

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

الحراش - الجزائر

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE

EL-HARRACH - ALGER

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister

en Sciences Agronomiques

Option : Pédosphère

THEME

**Effet du sol sur le développement du
poirier en milieu steppique calcaire
au nord de la wilaya de Djelfa**

Présenté par : DALI Mustapha

Devant le jury:

Président du jury : M. DAOUD Y. Professeur

Directeur de thèse : M. DJILI K. Professeur

Examineurs : M. TOUMI M. Maître de conférence

M. GAOUAS A. Chargé de cours

Le 20/04/2010

Année Universitaire 2009-2010

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et mes sincères reconnaissances à :

- **Mr DJILI K.,** Professeur à l'ENSA d'Alger de m'avoir guidé et dirigé dans mon travail et les conseils et orientations qu'il m'a prodigués avec dévouement et bienveillance. Son aide, ses efforts et sa compréhension ont été de réels stimulants pour mener ce travail à terme.
- **Mr DAOUD Y.,** Professeur à l'ENSA d'Alger, qui m'a fait l'honneur de présider le jury et pour son concours et ses orientations depuis le début de cette recherche.
- **Mr TOUMI M.,** Maître de conférence à l'ENS de Kouba, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant d'être membre de jury.
- **Mr GAOUAS A.,** Chargé de cours à l'ENSA d'Alger, pour accepter d'examiner ce travail et faire partie du jury.

Je remercie également l'ensemble des cadres des institutions qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier **Mr BROURI** du HCDS et **Mr MEDJEDBA** de l'Université de Batna, qui ont participé à la genèse de ce travail.

Je ne saurais oublier l'aide précieuse des techniciens du département de pédologie de l'ENSA, ainsi que les arboriculteurs de la commune de Bouiret Lahdeb.

Enfin, je remercie toute ma famille ainsi que tous mes amis pour leur encouragement et soutien.

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I. Synthèse bibliographique	
1. Le poirier: variétés, porte-greffes et ennemies	3
1.1. Généralités	3
1.2. La multiplication et la pollinisation.....	3
1.3. Les variétés	3
1.4. Les porte-greffes.....	5
1.5. Maladies et ravageurs	8
2. Situation mondiale et nationale du poirier	10
2.1. Situation du poirier dans le monde	10
2.2. Situation du poirier en Algérie	12
2.3. Situation du poirier à Djelfa	14
Chapitre II. Présentation de la région d'étude	
1. Situation géographique.....	16
2. Topographie	17
3. L'hydrographie	18
4. L'hydrogéologie.....	19
5. La géologie	20
6. Le climat.....	21
7. Les sols	22
7.1. Les sols minéraux bruts d'érosion	23
7.2. Les sols peu évolués	23
7.3. Les sols isohumiques	24
7.4. Les sols calcimagnésiques	24
8. L'occupation du sol.....	26
Chapitre III. Matériel et méthode	
1. Matériel d'étude	27
1.1. Le sol	27
1.2. Le végétal	35
1.3. L'eau d'irrigation.....	35

2. Méthodologie	36
2.1. L'enquête institutionnelle.....	36
2.2. Le diagnostic rapide	36
2.3. Le choix des vergers	37
2.4. Les profils et les analyse du sol.....	41
2.5. Le diagnostic foliaire	45
2.6. L'analyse de l'eau d'irrigation	46

Chapitre IV. Résultats et discussion

1. L'enquête institutionnelle.....	48
1.1. Le HCDS	48
1.2. La DSA.....	48
1.3. L'ITAFV.....	48
1.4. L'INPV	48
1.5. Le CNCC	48
2. Caractérisation générale des sols échantillonnés	49
2.1. Les sols à croûte calcaire	49
2.2. Les sols remaniés.....	49
3. Morphologie et propriétés des sols.....	50
3.1. Les paramètres physiques.....	50
3.2. Les paramètres chimiques	59
3.3. La fertilité	66
4. Le diagnostic foliaire.....	77
5. L'analyse de l'eau d'irrigation	79
6. Les pratiques culturales	82
7. Discussion générale.....	83
Conclusion	84

Bibliographie

Annexes

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation des principaux pays producteurs de.....	10
Figure 2. Production mondiale de poire en %	11
Figure 3. Production africaine de poire en %	11
Figure 4. Evolution des rendements du poirier (T/ha) au niveau mondial	11
Figure 5. Evolution des surfaces, des rendements et de la production nationale en poires	12
Figure 6. Localisation des principales Wilayet productrices de poires	13
Figure 7. Localisation des périmètres de mise en valeur.....	14
Figure 8. Evolution des surfaces, des rendements et de la production de poires à Djelfa	15
Figure 9. Carte de situation de la Commune de Bouiret Lahdeb	16
Figure 10. Carte topographique de la commune de Bouiret Lahdeb.....	17
Figure 11. Carte des bassins versant de l'Algérie	18
Figure 12. Carte des nappes souterraines du nord de Djelfa	19
Figure 13. Extrait de la carte géologique de la Commune de Bouiret Lahdeb.....	20
Figure 14. Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	21
Figure 15. Le déficit hydrique de la région de Djelfa	22
Figure 16. Extrait et adaptation de la carte des sols du nord d'Algérie au	23
Figure 17. Exemples de croûtes, dalles compactes et pellicules rubanées	24
Figure 18. Passages latéraux entre les diverses formes d'individualisation	25
Figure 19. Défoncement de la croûte, haie construite par les débris de la croûte	25
Figure 20. Carte d'occupation du sol de la Commune de Bouiret Lahdeb.....	26
Figure 21. Répartition des classes d'occupation du sol de Bouiret Lahdeb.....	26
Figure 22. Localisation des vergers étudiés	37
Figure 23. Les trois comportements observés du poirier.	41
Figure 24. Schématisation de l'enracinement et la profondeur	44
Figure 25. Schéma des sols remaniés et originels	50
Figure 26. Variation de la profondeur selon le comportement du poirier	51
Figure 27. Schématisation et évaluation de la profondeur et de l'enracinement.....	53
Figure 28. Variation des éléments grossiers selon le comportement du poirier.....	54
Figure 29. Evaluation des éléments grossiers (%) des profils étudiés.....	55
Figure 30. Variation de la granulométrie selon le comportement du poirier.....	56
Figure 31. Les fractions granulométriques des profils étudiés.....	58
Figure 32. Variation du pH selon le comportement du poirier.....	59
Figure 33. Influence du pH sur la disponibilité des nutriments pour les plantes.....	60
Figure 34. Evaluation du pH des profils étudiés	61
Figure 35. Variation du pH selon le comportement du poirier.....	62
Figure 36. Evaluation de la conductivité électrique des profils étudiés	63
Figure 37. Variation du CaCO ₃ selon le comportement du poirier.....	64
Figure 38. Evaluation de la concentration en CaCO ₃ (%) des profils analysés	65
Figure 39. Evaluation de l'azote total (%) des profils étudiés	67
Figure 40. Evaluation du phosphore assimilable (mg/kg) des profils étudiés	68
Figure 41. Variation de la CEC selon le comportement du poirier	69
Figure 42. Evaluation de la capacité d'échange cationique (cmol+/kg) des profils étudiés	70
Figure 43. Evaluation des bases échangeables (%) des profils étudiés	71
Figure 44. Evaluation de l'ESP (%) des profils étudiés.....	72
Figure 45. Les oligoéléments totaux (mg/kg) des profils étudiés.....	75
Figure 46. Calcium et magnésium totaux (mg/kg) des profils étudiés	76
Figure 47. Classification des eaux d'irrigation des trois vergers	81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Adaptation aux sols de quelques porte-greffes du poirier	5
Tableau 2. Absorption de quelques éléments minéraux selon le porte-greffe.....	6
Tableau 3. Adaptation au pH du sol des principaux porte-greffes du poirier.....	6
Tableau 4. La sensibilité aux basses températures des porte-greffes du poirier.....	7
Tableau 5. Adaptation aux températures élevées des porte-greffes du poirier.....	7
Tableau 6. Classes des pentes de la Commune de Bouiret Lahdeb.....	17
Tableau 7. Caractéristiques du verger A	38
Tableau 8. Caractéristiques du verger B	39
Tableau 9. Caractéristiques du verger C	40
Tableau 10. Codification des profils.	41
Tableau 11. Codification des vergers, profils et horizons.	42
Tableau 12. Les méthodes d'analyses des échantillons du sol.	43
Tableau 13. Codification de la présence des racines	44
Tableau 14. Organisation des graphiques des caractéristiques du sol.....	44
Tableau 15. Les méthodes de dosage des nutriments des feuilles échantillonnées	45
Tableau 16. Les méthodes d'analyse des eaux d'irrigation échantillonnées	46
Tableau 17. Evaluation de la texture selon les comportements du poirier	57
Tableau 18. Evaluation des propriétés du sol selon le comportement du poirier	77
Tableau 19. Résultats du diagnostic foliaire des trois vergers	77
Tableau 20. Résultats de l'analyse des trois eaux d'irrigation.	79
Tableau 21. Classes de salinité des eaux.....	79
Tableau 22. Classes de sodicité des eaux	80

LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Fruit de Santa Maria	4
Photo 2. Fruit de D. J. Guyot	4
Photo 3. Fruit de Williams	4
Photo 4. Chlorose ferrique sur poirier.....	6
Photo 5. Décoloration précoce du feuillage et rougissement de l'arbre.....	8
Photo 6. Aperçu du verger A.....	38
Photo 7. Image satellite du verger A	38
Photo 8. Aperçu du verger B.....	39
Photo 9. Image satellite du verger B	39
Photo 10. Aperçu du verger C.....	40
Photo 11. Image satellite du verger C	40
Photo 12. Les débris de la croûte calcaire défoncée.....	51
Photo 13. Image satellite du verger C	52
Photo 14. Propagation des mauvaises herbes (Verger B).....	82

INTRODUCTION

Introduction

Les zones arides d'Algérie représentent près de 95% du territoire national dont 80% se situent dans le domaine hyperaride. Plus de 95% des sols de ces zones sont soit *calcaires*, soit gypseux ou salins (HALITIM, 1988).

La *steppe* algérienne est un vaste étendu de parcours qui s'étale sur des plateaux d'est en ouest, entre les deux atlas tellien et saharien. L'élevage ovin domine, d'où l'appellation du "*pays du mouton*". Cet écosystème fragile subit de fortes pressions dues à l'aridité du climat, au surpâturage et aux multiples formes de dégradation et de mutation (SEBHI, 1987). Dans les régions arides et semi-arides d'Algérie, les sols sont souvent pourvus de croûtes calcaires ou gypseuses, ce qui pose d'énormes problèmes à leur mise en valeur agricole (NYANDAT, 1982).

Depuis plus d'une décennie, l'Algérie fournit des efforts pour le développement et la relance de l'agriculture, particulièrement au niveau de la steppe par le biais de différents programmes de mise en valeur des terres. Les objectifs visés sont l'augmentation de la superficie agricole utile, l'intensification de la production agricole, la diversification des activités économiques et la reconversion des systèmes de production (BADRANI & AL, 2000).

De ce fait, de nouveaux systèmes de production, autres que le pastoralisme, ont été introduits par le biais de cette initiative. L'expansion de l'arboriculture fruitière au niveau de la steppe représente l'exemple le plus pertinent de cette mutation. Cependant, le développement et l'adaptation de ce système de production dans ce type milieu "hostile" présente une déficience de connaissances et l'état actuel de l'arboriculture steppique reste méconnu. En effet, mis à part les travaux de BENSEGHIR (2006) sur l'abricotier à Biskra, l'étude de SEKKOUTI (2004) sur la fertilisation des cultures fruitières à Tiaret et le rapport de ZOUAMBIA (1996) sur l'évaluation du sol et du climat pour l'arboriculture à Djelfa, très peu d'études ont été consacrées à cette thématique.

La genèse de la thématique étudiée dans cette recherche émane des agro-éleveurs (arboriculteur-éleveurs) de la commune de Bouiret Lahdeb, de la wilaya de Djelfa. Ces Arboriculteurs constatent de plus en plus l'hétérogénéité du comportement de certaines espèces fruitières au sein d'un même verger. Dans plusieurs cas, *le poirier* dépérit et finit par être arraché.

L'état physiologique des arbres fruitiers est la résultante de plusieurs facteurs, à savoir la compatibilité entre la variété et le porte-greffe, l'adaptabilité climatique et édaphique, les maladies et les ravageurs ainsi que les pratiques culturales qui peuvent modifier le niveau de sensibilité ou de tolérance de l'arbre vis-à-vis de ces facteurs. Dans la présente étude, nous tenterons de nous focaliser essentiellement sur la relation sol-poirier pour rechercher les causes du dépérissement du poirier, sans pour autant négliger les autres facteurs. De ce fait, la méthode que nous avons adoptée est à la fois holistique et "classique" et se base sur une enquête institutionnelle, un diagnostic rapide, la description et l'analyse du sol, le diagnostic foliaire, l'analyse de l'eau d'irrigation et l'évaluation des techniques culturales.

INTRODUCTION

Pour ce faire, ce travail s'articule autour de quatre chapitres:

- Le premier chapitre se subdivise en deux parties:
 - La première partie est une synthèse bibliographique sur le poirier, où nous insisterons sur les caractéristiques des variétés cultivées en Algérie et sur l'adaptabilité climatique et édaphique du porte-greffe qui est en contact directe avec le sol.
 - La deuxième partie donne un aperçu sur la distribution spatiale du poirier au niveau mondial, national et à Djelfa. Les surfaces, les niveaux de production et les rendements obtenus dans chaque niveau sont mis en exergue.
- Dans le deuxième chapitre nous présentons la région d'étude. Le volet climatique permettra d'évaluer l'adaptation du porte-greffe au climat de la région.
- Le troisième chapitre expose la méthodologie adoptée et le matériel d'étude à savoir le sol, le végétal et l'eau d'irrigation.
- Le quatrième chapitre est consacré aux différents résultats obtenus et à leurs discussions
- Nous terminerons par une conclusion et quelques recommandations.

CHAPITRE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Synthèse bibliographique

1. *Le poirier: variétés, porte-greffes et ennemies*

1.1. Généralités

Le *poirier* (*Pyrus communis* L.) est un arbre fruitier de la famille des rosacées. Il est cultivé pour son fruit, la poire. Originaire d'Europe et d'Asie, il est cultivé et naturalisé dans tous les continents. De taille moyenne, il peut atteindre 10 à 15 m de haut et vivre jusqu'à deux siècles (DURAND, 1912). C'est un proche parent du cognassier (*Cydonia oblonga* Mill.) qui est souvent utilisé comme porte-greffe pour la culture du poirier.

Le poirier est une espèce qui se développe dans des zones climatiques où la température hivernale reste en dessous de 7°C. Ses besoins en froid sont de l'ordre de 1200 à 1500 heures de température inférieures à 7,2°C. En phase dormance, le poirier peut supporter sans en souffrir des températures allant jusqu'à -26°C (DE RAVEL D'ESCALOPON, 1967). Cependant, les températures au-dessus de 27°C et au-dessous de 12°C et la faiblesse d'hygrométrie réduisent le calibre des fruits (WALALI & SKIREDJ, 2003).

Mise à part la consommation de son fruit, le bois de poirier est recherché pour l'ébénisterie et il constitue un excellent bois de chauffage. Son écorce est réputée tonique, astringente et a été employée comme fébrifuge.

1.2. La multiplication et la pollinisation

La multiplication se fait par semis pour obtenir des francs⁴. Les variétés peuvent être multipliées par bouturage ou par greffage. La multiplication par bouturage est très peu répandue. Elle est utilisée dans des cas bien particuliers, pour contourner les problèmes *d'incompatibilité* de greffe entre certaines variétés de poirier (ex: *William's*) et *les cognassiers*. En générale, la variété est multipliée par greffage (LEMOINE & MICHELESI, 1997).

Les variétés de poirier cultivées sont *auto-stérile*, la présence d'une variété pollinisatrice dans le verger est donc nécessaire. Toutefois, certaines variétés (Guyot, William's,...) peuvent produire des fruits *parthénocarpiques* (sans pépins) qui se développent sans besoin de fécondation.

1.3. Les variétés

Il existe environ 56 cultivars de poirier de diverses régions du monde. Nous citons à titre d'exemple le poirier sauvage d'Europe (*Pyrus communis* subsp. *Pyraster*), le poirier de Chine (*Pyrus koehnei*) et le poirier du Japon ou Nashi (*Pyrus pyrifolia*).

POTTER & ERIKSSON (2007) mentionnent une variété originaire d'Algérie, *Pyrus cossonii* (Algerian Pear). Actuellement, c'est la variété Santa Maria qui est la plus répandue en Algérie. Les variétés *Docteur Jules Guyot* et *William's* sont utilisées comment polinisatrices de *Santa maria*.

⁴ La variété sur ses propres racines

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- *Santa maria*

C'est une variété italienne créée par *Dr Morettini* en 1951. Elle est connue pour sa bonne productivité. Les fruits tardifs, arrivent vers la fin août et ont un calibre moyen (photo 1), une chair juteuse, sucrée et croquante et se conservent bien (**annexe 1**).



Photo 1. Fruit de Santa Maria

- *Docteur Jules Guyot*

Elle est créée par *Dr Jules Guyot* (1870) en France. Cette variété produit de gros fruit de couleur jaune citron (photo 2), de chair tendre et fine, murissant vers la fin du mois de juillet (variété précoce).

Du point de vue cultural, cette variété présente de nombreux avantages tels que la fertilité et la rusticité.

La commercialisation s'effectue à des cours rémunérateurs grâce à la précocité souvent accentuée artificiellement. Le fruit étant d'assez belle présentation on ne peut reprocher à cette variété que sa qualité gustative moyenne (**annexe 2**).



Photo 2. Fruit de D. J. Guyot

- *William's*

La William's reste une des variétés de poires les plus plantées en Europe, surtout dans une optique d'approvisionnement de l'industrie (photo 3).

Mis à part sa mauvaise affinité sur le cognassier et ses besoins en froid assez élevés, elle offre peu de difficultés culturales. Sa production est bonne et assez régulière et sa qualité gustative plait à beaucoup (**annexe 3**).



Photo 3. Fruit de Williams

Cependant, sa sensibilité au feu bactérien et au psylle demande une grande vigilance de la part des producteurs dans les régions contaminées (CORROYER & LIBOUREL, 2000).

1.4. Les porte-greffes

L'inaptitude du poirier au bouturage classique, l'hétérogénéité et la trop grande vigueur des poiriers francs (issus de semis) ont conduit à pratiquer des greffes sur cognassier.

Comme nous l'avons souligné plus haut, *le cognassier* est le porte-greffe le plus utilisé pour le poirier à cause de son affinité avec pratiquement toutes les variétés. Dans le passé, le poirier était également greffé sur le *cormier* ou *l'aubépine* (GRESSENT, 1926).

Ces dernières années, on opte plutôt à l'usage de *la série clonale OHF* (Old Home Farmingdale), issue de semis du poirier commun (*Pyrus communis*), pour éviter les désavantages que peut présenter le cognassier dans certaines conditions. Le greffage sur nashi (*Pyrus pyrifolia*) offre un intérêt particulier pour les zones à hiver froid (RYSER & HELLER, 2006).

Nous insisterons sur les caractéristiques du cognassier BA 29 qui est le seul porte-greffe utilisé en Algérie (C.N.C.C., 2001).

Appelé aussi *INRA BA29*, le cognassier BA 29 présente une compatibilité acceptable avec la plupart des variétés (I.N.R.A., 2005). Avec ses racines abondantes, il assure un bon ancrage au sol. L'asphyxie et les sols lourds ne lui sont pas des contraintes, en revanche, il tolère mal les sols calcaires (**annexe 4**).

- *Adaptation au sol et nutrition*

Le choix du porte-greffe du poirier dépend en grande partie des conditions pédoclimatiques, en particulier de *la texture, de l'asphyxie, de la sécheresse et du pH* qui constituent souvent des facteurs limitant pour la culture du poirier greffé sur cognassier. Les phénomènes de mauvaise compatibilité sont exacerbés par des conditions pédoclimatiques non adaptées. Toute erreur sur ce point est parfois lourde de conséquences pour l'arboriculteur. Un seul de ces facteurs peut parfois aboutir à l'échec de la plantation (CORROYER, 2000).

- **Les caractéristiques physiques du sol**

Le cognassier se comporte moyennement en sol légers et craint d'avantage la sécheresse que les porte-greffes appartenant à *Pyrus communis* (CORROYER, 2000). Il supporte assez bien les conditions d'asphyxie racinaire par excès d'eau dans le sol, ce qui rejoint son adaptation aux sols argileux (Tab. 1). Parmi les porte-greffes, le BA29 est plus sensible à la sécheresse (MASSERON, 1989).

Tableau 1. Adaptation aux sols de quelques porte-greffes du poirier (LOMBARD, 1987)

Porte-greffe	Adaptation aux sols sableux	Adaptation aux sols argileux	Tolérance à l'asphyxie racinaire	Tolérance à la sécheresse
Franc	bonne	bonne	assez bonne	moyenne
Série OHF	bonne	bonne	moyenne	moyenne
Cognassier BA 29	moyenne	très bonne	bonne	faible

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- La nutrition

Certains porte-greffes ont la faculté de mieux absorber des éléments minéraux que d'autres (Tab. 2). Le calcium et le zinc seraient bien assimilés par les francs alors que l'azote, le fer et le bore seraient mal assimilés par le cognassier. Par contre, ce dernier absorbe mieux le magnésium que tous les autres porte-greffes.

Tableau 2. Absorption de quelques éléments nutritifs selon le porte-greffe (LOMBARD, 1987)

Porte-greffe	Forte absorption	Faible absorption
<i>Cognassier BA 29</i>	Mg	N Fe B
<i>Pyrus communis</i>	Ca, Zn	
Série OHF		

Les porte-greffes appartenant au groupe des cognassiers sont réputés pour leur *sensibilité à la chlorose ferrique* (Tab. 3). Le seuil limite de **9 % de calcaire actif**, au-delà duquel les risques de chlorose sont importants, a souvent été avancé (RYSER & HELLER, 2006). Ce phénomène a été signalé en Algérie par SEKKOUTI (2004) dans la région de Tiaret et a été observé au niveau de la zone d'étude.

La déficience en fer se manifeste par une décoloration internervaire, très caractéristique (photo 4). Si la déficience se produit régulièrement, la croissance des arbres est affectée, la floraison est réduite et les fruits sont moins nombreux ; les pousses dépérissent et les arbres végètent (CORROYER, 2000).



Photo 4. Chlorose ferrique sur poirier

Tableau 3. Adaptation au pH du sol des principaux porte-greffes du poirier (LOMBARD, 1987)

Porte-greffe	Resistance à la chlorose ferrique (pH élevé)	Adaptation aux sols acides (pH faible)
<i>P. communis</i>		
-Franc de semis	assez bonne	assez bonne
-Série OHF	assez bonne	assez bonne
- <i>Cognassier BA 29</i>	<i>très faible</i>	<i>assez bonne</i>

Si les risques de chlorose sont jugés trop élevés, il convient mieux donc d'utiliser des porte-greffes appartenant à *Pyrus communis*. Les francs de poirier, et plus récemment les sélections clonales de la série OHF, ont une assez bonne tolérance à l'excès de calcaire dans le sol (KHIARI, 1991).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- *Adaptation au climat*

La sensibilité au froid hivernal

La sensibilité au gel hivernal du cognassier constitue le principal facteur limitant de la culture du poirier sur ce porte-greffe dans les pays à hivers rigoureux (Tab. 4).

Tableau 4. La sensibilité aux basses températures des porte-greffes du poirier
(LOMBARD, 1987)

porte-greffes	Sensibilité aux basses températures
Poirier Franc (<i>P. Communis</i>) Série OHF	Peu sensible
<i>Cognassier BA 29</i>	<i>Sensible</i>

En Europe de l'ouest où l'utilisation du cognassier est très courante, des dégâts de gel sont parfois observés après des hivers exceptionnellement très froids (MASSERON, 1989). BAARENDS (1983) signale un avis contradictoire à ce propos, il semble bien que l'état physiologique de l'arbre lié à la variété, à la fumure, à l'irrigation et à d'autres pratiques culturales modifie le niveau de sensibilité du porte-greffe.

- La sensibilité aux températures élevées

Les porte-greffes du poirier n'ont pas tous le même niveau d'adaptation aux températures élevées pouvant occasionner des brûlures sur le tronc et les branches, ou même parfois la mortalité des arbres (LOMBARD, 1987). La faible adaptation des cognassiers aux températures élevées réduit leur espace géographique à des zones climatiques tempérées (Tab. 5).

Tableau 5. Adaptation aux températures élevées des porte-greffes du poirier
(LOMBARD, 1987)

Porte-greffes	Adaptation aux températures élevées
-Poirier Franc (<i>P. communis</i>)	Bonne adaptation
-Série OHF (<i>P. communis</i>)	Adaptation moyenne
- <i>Cognassier BA 29</i>	<i>Faible adaptation</i>
-C. d'Angers EMA	Mauvaise adaptation

1.5. Maladies et ravageurs

Le poirier est soumis à de nombreuses maladies à virus, à phytoplasmes et bactériologiques tels que le bois caoutchouc (*rubbery wood*), **le dépérissement du poirier** et le feu bactérien. Cette dernière maladie peut affecter aussi bien le poirier que le pommier (WALALI & SKIREDJ, 2003).

- **Le dépérissement du poirier**

Le dépérissement du poirier⁵ est une maladie causée par le phytoplasme⁶. Ce pathogène est présent dans de nombreux pays européens, en Amérique du nord, en Libye et en Australie (**Annexe 5**).

Il provoque une diminution de la taille des feuilles, une coloration plus claire et un enroulement du feuillage. Les pousses et les fruits ne se développent pas normalement, mais on remarque surtout la coloration précoce d'automne du feuillage qui présente un rougissement intense (photo 5) (LEMOINE & CATHALA, 2006).



Photo 5. Décoloration précoce du feuillage et rougissement de l'arbre.

Le dépérissement du poirier peut se manifester de deux manières selon la tolérance du porte-greffe :

- le **dépérissement lent** (*slow decline*) qui affecte les francs et les **cognassiers**, peut provoquer de gros dégâts sur les jeunes plants. Selon les conditions climatiques, les dégâts sur vieux poiriers peuvent être importants.

- le **dépérissement rapide** (*quick decline*) qui contrarie plus le nashi (*Pyrus pyrifolia*) est surtout observé aux Etats-Unis, il provoque la mort de l'arbre en quelques jours.

La maladie est transmise par le **psylle** (-I.1.5.c.) et les greffages d'été, alors qu'en hiver les rameaux ne sont pas infectieux. L'utilisation de porte-greffes et de greffons sains contribue à diminuer l'incidence de cette maladie (CAZELLES & HASLER, 2006).

Il faut signaler que des symptômes proches de ceux de cette maladie peuvent être provoqués par d'autres facteurs, tels que le mauvais drainage, la malnutrition, l'incompatibilité, l'étranglement, la sécheresse ou les dégâts hivernaux. Il faut donc éliminer ces hypothèses lors d'un diagnostic (O.E.P.P./E.P.P.O., 2006).

⁵ Pour les anglo-saxons : pear decline

⁶ Organisme dont la classification reste encore confuse, virus ou bactérie ?

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

- ***Le feu bactérien***

Erwinia amylovora est la bactérie responsable du feu bactérien chez le poirier et le pommier. Elle provoque la nécrose et le noircissement de toutes les parties de l'arbre. Les jeunes fruits se momifient et les jeunes rameaux atteints se courbent en crosse. La maladie progresse vers la base des rameaux, des gouttelettes d'exsudat suintant sur les parties peu lignifiées. Les blessures (plaies de taille, grêle, morsures d'insectes,...) favorisent l'extension de la maladie.

Les bactéries progressant dans l'écorce peuvent entraîner la mort de l'arbre chez les variétés sensibles. La maladie est disséminée par les pluies, les insectes et les oiseaux. La bactérie est particulièrement dangereuse à des températures entre 21° et 30°C lorsque l'activité des insectes est favorisée (C.T.I.F.L., 1987).

- ***Le psylle du poirier***

Le psylle commun du poirier (*Cacopsylla pyri*) ressemble à une petite cigale aux ailes translucides. Le poirier, plus rarement le pommier, et exceptionnellement, le cognassier sont ses arbres hôtes. L'adulte hiverne dans les vergers, sur les arbres ou tout autre support. La jeune larve s'introduit à l'intérieur des boutons, puis se tient à la face inférieure des jeunes feuilles, dans une gouttelette de miellat. En fin de saison, à l'automne, la population est dispersée sur l'ensemble du feuillage (CAZELLES & HASLER, 2006).

Par leurs piqûres, les larves et les adultes absorbent une grande quantité de sève, ce qui se traduit par un *épuisement de l'arbre* et une *diminution de la récolte*. Le miellat provoque des brûlures du feuillage et le développement de la fumagine. Les attaques graves entraînent la chute partielle des feuilles. Outre les dégâts causés directement, le psylle est vecteur du phytoplasme (BONNEMAISON & MISSONNIER, 1956).

2. Situation mondiale et nationale du poirier

2.1. Situation du poirier dans le monde

Les fruits en général sont parés pour les consommateurs de vertus diététiques et de valeurs symboliques. La demande des fruits progresse avec le pouvoir d'achat jusqu'à un niveau élevé de consommation, comme c'est le cas dans les pays développés.

Des échanges commerciaux intenses entre régions, pays et continents sont induits à la fois par le fort déterminisme des conditions pédoclimatiques sur le calendrier des récoltes, par la localisation géographique des vergers et par la demande de fruits (DOSBA, 1996).

La durée de stockage des poires est variable selon les variétés et les technologies utilisées, elle reste limitée de quelques jours à quelques mois. Par conséquent, l'exportation des poires demeure restreinte aux pays voisins ou aux pays d'une même région.

Originaire des régions tempérées d'Europe et d'Asie, le poirier se développe aujourd'hui sur ces mêmes régions et d'autres régions à climat tempéré, telles que les USA, l'Argentine, l'Afrique du sud et l'Afrique du nord (Fig. 1).

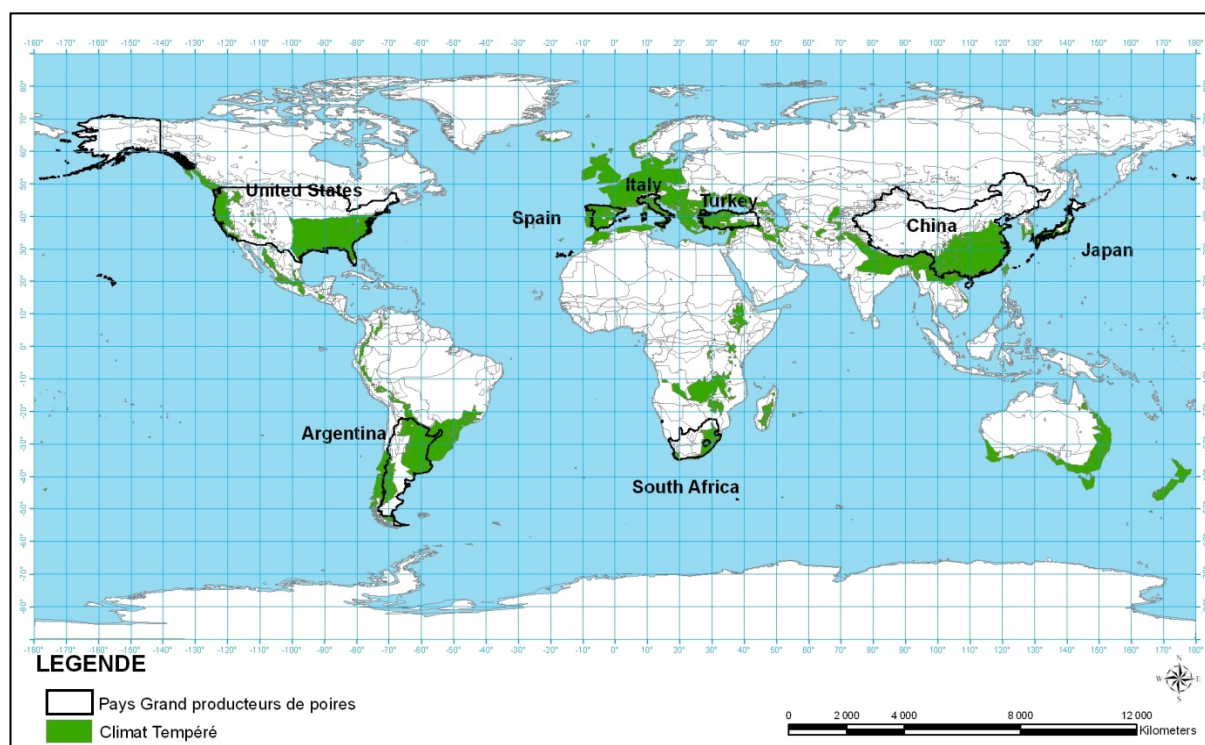


Figure 1. Localisation des principaux pays producteurs de poires (adaptée d'après F.A.O.STAT, 2007⁷)

⁷ WWW.FAO.ORG

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

La production mondiale de poires est en augmentation continue ces dix dernières années. Elle est passée de **14 millions de tonnes en 1997 à 20 millions de tonnes en 2007** (F.A.O.STAT, 2007).

La Chine est le premier pays producteur. Avec **13 millions de tonnes**, elle a fourni 63% de la production mondiale en 2007 (Fig. 2), **L'Italie** est le deuxième pays producteur de poires (4% de la production mondiale) et premier producteur en Europe avec 26% de la production européenne.

Les USA occupent la troisième place avec une production d'environ **0,79 million tonnes** en 2007.

L'Afrique du Sud, 8^{ème} mondial, est le 1^{er} pays producteur Africain avec presque la moitié de la production de poires de l'Afrique (0,34 million de tonnes).

L'Algérie, 11^{ème} mondial (Fig. 2), est le 2^{ème} pays producteur de poire en Afrique, avec 25% de la production africaine (Fig. 3), soit 0,13 millions de tonne en 2007. Ce dernier chiffre représente l'équivalent de la production du **Maroc, de la Tunisie et de l'Égypte** réunis.

Bien que la Chine soit le 1^{er} pays producteur mondial, les rendements⁵ obtenus dans ce pays sont comparables à ceux obtenus en Algérie. La figure 4 montre que les rendements du poirier en Algérie oscillent entre 5 et 10 t/ha, alors qu'aux USA le rendement est 6 à 7 fois supérieur, ceci, les surfaces du poirier au niveau de ces deux pays sont, respectivement 22128 ha et 23730 ha (F.A.O.STAT, 2007).

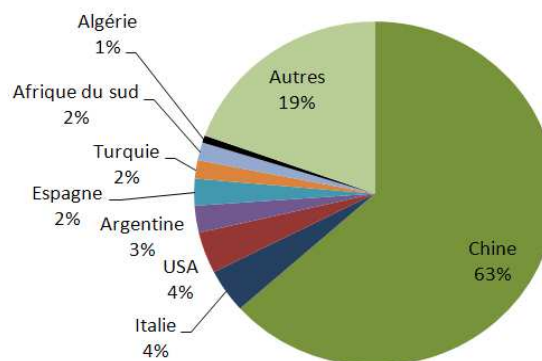


Figure 2. Production mondiale de poire en % (F.A.O.STAT, 2007)

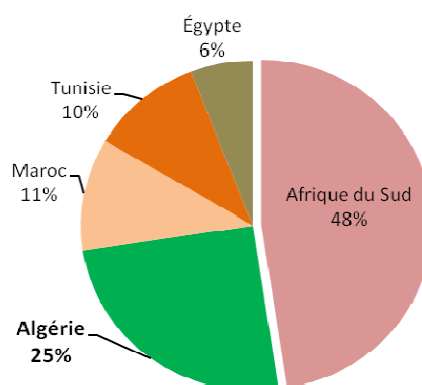


Figure 3. Production africaine de poire en % (F.A.O.STAT, 2007)

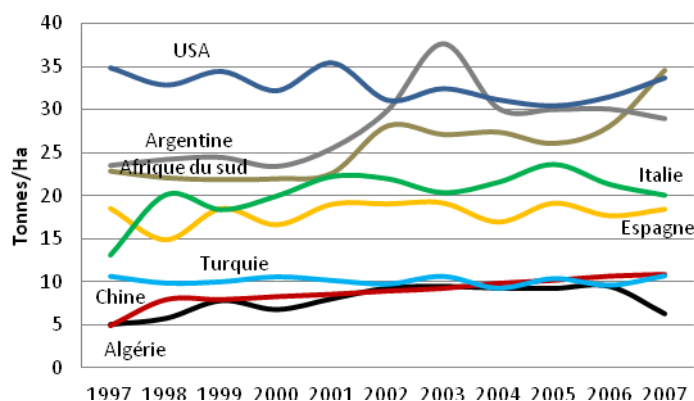


Figure 4. Evolution des rendements du poirier (T/ha) au niveau mondial (F.A.O.STAT, 2007)

⁵ Rendement calculé sur la base de la production et des surfaces entrées en production

2.2. Situation du poirier en Algérie

La production nationale de poires s'est sextuplée en 20 ans. Elle est passée de 30000 tonnes en 1986 à 189000 tonnes en 2006 (Fig. 5), soit une augmentation de 530 %. Cette augmentation est due à l'extension des surfaces et la hausse des rendements. Les surfaces ont augmenté de 160 % pour atteindre 22720 ha en 2008. Quant au rendement, l'augmentation est de l'ordre de 177 % durant la même période.

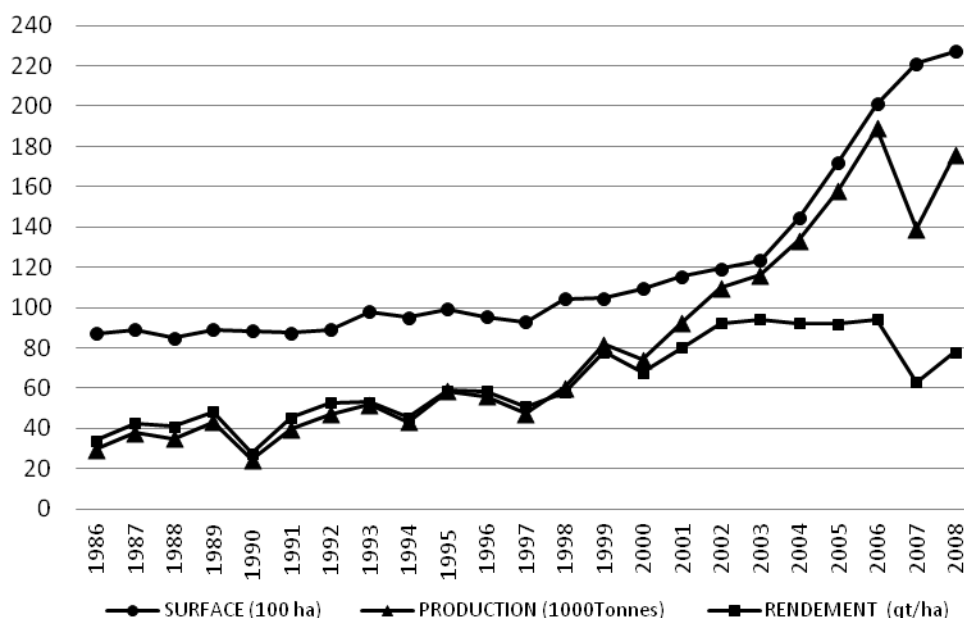


Figure 5. Evolution des surfaces, des rendements et de la production nationale en poires (statistiques agricoles, M.A.D.R.)

La *figure 5* indique pour les surfaces trois tendances : stationnaire avant 1998, à augmentation légère de 1998 à 2003 et à forte augmentation après 2003. La production et le rendement suivent la même tendance, fluctuante, avant l'an 2000, puis la production s'accroît rapidement jusqu'en 2006. Quant au rendement, il reste relativement stationnaire jusqu'en 2006, où il commence à chuter.

Ces différentes tendances sont à l'augmentation des surfaces qui à partir de 1998, se confond avec le démarrage du programme de mise en valeur des terres (MVT) par la concession agricole⁶. A partir de 2003, cette augmentation s'associe avec l'avènement du programme de MVT dans le cadre du P.N.D.A⁷.

Il est à noter que bien avant ces deux programmes, un autre a été lancé en 1983, c'est la MVT par l'APFA⁸. Toutefois, l'application de ce programme sur le terrain est venue très tardivement vers la fin des années 80. Notons aussi que jusqu'à 2008, les trois programmes étaient en cours d'exécution en même temps. Actuellement, c'est la MVT par la concession agricole qui reste applicable.

⁶ Le décret exécutif N° 97-483 du 15 décembre 1996.

⁷ Plan National de Développement Agricole - Décision du ministre de l'agriculture n° 599 du 08 juillet 2000.

⁸ Accession à la Propriété Foncière Agricole - Loi n° 83-18 du 13 août 1983

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Le fait que ces divers programmes ne sont territorialisés, l'arboriculture fruitière a connue une expansion, qui s'est étalée même sur des régions où cette activité reste peu connue, telles que les régions steppiques.

Actuellement, les principales zones de production des poires se localisent sur le littoral, la Mitidja, le Haut Chélif (Ain-Defla) et sur *le plateau du Sersou (Djelfa)* (Fig. 6). Ces régions se localisent sur la strate climatique méditerranéenne (climat tempéré chaud), sauf Djelfa qui appartient à l'étage semi-aride inférieur au nord et aride au sud.

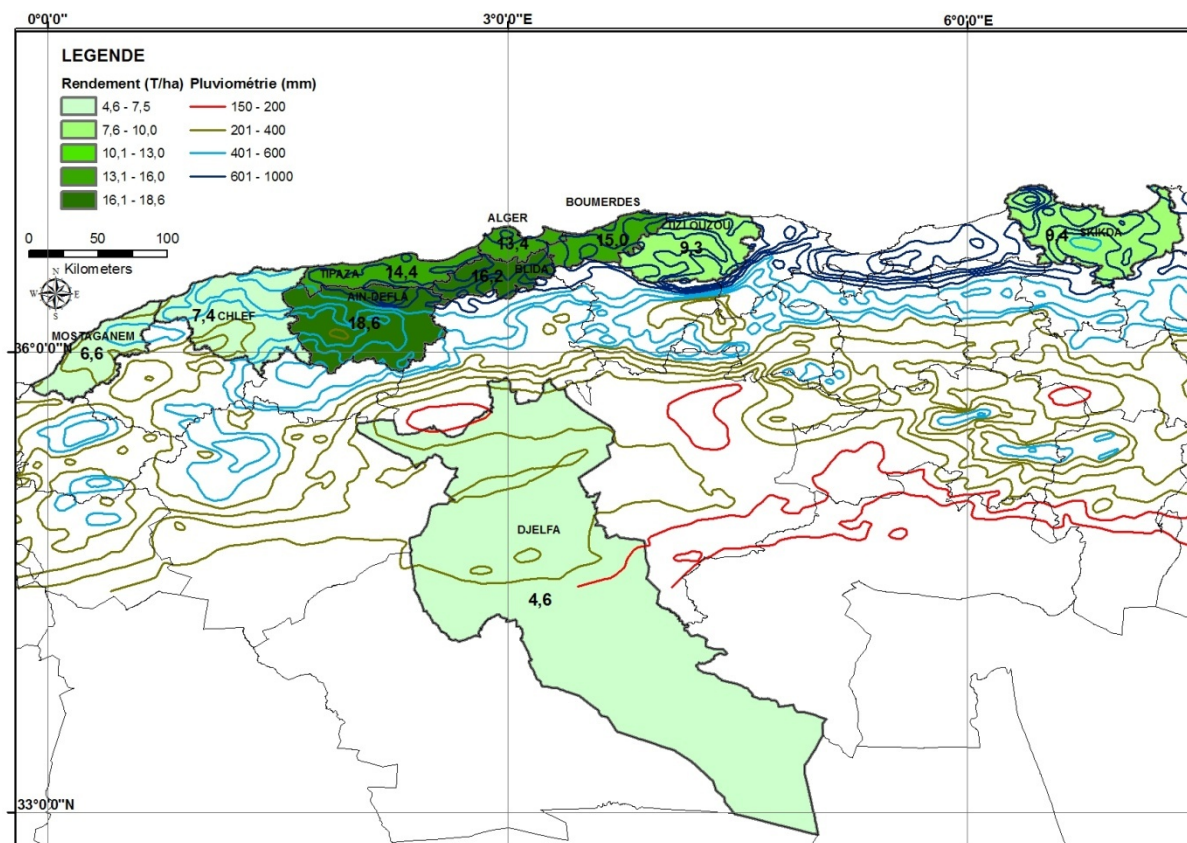


Figure 6. Localisation des principales Wilayet productrices de poires⁹ (Adaptée d'après les statistiques agricoles, M.A.D.R., 2008 et la carte pluviométrique, A.N.R.H., 1993)

La Wilaya de Ain-Defla est la 1^{ère} région en termes de production (42 800 tonnes en 2008), de surface (2 525 ha) et de rendement (18,6 T/ha). La wilaya de Djelfa, bien que située en zone steppique, est classée en 5^{ème} position, par sa production de 8 510 tonnes de poires en 2008 (**annexe 6**). Les surfaces plantées en poirier dans cette wilaya avoisinent celles d'Ain-Defla, mais les rendements à Djelfa sont 4 fois inférieurs que ceux de Ain-Defla.

La wilaya de Djelfa constitue une aliquote des régions steppiques qui connaissent un changement de leur vocation agropastorale originelle par l'introduction d'un nouveau système de production qui est l'arboriculture fruitière.

⁹ Les chiffres sur les wilayet indiquent les rendements calculés.

2.3. Situation du poirier à Djelfa

La wilaya de Djelfa, réputée par l'élevage ovin, a vu les vergers prendre de l'ampleur ces dix dernières années par le biais des différents programmes de mise en valeur des terres. Elle s'inscrit ainsi dans le cadre de la reconversion des systèmes de production, de l'augmentation de la superficie agricole utile (SAU), de l'intensification de la production agricole et de la diversification des activités économiques (BADRNI & AL, 2000).

Les vergers se rencontrent principalement dans les périmètres de mise en valeur au nord de Djelfa, à l'est du plateau du Sersou (Fig. 7). Ce dernier couvre une partie des communes d'Ain Ouassara, Benhar, El Birine, Had Sahary et **Bouiret Lahdeb**. C'est sur cette dernière commune que nous avons mené notre recherche.

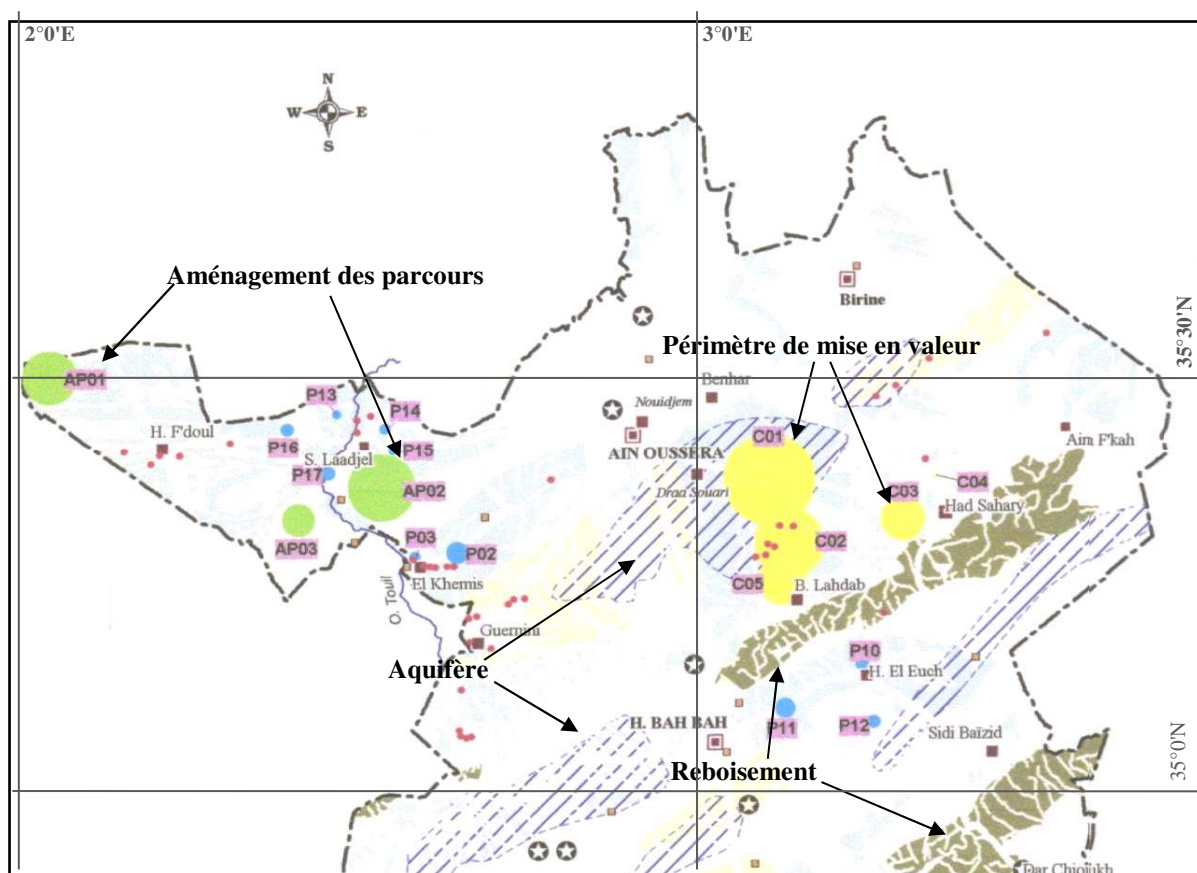


Figure 7. Localisation des périmètres de mise en valeur (A.N.A.T., 2003)

Les principales plantations sont l'olivier (6 150 ha), l'abricotier (2 391 ha), le poirier (2281 ha) et le pommier (2095 ha) (M.A.D.R., 2008).

Les surfaces occupées par le poirier ont connu une *hausse de 300 %* en moins de 10 ans. Les plantations de poirier couvraient 500 ha en 1999 et 2 280 ha en 2008. A partir de 2003, les surfaces se stabilisent (Fig. 8).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

L'augmentation de la production était de l'ordre de 280 % entre 2003 et 2007, elle se stabilise à 8500 tonnes ces dernières années. Le rendement suit une augmentation à deux paliers, le premier de 2001 à 2003 où le rendement a atteint 38 qt/ha et le deuxième, entre 2004 et 2006, où le rendement se stabilise à 56 qt/ha. A partir de 2006, le rendement tend à la baisse et reste inférieur à la moyenne nationale (80qt/ha).

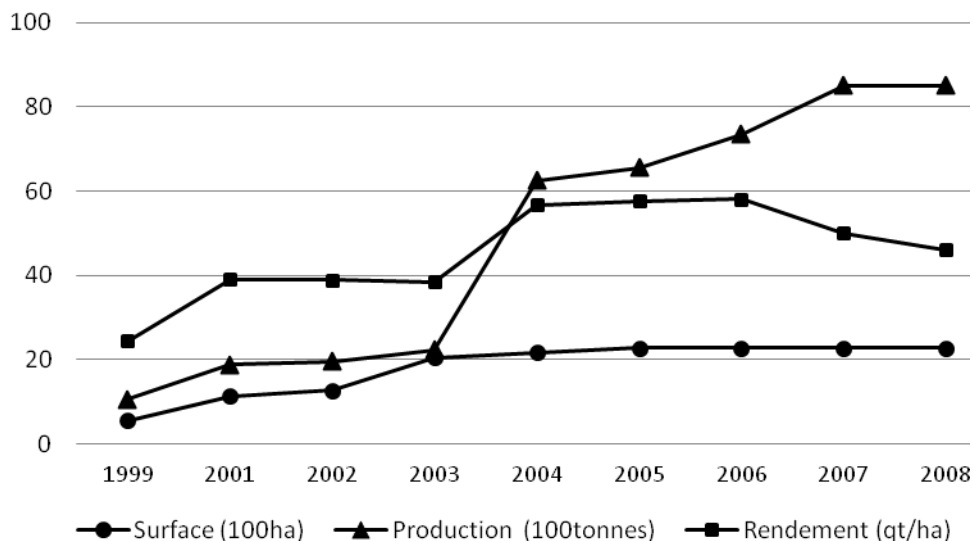


Figure 8. Evolution des surfaces, des rendements et de la production de poires à Djelfa (statistiques agricoles, M.A.D.R.)

Les statistiques que nous avons exposées, reflètent une dynamique rapide à partir de 2003, tant au niveau de Djelfa qu'à l'échelle nationale. On assiste ces dernières années à une fluctuation de la production et des rendements, et une stagnation des surfaces.

Bien que l'Algérie se classe parmi les pays producteurs de poires, cette place est surtout le résultat de l'expansion des surfaces des vergers de poiriers que le fruit de bons rendements, car la productivité des poiriers demeure très faible.

CHAPITRE II
PRESENTATION DE LA
REGION

Chapitre II. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique

La commune de Bouiret Lahdeb s'étend sur une superficie de 38270 hectares. Elle se situe à environ 75 kilomètres au nord du chef lieu de la wilaya de Djelfa. Cette commune relève administrativement de la Daïra de Had Sahary.

La commune de Bouiret Lahdeb (Fig. 9) est délimitée par:

- la commune de *Benhar*, au nord,
- au nord-ouest, la commune de *Ain Oussara*,
- à l'est, la commune de *Had Sahary*,
- à l'ouest, la commune de *Guernini*,
- au sud-est, la commune de *Hassi Bahbah*.
- au sud-ouest, la commune de *Hassi El Euch*.

Le territoire de la commune est compris entre les coordonnées géographiques suivantes :

LONGITUDE	LATITUDE
02°56'07''E	35°19'58''N
03°14'57''E	35°06'03''N

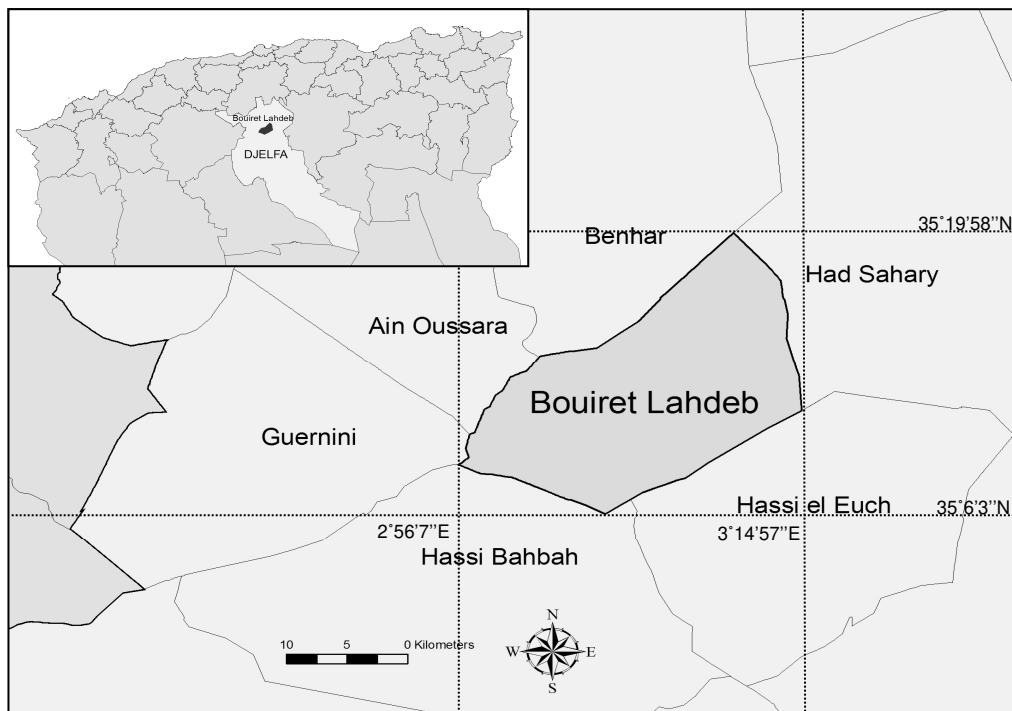


Figure 9. Carte de situation de la Commune de Bouiret Lahdeb

2. Topographie

A l'instar de la zone steppique dont elle fait partie, la commune de Bouiret Lahdeb se caractérise par la prédominance de terrains à pentes très faibles et faibles (Tab. 6).

Tableau 6. Classes des pentes de la Commune de Bouiret Lahdeb (B.N.E.D.E.R., 2002)

Classe de pente	Superficie	Taux (%)
Très faible : < 3 %	17391	45
Faible : 3 à 12%	10849	29
Moyenne : 12 à 25 %	5750	15
Forte : > 25 %	4240	11

Le tableau 6 indique que près de 74 % de la surface de la commune, soit 28240 hectares, ont une pente inférieure à 12 % dont 17391 hectares à pentes très faibles. Ces terrains correspondent aux plaines que l'on retrouve de part et d'autre des monts Sahary (*Djbel Lahdeb*) qui traversent la commune du sud-ouest au nord-est sur 25 Km (Fig. 10). Cet ensemble montagneux dont l'altitude moyenne se situe à environ 1100 m, culmine à 1230 m à *El Khaïther*, à l'Est de Guelt es-Stel. L'altitude des plaines de la partie nord se situe entre 700 m et 850 m, alors que celle se trouvant au sud se situe entre 900 m et 950 m.

Les plaines se rattachent au massif montagneux par des glacis à pentes moyennes, fortement disséqué par un réseau hydrographique très dense sur le versant Sud. Le versant nord est moins raviné.

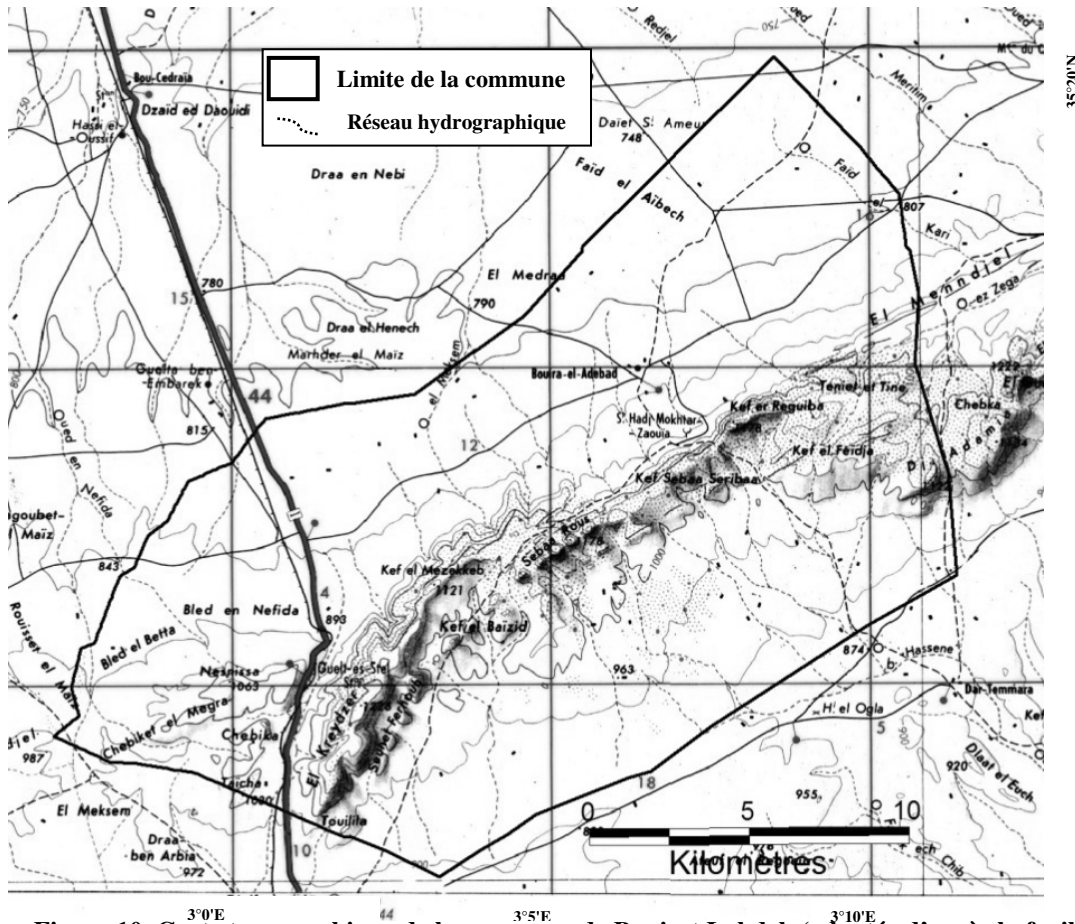


Figure 10. Carte topographique de la commune de Bouiret Lahdeb (adaptée d'après la feuille de Ain Ouassara au 1/200 000, I.N.C.T.)

PRESENTATION DE LA REGION

3. L'hydrographie

La commune de Bouiret Lahdeb chevauche sur deux grands bassins versants hydrographiques qui sont *le Cheliff au nord et le Zahrez au sud* (Fig. 11). La ligne de crête des monts Sahary constitue la limite entre ces deux bassins.

Le réseau hydrographique qui est dense au nord et au sud des monts Sahary est constitué d'une multitude de petits oueds (Fig. 10).

Les oueds de la zone nord sont *aréiques* et ont une direction sud-est nord-ouest. Une transition brusque du mont vers le piémont et une pente très faible se reflète par l'ouverture des oueds sous forme de daïas qui se perdent dans la plaine du Sersou. Les oueds de la zone Sud rejoignent le Zahrez (Chott du Zahrez Chergui) et ont une direction générale nord-ouest sud-est.

Vu la rareté des précipitations, les différents oueds de la commune sont à sec une grande partie de l'année. Généralement, ils ne fonctionnent que durant de courtes durées, seulement lors des crues (B.N.E.D.E.R., 2002).

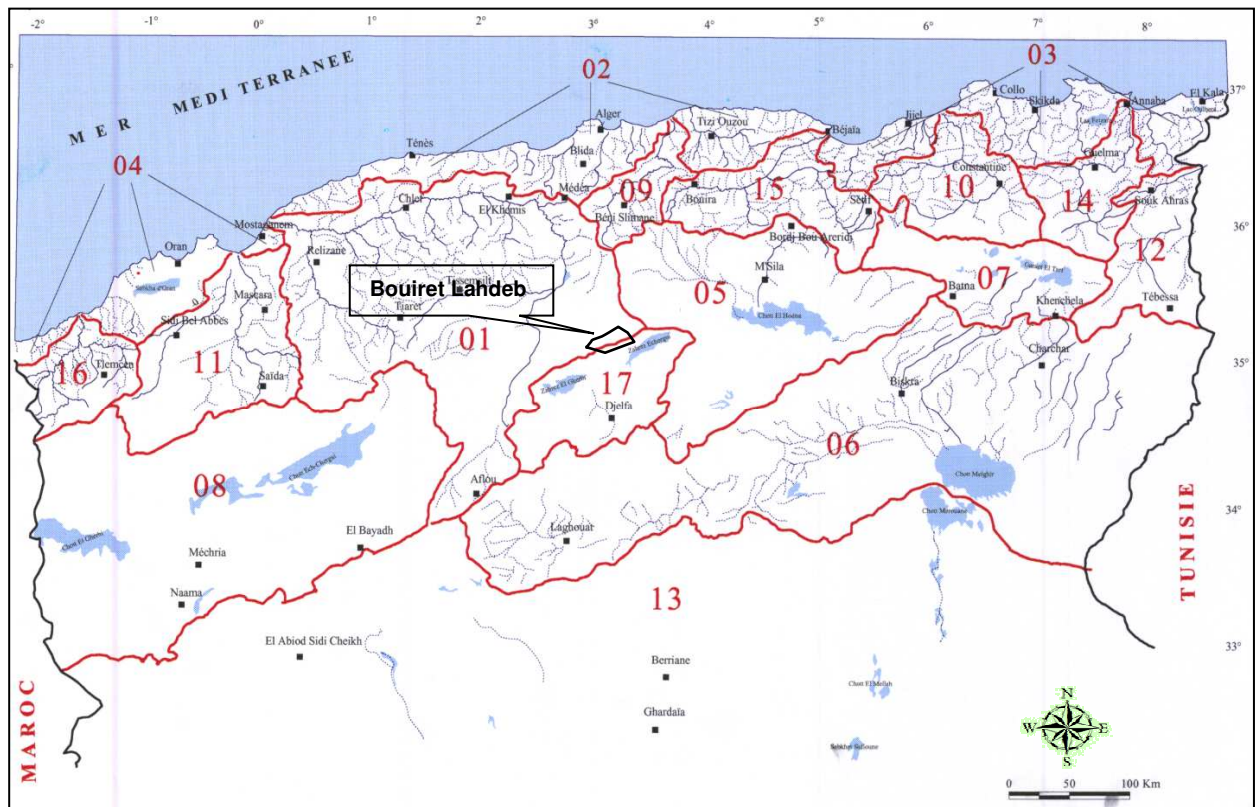


Figure 11. Carte des bassins versant de l'Algérie, (01) Chélif (17) Zahrez (A.N.R.H.)

4. L'hydrogéologie

Plusieurs aquifères bordent la commune de Bouiret Lahdeb. La nappe la plus proche est celle d'Ain Oussara, au nord de la commune (Fig. 12). Sa capacité est de 55 millions de m³ et le niveau piézométrique varie entre 40 m (au centre de l'aquifère) à 120 m (en périphérie).

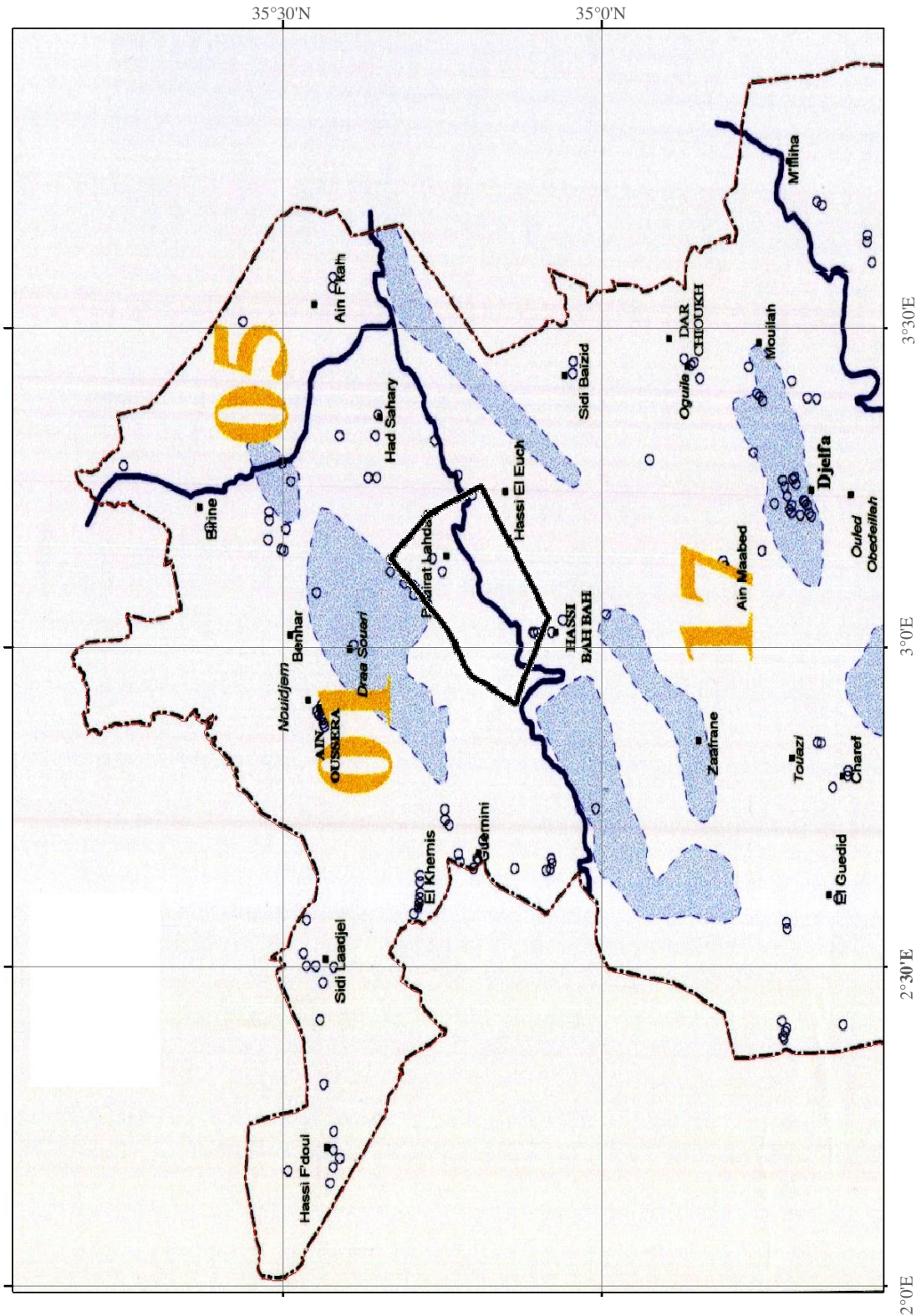


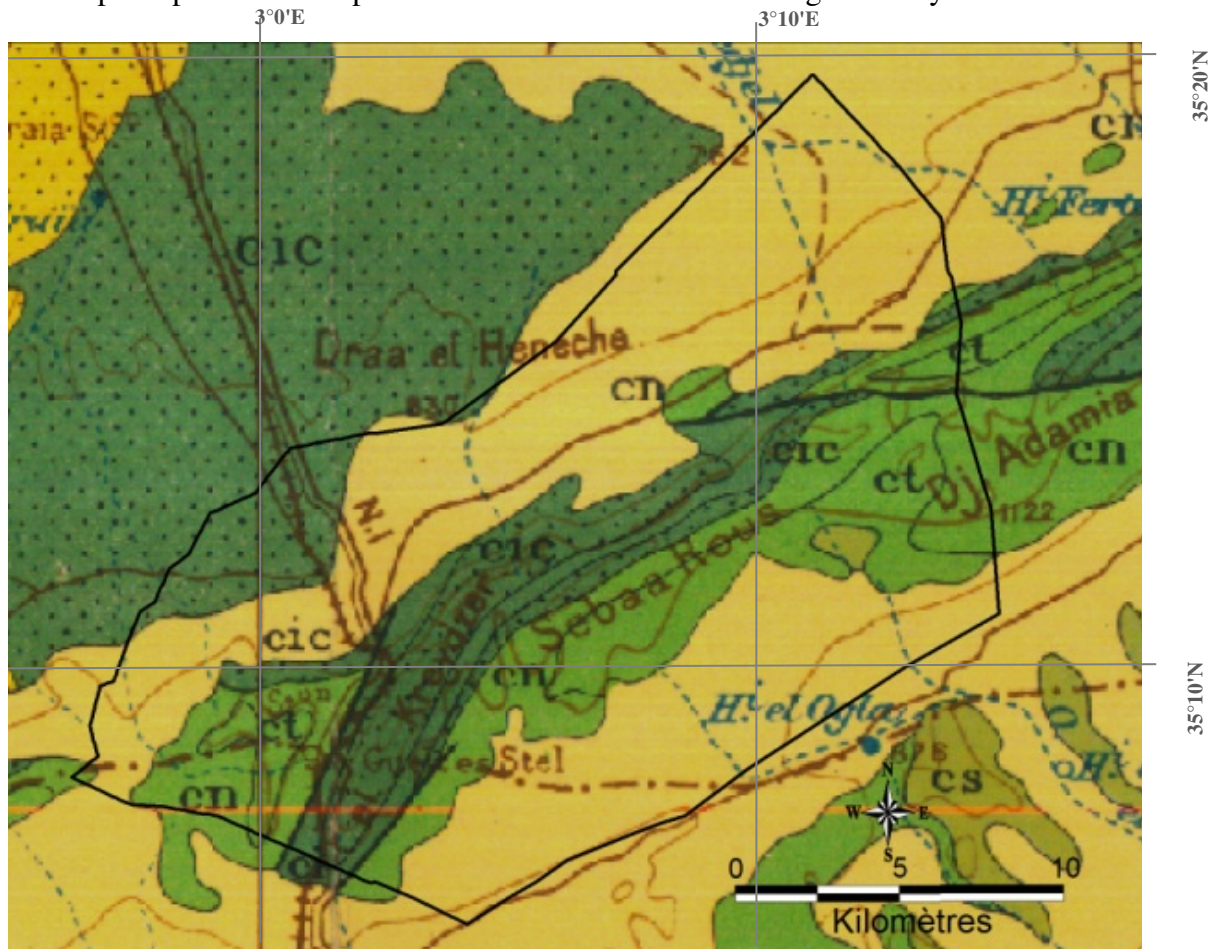
Figure 12. Carte des nappes souterraines du nord de Djelfa (A.N.A.T., 2003)

5. La géologie

Deux formations géologiques caractérisent la région (Fig. 13):

1. *le quaternaire continental (qt)* est constitué d'alluvions et de colluvions arrachées à la montagne. Ces éléments charriés par les nombreux cours d'eau se déposent de part et d'autre de la montagne sur les glacis récents.

2. *le crétacé* fait allusion à la couche de **craille** qui est une *roche calcaire*. Il est représenté par : le **crétacé inférieur (cic)**, constitué de calcaire massif (en bancs ou plaquettes), forme la chaîne montagneuse au centre de la commune. Cette formation affleure au nord et au nord-ouest. - le **crétacé moyen (cn)** est formé par une alternance de grès calcaire et d'argile et se localise principalement aux piedmonts sud et sud-ouest sur des glacis moyens.



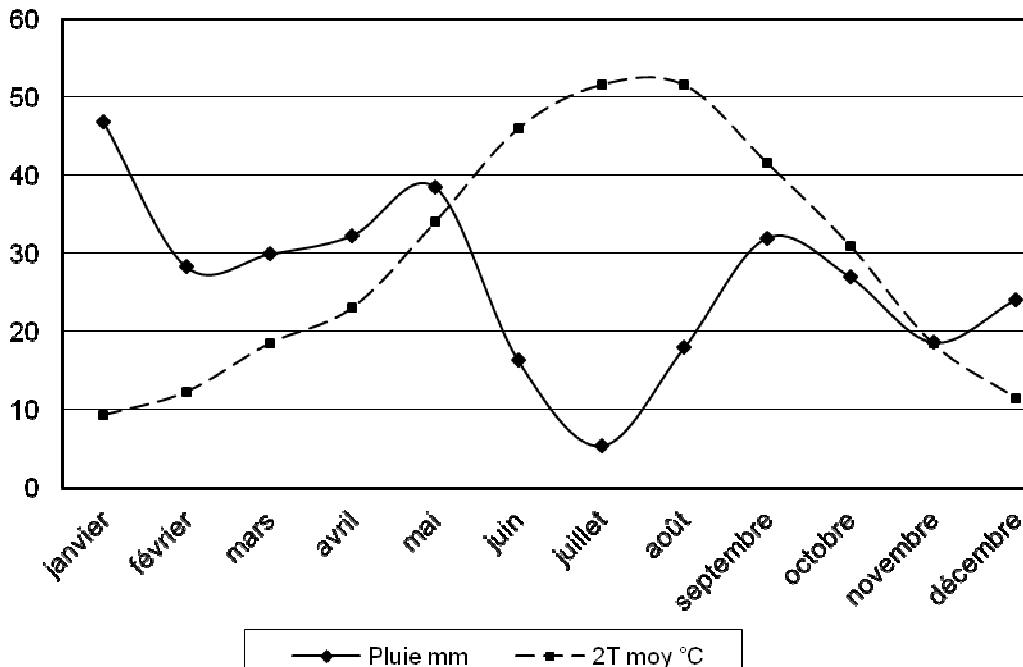
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
cs	Cretace supérieur marin
cse	Crétacé supérieur continental
csm	Crétacé supérieur marin non subdivisé
em	Crétacé moyen (marin ou lagunaire)
ct	divisé éventuellement en - Turonien
cn	Cénomanien
c	Crétacé marin non subdivisé
ci	Crétacé inférieur (Vraconien à Berriasien) faciès marins normaux
cir	" " récifaux ou subrécifaux
cic	" " continentaux ou lagunaires

Figure 13. Extrait de la carte géologique de la Commune de Bouiret Lahdeb (adaptée d'après la feuille d'Alger Nord au 1/500 000).

6. Le climat

Le climat régional détermine la durée de la période de croissance de la végétation, donne les limites des températures favorables ainsi que la répartition des pluies durant l'année (GAUTIER, 1987).

La commune de Bouiret Lahdeb se situe dans l'étage bioclimatique *semi-aride inférieur* et se caractérise par la faiblesse des précipitations. En effet, la région ne reçoit qu'environ 325 mm de pluie par an (annexe 7¹⁰) ce qui est très insuffisant pour le bon développement de la végétation en général. De plus, ces pluies sont irrégulières, mal réparties dans l'année et



souvent orageuses et donc érosives.

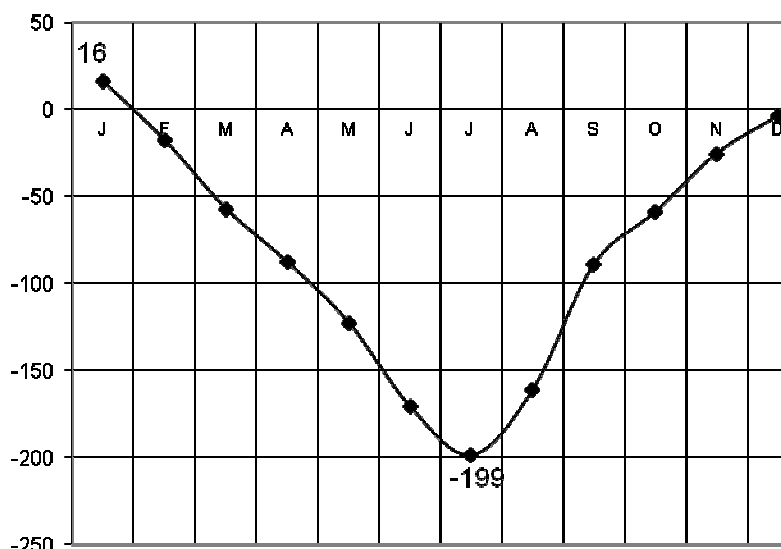
Deux saisons bien distinctes caractérisent le climat de la zone d'étude, une saison chaude et sèche (de juin à novembre) et une saison froide et plus au moins pluvieuse (Fig. 14). Durant la saison sèche, les températures maximales peuvent atteindre 40°C, alors qu'en hiver les gelées sont fréquentes et la température descend souvent au dessous de zéro.

Figure 14. Diagramme ombrothermique de Gaussen (O.N.M. : Station de Djelfa, 1990-2001)

Bien que le poirier peut supporter des températures allant jusqu'à -26°C (I.1.1.), le cognassier (le porte-greffe) par contre est sensible au froid hivernal (I.1.4.b). Le poirier et le

¹⁰ Nous avons utilisé les données climatiques de la station de Djelfa (*semi-aride frais*) faute de disponibilité des données de la station d'Ain Oussara qui est plus proche de la zone d'étude.

PRESENTATION DE LA REGION



cognassier redoutent les températures élevées et sont sensibles à la chaleur et à la sécheresse.

La période de déficit hydrique (pluie < ETP) s'étale sur presque toute l'année (Fig. 15), seul le mois de janvier a un bilan positif. Ce mois reçoit le tiers de la pluviométrie annuelle (105 mm) et la plus part des phénomènes climatiques (neige, gel, grêle, brouillard) sont fréquents durant décembre et janvier.

Figure 15. Le déficit hydrique de la région de Djelfa (O.N.M., 1990-2001)

Durant la saison sèche, les pluies sont plutôt orageuses et souvent accompagnées de grêle qui détruit les fleurs du poirier et réduit, par conséquence le taux de fructification.

Les vents, généralement de direction ouest nord-ouest, peuvent dépasser 120 Km/h et sont fréquents au printemps, ce qui coïncide avec *la période de floraison du poirier*. Le sirocco est fréquent de juillet à septembre (surtout durant août), période durant laquelle *les poires sont récoltées*. Les jeunes plants sont très vulnérables aux vents violents, ils peuvent se briser au niveau du point de greffage (GAUTIER, 1987).

Nous pouvons en conclure que l'adaptabilité du poirier sur cognassier au climat de la région est faible à cause des facteurs cités ci-dessus. En revanche, la forte luminosité (l'insolation) dont la région bénéficie, est un facteur favorable pour l'assimilation chlorophyllienne, l'induction florale, le grossissement des fruits et leur coloration, mais elle possède un effet desséchant car elle augmente la température de l'air (TOUTAIN, 1979).

7. Les sols

Les sols des régions steppiques ont suscité de nombreux travaux (DURAND, 1953 ; AUBERT, 1960 ; BOULAIN, 1960 ; RUELLAN, 1967 ; WILBERT, 1962 ; POUGET, 1980).

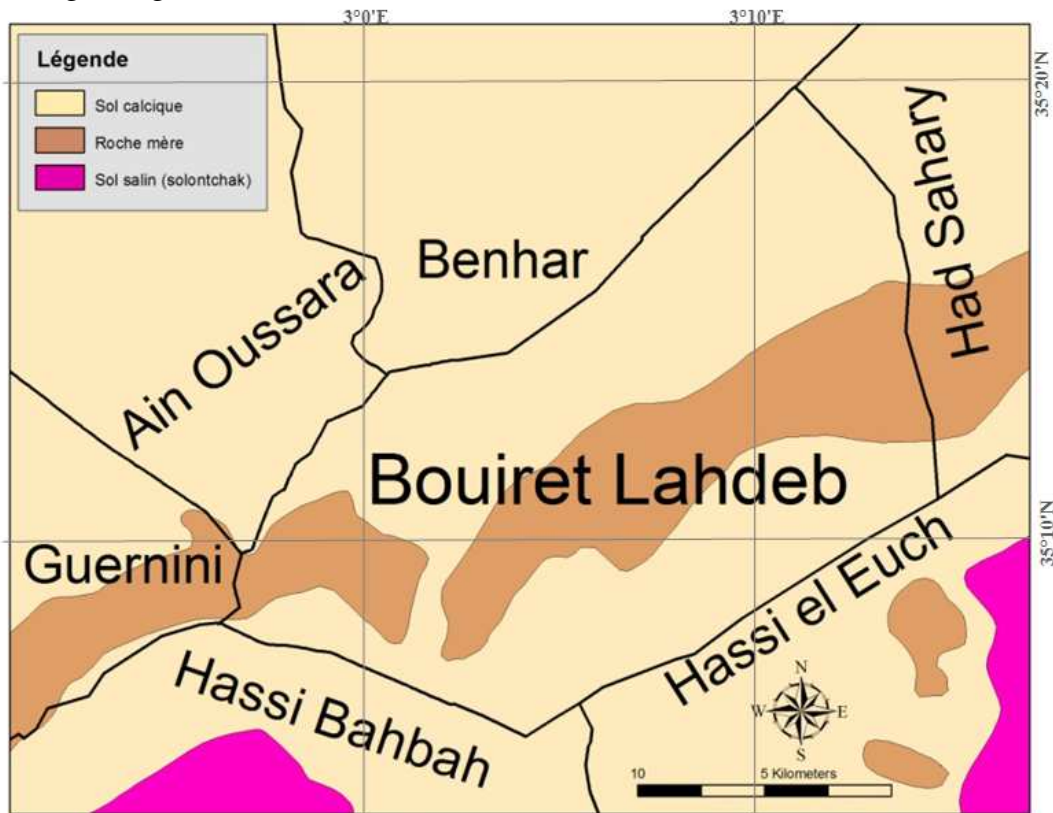
Dans les régions arides et semi-arides, les sols présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses et sont parfois salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire (AUBERT,

PRESENTATION DE LA REGION

1960). Dans les steppes algériennes, les vastes surfaces du quaternaire ancien et moyen attestent de l'extension considérable des sols à croûte calcaire (POUGET, 1980).

Les sols des régions steppiques influent sur la végétation de façon encore plus déterminante que dans les zones non arides, en particulier par le biais de leur caractère hydrodynamiques qui peuvent exagérer ou, au contraire, atténuer l'aridité climatique (LE HOUEROU, 1995).

D'après la carte des sols de DURAND (1954), deux classes de sols caractérisent la région d'étude : **la roche mère** (sols minéraux bruts) qui couvre la zone montagneuse au centre de la commune et **les sols calciques** qui se situent de part et d'autre des montagnes. Au sud de Bouiret Lahdeb, on rencontre les *solontchaks* qui correspondent aux chotts Zahrez Gharbi et Zahrez Chergui (Fig. 16).



Une récente étude des sols de Bouiret Lahdeb (I.N.S.I.D., 2005) révèle l'existence de quatre classes de sols : *les sols isohumiques, les sols calcimagnésiques, les sols peu évolués et les sols minéraux bruts*.

7.1. Les sols minéraux bruts d'érosion

Ils occupent les zones montagneuses au centre de la commune. Les affleurements rocheux sont constitués de grès ou de roche calcaire dure.

7.2. Les sols peu évolués

- *Les sols non climatiques d'apport alluvial* se localisent sur des apports récents fluviaux de texture variables. Ils présentent parfois une stratification granulométrique due à la

sédimentation. Le calcaire dont la teneur varie entre 5 et 35% selon l'origine du matériau alluvial, ne présente pas d'individualisations si ce n'est sous forme de pseudomyceliums. Ces sols sont très répandus (HALITIM, 1988).

- *Les sols d'apport éolien* occupent certaines dayas et forment des lunettes (HALITIM, 1988). Actuellement, avec l'extension des surfaces labourées, l'ensablement envahit de plus en plus de terrains, et forme des nebkas (I.N.R.A.A., 2006).

7.3. Les sols isohumiques

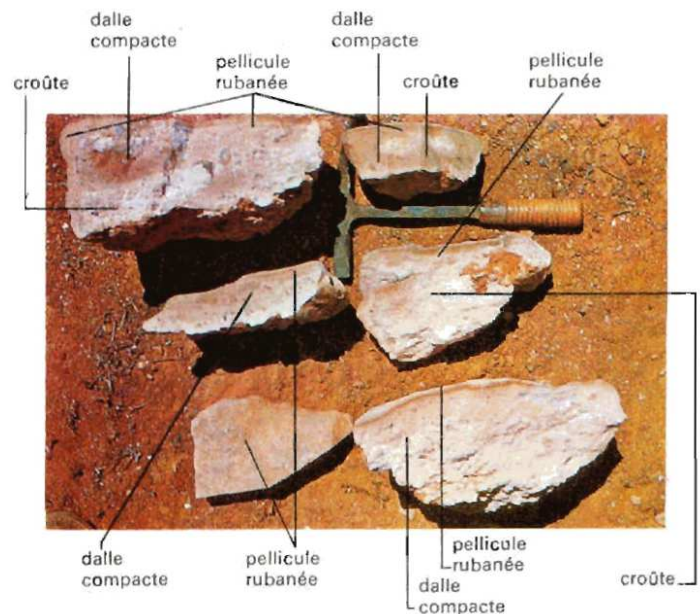
Les sols isohumiques sont les sols les plus répandus dans la zone d'étude (I.N.S.I.D., 2004). Ils occupent également de grandes superficies dans le bassin du Zahrez et la région d'Ain Ouassara, sur un matériau sablo-éolien siliceux ou plus argileux comme dans les dayas (HALITIM, 1988). Ces sols sont considérés comme typiques des zones climatiques à saison sèche accentuée et sont situés le plus souvent sous une végétation de steppe où les graminées dominent (RUELLAN, 1971).

La position topographique de ces sols est très variable, on les retrouve sur les glacis anciens, moyens et récents. Le profil calcaire est différencié et l'individualisation du calcaire est très variable (diffuse, pseudomycelium, amas, nodules) dans la partie moyenne du profil (HALITIM, 1988). Les *sierozems* se situent dans les régions les plus sèches et les plus chaudes. Leur teneur en matière organique est faible (moins de 1% en surface) et l'horizon B textural est absent (RUELLAN, 1971).

7.4. Les sols calcimagnésiques

*Les sols bruns calcaires, xériques à croûte calcaire*¹¹ sont également très répandus dans la zone d'étude. Ils sont observés sur les glacis du quaternaire et sont développés soit sur le calcaire du cénomaniens, soit sur un matériau meuble. L'horizon A est peu épais (5 à 40 cm) et non ou localement salé. La croûte calcaire peut être salée et présenter une pellicule rubanée (HALITIM, 1988).

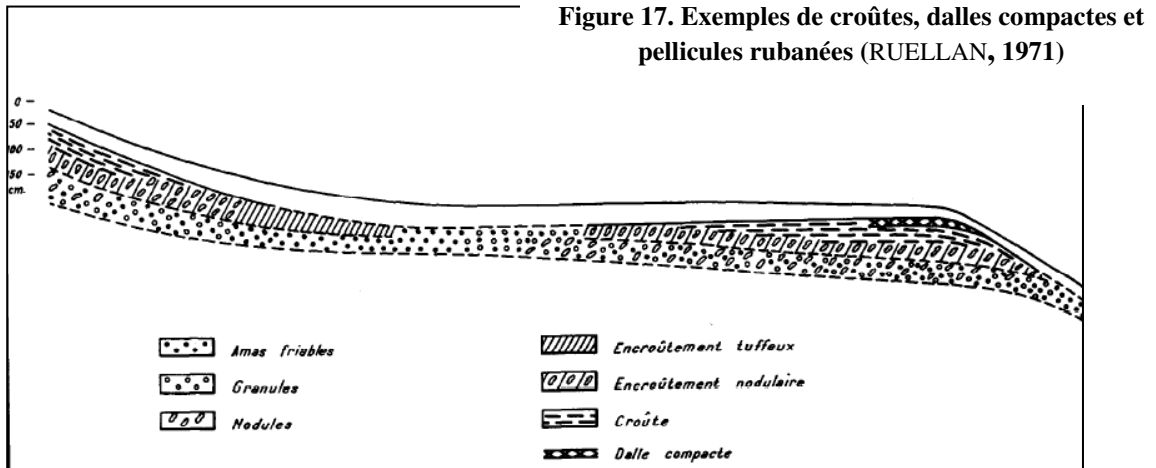
Les **croûtes** sont constituées par la superposition de feuillets d'encroûtement durci mais non pétrifié, dans lesquels les teneurs en calcaire peuvent varier de 60 à plus de 90%. L'épaisseur des feuillets est variable (de quelques millimètres jusqu'à plusieurs centimètres). Ces feuillets ne sont pas continus (Fig. 17).



¹¹ Le terme de *croûte* englobe l'encroûtement, la croûte et la dalle

PRESENTATION DE LA REGION

Les dalles compactes sont constituées par un ou plusieurs feuillets de calcaire, extrêmement durs, de couleur grise ou plus souvent saumon ; chaque feuillet peut atteindre 10 à 20 cm d'épaisseur. Ces feuillets *pétrifiés* sont continus, non brisés verticalement (comme le sont souvent les croûtes) et leur structure interne est très massive. La teneur en calcaire des dalles est fréquemment supérieure à 80% (POUGET, 1980).



La distribution latérale des différentes formes d'individualisation de calcaire est conditionnée par le microrelief (RUELLAN, 1967). Le relief, en règle générale, agit sur les propriétés physiques et chimiques des alluvions et des colluvions, la répartition de dépôts de différents âges, le mouvement de l'eau dans le sol et sur l'érosion du sol. De ce fait, la croûte ou la dalle ne sont pas quasi-présentes comme le montre la figure 18.

Figure 18. Passages latéraux entre les diverses formes d'individualisation et d'accumulation du calcaire (RUELLAN, 1967)

La présence d'une croûte à faible profondeur (à environ 50 cm) pose d'énormes problèmes de mise en valeur des sols steppiques (AUBERT, 1960).

Pour les plantations d'arbres fruitiers qui exigent un sol profond ($P > 1$ m), ZOUAMBIA (1996) a préconisé le *défoncement de la croûte (routage)* suivi d'un *labour profond* pour augmenter la profondeur du sol (Fig. 19).



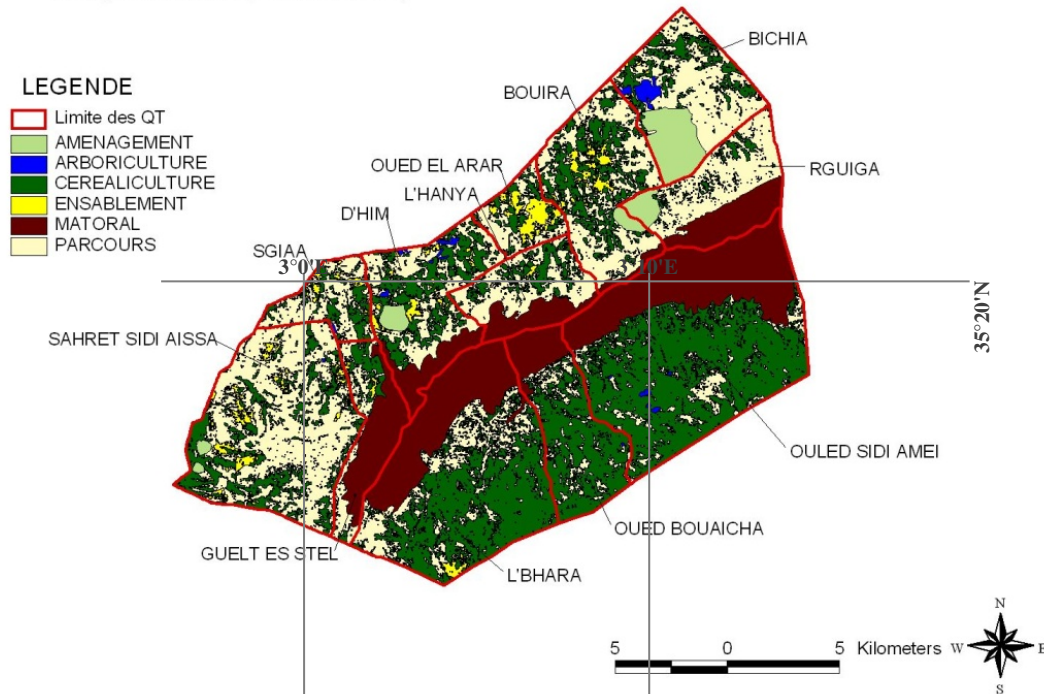
Figure 19. Défoncement de la croûte (à gauche), haie construite par les débris de la croûte (à droite)

Par conséquence, les horizons du sol original sont remaniés, les débris de la croûte sont évacués hors du profil, ce qui pose des difficultés à classer ces sols qu'on peut qualifier de *sols anthropiques*.

8. L'occupation du sol

Dans un passé lointain, toutes les zones steppiques nord-africaines étaient couvertes par des forêts. De ce fait, les steppes actuelles sont le résultat de la dégradation de ces forêts sous l'effet des incendies, du défrichement, du surpâturage et de la mise en culture des sols (LE HOUEROU, 1995).

Actuellement, ce processus de dégradation se poursuit et se généralise. Au niveau de la



commune de Bouiret Lahdeb, près de 6500 hectares de parcours sont dégradés. Au nord, les parcours sont constitués essentiellement de nappes alfatières pures ou en association avec *artémisia herba alba* (armoïse) ou encore *lygeum spartum* (sparte). Au sud, les parcours sont très dégradés et sont essentiellement à base de *Nooea mucrunata* (chobrouk) avec un taux de recouvrement très faible, inférieur à 20% (I.N.R.A.A., 2006). Toutefois, le H.C.D.S.¹² tente de restaurer ces parcours et leur protection à travers les plantations pastorales et la mise en défens. Environ 1100 ha de parcours ont été aménagés (Fig. 20).

¹² HCDS : le Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe

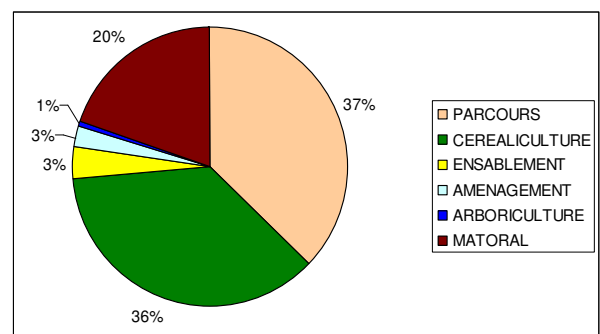
PRESENTATION DE LA REGION

La céréaliculture qui est très répandue au sud occupe pratiquement la même surface que les parcours, soit 13700 ha (Fig. 21). L'extension de cette culture s'est faite au détriment des parcours. Actuellement, l'ensablement prend de l'ampleur sur ces zones (situées sur les couloirs des vents dominants) et près de 1100 ha y sont affectés.

L'arboriculture n'occupe qu'environ 400 hectares et elle se localise principalement au nord de la commune.

Figure 21. Répartition des classes d'occupation du sol de Bouiret Lahdeb (I.N.R.A.A., 2006)

Figure 20. Carte d'occupation du sol de la Commune de Bouiret Lahdeb, interprétation de l'image LANDSAT 2004 (I.N.R.A.A., 2006)



CHAPITRE III
MATERIEL ET
METHODE

Chapitre IV. Matériel et méthode

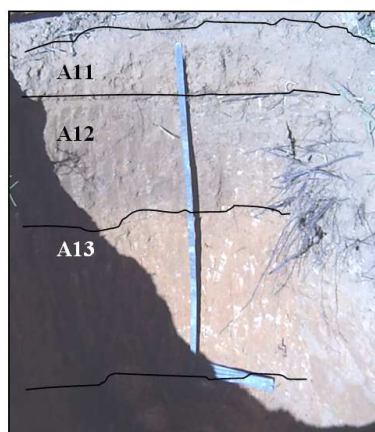
1. Matériel d'étude

1.1. Le sol

Huit profils ont été décrits. Les profils ont été creusés à la main, d'une façon à pouvoir décrire les horizons et les racines. De ce fait, ces profils sont à la fois pédologiques et culturaux. Chaque horizon de chaque profil a été échantillonné (en septembre) et analysé.

- Le profil A1

Code Verger	A	Roche mère	Calcaire et grès calcaire
Code Profil	A1	Géomorphologie	Glacis
Lieu	SGIAA	Pente	2,5%
Commune	Bouiret Lahdeb	Position	mi-pente
Longitude	3°1'39"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°12'1"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	841m	Comportement	Sain

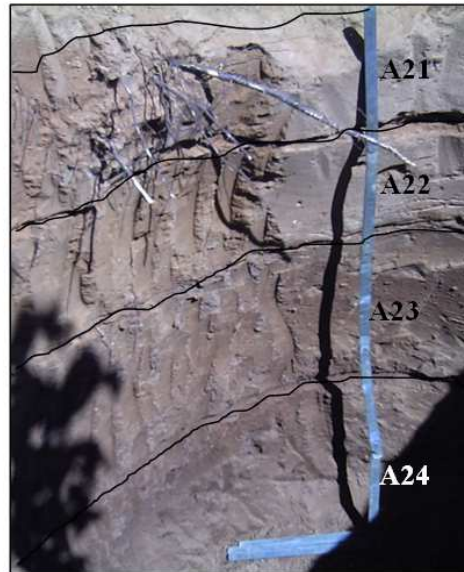


A11	Sec; Sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR6/4; structure polyédrique subangulaire; meuble. Faible effervescence à HCl; nombreux débris faiblement décomposés de feuilles; brindilles; et fruits. Présence de quelques chenilles. Les racines sont peu nombreuses; de taille fine et de direction oblique. Limite distincte et régulière.
0-12 cm	
A12	Frais; Sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/6; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Présence abondante de pseudo mycélium et amas friable calcaires; de taille fine. Effervescence moyenne à HCl. Quelque débris de racines moyennement décomposés. Les racines très nombreuses; de taille moyenne; de direction horizontale et déviées par l'horizon sous-jacent. Limite nette et irrégulière.
12-44 cm	
A13	Frais; Sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR6/8; structure polyédrique subangulaire; compact. Présence très abondante de nodules et d'amas friables calcaire; de tailles moyenne et grossière. Forte effervescence à HCl. Pas de racine. Limite irrégulière.
44-80 cm	
Roche mère > 80 cm	En blocs; discontinue; arrondie; deux types : a) dure b) tendre.

MATERIEL ET METHODE

- Le profil A2

Code Verger	A	Roche mère	Grès calcaire
Code Profil	A2	Pente	2,5%
Lieu	SGIAA	Géomorphologie	Glacis
Commune	Bouiret Lahdeb	Position	mi-pente
Longitude	3°1'41"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°12'3"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	836m	Comportement	Carencé

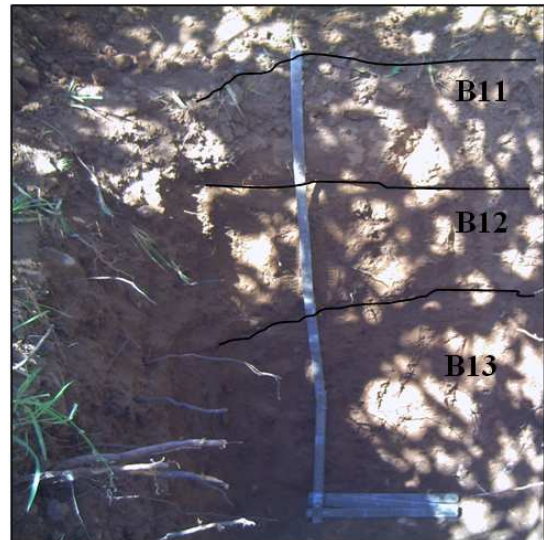


A21	Sec; Sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR6/4; structure polyédrique subangulaire; très compact. Forte effervescence à HCl. Nombreux débris faiblement décomposés de feuilles; brindilles; et fruits. Très peu de pores. Les racines sont peu nombreuses; de taille fine et de direction horizontale. Présence de nombreuses fourmières traversant l'horizon. Limite diffuse et régulière.
0-18 cm	
A22	Frais; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR5/6; structure polyédrique subarrondie; meuble. Forte effervescence à HCl. Pas de racines. Très peu de pores. Limite nette et irrégulière.
18-40 cm	
A23	Frais; limoneux-sableux-argileux; couleur humide 7.5YR5/4; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Très forte effervescence à HCl. Présence très abondante de pseudo-mycélium calcaire. Pas de racine. Pas de pores. Limite diffuse et régulière.
40-67 cm	
A24	Frais; Sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR4/3; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Forte effervescence à HCl. Présence peu abondante de pseudo mycélium calcaire. Pas de racine. Pas de pores. Présence abondante de fourmilles. Limite nette et irrégulière.
67-100 cm	
Roche mère >100 cm	En blocs; discontinus; arrondis et tendre.

MATERIEL ET METHODE

- Le profil B1

Code Verger	B	Roche mère	Grès calcaire
Code profil	B1	Pente	0,5%
Lieu	Oued el arar	Géomorphologie	Plateau
Commune	Bouiret Lahdeb	Position	mi-pente
Longitude	3°5'3"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°15'57"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	778m	Comportement	Sain

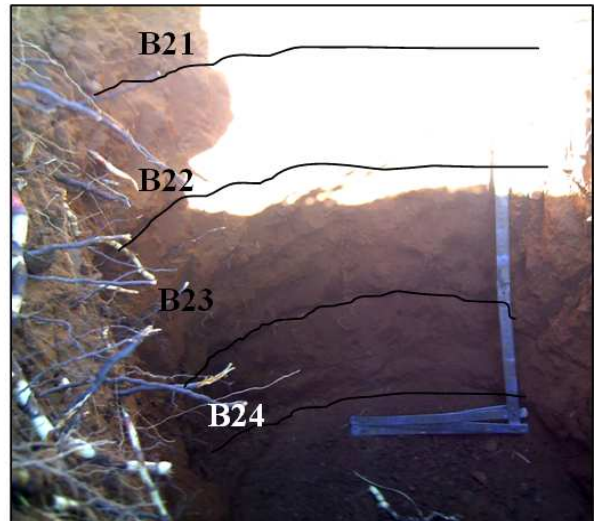


B11	Sec; Sableux-limoneux-argileux; couleur humide 7.5YR6/4; structure polyédrique subangulaire; très compact. Nombreux débris faiblement décomposés de feuilles; brindilles; et fruits. Très peu de pores. Effervescence moyenne à HCl. Les racines sont nombreuses; horizontales; de taille grosse à moyenne et se localisent dans les fissures. Limite distincte et irrégulière.
0-21 cm	
B12	Frais; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR4/4; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Forte effervescence à HCl. Présence peu abondante de pseudo mycélium calcaires. Les racines sont très peu nombreuses; obliques; de taille moyenne à fine et se localisent dans la masse. Limite diffuse et régulière.
21-45 cm	
B13	Frais; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR4/4; structure polyédrique subangulaire; compact. Forte effervescence à HCl. Présence rare de pseudo mycélium calcaires. Pas de racine. Limite nette et régulière.
45-80 cm	
Roche mère >80 cm	En blocs; discontinus; arrondis et tendre.

MATERIEL ET METHODE

- Le profil B2

Code Verger	B	Roche mère	Non observée
Code profil	B2	Pente	0,5%
Lieu	Oued el arar	Géomorphologie	Plateau
Commune	Bouiret Lahdeb	Position	Bas de pente
Longitude	3°5'0"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°15'1"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	777m	Comportement	Carencé



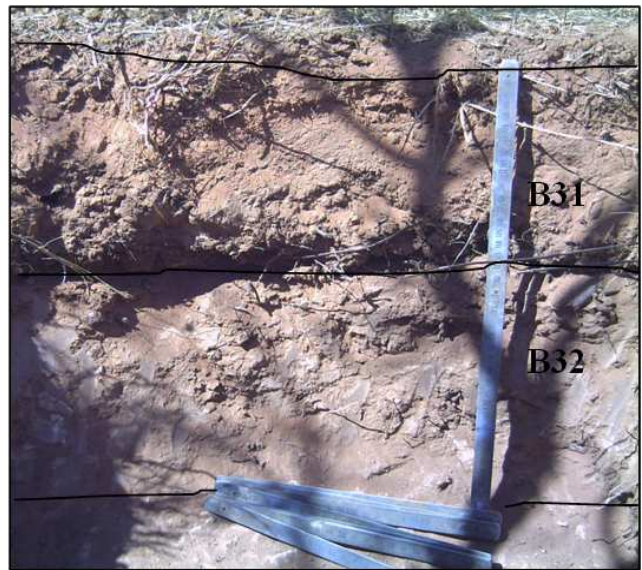
B21 0-24 cm	Sec; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR4/4; structure polyédrique subangulaire; meuble. Nombreux débris de feuilles; brindilles; et fruits. Très peu de pores. Forte effervescence à HCl. Les racines sont déviées par l'horizon sous-jacent; elles sont très nombreuses; horizontales et oblique; de taille grosse à moyenne et se localisent dans les agrégats et dans la masse. Limite distincte et irrégulière.
B22 24-58 cm	Frais; limoneux-argileux; couleur humide 7.5YR3/4; structure polyédrique subangulaire; compact. Forte effervescence à HCl. Les racines sont peu nombreuses; verticales; de taille moyenne à fine et se localisent dans les agrégats. Limite diffuse et régulière.
B23 58-83 cm	Frais; sableux -limoneux; couleur humide 7.5YR4/6; structure polyédrique subarrondie; peu compact. Forte effervescence à HCl. Les racines sont très peu nombreuses; horizontales; de taille fine à moyenne et se localisent dans les agrégats. Limite diffuse et régulière.
B24 83-100 cm	Frais; sableux -limoneux; couleur humide 7.5YR4/6; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Forte effervescence à HCl. Les racines sont très peu nombreuses; horizontales; de taille fine et se localisent dans les agrégats.

le sol est plus profond qu'un mètre; la roche mère n'a pas été observée.

MATERIEL ET METHODE

-Le profil B3

Code Verger	B	Roche mère	Non observée
Code profil	B3	Pente	0,5%
Lieu	Oued el arar	Géomorphologie	Plateau
Commune	Bouiret Lahdeb	Position	Bas de pente
Longitude	3°4'54"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°15'33"E	Variétés	Santa Maria
Altitude	775m	Comportement	Dépéri

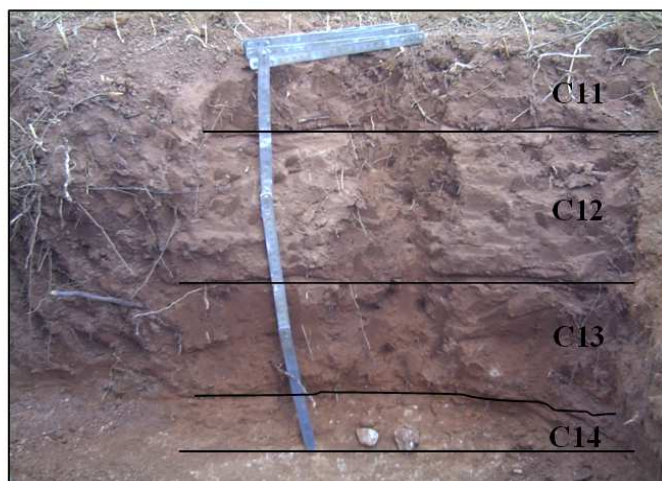


B31	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR6/4; structure polyédrique subarrondie; peu compact. Nombreux débris de feuilles et brindilles. Forte effervescence à HCl. Présence peu abondante de pseudo-mycélium calcaire. Les racines sont peu nombreuses; nécrosées; obliques; de taille grosse à moyenne et se localisent entre les agrégats. Limite distincte et régulière.
0-20 cm	
(Ap)	
B32	Sec; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR7/4; structure polyédrique subangulaire; très compact. Forte effervescence à HCl. Présence abondante de pseudo-mycélium et de nodules calcaires. Les racines sont très peu nombreuses; nécrosées; horizontales; de taille moyenne à fine et se localisent dans les fissures; déviées par l'horizon sous-jacent. Limite nette et régulière.
20-40 cm	
(B ca)	
>40 cm	Croûte calcaire fissurée.

MATERIEL ET METHODE

- Le profil C1

Code Verger	C	Roche mère	Grés calcaire
Code profil	C1	Pente	2,5%
Lieu	Siada	Géomorphologie	Plateau
Commune	Aïn Oussara	Position	Haut de pente
Longitude	2°56'18"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°23'53"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	711m	Comportement	Sain

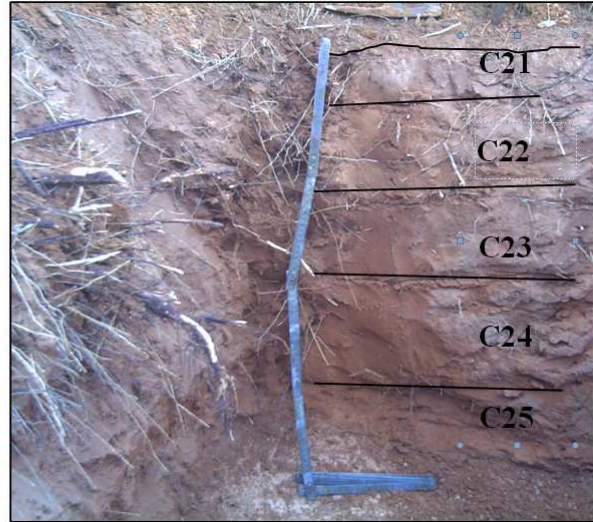


C11 0-10 cm	Frais; limoneux-sableux-argileux; couleur humide 7.5YR4/6; structure polyédrique subarrondie; peu compact. Nombreux débris de feuilles et brindilles. Moyenne effervescence à HCl. Les racines sont peu nombreuses; horizontales; de taille fine et se localisent dans la masse. Limite graduelle et régulière.
C12 10-31 cm	Frais; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR4/4; structure polyédrique subangulaire; meuble. Moyenne effervescence à HCl. Les racines sont très nombreuses; obliques; de taille moyenne à fine et se localisent dans les fissures; déviées par l'horizon sous-jacent. Limite diffuse et régulière.
C13 31-55 cm	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/4; structure polyédrique subangulaire; meuble. Moyenne effervescence à HCl. Présence peu abondante de pseudo-mycélium et de taches calcaires. Les racines sont peu nombreuses; horizontales; de taille grosse à moyenne et se localisent dans la masse; déviées par l'horizon sous-jacent. Limite distincte et régulière.
C14 55-70 cm	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR4/6; structure polyédrique subangulaire; très compact. Forte effervescence à HCl. Présence abondante de pseudo-mycélium et de nodules calcaires. Les racines sont très peu nombreuses; nécrosées; horizontales; de taille moyenne à fine et se localisent dans les fissures; déviées par l'horizon sous-jacent. Limite nette et régulière.
Roche mère >70	blocs; discontinus; arrondis et tendre.

MATERIEL ET METHODE

- Le profil C2

Code Verger	C	Roche mère	Grés calcaire
Code profil	C2	Pente	2,5%
Lieu	Siada	Géomorphologie	Plateau
Commune	Aïn Oussara	Position	mi-pente
Longitude	2°56'25"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°24'9"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	706m	Comportement	Carencé

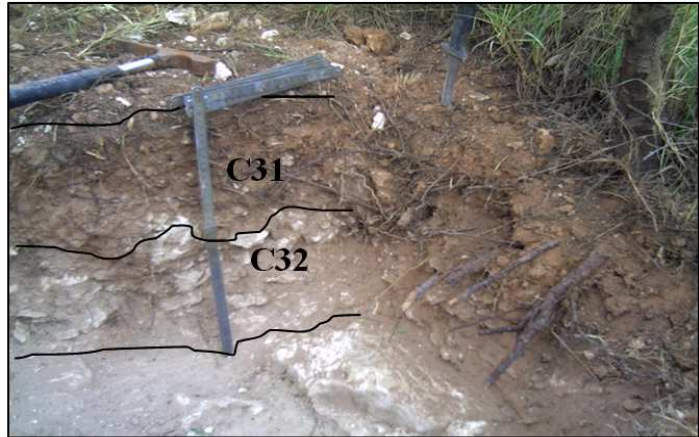


C21	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/6; structure polyédrique subangulaire; meuble. Nombreux débris de feuilles; de paille et de fruits. Moyenne effervescence à HCl. Les racines sont nombreuses; horizontales; de taille moyenne et se localisent dans la masse. Limite diffuse et régulière.
0-8 cm	
C22	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/4; structure polyédrique subangulaire; compact. Moyenne effervescence à HCl. Les racines sont très nombreuses; obliques; de taille grosse; moyenne et fine et se localisent dans la masse. Limite diffuse et régulière.
8-24 cm	
C23	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/8; structure polyédrique subangulaire; meuble. Moyenne effervescence à HCl. Les racines sont peu nombreuses; obliques; de taille moyenne à fine et se localisent dans la masse. Présence de nombreux chenaux obliques. Limite diffuse et régulière.
24-39 cm	
C24	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR5/8; structure polyédrique subangulaire; meuble. Moyenne effervescence à HCl. Présence peu abondante de taches calcaires. Les racines sont très peu nombreuses; horizontales; de taille fine. Présence de nombreux chenaux obliques. Limite distincte et régulière.
39-68 cm	
C25	Frais; sableux-limoneux; couleur humide 7.5YR6/8; structure polyédrique subangulaire; peu compact. Très forte effervescence à HCl. Présence abondante de taches et de nodules calcaires. Limite nette et régulière.
68-83 cm	
Roche mère	blocs; discontinus; arrondis et tendre.
>83 cm	

MATERIEL ET METHODE

- Le profil C3

Code Verger	C	Roche mère	Non observée
Code profil	C3	Pente	2,5%
Lieu	Siada	Géomorphologie	Plateau
Commune	Aïn Oussara	Position	Bas de pente
Longitude	2°56'27"E	Végétation	Poirier
Latitude	35°23'58"N	Variétés	Santa Maria
Altitude	704m	Comportement	Dépéri



C31	Frais; sableux- limoneux; couleur humide 7.5YR4/6; structure particulière; meuble. Présence de débris de feuilles; de paille et brindilles. Moyenne effervescence à HCl. Présence abondante de nodules calcaire et de cailloux en surface. Les racines sont très nombreuses; de taille grosse à moyenne; se localisent dans la masse et sont déviées par les cailloux. Limite distincte et irrégulière.
0-10 cm	
(Ap)	
C32	Frais; limoneux-sableux; couleur humide 7.5YR4/4; structure particulière; très compacte. Moyenne effervescence à HCl. Encroûtement calcaire. Les racines sont très peu nombreuses; horizontales; de taille moyenne à fine et se localisent dans les fissures; déviées par l'horizon sous-jacent. Limite abrupte et irrégulière.
10-41 cm	
(B ca)	
> 41 cm	Dalle calcaire continue.

1.2. Le végétal

Comme précisé plus haut (III.1.5.), la partie du végétal prélevée est la feuille.

- *La date du prélèvement*

L'échantillonnage des feuilles se fait 8 à 12 semaines après la *pleine floraison* (floraison de 50% des boutons floraux). Durant cette période, la teneur des feuilles en nutriments est relativement stable (PREVEL ET GAGNARD, 1984).

Pour le cas des vergers étudiés, la pleine floraison a eu lieu fin avril et par conséquent la période d'échantillonnage a eu lieu le mois de juillet.

- *Le nombre d'arbre à échantillonner*

Le nombre d'arbres sur lesquels s'effectue la collecte des feuilles est de **25 arbres par hectare**, tandis que le nombre de feuilles composant l'échantillon est de 100, soit 4 feuilles par arbre. Sur chaque arbre, une feuille est prélevée par orientation (nord, sud, est et ouest).

- *L'emplacement de la feuille à échantillonner*

La feuille à prélever doit être située au milieu de la pousse annuelle. Ce choix tient compte des études consacrées à la variabilité et à la représentativité de la composition des feuilles situées le long du rameau.

Cependant, il faut éviter de prélever des feuilles malades. Les chloroses, les nécroses, les sécrétions des parasites fausseraient les résultats.

L'échantillonnage le long de deux diagonales croisées a été adopté pour toutes les parcelles représentatives qui se composent d'une seule variété (Santa Maria), à l'exception du verger C, où trois variétés (Santa Maria, Dr Guyot et Williams) sont disposées sur la parcelle d'une façon aléatoire, nous avons opté pour un échantillonnage aléatoire, seule la variété Santa Maria a été échantillonnées.

Enfin, il faut éviter de prélever des arbres situés sur les rangs limitrophes.

1.3. L'eau d'irrigation

Pour chaque verger, nous avons prélevé 1,5 litre directement du forage et non pas du bassin où des engrais se mélangent avec l'eau d'irrigation. La période de prélèvement est la même que pour le sol (septembre).

2. Méthodologie

Dans la même optique que *l'approche participative* qui a donné naissance au présent travail, l'approche que nous avons adoptée est mixte : *holistique (systémique)*, en plaçant le végétal dans son environnement naturel et anthropique et "*classique*", en se concentrant sur la relation sol-végétal.

L'entretien avec les arboriculteurs de Bouiret Lahdeb lors d'un atelier sur *l'approche participative* (I.N.R.A.A., 2006) nous a conduit à se rapprocher d'autres organismes du secteur agricole. Sur cette base, la méthodologie adoptée s'est appuyée sur une enquête institutionnelle, un diagnostic rapide, la description et l'analyse du sol, le diagnostic foliaire et l'analyse de l'eau d'irrigation. A la fin, nous tenterons d'évaluer la maîtrise des techniques culturales.

2.1. L'enquête institutionnelle

Après une recherche bibliographique sur le dépérissement des arbres fruitiers, nous avons émis quelques hypothèses à vérifier par une enquête institutionnelle.

Il s'agit, en fait, de consulter les institutions impliquées directement ou indirectement dans la mise en valeur des terres, l'arboriculture et la protection des végétaux. Cette enquête a pour objectifs :

- d'évaluer le niveau de connaissance du phénomène de dépérissement des arbres fruitiers dans la région de Djelfa,
- de s'informer sur les mesures prises pour pallier à ce phénomène,
- d'orienter notre recherche sur les questions les plus pertinentes,
- de choisir les espèces à étudier et
- de délimiter la zone d'expérimentation.

Les institutions ciblées sont le Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe (HCDS), la Direction des Services Agricoles de Djelfa (DSA), l'Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière et de la Vigne (ITAFV), l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) et le Centre National de Contrôle et de Certification des Semences et Plants (CNCC).

2.2. Le diagnostic rapide

Ce diagnostic a concerné 10 vergers de tailles et d'âges différents. Le but recherché est de sortir avec une image claire de la configuration des vergers de la région. Dans ce sens, nous avons concentré notre attention sur la qualité du sol, la famille des espèces fruitières plantées (à pépins, à noyaux, ...) et l'état physiologique des arbres (sains, symptômes de carences, attaques parasitaires, dépérissement).

Les exploitants ont livré des informations sur l'âge du verger, la qualité de l'eau d'irrigation, l'utilisation des engrais et des produits phytosanitaires, les contraintes climatiques et la productivité des espèces plantées.

Sur la base de ce diagnostic, nous avons limité cette recherche à l'étude du le poirier malgré que le dépérissement concerne toutes les rosacées (pommier et poirier). Le choix du poirier revient au fait que cette espèce se présente dans la région d'étude par une seule combinaison

MATERIEL ET METHODE

variété/porte-greffe (*santa maria sur cognassier BA29*) alors que plusieurs combinaisons peuvent être rencontrés chez le pommier.

2.3. Le choix des vergers

Trois vergers ont été choisis sur la base de la présence du poirier et l'âge du verger. Au début de cette étude, la zone se limitait uniquement à la commune de Bouiret Lahdeb. Vu que les vergers de cette commune sont dans la plupart des cas jeunes, nous avons inclus un autre verger situé dans la commune d'Ain Oussara, au nord de Bouiret Lahdeb (Fig. 22).

Le choix de trois vergers d'âges différents permet de tester l'hypothèse d'une dégénérescence naturelle du poirier au niveau des anciens vergers.

Nous avons attribué un code pour chaque verger, le code "A" est attribué pour le premier verger (7 ans), le "B" pour le deuxième (10 ans) et le "C" pour le troisième (12 ans).

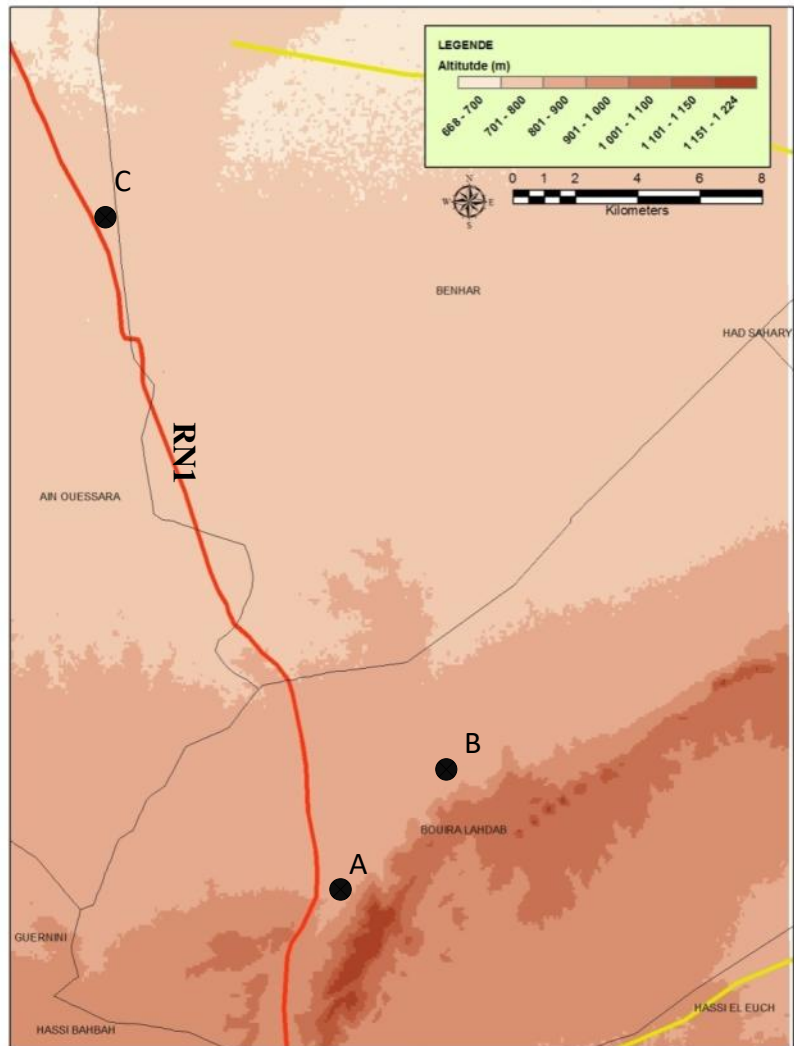


Figure 22. Localisation des vergers étudiés

- **Le verger A**

Ce verger est le plus ancien de Bouiret Lahdeb (10 ans). Il est implanté sur une ancienne *nebkha* (actuellement décapée), le sol est visiblement sableux en surface. Malgré la jeunesse des poiriers (7 ans), l'apport d'amendement, d'engrais et de produits phytosanitaires, des signes de carences sont observés (jaunissement des feuilles et nécrose symétrique par rapport à la nervure principale). La variété plantée est la Santa maria sur cognassier BA29 (Tab. 7) sans palissage. L'irrigation se fait par goutte à goutte et la prolifération des adventices est moyenne et se situe le long des goutteurs (photo. 6). Entre les rangs, on fait passer la charrue à disque pour lutter contre ces adventices. Il n'y a pas de dépérissement observé dans ce verger (photo. 7) mais les plants de la partie basse du verger n'ont pas réussi dès leur première plantation.



Photo 6. Aperçu du verger A

Tableau 7. Caractéristiques du verger A

<i>plantation</i>	
Variété dominante	Santa Maria
Porte-greffe	Cognassier BA29

Photo 7. Image satellite du verger A (Google Earth, 2006)

MATERIEL ET METHODE

- *Le verger B*

Ce verger se localise dans une zone d'épandage de crue (photo 9), sur la rive est de Oued el Arar (Tab.8). Le verger a déjà fait l'objet d'analyse du sol et de l'eau d'irrigation des deux forages pour la gestion de la fertilisation et l'irrigation. L'apport des produits phytosanitaires et des engrais n'est pas régulier à cause de la cherté des inputs. Ce verger se caractérise par une prolifération très élevée des adventices, avec un jaunissement et chute des feuilles très fréquente du poirier et même pour les autres espèces (pommier, olivier). Le dépérissement s'est manifesté sur 10 ha de poirier (variété Santa Maria) et sur plus de 10 ha de pommier. Aussi, les arbres situés à coté des brise-vent sont dépéris dans la plupart des parcelles et pour toutes les espèces (photo 8).

Tableau 8. Caractéristiques du verger B

Commune	Bouiret Lahdeb
Lieu dit	Oued el Arar
Longitude	3°5'5"
Latitude	35°15'44"
Age du verger	10 ans
Surface total du verger	140 ha
Surface du Poirier	40 ha
Pente	2%
Exposition	Nord-ouest
Nombre d'arbres	4560
Distance de plantation	4m x 2m
Variété dominante	Santa Maria
Porte-greffe	Cognassier BA29



Photo 8. Aperçu du verger B

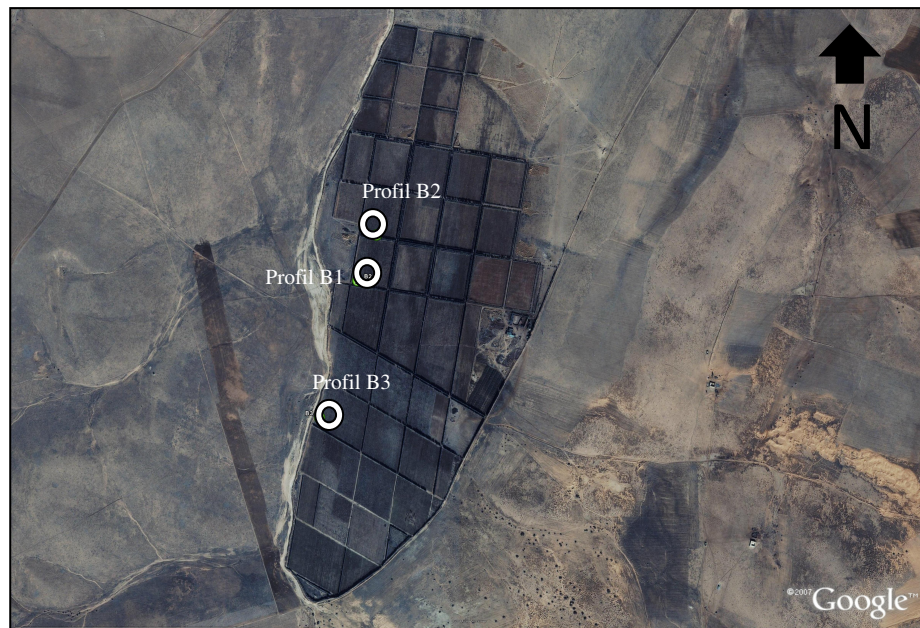


Photo 9. Image satellite du verger B (Google Earth, 2006)

MATERIEL ET METHODE

- *Le verger C*

Localisé sur le plateau du Sersou, ce verger compte parmi les premiers vergers implantés dans ce périmètre de mise en valeur (Tab. 9). Les variétés plantées sont Santa maria, Dr Guyot et Williams sur cognassier BA29, sans palissage. L'irrigation se fait par goutte à goutte, la prolifération des adventices est moyenne le long des goutteurs (photo 10). Entre les rangs, on fait passer la charrue à disque pour éliminer les adventices. L'apport des produits phytosanitaires et des engrais, ainsi que la pulvérisation foliaire des oligoéléments sont périodiques. Malgré cela, la chlorose et la nécrose sont très présentes et affectent même le pommier. Pour ce verger, c'est la variété William's (poirier) qui a dépéri sur 4 ha (photo 11).



Photo 10. Aperçu du verger C

Tableau 9. Caractéristiques du verger C

Commune	Ain Ouassara
Lieu dit	Bou Cedraia
Longitude	2°56'31"
Latitude	35°24'4"
Age du verger	11 ans
Surface total du verger	60 ha
Surface du Poirier	20 ha
Pente	2%
Exposition	Nord-est
Nombre d'arbres	2464
Distance de plantation	4m x 2m
Variété dominante	Santa maria
Porte-greffe	Cognassier BA29

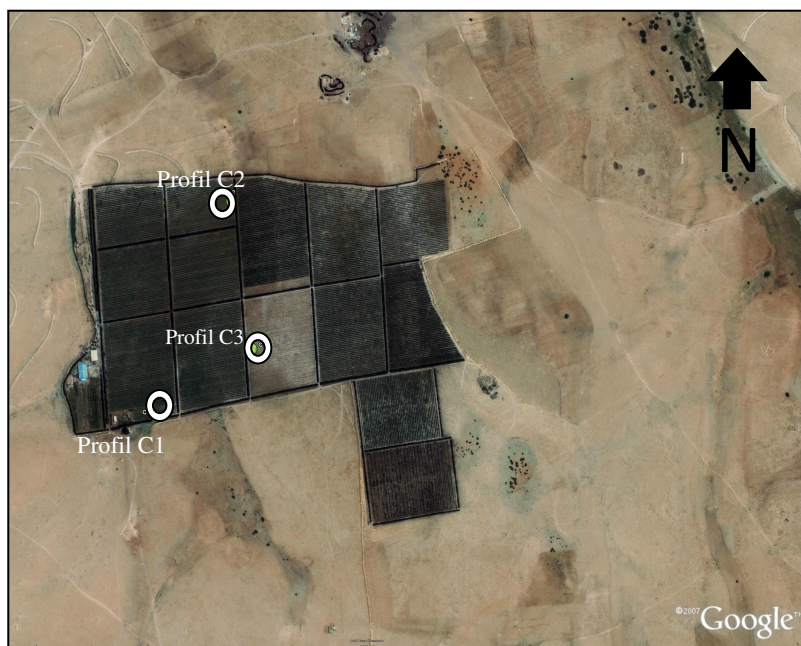


Photo 11. Image satellite du verger C (Google Earth, 2006)

2.4. Les profils et les analyse du sol

- *Emplacement des profils*

Sur la base de l'observation du feuillage (*couleur, taille, forme*), nous avons distingué **trois comportements** (*sain, carencé et dépéri*) codés 1, 2 et 3 (Fig. 23).

Le comportement (l'état physiologique) résulte de l'interaction entre le **génotype** et l'influence de l'**environnement** sur l'expression de ce dernier. Partant du principe que la variété, le porte-greffe et le climat sont les mêmes au sein d'un même verger, le comportement du poirier serait beaucoup plus tributaire des facteurs locaux de la station, à savoir le facteur sol.



Figure 23. Les trois comportements observés du poirier.

Le choix des profils pédologiques et culturaux était fait sur la base des comportements cités ci-dessus pour élucider l'influence du sol sur ces comportements. De ce fait, nous aurons trois profils par verger, sauf pour le verger A où le comportement dépéri est absent, les verges B et C présentent les trois comportements (Tab. 10). Au total huit, profils ont été positionnés par GPS, photographiés, décrits et analysés.

Tableau 10. Codification des profils.

Comportement	VERGER		
	A	B	C
<i>Sain</i>	A1	B1	C1
<i>Carencé</i>	A2	B2	C2
<i>dépéri</i>	-	B3	C3

- *Description des profils*

Après la délimitation des horizons pédologiques, les caractéristiques suivantes sont décrites : La texture, l'humidité, la couleur (charte Munsell), la structure, la compacité, l'effervescence à l'HCl, la porosité, la matière organique, l'activité biologique, les éléments secondaires et la limite avec l'horizon sous-jacent. Nous avons utilisé la fiche STIPA pour reporter les descriptions.

MATERIEL ET METHODE

Pour les racines, les caractéristiques suivantes sont décrites : *La densité* (très nombreuses, nombreuses, peu nombreuses, absentes), *la taille et la direction* (horizontale, oblique et verticale).

Chaque horizon reçoit un code qui est celui du profil correspondant (Tab. 11) en plus d'un numéro qui correspond à la position de l'horizon dans le profil du haut vers le bas.

Ainsi, l'horizon A11 renvoi à l'horizon de surface, au dessous d'un arbre sain du premier verger étudié (verger A).

Tableau 11. Codification des vergers, profils et horizons.

VERGER A		VERGER B			VERGER C		
PROFIL A1	PROFIL A2	PROFIL B1	PROFIL B2	PROFIL B3	PROFIL C1	PROFIL C2	PROFIL C3
A11	A21	B11	B21	B31	C11	C21	C31
A12	A22	B12	B22	B32	C12	C22	C32
A13	A23	B13	B23		C13	C23	
	A24		B24		C14	C24	
						C25	

- *L'échantillonnage*

Un kilogramme de sol est prélevé de chaque horizon. L'échantillonnage commence du bas vers le haut du profil. Chaque échantillon reçoit le code de l'horizon source. Au total, 27 échantillons ont été prélevés et analysés.

L'échantillonnage a été effectué le mois de septembre, après la cueillette des poires.

- *La préparation des échantillons*

La préparation des échantillons prélevés aux différentes analyses consiste à faire :

- un séchage à l'air libre durant une semaine, dans une salle aérée, en étalant l'échantillon sur un support non métallique (papier),
- un émiettement des agrégats à la main,
- un broyage avec un rouleau en bois, en faisant attention à ne pas détruire les éléments grossiers (nodules, cailloux fragiles, ...),
- un tamisage à 2 mm pour avoir **la terre fine** qui servira aux différentes analyses,
- Le refus (>2mm) est pesé pour déterminer le pourcentage des **éléments grossiers**.

Chaque échantillon est entreposé dans une boîte en plastique fermée, portant le code de l'échantillon.

MATERIEL ET METHODE

- Les analyses

Tous les échantillons ont fait l'objet des analyses citées dans le tableau 12.

Tableau 12. Les méthodes d'analyses des échantillons du sol.

ANALYSE	METHODE	DOSAGE
Granulométrie (%)	Internationale	Pipette de Robinson
Classe texturale	Triangle textural FAO	
pH eau	Terre/eau = 1/2,5	Ph mètre
CaCO₃ (%)	Calcimétrie volumétrique	Calcimètre de Bernard
CE (dS/m)	Terre/eau= 1/5 à 25°C	Conductivimètre
Azote total (%)	Kjeldhal	Distillateur Kjeldhal
Phosphore assimilable (mg/kg)	Olsen	Colorimétrie
CEC et Ca+Mg, K, Na échangeables (cmol⁺ /kg)	Metson	Emission à flamme
Cu, Mn, Zn extractibles (mg/kg)	Eau Régale (attaque aux acides chlorhydrique et nitrique)	Absorption atomique

Outre les analyses classiques (granulométrie, pH, CE, calcaire total) qui renseignent sur l'ambiance physico-chimique du sol, les autres analyses nous donnent une appréciation sur la fertilité de ce dernier.

L'ESP (Exchangeable Sodium Pourcentage) est calculé sur la base de l'équation suivante:

$$\text{ESP (\%)} = (\text{Na éch./CEC}) \times 100$$

Nous avons opté pour le dosage de quelques oligoéléments (Cu, Mn et Zn) pour déceler une éventuelle déficience en l'un de ces éléments. Le dosage du fer demeure non-intéressant pour des sols où le calcaire domine (RYSER J.-P. ET HELLER W., 2006). De plus, les symptômes de chlorose ferrique (**photo 4**) ont été observés au niveau des vergers étudiés, ce qui indique une déficience en fer.

- Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats des analyses revient à les comparer avec des normes. L'idéal est d'utiliser des normes spécifiques au poirier dans la région d'étude, c'est-à-dire les exigences du poirier en sol dans une région steppique. Dans notre cas, nous avons utilisé plusieurs normes d'interprétation:

- Normes DEMRH (actuelle ANRH)¹³ pour la profondeur, la texture, les éléments grossiers, le pH, le calcaire total et la conductivité électrique (**annexe 8**). Ce sont les seules normes spécifiques au poirier sur cognassier en Algérie disponibles.
- Normes FAO pour l'azote total, le pH, la CE et la CEC (**annexe 9**).
- Norme OLSEN pour le phosphore assimilable (**annexe 11**).
- Normes d'ABBOTT pour les bases échangeables exprimées en pourcent de la CEC (**annexe 12**).
- Normes de GREGG pour les oligoéléments (**annexe 13**).

¹³ Agence Nationale des Ressources Hydriques

MATERIEL ET METHODE

Par la suite, sur la base de la description des profils et des racines, nous avons codifié la présence des racines (Tab. 13).

Tableau 13. Codification de la présence des racines

CODIFICATION	0	1	2	3	4
Présence des racines	Absentes	Très peu nombreuses	Peu nombreuses	nombreuses	Très nombreuses

Pour chaque profil, la profondeur et la présence des racines sont reportées sur un même graphique.

Par exemple, sur la figure 24 qui représente le profil "sain" du verger A (A1), nous pouvons lire que le sol est profond de 80 cm, au niveau de l'horizon de surface (A11) les racines sont *peu nombreuses* (2), les racines sont *très nombreuses* (4) dans l'horizon A12 et elles sont absentes au niveau du dernier horizon.

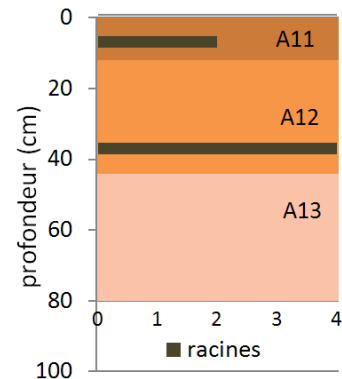


Figure 24. Schématisation de l'enracinement et la profondeur

Dans un premier temps, chaque caractéristique de chaque horizon est comparée à la norme, puis, en fonction de l'interprétation, l'horizon reçoit une couleur qui représente la contrainte que le poirier peut rencontrer.

Par exemple, si le pH d'un horizon est de 8,7, cet horizon reçoit la couleur rouge qui correspond à un pH alcalin et le poirier rencontre une contrainte sévère par rapport à ce paramètre dans cet horizon.

Exemple :

	acide	neutre	Légèrement alcalin	alcalin
pH	< 6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	>8,5

Contrainte	Aucune	Faible	Moyenne	Sévère

De cette manière, le jeu de couleur révélera les caractéristiques contraignantes ou, au contraire, qui ne posent aucune limitation au développement du poirier.

Dans un deuxième temps, les graphiques de chaque caractéristique de chaque profil sont ordonnés par verger et par comportements selon le tableau 14.

Tableau 14. Organisation des graphiques des caractéristiques du sol

	Sain	carencé	dépéri
Verger A	A1	A2	-
Verger B	B1	B2	B3
Verger C	C1	C2	C3

D'une part, cette disposition nous permettra de faire pour chaque caractéristique une comparaison entre les profils (comportements) à l'intérieur d'un même verger, d'autre part, elle permettra de faire une comparaison entre les profils d'un même comportement provenant de vergers différents.

2.5. Le diagnostic foliaire

L'analyse du végétal est le meilleur moyen d'évaluer l'utilisation du végétal du potentiel minéral du sol ou d'évaluer l'efficacité d'une fertilisation. La partie la plus indicatrice de l'état nutritionnel des végétaux demeure la feuille. Dans ses tissus se déversent les matières minérales prélevées de la solution du sol (*sève brute*). Par le biais de la photosynthèse, la respiration et d'autres réactions biochimiques, la *sève élaborée* est synthétisée. Cette dernière nécessite la présence de nutriments en quantités et en proportion bien définies (RYSER, 1982).

- Mode opératoire

Après broyage des feuilles jusqu'à obtention d'une poudre fine, 2 g de cette dernière est chauffée à 450°C pendant 2 heures. Les cendres obtenues sont attaquées avec 1 mL d'acide chlorhydrique sur une plaque chauffante jusqu'aux premières vapeurs. On filtre dans une fiole, puis on chauffe le filtre (filtre sans cendres) et son contenu dans le four à 550°C pendant 30 minutes.

Les cendres obtenues sont attaquées avec 5 mL d'acide fluorhydrique sur une plaque chauffante jusqu'aux premières vapeurs. Après refroidissement, on rajoute 1 mL d'acide chlorhydrique, on filtre dans une fiole et on complète avec l'eau déminéralisée au trait de jauge (100 mL).

- Réactifs

Acide chlorhydrique, Acide fluorhydrique, Eau déminéralisée.

- Appareillage

Dessiccateur, capsule en platine, four à moufle, plaque chauffante (ou bain-marie), filtres sans cendre, fioles jaugées de 100 mL, balance de précision.

- Dosage

Le dosage des éléments nutritifs a été réalisé selon les méthodes résumées dans le tableau 15.

Tableau 15. Les méthodes de dosage des nutriments des feuilles échantillonnées

ANALYSE	DOSAGE
<i>N</i> (% MS)	Distillateur Kjeldhal
<i>P</i> (% MS)	Colorimétrie
<i>K</i> (% MS)	Emission à flamme
<i>Ca, Mg</i> (% MS) <i>Cu, Mn, Zn</i> (mg/kg MS)	Absorption atomique

- Interprétation

De la même manière que pour le sol, les résultats obtenus sont d'abord comparé aux normes (annexe 14) de VAN DER ENDE (VAN DER ENDE ET LEECE, 1975 IN MARTIN PREVEL ET AL, 1984), puis un jeu de couleur dévoilera les éléments nutritifs déficitaires ou excédentaires.

Exemple :

	Déficient	Faible	Optimum	Elevé	Excessif
N (% MS)	<1,8	1,8-2,2	2,3-2,7	2,8-3,5	>3,5

2.6. L'analyse de l'eau d'irrigation

Dans les régions arides et semi-arides où la pluviométrie est faible, le déficit hydrique doit être compensé par une irrigation raisonnée. L'irrigation dans la région d'étude s'appuie soit sur l'épandage des crues des oueds, soit sur l'eau des nappes phréatique. Pour l'arboriculture, c'est cette dernière source qui est utilisée pour l'irrigation localisée (goutte-à-goutte).

L'utilisation répétée sur plusieurs années d'une eau de mauvaise qualité peut altérer la qualité du sol et causer des dommages aux cultures en place d'où la nécessité de connaître la composition chimique des eaux d'irrigation.

- Dosage

Les trois échantillons des eaux d'irrigation des vergers étudiés ont été analysés par les méthodes citées dans le tableau 16.

Tableau 16. Les méthodes d'analyse des eaux d'irrigation échantillonnées

Paramètre	Dosage
pH	pH mètre
CE (dS/m)	Conductivimètre
Résidu sec (mg/L)	Gravimétrie
Na ⁺ , K ⁺ (me/L)	Photométrie à flamme
Ca ⁺² , Mg ⁺² (me/L)	Absorption atomique
Cl ⁻ (me/L)	Méthode volumétrique au nitrate d'argents
HCO ₃ ⁻ (me/L)	Colorimétrie
NO ₃ ⁻ (me/L)	Méthode spectrométrique à l'acide sulfosalicylique
SO ₄ ⁻² (me/L)	Précipitation par chlorure de baryum

MATERIEL ET METHODE

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) est calculé sur la base de l'équation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

- *Interprétation*

De la même manière que pour le sol et le végétal, les résultats obtenus sont comparés aux normes FAO (F.A.O., 1994), puis un jeu de couleur dévoilera les paramètres pouvant limiter l'utilisation de l'eau pour l'irrigation. Par la suite, nous utiliserons les normes USSL (U.S.S.L., 1954) pour apprécier la qualité des eaux d'irrigation analysées.

CHAPITRE IV
RESULTATS ET
DISCUSSION

Chapitre V. Résultats et discussion

Dans ce chapitre, les résultats sont regroupés en cinq parties : l'enquête auprès des institutions, la morphologie et les propriétés du sol, le diagnostic foliaire, l'analyse de l'eau d'irrigation et les pratiques culturales. Chaque partie est discutée séparément, à la fin nous discuterons l'ensemble des résultats.

1. L'enquête institutionnelle

La prise de contact avec les institutions de l'agriculture a fait ressortir que ces dernières sont peu informées sur le phénomène de dépérissement du poirier dans la région steppique.

1.1. Le HCDS

Vu la nature et les prérogatives de cet institut, le HCDS était la première institution à être visité. Selon le HCDS, le dépérissement des rosacés serait dû à l'effet de la *forte teneur en calcaire* des sols de la région.

1.2. La DSA

Selon la DSA de Djelfa, l'arboriculture dans la région s'insère dans le cadre de deux programmes de développement : l'APFA (1984) et la concession (1996). Les principales régions où l'arboriculture est étendue sont le plateau du Sersou et Mesaad. Seulement, notre interlocuteur n'avait pas d'information concernant le dépérissement des rosacées dans la région. Cependant, *''l'agressivité du climat et des sols de la région ne constituent pas un milieu favorable au développement des arbres fruitiers''*, a précisé la DSA.

1.3. L'ITAFV

La Station régionale de l'ITAFV la plus proche de Djelfa est celle de Médéa. Là aussi, notre interlocuteur n'avait pas d'information concernant le dépérissement du poirier ou des rosacées dans la région d'étude. Toutefois, une grande partie des *plants* du pommier et du poirier de la région du Sersou ont été *importés du Maroc* selon l'ITAFV.

1.4. L'INPV

L'objet de notre entretien avec les spécialistes de cet institut était de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse que le dépérissement serait dû à un agent pathogène. *L'hypothèse du feu bactérien (I.1.5.b.)* a été tout de suite écartée et celle du *mycoplasme (pear declin)* reste peu probable, selon les spécialistes interrogés.

1.5. Le CNCC

Le but de la visite de ce centre est de se renseigner sur les porte-greffes autorisés et sur *l'hypothèse d'incompatibilité* de ces derniers avec certaines variétés. Le porte-greffe le plus utilisé en Algérie reste le *cognassier BA29* (C.N.C.C., 2001). L'incompatibilité se manifeste chez de jeunes sujets, or les vergers étudiés ont plus de 7 ans et sont déjà entrés en production.

De cette enquête, il ressort un déficit de connaissances sur l'état des périmètres de mise en valeur du nord de Djelfa. Les principales pistes évoquées sont l'influence du climat et du calcaire sur le dépérissement du poirier, alors que l'hypothèse du pathogène a été éliminée. Il

ressort aussi que les plants sont importés du Maroc et que le porte-greffe utilisé est le cognassier BA29.

2. Caractérisation générale des sols échantillonnés

Les sols étudiés se développent sur des glacis d'épandage (dayas) à pente très faible à faible (0,5 à 2,5%). Ces glacis sont caractéristiques des régions steppiques, le matériau parental est alluvionnaire et est constitué de roches calcaires et grès calcaires.

Les sols originels (non remaniés) appartiennent à la classe des sols calcimagnésiques, xériques à croûte calcaire. Pour la mise en place des vergers, la croûte calcaire a subi un routage pour augmenter la profondeur du sol (**II.7.4.**). Le routage n'a pas été effectué sur la totalité des vergers étudiés, de ce fait, on distingue deux types de sols, les sols à croûte calcaire et les sols remaniés (routés).

2.1. Les sols à croûte calcaire

La description ci-dessous concerne les horizons au-dessus de la croûte calcaire.

Ces sols sont présents au niveau des vergers B (profil B3) et C (profil C3). Le profil est constitué de deux horizons A et B et la croûte calcaire limite la profondeur du sol à environ 40 cm (Fig. 25). La texture est sablo-limoneuse, avec un fort pourcentage de sable (65%). La structure est soit polyédrique subangulaire, soit particulaire. Les éléments grossiers représentent environ 40% des deux horizons de surface. Les nodules et cailloux calcaires sont très abondants au niveau de l'horizon B.

Ces sols sont *alcalins* et le pH est de 8,5 en moyenne. Ils sont *modérément calcaires* avec 25% de CaCO₃. La *salinité est moyenne à élevée*, la CE atteint 1,3 dS/m (extrait 1/5). la CEC est faible, entre 6 et 9 cmol+/kg et le complexe adsorbant est dominé par le Ca et le Mg, mais dans l'ESP est de 23 % en moyenne.

Les fortes valeurs de pH et les taux de CaCO₃ élevés réduisent la disponibilité des éléments nutritifs par l'insolubilisation, surtout, du phosphore et des oligoéléments. Ces sols sont donc peu fertiles, peu profonds, de texture légère, alcalins, salins et sodiques.

2.2. Les sols remaniés

Ces sols sont présents au niveau des vergers A (profils A1, A2), B (profils B1, B2) et C (profils C1, C2). Ils présentent une hétérogénéité du point de vue physique et chimique.

Le profil est constitué de trois à quatre horizons d'une épaisseur de 10 à 20 cm chacun. La profondeur varie entre 70 et plus de 100 cm. Certains horizons de surface peuvent être très compacts. Les textures dominantes sont les textures sablo-limoneuses et limono-sableuses avec un pourcentage de sable qui se situe entre 60 et 85%. En moyenne, la structure est polyédrique subangulaire. Les éléments grossiers représentent environ 20% des horizons. Les accumulations calcaires se présentent sous formes de pseudo-mycélium, d'amas friables et de nodules ; et se localisent au milieu du profil.

Ces sols sont *alcalins*, le pH est de 8,7 en moyenne et peut atteindre 9,1. Ils sont *modérément calcaires* avec 20% de CaCO₃. La *salinité est moyenne à élevée* (CE atteint 1,2 dS/m). La

RESULTATS ET DISCUSSION

CEC est très faible à faible ($3 < \text{CEC} < 9 \text{ cmol}^+/\text{kg}$). Le complexe adsorbant est saturé en Ca et Mg, mais l'ESP est de 24 % en moyenne.

Ces sols sont également peu fertiles, de texture légère, alcalins, salins et sodiques mais sont profonds.

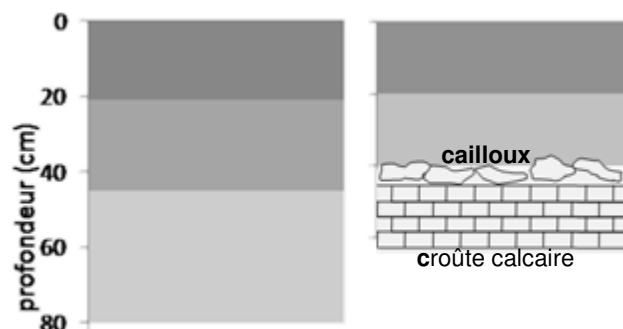


Figure 25. Schéma des sols remaniés (gauche) et originels (droite)

3. Morphologie et propriétés des sols

Dans cette partie, nous présentons les résultats (**annexe 15, annexe 16**) qui sont regroupés par propriété et par comportement (sain, carencé, dépéri). Nous discutons chaque propriété séparément, tout en tentant de déceler les relations propriétés-comportements.

3.1. Les paramètres physiques

Les paramètres présentés ci-dessous regroupent la profondeur du sol et l'enracinement, les éléments grossiers et la granulométrie.

a) La profondeur et l'enracinement

- Le comportement sain

La profondeur des sols pour ce comportement varie entre 70 et 80 cm (Fig. 27). Le poirier rencontrerait une contrainte moyenne dans cet intervalle de profondeur (**annexe 8**).

Au niveau des profils A1 et B1, où la profondeur est de 80 cm, les racines investissent 40 cm des sols, alors qu'au niveau du profil C1, les racines explorent toute la profondeur du sol qui est de 70 cm. Les racines sont nombreuses à très nombreuses dans les 40 premiers centimètres des trois profils.

- Le comportement carencé

La profondeur du sol varie entre 80 et plus de 100 cm pour ces sujets. Dans cet intervalle, le poirier ne rencontre aucune contrainte.

L'enracinement est variable selon les vergers. Au niveau du profil A2 les racines sont peu nombreuses et se situent dans les 20 cm de surface. Dans le profil B2 elles sont très nombreuses en surface et se localisent entre 0 et 40 cm. Au niveau du profil C2, les racines explorent toute la profondeur du sol et elles sont nombreuses à très nombreuses en surface et en sub-surface.

- Le comportement dépéri

La profondeur du sol pour ce comportement est de 40 à 42 cm. Cette profondeur n'est pas convenable pour le poirier en particulier et pour l'arboriculture en générale.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les racines se concentrent en surface et sont très peu nombreuses dans le deuxième horizon et sont stoppées par la croûte calcaire.

- *Discussion*

La profondeur reste le premier facteur d'évaluation d'un sol pour l'arboriculture. Un sol peu profond offrirait un volume très restreint pour le développement des racines et réduirait considérablement les chances d'une bonne nutrition minérale de l'arbre (ZOUAMBIA, 1996).

A l'exception des profils C1 et C2 (où les racines descendent jusqu'à 70 cm), les racines se concentrent beaucoup plus dans la partie supérieure du profil, entre 0 et 40 cm. Ce phénomène est le même pour les trois comportements (sain, carencé et dépéri). De ce fait, nous ne pouvons pas établir une relation entre l'enracinement et le comportement du poirier.

La figure 26 montre que les profils de type "sain" ont une profondeur moyenne de 75 cm. Les profils de type "carencé" ont une profondeur supérieure à 80 cm, alors que les profils de type "dépéri" ont une profondeur de 40 cm. Nous remarquons d'une part que là où le poirier est sain la profondeur est moyennement convenable (**annexe 8**), d'autre part, les sujets carencés se situent sur des sols profonds (convenable). Les sujets dépéris se localisent sur des sols peu profonds (non convenable).

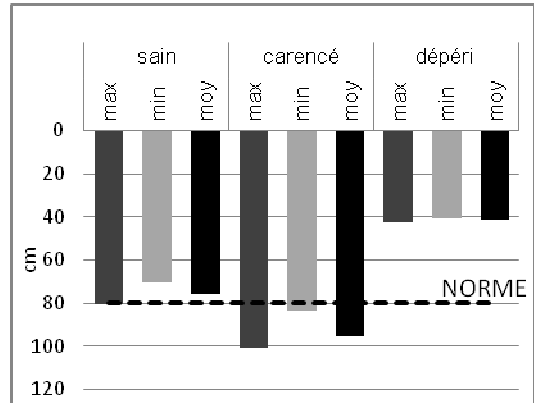


Figure 26. Variation de la profondeur selon le comportement du poirier

Il faut préciser que les sols des trois vergers, à l'instar des sols steppiques, étaient encroutés. La croûte calcaire qui dans la plupart des cas se situe à une faible profondeur (inférieure 50 cm) a subi un **routage** pour augmenter la profondeur du sol.

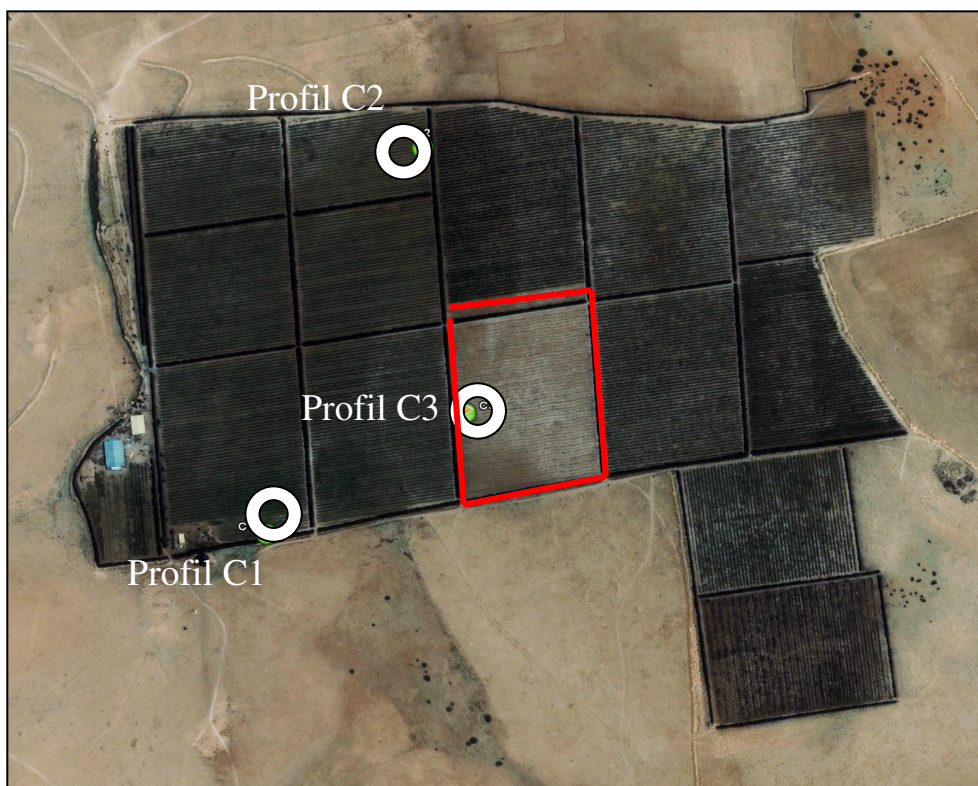
La photo 12 montre au premier plan les débris de la croûte calcaire-défoncée évacués à la périphérie du verger C.



Photo 13. Les débris de la croûte calcaire défoncée (Verger C)

RESULTATS ET DISCUSSION

La relation que nous avons établie entre le dépérissement et la faible profondeur du sol révèle que la croûte calcaire n'a pas été défoncée sur la totalité des vergers B et C. En effet, sur l'image satellite (photo 13), on voit apparaître un rectangle blanchâtre. Ce dernier correspond à la parcelle du verger C où le poirier a dépéri.



**Photo 14. Image satellite du verger C
(GOOGLE EARTH, 2006)**

Cette situation se répète également au niveau du verger B. Au niveau du verger A où le dépérissement n'a pas été observé, le routage a été effectué sur la totalité du verger. Malgré cela, les arbres en bas de pente n'ont pas réussi dès leur première plantation.

La principale conclusion qui se dégage est que le comportement dépéri observé sur une partie des vergers B et C serait la conséquence de la présence de la croûte calcaire intacte à faible profondeur.

RESULTATS ET DISCUSSION

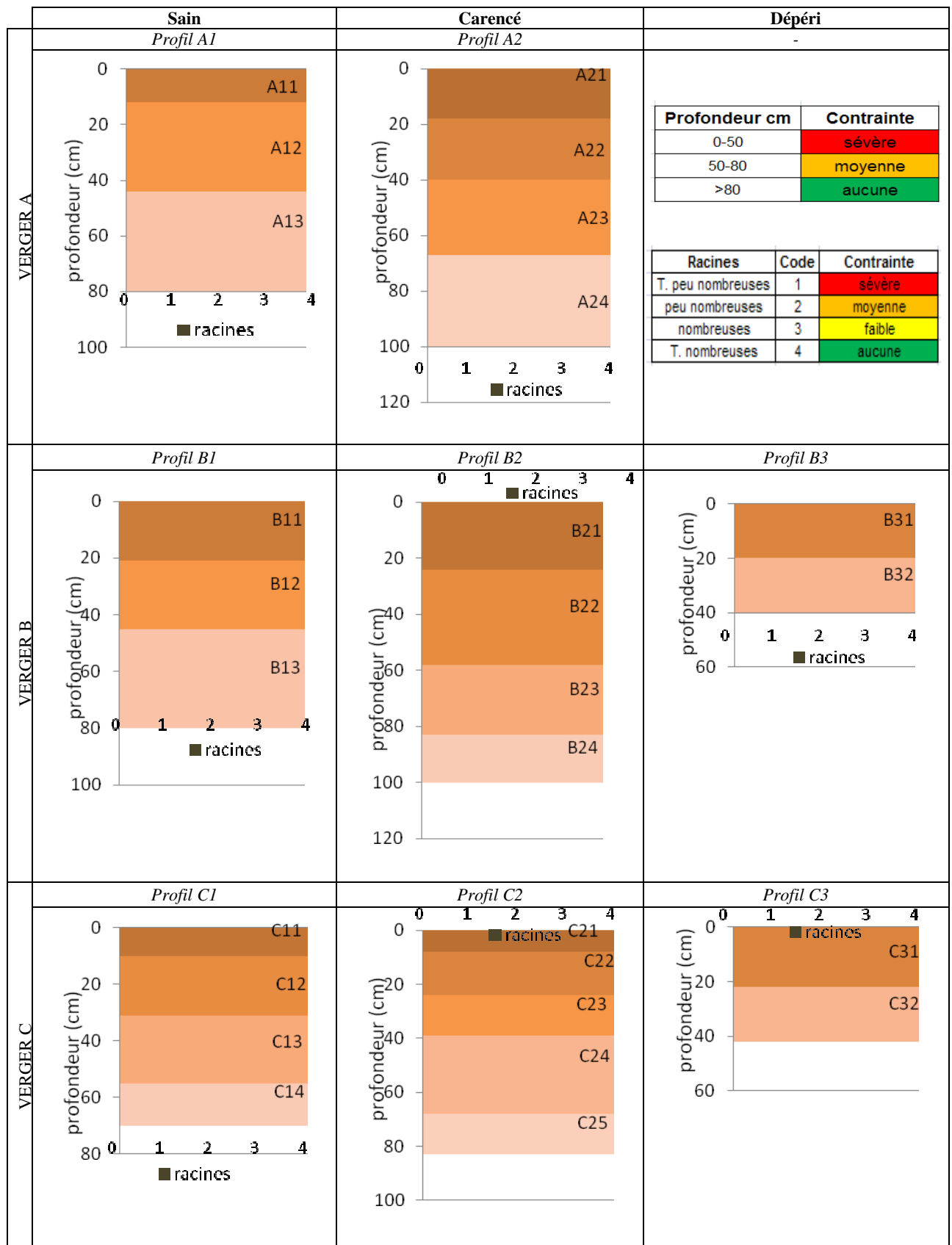


Figure 27. Schématisation et évaluation de la profondeur et de l'enracinement.

b) Les éléments grossiers

- Le comportement sain

Les profils de type "sain" ont en moyenne un pourcentage des éléments grossiers entre 5 et 27%, inférieur à la norme de 30%. Certains horizons dépassent cette norme (A12, B12, C14), ce qui peut constituer une contrainte au développement des racines (Fig. 29).

- Le comportement carencé

Les profils de type "carencé" ont un pourcentage en éléments grossiers entre 4 et 27%. Dans cet intervalle, le poirier ne subit aucune contrainte par rapport à ce paramètre.

- Le comportement dépéri

La plupart des horizons des profils de type "dépéri" ont un pourcentage des éléments grossiers supérieur à 30% (entre 26 et 61%). Au niveau de ces profils, le poirier rencontre une contrainte sévère.

- Discussion

Les éléments grossiers jouent un rôle positif pour la circulation de l'eau, l'aération du sol et l'ancrage des racines. Toutefois, un pourcentage élevé en ces éléments réduit le volume du sol proprement dit (fraction < 2 mm), avec toutes les conséquences sur l'alimentation en eau et en éléments nutritifs nécessaires à la croissance de l'arbre. De plus, les éléments grossiers participent au réchauffement du sol et des racines (BAIZE, 1988).

La figure 28 indique que les sujets sains et carencés se développent sur des sols ayant en moyenne un pourcentage en éléments grossiers inférieur à la norme. Nous remarquons aussi que le pourcentage des éléments grossiers dans les profils sains est supérieur à celui des profils carencés. Le comportement carencé ne peut être attribué à ce paramètre.

Par contre, les poiriers dépéris se situent sur des sols ayant un pourcentage élevé en éléments grossiers. De ce fait, le pourcentage élevé en éléments grossiers contribuerait au dépérissement du poirier.

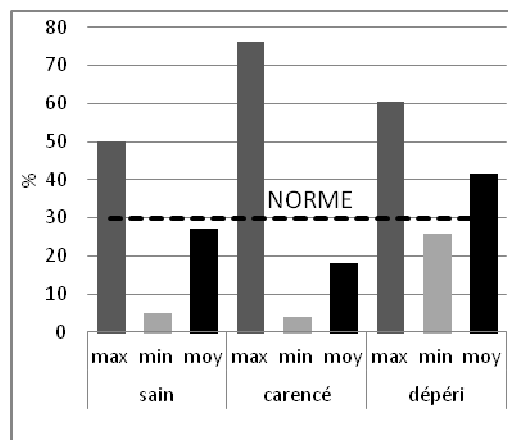


Figure 28. Variation des éléments grossiers selon le comportement du poirier

RESULTATS ET DISCUSSION

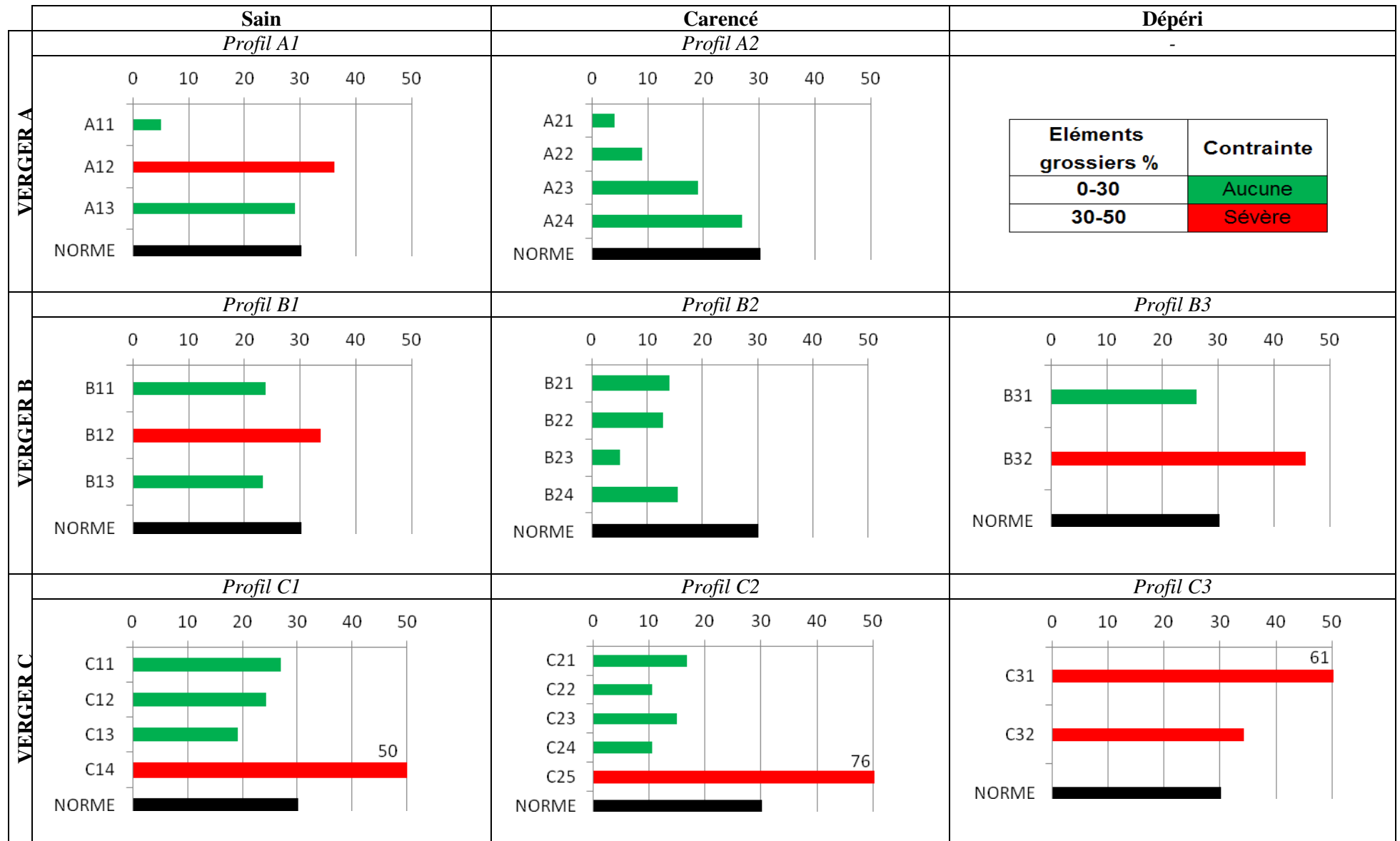


Figure 29. Evaluation des éléments grossiers (%) des profils étudiés

c) La granulométrie et la texture

Les cinq fractions granulométriques (sable grossier, sable fin, limon grossier, limon fin et argile) ont été regroupées en trois fractions (sable, limon et argile). Par la suite, les classes texturales (sablo-limoneuse, sablo-argilo-limoneuse,...) ont été converties en groupes de texture (grossière, moyenne, fine) pour les interpréter selon l'exigence du poirier. Ce dernier se développe convenablement sur une texture grossière ou moyenne (*annexe 8*).

- Le comportement sain

D'une manière générale, la fraction sableuse est dominante mais la texture est équilibrée avec 55% de sable, 25% de limon et 20% d'argile. Ces sujets se développent sur des textures moyennes (limoneuse, argilo-limoneuse, sablo-argilo-limoneuse) ce qui est convenable pour le poirier (Tab. 17), exception faite pour les horizons A11, A13, C13 et C14 où la texture est très grossière (sablo-limoneuse).

- Le comportement carencé

La fraction sableuse est dominante (70% en moyenne) et atteint 85 % au niveau du profil C2 (Fig. 31). La fraction argileuse varie entre 4 et 26 %. A l'exception des horizons A23 et A24 la texture pour ce comportement est très grossière (sablo-limoneuse et limono-sableuse), ce qui constitue une contrainte pour le poirier.

- Le comportement dépéri

La fraction sableuse varie entre 60 et 70% et la fraction argileuse reste en dessous de 20%. Pour les sujets dépéris, la texture constitue une contrainte car elle est très grossière (sablo-limoneuse).

- Discussion

Pour les trois vergers, la fraction sableuse est dominante et la texture est soit très grossière ou moyenne.

Le comportement *sain* s'avèrent être lié à une texture moyenne (Tab. 17) avec 20% d'argile et 55% de sable en moyenne (Fig. 30). Les comportements *carencé* et *dépéri* paraissent être liés à une texture très grossière, avec un pourcentage de sable d'environ 70% et un pourcentage d'argile inférieur à 17%.

La texture constituerait donc une contrainte pour les sujets carencés et dépéris, alors que pour les sujets sains elle est convenable.

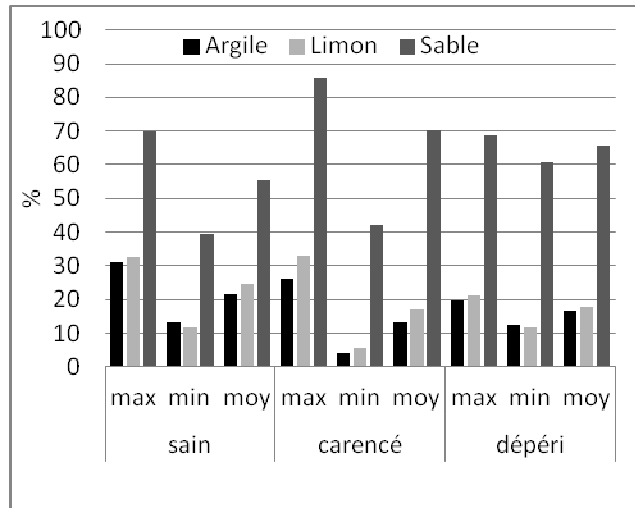


Figure 30. Variation de la granulométrie selon le comportement du poirier

RESULTATS ET DISCUSSION

Tableau 17. Evaluation de la texture selon les comportements du poirier

Sain				Carencé				Dépéri			
Profil	horizon	texture		Profil	horizon	texture		Profil	horizon	texture	
A1	A11	SL	TG	A2	A21	SL	TG	B3	B31	SL	TG
	A12	SAL	M		A22	SL	TG		B32	SL	TG
	A13	SL	TG		A23	L	M	C3	C31	SL	TG
B1	B11	L	M		A24	L	M		C32	SL	TG
	B12	AL	M	B2	B21	SL	TG	L : Limoneuse LS : Limono-sableuse SL : Sablo-limoneuse SAL : Sablo-argilo-limoneuse			
	B13	SAL	M		B22	SL	TG				
C1	C11	SAL	M		B23	SL	TG				
	C12	SAL	M		B24	LS	TG				
	C13	SL	TG	C2	C21	LS	TG	TG : très grossière M : moyenne Aucune contrainte Contrainte sévère			
	C14	SL	TG		C22	LS	TG				
C23	LS	TG									
C24	LS	TG									
C25	SL	TG									



RESULTATS ET DISCUSSION

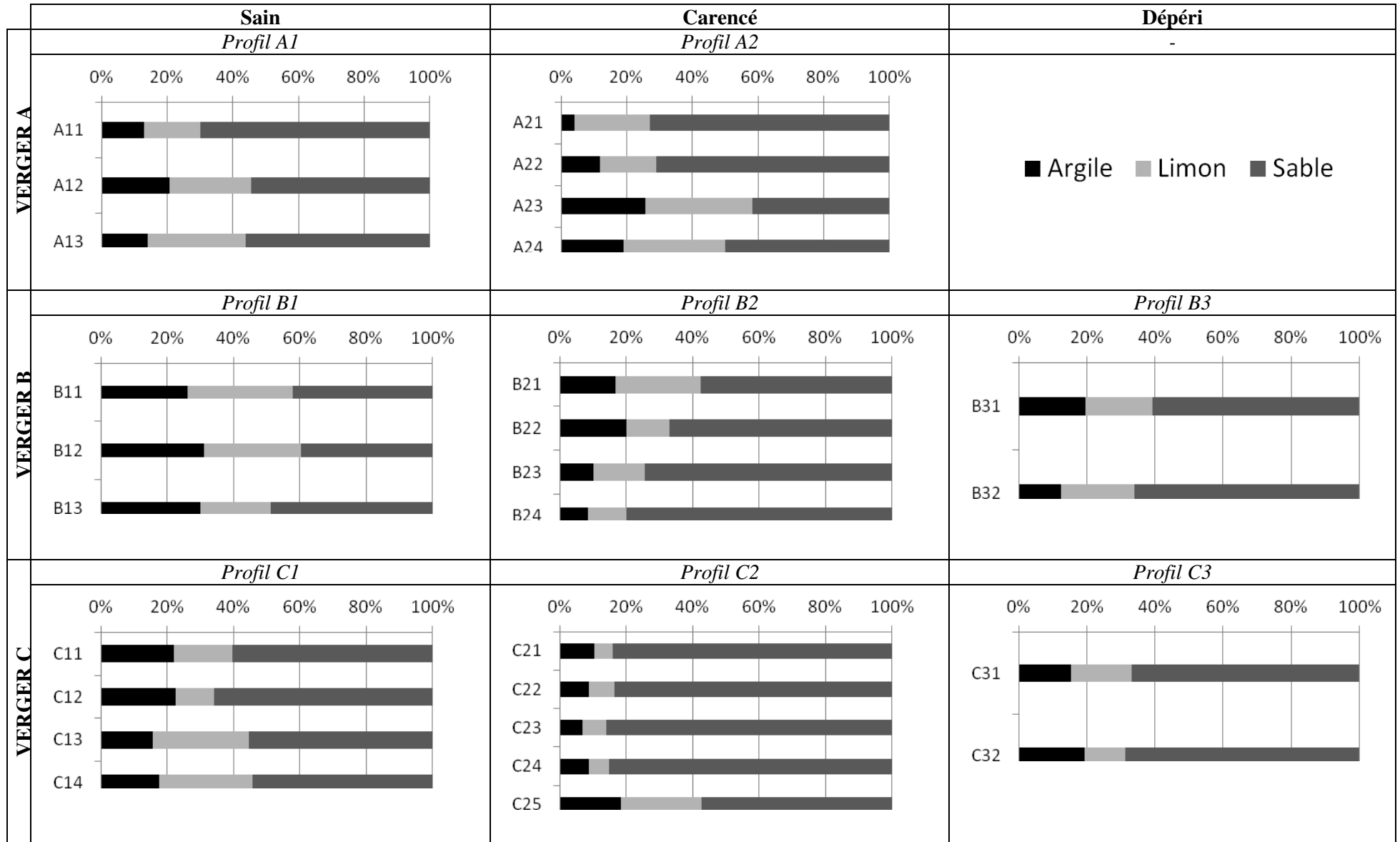


Figure 31. Les fractions granulométriques des profils étudiés

3.2. Les paramètres chimiques

a) Le pH

Le poirier est une espèce neutrophile. Il se développe convenablement sur des sols à pH entre 6,5 et 7,5 (*annexe 8*).

Le pH maximum (9,2) est enregistré au niveau du profil "carencé" du verger A, et la valeur minimale de pH (8,3) est relevée au niveau du profil "dépéri" du verger B (Fig. 34).

A l'exception du profil B3 et des horizons B11 et B12 qui sont légèrement alcalins (pH=8,3), tous les profils sont alcalins (pH>8,5).

Le poirier rencontre donc une contrainte sévère dans la plupart des profils. Au niveau des profils B3 et B1, la contrainte est moyenne.

- Discussion

Les pH moyens des profils des trois vergers sont supérieurs à l'intervalle optimal pour le poirier (6,5-7,5) (Fig. 32). De ce fait, on ne peut pas expliquer les trois comportements sain, carencé et dépéri par le pH du moment où on retrouve des valeurs de pH dans des profils de type sain plus élevés que dans des profils de type carencé ou dépéri.

Nous soulignons le fait que les sujets sains au niveau des trois vergers se situent sur des sols ayant un pH bien au-delà de la norme.

Au plan agronomique, l'optimum peut être fixé entre pH 6,5 et 7,5 en sols non calcaires. Les sols calcaires ont généralement un pH compris entre 7,9 et 8,5, au-delà de cette fourchette, on peut suspecter la présence de *carbonates de magnésium* ou *carbonates de sodium* (MC WILLIAMS, 2003 - BAIZE, 1988).

L'utilisation *d'engrais alcalinisant* tels que le *nitrate de calcium* ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) et *nitrate de sodium* (NaNO_3) peut contribuer à l'augmentation du pH en apportant une source supplémentaire de calcium et de sodium au sol (F.A.O., 1990). IL serait donc intéressant de connaître la composition chimique des engrais appliqués dans les vergers étudiés.

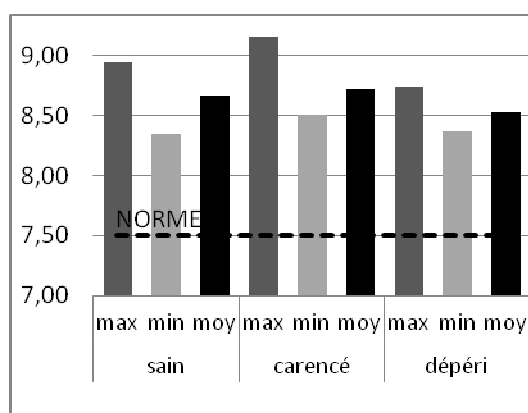


Figure 32. Variation du pH selon le comportement du poirier

RESULTATS ET DISCUSSION

La disponibilité des éléments nutritifs est directement affectée par le pH (Fig. 33). Ces éléments deviennent non assimilables dans certains intervalles de pH selon l'élément en question (JUSTE & POUGE, 1972).

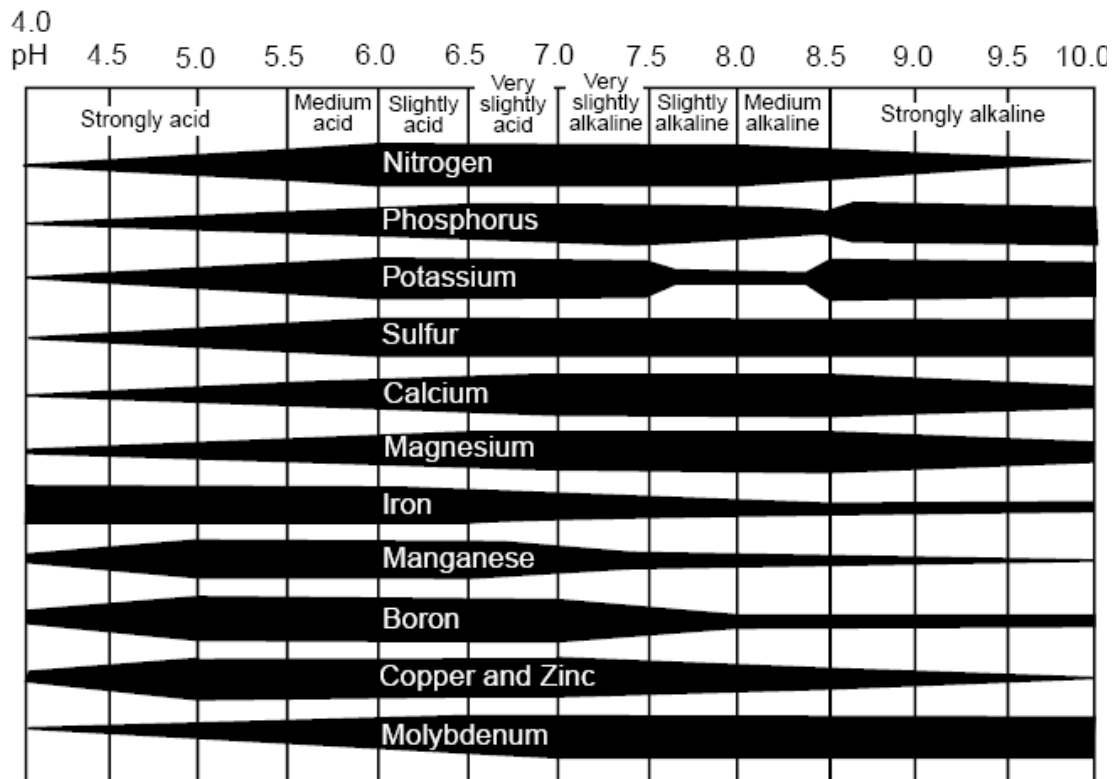


Figure 33. Influence du pH sur la disponibilité des nutriments pour les plantes (MC WILLIAMS, 2003)

Sur la base de la figure 33 et des valeurs de pH que nous avons présenté, on peut s'attendre à enregistrer des déficiences en azote et en oligoéléments sauf pour le molybdène dont la disponibilité augmente avec l'élévation du pH. Selon HAZELTON & MURPHY (2007) la disponibilité du phosphore est également réduite dans l'intervalle de pH entre 8,5 et 9,5.

RESULTATS ET DISCUSSION

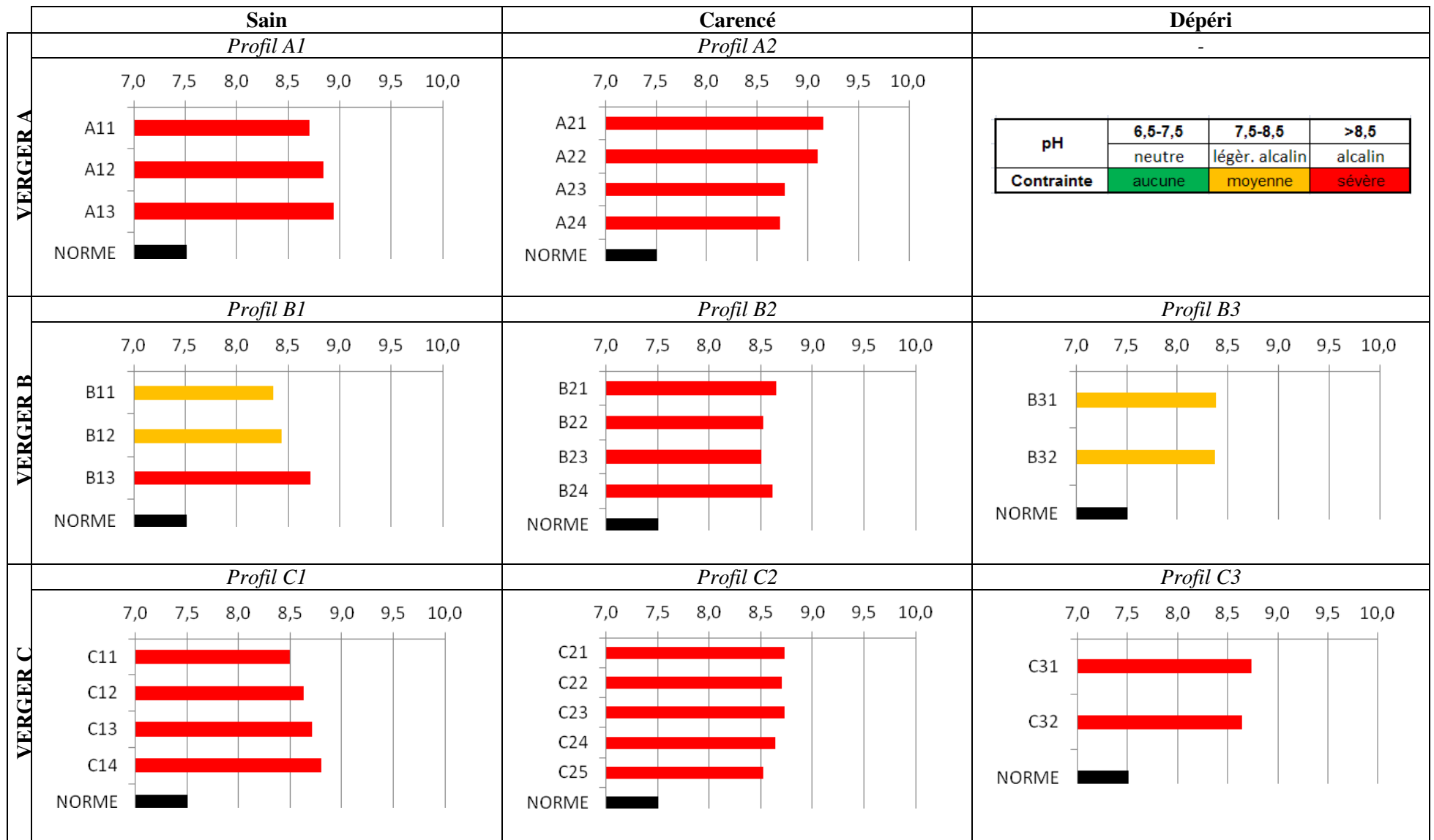


Figure 34. Evaluation du pH des profils étudiés

b) La conductivité électrique

Pour ce paramètre, nous avons utilisé la norme de la D.E.M.R.H. (**annexe 8**) qui situe l'intervalle de salinité optimale pour le poirier à une conductivité électrique (CE) inférieure à 0,15 dS/m (extrait 1/5). La norme F.A.O. (**annexe 9**) a été utilisée pour qualifier les horizons de *non salin, légèrement salin ou salin*.

- Le comportement sain

Pour ce comportement, trois catégories de salinité sont enregistrées, *non salin* (profil C1), *légèrement salin* (profil A1) et *salin* (profil B1). Les valeurs de la CE varient entre 0,10 et 0,79 dS/m (Fig. 35). Au niveau du profil C1, la salinité ne constitue pas une contrainte, dans le profil A1 la contrainte est moyenne alors qu'au niveau du profil B1 la contrainte est sévère (Fig. 36).

- Le comportement carencé

Les profils de type carencé sont légèrement salins à salins. Si on omet l'horizon C25 qui est très salin (1,24 dS/m), la salinité varie entre 0,16 et 0,47 dS/m. Le poirier rencontre une contrainte moyenne à sévère au niveau des profils A2 et B2, au niveau du profil C2 la contrainte est moyenne.

- Le comportement dépéri

Les sujets dépéris se retrouvent dans deux catégories de salinité, salin à très salin (profil B3) et légèrement salin (profil C3). La CE varient entre 0,21 et 1,36 dS/m. La contrainte induite par la salinité est sévère au niveau du profil B3 et elle moyenne au niveau du profil C3.

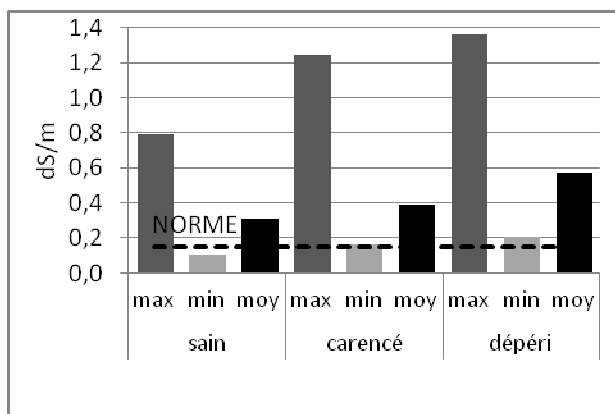


Figure 35. Variation du pH selon le comportement du poirier

- Discussion

Les valeurs de la CE les plus élevées sont enregistrées au niveau du verger B (1,36 dS/m), les plus faibles au niveau du verger C (0,10 dS/m). Les profils de type "sain" sont représentés par les trois catégories non salin, légèrement salin et salin. Les profils de type "carencé" sont légèrement salins à salins et les profils de type "dépéri" sont *légèrement salins à très salins*.

Nous pouvons dire alors qu'il n'existe aucune relation entre la salinité et les comportements étudiés. La cause du dépérissement ne peut être attribuée à la salinité du sol.

RESULTATS ET DISCUSSION

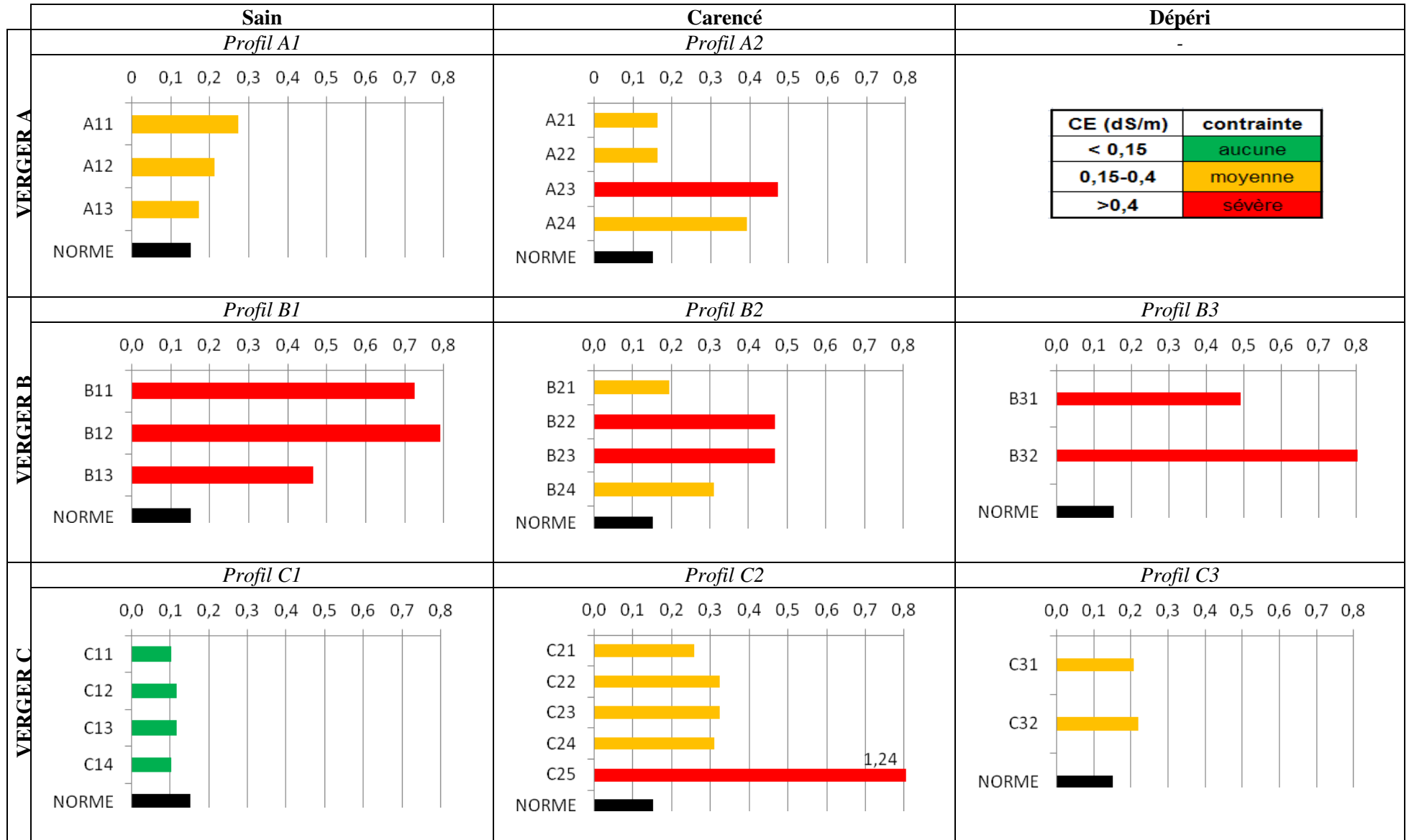


Figure 36. Evaluation de la conductivité électrique (dS/m, extrait 1/5) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

c) Le CaCO_3

Pour ce paramètre, nous avons utilisé la norme de la D.E.M.R.H. (**annexe 8**) qui limite la teneur optimale en CaCO_3 pour le poirier à moins de 5%. La classification de BAIZE (1988) a été utilisée pour qualifier les horizons de *non calcaire, modérément calcaire ou très calcaire* (**annexe 10**).

Si on omet les horizons de profondeur C14 et C25 qui sont fortement calcaires, la valeur maximale de CaCO_3 (32%) est enregistré au niveau du profil "sain" du verger A, et la valeur minimale (7,9%) est relevée au niveau du profil "carencé" du verger C (Fig. 38).

Les profils sont modérément à fortement calcaires, la teneur en CaCO_3 des sols des trois vergers est supérieure à la tolérance du poirier (Fig. 37). Le poirier rencontre donc une contrainte sévère dans ces conditions.

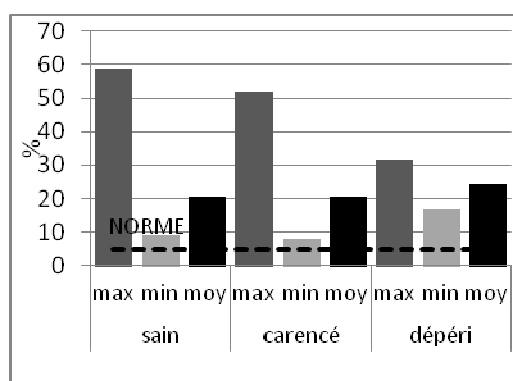


Figure 37. Variation du CaCO_3 selon le comportement du poirier

- Discussion

Bien que tous les profils soient modérément à fortement calcaires, ce qui devrait constituer une contrainte sévère pour le poirier, on retrouve des arbres sains.

Notons aussi que le poirier greffé sur le cognassier est beaucoup plus sensible au calcaire que s'il est greffé sur ses propre racines (LOMBARD, 1987).

Dès qu'un sol ou un horizon est calcaire, nous pouvons être certains de se retrouver dans une ambiance physico-chimique bien particulière. Cette ambiance se caractérise par la surabondance de l'ion Ca, un pH élevé, une saturation du complexe d'échange, avec toutes les conséquences sur les propriétés structurales, agronomiques, biologiques que de tels faits peuvent entraîner (BAIZE, 1988).

RESULTATS ET DISCUSSION

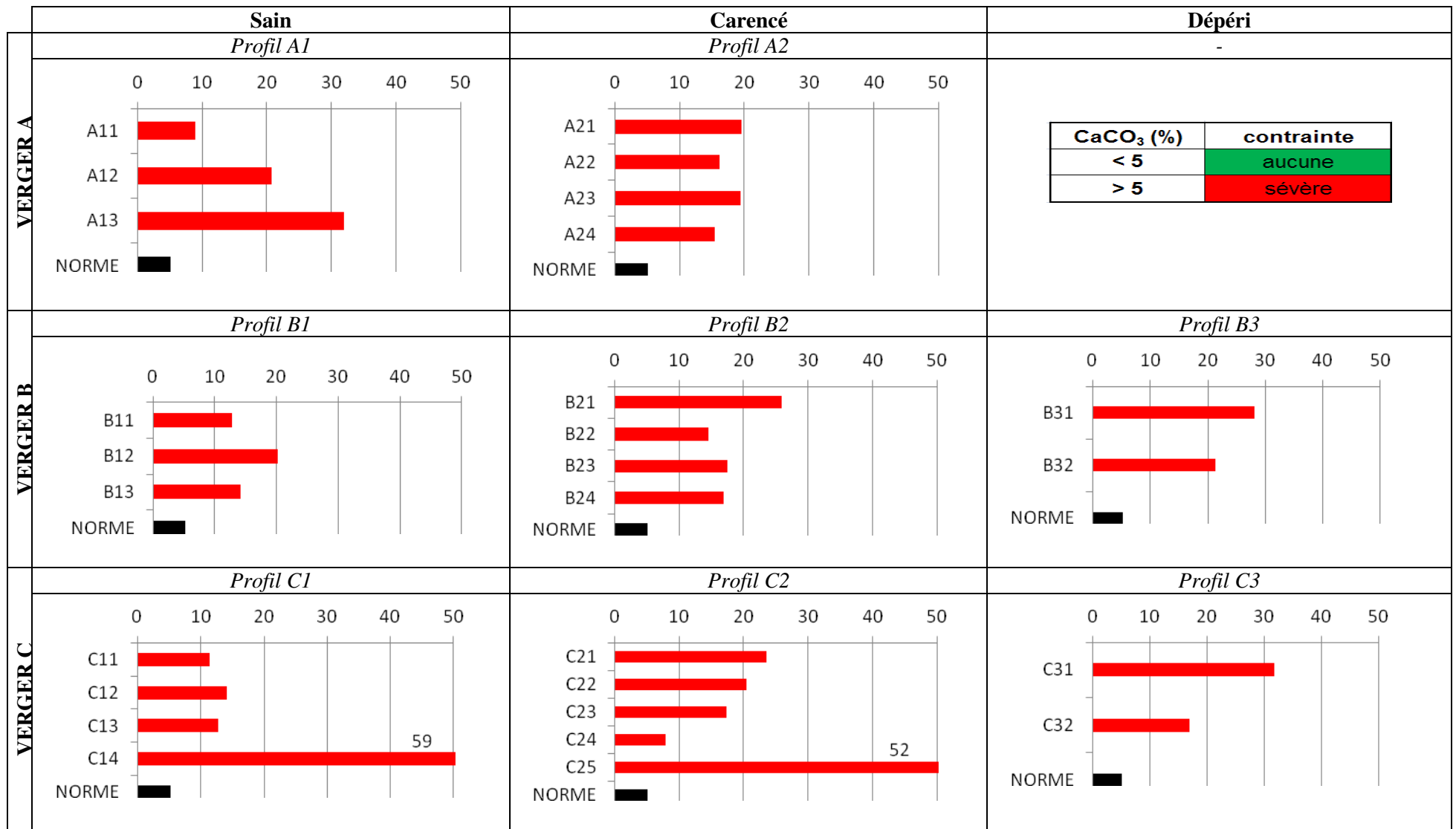


Figure 38. Evaluation de la concentration en CaCO₃ (%) des profils analysés

3.3. La fertilité

Les paramètres présentés ci-dessous regroupent l'azote total, le phosphore assimilable, la capacité d'échange cationique et les bases échangeables, les oligo-éléments, le calcium et le magnésium totaux.

a) L'azote total

Les teneurs en azote total sont très faibles à élevées au niveau des profils sains, très faibles à très élevées au niveau des profils carencés et faibles à élevées pour les sujets dépéris. Les teneurs minimales sont enregistrées pour le profil A1 (0,05 %), les teneurs maximales sont relevées au niveau du profil B2 (0,32%) (Fig. 39).

- Discussion

Bien que l'échantillonnage a été effectué après la récolte (après que les arbres ont puissé les éléments nutritifs du sol) nous remarquons que pour certains sujets, apparemment carencés (profil B2), le sol est bien pourvu en azote total. Pour d'autres sujets qui paraissent sains (profil A1), le sol est faiblement pourvu en azote total. Pour les sujets dépéris, l'analyse de l'azote a peu d'intérêt du moment que le dépérissement a déjà eu lieu.

De ce fait, les comportements du poirier ne peuvent être expliqués par les teneurs en azote total du sol. Toutefois, ces dernières peuvent être comparées au teneurs des feuilles en azote pour une meilleure appréciation de l'état nutritionnel du poirier.

Cependant, l'azote total n'est qu'une indication générique sur toutes les formes d'azote minérales et organiques, cela ne nous renseigne guère sur les formes assimilables (nitrate et amoniac) par les racines.

b) Le phosphore assimilable

Tous les profils ont une teneur en phosphore assimilable inférieure à la norme de 30 mg/kg (**Annexe 11**). Les teneurs sont soit moyennes (avoisinent 15 mg/kg pour la plupart des horizons), soit faibles pour certains horizons de profondeur (A13, C13, C24, C32) ou contenant des traces de phosphore (C14, C25) (Fig. 40).

- Discussion

En comparant les trois types de profils (sain, carencé et dépéri), nous remarquons que les profils de type carencé sont plus "riches" en phosphore assimilable que les profils de type sain. De ce fait, aucune relation comportement-phosphore ne se révèle.

Le phosphore devient insoluble à des pH élevés et en présence de CaCO₃. Il subit une précipitation chimique sous forme de phosphates calciques. De ce fait, la déficience en phosphore est induite, il peut se trouver en quantité importante dans le sol, mais il prend une forme non assimilable par les racines (HAZELTON & MURPHY, 2007).

RESULTATS ET DISCUSSION

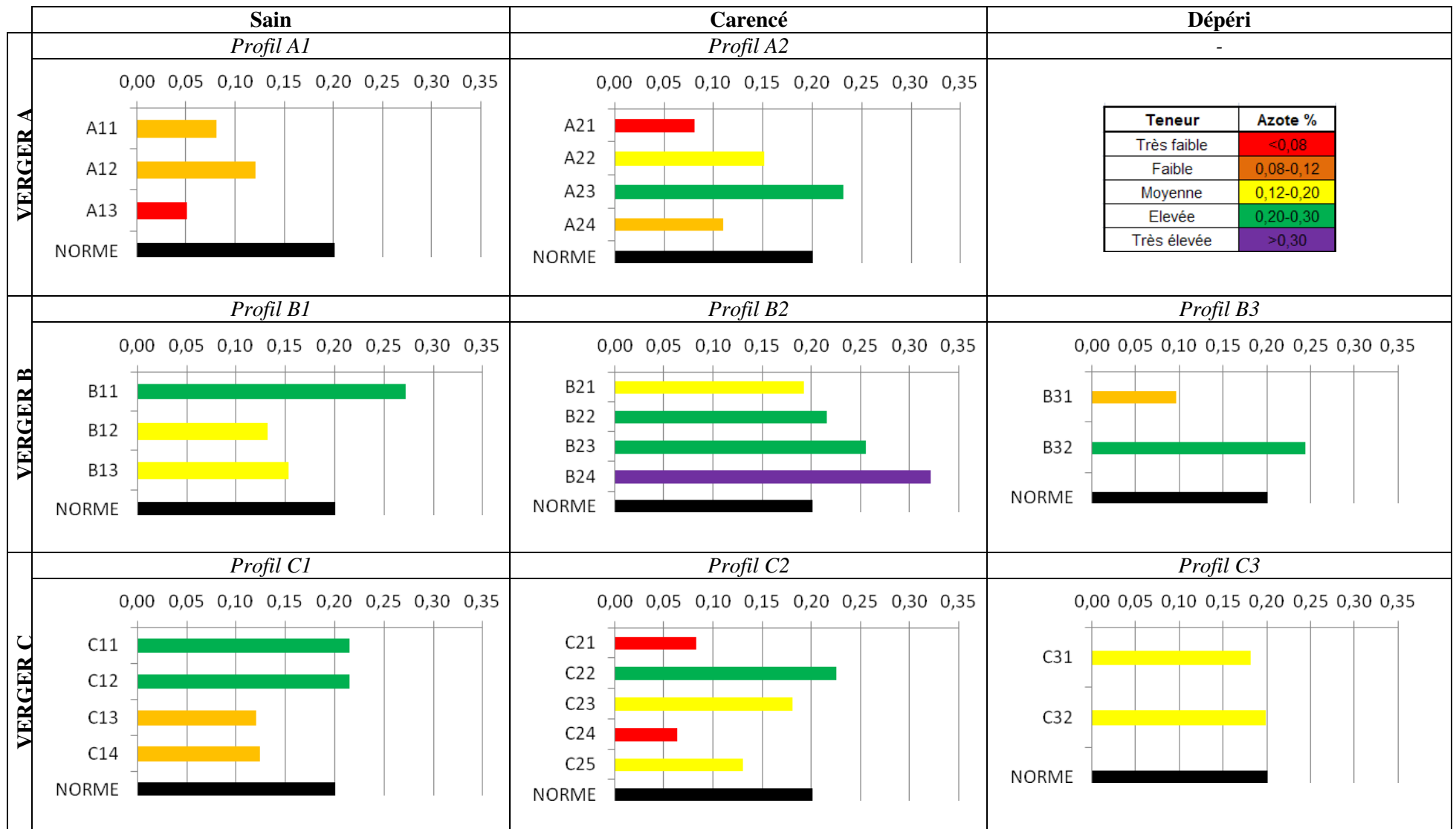


Figure 39. Evaluation de l'azote total (%) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

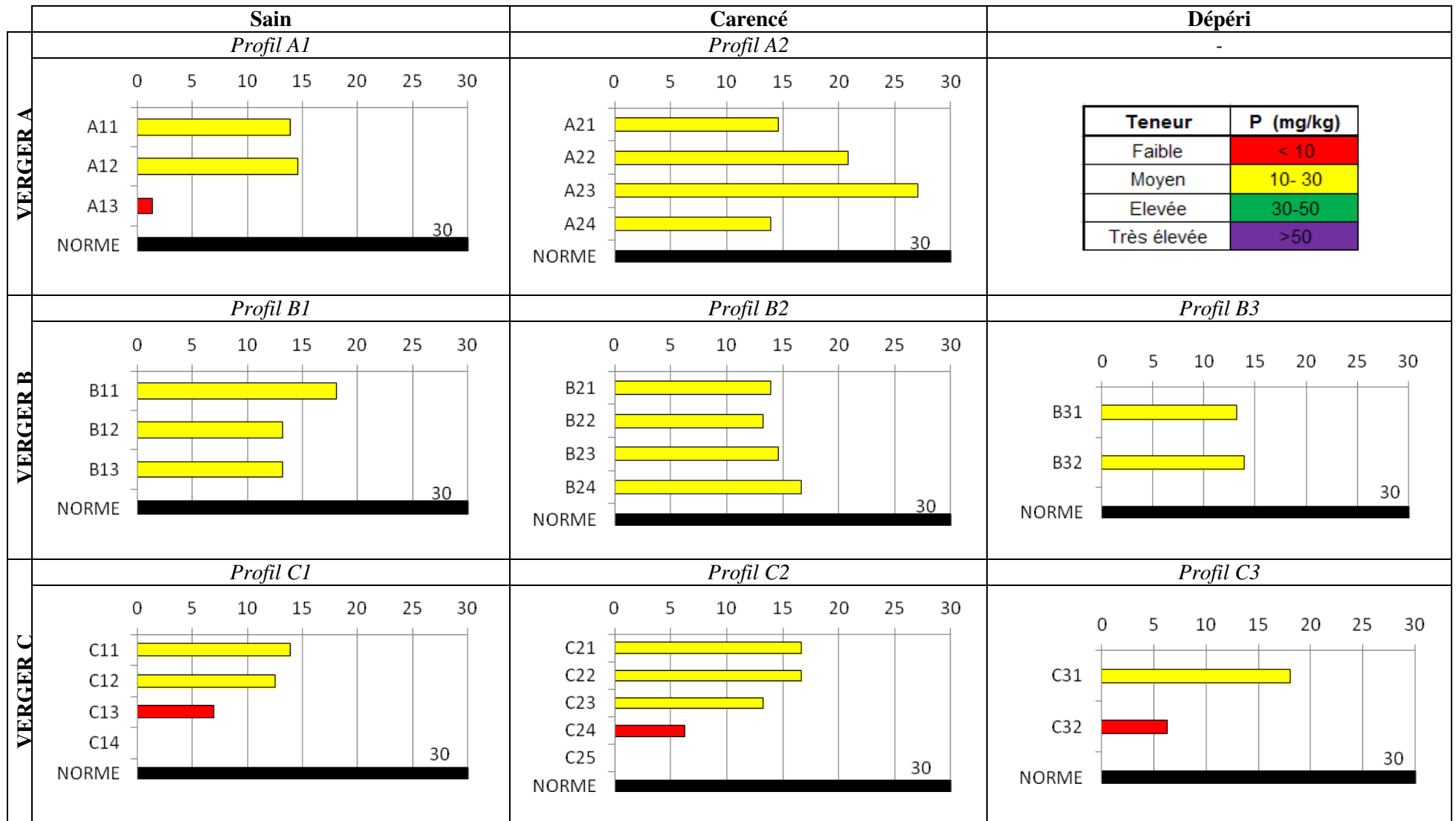


Figure 40. Evaluation du phosphore assimilable (mg/kg) des profils étudiés

c) La CEC, les bases échangeables et l'ESP

Tous les profils ont une CEC inférieure à la norme de 10 cmol+/kg (**Annexe 9**), mais on remarque que les profils de type sain et déperé ont la CEC la plus élevée (Fig. 41). Les niveaux de la CEC restent faibles pour la plupart des horizons à très faibles pour le profil C2 et les horizons de surface du profil A2 (Fig. 42).

A l'exception de l'horizon C25 où le sodium domine, le complexe adsorbant de tous les profils est saturé en calcium et magnésium (56 à 88%). Les taux de potassium échangeable varient entre 2 et 24% de la CEC, avec une moyenne de 10% qui correspond à des teneurs élevées en potassium (Fig. 43).

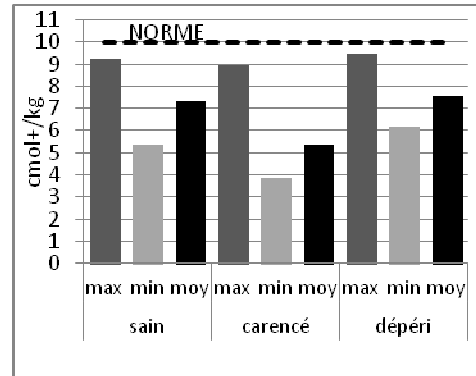


Figure 41. Variation de la CEC selon le comportement du poirier

Un ESP (Exchangeable Sodium Percentage) supérieur à 1% constitue un risque de toxicité en sodium pour les cultures sensibles (**Annexe 12**). Tous les profils présentent un pourcentage en sodium échangeable bien au-delà de 1% (Fig. 44). L'ESP constitue donc une contrainte sévère pour le poirier au niveau de tous les profils.

- Discussion

A l'exception du profil A1, les profils du type *sain et déperés* possèdent une CEC faible mais se rapprochant de la norme. Quant aux profils du type *carencé*, ils possèdent une CEC très faible. La CEC ne peut donc pas expliquer les différents comportements du poirier.

La CEC est fonction du pourcentage d'argile et de la matière organique, les sols sableux, comme c'est le cas pour les sols étudiés, ont une faible CEC.

les bases échangeables traduisent un état instantané qui dépend de l'historique du sol (occupation du sol, fertilisation, irrigation,...). La détermination des bases échangeables n'offre guère d'intérêt en sols calcaires (saturation en Ca⁺²), sauf si l'on veut connaître le potassium échangeable ou si l'on flaire un caractère dolomitique ou sodique. La détermination des bases échangeables, en particulier le Na⁺, est très délicate en présence de carbonates et de sels solubles. La percolation par l'acétate d'ammonium conduit à une surestimation du Na⁺, par contre, la CEC est sous-estimée (BAIZE, 1988).

Bien que l'ESP soit élevé pour tous les profils, le poirier a résisté à la toxicité du sodium (le cas des profils type sain). La saturation du complexe adsorbant en calcium atténuerait cet effet toxique du sodium (U.S.S.L., 1954).

On souligne la richesse des sols étudiés en potassium. Cette richesse est, selon BAIZE (1988), très fréquente après des fertilisations potassiques répétées, comme c'est le cas pour les vergers étudiés.

RESULTATS ET DISCUSSION

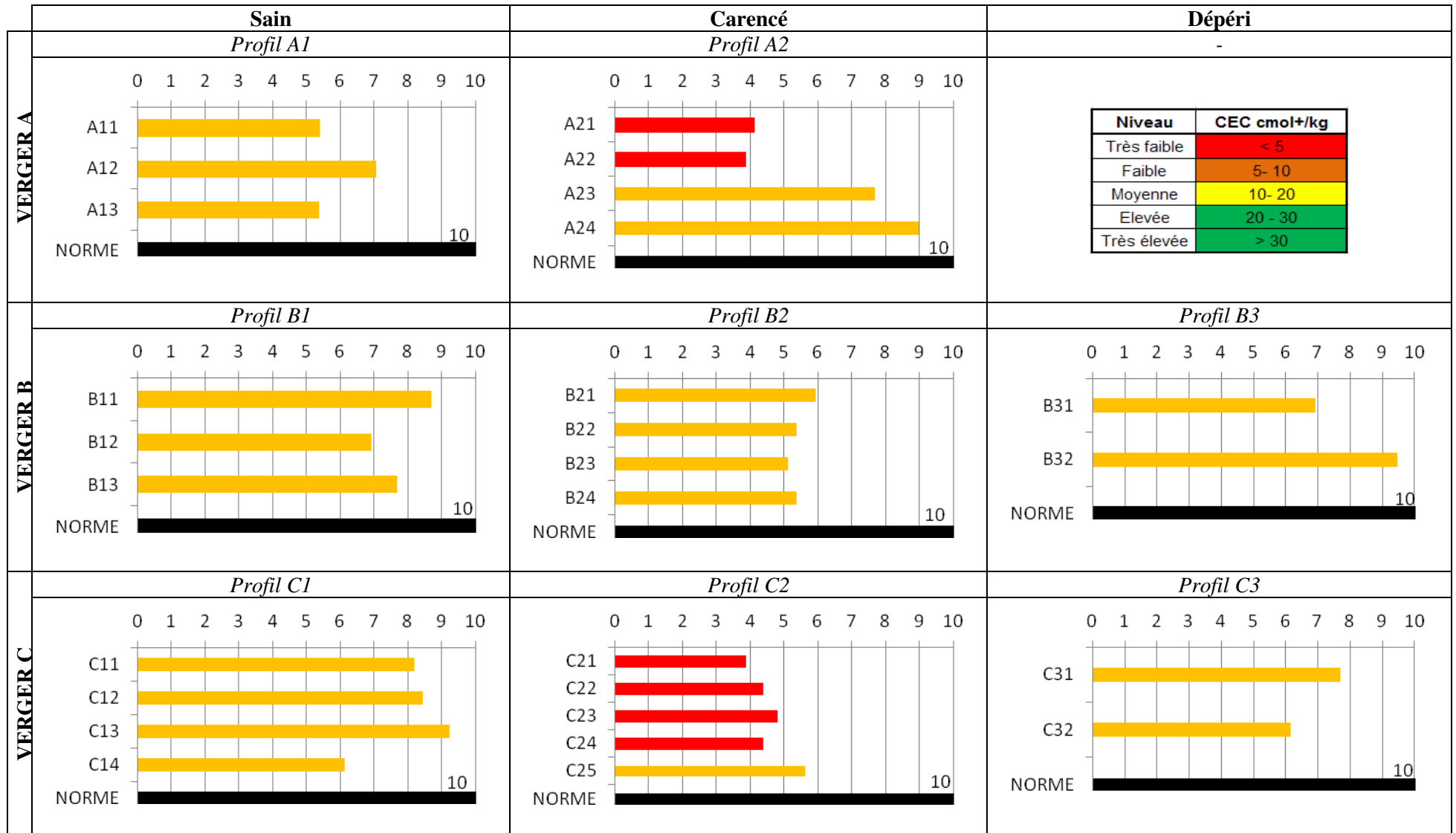


Figure 42. Evaluation de la capacité d'échange cationique (cmol+/kg) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

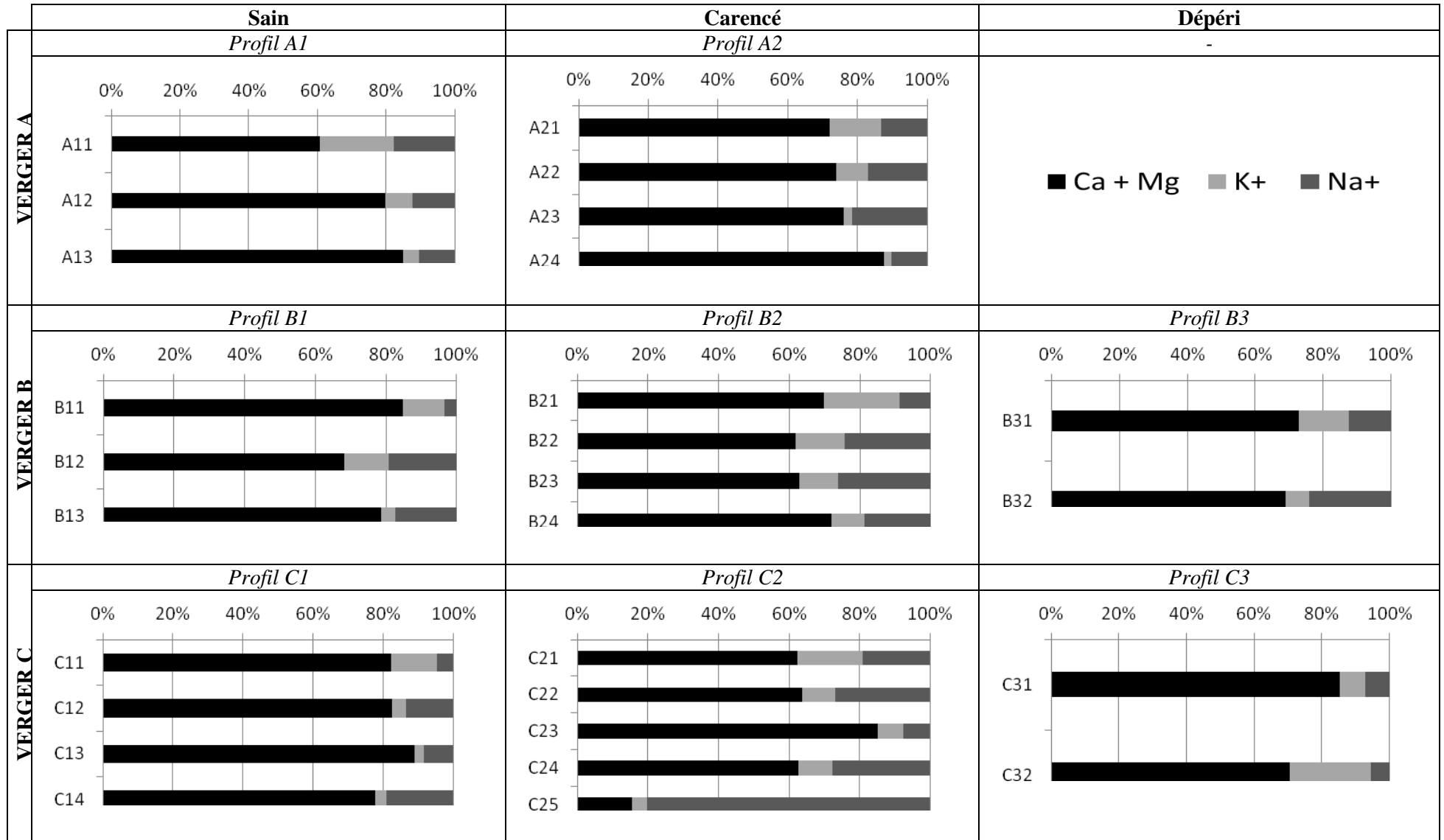


Figure 43. Evaluation des bases échangeables (%) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

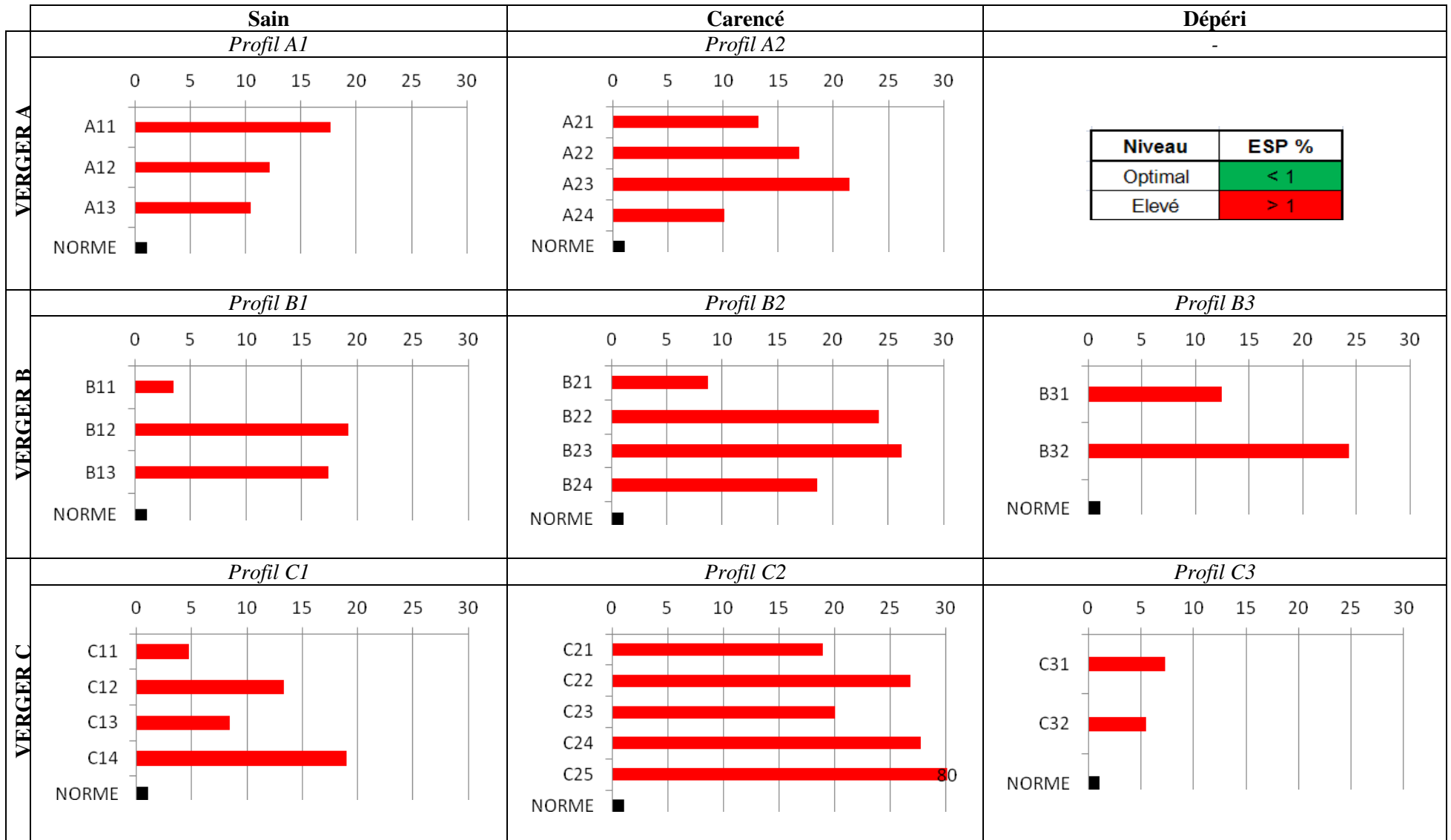


Figure 44. Evaluation de l'ESP (%) des profils étudiés

d) Les oligoéléments totaux

Selon les normes de **GREGG (Annexe 13)**, tous les échantillons analysés sont déficients en manganèse, en cuivre et en zinc. Toutefois, on remarque qu'au niveau du verger C, certains horizons présentent des teneurs acceptables en cuivre (C12 et C14) et d'autres horizons ont des teneurs excessives en cuivre (C24, C25 et C31) ce qui constitue un risque de toxicité (Fig. 45).

- Discussion

Le rôle des oligo-éléments se différencie de celui des éléments majeurs, ils assurent une fonction catalytique (GAUTIER, 1987). Les oligo-éléments interviennent soit en tant que composant d'enzymes, soit comme activateurs d'enzymes, de ce fait, le trouble apporté à une action enzymatique par une déficience en oligo-élément se traduit par une altération d'un fonctionnement particulier qui se répercute sur le fonctionnement générale. C'est d'ailleurs ce qui explique leur caractère indispensable, malgré des besoins très minimes (COÏC & COPPENET, 1989).

Les conditions de pH influencent directement la biodisponibilité des oligoéléments. L'augmentation du pH réduit la solubilité et l'absorption du Fe, Zn, Cu, Co et plus particulièrement Mn (Fig. 33). Le Molybdène est le seul oligoélément dont l'assimilabilité augmente avec le pH (MC WILLIAMS, 2003 - COÏC & COPPENET, 1989). Comme nous l'avons vu plus haut, les pH de nos échantillons se situent entre 8,3 et 9,2 (**IV.3.2.a**) ce qui explique la déficience des sols étudiés en oligoéléments.

Bien que le dosage du fer ne soit pas pris en charge dans cette étude, il est très rare qu'une chlorose ferrique soit causée par une déficience effective du sol en Fe. Ce dernier cas se limite à des sols sableux dégradés et à des sols tourbeux (COC & COPPENET, 1989). En arboriculture, se sont les pH élevés du sol, les excès d'ions Ca ou bicarbonates dans la solution du sol, les interactions avec d'autres éléments comme le phosphore et le CaCO₃ qui sont à l'origine de la majorité des chloroses ferriques (GAGNARD & AL, 1988).

D'autres facteurs peuvent intervenir sur la disponibilité des oligoéléments. Les sols à texture sableuse, les sols pauvres en matière organique (chélation) sont souvent pauvres en oligo-éléments (SILLANAPÄÄ, 1972). les conditions climatiques peuvent aussi influencer indirectement l'assimilabilité des oligoéléments par l'humidité et la température (LOUE, 1986).

Toutefois, la teneur du sol en oligoéléments ne peut expliquer les différents comportements du poirier, du moment où tous les profils sont carencés.

e) Ca et Mg totaux

Mis à part quelques horizons (A12, A21, A24, C32), tous les horizons présentent des teneurs en Mg supérieures à celle en Ca (Fig. 46). Au niveau du Verger A et des profil de type déperé, ces teneurs se rapprochent, alors qu'au niveau des autres profils l'écart est élevé.

- Discussion

Dans les sols saturés, le calcium est le cation dominant dans le complexe adsorbant ($Ca > Mg > K > Na$). Les cas particuliers sont ceux des *sols salsodiques* et des *sols dolomitiques* (BAIZE, 1988). sachant que le complexe adsorbant s'équilibre avec la solution du sol, on peut alors extrapoler cette particularité au Ca et Mg totaux. La dominance du Mg par rapport au Ca des profils étudiés s'expliquerait par un *caractère dolomitique*. l'extraction de la dolomie à partir de Djbel Lahdeb, au sud des vergers étudiés et à Ain Oussara vers le nord des vergers appuie cette hypothèse.

Les sols ayant une teneur élevée en Mg présenteraient des problèmes d'infiltration. La manière dont le Mg affecte l'infiltration reste peu connue mais de nombreux auteurs s'accordent sur le fait que le comportement du Mg dans le sol se rapproche plus du Ca que du Na. le Mg est plus fortement retenu par le sol que Na mais moins que le Ca (F.A.O., 1994).

RESULTATS ET DISCUSSION

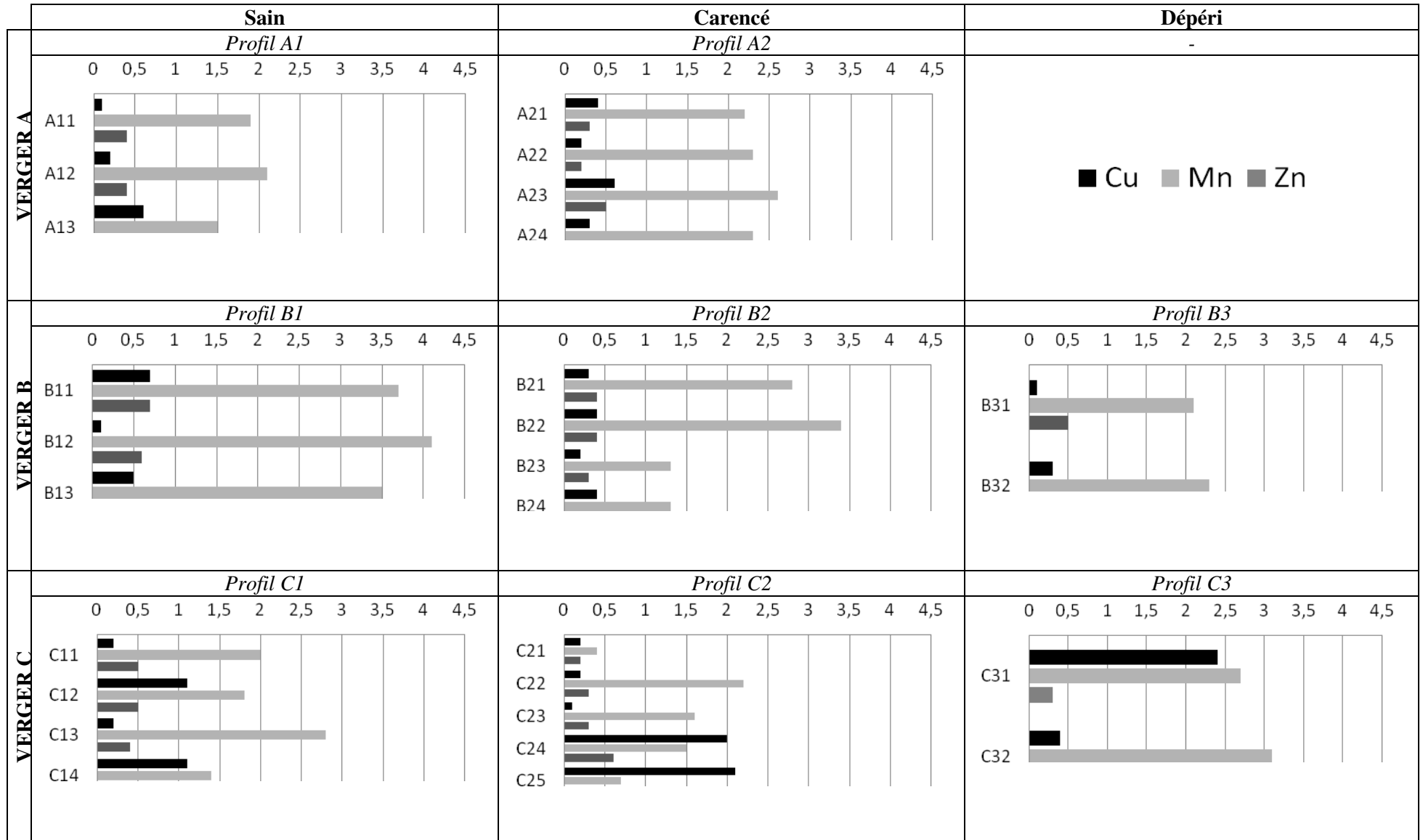


Figure 45. Les oligoéléments totaux (mg/kg) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

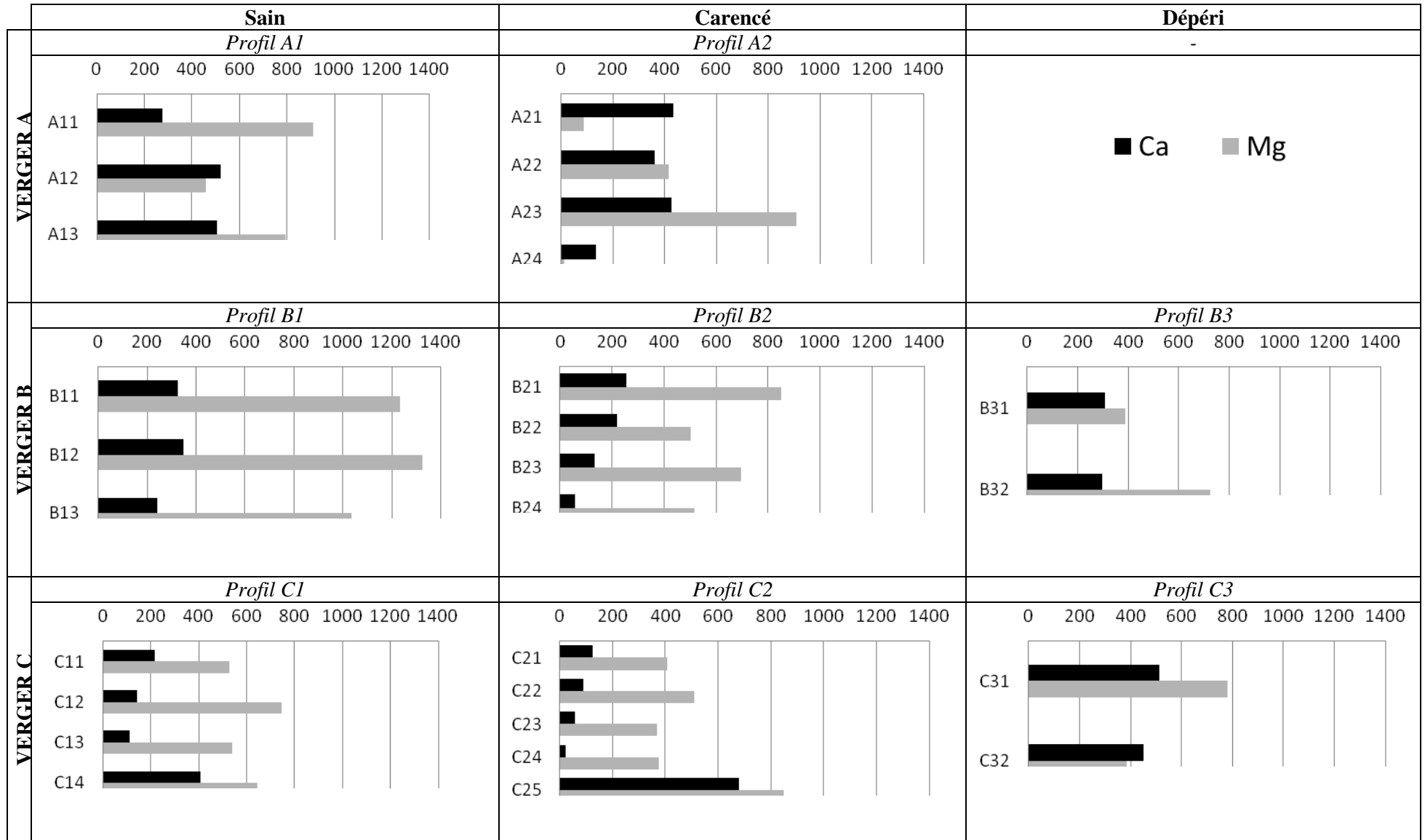


Figure 46. Calcium et magnésium totaux (mg/kg) des profils étudiés

RESULTATS ET DISCUSSION

En résumé, l'évaluation des différentes propriétés pédologiques en fonction du comportement du poirier a révélé que le pH, la CE, la teneur en CaCO₃, l'ESP et les oligoéléments constituent des contraintes sévères pour les trois comportements. La différence entre ces derniers réside au niveau de la profondeur, des éléments grossiers, de la texture et de la CEC (Tab. 18).

La texture et les éléments grossiers ne constituent pas de contrainte pour les poiriers sains, alors que la profondeur et la CEC représentent une contrainte moyenne. La profondeur et les éléments grossiers ne constituent pas de contrainte pour les poiriers carencés, mais toutes les autres propriétés sont limitantes. Pour les poiriers dépéris, toutes propriétés constituent des contraintes sévères, à l'exception de la CEC qui représente une contrainte moyenne.

De ce fait, si on omet les propriétés contraignantes pour les comportements (pH, CE, CaCO₃, l'ESP, oligoéléments), c'est la texture qui est la propriété la plus prépondérante pour les sujets sains. Ce résultat est conforté par le fait que les sujets carencés se localisent sur des sols plus profonds que ceux des sujets sains, mais à cause de la texture très grossière (et par conséquent la très faible CEC), les signes de malnutrition se sont manifestés. Pour les sujets dépéris c'est la profondeur qui est le facteur déterminant.

Tableau 18. Evaluation des propriétés du sol selon le comportement du poirier

Comportement	Profondeur	éléments gro.	Texture	pH	CE	CaCO ₃	CEC	ESP	Cu	Mn	Zn
Sain											
Carencé											
Dépéri											
Contrainte	aucune	moyenne	sevère								

4. Le diagnostic foliaire

La connaissance de la composition minérale de la feuille (**Annexe 14**) permet d'apprécier les conditions dans lesquelles se déroulent les réactions du métabolisme. Une telle connaissance peut conduire à estimer si les éléments indispensables se trouvent en quantités adéquates dans le sol pour assurer un bon état nutritionnel.

Le diagnostic foliaire a révélé une déficience en phosphore, en cuivre, en manganèse et en zinc dans les trois vergers (Tab. 19). La teneur en azote est faible dans les vergers A et C et très faible au niveau du verger B. La teneur en potassium est optimale dans les vergers A et C et elle est faible au niveau du verger B. La teneur en calcium est optimale au niveau des trois vergers, celle du magnésium est optimale dans les vergers A et C et est élevée au niveau du verger B.

Tableau 19. Résultats du diagnostic foliaire des trois vergers

	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn
	% de matière sèche					mg/kg de matière sèche		
VERGER A	2,0	0,10	1,4	1,5	0,3	0,2	0,8	0,2
VERGER B	1,4	0,08	1,0	2,0	0,7	0,9	0,6	0,3
VERGER C	1,9	0,09	1,3	1,9	0,5	0,7	0,5	0,2
	Déficient	Faible	Optimum	Elevé				

RESULTATS ET DISCUSSION

- *Discussion*

Bien que les feuilles échantillonnées soient "saines" (**III.2.2.**), sans chlorose apparente, les résultats du diagnostic foliaire dévoilent que ces échantillons sont carencés en plusieurs éléments. Ces résultats sont confirmés par les analyses du sol. En effet, les teneurs en phosphore assimilable, en cuivre, en manganèse et en zinc sont également faibles au niveau des sols des trois vergers (Fig. 45).

Les teneurs des feuilles en calcium et magnésium reflètent les niveaux élevés de ces mêmes éléments (Ca et Mg totaux) dans le sol. En Algérie, les déficiences en calcium n'ont jamais été signalées, car les sols contiennent généralement des quantités suffisantes pour satisfaire les besoins des plantes (KHELIL, 1989). Nous remarquons qu'au niveau du verger B, la teneur des feuilles en magnésium est la plus élevée des trois vergers. Cette remarque est aussi valable pour le magnésium du sol du verger B, où nous avons enregistré les teneurs les plus élevées en cet élément (Fig. 46). La teneur élevée en Mg peut être reliée au porte-greffe (cognassier) qui assimile préférentiellement cet élément (**Tab. 2**).

Les teneurs en azote des feuilles du verger B ne reflètent pas les teneurs du sol en azote total qui sont faibles. Au niveau des vergers A et C où les teneurs en azote total du sol sont variables, les teneurs des feuilles en azote sont faibles. Les teneurs en potassium des feuilles du verger B reflètent les teneurs du sol en potassium échangeable qui sont très faibles.

Nous pouvons dire alors que les résultats du diagnostic foliaire ont appuyé les résultats des analyses des sols. Au niveau des trois vergers le poirier présente un déséquilibre nutritionnel. Aucune différence n'est à noter quant à la relation composition minérale des feuilles et l'âge des vergers.

Toutefois, l'analyse foliaire est soumise à un certain nombre de contraintes. En effet, les facteurs influençant la composition minérale des feuilles étant très nombreux, l'interprétation des analyses s'avère donc difficile (MARTIN PREVEL ET AL., 1984).

KHELIL (1989) signale qu'il est difficile d'établir des relations directes entre la richesse du sol en éléments fertilisants et leur accumulation dans les feuilles. De plus, la richesse d'un élément dans la feuille ne signifie pas forcément une croissance normale de l'arbre, comme sa pauvreté ne signifie pas une croissance réduite, surtout qu'il n'existe pas de relations étroites entre la teneur d'un organe en un élément et l'efficacité physiologique de cet élément (BENTCHIKOU, 1981).

Si le diagnostic foliaire signale des anomalies de la nutrition, il ne rend pas compte de leurs origines et lorsqu'il permet de reconnaître qu'un élément est déficient, il n'indique pas obligatoirement le correctif à appliquer (MARTIN PREVEL ET AL., 1984).

Les antagonismes peuvent entraîner des manifestations de carence suite à une absorption trop faible d'éléments fertilisants, même si l'élément correspondant se trouve en quantité suffisante dans la solution du sol. Souvent, les carences que l'on rencontre sont *induites* (LOUE, 1986).

5. L'analyse de l'eau d'irrigation

Les résultats de l'analyse des eaux d'irrigation des trois vergers sont représentés dans le tableau 20.

Tableau 20. Résultats de l'analyse des trois eaux d'irrigation.

Paramètre	VERGER A	VERGER B	VERGER C	NORME *
pH	7,40	7,24	7,34	6-8,5
CE (dS/m)	1,4	1,8	2,3	<3
Résidu sec (mg/L)	0,9	1,1	1,4	<2
SAR	5,7	5,6	6,4	<15
Na ⁺ (me/L)	10,2	9,4	7,7	<40
Ca ⁺² (me/L)	3,2	6,3	5,8	<20
Mg ⁺² (me/L)	6,2	5,4	2,6	<5
K ⁺ (me/L)	0,1	0,2	0,4	<2
Somme des cations	19,7	21,3	20,5	-
Cl ⁻ (me/L)	10,7	11,2	11,5	<30
HCO ₃ ⁻ (me/L)	2,3	1,1	0,8	<10
NO ₃ ⁻ (me/L)	0,2	0,2	0,4	<10
SO ₄ ⁻² (me/L)	5,1	7,3	6,1	<20
Somme des anions	18,3	19,8	18,8	-

* (F.A.O., 1994)

Contrainte	aucune	sévère
------------	--------	--------

Selon les normes F.A.O. (1994), les trois eaux d'irrigation ne présentent pas de restriction à l'utilisation par rapport à la plupart des paramètres. Cependant, les eaux des vergers A et B présentent un *excès en magnésium*.

Les résultats obtenus indiquent que pour les cations, le sodium est le cation qui prédomine pour toutes les eaux. Les cations des eaux des vergers B et C sont classés dans l'ordre Na⁺ > Ca⁺² > Mg⁺² > K⁺ alors que pour l'eau du verger A, l'ordre est dans le sens Na⁺ > Mg⁺² > Ca⁺² > K⁺. Pour les anions, le chlore est l'anion majoritaire dans tous les échantillons. Les anions des trois eaux sont classés suivant l'ordre Cl⁻ > SO₄⁻² > HCO₃⁻ > NO₃⁻.

Pour une meilleure appréciation de la qualité des eaux d'irrigation, trois paramètres caractérisant les eaux sont généralement utilisés. Il s'agit d'évaluer *le risque de salinisation, le risque de sodicité et le risque d'alcalinisation* (U.S.S.L., 1954).

- *le risque de salinisation*: L'U.S.S.L. subdivise la salinité des eaux en 4 classes (Tab. 20).

Tableau 21. Classes de salinité des eaux (USSS, 1954)

Classes	CE ds/m	Risque de salinité
C1	CE < 0.25	faible
C2	0.25 < CE < 0.70	modéré
C3	0.70 < CE < 2.25	élevé
C4	CE > 2.25	très élevé

RESULTATS ET DISCUSSION

Les eaux analysées ont une conductivité électrique à 25°C comprise entre 1,4 dS/m et 2,3 dS/m. Elles peuvent être classées comme suit :

- Les eaux des vergers A et B sont classées dans la **classe C3** et présentent un **risque de salinisation élevé**.
- L'eau du verger C est classée dans la **classe C4** et présente un **risque de salinisation très élevé**.

- **le risque de sodicité:** L'U.S.S.L. subdivise la sodicité des eaux en 4 classes (Tab. 21).

Tableau 22. Classes de sodicité des eaux (USSSL, 1954)

Classes	S.A.R.	Risque de sodicité
S1	S.A.R.< 10	faible
S2	10 < S.A.R.< 18	modérée
S3	18 < S.A.R.< 26	élevée
S4	S.A.R.> 26	très élevée

Les eaux analysées ont toutes des S.A.R. inférieurs à 10 (**classe S1**) et présentent donc, selon les normes de l'U.S.S.L. (1954), un **risque de sodicité faible**. Elles n'induisent pas de réduction de l'infiltration de l'eau dans le sol (FAO, 1990).

Selon les C.E. et les S.A.R., le diagramme de classification des eaux de l'U.S.S.L (Fig. 47) aboutit au classement suivant :

- **Les eaux A et B** appartiennent à la **classe C3-S1** : **risque de salinisation élevé et risque de sodicité faible**.
 - **Les eaux C** appartient **classe C4-S1** : **risque de salinisation très élevé et risque de sodicité faible**.
- **le risque d'alcalinisation:** Le pH des trois eaux est compris entre 7,24 et 7,40. Ces valeurs de pH n'induisent pas de risque d'alcalinisation (F.A.O., 1990).

RESULTATS ET DISCUSSION

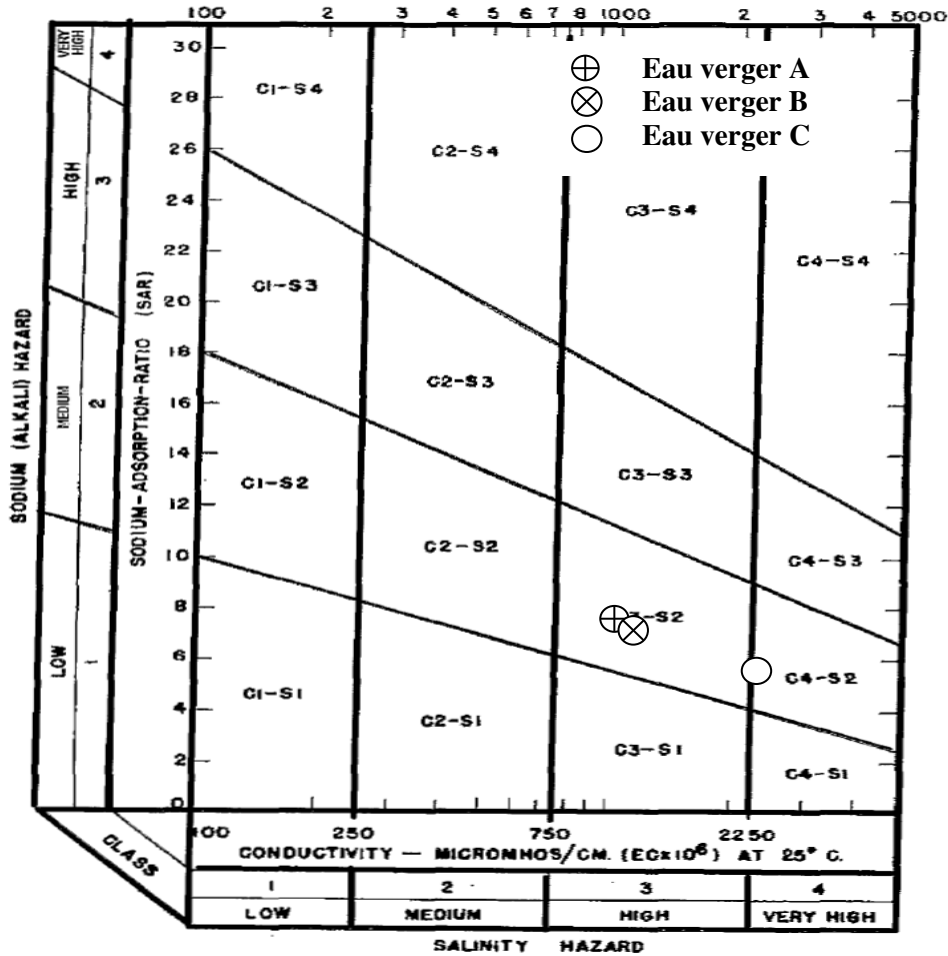


Figure 47. Classification des eaux d'irrigation des trois vergers

- Discussion

Les eaux des trois vergers présentent toutes un risque d'alcalinisation faible et un risque de sodicité faible. Les eaux des vergers A et B présentent un risque de salinisation élevée et l'eau du verger C un risque de salinisation très élevée.

Ces appréciations doivent être confrontées avec les données analytiques du sol et les exigences du poirier. En effet, la salinité des sols étudiés représentent déjà une contrainte moyenne à sévère (verger B) pour le poirier (IV.3.2.b.). L'irrigation avec une eau à risque de salinisation élevé accentue d'avantage cette contrainte. De plus, le mode d'irrigation localisée (goutte-à-goutte) pratiqué dans les vergers étudiés augmente le risque de salinisation. L'eau d'irrigation est distribuée en quantité trop faible pour qu'il y ait lixiviation des sels (DURAND, 1983).

Bien que les eaux des trois vergers présentent un risque de sodicité faible, elles constituent une source supplémentaire de sodium, ce qui élèvera d'avantage l'ESP des sols.

Dans les eaux ayant un rapport Ca/Mg < 1, comme c'est le cas pour l'eau du verger A, l'effet du sodium est légèrement accentué. Autrement dit, pour un même SAR, le risque de sodicité sera légèrement plus élevé quand le Ca/Mg est inférieur à 1 (RAHMAN & ROWELL IN F.A.O., 1994).

RESULTATS ET DISCUSSION

La dominance du Na et du Cl dans les eaux des trois vergers et l'aridité du climat favorisent la précipitation de la halite (NaCl). De plus, ces deux ions sont très solubles et directement assimilables par les racines, ce qui peut conduire à une toxicité en ces éléments (F.A.O., 1994).

6. Les pratiques culturales

L'enquête auprès des arboriculteurs et les observations in-situ ont révélé un niveau de technicité faible par rapport aux efforts nécessaires à la mise en valeur des terres de ces régions.

Il est à noter que la plupart des arboriculteurs étaient, à l'origine, des éleveurs pour lesquels les connaissances sur l'arboriculture sont limitées. De plus, les vergers demandent un entretien permanent et donc une main d'œuvre qualifiée et immédiatement disponible, condition difficilement réalisable dans ce milieu traditionnellement pastorale.

Au niveau des trois vergers, les arbres n'ont aucune forme définie, ce qui prouve que la taille n'est pas maîtrisée. Malgré que les engrais sont appliqués, ces apports restent tributaires à des doses génériques préconisées par le fournisseur sans tenir compte ni de l'offre du sol, ni de la demande des arbres. La dose d'irrigation varie d'un verger à un autre, mais sans prendre en considération la réserve utile du sol ou les besoins des arbres.

Bien que le mode d'irrigation localisée pratiqué (goutte-à-goutte) économise l'eau, il demeure un facteur d'accentuation du risque de salinisation des sols. En effet, l'irrigation avec une eau à risque de salinisation élevé nécessite la majoration de la dose d'irrigation pour l'évacuation des sels solubles en profondeur (F.A.O., 1994). Or, comme nous l'avons mentionné ci-dessus, les doses d'irrigation ne prennent même pas en considération le volume de la réserve utile du sol.

La hausse continuelle des prix des intrants a conduit certains arboriculteurs à minimiser les dépenses et à "gérer les risques". D'autres préfèrent "abandonner" une partie du verger, comme c'est le cas pour le verger B. **La photo 14** montre la propagation des adventices, au point de couvrir des arbres en entier.

Sans prendre en considération le choix de l'espèce (poirier), le porte-greffe utilisé (cognassier BA29) n'est pas adapté aux sols calcaires et sableux (**I.1.4.a.**) et il tolère mal la sécheresse.

Toutes ces contraintes conduisent à de faible rendement et à une faible rentabilité. En effet, les rendements aux USA sont de l'ordre de 30 à 35 t/ha (Fig. 4), alors qu'à Djelfa, ils ne sont que d'environ 4 à 5 t/ha (Fig. 8).

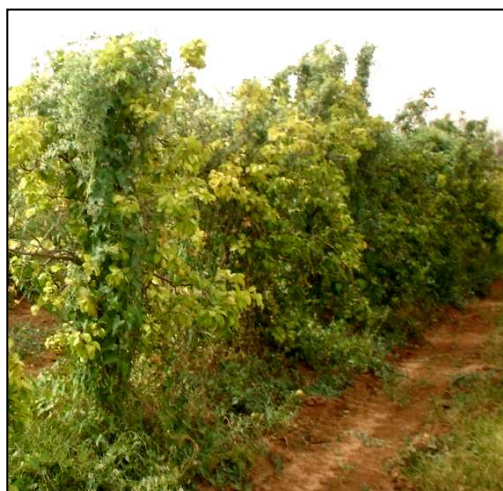


Photo 15. Propagation des mauvaises herbes (Verger B)

7. Discussion générale

En écartant dès le départ la possibilité que le dépérissement soit la manifestation du *pear decline*, du *feu bactérien*, ou bien la conséquence de *l'agressivité du climat*, la cause de ce phénomène demeure les propriétés du sol. Le fait que le dépérissement se localise seulement sur une partie des vergers indique clairement *l'influence des conditions de station*.

En effet, la limitation de la profondeur par la croûte calcaire à environ 40 cm s'avère être le seul facteur qui peut expliquer le dépérissement du poirier au niveau des vergers étudiés. Ce résultat est conforté par le fait que le dépérissement a été observé là où le routage n'a pas été effectué.

Cependant, là où la croûte a été évacuée en dehors du profil, les poiriers ne se comportent pas tous de la même manière. Les arbres sains se développent sur une texture moyenne (sablo-argilo-limoneuse) où le pourcentage d'argile avoisine les 20%. Les arbres carencés se localisent plutôt sur des textures grossières à très grossière (limono-sableuse, sablo-limoneuse) où le pourcentage d'argile est inférieure à 20% et la CEC est très faible.

La forte teneur en calcaire et le pH élevé des sols se répercutent négativement sur la nutrition du poirier. La biodisponibilité du phosphore est réduite dans ces conditions, cet élément subit une précipitation chimique sous l'effet du Ca. L'assimilabilité de l'ensemble des oligoéléments en est réduite (sauf le molybdène).

Les interactions entre les différents éléments nutritifs jouent un rôle très important sur la nutrition minérale (LAFON ET AL, 1996). Le potentiel d'assimilation spécifique d'une espèce végétale et la disponibilité des éléments fertilisants dans le sol sont perturbés par les phénomènes d'antagonismes ou de synergies (BERTSCHINGER ET AL., 2003). Par exemple, un niveau élevé en azote diminue l'assimilation du potassium, du magnésium et cuivre (antagonisme). Par contre, l'azote ammoniacal favorise l'absorption du phosphore (synergie), ce dernier facilite l'assimilation du magnésium (MARTIN PREVEL ET AL., 1984).

Le diagnostic foliaire, bien que réalisé sur des feuilles issues d'arbre sains (sans chlorose apparente) a confirmé la déficience du phosphore et des oligoéléments. La saturation du complexe adsorbant en Ca et Mg se reflète aussi sur la composition des feuilles.

La teneur en Mg total des sols des trois vergers est supérieure à celle du Ca total. Cette situation indique soit un caractère dolomitique des sols, soit la conséquence de l'irrigation avec une eau chargée en Mg (le cas des eaux des vergers A et B). La première hypothèse s'avère plus plausible du moment que les pH des sols des trois vergers sont alcalins. En effet, le pH des sols calcaires est généralement compris entre 7,5 et 8,5, or, les sols étudiés présentent des pH entre 8,5 et 9,2. Cet intervalle de pH est le domaine du carbonate de magnésium et non pas celui du carbonate de calcium.

Bien que le complexe adsorbant soit saturé en Ca et Mg, l'ESP de tous les échantillons est très élevé malgré que les eaux d'irrigation présentent un risque de sodicité faible. Ce dernier est accentué à cause de la dominance du Mg par rapport au Ca dans le sol.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les eaux d'irrigations sont à risque de salinisation élevé (eaux du verger A et B) à très élevé (eau du verger C) et sont chargées en Na et en Cl. Par conséquent, l'effet de la salinité du sol qui présente déjà une contrainte au développement du poirier s'accroît d'avantage.

Parallèlement à tous ces facteurs limitants, le climat de la région présente également de nombreuses contraintes. La sécheresse, les fortes chaleurs, le gel, la grêle et le sirocco constituent des limites à la plupart des arbres fruitiers.

Les pratiques culturales n'en demeurent pas moins limitantes que les facteurs précédemment cités. D'une part, le choix du poirier et du cognassier comme porte-greffe reflète une méconnaissance du sol et du climat de la région. D'autre part, des pratiques indispensables à la réussite des vergers comme l'irrigation, la fertilisation, la lutte contre les adventices et la taille ne sont pas encore maîtrisées. La non-disponibilité d'une main d'œuvre qualifiée joue également un rôle négatif sur l'entretien du verger.

Tous ces résultats conduisent à remettre en cause la rentabilité de cette activité, la durabilité de ces vergers et l'existence même du poirier dans cette région. En effet, bien avant l'introduction de l'arboriculture dans les régions steppiques, de nombreux auteurs ont souligné la difficulté de la mise en valeur des terres dans les régions arides et semi-arides (HALITIM, 1988 - NYANDAT, 1982 - AUBERT, 1960).

ZOUAMBIA (1996) a réalisé une évaluation du sol et du climat pour l'introduction de plusieurs espèces fruitières dans les zones steppiques. Cette évaluation a concerné plusieurs communes de Djelfa, parmi lesquelles la commune de Benhar qui est limitrophe à la région d'étude. L'un des résultats de cette évaluation est la non-convenance du sol au poirier dans cette région.

CONCLUSION

Conclusion

Ce travail de recherche a porté sur l'influence des propriétés pédologiques sur le comportement du poirier en tenant compte de l'effet des facteurs climatiques, biotiques, techniques et socio-économiques. Il s'agit en fait d'une approche holistique sur trois vergers de poirier au nord de Djelfa.

L'approche participative a permis d'identifier la thématique étudiée, avec l'intervention des agro-éleveurs d'une part et des institutions concernées d'autre part. L'enquête institutionnelle a révélé un déficit de connaissances sur le phénomène de dépérissement du poirier dans la région d'étude. L'hypothèse que le dépérissement serait dû à un agent pathogène a été écartée par le biais de cette enquête.

La faiblesse des rendements obtenus à Djelfa et qui reflète l'état physiologique et sanitaire du poirier peut être attribuée à plusieurs facteurs. En effet, le choix d'introduire le poirier sur cognassier dans une zone semi-aride et calcaire n'est pas prometteur d'une bonne production de poires. De plus, les techniques culturales qui peuvent atténuer les contraintes climatiques et édaphiques ne sont pas encore maîtrisées par les arboriculteurs. Les interactions entre ces différents facteurs rendent leur pondération difficile et se reflètent par des situations complexes sur le terrain.

L'hétérogénéité du comportement du poirier dans un même verger est un indicateur de l'influence des conditions de station. La description et l'analyse du sol en fonction des comportements observés ont révélé la liaison du dépérissement du poirier à la présence de la croûte calcaire à environ 40 cm de profondeur. Les poiriers sains se localisent sur des sols ayant une profondeur d'environ 80 cm, une texture moyenne avec un pourcentage d'argile d'environ 20%. Quant aux poiriers carencés, ils se situent sur des sols ayant une texture grossière à très grossière et une CEC très faible.

Toutefois, certains résultats obtenus ne permettent pas d'expliquer les différents comportements du poirier. En effet, le poirier se comporte normalement dans certains endroits où le pH, la teneur en CaCO_3 et l'ESP dépassent la tolérance du poirier.

Malgré que les feuilles échantillonnées pour l'analyse du végétal étaient saines (sans symptômes de carences apparents), le diagnostic foliaire a décelé une déficience en phosphore et en oligoéléments (Cu, Mn, Zn). Ceci reflète le niveau de ces éléments dans les sols où le pH est alcalin et la teneur en CaCO_3 est élevée, ce qui diminue la biodisponibilité du phosphore et de la plupart des oligoéléments.

Bien que les eaux d'irrigation présentent un risque de sodicité faible, les sols présentent un ESP élevé. Les eaux d'irrigation présentent un risque de salinisation élevé à très élevé. Ce risque se reflète sur la CE des sols qui est moyenne voir élevée. Les concentrations élevées en Mg contribueraient à l'accentuation de l'effet du Na.

Les pH trop élevés ($\text{pH} > 8,5$) indiqueraient la présence de carbonates de magnésium ou de carbonate de sodium. Il serait intéressant d'approfondir l'étude du type de carbonate des sols étudiés.

CONCLUSION

Les sols étudiés sont donc sujet à l'alcalinisation, à la salinisation et à la sodicité. De plus, les réserves minérale et hydrique de ces sols sont réduites, s'ajoute à cela, l'agressivité du climat. Ces conditions ne sont favorables qu'aux espèces adaptées.

Cette étude a montré que les facteurs de l'environnement d'une manière générale et la majorité des propriétés pédologiques n'ont pas d'effet significatif sur les différents comportements du poirier. Toutefois, cette recherche a montré que le seuil de 40 cm de profondeur de la croûte calcaire constitue une contrainte majeure au développement du poirier. De même et à un degré moindre, la texture grossière et sa conséquence sur la CEC n'est pas favorable à la culture du poirier en milieu steppique calcaire.

Les arbres fruitiers à noyaux, tel que l'abricotier, sont mieux adaptés aux zones steppiques que les rosacées et ont donné de bons résultats dans plusieurs régions steppiques (Djelfa, M'Sila, Biskra,...). Si le choix est porté sur le poirier, les porte-greffes de la série OHF conviendraient mieux à la région d'étude que le cognassier.

Par ailleurs, les pratiques culturales doivent être maîtrisées. Les doses d'irrigation doivent tenir compte de la réserve du sol et des besoins de la culture. La fertilisation doit se baser sur l'offre du sol et la demande du végétal. Il est plus convenable d'utiliser des engrais acidifiants pour ne pas augmenter davantage le pH du sol. Des pulvérisations foliaires d'oligoéléments sont nécessaires pour palier à la déficience en ces éléments.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

A.N.A.T., 2003 – *Prospective territoriale pour un développement durable et intégré de la wilaya de Djelfa*, Alger, Atlas cartographique, 10 p.

AUBERT G., 1960 - *Les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur conservation*, Paris, Actes coll., UNESCO, pp 127-150.

B.N.E.D.E.R., 2002 - *Schéma directeur de développement intégré de la commune de Bouiret Lahdeb - wilaya de Djelfa*, rapport, 20 p.

BAARENDS J.L., 1983 - *Comportement de 3 porte-greffes du poirier, le fruit belge N°402*, pp 102-108.

BADRANI S., CHAHAT F., ABABSSA S., 2000 – *L'agriculture Algérienne en 2000: une révolution tranquille – le PNDA*, Alger, Prospectives Agricole N°1, INRAA.

BAIZE D., 1988 - *Guide des analyses courantes en pédologie*, Paris, Institut national de la recherche agronomique, 172p.

BENSEGHIR A., 2006 - *Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra)*, Université de Biskra, Mém. Ing., 95 p.

BENTCHIKOU M., 1981 - *Recherche sur la nutrition minérale du vignoble d'appellation d'origine Garantie de la région de Mascara.*, Alger, Thèse Magister, Institut national Agronomique, 74p.

BERTSCHINGER L., CHRISTIAN G., RYSER J.P., HÄSELI A., NEUWEILER R., PFAMMATTER W., SCHMID A. et WEIBEL F., 2003 - *Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Fruits à pépins, fruits noyau, kiwis, baies d'arbustes*, Ed. Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil, 48 P.

BONNEMAISON L., MISSONNIER J., 1956 - *Le psylle du poirier (*Cacopsylla pyri* L.): morphologie et biologie*, Annales Epiphyties 7 (2), pp 263-231.

BOULAIN J., 1960 - *Sur quelques sols rouges à carapace calcaire*, Bull. Ass. fr. Et. Sol, N°3, pp 139-134.

C.N.C.C., 2001 - *Obtention d'agrément pour l'exercice de l'activité de vente des semences et plant*, Alger, Guide, 60 p.

C.T.I.F.L., 1987 - *Le feu bactérien*, Angers, Ed. le Carrousel, Fiche 176, 2p.

C.T.I.F.L., 1989 - *L'arboriculture fruitière*, Paris, Revue N°422.

CAZELLES O., HASLER T., 2006 - *Maladies à mycoplasmes du pommier et du poirier*, Suisse, Station de recherche Agroscope RAC et FAW Wädenswil, Fiche 520, 3p.

COÏC Y., COPPENET M., 1989 - *Les oligo-éléments en agriculture et élevage*, Paris, I.N.R.A., 108p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

CORROYER N., LIBOUREL G., 2000 - *Le poirier en agriculture biologique*, Avignon, G.R.A.B., bul., 4p.

DE RAVEL D'ESCALOPON G., 1967 - *Traité pratique d'arboriculture fruitière méridionale*, à l'usage des agriculteurs, des professeurs et élèves des lycées agricoles, 481p.

DOSBA F., 1996 - *Fonctionnement économique du secteur des fruits: Recherches en économie et sociologie*,

DURAND J. H., 1983 - *Les sols irrigables*. Ed. Presse universitaire de France, 339 p.

DURAND E., 1912 - *Manuel pratique de culture fruitière*, Paris, Charles Amat, 568 p.

DURAND J.H., 1953 - *Etude géologique, hydrogéologique et pédologique des croûtes en Algérie*, Alger, Serv. Et. sci. Pédologie, N° 1, 299 p.

F.A.O., 1976 - *Cadre pour l'Evaluation des Terres*, Rome, Bull. Pédologique N° 32, F.A.O.

F.A.O., 1990 - *Water, soil and crop management relating to the use of saline water*, Rome, Doc. F.A.O., 193p.

F.A.O., 1994 - *Water quality for agriculture*, Rome, FAO Irrigation and Drainage Paper, N° 29, FAO, 97 p.

GAGNARD J., HUGUET C. et RYSER J.P., 1988 - *l'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation, le contrôle de la qualité des fruits*, Secrétariat générale OILB/SROP, Ed. ACTA., 87p.

GAUTIER M., 1987 - *La culture fruitière*, Paris, Technique et Documentation Lavoisier, Vol. 1, 492 P.

GREGG A. Y., 1999 - *A training program for soil analysis interpretation in northern california*, USA, Sonoma State University, Master of art in education, 146 p.

GRESSENT, 1926 - *L'arboriculture fruitière*, Paris, Libraires agricole de la maison rustique, 107 p.

HALITIM A., 1988 - *Sols des régions arides d'Algérien*, Alger, Ed. OPU, 384 p.

HAZELTON P., MURPHY B., 2007 - *Interpreting soil test result : what do all the numbers mean ?*, Australia, CSIRO, Book, 160 p.

I.N.R.A., 2005 - *Les poires naissent en Anjou*, Angers., Document créé en janvier 2003. Complété et révisé en juin 2005, 4 p.

I.N.R.A.A., 2006 - *Plan de développement participatif des communes rurales : Cas de Bouiret Lahdeb (Djelfa)*, projet Mashreq&Maghreb III, INRAA-ICARDA, 86 p.

I.N.S.I.D., 2005 - *La carte des sols de Bouiret Lahdeb au 1/50.000, projet classement des terres*.

JUSTE C., POUGET R., 1972 - *Appréciation du pouvoir chlorosant des sols par un nouvel indice faisant intervenir le calcaire actif et le fer facilement extractible- application au choix des porte-greffes de la vigne*, CR Acad., agriculture de Fr., 58, p 352-357.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

KHELIL A., 1989 - *Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne*, Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger., 67 P.

KHIARI L. 1991- *Recherche sur la chlorose ferrique du poirier en Tunisie*. mém. Ing., Université de Tunis, 111 p.

LAFON J.P., THARAUD PRAYER C. et LEVY G., 1996 - *Biologie des plantes cultivées*, Paris., T1, Organisation/Physiologie de la nutrition, 2^{ème} Ed., Editions Techniques et Documentations Lavoisier, 233 P.

LE HOUEROU H.N., 1995 - *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique - diversité biologique, développement durable et désertification*, Montpellier, CIHEAM, Ouvrage, 397p.

LEMOINE J. & CATHALA M.H., 2006 – *Les maladies de dégénérescence des arbres fruitiers à pépins : Maladies à virus, viroïdes, phytoplasmes*, I.N.R.A. Angers, Fiche descriptive, 1p.

LEMOINE J., MICHELESI J.-C., 1997 - *La multiplication végétative des arbres fruitiers à pépins par marcottage et greffage : cas du pommier et du poirier*, I.N.R.A. - Unité d'Amélioration des Espèces Fruitières et Ornementales, astredhor, pp 83-93.

LOMBARD P.B., WESTWOOD M.N., 1987 - *Pear rootstocks*, Rootstocks for fruit crops, PP 145-183.

LOUÉ A., 1986 - *Les oligo-éléments en agriculture*, Paris , Agri-Nathan International, p 339.

MARTIN PRÉVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P, 1984 - *l'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales*, Ed. technique et documentation, Lavoisier, Paris., 810 p.

MASSERON A., 1989 - *Les porte-greffes : Pommier, poirier et nashi*, Paris, C.T.I.F.L., 300p.

MC WILLIAMS D., 2003 - *Interpreting Soil Tests for Efficient Plant Growth and Water Use*, New Mexico State University, Guide A-141, 8 p.

NYANDAT N.N., 1982 – *Soils policy in Africa: need and direction*, 12th Congres of soil science, symp. Paper III, pp 106-114.

O.E.P.P./E.P.P.O., 2006 - *Fiches informatives sur les organismes de quarantaine : pear decline (mycoplasme)*, Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 8 (2), Fiches 95, 4 p.

POTTER D. & ERIKSSON T., 2007 - *Phylogeny and classification of Rosaceae*. Plant Systematics and Evolution, N° 266, pp 5-43.

POUGET M., 1980 - *Les sols à croûte calcaire dans les steppes algériennes : Quelques aspects morphologiques et esquisse d'une Evolution actuelle*, Bondy, Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pedol., Vol. XVIII, N° 3-4, 1980-1981, pp 235-246.

RUELLAN A., 1967 - *Individualisation et accumulation du calcaire dans les sols et les dépôts quaternaires du maroc*, France, Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol., WI. V, N°4, pp 420 – 462.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

RUELLAN A., 1971 – *Contribution a la connaissance des sols des régions méditerranéennes les sols a profil calcaire différencié des plaines de la basse moulouya (maroc oriental)*, Paris, O.R.S.T.O.M., mémoire N° 54, 294 p.

RYSER J.P. & HELLER W., 2006 - *La chlorose ferrique en arboriculture*, Suisse, Station de recherche Agroscope RAC et FAW Wädenswil, Fiche 830, 3p.

RYSER J.P., 1982 - *Vers l'utilisation pratique du diagnostic foliaire en viticulture et arboriculture*, Revue suisse hort. Vit. Arbo, V 14, N° 01, pp 49-55.

SEBHI S., 1987 – *Mutation du monde rural Algérien: le Hodna*, Alger, ouvrage, office des publications, pp 49-88.

SEKKOUTI S., 2004 - *Résultats Préliminaires des Essais IIP sur certaines espèces Fruitières et Maraichères dans le Sud Algérien*, Rabat, Morocco, IPI regional workshop on Potassium and Fertigation development in WANA, 24-28 November, 9 P.

SILLANPÄÄ, M., 1972 - *Trace elements in soils and agriculture*, Rome, Soils Bull., F.A.O., N° 14, pp 140-151.

TOUTAIN G., 1979 - *Eléments d'agronomie saharienne de la recherche au développement*, Marrakech, I.N.R.A.M., 275 p.

U.S.D.A./A.R.S., 2007 - *National Genetic Resources Program*, Washington, Germplasm Resources Information Network, Maryland, Online Database, <http://www.ars-grin.gov>.

U.S.S.L., 1954 - *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. Washington, Handbook VIII, N° 60, 160p.

WALALI L. D. M. et SKIREDJ A., 2003 - *Transfert de technologie en agriculture*, Maroc, bul. Mens. N° 107 Du P.N.T.T.A., M.A.D.E.R., 4 p.

WILBERT J., 1962 - *Croûtes et encroûtements calcaires au Maroc*, Al Awamia, N° 3, pp 175-192.

ZOUAMBIA M., 1996 - *Développement de l'arboriculture fruitière en milieu steppique*, Djelfa, Document final du projet de coopération H.C.D.S.-G.T.Z., 47 p.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1. Caractéristiques de la variété *Santa maria*

(Adapté d'après : U.S.D.A. /A.R.S., 2007 et ZOUAMBIA., 1996).

	Caractéristiques	Observations
Renseignements généraux	Créateur	MORETTINI A.
	Origine	variété italienne créée en 1951 par croisement de la William's.
	Port	assez ouvert, exige le tuteurage.
	Bois	brun clair et mou.
	Feuilles	ovales et allongées érigées sur le rameau.
	Floraison	avril.
	Principaux pollinisateurs	Williams, Docteur Jules Guyot.
	Production	tardive, très productive.
Le fruit	Calibre	moyen.
	Forme	pyriforme, asymétrique.
	Contour	irrégulier, bosselé.
	Épiderme	épiderme jaune garni de lenticelles apparentes.
	Chair	blanche et sucrée, juteuse et croquante.
	Époque de cueillette	début août.
	Maturité naturelle de consommation	fin août, résistant aux manipulations.

Annexe 2. Caractéristiques de la variété Docteur Jules Guyot (C.T.I.F.L., 1989)

	Caractéristiques	Observations
Renseignements généraux	Synonymes	Guyot, Limonera
	Origine	variété française, 1870
	Classe CTPS	Classe 2, variété locale, régionale ou d'amateur.
L'Arbre	Vigueur	moyenne sur cognassier avec lequel l'affinité est médiocre.
	Port	assez ouvert.
	Bois	brun rouge.
	Feuilles	ovales et allongées érigées sur le rameau.
	Floraison	tardive.
	Principaux pollinisateurs	Williams, Conférence, Clapp's favorite, Doyenne du Comice et Beurré Bosc.
	Production	précoce, abondante et régulière.
Le fruit	Sensibilité	moyenne à la tavelure sur feuilles et fruits. Moyenne au Pseudomonas sur bouton floral. Faible au Pseudomonas sur feuille.
	Calibre	assez gros pour un fruit précoce.
	Forme	pyriforme souvent globuleux, asymétrique.
	Contour	irrégulier, bosselé.
	Épiderme	lisse, assez fin, vert clair, jaune à maturité.
	Pédoncule	mi-charnu, court, brun et vert ; insertion légèrement oblique ; cuvette légère, étroite, irrégulière, bosselée.
	Œil	moyen, peu enfoncé, ouvert ; cuvette peu profonde, assez large, très peu bosselée.
	Chair	ivoire, mi-fine, fondante, sucrée mais peu parfumée, juteuse.
	Époque de cueillette	10 à 15 jours avant Williams. Est cueillie souvent avant maturité.
	Maturité naturelle de consommation	15 juillet - 15 août. Peut se conserver 1 à 2 mois en chambre froide.

ANNEXES

Annexe 3. Caractéristiques de la variété William's (C.T.I.F.L., 1989)

	Caractéristiques	Observations
Renseignements généraux	Synonymes	Bon Chrétien William's – William's Bon Chrétien – Bartlett (USA)
	Origine	variété anglaise, crée en 1796
	Classe CTPS	Classe 1, variété d'intérêt cultural et commercial recommandée pour la production
L'Arbre	Vigueur	bonne sur cognassier mais dans les climats chauds, l'affinité avec ce porte-greffe n'est pas toujours satisfaisantes (rougissement du feuillage, dépérissement).
	Port	moyennement érigé.
	Bois	longs de couleur brun clair.
	Feuilles	ovales avec de fines dents de scie sur tout le pourtour.
	Floraison	moyennement tardive. Variété assez exigeante en froid hivernal.
	Principaux pollinisateurs	Packham's Triumph, Conférence, Doyenne du Comice, Dr J. Guyot. Williams est généralement une bonne variété pollinisatrice.
	Production	assez précoce, bonne, assez régulière
Sensibilité	importante à la tavelure sur fruits. Assez importante au feu bactérien.	
Le fruit	Calibre	généralement moyen.
	Forme	pyriforme trapue, symétrique.
	Contour	irrégulier.
	Épiderme	lisse, assez brillant, mi-cireux, jaune à maturité. Lenticelles nombreuses, fines, brun clair.
	Pédoncule	moyen, mi-charnu, inséré droit. Cuvette étroite, peu profonde.
	Œil	moyen, mi-clos, cuvette peu profonde, étroite, souvent plissée.
	Chair	mi-fine, fondante, sucrée avec une pointe d'acidité, juteuse ; parfum musqué.
	Époque de cueillette	début à fin août selon les régions.
	Maturité naturelle de consommation	fin août, début septembre. Peut se conserver cinq à six semaines en chambre froide mais un séjour trop long nuit à la qualité gustative.

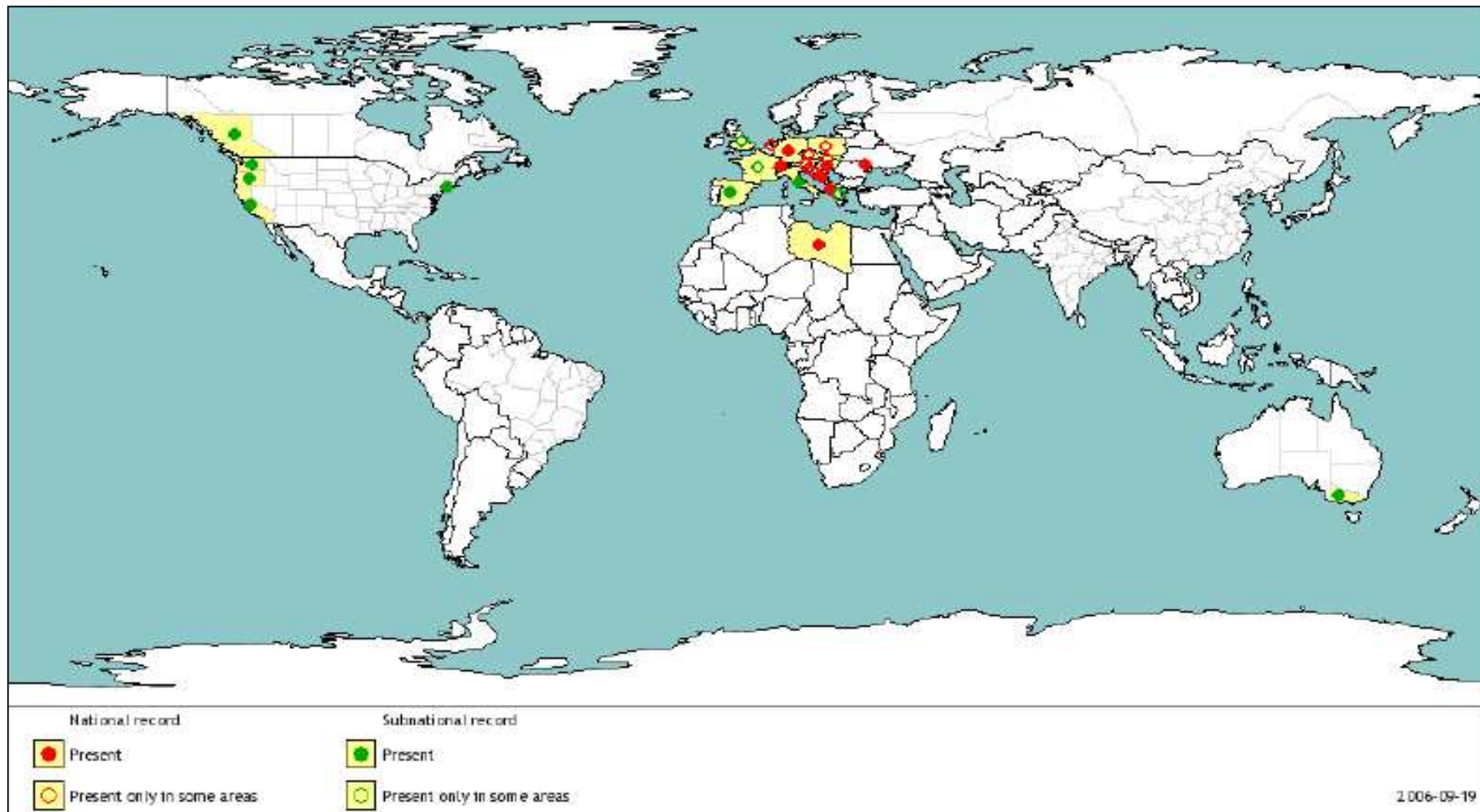
Annexe 4. Caractéristiques du cognassier BA29 (MASSERON, 1989)

	Caractéristiques	Observations
Renseignements généraux	Synonymes, numéros d'étude	INRA BA 29
	Origine	sélection clonale de Cognassier de Provence en 1966
	Obtenteur	France (Station INRA d'Angers)
Description sommaire	Vigueur	forte
	Port	dressé
	Aspect du rameau	assez trapu
	Feuille	moyenne, vert foncé
	Racines	abondantes, système racinaire fasciculé demi-pivotant
	Divers	peu sensible à l'Entomosporiose sur feuille
Comportement en verger	Compatibilité	moyenne à bonne selon les variétés
	Niveau de vigueur	moyen
	Rapidité de mise à fruit	assez bonne
	Productivité	bonne
	Caractéristiques du fruit	bon calibre
	Adaptation au sol	très bonne en sols argileux, moyenne en sols sableux
Aptitude à la multiplication	Marcottage	très bonne
	Bouturage	assez bonne
	Comportement en pépinière de greffage	bon
Sensibilités	Calcaire	MS - S
	Asphyxie racinaire	PS
	Froid hivernal	MS - S
	Feu bactérien	S
	Pear decline	PS-MS
	Virus	MS

Peu sensible - *PS* Moyennement sensible – *MS* Sensible - *S*

ANNEXES

Annexe 5. Répartition du *phytoplasma pyri* dans le monde (O.E.P.P./E.P.P.O., 2006)



ANNEXES

Annexe 6. Les surfaces, des rendements et de la production nationale du poirier

(Statistiques agricoles 2008, M.A.D.R.)

WILAYA	Production (tonnes)	Surface (ha)	Surface rapport (ha) ¹⁴	en Rendement (t/ha) ¹⁵
AIN-DEFLA	42 800	2 525	2 300	18,6
BLIDA	18 619	1 234	1 145	16,2
TIPAZA	12 880	1 041	890	14,4
SIKIKDA	8 958	1 355	949	9,4
DJELFA	8 510	2 281	1 850	4,6
BOUMERDES	7 650	588	510	15,0
TIZI-OUZOU	7 283	999	782	9,3
ALGER	6 966	603	520	13,4
MOSTAGANEM	5 725	1 020	861	6,6
CHLEF	5 322	1 053	716	7,4
Total Algérie	176 957	33 579	22 718	7,7

¹⁴ Surface entrée en production¹⁵ Rendement calculé sur la base de la production et des surfaces entrées en production

ANNEXES

Annexe 7. Données climatique des paramètres et des phénomènes de la période 1990-2001
(O.N.M. : STATION DE DJELFA)

Données générales de la Station

Latitude	34°41'
Longitude	3°15'
Altitude m	1144
Bassin versant	Zahrez
Q stewart	33,4
Etage bioclimatique	Semi-aride
Période sèche	juin-novembre
Période de Déficit hydrique	fév-décembre

Les pluies (mm)

Cumul annuel	325
Pluie janv-mars	105
pluie avril-juin	87
pluie juil-sept	63
pluie oct-dec	70
Max pluie Max/24h	59
Mois d'enregistrement	janvier

Les températures (°C)

min Tmin	0,5
Max Tmin	18,4
min Tmax	9,8
MaxTMax	33,9
MinT moyen	4,6
MaxT moyen	25,8
Tmin Abs	-8
Date d'enregistrement	janv. 1993
TMax Abs	39,3
Date d'enregistrement	juil. 1997

Les phénomènes climatiques (jour)

Jours de pluie	71,2
Brouillard	6,3
Gelée	40,5
Grêle	1,6
Orage	21,1
Neige	6,0
Sirocco	1,7
Tempête sable	0,6
Max Vents max (Km/h)	126
Mois enregistrés	avril

7. 1. Moyennes mensuelles des paramètres climatiques

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	déc
T min °C	0,5	1,1	3,4	5,3	10,5	15,2	18,4	18	14,1	9	4,7	1,4
T max °C	9,8	12,1	15,6	17,8	23,8	30	33,9	33,3	27,5	21,7	15,4	10,8
T moy °C	4,6	6,1	9,2	11,5	17	23	25,8	25,8	20,8	15,5	9,2	5,7
T min abs. °C	-8	-6,4	-5,2	-3,9	1,3	6	10,6	10,2	4,7	0,9	-5,3	-6,5
T max abs. °C	18,7	23,4	29,3	30,6	38,4	38	39,3	39,2	37,2	31	23,6	19,5
Cumul mm	46,9	28,3	29,9	32,3	38,5	16,3	5,3	17,9	40	27	18,6	24,1
Pluie max abs. mm	58,7	25	36,8	30	52,9	17,4	8	17	36	40	28	44
ETP Penmann mm	31	46	87	120	161	187	204	179	129	86	44	28
ETP Turc mm	26	39	72	98	141	179	208	183	117	86	48	30
Insolation Heures/j	5,6	7,5	7,8	9	9,8	10,5	10,6	9,8	8,5	7,7	6,7	5,8
Vent moyen m/s	3,8	3,6	3,8	4,2	3,9	3,3	3,2	2,8	3,1	3,3	3,6	3,8
Vent max abs. m/s	27	34	25	35	29	32	32	35	29	26	30	31
Humidité %	75	67	60	55	50	41	33	37	49	58	69	73

ANNEXES

7. 2. Moyennes mensuelles des phénomènes en jours

	Brouillard	Gelée	Grêle	Orage	Neige	Sirocco	Tempête de sable	Jours de pluie
janvier	1,7	11,9	0,3	0,2	2,2	0,0	0,0	9,6
février	1,1	9,6	0,2	0,2	1,4	0,0	0,2	5,3
mars	0,5	2,9	0,0	1,1	0,8	0,0	0,2	6,6
avril	0,1	0,9	0,3	0,8	0,2	0,0	0,0	6,1
mai	0,0	0,0	0,2	2,2	0,0	0,0	0,0	5,9
juin	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	4,7
juillet	0,0	0,0	0,1	2,3	0,0	0,3	0,1	2,8
août	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	1,2	0,0	4,3
septembre	0,0	0,0	0,1	4,6	0,0	0,2	0,1	7,2
octobre	0,6	0,1	0,2	1,7	0,0	0,0	0,0	5,3
novembre	0,5	4,8	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	6,2
décembre	1,8	10,3	0,2	0,1	1,2	0,0	0,0	7,2

Annexe 8. Exigences édaphiques du poirier sur cognassier BA 29
(adapté d'après les Normes de la DEMRH)

Paramètre	valeur	Contrainte
Profondeur (cm)	0 - 50	
	50 - 80	
	>80	
TEXTURE *	TG	
	G	
	M	
	F	
Eléments Grossiers (%)	0 -10	
	10 - 30	
	> 30	
pH	< 6,5	
	6,5 - 7,5	
	7,5 - 8,5	
	>8,5	
CaCO ₃ (%)	<5	
	>5	
CE ds/m (1/5)	< 0,15	
	0,15 - 0,4	
	>0,4	

<i>contrainte</i>	sévère	moyenne	aucune
-------------------	--------	---------	--------

**conversion des classes texturales en groupes de texture.*

Classe texturale	Groupe de texture
Sand, loamy sand, Sandy loam,	Très Grossière (TG)
fine sandy loam, Very fine sandy loam,	Grossière (G)
loam, silt loam, silt	Moyenne (M)
Sandy clay, silty clay, clay	Fine (F)

(HERRERA E., 2000)

ANNEXES

Annexe 9. Normes d'interprétation des analyses du sol (FAO, 1976)

	Très faible	faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Azote total (%)	<0,08	0,08-0,12	0,12-0,20	0,20-0,30	>0,30
Capacité d'échange (cmol+/kg)	<5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30,00
pH	Acide	légèrement acide	neutre	Légèrement alcalin	Alcalin
	5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	7,5 - 8,5	> 8,5
CE Extrait 1/5 (dS/m)	<0,15	0,15-0,40	0,40-0,80	0,80-2,0	>2,00
CONTRAINTE	aucune	faible	moyenne	sévère	T. sévère

Annexe 10. Classification des horizons selon la concentration en CaCO₃ (BAIZE, 1988).

Concentration en CaCO₃ (%)	Horizon
< 1	<i>Non calcaire</i>
1 à 5	<i>Peu calcaire</i>
5 à 25	<i>Modérément calcaire</i>
25 à 50	<i>Fortement calcaire</i>
50 à 80	<i>Très fortement calcaire</i>
> 80	<i>Excessivement calcaire</i>

Annexe 11. Norme d'interprétation du phosphore assimilable (méthode OLSEN)

	Faible	Moyen	Elevé	Très élevé
Phosphore assimilable (mg/kg)	< 10	10- 30	30-50	>50
CONTRAINTE	aucune	moyenne	sévère	T. sévère

Annexe 12. Proportion désirable des cations en pourcent de la CEC (ABBOTT, 1989)

Cations	Intervalle optimal (en % de la CEC)
Calcium	65 - 80
Magnésium	10 -15
Potassium	1 -5
Sodium	0 - 1

ANNEXES

Annexe 13. Les niveaux optimaux des micronutriments dans le sol (GREGG A. Y., 1999)

Micronutriments	Intervalle optimal (mg/kg)
Fer	11 - 16
Manganèse	9 – 12
Zinc	1 - 3
Cuivre	0,9-1,2
Bore	0,5-1,0

Annexe 14. Interprétation des résultats du diagnostic foliaire du poirier

(VAN DER ENDE & LEECE, 1975)

	Déficient	Faible	Optimum	Elevé	Excessif
% de MS					
N	<1,8	1,8-2,2	2,3-2,7	2,8-3,5	>3,5
P	<0,10	0,10-0,13	0,14-0,20	0,21-0,30	>0,30
K	<0,7	0,7-1,1	1,2-2,0	>2,0	
Ca	<0,8	0,8-1,3	1,4-2,1	2,2-3,7	>3,7
Mg	<0,13	0,13-0,29	0,30-0,50	0,51-0,90	>0,90
S	<0,10	0,10-0,16	0,17-0,26	>0,26	
Na			<0,01	0,01-0,02	>0,02
Cl			<0,05	0,05-0,10	>0,10
mg/kg de MS					
Fe		<60	60-200	>200	
Mn	<25	25-59	60-120	121-220	>220
Zn	<10	10-19	20-50	>50	
Cu	<5	5-8	9-20	21-50	>50
B	<10	10-19	20-40	>40	

ANNEXES

Annexe 15. Interprétation des résultats des analyses du sol (1/2)

	Profondeur	compacité	racines	Argile	Limon	Sable	Classe Texturale	éléments grossiers	pH	CE	CaCO ₃	N	P	K+	Ca + Mg	Na+	CEC	ESP	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg
	cm			%				%		dS/m	%	%	ppm	cmol+/kg				%	mg/kg				
PROFIL A1																							
A11	12	1	2	13	17	70	Sablo-limoneuse	5	8,71	0,27	9,0	0,08	14	1,17	3,26	0,95	5,38	17,7	0,10	1,90	0,40	276	912
A12	32	2	4	21	25	55	Sablo-argilo-limoneuse	36	8,84	0,21	20,7	0,12	15	0,56	5,63	0,86	7,05	12,2	0,20	2,10	0,40	520	460
A13	36	3	0	14	30	56	Sablo-limoneuse	29	8,94	0,17	32,0	0,05	1	0,25	4,54	0,56	5,35	10,5	0,60	1,50	0,70	504	792
PROFIL A2																							
A21	18	4	2	4	23	73	Sablo-limoneuse	4	9,15	0,16	19,6	0,08	15	0,61	2,95	0,54	4,10	13,2	0,40	2,20	0,30	432	86
A22	22	1	0	12	17	71	Sablo-limoneuse	9	9,1	0,16	16,2	0,15	21	0,35	2,84	0,65	3,84	16,9	0,20	2,30	0,20	360	416
A23	27	2	0	26	33	42	Limoneuse	19	8,77	0,47	19,4	0,23	27	0,20	5,84	1,65	7,69	21,5	0,60	2,60	0,50	428	908
A24	33	2	0	19	31	50	Limoneuse	27	8,73	0,39	15,4	0,11	14	0,20	7,86	0,91	8,97	10,1	0,30	2,30	0,50	136	11
PROFIL B1																							
B11	21	4	3	26	32	42	Limoneuse	24	8,35	0,73	12,8	0,27	18	1,02	7,39	0,30	8,71	3,4	0,70	3,70	0,70	324	1232
B12	24	2	1	31	29	40	Argilo-limoneuse	33	8,43	0,79	20,3	0,13	13	0,87	4,72	1,33	6,92	19,2	0,10	4,10	0,60	348	1324
B13	35	3	0	30	21	49	Sablo-argilo-limoneuse	23	8,72	0,47	14,2	0,15	13	0,30	6,05	1,34	7,69	17,4	0,50	3,50	0,60	240	1036
PROFIL B2																							
B21	24	1	4	17	26	58	Sablo-limoneuse	14	8,65	0,19	25,9	0,19	14	1,28	4,14	0,52	5,94	8,8	0,30	2,80	0,40	256	852
B22	34	3	2	20	13	67	Sablo-limoneuse	13	8,52	0,47	14,6	0,21	13	0,76	3,32	1,30	5,38	24,2	0,40	3,40	0,40	220	504
B23	25	2	1	10	15	74	Sablo-limoneuse	5	8,51	0,47	17,6	0,25	15	0,56	3,22	1,34	5,12	26,2	0,20	1,30	0,30	132	696
B24	17	2	1	9	11	80	Limon-sableuse	15	8,61	0,31	16,9	0,32	17	0,51	3,87	1,00	5,38	18,6	0,40	1,30	0,30	56	516
PROFIL B3																							
B31	20	2	2	20	20	61	Sablo-limoneuse	26	8,38	0,49	28,1	0,10	13	1,02	5,04	0,86	6,92	12,4	0,1	2,1	0,5	308	388
B32	20	3	1	13	21	66	Sablo-limoneuse	46	8,37	1,36	21,4	0,24	14	0,66	6,52	2,30	9,48	24,3	0,3	2,3	0,5	296	724

ANNEXES

Interprétation des résultats des analyses du sol (2/2)

	Profondeur	compacité	racines	Argile	Limon	Sable	Classe Texturale	éléments grossiers	pH	CE	CaCO ₃	N	P	K+	Ca + Mg	Na+	CEC	ESP	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg
	cm			%				%		dS/m	%	%	ppm	cmol+/kg				%	mg/kg				
PROFIL C1																							
C11	10	2	2	22	18	60	Sablo-argilo-limoneuse	27	8,50	0,10	11,5	0,21	14	1,07	6,74	0,39	8,20	4,8	0,2	2,0	0,5	216	528
C12	21	1	4	23	12	66	Sablo-argilo-limoneuse	24	8,63	0,12	14,2	0,21	13	0,35	6,98	1,13	8,46	13,4	1,1	1,8	0,5	144	744
C13	24	1	2	18	32	62	Sablo-limoneuse	19	8,71	0,12	12,8	0,12	7	0,25	8,20	0,78	9,23	8,5	0,2	2,8	0,4	112	540
C14	15	4	1	18	28	54	Sablo-limoneuse	50	8,80	0,10	58,7	0,12	T	0,20	4,78	1,17	6,15	19,0	1,1	1,4	0,3	408	644
PROFIL C2																							
C21	8	1	3	11	5	84	Limono-sableuse	17	8,74	0,26	23,6	0,08	17	0,71	2,40	0,73	3,84	19,0	0,2	0,4	0,2	124	408
C22	16	3	4	9	8	84	Limono-sableuse	11	8,71	0,32	20,5	0,22	17	0,41	2,77	1,17	4,35	26,9	0,2	2,2	0,3	88	508
C23	15	1	2	7	7	86	Limono-sableuse	15	8,74	0,32	17,3	0,18	13	0,35	4,08	0,36	4,79	7,5	0,1	1,6	0,3	56	368
C24	29	1	1	9	6	85	Limono-sableuse	11	8,64	0,31	7,9	0,06	6	0,41	2,73	1,21	4,35	27,8	2,0	1,5	0,6	24	376
C25	15	2	0	19	24	57	Sablo-limoneuse	76	8,53	1,24	52,0	0,13	T	0,25	0,87	4,52	5,64	80,1	2,1	0,7	0,3	680	848
PROFIL C3																							
C31	22	1	4	16	18	67	Sablo-limoneuse	61	8,74	0,21	31,7	0,18	18	0,56	6,57	0,56	7,69	7,3	2,4	2,7	0,3	512	780
C32	20	4	1	20	12	69	Sablo-limoneuse	34	8,64	0,22	16,9	0,20	6	1,48	4,33	0,34	6,15	5,5	0,4	3,1	0,3	452	384

ANNEXES

Annexe 16. Statistiques des résultats des analyses du sol

comportement	paramètre	profondeur	argile	limon	sable	élément grossier	pH	CE	CaCO ₃	N	P	K	Ca + Mg	Na	CEC	ESP	Cu	Mn	Zn	Ca	Mg
sain	<i>maximum</i>	80	31	32	70	50	8,94	0,79	58,7	0,27	18	1,17	8,20	1,34	9,2	19,2	1,1	4,1	0,7	520	1324
	<i>minimum</i>	70	13	12	40	5	8,35	0,10	9,0	0,05	1	0,20	3,26	0,30	5,4	3,4	0,1	1,4	0,3	112	460
	<i>moyenne</i>	75	21	24	55	27	8,66	0,31	20,6	0,15	12	0,60	5,73	0,88	7,3	12,6	0,5	2,5	0,5	309	821
carencé	<i>maximum</i>	100	26	33	86	76	9,15	1,24	52,0	0,32	27	1,28	7,86	4,52	9,0	80,1	2,1	3,4	0,6	680	908
	<i>minimum</i>	83	4	5	42	4	8,51	0,16	7,9	0,06	6	0,20	0,87	0,36	3,8	8,8	0,1	0,4	0,2	24	11
	<i>moyenne</i>	95	13	17	70	18	8,72	0,39	20,5	0,17	16	0,51	3,53	1,22	5,3	24,1	0,6	1,9	0,4	230	500
déperi	<i>maximum</i>	42	20	21	69	61	8,74	1,36	31,7	0,24	18	1,48	6,57	2,30	9,5	68,8	2,4	3,1	0,5	512	780
	<i>minimum</i>	40	13	12	61	26	8,37	0,21	16,9	0,10	6	0,56	4,33	0,34	6,2	5,5	0,1	2,1	0,3	296	384
	<i>moyenne</i>	41	17	18	66	42	8,53	0,57	24,5	0,18	13	0,93	5,62	1,02	7,6	23,5	0,8	2,6	0,4	392	569

Résumé

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'influence du sol sur le comportement du poirier au nord de Djelfa. Ceci tout en tenant compte de l'effet des facteurs climatiques, biotiques, techniques et socio-économiques.

Le dispositif expérimental comporte trois vergers de différents âges, pour lesquels nous avons réalisé un profil par comportement (sain, carencé, dépérit), un diagnostic foliaire, l'analyse de l'eau d'irrigation et une enquête sur les techniques culturales utilisées.

Les résultats de cette étude ont révélés que la présence d'une croûte calcaire à faible profondeur a conduit au dépérissement du poirier. Les poiriers sains se développent sur des sols ayant une texture moyenne, alors que les poiriers carencés se rencontrent sur des sols à texture très grossière. De plus, le climat de la région d'étude est contraignant pour le poirier et les techniques culturales ne sont pas encore maîtrisées.

Mots clés : *Evaluation du sol, croûte calcaire, diagnostic foliaire, poirier, steppe, mise en valeur des terres.*

Abstract

The objective of this research is to study the influence of soil on the behavior of the peartree in the north of Djelfa. This while taking account of the effect of the climatic factors, biotics, technical and socioeconomic.

The experimental device includes three orchards of different ages, for which we achieved a soil profile by behavior (healthy, deficient, declines), a leaves diagnosis, the irrigation water analysis and an investigation on the crop techniques.

The results of this survey revealed that the presence of a calcareous crust to weak depth is the reason of pear decline. The healthy pear trees develop on soils having a middle texture, whereas the deficient pear trees develop on soils having very coarse texture. Also, the climate of the survey region is unfavorable for the pear tree and the crop techniques are not mastered yet.

Key words: *soil evaluation, calcareous crust, leaves diagnosis, pear tree, steppe.*

□ لخص

الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير التربة على سلوك أشجار الإاجاص في شمال الجلفة. هذا مع الأخذ في عين الاعتبار مدى تأثير العوامل المناخية، الحيوية، التقنية، الاجتماعية والاقتصادية.

الجهاز تجريبي يتكون من ثلاثة بساتين من مختلف الأعمار، لكل بستان تم وصف وتحليل التربة حسب سلوكيات أشجار الإاجاص (صحي، ناقص تغذية، مضمحل)، تحليل أوراق الأاجاص و مياه الري و تم التحقيق بشأن التقنيات زراعية المستخدمة.

نتائج هذه الدراسة كشفت أن وجود قشرة كلسية سطحية أدى إلى اضمحلال أشجار الأاجاص. الأشجار الصحية تنمو على تربة ذات الملمس المتوسط، في حين الأشجار الناقصة التغذية تتواجد على التربة ذات الملمس الخشن جدا. إضافة إلى هذا، فإن مناخ المنطقة يؤثر سلبيا على نمو أشجار الأاجاص و التقنيات زراعية لا تزال غير متقنة.

الكلمات المفاتيح : تقييم التربة ، قشرة كلسية، تشخيص ورق النبات ، أشجار الإاجاص ، السهوب ، استصلاح الأراضي.