour une même dose d'azote apportée, les variétés *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* n'ont pas montré une bonne efficacité d'assimilation de l'azote minéral. Les CAU enregistrés pour les différentes variétés de pomme de terre sont très faibles et sont comprises entre 7% et 19% pour le traitement N100 et entre 10% et 15% pour le traitement N200 (Fig. 11). Afin de mieux évaluer l'efficacité d'utilisation de l'azote, une estimation du statut azoté du sol ainsi que des pertes est nécessaire.

**4.6 Pertes d'azote : Méthode du bilan :** Les pertes d'azote calculées selon la méthode du bilan prévisionnel pour les trois variétés de pomme de terre sont représentées par la figure 12. Elles sont très faibles en cas de non apport d'azote alors qu'elles sont élevées en présence des traitements azotés N100 et N200 et elles sont comprises entre 155 et 293 kg N/ha dans le cas des plantes *Spunta*, entre 135 et 303 kg N/ha dans le cas des plantes *Bellini* et entre 156 et 306 kg N/ha dans le cas des plantes *Atlas*. Statistiquement, on note un effet significatif du traitement N200 sur la variation des pertes d'azote en profondeur.



Les valeurs suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 5%.

**Figure 11.** Variation des coefficients apparents d'utilisation de l'azote des variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* exprimés en pourcentage (%) en fonction des traitements N0, N100 et N200.



Les valeurs suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil 5%.

**Figure 12.** Variation des pertes d'azote sur la profondeur du sol 0-60 cm, cultivée par les plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas* et en présence des traitements N0, N100 et N200.

#### 4.7 Dynamique des nitrates dans le sol :

L'analyse du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), la forme d'azote la plus utilisée par la plante, a été réalisée sur les profondeurs 0-20, 20-40 et 40-60 cm (Fig. 13). L'analyse statistique a montré l'absence d'une interaction significative traitement azoté\*profondeur du sol ( $p > 0.05$ ). Au début du cycle cultural de la pomme de terre, les quantités de

$\text{NO}_3^-$  ont été égales, respectivement, à 4, à 1 et à 2 mg  $\text{NO}_3^-/\text{kg}$  au niveau des différents profils du sol des trois variétés de pomme de terre. Les quantités de  $\text{NO}_3^-$  ont représenté, respectivement, pour les différents profils du sol 0-20, 20-40 et 40-60 cm, 4, 32 et 64% dans le cas de *Spunta*, 10, 14 et 76% dans le cas de *Bellini* et 0, 28 et 72% dans le cas d'*Atlas*. Les quantités de  $\text{NO}_3^-$  estimées par hectare sur la

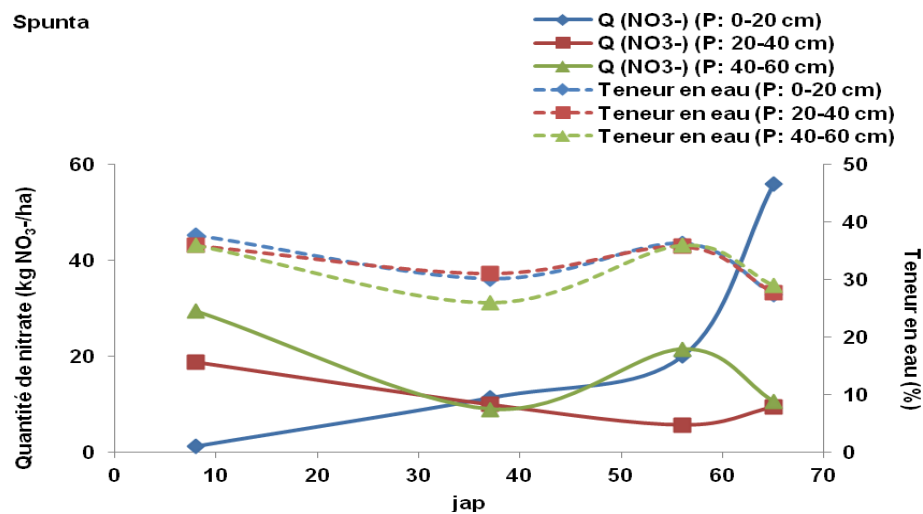


profondeur 0-60 cm, ont été égales à 13 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le cas de *Spunta*, à 4 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le cas de *Bellini* et à 7 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le cas d'Atlas.

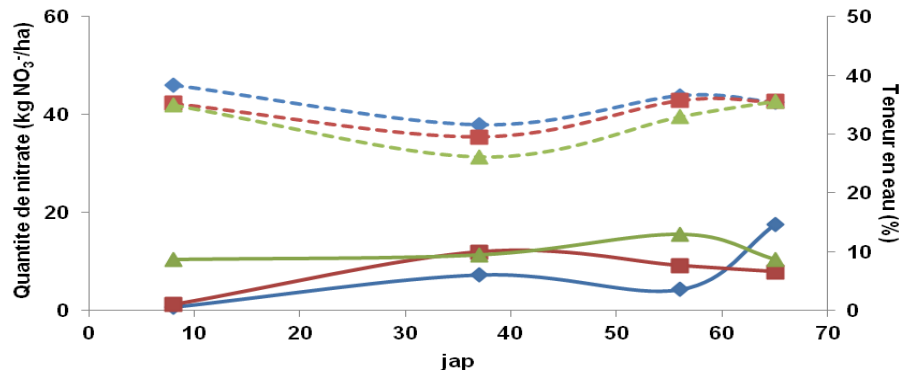
A la fin du cycle, les valeurs moyennes de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ont été égales, respectivement, à 3, à 1 et à 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg pour les variétés *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*. L'augmentation de la quantité de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans le sol a été égale à une moyenne de 0.62 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg entre 8 et 65 JAP à raison de 0.011 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg/jour. L'évolution de la balance nitrique entre le début et la fin de l'essai a indiqué une augmentation de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> résiduel au niveau de la couche superficielle du sol (0-20 cm) dans le cas de *Spunta* de 4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg, dans le cas de *Bellini* de 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg et dans le cas d'Atlas de 2 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg. Au niveau de la profondeur 40-60 cm, la différence entre le reliquat azoté initial et le reliquat azoté final a été négative, indiquant une migration de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vers les couches profondes à raison de 3 mg de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg dans le cas de *Spunta*, de 0 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg dans le cas de *Bellini* et de 1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg dans le cas d'Atlas. Les résultats

obtenus ont indiqué une mobilité très faible de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> vers la couche du sol 40-60 cm à partir de 37 JAP (date de la 1ere fertigation). A 65 JAP, on a enregistré une accumulation de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> au niveau du profil du sol 0-20 cm. En effet, la quantité accumulée la plus élevée a été notée au niveau de la zone de culture de la variété *Spunta* et elle a été égale à 19 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha, alors que la quantité la plus faible a été égale au niveau de la zone de culture de la variété *Atlas* à 5 kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ha.

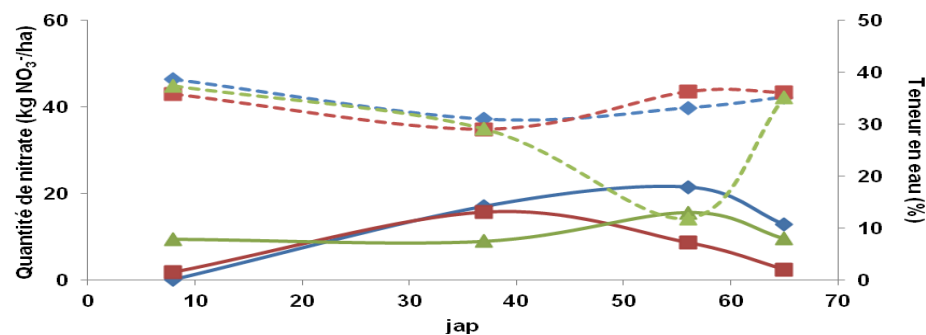
**4.8 Régime hydrique du sol :** Le suivi du statut hydrique à travers le profil de sol (Fig. 13) illustre l'engorgement de la couche du sol 0-60 cm en eau le long du cycle de développement des plantes *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*. Les teneurs en eau enregistrées sont moyennement élevées et elles varient entre 31 et 33% dans le cas des plantes *Spunta*, entre 33 et 37% dans le cas des plantes *Bellini* et entre 31 et 34% dans le cas des plantes *Atlas*.



**Bellini**



**Atlas**



**Figure 13.** Evolution des quantités des nitrates et de la teneur en eau au niveau des profondeurs 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm pour les variétés de pomme de terre *Spunta*, *Bellini* et *Atlas*, en fonction du temps et en présence des traitements azotés (N0), (N100) et (N200).

**4.9 Corrélations entre la teneur en nitrate dans le sol et son régime hydrique :** Afin de déterminer la cause de perte des nitrates dans le sol, une série de corrélations entre les quantités de nitrates disponibles au niveau des profils du sol 0-20cm, 20-40 cm et 40 cm et les teneurs en eau correspondantes sont déterminées. Les coefficients

de corrélation  $r^2$  définis au niveau des différents profils sont élevés et ils indiquent que les variables quantités des nitrates et teneur en eau évoluent similairement dans le temps aboutissant à une percolation des nitrates en profondeur et à leur éloignement de la zone racinaire des plantes de pomme de terre (Tableau 1).



**Tableau 1.** Corrélations entre la quantité de nitrates exprimée en kilogramme d'azote par hectare (kg N/ha) et la teneur en eau, exprimée en pourcentage (%) au niveau des profils de sol 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm et en présence des traitements azotés N0, N100 et N200.

Profil du sol	Traitement azoté	Coefficients de corrélation r <sup>2</sup>		
		<i>Spunta</i>	Bellini	Atlas
0-20 cm	N0	0.567**	0.133	0.770**
	N100	0.333	0.925**	0.730**
	N200	0.526**	0.148	0.461
20-40 cm	N0	0.077	0.348	0.734**
	N100	0.942**	0.000	0.766**
	N200	0.670	0.467	0.798**
40-60 cm	N0	0.861**	0.008	0.857**
	N100	0.817**	0.194	0.230
	N200	0.028	0.751**	0.336

\*\* : coefficient de corrélation élevé.

## DISCUSSION

La pomme de terre est une culture sensible à la disponibilité de l'azote dans le sol (Gonzalez Dugo, 2006 ; Van Evert *et al.*, 2012) et par la capacité de son assimilation chez la plante (Macduff *et al.*, 1993 ; Lemaire *et al.*, 2007). Son rôle est stimulateur du développement de la biomasse suite à son accumulation au niveau de la partie aérienne et des tubercules. Par rapport à certains travaux réalisés sur la dynamique de l'azote chez la pomme de terre, certains auteurs suggèrent l'apport d'une dose d'azote comprise entre 125 et 175 kg N/ha pour une pomme de terre cultivée sur un sol lourd (Sharifi *et al.* 2005). Dans notre expérimentation, on remarque que l'apport d'une dose d'azote plus élevée, égale à 200 kg N/ha, a un effet significatif sur l'évolution des biomasses des plantes de pomme de terre. Cet effet n'apparaît pas au cours de l'estimation de la teneur totale en azote et du rendement des différentes variétés. En effet, l'apport d'une dose d'azote élevée (200 kg N/ha) n'a pas amélioré le poids frais des tubercules récoltés en phase finale du développement des plantes, ce qui se contredit avec les travaux de Güler (2009) qui ont montré que le rendement augmente au fur et à mesure de l'augmentation de la dose d'azote apportée. Le calcul des coefficients d'utilisation apparente de l'azote, pour les traitements N0, N100 et N200, aboutit à des valeurs

CAU très faibles par rapport à une moyenne voisine de 50% pour la culture de la pomme de terre estimée par Goffart *et al.* en 2002. Nos résultats sont en accord avec ceux de Raun et Johnson (1999), Glass, (2003), Boivin et Landry (2010) qui ont lié la mauvaise efficacité d'utilisation de l'azote ou la non utilisation de l'azote à la nature de la dynamique de l'azote, à sa mobilité et aux processus de sa transformation dans le sol. L'estimation des pertes d'azote par la méthode du bilan prévisionnel nous a permis de conclure la perte de quantités d'azote minéral très élevées en profondeur du sol. Notre hypothèse a été confirmée par un suivi du statut hydrique du sol, réalisé sur différentes profondeurs. Les résultats obtenus indiquent une répartition inadéquate de l'eau au niveau des différentes profondeurs du sol, ce qui a abouti à la perte de l'azote en profondeur par lessivage. Nos résultats sont en accord avec ceux de Berenguer *et al.* (2009), dans des travaux réalisés sur la pomme de terre, et avec ceux de Liu *et al.* (2003) et Brye *et al.* (2003), dans des travaux réalisés sur le blé et le maïs, qui ont montré l'absence d'un équilibre entre les besoins azotés de la plante et les pertes. Selon Fageria and Baligar (2005), les pertes d'azote peuvent être par lessivage, par dénitrification, par volatilisation ou par érosion du sol.



## CONCLUSION

L'apport d'une dose d'azote égale à 200 kg N/ha a permis aux différentes variétés de pomme de terre cultivées sous un climat semi-aride de la Tunisie de développer leur partie aérienne au début du cycle cultural et d'avoir un pourcentage de couverture élevé. Cette augmentation est suivie par une chute de la couverture expliquée par la migration de l'azote vers les organes de réserve. Le suivi de l'évolution de la biomasse sèche de la pomme de terre permet d'établir une interdépendance entre les

différentes parties de la plante (partie aérienne + tubercules + système racinaire) maintenue par des transferts d'azote de la partie aérienne vers la partie souterraine. Malgré les rendements élevés obtenus, les coefficients d'utilisation de l'azote sont très faibles ce qui reflète une mauvaise efficacité d'utilisation de l'azote due à des pertes importantes d'azote en profondeur du sol par le phénomène du lessivage.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipe du laboratoire de PRODUCTION FOURRAGERE ET PASTORALE de l'Institut National Agronomique

de Tunisie, en particulier **Mr Jabrane Chrighui** pour son aide et soutien pour la réalisation des analyses d'azote.

## BIBLIOGRAPHIE

- 
- Azzouz M : 1996. La pomme de terre en Tunisie. In : P. Rousselle, Y. Robert et J.C. Crosnier. La pomme de terre : production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. Edition INRA. pp 552-563.
- Berenguer P, Santiveri P, Boixadera J and Lloveras J : 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. Eur. J. Agron., 28:635-645
- Boivin C et Landry C : 2010. Impact de l'excès d'eau selon le stade phénologique sur le rendement et l'utilisation de l'azote minéral par la pomme de terre. Proposer des pratiques culturales et des aménagements hydro-agricoles. IRDA. 3p.
- Bremner JM : 1965. Total nitrogen methods of soil analysis. In : C.A. Black (ef). Part 2. Agronomy (9) :1149-1176. Edition INRA. 128p.
- Brye KR, Norman JM, Gower ST and Bundy LG : 2003. Methodological limitations and N-budget differences among a restored tallgrass prairie and maize agroecosystems. Agric. Ecosyst. Environ., 97:181-198.
- Caldiz DO : 2006. Producción, cosecha y almacenamiento de papa en la Argentina. BASF Argentina-McCain, Buenos Aires, Argentina. 226 p
- Chambenoit C, Laurent F, Machet JM et Scheurer O : 2002. Fertilisation azotée de la pomme de terre. Edition : INRA Editions. 128p.
- CTPTA, 2013. [www.ctpt.com.tn](http://www.ctpt.com.tn)
- Fageria NK and Baligar VC : 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy, 88:97-185
- Gayler S, Wang E, Priesack E, Schaaf T and Maidl FX : 2002. Modeling biomass growth, N-uptake and phenological development of potato crop. Geoderma 105:367-383.
- Glass ADM : 2003. Nitrogen use efficiency of crop plants : physiological constraints upon nitrogen absorption. Critical Reviews in Plant Sciences, 22:453-470.
- Goffart JP, Olivier M, Destain JP et Frankinet M : 2002. Stratégie de la fertilisation azotée de la pomme de terre de consommation. Edition : Centre de Recherche Agronomique de Gembloux. Centre d'étude de pomme de terre. 118p
- Gonzalez Dugo MV : 2006. Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse pour l'obtention du Grade de docteur de l'université de Poitiers.
- Güler S : 2009. Effects of nitrogen on yield and chlorophyll of potato (*Solanum tuberosum*)



- L.) cultivars. *Bangladesh J. Bot.* 38(2) : 163-169.
- Lemaire G, Van Oosterom E, Sheehy J, Jeuffroy MH, Massignam A and Rossato L : 2007. Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? *Field Crops Research* 100: 91-1106.
- Liu X, Ju X, Zhang F, Pan J and Christie P : 2003. Nitrogen dynamics and budgets in a winter wheat–maize cropping system in the North China Plain. *Field Crops Res.* 83:111–124.
- Macduff JH, Jarvis SC, Larsson C-M and Oscarson P : 1993. Plant growth in relation to the supply and uptake of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : a comparison between relative addition rate and external concentration as driving variables. *Journal of Experimental Botany* 44, 1475–1484.
- Meynard JM, Justes E, Machet JM et Recours S : 1996. Fertilisation azotée des cultures annuelles de plein champ. *Maitrise de l'azote dans les agro systèmes*. Reims, France. INRA Editions. Paris(FRA).Colloques de l'INRA. 83:183-199.
- N'Dayegamiye A : 2006. Le sol comme importante source d'azote. *Le producteur de lait québécois* pp : 30-32
- Osundare B : 2004. Effects of fertilizer types and different companion crops on the performance of sweet potato. *Moor Journal of Agricultural Research*, 5 (2) :88–94
- Raun WR and Johnson GV : 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*, 91:357–363
- Samborski SM, Tremblay N and Fallon E : 2009. Strategies to make use of plant sensors-based on diagnostic information for nitrogen recommendations. *Agronomy J.* 101: 800-816.
- Schvartz C, Muller JC et Decroux J : 2005. *Guide de la fertilisation raisonnée: Grandes cultures et prairies*. Editions France Agricole.
- Sharifi M, Lynch DH, Zebarth BJ, Zheng Z and Martin RC : 2009. Evaluation of nitrogen supply rate measured by in situ placement of plant root simulator TM Probes as a predictor of nitrogen supply from soil and organic amendments in potato crop. *American Journal of Potato Research* 96 : 356-366.
- Shillito RM, Timlin DJ, Fleisher D, Reddy VR and Quebedeaux B: 2009. Yield response of potato to spatially patterned nitrogen application. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 129(1-3) :107–116
- Shiratsuchi H, Yamagishi T and Ishii R : 2006. Leaf nitrogen distribution to maximize the canopy photosynthesis in rice. *Field Crops Research* 95 :291–304
- Sun L, Gu L, Peng X, Liu Y, Li X and Yan X : 2012. Effects of Nitrogen Fertilizer Application Time on Dry Matter Accumulation and Yield of Chinese Potato Variety KX 13. *Potato Research*. 55(3-4) :303-313
- Uchinoa H, Iwamaa K, Jitsuyamaa Y, Ichiyamaa K, Sugiuraa E, Yudatea T, Nakamuraa S and Gopalb J : 2012. Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression under an organic and rotational cropping system. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and Soybean. *Field Crops Research* 127 :9–16.
- Van Everta FK, Booija R, Nammen Jukemab J, Ten Bergea HFM, Uenka D, Meursa EJJ, Van Geelb WCA, Wijnholdsb KH and Slabbekoornb JJ : 2012. Using crop reflectance to determine sidedress N rate in potato saves N and maintains yield. *European Journal of Agronomy*. 43:58-67.
- Wallis KJ, Candela L, Mateos RM and Tamoh K : 2011. Simulation of nitrate leaching under potato crops in a Mediterranean area. Influence of frost prevention irrigation on nitrogen transport. *Agricultural Water Management*. 98(10) :1629-1640.



